

Labe a jeho povodí

Geografický, hydrologický a vodohospodářský přehled



Mezinárodní komise pro ochranu Labe
Internationale Kommission zum Schutz der Elbe



Labe a jeho povodí

Geografický, hydrologický a vodohospodářský přehled

Mezinárodní komise pro ochranu Labe
2005

tiráž	<u>Kolektiv autorů:</u>		Obrázky:	3.3-10, 3.3-13, 3.3-14, 4.2-11, 4.2-30
	Vedoucí:	Manfred Simon (sekretariát MKOL, Magdeburk)		Povodí Vltavy, státní podnik
	Členové:	Veronika Bekele (sekretariát MKOL, Magdeburk) Bohuslava Kulasová (Český hydrometeorologický ústav, Praha) Christian Maul (z pověření Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz) Reinhard Oppermann (Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz) Pavel Řehák (Povodí Labe, státní podnik, Hradec Králové)	Obrázky:	4.1-16, 4.1-21 Povodí Labe, státní podnik
	<u>Úprava textu a překlad:</u>	Veronika Bekele (sekretariát MKOL, Magdeburk) Ines Hallmann (sekretariát MKOL, Magdeburk) Petr Kuřík (sekretariát MKOL, Magdeburk) Merit Lühr (sekretariát MKOL, Magdeburk) Marie Matulíková (sekretariát MKOL, Magdeburk)	Obrázky:	4.8-18, 4.9-6, 4.10-10 Na základě podélních profilů z Vodního a plavebního ředitelství Východ (Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost) ve spolupráci s Vodními a plavebními úřady (Wasser- und Schifffahrtsämter) v Eberswalde, Brandenburku, Magdeburku a Lauenburku
	<u>Kartografická úprava:</u>		<u>Autoři fotografií:</u>	viz údaje na jednotlivých fotografiích
	Obrázky:	1-1, 2.1-1, 2.1-3, 2.2-1, 2.3-1, 3.3-4, 4-1, 4.1-1, 4.1-2, 4.2-1, 4.2-2, 4.3-1, 4.3-2, 4.3-5, 4.4-1, 4.4-2, 4.5-1, 4.5-2, 4.6-1, 4.6-2, 4.7-1, 4.7-2, 4.8-1, 4.8-2, 4.9-1, 4.9-3, 4.10-1, 4.10-2, 4.11-1, 4.11-2, 5.6-1 Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz (R. Busskamp, F. Loy, I. Schnatz) Český hydrometeorologický ústav, Praha (I. Popelík, P. Šercl, S. Varga) Mezinárodní komise pro ochranu Labe (P. Kuřík, M. Simon)	<u>Grafická úprava:</u>	Merit Lühr (sekretariát MKOL, Magdeburk)
	Obrázky:	4.4-17, 4.6-5, 4.6-6, 4.6-16, 4.6-21, 4.7-19, 4.7-23 Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (E. Leske)	<u>Titulní strana:</u>	
	Obrázky:	4.7-28, 4.8-12, 4.8-39 Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (C. Lüdemann)	Autor fotografie:	Manfred Simon
	Obrázky:	3.1-5, 3.1-20, 4.11-4, 5.1-11 Wassergütestelle Elbe (M. Bergemann, U. Ehrhorn)	Grafická úprava:	Ruge Kommunikationsmarketing, Kometenweg 69, D - 39118 Magdeburg
	Obrázky:	3.1-21, 3.3-2, 3.3-5, 3.3-6, 4.1-3, 4.2-3, 4.3-3, 4.4-3, 4.5-3, 4.6-3, 4.7-3, 4.8-3, 4.9-2, 4.9-4, 4.10-3, 4.11-3, 4.11-5, 5.2-3, 5.3-4, 5.3-5, 5.6-2, 5.7-1, 5.7-2, 5.7-3 Mezinárodní komise pro ochranu Labe – sekretariát (I. Hallmann, P. Kuřík, M. Lühr, M. Simon) a C. Maul	<u>Vydavatel:</u>	Mezinárodní komise pro ochranu Labe (MKOL) [Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE)] Postfach 1647/1648 D - 39006 Magdeburg
			<u>Tisk:</u>	Druckerei Schlüter GmbH & Co. KG, Grundweg 77, D - 39218 Schönebeck (Elbe)
			<u>Náklad:</u>	1 000 výtisků v českém jazyce 2 500 výtisků v německém jazyce
			<u>Redakční uzávěrka:</u>	11. 8. 2005
			Žádná část této publikace se nesmí reprodukovat, otiskovat nebo rozšiřovat jakýmkoliv způsobem bez předchozího písemného souhlasu vydavatele.	
			Publikace je vytištěna na papíře vyrobeném z buničiny bělené bez použití volného chlóru a chlórových sloučenin (TCF).	



Předmluva	3	4.1.4	Jizera	54
1 Úvod	4	4.1.5	Labe od soutoku s Jizerou po soutok s Vltavou	55
2 Stručná charakteristika Labe a jeho povodí	5	4.1.6	Soustava jezových objektů a zdymadel na Horním Labi	56
2.1 Hydrografické poměry	5	4.2 Vltava		59
2.2 Plochy povodí ve čtyřech státech	9	4.2.1	Vltava od pramene po soutok s Berounkou	63
2.3 Přírodní poměry	11	4.2.2	Lužnice	67
2.3.1 Podnebí	11	4.2.3	Otava	69
2.3.2 Nadmořská výška terénu a reliéf	15	4.2.4	Sázava	70
2.3.3 Půda a vegetace	16	4.2.5	Berounka	71
2.4 Obyvatelstvo	16	4.2.6	Vltava od soutoku s Berounkou po soutok s Labem	72
3 Antropogenní vlivy na hydrologický režim	17	4.3 Ohře		75
3.1 Výstavba ochranných hrází	18	4.3.1	Ohře od pramene po přehradu Skalka	78
3.1.1 Výstavba ochranných hrází a ochranných uzávěrů proti bouřlivým přilivům na Dolním Labi	18	4.3.2	Ohře od přehrady Skalka po přehradu Nechanice	80
3.1.2 Výstavba ochranných hrází a uzavíracích jezů na Středním Labi	22	4.3.3	Hnědouhelný revír a průmyslová oblast v severozápadních Čechách	82
3.1.3 Výstavba ochranných hrází na Horním Labi	25	4.3.4	Ohře od přehrady Nechanice po soutok s Labem	85
3.1.4 Dopady výstavby ochranných hrází na hydrologický režim	26	4.4 Labe od soutoku s Vltavou po soutok s Černým Halštovem		86
3.2 Změna délky Labe	29	4.4.1	Labe od soutoku s Vltavou po česko-německou státní hranici	89
3.2.1 Zkracování vodního toku	29	4.4.2	Labe od česko-německé hranice po soutok s Černým Halštovem	92
3.2.2 Plavební mapy a kilometráž Labe	30	4.4.3	Jimání břehového filtrátu podél Labe	96
3.2.3 Současná délka toku Labe	31	4.4.4	Regulace toku a eroze říčního koryta	98
3.3 Výstavba přehrad	32	4.5 Černý Halštov		100
3.3.1 Výstavba přehrad v povodí Labe	34	4.5.1	Černý Halštov od pramene po soutok s Labem	103
3.3.2 Dopady výstavby přehrad na hydrologický režim	37	4.5.2	Hnědouhelné revíry v povodí Černého Halštovu	105
4 Geografický, hydrologický a vodohospodářský přehled v povodí Labe	45	4.6 Mulde		107
4.1 Labe od pramene po soutok s Vltavou	46	4.6.1	Freiberger Mulde	110
4.1.1 Labe od pramene po soutok s Orlicí	50	4.6.2	Zwickauer Mulde	115
4.1.2 Orlice	52	4.6.3	Spojená Mulde	118
4.1.3 Labe od soutoku s Orlicí po soutok s Jizerou	53	4.7 Sála		121
		4.7.1	Sála od pramene po soustavu údolních nádrží na Sále	126
		4.7.2	Soustava údolních nádrží na Sále	126
		4.7.3	Od soustavy údolních nádrží na Sále po soutok s řekou Unstrut	128
		4.7.4	Unstrut	130



4.7.5	Sála od soutoku s řekou Unstrut po soutok s Bílým Halštrovem	132	5.3	Ledové jevy na Labi	216
4.7.6	Bílý Halštrov	133	5.3.1	Ledové jevy od pramene Labe po zdymadlo Střekov	216
4.7.7	Bode	135	5.3.2	Ledové jevy v úseku od zdymadla Střekov po jez Geesthacht	217
4.7.8	Hnědouhelné revíry ve středním Německu	138	5.3.3	Ledové jevy ve slapovém úseku Labe	220
4.7.9	Sála od soutoku s Bílým Halštrovem po soutok s Labem	141	5.3.4	Ohrožení ledem	221
4.8	Labe od soutoku s Černým Halštrovem po soutok s Havolou	144	5.4	Povodně	225
4.8.1	Labe od soutoku s Černým Halštrovem po křižovatku vodních cest u Magdeburku	147	5.4.1	Povodňový režim Labe	226
4.8.2	Středoněmecký průplav a křižovatka vodních cest u Magdeburku	152	5.4.2	Historické povodně	230
4.8.3	Ohre a zásobování Magdeburku pitnou vodou.....	156	5.4.3	Pravděpodobnost výskytu povodně	232
4.8.4	Labe od soutoku s řekou Ohre po soutok s Havolou.....	157	5.4.4	Předpověď povodní	233
4.9	Havola	158	5.5	Malé vody	235
4.9.1	Havola od pramene po soutok se Sprévou	162	5.5.1	Výskyt a důsledky	235
4.9.2	Spréva	165	5.5.2	Dlouhodobé aspekty období malých vod v povodí Labe	236
4.9.3	Hnědouhelné revíry v Lužici	170	5.5.3	Pravděpodobnost výskytu malých vod	237
4.9.4	Havola od soutoku se Sprévou po soutok s Labem	175	5.5.4	Extrémní malá voda v povodí Labe v roce 2003	238
4.10	Labe od soutoku s Havolou po jez Geesthacht	179	5.6	Porovnání hydrologické situace v povodí Labe	240
4.10.1	Labe od soutoku s Havolou po soutok s vodní cestou Müritz-Elde	182	5.6.1	Porovnání situace v povodí Labe	240
4.10.2	Elde včetně vodní cesty Müritz-Elde	184	5.6.2	Hydrologická situace toku Labe	242
4.10.3	Labe od soutoku s vodní cestou Müritz-Elde po jez Geesthacht.....	188	5.7	Labe a jeho povodí ve srovnání s dalšími evropskými toky	246
4.11	Labe od jezu Geesthacht po ústí do Severního moře	191	5.7.1	Odtokové poměry ve vodoměrných stanicích na řekách ve střední Evropě s přibližně stejně velkou plochou povodí	246
4.11.1	Dolní Labe a jeho významné přítoky	196	5.7.2	Porovnání hydrologického režimu 19 evropských toků	250
4.11.2	Severomořsko-baltský průplav	200	6	Shrnutí	252
5	Přehled hydrologické situace v povodí Labe	202	Literatura	255	
5.1	Historický vývoj hydrologických pozorování	202			
5.1.1	Pozorování vodních stavů	202			
5.1.2	Vyhodnocování průtoků	206			
5.1.3	Hydrologické ročenky	208			
5.2	Sklon, rychlosti proudění a postupové doby Labe	209			
5.2.1	Sklon	209			
5.2.2	Rychlosti proudění	212			
5.2.3	Postupové doby	214			



*Voda je životodárnou mízou
této Země vyprahlé.
(Leonardo da Vinci)*

Řeky oddělují lidi na jednom břehu od lidí na druhém břehu. Současně však spojují lidi na horním toku řeky s těmi, kteří žijí na dolním toku. Řeky umožňují život, ale mohou současně být mimořádně ničivou silou. S touto dvojakostí řek jsme se již naučili žít. Člověk stavěl mosty z jednoho břehu na druhý, aby překonal to, co řeky rozdělují. Budoval hráze, aby zkontroloval ničivou sílu vody. Velká města a hospodářská centra vždy vznikala na březích řek. Celkem tedy převažuje to, co řeky spojují.

Řeky jsou významným prvkem krajiny a plní různé úkoly. Kromě přirozeného odvodňování povodí slouží k zásobování obyvatelstva, průmyslu a zemědělství a k odvádění vyčištěných odpadních vod, vnitrozemské plavbě, využití vodní energie, rybolovu, rekreaci a sportu.

Řeky budí na veřejnosti pozornost především při extrémních situacích. Velké povodně jsou sledovány se stejným zájmem jako ledové jevy a dlouhá období s malou vodností.

Labe je jednou z nejvýznamnějších řek střední Evropy. Její povodí, stejně jako další povodí, je charakterizováno antropogenním ovlivněním. V historických listinách je doloženo, že výstavba ochranných hrází a jezů, zkracování vodního toku a jeho napřimování trvá už přes 1 000 let. Z nedávné minulosti lze uvést zejména výstavbu přehrad, plavebních stupňů a dálkové převody vody.

Publikace „Labe a jeho povodí“ s významnými daty a informacemi z povodí Labe, kterou Mezinárodní komise pro ochranu Labe (MKOL) uveřejnila v říjnu 1995, byla během krátké doby rozebrána, což svědčí o velkém zájmu o takovou publikaci. Proto pracovní skupina „Hydrologie“ MKOL připravila u příležitosti 15. výročí založení MKOL v říjnu 2005 publikaci o Labi a jeho povodí, ve které jsou kromě geografického, hydrologického a vodohospodářského přehledu pojednány i zásahy člověka do přirozeného hydrologického režimu. Hlavní pozornost je věnována popisu jednotlivých říčních úseků Labe a jeho velkých přítoků.

Poděkování patří odborníkům z mnoha úřadů, institucí a podniků v České republice a Německu, ale i pracovníkům sekretariátu MKOL, kteří přispěli k realizaci této dokumentace. Zvláštní poděkování patří i kolektivu autorů pod vedením pana Manfreda Simona.

Přáli bychom si, aby se tato publikace setkala se zájmem široké veřejnosti a odpověděla na řadu otázek o Labi a jeho povodí.

1 Úvod

Podstatou všech věcí je voda,
z vody všechno pochází,
všechno se do vody vrací.
(Thales Miletský)

Ve střední Evropě se Labe délkou 1 094 km od pramene v Krkonoších až k ústí do Severního moře u Cuxhavenu a plochou svého povodí 148 268 km² řadí za Dunaj (817 000 km²), Vislu (194 112 km²) a Rýn (183 800 km²) na čtvrté místo (obr. 1-1). Povodí Labe se rozkládá na území čtyř států: České republiky, Polska, Rakouska a Německa.

Podepsáním „Dohody o MKOL“ dne 8. října 1990 v Magdeburku byly vytvořeny základy pro společné řešení přeshraničních úkolů v oblasti životního prostředí v povodí Labe. Byly dohodnuty tyto hlavní cíle:

- umožnit užívání vody, především umožnit získávání pitné vody z břehové infiltrace a zemědělské využívání vody a sedimentů,
- dosáhnout ekosystému, který bude co možná nejbližší přírodnímu stavu se zdravou četností druhů,
- trvale snižovat zatížení Severního moře z povodí Labe.

Později bylo stanoveno, že MKOL se bude podrobněji zabývat také kvantitativní stránkou ochrany vody a hydrologickými poměry v povodí Labe. Za tímto účelem byla v roce 1993 ustavena pracovní skupina „Hydrologie“.

Úzká spolupráce v pracovní skupině vedla v oblasti hydrologie k cenným výsledkům, které jsou obsaženy v předkládané publikaci.

Pracovní skupina „Hydrologie“ prováděla analýzy vždy s pohledem na ucelená povodí, a proto jsou zároveň vhodným základem ke splnění náročných cílů Rámcové směrnice ES pro vodní politiku. Uvedená směrnice 2000/60/ES, která nabyla platnosti dne 22. prosince 2000, požaduje zpracování plánů povodí, a to nikoliv uvnitř státních hranic, ale podle velkých oblastí povodí, k nimž patří Mezinárodní oblast povodí Labe.

Kolektiv autorů věří, že tato publikace vyvolá zájem jak v odborných kruzích, tak i u široké veřejnosti a přispěje k řádné ochraně a využívání Labe a jeho přítoků a k zachování ještě

existujících přirozených vodních útvarů na Labi a v jeho povodí.



Obr. 1-1: Významná povodí ve střední Evropě

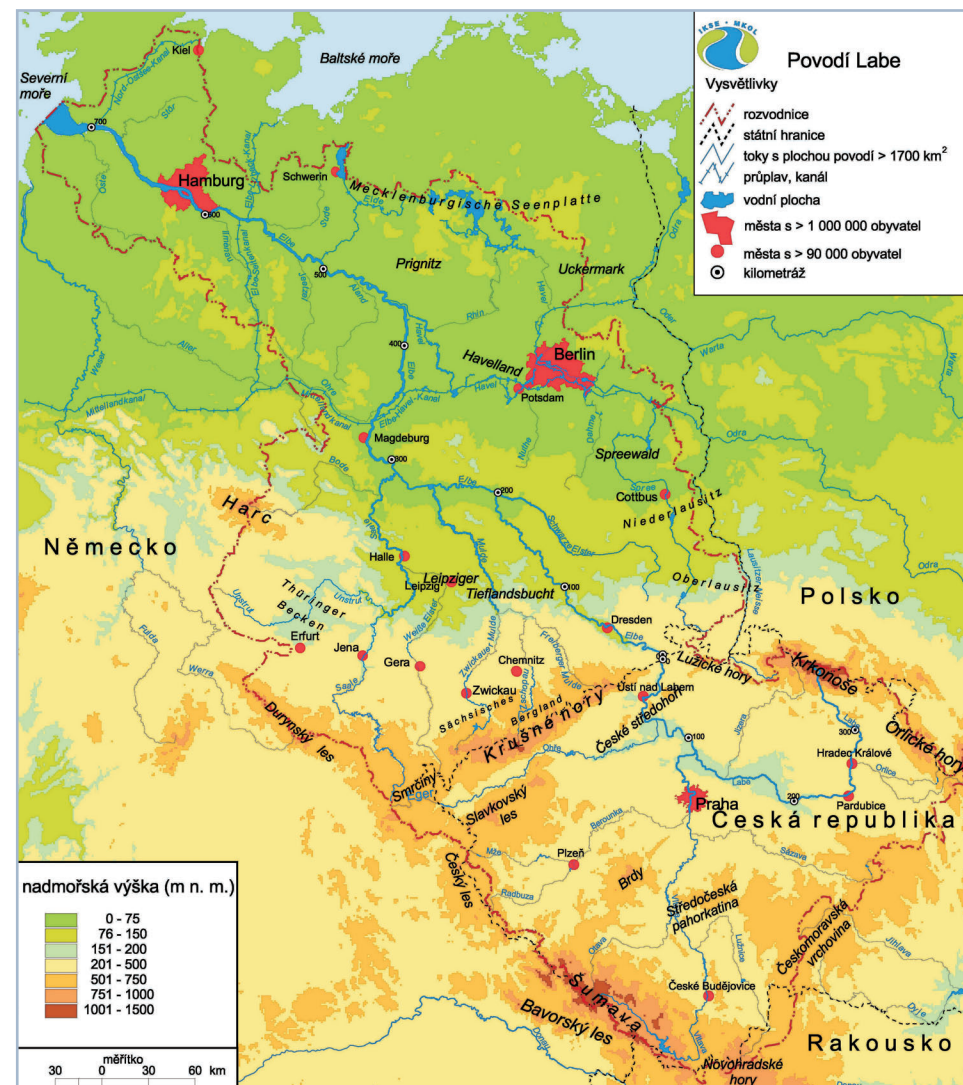
2.1 Hydrografické poměry

Labe pramení v Krkonoších ve výšce 1 386,3 m n. m. Na své 261 km dlouhé trase až po soutok s Vltavou přibírá **Orlici**, **Jizeru** a několik dalších menších přítoků (obr. 2.1-1 a 2.1-3). Pro tento úsek jsou charakteristické sevřené údolní části se skalami a strmými terasami na horním toku a poměrně širokými nížinami v České křídové pánvi. Nad soutokem s Vltavou dosahuje plocha povodí 13 714 km², z toho je 239 km² na polském území. Dlouhodobý roční průměrný průtok zde činí 101 m³.s⁻¹.

Největším přítokem Labe je **Vltava**. Na soutoku s Labem představuje její roční průměrný průtok 154 m³.s⁻¹, tedy o polovinu více než průtok Labe. Plocha povodí 28 090 km² je zde oproti povodí Labe více než dvojnásobně větší. Svými přítoky **Lužnicí**, **Otavou**, **Sázavou** a **Berounkou** odvodňuje Vltava rozsáhlé oblasti Šumavy, Českého lesa, Českomoravské vrchoviny a Brd. V Rakousku leží 921 km² a 122 km² v Německu.

Na trase Labe od soutoku s Vltavou až k ústí Ohře o délce 45 km se povodí Labe zvětšuje na 42 690 km² a průměrný průtok na 258 m³.s⁻¹. **Ohře** odvodňuje části Smrčiny a Krušné hory. Její dlouhodobý průměrný roční průtok činí 38 m³.s⁻¹. Z 5 614 km² plochy povodí leží 1 003 km² v Německu.

Na téměř 65 km dlouhém říčním úseku až k česko-německé státní hranici se Labe prodírá sevřenými údolními Českého Středohoří a Labských pískovců. Na státní hranici činí plocha povodí 51 394 km² a průměrný průtok 311 m³.s⁻¹.



Obr. 2.1-1: Přehledná topografická mapa povodí Labe

Na německé straně protéká Labe nejdříve Labskými pís-kovci, u Drážďan širokým údolím a severně od Míšně vstu-puje do Severoněmecké nížiny. Až po zámek Hirschstein (obr. 2.1-2) v říčním km 96,0 se povodí Labe zvětšuje jen na 54 170 km². Také průměrný průtok zde vzrůstá pouze nepatrně na přibližně 330 m³.s⁻¹. U zámku Hirschstein končí povodí **Horního Labe**, které MKOL stanovila na základě geomorfologických kritérií.

První 103 km dlouhý úsek **Středního Labe** sahá od zámku Hirschstein po soutok s Černým Halštrovem. Také zde se plocha povodí zvětšuje jen nepatrně na 55 866 km², protože na tomto úseku nejsou žádné významnější přítoky.

Černý Halštrov s plochou povodí 5 705 km² odvodňuje části pahorkatiny Lausitzer Hügelland a převážnou část lužického praúdlí. Jeho dlouhodobý průměrný průtok činí cca 21 m³.s⁻¹. Další úsek Labe až po ústí Mulde je 60 km dlouhý a plocha povodí dosahuje 62 626 km².

Mulde s plochou povodí 7 400 km² se svými zdrojnicemi **Freiberger Mulde** a **Zwickauer Mulde** odvádí vodu z převážné části Krušných hor a pahorkatiny Sächsisches Hügelland. Prameniště o celkové rozloze 388 km² se nachází na českém území. Průměrný průtok Mulde 67 m³.s⁻¹ zvětšuje průtok Labe na přibližně 430 m³.s⁻¹.

Na trase od soutoku s řekou Mulde až k ústí Sály o délce cca pouhých 31 km dosahuje povodí Labe plochy 70 167 km². **Sála** s rozlohou 24 079 km² je druhým největším přítokem Labe. Svými přítoky **Unstrut**, **Bílý Halštrov** a **Bode** odvodňuje části Halštrovského lesa, Smrčín, Durynského lesa, Harcu a Durynskou pánev.

Malé přítoky horního toku Sály a prameniště Bílého Halštrovu o rozloze 100 km² leží na českém území. Průměrným průtokem 117 m³.s⁻¹ přispívá Sála k výraznému zvětšení průměrného průtoku Labe.

Na cca 147 km dlouhé trase od soutoku se Sálou až k ústí Havoly protéká Labe většinou širokou nížinou a jeho povodí dosahuje plochy 98 324 km².

Havola je typickou nížinnou řekou. Prameniště se nachází v oblasti Meklenburské jezerní plošiny (Mecklenburgische Seenplatte). Rozlohou 23 858 km² je Havola třetím největším povodím v povodí Labe. Její průměrný průtok 114 m³.s⁻¹ zhruba odpovídá průměrnému průtoku Sály. Největším přítokem Havoly je **Spréva**, která protéká Horní a Dolní Lužicí a vlévá se do Havoly v Berlíně-Spandau. Plochou povodí 9 858 km² dosahuje Spréva na soutoku téměř trojnásobku povodí Havoly, které má zde pouhých 3 399 km². Prameniště Sprévy o rozloze 70 km² leží na českém území.



Obr. 2.1-2: Zámek Hirschstein, severozápadně od Míšně, hranice mezi Horním a Středním Labem

Přítoky Labe s plochou povodí nad 2 000 km²

Vltava	-	28 090,0 km ²
Sála / Saale	-	24 079,1 km ²
Havola / Havel	-	23 858,0 km ²
Mulde	-	7 400,3 km ²
Černý Halštrov / Schwarze Elster	-	5 704,9 km ²
Ohře	-	5 613,7 km ²
Elde a vodní cesta Müritz-Elde	-	2 989,7 km ²
Ilmenau	-	2 852,0 km ²
Sude	-	2 253,4 km ²
Jizera	-	2 193,4 km ²
Orlice	-	2 036,9 km ²

Od soutoku s Havolou až po jez Geesthacht (obr. 2.1-4) v říčním km 585,9 se povodí Labe rozšiřuje na trase necelých 148 km na plochu 135 013 km². V tomto úseku přibírá Labe několik nížinných toků, jako jsou **Aland**, vodní cesta **Müritz-Elde**, **Jeetzel** a **Sude**. Na jezu Geesthacht, který tvoří hranici mezi Středním a Dolním Labem, končí volně tekoucí úsek Labe. Ve vodoměrné stanici Neu Darchau, tj. cca 50 km nad jezem Geesthacht činí průměrný průtok 711 m³.s⁻¹.

Vodní toky s délkou nad 200 km

Sála / Saale	-	433,9 km
Vltava	-	430,3 km
Spréva / Spree	-	375,3 km
Havola / Havel	-	333,7 km
Mulde (včetně toku Zwickauer Mulde)	-	313,7 km
Ohře	-	304,6 km
Bílý Halštrov / Weiße Elster	-	247,1 km
Berounka (včetně Mže)	-	246,2 km
Sázava	-	224,6 km
Elde a vodní cesta Müritz-Elde	-	206,9 km



Obr. 2.1-3: Povodí významných přítoků Labe

Až k ústí do Severního moře má **Dolní Labe** délku 141,8 km a plochu povodí 13 255 km². Hydrologický režim je charakterizován přílivem a odlivem. Proto se toku Dolního Labe také říká slapový úsek Labe.

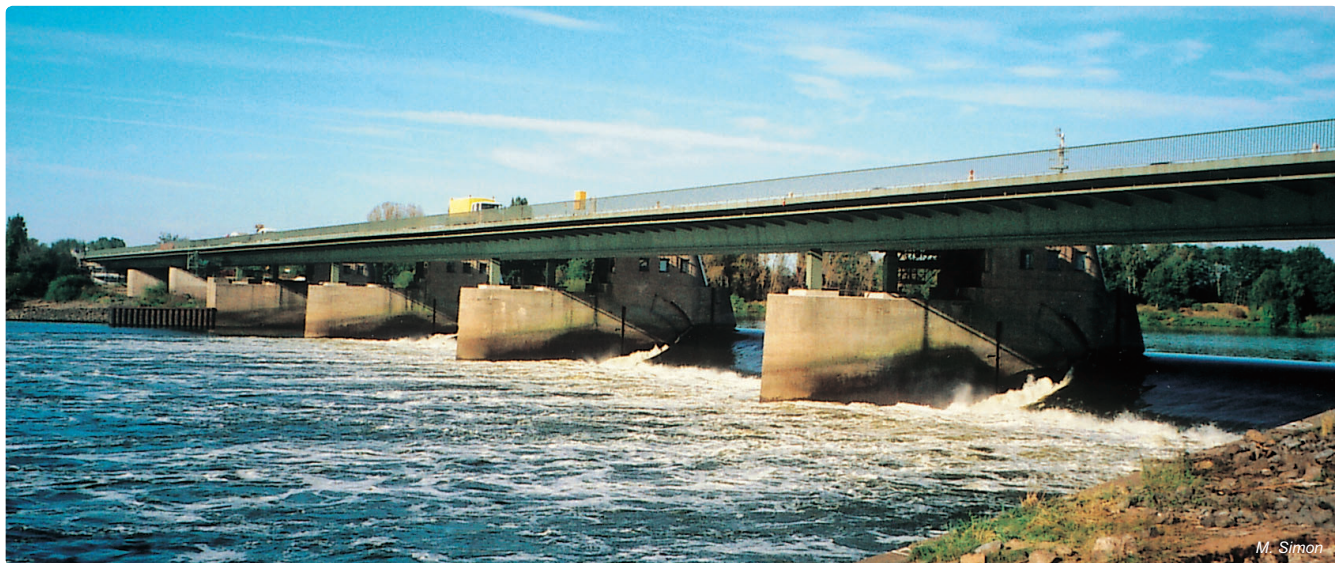
Nejvýznamnějším přítokem Dolního Labe je **Ilmenau**. **Severomořsko-baltský průplav/Nord-Ostsee-Kanal**, do něhož ústí několik menších řek, patří rovněž do povodí Labe, které se tím rozprostírá téměř až k Baltskému moři u města Kiel.

Na hranici s mořem u Cuxhavenu-Kugelbake/Friedrichskoog-Spitze v říčním km 727,7 ústí Labe do Severního moře, jeho povodí zde dosahuje rozlohy 148 268 km² a délka toku činí 1 094,3 km.

**Další vodní toky v povodí Labe
s plochou povodí nad 2 000 km²**

<i>Spree / Spree</i>	-	9 858,0 km ²
<i>Berounka</i>	-	8 855,1 km ²
<i>Unstrut</i>	-	6 342,7 km ²
<i>Bílý Halštov / Weiße Elster</i>	-	5 154,0 km ²
<i>Sázava</i>	-	4 349,2 km ²
<i>Lužnice</i>	-	4 226,2 km ²
<i>Otava</i>	-	3 839,1 km ²
<i>Bode</i>	-	3 297,4 km ²
<i>Moldavský potok / Freiburger Mulde</i>	-	2 984,6 km ²
<i>Zwickauer Mulde</i>	-	2 360,5 km ²
<i>Radbuza</i>	-	2 179,4 km ²
<i>Dahme</i>	-	2 101,6 km ²

Nárůst plochy povodí a dlouhodobého průměrného průtoku v povodí Labe a jeho rozdělení na Horní, Střední a Dolní Labe uvádějí *tab. 2.1-1 a 2.1-2*. Uvedené dlouhodobé průměrné průtoky byly odvozeny.



Obr. 2.1-4: Jez Geesthacht, hranice mezi Středním a Dolním Labem

Tab. 2.1-1: Nárůst plochy povodí a dlouhodobého průměrného průtoku Labe od pramene po ústí

Úsek Labe	Hlavní přítok Labe	Plocha povodí [km ²]		Průměrný průtok [m ³ ·s ⁻¹]	
		Labe	Hlavní přítok k zaústění	Labe	Hlavní přítok k zaústění
Labe po soutok s Vltavou		13 714		101	
	Vltava		28 090		154
Labe po soutok s Ohří		42 690		258	
	Ohře		5 614		38
Labe na česko-německé státní hranici zámek Hirschstein (hranice mezi Horním a Středním Labem)		51 394		311	
		54 170		330	
Labe po soutok s Černým Halštrovem		55 866		338	
	Černý Halštrov		5 705		21
Labe po soutok s Mulde		62 626		363	
	Mulde		7 400		67
Labe po soutok se Sálou		70 167		432	
	Sála		24 079		117
Labe po soutok s Havolou		98 324		560	
	Havola		23 858		114
Labe na jezu Geesthacht (hranice mezi Středním a Dolním Labem)		135 013		728	
ústí Labe		148 268		861	

Tab. 2.1-2: Rozdělení Labe

Rozdělení Labe	Úseky Labe	Délka Labe ¹⁾ [km]	Plocha povodí [km ²]
Horní Labe	pramen Labe po zámek Hirschstein	463	54 170
Střední Labe	zámek Hirschstein po jez Geesthacht	489	80 843
Dolní Labe	jez Geesthacht po ústí do Severního moře (hranice s mořem)	142	13 255
Labe celkem	pramen Labe po ústí do Severního moře	1 094	148 268

1) délka Labe – viz také kapitola 3.2

Plochy povodí uvedené v této publikaci odpovídají hodnotám, které byly platné v České republice, Rakousku a spolkových zemích Německa v roce 2003. V současnosti probíhá úprava ploch povodí včetně verifikace říční sítě a přípravy nové evidence ploch. S dokončením prací se počítá v roce 2006 nebo později.

Výjimku představuje plocha povodí Havoly, kde části, které dosud patřily k povodí Havoly, byly přiřazeny k povodí Odry (viz kap. 4.9). Kromě toho zde již byla digitalizace ploch dokončena, a proto byly použity plochy povodí vodních toků a k profilům vodoměrných stanic, které jsou platné od ledna 2004.

Po předložení nových a schválených evidencí ploch pro celé povodí Labe bude zapotřebí provést úpravu ploch povodí vodních toků a k profilům vodoměrných stanic. Navíc bude třeba upřesnit přírůstek plochy povodí v podélném profilu, který je např. pro Labe uveden v tab. 2.1-1. Změna plochy povodí Labe k profilu ústí do Severního moře (148 268 km²) není zcela vyloučena.

2.2 Plochy povodí ve čtyřech státech

Nejlepší ze všeho je voda.
(Pindaros)

Povodí Labe se rozprostírá na území čtyř států (tab. 2.2-1).

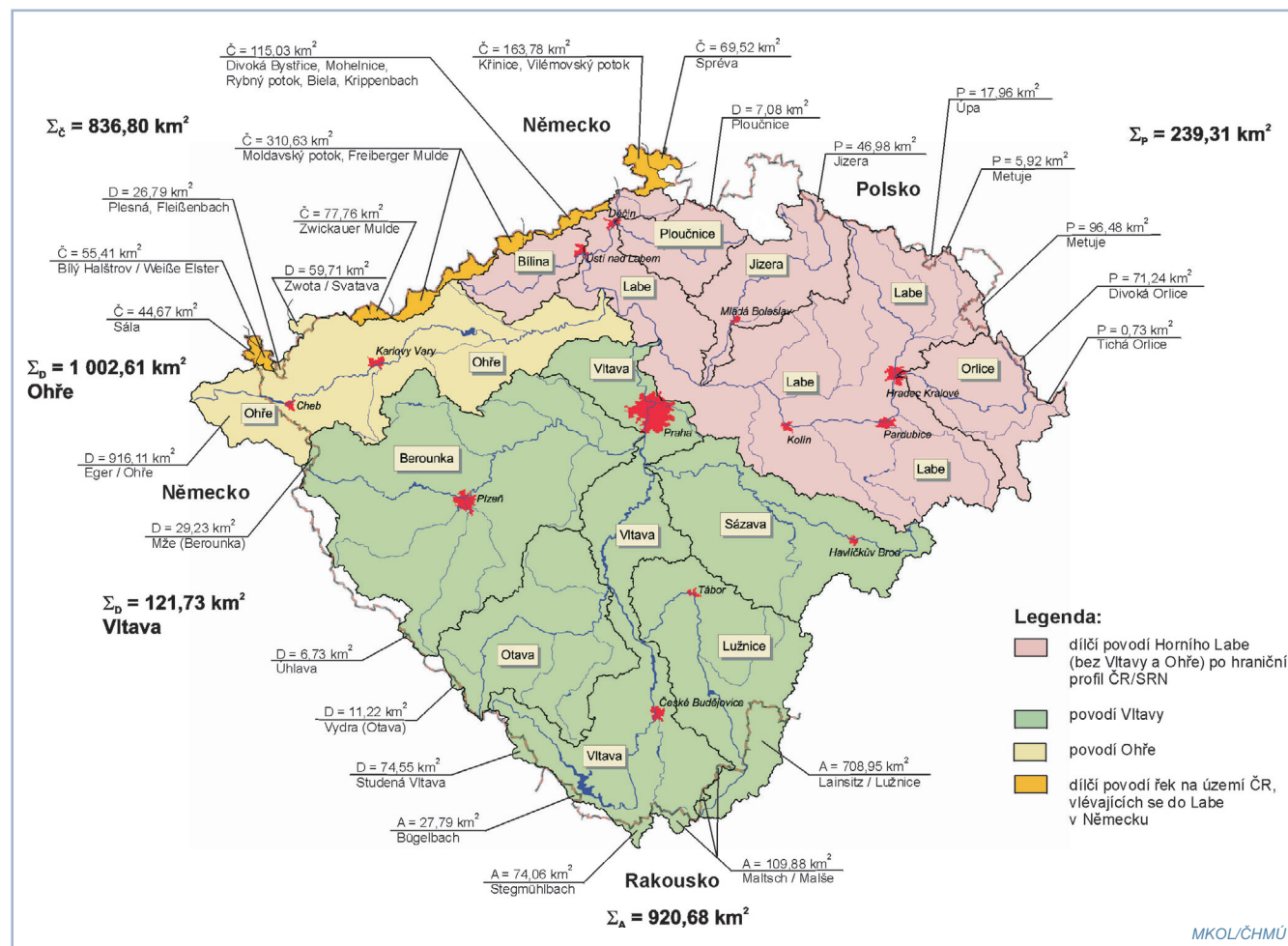
Tab. 2.2-1: Územní podíly států v povodí Labe

Stát	Plocha v povodí Labe [km ²]	Podíl území jednotlivých států na povodí Labe [%]
Německo	97 175,0 ¹⁾	65,54
Česká republika	49 933,0	33,68
Rakousko	920,7	0,62
Polsko	239,3	0,16
Celkem	148 268,0	100,00

1) Plocha povodí v Německu byla vypočtena jako rozdíl celkové plochy povodí Labe a součtu ploch povodí v České republice, Rakousku a Polsku, které se považují v současnosti za platné.

Téměř dvě třetiny plochy povodí Labe se nacházejí v Německu, což představuje 27,2 % celkové plochy Německa (357 030 km²). Pro porovnání: Podíl plochy povodí Rýna na celkové ploše Německa činí 28,0 %, tudíž je pouze nepatrně větší. Ze 16 spolkových zemí leží 10 úplně nebo zčásti v povodí Labe (tab. 2.2-2). Více než třetina plochy povodí Labe je v České republice, což odpovídá 63,3 % celkové plochy České republiky (78 864 km²). Přehled poskytuje obr. 2.2-1.

Často se přehlíží skutečnost, že dílčí povodí Labe nacházející se na německém území jsou odvodňována do České republiky a dále, že prameniště několika řek, které ústí do Labe až pod česko-německou státní hranici (obr. 2.2-3), leží na českém území. V prvním případě se jedná o 1 131,4 km², v druhém o 836,8 km². Přesný přehled poskytuje obr. 2.2-2.



Obr. 2.2-2: Přeshraniční dílčí povodí Labe



Obr. 2.2-1: Poloha států a spolkových zemí Německa v povodí Labe

Tab. 2.2-2: Územní podíly spolkových zemí Německa v povodí Labe

Spolková země	Celková plocha ¹⁾ [km ²]	Podíl z plochy území spolkové země v povodí Labe	
		[km ²]	[%]
Bavorsko	70 549,2	1 977,0	2,8
Berlín	891,8	891,8	100,0
Braniborsko	29 477,2	23 567,8	80,0
Hamburk	755,2	755,2	100,0
Meklenbursko- Přední Pomořansko	23 174,2	6 130,0	26,5
Dolní Sasko	47 618,2	9 252,8	19,4
Sasko	18 413,9	17 632,0	95,8
Sasko-Anhaltsko	20 445,3	19 746,0	96,6
Šlesvicko-Holštýnsko	15 763,2	6 204,0	39,4
Durynsko	16 172,1	10 512,0	65,0
Celkem	243 260,3	96 668,6²⁾	39,7

- 1) Údaje statistických úřadů Německa a spolkových zemí k 31. 12. 2003
 2) Rozdíl 506 km² mezi součtem ploch 10 spolkových zemí v povodí Labe (96 669 km²) a plochou povodí v Německu podle tab. 2.2-1 (97 175 km²) lze vysvětlit až po dokončení digitálního zpracování topografických map (viz také poslední odstavce v kap. 2.1).



Obr. 2.2-3: Soutok Labe s Kamenicí v oblasti česko-německé státní hranice u Hřenska/Schöny

2.3 Přírodní poměry

*Duše člověka podobá se vodě:
z nebe přichází, k nebi stoupá,
a zase musí padnout k zemi,
kroužíc věčně.*
(Johann Wolfgang von Goethe)

Hydrologický režim v povodí řeky závisí na řadě přírodních faktorů, z nichž nejdůležitějšími jsou podnebí, výška terénu, reliéf, půda a vegetace.

2.3.1 Podnebí

Povodí Labe patří k mírnému podnebnému pásmu, nachází se v přechodné oblasti mezi přímořským a kontinentálním podnebím. Kontinentální vliv se projevuje v poměrně nízkých srážkových úhrnech a velkých teplotních rozdílech mezi zimou a létem. Tato zásada platí na většině území v povodí Labe, přičemž úhrny srážek v horských regionech s rostoucí nadmořskou výškou terénu přibývají.

Celkem vyrovnaný průběh teploty vzduchu a pro nížinu poměrně vysoký úhrn srážek – tj. jevy přímořského podnebí – charakterizují oblast podél Dolního Labe.

Pro uvedené přechodné podnebí je příznačný hydrologický režim dešťo-sněhového typu. V zimě padá část srážek ve formě sněhu, který v horských oblastech taje většinou až na jaře (viz kap. 2.3.2) a v dlouholetém průměru obvykle vede k maximu průtoků v březnu a dubnu. Samotné tání sněhu však žádné významné povodně nevyvolává. Tání sněhové pokrývky bývá však často provázáno a zesilováno deštěm, a proto mohou extrémní povodně vznikat jak na bystřinách, tak i na přítocích Labe i na Labi samotném.

Průměrná roční **teplota vzduchu** se v nížinách pohybuje od 8 do 9°C a na hřebenech hor od 1 do 3°C. Extrémní teploty vzduchu byly v české části povodí Labe naměřeny v Praze dne 27. 7. 1983 hodnotou +40,2 °C a v Litvínovicích u Českých Budějovic dne 11. 2. 1929 (povodí horního to-

ku Vltavy) -42,2 °C. V německé části povodí Labe bylo dne 9. 8. 1992 ve městě Lübben (v povodí Sprévy) zaznamenáno +39,2 °C a dne 24. 2. 1956 ve městě Gardelegen (povodí řeky Alandu) -28,9 °C.

Počet mrazových a ledových dní za rok přibývá s rostoucí vzdáleností od moře a s větší nadmořskou výškou. V dlouhodobém průměru dosahuje počet mrazových dní (minimální denní teplota poklesne pod 0°C) v nížinách 50 až 100, v horských oblastech 100 až 140 a na hřebenech až 175. Průměrný počet ledových dní (maximální denní teplota pod 0°C) činí v nížinách 15 až 30, v horských oblastech 30 až 70 a na hřebenech až 100. Dlouhodobý průměrný počet letních dní (maximální denní teplota nad 25°C) je v nížinách 15 až 50 a ve vyšších horských partiích 5 až 20.

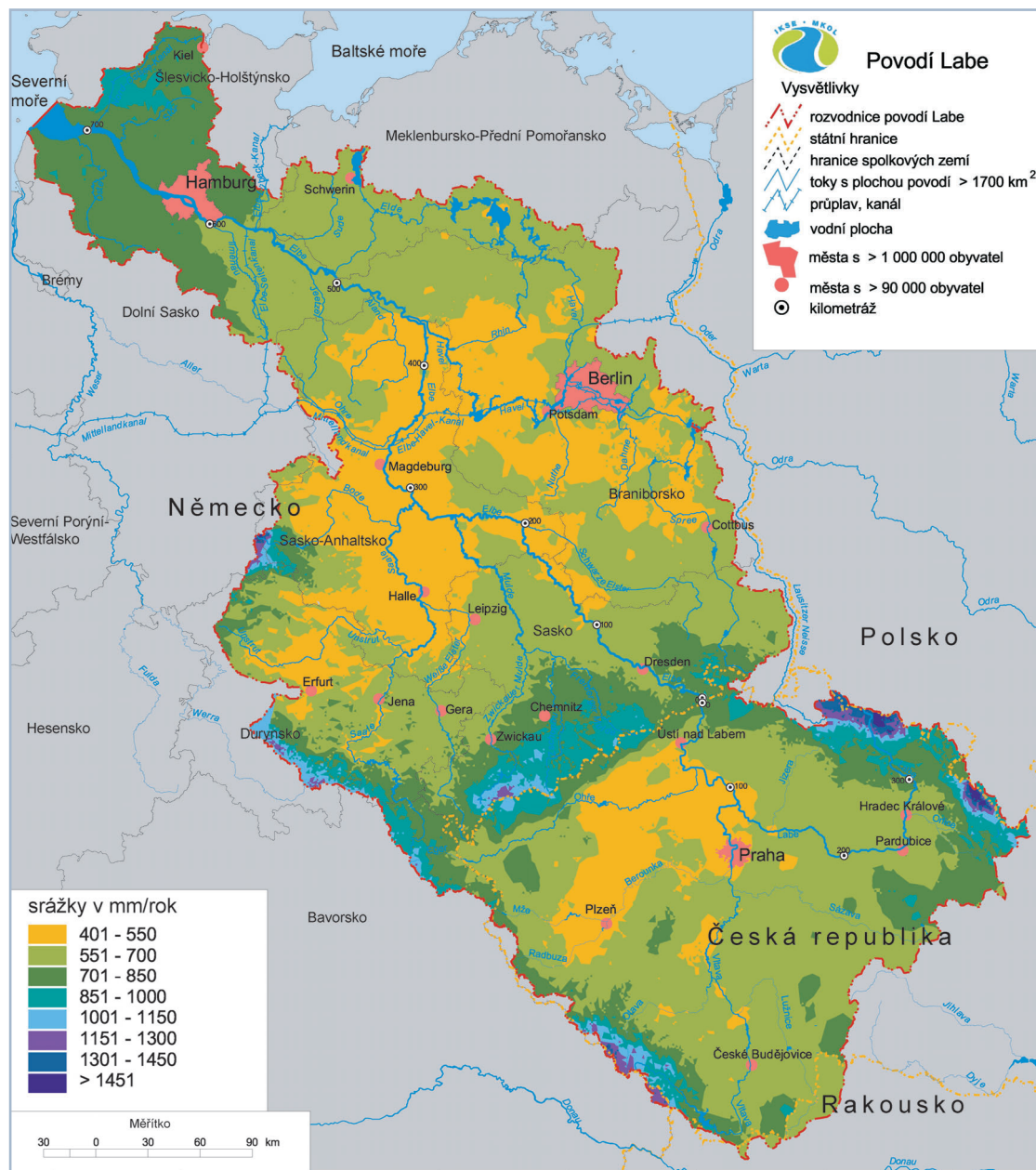
V dlouhodobém průměru činí roční **srážkový úhrn** v celém povodí Labe 628 mm, v jeho české části 666 mm. Z obr. 2.3-1 je ale patrné, že úhrn srážek v jednotlivých regionech je značně rozdílný. Přibližně na třetině plochy povodí Labe nedosahuje ani 550 mm, což se týká především části povodí Vltavy, Ohře, Sály a Havoly. Extrémně nízké srážky jsou v oblastech, které se při cyklonálním západním a severozápadním proudění nacházejí ve srážkovém stínu hor. Proto se nejnižší průměrné roční srážkové úhrny vyskytují v povodí dolního toku Sály (430 až 450 mm) a dále v Žatecké pánvi v povodí Ohře a v Durynské pánvi v povodí řeky Unstrut (450 mm).

Přibližně na polovině plochy povodí Labe činí průměrný roční srážkový úhrn 550 až 700 mm. Patří sem rozsáhlé části Horního Labe, Vltavy, Černého Halštrovu, Mulde a Sprévy i úsek Středního Labe mezi soutokem s Havolou a jezem Geesthacht.

Úhrny srážek mezi 700 a 850 mm jsou charakteristické pro střední polohy a pro povodí Dolního Labe, které je výrazně ovlivňováno přímořským podnebím. V severovýchodní části povodí Dolního Labe se dokonce vyskytují srážky nad 850 mm, tak vysoké srážky jsou jinak zaznamenány pouze v horských oblastech.

Průměrný roční srážkový úhrn nad 1 000 mm se vyskytuje pouze ve vyšších horských polohách. Nejvyšší průměrné roční srážkové úhrny se pohybují kolem

- 1 700 mm na hřebenech Krkonoše a Jizerských hor,
- 1 100 mm v Orlických horách,
- 1 150 mm na Šumavě,
- 1 120 mm v Krušných horách,
- 1 290 mm v Durynském lese a
- 1 810 mm v Harcu.



Obr. 2.3-1: Průměrné roční srážkové úhrny v povodí Labe (za období 1961 - 1990)

Nejvyšší denní úhrn srážek 345 mm v povodí Labe byl zaznamenán dne 29. července 1897 v Nové Louce v Jizerských horách (obr. 2.3-2). Dne 12. srpna 2002 byl v Cínovci-Georgenfeldu ve východní části Krušných hor naměřen úhrn srážek 312 mm, který představuje nejvyšší denní hodnotu srážek od začátku pravidelných měření v Německu.



Obr. 2.3-2: Pracovní skupina „Hydrologie“ na klimatologické stanici Nová Louka v Jizerských horách

Tabulky 2.3-1 a 2.3-2 obsahují pro 38 vybraných hydrograficky seřazených klimatologických stanic průměrný úhrn srážek za měsíc, pololetí a rok. Pololetí odpovídají zimnímu, resp. letnímu hydrologickému pololetí, tj. měsícům listopad až duben, resp. květen až říjen. Kromě toho *tab. 2.3-1* uvádí přiřazení stanic k dílčím povodím Labe, která jsou podrobně pojednána v kapitole 4.

Tab.2.3-1: Průměrný roční úhrn srážek a jeho procentuální podíl v hydrologických pololetích ve vybraných klimatologických stanicích (za období 1961 - 1990)

Poř. čís.	Klimatologická stanice	Dílčí povodí	Geografická oblast	Dílčí povodí v kap. 4	Nadmořská výška stanice [m n. m.]	Dlouhodobý průměrný úhrn srážek za		
						Rok [mm]	Zimní hydrologické pololetí (XI - IV) [%]	Letní hydrologické pololetí (V - X) [%]
1.	Pec pod Sněžkou	Horní Labe	Krkonošská oblast	4.1	816	1 189	48,4	51,6
2.	Pardubice	Horní Labe	Východočeská tabule	4.1	225	611	37,5	62,5
3.	Rokytnice n. J.	Jizera	Krkonošská oblast	4.1	525	1 161	51,9	48,1
4.	Kaplice	Malše	Novohradské podhůří	4.2	536	671	31,3	68,7
5.	Tábor	Lužnice	Středočeské pahorkatiny	4.2	461	579	36,3	63,7
6.	Plzeň-Bolevec	Berounka	Plzeňská pahorkatina	4.2	328	529	34,8	65,2
7.	Praha-Ruzyně	Vltava	Pražská plošina	4.2	374	526	32,1	67,9
8.	Česká Lípa	Ploučnice	Severočeská tabule	4.3	285	628	42,7	57,3
9.	Sebnitz	Sebnitz	Labské pískovce	4.3	335	854	47,8	52,2
10.	Cínovec-Georgenfeld	Müglitz	východní část Krušných hor	4.3	877	977	46,4	53,6
11.	Drážďany-Klotzsche	Horní Labe	Dresdner Elbtalweitung	4.3	222	667	43,2	56,8
12.	Selb-Heidelberg	Ohře	Smrčiny	4.4	576	812	46,3	53,7
13.	Wunsiedel	Reslava	Smrčiny	4.4	520	742	49,1	50,9
14.	Karlovy Vary-letišť	Ohře	Sokolovská pánev	4.4	603	599	38,7	61,3
15.	Žatec	Ohře	Žatecká pánev	4.4	201	448	33,9	66,1
16.	Laußnitz	Pulsnitz	Lausitzer Hügelland	4.5	190	718	46,0	54,0
17.	Kletitz	Černý Halštov	Senftenberg-Finsterwalder	4.5	128	610	44,1	55,9
18.	Doberlug-Kirchhain	Kleine Elster	Becken	4.5	97	560	42,9	57,1
19.	Magdeburg	Střední Labe	Magdeburger Börde	4.6	79	494	44,7	55,3
20.	Marienberg	Flájský potok/ Zschopau	střední část Krušných hor	4.7	639	818	41,0	59,0
21.	Schneeberg	Zwickauer Mulde	Sächsisches Bergland	4.7	450	825	43,4	56,6
22.	Chemnitz	Chemnitz/ Zwickauer Mulde	Erzgebirgisches Becken	4.7	418	701	40,1	59,9
23.	Radis	Mulde	Dübener Heide	4.7	97	570	44,7	55,3
24.	Schwarzburg	Schwarza	Thüringer Schiefergebirge	4.8	277	639	43,2	56,8
25.	Schmücke	Gera/ Unstrut	Durynský les	4.8	937	1 288	49,8	50,2
26.	Artern	Unstrut	Durynská pánev (Thüringer Becken)	4.8	164	474	38,8	61,2
27.	Gera	Bílý Halštov	střední tok Bílého Halštovu	4.8	200	592	45,3	55,7
28.	Schkeuditz	Bílý Halštov	Leipziger Tieflandsbucht	4.8	144	512	42,2	57,8
29.	Schierke	Kalte Bode/ Bode	Harc	4.8	613	1 275	56,2	43,8
30.	Kubschütz u města Bautzen	Spréva	Horní Lužice (Oberlausitz)	4.9	207	675	45,0	55,0
31.	Cottbus	Spréva	Dolní Lužice (Niederlausitz)	4.9	69	563	40,9	59,1
32.	Berlín-Tegel	Havola	oblast Sprévy a Havoly	4.9	36	557	44,0	56,0
33.	Neuruppin	Rhin	Rhinluch	4.9	38	511	44,2	55,8
34.	Seehausen	Aland	Altmärkische Wische	4.10	21	541	44,2	55,8
35.	Schwerin	Störkanal/ vodní cesta Müritz-Elde	západní část Meklenburska (Westmecklenburg)	4.10	59	621	44,8	55,2
36.	Lüneburg	Ilmenau	Lüneburger Heide	4.11	11	612	44,3	55,7
37.	Stade	Schwinge	Unterelbeniederung	4.11	16	778	45,9	54,1
38.	Neumünster	Stör	Schleswig-Holsteinische Geest	4.11	26	874	45,8	54,2
Odvozené dlouhodobé průměry pro česko-německý hraniční profil						666	40,0	60,0
Odvozené dlouhodobé průměry pro celé povodí Labe						628	43,2	56,8

Tab. 2.3-2: Průměrné měsíční srážkové úhrny a průměrné srážkové úhrny za hydrologická pololetí ve vybraných klimatologických stanicích (za období 1961 - 1990)

Poř. čís.	Klimatologická stanice	Průměrný úhrn srážek [mm]														Zimní hydrologické pololetí (XI - IV)	Letní hydrologické pololetí (V - X)
		Měsíc															
		XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X				
1.	Pec pod Sněžkou	114	128	100	81	82	71	93	118	118	106	87	91	576	613		
2.	Pardubice	42	42	35	32	36	42	69	74	69	81	50	39	229	382		
3.	Rokytnice n. J.	107	140	117	84	84	70	86	103	104	99	82	85	602	559		
4.	Kaplice	39	31	26	28	35	51	81	112	93	89	50	36	210	461		
5.	Tábor	36	35	33	31	34	41	67	79	69	73	46	35	210	369		
6.	Plzeň-Bolevec	34	28	26	26	32	38	62	68	68	72	43	32	184	345		
7.	Praha-Ruzyně	32	25	23	23	28	38	77	73	66	70	40	31	169	357		
8.	Česká Lípa	51	53	47	36	36	45	64	65	63	78	47	43	268	360		
9.	Sebnitz	70	89	70	60	58	61	79	79	75	91	65	57	408	446		
10.	Cínovec-Georgenfeld	82	93	76	64	65	73	89	95	97	102	74	67	453	524		
11.	Drážďany-Klotzsche	51	58	46	39	41	53	63	75	69	76	51	45	288	379		
12.	Selb-Heidelberg	65	78	65	52	57	59	73	84	79	83	59	58	376	436		
13.	Wunsiedel	63	75	64	52	56	54	67	70	67	65	53	56	364	378		
14.	Karlovy Vary - letiště	44	54	45	38	43	38	56	72	70	63	54	43	262	358		
15.	Žatec	28	25	21	21	26	30	49	64	58	63	38	25	151	297		
16.	Laußnitz	57	69	55	45	46	58	63	78	60	79	58	50	330	388		
17.	Kletitz	48	56	43	35	38	49	56	68	56	68	50	43	269	341		
18.	Doberlug-Kirchhain	43	49	37	31	36	44	51	69	52	64	46	38	240	320		
19.	Magdeburk	38	41	33	31	38	40	47	62	48	51	36	29	221	273		
20.	Marienberg	56	62	52	46	50	69	81	97	92	89	68	56	335	483		
21.	Schneeberg	58	70	55	50	56	69	78	99	87	86	64	53	358	467		
22.	Chemnitz	48	55	43	37	43	55	67	91	77	78	60	47	281	420		
23.	Radis	44	54	40	34	39	44	52	63	52	64	45	39	255	315		
24.	Schwarzburg	48	48	39	37	44	60	65	77	59	74	47	41	276	363		
25.	Schmücke	116	134	107	86	103	96	96	128	110	119	96	97	642	646		
26.	Artern	33	34	27	24	30	36	51	59	54	53	41	32	184	290		
27.	Gera	51	41	40	35	44	57	55	70	48	67	42	42	268	324		
28.	Schkeuditz	37	40	32	30	34	43	49	62	47	59	44	35	216	296		
29.	Schierke	129	149	130	99	116	94	89	107	92	92	84	94	717	558		
30.	Kubschütz u města Bautzen	52	58	49	43	45	57	70	68	60	73	54	46	304	371		
31.	Cottbus	42	48	36	29	33	42	58	65	54	69	49	38	230	333		
32.	Berlin-Tegel	48	51	40	31	35	40	52	71	50	57	47	35	245	312		
33.	Neuruppin	44	46	38	28	33	37	51	61	49	51	41	32	226	285		
34.	Seehausen	44	48	42	29	37	39	48	64	57	51	46	36	239	302		
35.	Schwerin	57	55	46	33	42	45	52	65	72	54	55	45	278	343		
36.	Lüneburg	50	51	47	35	44	44	53	65	64	61	55	43	271	341		
37.	Stade	75	74	63	40	55	50	58	74	82	73	69	65	357	421		
38.	Neumünster	89	80	70	49	57	55	65	82	94	74	83	76	400	474		
Odvozené dlouhodobé průměry pro česko-německý hraniční profil		48	49	43	38	41	47	70	80	77	78	53	42	266	400		
Odvozené dlouhodobé průměry pro celé povodí Labe		47	51	46	38	41	48	58	71	68	67	48	45	271	357		

Z obou tabulek je patrné:

■ S výjimkou stanic Rokytnice n. J. a Schierke je úhrn srážek v letním hydrologickém pololetí vyšší než v zimním. Ve všech stanicích, kde dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek činí do 700 mm, představuje podíl v letním hydrologickém pololetí minimálně 55 %. V oblastech s výrazným kontinentálním podnebím, které navíc leží ve srážkovém stínu hor a proto jsou v zimním hydrologickém pololetí extrémně suché, činí podíl srážek v letním hydrologickém pololetí více než 60 %, v částech povodí Vltavy a Ohře dokonce přesahuje 65 % dlouhodobého průměrného ročního úhrnu srážek.

■ Až na několik stanic je únor nejsušším měsícem. Na horských hřebenech a vrcholech se nejvyšší průměrné měsíční úhrny srážek vyskytují v prosinci a lednu. Ve většině povodí Labe ale v letních měsících, tj. v červnu, červenci a srpnu, často dochází k vydatným srážkám, které jsou způsobeny trvalým regionálním deštěm. Často jsou také doprovázeny bourkami a místními konvektivními srážkami.

■ Sezónní rozdělení srážek je ve vyšších horských polohách a v povodí Dolního Labe poměrně vyrovnané. Srážky za tři měsíce listopad až leden přibližně udržují rovnováhu se srážkami v měsících červen až srpen. Poměr mezi měsícem s nejvyšším a nejnižším úhrnem srážek představuje 1 : 1,3 až 1 : 1,9. Naopak ve stanicích, které se nacházejí ve srážkovém stínu hor, činí tento poměr 1 : 2,6 až 1 : 4,3. Jedná se o stanice v povodí Vltavy a o stanici Žatec v povodí Ohře.

V celém povodí Labe činí dlouhodobý průměrný roční **výpar** 455 mm, představuje tedy více než 71 % dlouhodobého průměrného ročního úhrnu srážek.

2.3.2 Nadmořská výška terénu a reliéf

Z přehledné topografické mapy (obr. 2.1-1) je patrné, že přibližně polovina plochy povodí Labe vykazuje nadmořské výšky menší než 200 m, a tudíž spadá do kategorie nížiny. Kromě rozsáhlých téměř rovných území existuje i vlnitý a kopcovitý terén, v oblastech čelních morén z doby ledové zčásti i poměrně hluboká údolí a strmé svahy. V zimě se zde pouze výjimečně vytváří trvalá sněhová pokrývka. Tenká sněhová pokrývka často odtaje již po několika dnech, přičemž většina vody infiltruje a po nasycení půdy stojí delší dobu v mělkých depresích.

Třetina plochy povodí Labe leží v nadmořských výškách 200 až 500 m a přiřazuje se k pahorkatinám zahrnujícím jak nižší horské oblasti s často hluboce sevřenými údolími, tak i rozsáhlá mírně vlnitá území. Častěji než v nížinách se vytváří sněhová pokrývka, především v nadmořské výšce 400 až 500 m, která však kvůli občasným oblévám nezůstává po delší dobu. Voda z tání sněhu infiltruje nebo většinou pozvolna odtéká.

Téměř ve všech horských oblastech se nadmořské výšky 500 až 750 m vyznačují nejvýraznějším reliéfem, kde dominují strmé svahy, příkré skály a hluboce sevřená údolí. Rozsáhlejší vrchoviny se takřka nevyskytují. V době od prosince do února se téměř v každém roce vytváří sněhová pokrývka dosahující výšky několika desítek centimetrů až 1 metru, která v nadmořské výšce nad 600 m většinou neroztaje občasným vzestupem teploty vzduchu. V těchto nadmořských výškách sníh beze zbytku roztaje převážně až v březnu. Na horských bystřinách a podhorských tocích způsobuje voda z tání sněhu výrazné zvětšení průtoků.

Horské oblasti s nadmořskou výškou nad 750 m jsou spíše oblé a nejvyšší hory (tab. 2.3-3) většinou pouze mírným sklonem vynikají nad hřebeny. Výjimkou jsou Krkonoše s příkrými svahy terénu. V zimě padají srážky v těchto vyšších

partiích hor většinou ve formě sněhu. Občas se již v listopadu vytváří souvislá sněhová pokrývka, která může vlivem vydatných sněhových srážek v prosinci a lednu dosáhnout výšky 100 až 200 cm, v ojedinělých letech dokonce i větší. K tání sněhové pokrývky často dochází až v březnu a na nejvyšších hřebenech a vrcholech může přetrvávat až do začátku května. V závislosti na procesu tání jsou velké průtoky způsobeny i na větších řekách.

Z tab. 2.3-4, která uvádí plochy v povodí Labe podle nadmořské výšky, vyplývá, že více než 50 % spadá do kategorie nížiny (do 200 m n. m.) a dalších necelých 33 % do kategorie pahorkatin (200 až 500 m n. m.). Na vrchoviny (nad 500 m n. m.) připadá pouhých necelých 17 %, přičemž pouze dvě procenta celkové plochy povodí Labe dosahují nadmořské výšky nad 600 m n. m.

Tab. 2.3-3: Přehled nejvyšších hor v jednotlivých pohořích povodí Labe

Pohoří	Název hory	Výška [m n. m.]
Krkonoše	Sněžka	1 602
Šumava	Plechý	1 378
Krušné hory	Klínovec	1 244
Harc	Brocken	1 142
Jizerské hory	Smrk	1 124
Orlické hory	Velká Deštná	1 115
Novohradské hory	Viehberg	1 111
Smrčiny	Schneeberg	1 053
Český les	Čerchov	1 042
Ještědský hřbet	Ještěd	1 012
Durynský les	Großer Beerberg	982
České středohoří	Milešovka	837
Franský les	Dobrá	795
Lužické hory	Luž	793

Tab. 2.3-4: Nadmořské výšky v povodí Labe

Výškový stupeň [m n. m.]	Plocha [km ²]				Celkem [km ²]	Podíl na povodí Labe [%]	Kumulativní součet [%]
	Německo	Česká republika	Rakousko	Polsko			
< 50	30 525	—	—	—	30 525	20,6	20,6
50 - 100	25 916	—	—	—	25 916	17,5	38,1
100 - 200	16 579	1 737	—	—	18 316	12,4	50,5
200 - 300	8 020	8 531	—	—	16 551	11,2	61,7
300 - 400	5 535	8 489	—	—	14 024	9,4	71,1
400 - 500	4 009	14 105	34	—	18 148	12,2	83,3
500 - 600	3 893	8 415	417	60	12 785	8,6	91,9
600 - 800	2 407	6 147	335	121	9 010	6,1	98,0
800 - 1 000	279	1 920	128	53	2 380	1,6	99,6
1 000 - 1 200	12	494	7	5	518	0,3	99,9
> 1 200	—	95	—	—	95	0,1	100,0
Celkem	97 175	49 933	921	239	148 268	100,0	

2.3.3 Půda a vegetace

Půda je nejvýznamnějším prvkem k akumulaci vody. Jímací schopnost půdy v dutinách závisí především na její struktuře, hloubce a prokořenění, ale i na nasycenosti vodou v daném okamžiku. Současně je půda akumulátorem tepla, a proto může jímát vodu po delší dobu i v období mrazů.

Různými dílčími procesy výparu (resp. evapotranspirace) přispívá k zadržování vody v krajině značnou měrou i využívání území. Výpar z lesů činí v nížinách a v horských oblastech 450 až 600 mm za rok, z orné půdy a trvalých travních

porostů 150 až 600 mm za rok. Pokud roční úhrn srážek překročí 600 mm, jsou uvedené hodnoty na výšce srážek celkem nezávislé.

Pro podíly všech čtyř států na ploše povodí Labe jsou hlavní kategorie využívání území uvedeny v tab. 2.3-5, přičemž orná půda pokrývá přibližně polovinu plochy povodí Labe.

Tab. 2.3-5: Podíly hlavních kategorií využívání území na ploše povodí Labe

Stát	Rozloha v povodí Labe [km ²]	Orná půda		Trvalé travní porosty		Lesy		Ostatní plochy ¹⁾	
		[km ²]	[%]	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]
Německo	97 175	48 000	49,4	8 400	8,6	25 900	26,7	14 875	15,3
Česká republika	49 933	19 100	38,3	7 700	15,4	16 700	33,4	6 433	12,9
Rakousko	921	200	21,7	160	17,4	405	44,0	156	16,9
Polsko	239	—	—	100	41,8	139	58,2	—	—
Celkem	148 268	67 300	45,4	16 360	11,0	43 144	29,1	21 464	14,5

1) včetně osídlených, dopravních a vodních ploch

2.4 Obyvatelstvo

*Přírodu můžeme ovládnout jen tím, že se podřídíme jejím zákonům.
Francis Bacon*

V povodí Labe žije 24,52 mil. obyvatel (tab. 2.4-1).

V povodí Labe na území České republiky žije 5,95 mil. obyvatel, což odpovídá 58,3 % celkového počtu obyvatel České republiky (10,21 mil. obyvatel).

V německé části povodí Labe žije 18,50 mil. obyvatel, což odpovídá 22,4 % celkového počtu obyvatel v Německu (82,53 mil.).

Počty obyvatel připadající na 10 spolkových zemích Německa, které leží zčásti nebo úplně v povodí Labe, jsou uvedeny v tab. 2.4-2.

Tab. 2.4-1: Počet obyvatel v povodí Labe

Stát	Rozloha v povodí Labe [km ²]	Počet obyvatel ¹⁾ [mil.]	Podíl na počtu obyvatel v povodí Labe [%]
Německo	97 175	18,50	75,4
Česká republika	49 933	5,95	24,3
Rakousko	921	0,05	0,2
Polsko	239	0,02	0,1
Povodí Labe	148 268	24,52	100,0

1) stav k 31. 12. 2003

Tab. 2.4-2: Počet obyvatel spolkových zemí Německa v povodí Labe

Spolková země	Celkový počet obyvatel ¹⁾ [tis. obyvatel]	Podíl obyvatelstva jednotlivých spolkových zemí v povodí Labe ¹⁾	
		[tis. obyvatel]	[%]
Bavorsko	12 423	300	2,4
Berlín	3 388	3 388	100,0
Braniborsko	2 575	2 110	81,9
Hamburg	1 734	1 734	100,0
Meklenbursko-Přední Pomořansko	1 732	420	24,2
Dolní Sasko	7 993	970	12,1
Sasko	4 321	4 170	96,5
Sasko-Anhaltsko	2 523	2 480	98,3
Šlesvicko-Holštýnsko	2 823	1 180	41,8
Durynsko	2 373	1 750	73,7
Celkem	41 885	18 502	44,2

1) stav k 31. 12. 2003

*Budeš-li žít podle přírody,
nebudeš nikdy chudý.
Jestliže však chceš žít podle svých představ,
nebudeš nikdy bohatý.
(Epikuros)*

Antropogenní zásahy do vodního a přírodního režimu jsou různého charakteru a jejich dopady jsou posuzovány odlišným způsobem, někdy pozitivně a někdy negativně. Mezi hlavní zásahy člověka s vlivem na hydrologický režim v povodí Labe patří zejména níže uvedená opatření.

■ Výstavba ochranných hrází vedla k úbytku retenčních ploch v říčních nivách, což v případě povodně urychluje a zvyšuje vrchol povodňové vlny.

■ Napřimování toků v zájmu povodňové ochrany, za účelem lepšího průchodu ledu a ke zlepšení plavebních podmínek vedlo ke zkrácení délky toků, zvětšení sklonu, a tím i rychlosti proudění, čímž se také zkrátily postupové doby povodňových vln.

■ Stavbou ochranných uzávěrů proti bouřlivým přílivům na přítocích slapového úseku Labe a vybudováním nových ochranných hrází před stávajícími hrázemi došlo k úbytku retenčního objemu. V souvislosti s prohloubením plavební dráhy ve slapovém úseku Labe se při velkých bouřlivých přílivech vyskytují vyšší kulminační vodní stavy a současně jsou postupové doby povodňových vln kratší.

■ Vodní nádrže mají vliv na rovnoměrnější hydrologický režim. V závislosti na kulminačním průtoku, objemu povodňové vlny a velikosti ovladatelného ochranného objemu jsou povodňové vlny v nádržích zadržovány, resp. redukovány a dochází také k časovému posunu povodňových kulminací. V suchých obdobích umožňují nádrže nalepšování přirozených minimálních průtoků.

■ Jezy a zdymadla pro účely lodní dopravy způsobují ve zdržích zmenšování sklonu hladin, čímž se snižuje rychlost proudění a což je také spojeno se změnou režimu dnových splavenin.

■ Těžba hnědého uhlí vyvolala velkoplošné snížení hladiny podzemních vod. Vypouštěním důlních vod do toků dochází k nárůstu průtoků. Po útlumu povrchových dolů dochází po dobu několika let k jejich zatápění povrchovou vodou a ke zvyšování hladiny podzemních vod, což vede ke zmenšování přirozených průtoků.

■ Trvale vysoký nárůst osídlených, průmyslových a dopravních ploch, především v okolí městských aglomerací, způsobuje stále větší nárůst zpevněných ploch, což omezuje doplňování zásob podzemních vod. Odváděním srážkových

vod kanalizací a větším přímým povrchovým odtokem dochází ke zvyšování a urychlování povodňových vln. V současnosti činí denní přírůstek osídlených a dopravních ploch např. v celém Německu cca 130 ha, z nichž polovina je zpevněna.

■ Převody vody do sousedních povodí a dálkové vodovodní systémy mění přirozený vodní režim v těchto oblastech.

Dále jsou pojednána antropogenní opatření s dalekosáhlými dopady na odtokové poměry v povodí Labe. Další aktivity a vlivy tohoto typu jsou uvedeny v popisu dílčích povodí v kapitole 4.

Popisy v této publikaci se zpravidla řídí hydrografickým pořadím. Od této zásady se při pojednávání výstavby ochranných hrází výjimečně odchylujeme, což je dáno historickým vývojem. Vlivem Severního moře a zejména bouřlivých přílivů začala výstavba ochranných hrází na Dolním Labi (ve slapovém úseku Labe) podstatně dříve než na Středním a Horním a nabyla i většího rozsahu.

3.1 Výstavba ochranných hrází

3.1.1 Výstavba ochranných hrází a ochranných uzávěrů proti bouřlivým přílivům na Dolním Labi

Od počátku osídlování říčních údolí a nížin se jejich obyvatelé snažili chránit před povodněmi. První ochranné hráze v labských marších, tj. v nízko položených oblastech s výškou v rozmezí od 0,9 m p. m. do 3,5 m n. m. na obou březích Labe před jeho zaústěním do Severního moře, se objevily pravděpodobně již kolem roku 1000. Předtím žili obyvatelé marší na uměle založených valech (obytných návrších), resp. pod ochranou místně omezených náspů. Tyto valy, na nichž si osadníci stavěli svá obydlí, měly zpočátku výšku jen několika decimetrů. V průběhu doby byly valy přizpůsobovány rostoucím požadavkům na využívání chráněných území, nakonec dosahovaly výšky až 5 m.

Pomocí valů dokázali osadníci sice uchránit před záplavami sami sebe, svá obydlí a dobytek, ovšem nikoliv své pozemky, na jejichž úrodě byli závislí. Záplavami mořské vody ze slapového úseku Labe byly tyto pozemky zasolené, a tím i pro další využití značně poškozené. Tato nouzová situace donutila osadníky chránit hrázemi před záplavami i své pozemky. S průběžnou stavbou hrází začali obyvatelé marší a Hamburku za pomoci Holanďanů kolem poloviny 12. století, přičemž se postupovalo podle volně přeloženého fríského rčení „Kdo nechce hráze mít, musí vodě ustoupit“.

Kvůli střídání přílivu a odlivu a bouřlivým přílivům jsou ochranné hráze na dolním úseku Labe vystaveny mnohem vyššímu zatížení než ve vnitrozemí. Bouřlivé přílivy vznikají při bouřích, když se mořský příliv překrývá s větrným vzdutím vody (viz kap. 4.11.1).

V průběhu staletí docházelo od výstavby prvních ochranných hrází stále znovu k menším a větším průtržím hrází, čímž

bylo zaplaveno území za hrázemi (tzv. záhrází). Tak byly počátečně slabé a nízké ochranné hrázky v průběhu doby neustále zvyšovány a zesilovány. Na mnoha místech byly ohrázování chráněny další zemědělské plochy. Tento vývoj skončil v průběhu 20. století.

Katastrofální záplavy 16. a 17. února 1962, vyvolané bouřemi, při nichž se ochranné hráze na 60 místech protrhly (obr. 3.1-1 a 3.1-2) a zahynulo 340 osob (z toho pouze v Hamburku bylo 317 obětí na životech), a také bouřlivé přílivy v listopadu a prosinci 1973 a 3. a 4. ledna 1976 byly podnětem k dalším



Obr. 3.1-1: Protržená ochranná hráz u Hamburku-Neuenfelde během bouřlivého přílivu dne 17. února 1962

rozsáhlým ochranným opatřením, která byla realizována od roku 1962. Sem patřilo:

- zvyšování a zesilování ochranných hrází,
- ohrázování dalších zátopových ploch novými hlavními hrázemi v blízkosti Labe,
- výstavba ochranných uzávěrů proti bouřlivým přílivům v místech ústí přítoků Labe.

Bouřlivý příliv dne 3. 1. 1976 znovu potvrdil nutnost opatření učiněných od roku 1962 v zájmu zvyšování ochranných hrází. Hladina byla tehdy o 0,75 m vyšší než při bouřlivém přílivu ze dne 17. února 1962 (obr. 3.1-21). Hráze po levém břehu Labe se pod městem Stade po soutok s řekou Oste protrhly v 48 lokalitách a po pravém břehu Labe v oblasti Haseldorfer Marsch u obce Hetlingen v 9 lokalitách (obr. 3.1-5).

Při stavbě nových ochranných hrází byly staré, příliš nízké a vlnité hráze nahrazovány rovnými, vyššími hrázemi (obr. 3.1-3 a 3.1-4).

V důsledku ohrázování záplavových území (výstavba ochranných hrází před stávajícími hrázemi) v 9 lokalitách mezi Hamburkem a Cuxhavenem se dosavadní plocha záplavových území zmenšila o více než 140 km². K největšímu úbytku ploch došlo mezi ústím Schwinge a Oste. Po ohrázování se zde rozloha inundačních ploch snížila o 94,4 km², z čehož 51 km² se týká pouze lokality Nordkehdingen. V Hamburku zanikly následkem různých úprav prakticky téměř všechny inundační plochy na vzdušné straně hrází (cca 20 km²).

Nejdůležitější posuny ochranných hrází blíže k toku jsou znázorněny na obr. 3.1-5.

Při navrhování výšky současných hrází na dolním úseku Labe byly zohledněny i případné dlouhodobé změny, např. vzestup hladiny moře o 30 cm během 100 let.



Obr. 3.1-2: Protřzená levá ochranná hráz na toku Schwinge u města Stade během bouřlivého přílivu dne 17. 2. 1962



Obr. 3.1-3: Levá ochranná hráz Labe u obce Twielenfleth nad městem Stade



Obr. 3.1-4: Pravá ochranná hráz Labe u obce Kollmar pod soutokem s řekou Krückau

Kolem Labe v Hamburku byly hráze od roku 1988 zvyšovány o 0,8 až 1,0 m a část zábradlí nábrežní promenády byla v oblasti přístaviště St. Pauli Landungsbrücken nahrazena protipovodňovými zdmi, což vyhovuje dnes platným požadavkům povodňové ochrany (obr. 3.1-6). Podle současného programu jsou hráze v regionu kolem Hamburku navyšovány v průměru na 8,00 m n. m.

Nyní je na Dolním Labi před povodňovými záplavami chráněno území o rozloze

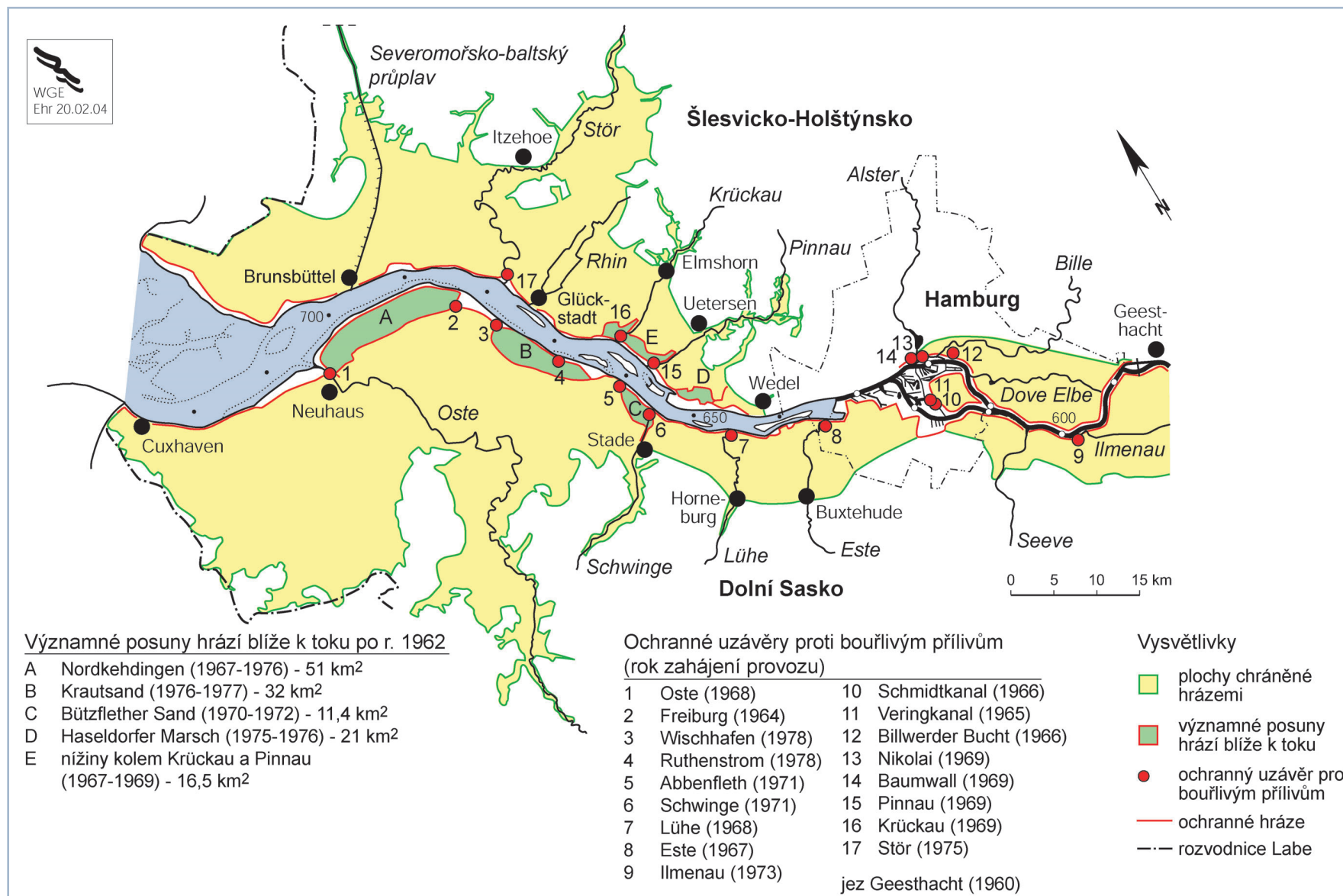
- 1 309 km² v Dolním Sasku, kde jsou na levém břehu Labe od zdymadla Geesthacht po Cuxhaven ochranné hráze v délce 135,6 km,
- 856 km² ve Šlesvicku-Holštýnsku na pravém břehu Labe pod Hamburkem s ochrannými hrázemi v délce 99,5 km,
- 250 km² na Labi v Hamburku s 99,5 km ochranných hrází.

Na dolním úseku Labe od jezu Geesthacht po ústí Labe do Severního moře je tudíž za hrázemi o délce 334,6 km chráněna plocha o celkové rozloze 2 415 km² (obr. 3.1-5), kde žije 475 000 obyvatel. Ochranné hráze podél Dolního Labe pod Hamburkem nyní dosahují výšky 6 až 9 m.

S výjimkou úseků s vysokými břehy na pravém břehu v Geesthachtu, Hamburku (obr. 3.1-7) a Wedelu je dolní úsek Labe tedy průběžně ohrázován na obou březích. Mimo hrází přispěla k úbytku záplavových ploch také stavba ochranných uzávěrů proti bouřlivým přílivům v oblasti zaústění přítoků na slapovém úseku Labe (obr. 3.1-8 a 3.1-9). Jedná se o stavební objekty se zařízením (např. vzpěrná vrata, segmentové jezy nebo zvednutá stavidla), které se uzavírá za účelem ochrany proti bouřlivým přílivům. Tyto uzavírací objekty se aktivují, překročí-li vodní stav o 0,5 až 1,5 m průměrný maximální vodní stav za přílivu. Do této výšky se může voda volně dostávat do přítoků.

Uzávěry v blízkosti ústí labských přítoků ve slapovém úseku představují pro nížiny za těmito objekty optimální ochranu. Stavba uzávěrů se nabízela zejména v místech, kde se ohrázané nížiny řek nedaly již dostatečně chránit před bouřlivými přílivy. Se stavbou těchto objektů se započalo bezprostředně po osudném bouřlivém přílivu v únoru 1962.

Umístění všech ochranných uzávěrů proti bouřlivým přílivům ve slapovém úseku Labe od jezu Geesthacht po Severní moře je znázorněno na obr. 3.1-5.



Obr. 3.1-5: Posun ochranných hrází blíže k toku, ohrázované plochy a ochranné uzávěry proti bouřlivým přílivům na dolním úseku Labe od jezu Geesthacht po ústí Labe do Severního moře

Podobně jako na Labi byly hráze současně postaveny i na jeho přítocích Ilmenau, Seeve, Este, Lühe, Schwinge, Pinnau, Krückau, Stör a Oste (obr. 3.1-10). Hráze v délce 49 km chrání na přítoku Oste území 184 km². Význam hrází podél přítoků se však snížil po vybudování ochranných uzávěrů proti bouřlivým přílivům.



Obr. 3.1-6: Protipovodňová zeď v Hamburku v přístavišti St. Pauli Landungsbrücken



Obr. 3.1-8: Ochranný uzávěr proti bouřlivým přílivům na řece Oste s plavebními a čtyřmi postranními otvory



Obr. 3.1-7: Vysoký břeh v úseku Hamburk-Blankenese



Obr. 3.1-9: Ochranný uzávěr proti bouřlivým přílivům na řece Pinnau s plavebními a dvěma postranními otvory



Obr. 3.1-10: Hráz na přítoku Oste u obce Neuhaus nad ochranným uzávěrem proti bouřlivým přílivům

3.1.2 Výstavba ochranných hrází a uzavíracích jezů na Středním Labi

Kolem roku 1100 stavěli osadníci na Středním Labi první protipovodňové valy a hráze v oblasti nad Magdeburkem. Okolo roku 1160 se začalo se stavbou hrází, které obklopovaly vesnice jako hradby. V dalších stoletích byly tyto jednotlivé prstencové hráze vzájemně propojovány, až vznikly souvislé úseky hrází.

Historické listiny a spisy ale také dokládají, že začátek stavby hrází se mezi Altenzaunem (ř. km 412) a Beusterem (ř. km 450) datuje již do roku 1160. Kolem roku 1274 existovala souvislá linie hrází mezi Bleckede (ř. km 550) a Geesthachtem (ř. km 585). Stavba hrází podél Labe se v pozdějších letech řídila i tím, jak byla překládána trasa toku.

Tehdejší hráze ovšem zdaleka nedosahovaly rozměrů hrází dnešních. Proto také nemohly na těch územích, která měly chránit, zabránit záplavám zcela, pouze je do jisté míry omezovaly. Po velkých povodních byly hráze zčásti pouze navýšeny, ale zároveň v příčném profilu nebyly zesíleny. Tím již nebyla zabezpečena dostatečná stabilita hrází. Vzhledem k tomu, že na řadě míst se hráze protrhly, vznikla nepravidelná a hydraulicky často nepříznivá linie hrází, protože průlomy byly opraveny tak, že trasa hrází byla vedena směrem do vnitrozemí, resp. i blíže k toku (obr. 3.1-11).

V zájmu lepší ochrany před povodněmi bylo v letech 1771 a 1772 vybudováno v oblasti ústí Havoly (Sandau – ř. km 418) 8,2 km dělicích hrází mezi Labem a Havolou a poté v letech 1809 a 1832 prodlouženo na 11,2 km. Současně bylo ústí Havoly přeloženo o 3 km směrem po toku Labe. V důsledku těchto opatření klesla výška zpětného vzdutí z Labe o 1,8 m.

Velké stavební úpravy hrází v polovině 19. století uzákonilo Prusko. Například letní hráze se upravovaly na hráze zimní, a to kolem ústí Sály (ř. km Labe 290,7), u Magdeburku-Rothensee (ř. km 330), Burgu (ř. km 343 - 364, pravý břeh),

Genthinu (ř. km 364 - 392, pravý břeh), u Tangermünde (ř. km 372 - 393, levý břeh) a Sandau (ř. km 412 - 427, pravý břeh), současně byly uzavírány mezery mezi jednotlivými komplexy hrází a usilovalo se o jednotnou výšku hrází po obou stranách toku.

Letní hráze jsou na několika říčních úsecích Labe i v současnosti. Zčásti byly postaveny až několik stovek metrů před zimními hrázemi a v porovnání s nimi jsou menší. Na rozdíl od zimních povodní se letní povodně většinou vyznačují menším objemem, a proto jejich kulminační vodní stavy v oblasti Středního Labe výrazně ubývají. Letní hráze tudíž často chrání před záplavami zemědělsky obdělávané pozemky až po zimní hráze.

Od roku 1975 byly labské hráze, a to jak na území bývalé NDR pod městem Wittenberge po obou březích Labe, tak i na levém břehu Labe na území Dolního Saska až po Geesthacht, rozsáhlými stavebními opatřeními průběžně zesí-



Obr. 3.1-11: Trasa hrázové linie u města Sandau (ř. km 415) s jasně identifikovatelnými lokalitami bývalých průtrží hrází

lovány a navýšeny tak, aby mohly bezpečně odvádět stouhou vodu při bezpečnostním převýšení hráze o 1,0 m (v obcích 1,20 m).

Výška koruny hrází při stavebních úpravách pod městem Wittenberge je navrhována na vodní stav 745 cm ve vodoměrné stanici Wittenberge plus 100 cm bezpečnostní převýšení.

Střední Labe je od říčního km 97,7 (1,7 km pod zámek Hirschstein) po říční km 585,9 (jez Geesthacht) převážně ohrázováno. Celkem je v tomto úseku na levém břehu Labe 356 km a na pravém břehu 374 km zimních hrází. Výjimku představují úseky s nábřežními zdmi v několika městech a obcích a četné úseky s vysokým břehem.

Těmito 730 km dlouhými hrázemi na Labi je proti povodním chráněno 3 285 km² původně zaplavovaných území, kde žije 365 000 lidí ve 249 městech a obcích. Na obr. 3.1-12 je znázorněno, že v případě protržení hráze by mohly být zaplaveny rozsáhlé plochy. Např. protržení hráze na Labi u Burgu 12. 2. 1566 způsobilo záplavu, která sahala až k městu Rathenow na Havole. Ještě začátkem 18. století povodně na Labi procházely městy Rathenow a Havelberg. Mezi hrázemi a úseky s vysokými břehy se přes rozsáhlé ohrázování na Středním Labi nachází ještě 1 015 km² záplavových území, z nichž 94 % je stanoveno právními předpisy.

Kromě ochranných hrází podél Labe existují na dolních úsecích přítoků hráze proti zpětnému vzdutí. Jejich výška je přizpůsobena stavům vody při povodni na Labi s cílem zamezit zatopení říčních nížin podél přítoků následkem zpětného vzdutí z Labe. Hráze proti zpětnému vzdutí jsou nejen podél Černého Halštrovu, Mulde, Sály (obr. 3.1-13) a Havoly, ale i na řadě menších přítoků, jako jsou Ohre, Stepenitz/Karthane, Aland, Seege, Löcknitz, Jeetzel a Sude. Celková délka těchto hrází činí 500 km.

Na 730 km hrází podél Labe a na 500 km hrází proti zpětnému vzdutí v úseku Středního Labe bylo v délce 548 km,

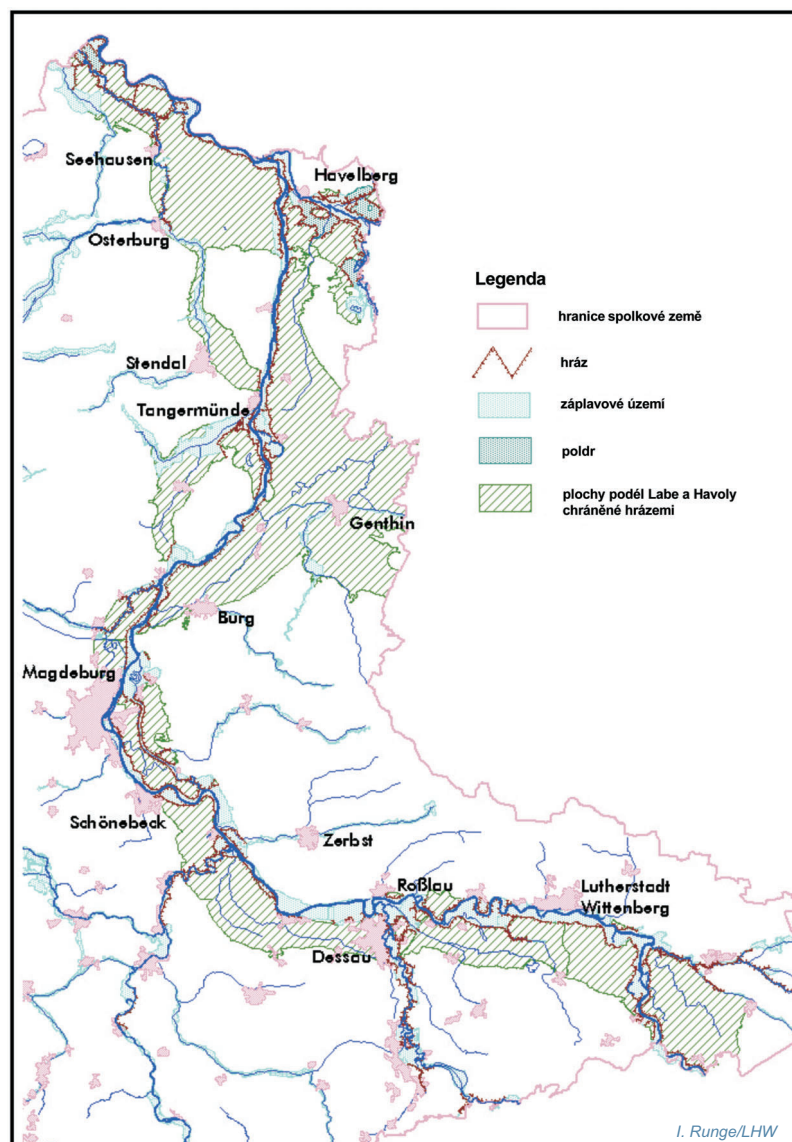
tj. 45 % hrází, zjištěny nedostatky proti současným (stav k 1. 1. 2003) technickým požadavkům na stabilitu ochranných hrází, jako je

Uvedené nedostatky mají být do roku 2015 odstraněny na základě rozsáhlého programu rekonstrukce ochranných hrází (obr. 3.1-14 a 3.1-15).

Průřez, běžně aplikovaný při rekonstrukci ochranných hrází v Sasku-Anhaltsku, je patrný z obr. 3.1-16.

V oblasti ústí několika přítoků Středního Labe byly ve 20. století – většinou společně s přeložením ústí toků – postaveny uzavírací jezy: na Havole (jezová soustava Quitzöbel – 1936), jez Gnevsdorf na ústí Havoly a jez Neuwerben – 1954, na řece Karthane (čerpací stanice s propustí – 1981), na Alandu (1991), na řece Löcknitz (1972) a Sude (1982) – obr. 3.1-17.

- nehomogenní struktura hrází,
- místně příliš nízká koruna hráže v porovnání s návrhovou povodní,
- příliš strmé svahy a příliš malý profil na řadě úseků hrází,
- často chybějící síť zpevněných komunikací pro ochranu hráže v případě povodně.



Obr. 3.1-12: Hráze a plochy chráněné hrázemi na Středním Labi v Sasku-Anhaltsku



Obr. 3.1-13: Hráze proti zpětnému vzdutí na Sále nad soutokem s Labem



Obr. 3.1-14: Výstavba nové ochranné hráze na pravém břehu Labe u obce Jagel – ř. km 472 (Braniborsko) v roce 2003



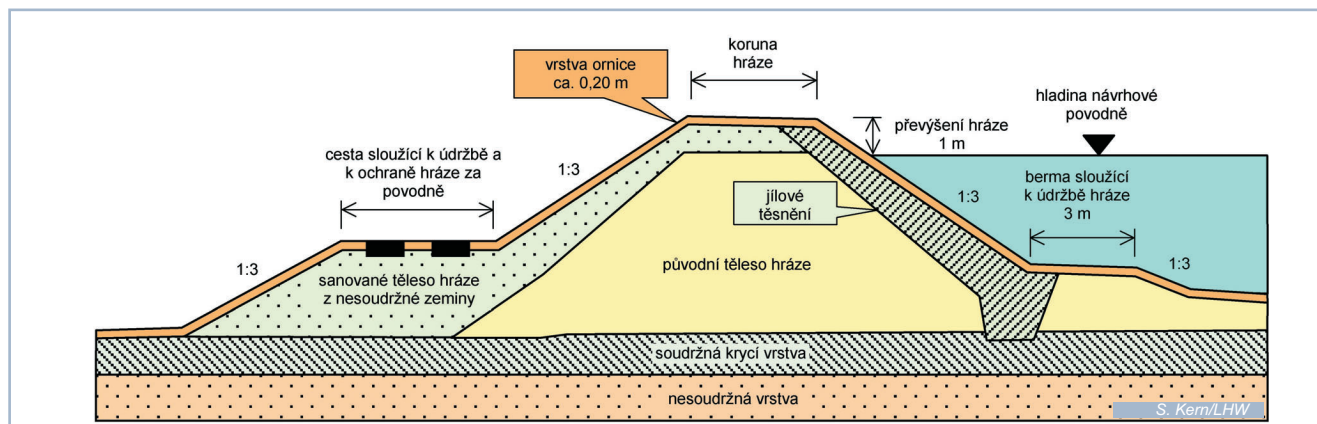
Obr. 3.1-15: Rekonstruovaná ochranná hráz na levém břehu Labe u obce Neukirchen (pod Werbenem – ř. km 436) s poldry na průsakové vody typickými v tomto úseku, 24. 8. 2002

Tyto uzavírací jezy jsou provozovány jinak než ochranné uzavěry proti bouřlivým přílivům na Dolním Labi, které zůstávají uzavřené po celou dobu bouřlivého přílivu, což většinou trvá pouze několik hodin až dní. Povodně na Středním Labi často trvají mnoho dní, někdy až několik týdnů. Když se stav vody za ochrannými jezy v této době zvyšuje nad hladinu vody

v Labi a tudíž se podkročuje bezpečnostní převýšení hrází proti zpětnému vzduťi, musí se jezy otevřít.

Pouze u Havoly je situace jiná. Zde je kromě širokého koryta k dispozici 6 odlehčovacích poldrů, což umožňuje v případě 50-leté a vyšší vody na Labi ($3\,730\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ve stanici Witten-

berge), aby byla voda z Labe odváděna jezem Neuwerben do povodí Havoly, čímž se dosáhne zmírnění povodňové vlny na Labi až o 40 cm. Uvedený postup byl poprvé uplatněn při povodni v srpnu 2002. Podrobný popis uzavíracích jezů a jejich funkcí na dolním toku Havoly je uveden v kapitole 4.9.4.



Obr. 3.1-16: Průřez rekonstruovanou ochrannou hrází běžně aplikovaný v Sasku-Anhaltsku



Obr. 3.1-17: Uzavírací jez v oblasti ústí řeky Sude

3.1.3 Výstavba ochranných hrází na Horním Labi

Díky geografickým podmínkám na Labi v České republice byly protipovodňové hráže ve 20. století postaveny jako součásti lokálních úprav a v souvislosti se zdržením jezů. Hráze o celkové délce 23,4 km existují místně v úseku Labe od města Hradec Králové až po ústí Jizery a zajišťují povodňovou ochranu na území o rozloze 89 km², avšak pouze 6,7 km hrází v Hradci Králové a Pardubicích bylo dimenzováno na návrhovou povodeň 100 let (obr. 3.1-18).

U ostatních hrází na Labi se návrhová povodeň pohybuje v rozsahu pouze 2 až 20 let. Celková rozloha záplavového území podél Labe od Krkonoš po státní hranici s Německem činí při povodni s dobou opakování 100 let 368 km².

Ani na přítocích Labe v České republice není výstavba ochranných hrází velmi rozšířena. Hráze proti zpětnému vzdutí existují na Orlici (obr. 3.1-19) v úseku Hradce Králové (2,7 km) a na Mrlině v Nymburce (3,0 km).

Na Vltavě jsou ochranné hráže v Praze (7,1 km) a místně pod Prahou po ústí do Labe (13,4 km). Na Ohři je pod údolní nádrží Nechanice 1,2 km hrází, z toho 0,9 km leží v oblasti jezových objektů.

Na Horním Labi v Německu je pouhých 9,4 km protipovodňových hrází v úseku Drážďany až Míšeň, které chrání území o rozloze cca 7 km².



Z. Šámalová

Obr. 3.1-18: Výstavba ochranných hrází v Pardubicích



Z. Šámalová

Obr. 3.1-19: Hráze proti zpětnému vzdutí na Orlici nad soutokem s Labem

3.1.4 Dopady výstavby ochranných hrází na hydrologický režim

Výstavba hrází podél vodních toků, jejímž účelem je ochrana člověka, jeho obydlí, dopravních komunikací, průmyslových podniků a zemědělských ploch před povodněmi, vedla k podstatnému úbytku původně zaplavovaných území. Na druhé straně má v případě povodní za následek vyšší vodní stavy a větší rychlost proudění a rychlejší průchod povodňové kulminace. Úbytek zaplavovaných území a retenčního objemu je patrný z tab. 3.1-1.

Malý počet hrází na Horním Labi ovlivňuje hydrologický režim jen nepatrně. Zejména oboustranné hráze menšího rozměru, které se nacházejí na českém úseku Labe nad jezy, nemají významný vliv na průchod velkých vod. K tomu přistupuje skutečnost, že se uzávěry jezů v případě povodně otevírají s tím, že je k dispozici celý průtočný profil.

Zcela jiné dopady vyvolané ohrázkováním lze konstatovat na Středním Labi. V důsledku 730 km ochranných hrází na Labi a hrází proti zpětnému vzduť v délce 500 km se

■ zmenšilo původně zaplavované území 4 300 km² o 76 % (3 285 km²), a tím se snížil i retenční objem o 2,3 mld. m³,

■ zvýšily kulminační vodní stavy při stoleté vodě v oblasti Lutherstadt Wittenberg o 10 cm a v oblasti Wittenberge cca o 50 cm,

■ zvětšila rychlost proudění, čímž povodňové vlny rychleji odtékají, což vede k dřívějšímu výskytu kulminace povodňové vlny.

Pod jezem Geesthacht jsou proudění a vodní stav určeny vlivem přílivu a odlivu. Povodně postupující po proudu Labe ovlivňují jeho slapový úsek pouze nepatrně. Při každém nárůstu přítoku ze Středního Labe o 100 m³.s⁻¹ se ve vodoměrné stanici v Hamburku-St. Pauli počítá se zvýšením stavu

vody o 1 cm. Proto se ohrázkování podél Středního Labe zde již neprojevuje.

Naproti tomu řada různých opatření na samotném Dolním Labi trvale ovlivnila charakter hydrologického režimu.

Z tab. 3.1-1 je patrné, že se původní záplavové území podél 142 km dlouhého slapového úseku Labe zmenšilo o více než 2 400 km². V této souvislosti se retenční objem snížil o cca 8,0 mld. m³, což přibližně odpovídá 3,5násobku úbytku retenčního objemu na úseku Středního Labe v délce 489 km.

Od roku 1962 došlo:

■ ke zvýšení ochranných hrází po obou březích Labe minimálně o 1,5 m a k zesílení hrází,

■ k ohrázkování (před stávajícími ochrannými hrázemi) dalších záplavových území v 9 lokalitách mezi Hamburkem a Cuxhavenem,

■ k výstavbě 17 ochranných uzávěrů proti bouřlivým záplavám na přítocích Labe od toku Ilmenau po řeku Oste,

■ k dalšímu prohlubování plavební dráhy pro čím dál větší lodí z 10,5 m na 15,8 m na cca 100 km dlouhém úseku od Cuxhavenu po přístav v Hamburku.

Tab. 3.1-1: Úbytek zaplavovaných území a retenčního objemu v důsledku výstavby hrází na Labi a na dolních úsecích jeho přítoků

Úsek Labe	Spolková země (pouze pro Německo)	Úbytek zaplavovaných území [km ²]	Průměrná výška záplavy při protřžení hráze [m]	Úbytek retenčního objemu [mld. m ³]
Horní Labe - ČR	-	89	0,3	0,03
Horní a Střední Labe - SRN včetně zaústění přítoků	Sasko	127	0,3	0,04
	Sasko-Anhaltsko	2 338	0,5	1,17
	Braniborsko	263	1,0	0,26
	Dolní Sasko	454	1,5	0,68
	Meklenbursko-Přední Pomořansko	102	1,5	0,15
	Šlesvicko-Holštýnsko	1	1,5	0,00
	součet	3 285		2,30
Dolní Labe	Dolní Sasko (nad Hamburkem)	142	2,0	0,28
	Hamburk	250	2,5	0,63
	Dolní Sasko (pod Hamburkem)	1 167	3,5	4,08
	Šlesvicko-Holštýnsko	856	3,5	3,00
	součet	2 415		7,99
Celkem		5 781		10,32

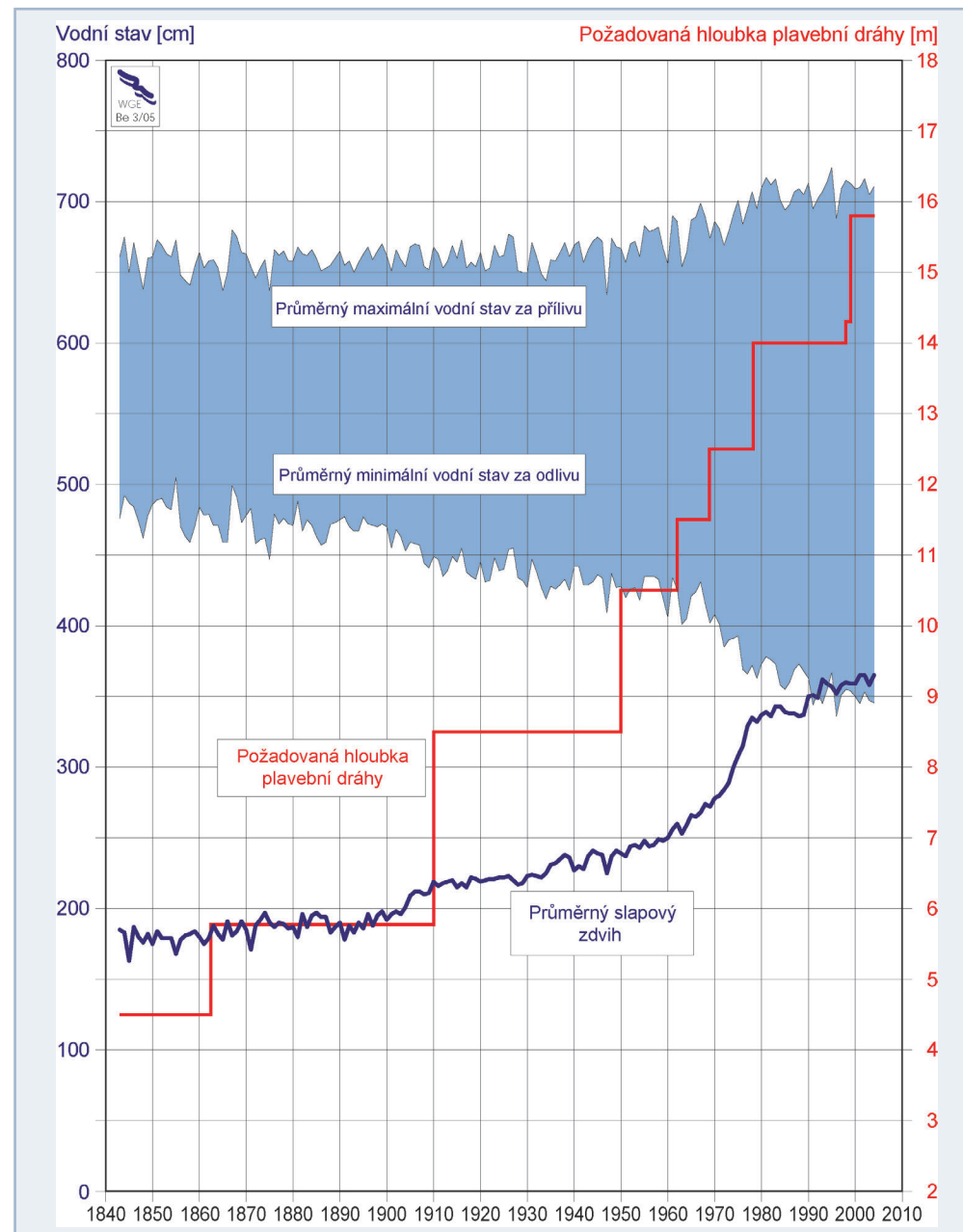
Prohlubování plavební dráhy, ale i úbytek záplavových ploch následkem ohrázování a uzavírání přítoků, vedou k výrazným změnám hydrologického režimu. Ve vodoměrné stanici v Hamburku-St. Pauli nastaly od roku 1962 tyto změny (obr. 3.1-20):

- zvýšení rozdílu vodního stavu mezi přílivem a odlivem o 100 cm, protože průměrný maximální vodní stav za přílivu je o 30 cm vyšší a průměrný minimální vodní stav za odlivu cca o 70 cm nižší.

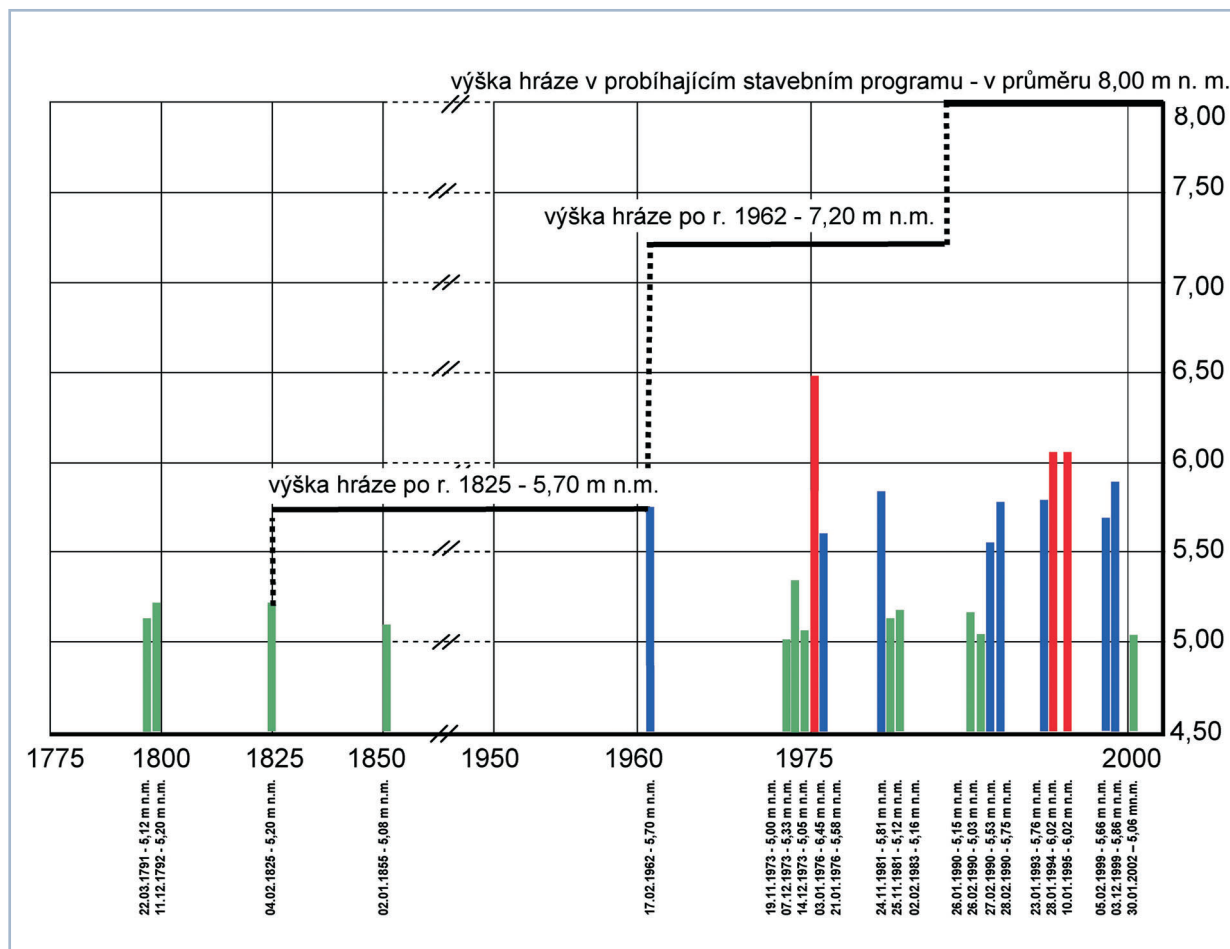
- zvýšení kulminace vysokých bouřlivých přílivů (nad 5 m n. m.) o 50 až 60 cm. Ve vodoměrné stanici Zollenspieker nad rozvětvením toku v Hamburku jsou zaznamenány dokonce nárůsty o 65 až 95 cm.

- zkrácení postupové doby kulminace bouřlivých přílivů mezi Cuxhavenem a Hamburkem ze 4,5 hod. na 3,5 hod. To znamená, že bouřlivé přílivy jsou dnes v Hamburku o hodinu dříve než asi před 40 lety. Průměrná rychlost středního bouřlivého přílivu se zvětšila z 22 km.h⁻¹ na téměř 29 km.h⁻¹.

Navíc statistika bouřlivých přílivů prokazuje, že se v průběhu minulých desetiletí nezvýšily pouze kulminace bouřlivých přílivů, ale i jejich četnost. Obr. 3.1-21 znázorňuje rozložení četnosti bouřlivých přílivů nad 5,00 m n. m. v období 1775 - 2002 ve vodoměrném profilu Hamburk-St. Pauli.



Obr. 3.1-20: Průměrné vodní stavy na Labi od roku 1843 ve vodoměrné stanici Hamburk-St. Pauli a požadované hloubky plavební dráhy (vztaženo na nulový bod map -1,9 m n. m)



Obr. 3.1-21: Bouřlivé přílivy nad 5,00 m n. m. od roku 1775 ve vodoměrném profilu Hamburk-St. Pauli a vývoj výšky ochranných hrází

Z grafického znázornění vyplývá, že v období

- 1775 - 1961, tedy za 187 let, byly zaznamenány pouze 4 bouřlivé přílivy, které překročily výšku 5,00 m n. m.;
- 1962 - 2002, tedy za pouhých 41 let, bylo zaznamenáno již 19 bouřlivých přílivů, které překročily výšku 5,00 m n. m., z toho 10 po roce 1990;
- 1976 - 2002 došlo již ke 3 bouřlivým přílivům, které překročily výšku 6,00 m n. m, z toho ke dvěma po roce 1990.

Proto byly ochranné hráže navyšovány po etapách, a to po bouřlivém přílivu v roce 1825 z původně rozdílných výšek jednotně na 5,70 m n. m. a po katastrofálních bouřlivých přílivech v roce 1962 na 7,20 m n. m. Po bouřlivém přílivu v roce 1976 byl iniciován stavební program, v jehož rámci jsou hráže kolem Hamburku navyšovány na 8,00 m n. m.

Tato statistika jednoznačně dokládá častější výskyt bouřlivých přílivů ve slapovém úseku Labe v nedávné minulosti a nárůst výšky vodních stavů za bouřlivých přílivů. Velmi silné bouřlivé přílivy dne 28. 1. 1994 a 10. 1. 1995 (6,02 m n. m. ve vodoměrné stanici Hamburk-St. Pauli) představovaly pro hamburskou oblast po roce 1976 (6,45 m n. m.) druhý nejvyšší vrchol bouřlivého přílivu.

Uvedené změny v četnosti a výšce bouřlivých přílivů nelze zajisté připisovat pouze vlivům lidské činnosti během posledních desetiletí, ovšem tyto vlivy by mohly být jednou z významných příčin těchto změn.

3.2 Změna délky Labe

Kdo z nás raději neulpí zrakem
na duchaplném zmatku přirozené říční krajiny
než na bezduché pravidelnosti napříměného koryta?
(Friedrich Schiller)

3.2.1 Zkracování vodního toku

Napřimování toku Labe, prováděné v průběhu staletí v zájmu zdokonalení povodňové ochrany, lepšího průchodu ledu, kodvodňování zemědělských ploch a především ke zlepšování plavebních podmínek, bylo vždy provázáno zkrácením jeho trasy (tab. 3.2-1). Řadou průpichů došlo k oddělení meandrů. Z historie jsou známy významné průpichy již od 16. století.

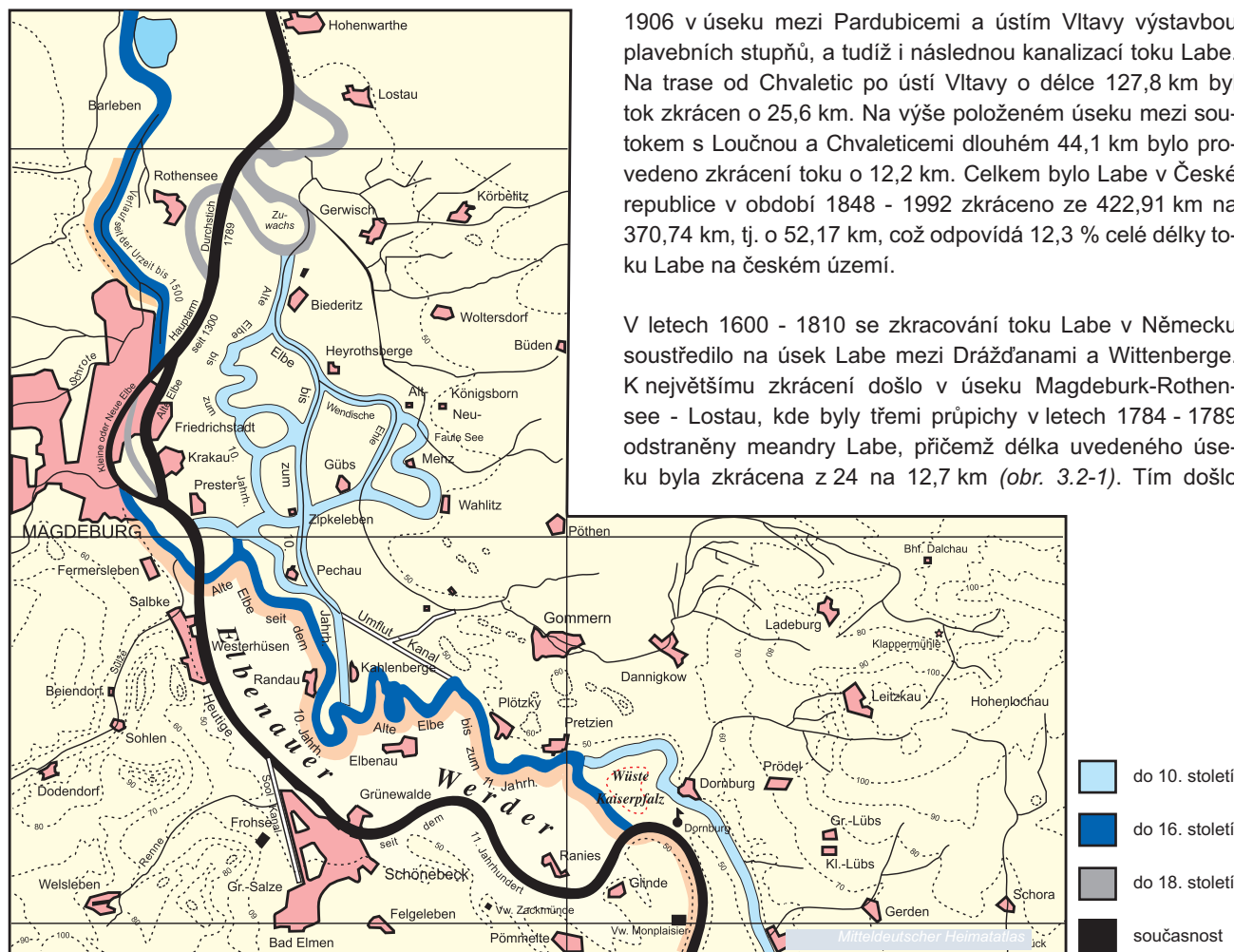
V zájmu zlepšování podmínek pro splavování kmenů z Krkonoš a Orlických hor byla trasa Horního Labe nad Kolínem upravena pro voroplavbu několikrát již v polovině 16. století. K největším změnám na Horním Labi však došlo od roku

1906 v úseku mezi Pardubicemi a ústím Vltavy výstavbou plavebních stupňů, a tudíž i následnou kanalizací toku Labe. Na trase od Chvaletic po ústí Vltavy o délce 127,8 km byl tok zkrácen o 25,6 km. Na výše položeném úseku mezi soutokem s Loučnou a Chvaleticemi dlouhém 44,1 km bylo provedeno zkrácení toku o 12,2 km. Celkem bylo Labe v České republice v období 1848 - 1992 zkráceno ze 422,91 km na 370,74 km, tj. o 52,17 km, což odpovídá 12,3 % celé délky toku Labe na českém území.

V letech 1600 - 1810 se zkracování toku Labe v Německu soustředilo na úsek Labe mezi Drážďanami a Wittenberge. K největšímu zkrácení došlo v úseku Magdeburk-Rothensee - Lostau, kde byly třemi průpichy v letech 1784 - 1789 odstraněny meandry Labe, přičemž délka uvedeného úseku byla zkrácena z 24 na 12,7 km (obr. 3.2-1). Tím došlo

Tab. 3.2-1: Přehled nejrozsáhlejších zkrácení toku Labe (pořadí od prameně k ústí)

Úsek Labe	Původní délka vodního toku [km]	Zkrácení délky toku Labe [km] [období]
Metuje, ústí - Předměřice	13,2	4,1 (1931 - 1944)
Předměřice - Opatovice	20,1	4,3 (1931 - 1944)
Loučná, ústí - Chvaletice	44,1	12,2 (1906 - 1969)
Chvaletice - soutok s Vltavou	127,8	25,6 (1906 - 1962)
Döbeltitz (nad městem Torgau)	5,0	3,5 (1873)
Neubläsen - Mockritz (pod městem Torgau)	17,5	12,0 (1773 - 1774)
Bösewig (nad soutokem s Černým Halštrovem)	6,7	4,0 (1773 - 1774)
Magdeburk-Rothensee - Lostau	24,0	11,3 (1784 - 1789)
Rogätz - Kehnert (pod soutokem s Ohre)	13,8	6,7 (1684 a 1743 - 1747)



Obr. 3.2-1: Změna trasy toku Labe v úseku Schönebeck - Magdeburk



Obr. 3.2-2: Odstavená ramena na Labi vzniklá v důsledku průpichů u Hradce Králové



Obr. 3.2-3: Odstavené rameno vzniklé v důsledku průpichu Labe u Magdeburku-Rothensee

ke značnému zesílení eroze dna s negativními následky pro plavbu, pro niž představují skalnaté úseky v intravilánu Magdeburku dodnes obtížnou překážku (viz kap. 5.2).

Stavební úpravy toku Labe na vodní cestu, které se od roku 1844 pojily s úpravou koryta na střední vodu, vedly k dalšímu zkracování trasy. Napřimování toku sloužilo výlučně ke zlepšení plavebních podmínek. Celkem byla délka Labe v Německu zkrácena minimálně o 67 km, což odpovídá 9,2 %.

Pokud jde o celkovou délku Labe, lze vycházet z toho, že jeho trasa byla od 16. století zkrácena minimálně o 119 km.

K negativním následkům tohoto vývoje patří zvětšení sklonu vodního toku a rychlosti proudění, zkrácení postupových dob povodňových vln, výraznější eroze dna toku a zničení rozsáhlých částí lužní krajiny.

Většina oddělených meandrů existuje dodnes jako odstavená labská ramena a patří k cenným chráněným biotopům (obr. 3.2-2 a 3.2-3). V blízkosti Magdeburku-Rothensee dosahuje přirozené záplavové území šířky 3,3 km.

3.2.2 Plavební mapy a kilometráž Labe

Po mnoho století byla vodní doprava na Labi provozována na malých lodích, které byly proti proudu poháněny plachtami nebo vlečeny lidskou silou, zatímco ve směru toku byly unášeny prouděním nebo rovněž poháněny plachtami.

Mimořádný rozmach zažila plavba ve 12. a 16. století. V 16. století bylo Labe jednou z nejvíce využívaných vodních cest v Evropě. V 17. století se lodě plavily až do Prahy.

Na základě usnesení Vídeňského kongresu v roce 1815 se Labe stalo mezinárodním vodním tokem, čímž byla nadále podporována plavba i voroplavba. Labská plavební akta, podepsaná v roce 1821 v Drážďanech na zámku Pillnitz, postupně do roku 1870 osvobodila plavbu od do té doby vládnoucích celních břemen.

Od roku 1836 byl mezi Hamburkem a Drážďanami pravidelný provoz parníků a od roku 1841 mezi Drážďanami a Prahou.

Ke zlepšení plavebních podmínek na Labi byly nezbytné i říční mapy. První mapa Labe vznikla kolem roku 1560. Ukazovala nejenom města, přítoky, mosty a přivozy, ale i celnice. Další říční mapa celého toku Labe, která patří mezi vzácnosti historické kartografie, vznikla v roce 1781. Zde jsou znázorněny i ostrovy tehdy ještě málo regulovaného Labe. Vyznačeny jsou i přivozy, vodní mlýny a brody.

Po vyhotovení dalších labských map, zčásti pouze pro určité úseky Labe, byla po zavedení mezinárodní metrické dohody v roce 1874 – v Německu byl metr zaveden jako jednotná měrová soustava již od roku 1868 – a po rozsáhlých geodetických pracích na Labi v období 1874 - 1880 zpracována jednotná mapa celého splavného úseku Labe. Tato mapa byla v roce 1885 uveřejněna jako „jednotná spolková mapa Labe“ v měřítku 1 : 10 000 a vyhlášena za závazný dokument plavby. Spolková mapa stanovila u Mělníka (soutok s Vltavou) nulový bod plavební kilometráže, který platí v České republice dodnes. Poněkud později byla od nulového bodu v Mělníku

proti proudu Labe po přístav ve Chvaleticích vyznačena plavební kilometráž, která se používá dodnes.

Druhý nulový bod byl v roce 1885 stanoven v hraniční obci Schöna (levý břeh). Labe tvoří v úseku Schöna - Schmilka v délce 3,43 km uprostřed toku státní hranici mezi Českou republikou a Německem. Kilometráž, která byla v roce 1885 stanovena na německém území od Schöny po ústí Labe do Severního moře, je dodnes platná kilometráž Labe.

V obou státech je plavební kilometráž podél Labe vyznačena na příslušných plavebních tabulích (obr. 3.2-4).



Obr. 3.2-4: Kilometráž na Labi v ř. km 96 na německém území (hranice mezi Horním a Středním Labem)

3.2.3 Současná délka toku Labe

Současná délka Labe však neodpovídá délce toku podle plavební kilometráže platné od roku 1885, poněvadž po provedení změn na říčním korytě od roku 1885 nebylo možné pokaždé měnit celou kilometráž Labe. Z novějších plavebních map jsou však patrné úseky se zkrácením vodního toku.

Při zjišťování dnešní délky Labe byly zohledněny tyto skutečnosti:

- Pro vodohospodářská sledování se v České republice používá kilometráž Labe od státní hranice České republiky s Německem (pravý břeh) nad Schmilkou s říčním km 0,0 až k prameni s km 370,74. Tato kilometráž probíhá středem toku Labe, nikoliv po občas kratších trasách přes plavební komory. Přihlíží ke všem prováděným zkrácením trasy Labe a odpovídá skutečné délce Labe.

- Úsek Labe mezi obcemi Schöna a Schmilka, který tvoří ve středu toku celkem 3,43 km dlouhou společnou hranici mezi Českou republikou a Německem, je součástí kilometráže v obou státech, a proto ho lze při výpočtu délky Labe použít pouze jednou.

- V 30. letech 20. století bylo Labe mezi říčními km 140,0 a 140,5 (Belgern) zkráceno v rámci úpravy na nízké průtoky o 310 m a v roce 1934 po průpichu (takzvaný „krátký hod“) mezi říčními km 249 a 252 (nad Roßlau) o 1 480 m.

- Při zaměřování saského a pruského úseku Labe se vyskytl rozdíl. Podle pruského zaměření ležela hranice na Labi mezi Saským a Pruským královstvím v říčním km 120,50, podle saského zaměření se však jednalo o říční km 121,54. Rozdíl byl dán tím, že dřívější zaměření délky nebyla provedena uprostřed toku. Aby nebylo nutno měnit již provedené označení kilometráže na pruském úseku Labe, bylo rozhodnuto, že saská kilometráž 121,54 se bude rovnat pruské kilometráž 120,50, čímž je Labe na tomto úseku skutečně

delší o uvedený rozdíl 1 040 m. U plavební kilometráže je nyní dvakrát označen km 121, takzvaný „dlouhý kilometr“.

- Skutečná délka Labe na německém území tedy činí od levého břehu na státní hranici u Schöny po ústí Labe do Severního moře u Cuxhavenu-Kugelbake (hranice s mořem) 726,95 km.

S ohledem na společnou hranici ve středu Labe od Schöny po Schmilku v délce 3,43 km činí současná délka Labe od pramene v Krkonoších po ústí do Severního moře 1 094,26 km.

3.3 Výstavba přehrad

Člověk by chtěl ovládnout přírodu dříve,
než by se naučil ovládat sám sebe.
(Albert Schweitzer)

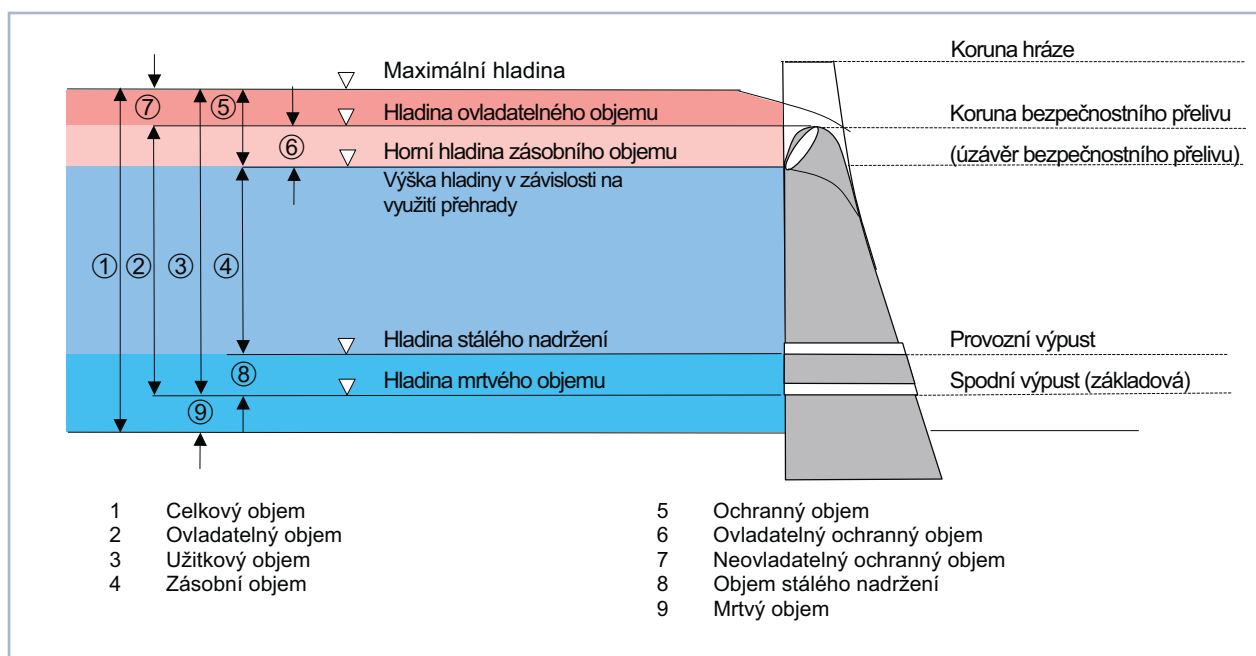
Přehrady jsou vzdouvací objekty, které na rozdíl od jezu uzavírají nejen profil vodního toku, ale celého údolí a vytvářejí vodní nádrž. Skládají se z hráze a zdrže (obr. 3.3-1) a u hrází se může jednat o zděnou, betonovou nebo sypanou hráz z kamene nebo zeminy. Přehrady jsou na přítocích často doplněny o takzvané předzdrže, které se rovněž skládají z hráze a

zdrže. Zabezpečují rovnoměrný vodní stav v oblasti konce vzdutí hlavní nádrže, slouží k zadržování sedimentů a zejména v případě vodárenských nádrží také k eliminaci živin.

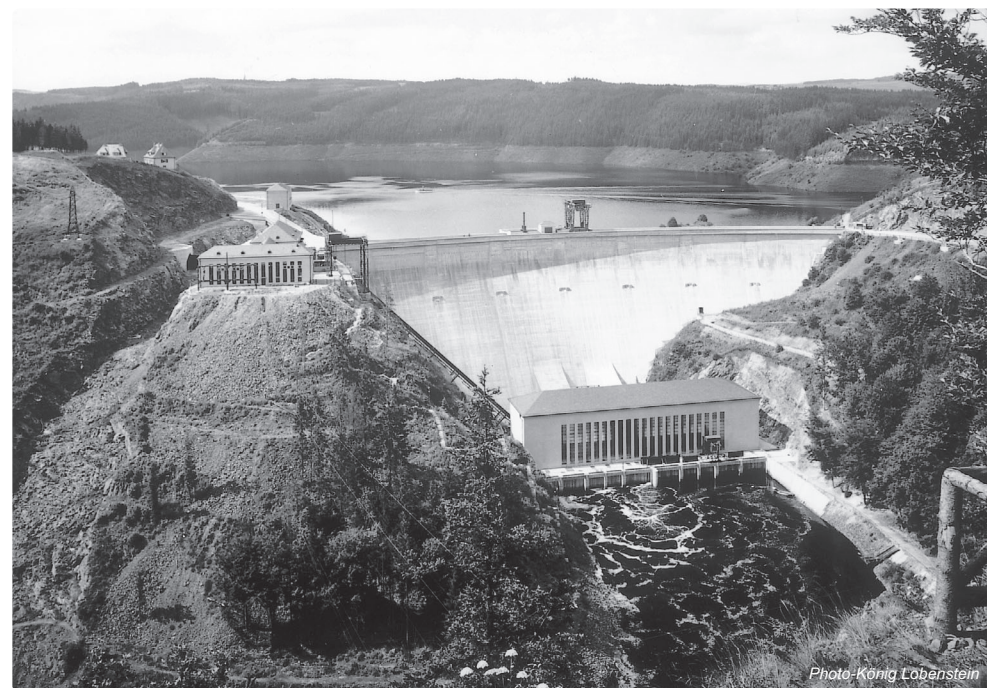
Stavba přehrad má ve střední Evropě dlouhou tradici. Již v 10. století byly postaveny hráz rybníků pro rybářské

účely a později byly hráze zřizovány za účelem využití vodní energie pro hornictví. Od konce 19. století započala výstavba moderních přehrad pro zásobování pitnou vodou, užitkovou vodou, pro výrobu energie, nalepšování minimálních průtoků a povodňovou ochranu. Přehrady plnily často několik funkcí současně (víceúčelové přehrad). Pro povodňovou ochranu se v řadě údolních nádrží udržuje určitý ochranný objem, který může být v letním a zimním pololetí různý. Jednotlivé rozdělení objemů v nádrži znázorňuje schéma na obr. 3.3-2.

K vodním nádržím se řadí také retenční nádrže. Retenční nádrže jsou hlavně v údolích horských oblastí, kde představují povodně zvláště velké ohrožení, a slouží výlučně dočasněmu zadržování povodňových průtoků. Vodní nádrže mohou také vzniknout následkem původně jiného způsobu využívání, jako např. jámy naplněné vodou po těžbě hnědého uhlí, které mají manipulovatelný objem s možností řízeného odtoku. Nádrže přečerpávacích elektráren se často nacházejí na náhorní plošině bez možnosti přirozeného přítoku.



Obr. 3.3-2: Schematické znázornění objemů a hladin údolní nádrže



Obr. 3.3-1: Údolí Sály před (1926) a po (1933) výstavbě vodního díla Bleiloch

3.3.1 Výstavba přehrad v povodí Labe

Do roku 1930 bylo v povodí Labe 95 malých přehrad, které sloužily především místní povodňové ochraně, zásobování vodou a rybářským účelům. Teprve výstavbou přehrad na Vltavě a Sále byly vytvořeny údolní nádrže s velkým objemem a účinným ochranným objemem. Podle objemu má největší údolní nádrž v povodí Labe přehrada Orlík na Vltavě s 716,5 mil. m³ (obr. 3.3-3). Přehrada Rappbodetsperre v Harcu je s výškou hráze 106 m nejvyšším vodním dílem. Přehrada Švihov na Českomoravské vrchovině a Rappbodetsperre jsou největšími vodárenskými nádržemi.

Dle stavu k 31. 12. 2003 je v povodí Labe 292 údolních nádrží s celkovým ovladatelným objemem 4,08 mld. m³, z toho 0,57 mld. m³ ochranného objemu (tab. 3.3-2). Až na několik málo výjimek se uvedené údolní nádrže nacházejí v povodí Horního a Středního Labe až téměř po soutok se Sálou. V žádném dalším evropském povodí neexistuje tak velká hustota údolních nádrží.

Z uvedené tabulky vyplývají tyto skutečnosti:

■ Z ovladatelného objemu připadá 62,6 % na českou část povodí Labe a 37,4 % na část německou. Největší objem s 1,89 mld. m³ je v povodí Vltavy, poté následuje povodí Sály s 0,96 mld. m³.

■ Z ovladatelného ochranného objemu se 43,3 % nachází na českém území a 56,7 % na německém území povodí Labe. Největší ovladatelný ochranný objem s 237,8 mil. m³ je k dispozici v povodí Sály, poté následuje povodí Vltavy se 125,0 mil. m³.

Na obr. 3.3-4 je vyznačeno 45 největších údolních nádrží s celkovým ovladatelným objemem nad 15 mil. m³ a dalších 9 údolních nádrží s ovladatelným ochranným objemem nad 3 mil. m³ v celém povodí Labe. Osm údolních nádrží v povodí Vltavy, Ohře a Sály s ob-



Obr. 3.3-3: Přehrada Orlík na Vltavě

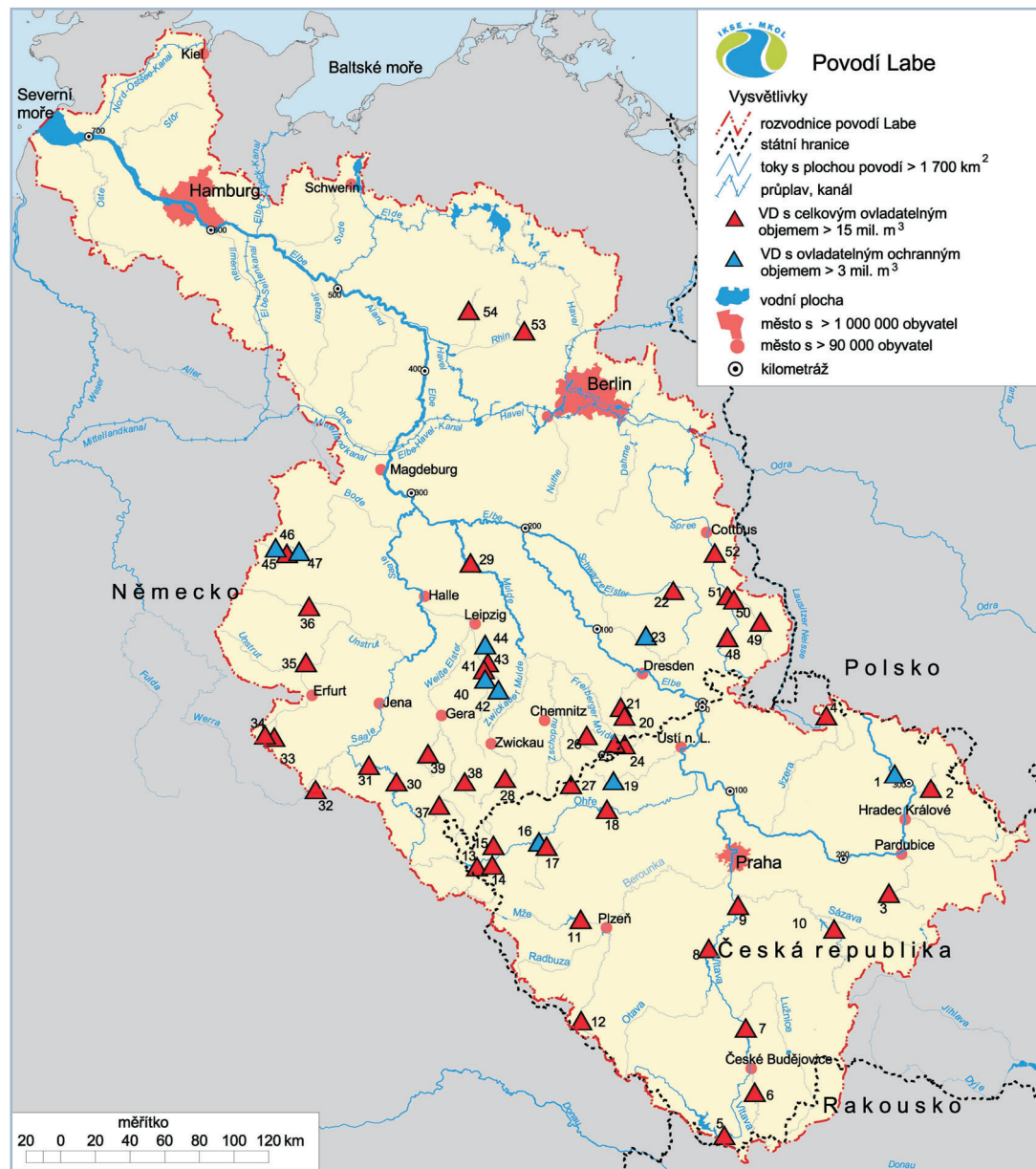
jemem nad 100 mil. m³ mají celkový ovladatelný objem přes 2,34 mld. m³, z toho je 0,19 mld. m³ vymezeno jako ochranný objem.

Tab. 3.3-2: Přehled údolních nádrží v povodí Labe s objemem nad 0,3 mil. m³ (stav k 31. 12. 2003)

Dílčí povodí	Počet údolních nádrží	Ovladatelný objem [mil. m ³]	z toho ochranný objem v ZHP [mil. m ³]
Labe nad soutokem s Vltavou	19	167,35	45,22
Labe pod soutokem s Vltavou po státní hranici ČR/SRN	16	27,21	7,13
Vltava	72	1 892,74	124,98
Ohře	11	397,57	69,58
Mulde	2	72,03	1,27
Česká republika celkem	120	2 556,90	248,18
Horní Ohře po státní hranici SRN/ČR	2	2,20	0,50
Labe pod státní hranicí ČR/SRN po soutok s Černým Halštrovem	19	79,19	23,90
Černý Halštrov	13	42,89	8,85
Mulde	34	200,33	19,82
Sála	86	964,68	237,78
Havola	14	231,90	31,43
Labe od soutoku se Sálou až pod zaústění toku Stepenitz	4	5,07	2,68
Spolková republika Německo celkem	172	1 526,26	324,96
Povodí Labe celkem	292	4 083,16	573,14

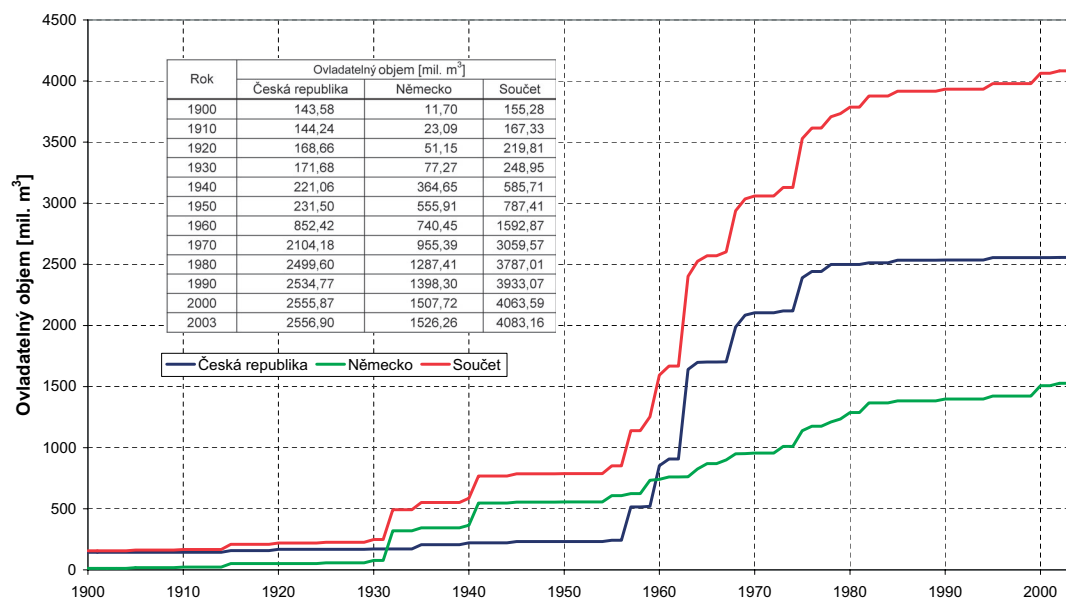
Tab. 3.3-1: Největší údolní nádrže v povodí Labe

Údolní nádrž	Vodní tok	Ovladatelný objem [mil. m ³]	Stát
Orlík	Vltava	716,5	ČR
Lipno I	Vltava	309,5	ČR
Nechranice	Ohře	272,4	ČR
Slapy	Vltava	269,3	ČR
Švihov	Želivka	266,6	ČR
Bleiloch	Sála	215,0	SRN
Hohenwarte	Sála	182,0	SRN
Rappbode	Rappbode	109,1	SRN

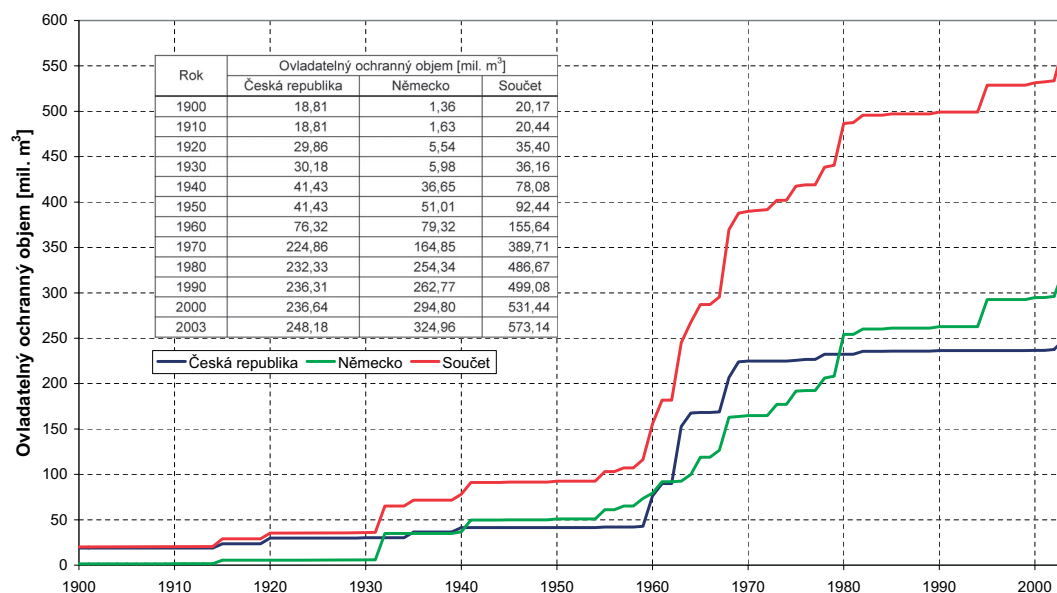


Obr. 3.3-4: Vybraná vodní díla v povodí Labe (objem na základě stavu k 31. 12. 2003)

Poř. čís.	Údolní nádrž	Objem [mil. m ³]	
		ovladatelný	z toho ovladatelný ochranný
1.	Les Království	8,0	4,9
2.	Rozkoš	76,2	25,9
3.	Seč	19,0	3,3
4.	Josefův Důl	20,8	0,3
5.	Lipno I	309,5	33,2
6.	Římov	33,6	1,6
7.	Hněvkovice	21,1	—
8.	Orlík	716,5	62,1
9.	Slapy	269,3	—
10.	Švihov	266,6	—
11.	Hracholusky	41,9	2,4
12.	Nýrsko	19,0	2,0
13.	Skalka	15,9	12,6
14.	Jesenice	52,8	13,2
15.	Horka	19,2	—
16.	Březová	4,7	3,1
17.	Stanovice	24,2	4,2
18.	Nechranice	272,4	36,6
19.	Újezd	6,7	3,2
20.	Lehnmühle	21,9	7,0
21.	Klingenberg	16,4	2,0
22.	Niemitzsch	16,2	2,9
23.	Radeburg II	8,9	3,5
24.	Fláje	21,6	0,4
25.	Rauschenbach	15,2	4,0
26.	Saidenbach	22,4	1,0
27.	Přísečnice	50,4	0,9
28.	Eibenstock	74,7	10,0
29.	Muldestausee	18,0	—
30.	Bleiloch	215,0	27,0
31.	Hohenwarte	182,0	13,0
32.	Goldisthal (dolní nádrž)	17,9	1,2
33.	Ohra	17,8	2,0
34.	Schmalwasser	20,6	3,0
35.	Straußfurt	18,6	18,6
36.	Kelbra	35,6	35,6
37.	Dröda	17,3	3,0
38.	Pöhl	62,0	9,2
39.	Zeulenroda	30,4	7,7
40.	Regis - Serbitz	5,9	5,9
41.	Borna	51,5	46,1
42.	Schömbach	7,7	6,2
43.	Witznitz	20,7	3,2
44.	Stöhma	11,4	11,4
45.	Kalte Bode	4,5	3,9
46.	Rappbode	109,1	14,1
47.	Wendefurth	8,5	5,4
48.	Bautzen	44,6	5,4
49.	Quitzdorf	22,0	2,3
50.	Bärwalde	20,0	—
51.	Lohsa II	53,0	—
52.	Spremberg	42,7	19,0
53.	Rhinspeicher	14,1	—
54.	Dossespeicher Kyritz	16,6	1,8



Obr. 3.3-5: Historický vývoj ovladatelného objemu nádrží v povodí Labe – stav k 31. 12. 2003



Obr. 3.3-6: Historický vývoj ovladatelného ochranného objemu nádrží v povodí Labe (zimní pololetí) – stav k 31. 12. 2003

Z historického vývoje kapacit v údolních nádržích v povodí Labe od roku 1900 (obr. 3.3-5 a 3.3-6) je patrné, že

■ v období 1955 - 1980 se ovladatelný objem zvýšil 4,5krát a ochranný objem 4,7krát.

■ v české části povodí Labe došlo k největšímu nárůstu objemu (o 2,26 mld. m³) v letech 1955 - 1980. V německé části vznikl hlavní podíl objemu údolních nádrží v letech 1930 - 1941 s 469,4 mil. m³ a v letech 1955 - 1982 s 757,6 mil. m³.

■ ovladatelný ochranný objem nejvíce vzrostl v české části povodí Labe v letech 1959 - 1969 o 181,1 mil. m³ a v německé části v letech 1955 - 1982 o 199,1 mil. m³.

■ v celém povodí Labe vzniklo pouze v letech 1955 - 1980 celkem 383,6 mil. m³ ochranného objemu, což představuje 66,9 % dnes stanoveného ochranného objemu.

■ v německé části povodí Labe je zvětšení ovladatelného ochranného objemu v letech 1994 a 1995 výsledkem vyhodnocení povodně, která postihla povodí Sály v dubnu 1994. Ve 13 nádržích byl ovladatelný ochranný objem zvětšen o 29,1 mil. m³. Hlavní pozornost byla věnována povodí toku Unstrut, kde byl v 11 nádržích vymezen o celkem 18,9 mil. m³ větší ovladatelný ochranný objem.

■ zvětšení ovladatelného objemu a především ovladatelného ochranného objemu v letech 2000 - 2003 je způsobeno tím, že po povodních, které se vyskytly v červenci 1997 a v červenci 1998 v Krkonoších a Orlických horách, byl zvýšen ovladatelný ochranný objem ve dvou údolních nádržích o 10,8 mil. m³ a v povodí Orlice byly postaveny dva poldry s retenčním objemem 1,0 mil. m³. Po srpnové povodni v roce 2002 byl v Sasku a Durynsku rozšířen ovladatelný ochranný objem 15 nádrží o 29,0 mil. m³. Dále byla uvedena do provozu údolní nádrž Goldisthal s ovladatelným objemem 17,9 mil. m³, z toho činí ochranný objem 0,4 mil. m³, a předzdrž Goldisthal (0,6 mil. m³).

3.3.2 Dopady výstavby přehrad na hydrologický režim

K 31. 12. 2003 představoval ovladatelný objem až po česko-německý hraniční profil Labe (35 % plochy povodí) 2,48 mld. m³, resp. 61 %, a po stanici Barby pod soutokem se Sálou (65 % plochy povodí Labe) 3,85 mld. m³, resp. 94 % celkového ovladatelného objemu vymezeného ve všech údolních nádržích v povodí Labe s kapacitou nad 0,3 mil. m³.

Kromě toho existuje ještě řada menších vodních nádrží, jejichž objem nedosahuje 0,3 mil. m³ a které nejsou zohledněny ani v tab. 3.3-2 ani na obr. 3.3-5 a 3.3-6.

V současnosti je v horní části povodí Labe rozestavěno několik menších retenčních nádrží a další jsou plánovány. V povodích Rybného potoka, toků Müglitz a Rote Weißeritz se ve 12 lokalitách východní části Krušných hor provádějí průzkumné práce s cílem zjistit možnosti pro výstavbu retenčních nádrží. Retenční nádrž Lauenstein v údolí toku Müglitz, která bude mít ovladatelný objem 5,2 mil. m³, je již rozestavěna a má být dokončena do roku 2006. Dále je rozestavěna vodárenská nádrž Leibis na toku Lichte, přítoku řeky Schwarza v povodí Sály, s ovladatelným objemem 38,9 mil. m³, z toho činí ovladatelný ochranný objem 5,6 mil. m³. Se zahájením provozu se počítá v roce 2007.

Výstavba přehrad značnou měrou ovlivňuje hydrologický režim daného povodí pod vodním dílem, přičemž se ale celkový objem vodních zdrojů nemění. Vyrovnávají se však sezónně rozdílné průtoky a u velkých údolních nádrží dokonce i kolísání přirozeného průtoku v průběhu několika let. V období malých vod lze tedy zvětšit průtok pod přehradami odtokem akumulované vody. Na druhé straně lze v údolních nádržích zadržovat a transformovat povodňové vlny, což průtok pod vodními díly výrazně zmenšuje. Možnosti vyrovnání průtoků pomocí přehrad jsou závislé především na objemu nádrže. Obecně vliv klesá dále po toku s rostoucí vzdáleností od přehrady a s přibývajícím plochou mezipovodí.

Pro většinu vodních děl v povodí Labe stanovují manipulační řády minimální odtok, resp. minimální průtok směrodatným profilem v úseku dále po proudu, pro který je v období sucha zajištěno **nalepšování minimálních průtoků**. Např. Vltavská kaskáda zabezpečuje v Praze s ohledem na odtok z Berounky minimální průtok 40 m³.s⁻¹. Pro přehradu Nechanice na Ohři je předepsán minimální odtok z nádrže 8,0 m³.s⁻¹. Vodní díla na horním toku Sály a na toku Unstrut jsou manipulována tak, aby na středním toku Sály ve městě Naumburk bylo dosaženo minimálně průtoku 22 m³.s⁻¹.

Vliv uvedeného nalepšování minimálních průtoků pomocí přehrad v povodích Vltavy, Ohře a Sály sahá daleko do Středního Labe a má značný hospodářský význam pro vodní dopravu.

Před výstavbou velkých přehrad plavba často ustávala z důvodu malých průtoků a někdy i po dobu několika týdnů (obr. 3.3-7). K označení nízkých vodních stavů byly dříve v Labi a dalších vodních tocích často ukládány tzv. hladové kameny, které jsou vidět pouze za malých průtoků. Takový kámen je na levém břehu Labe v Děčíně pod silničním mostem. Do tohoto kamene byl v 19. století vytesán německý text „Wenn du mich siehst, dann weine“ (Když mně vidíš, plač),

který lze vidět celý, když průtok ve stanici Děčín nepřesahuje 62 m³.s⁻¹ (obr. 3.3-8). Naposledy to bylo v srpnu 1964.

Nalepšování minimálních průtoků na Labi, které bylo umožněno výstavbou vodních děl a jejich manipulací, je patrné z tab. 3.3-3, 3.3-4 a 3.3-5, kde jsou pro stanice Drážďany, Barby a Wittenberge porovnány dlouhodobé průměrné minimální průtoky za období pozorování 1901 - 1953 a 1961 - 2000. Mezi koncem prvního a začátkem druhého období byla postavena většina z přehrad v povodích Vltavy a Ohře. V porovnání s rokem 1953 byl celkový ovladatelný objem v české části povodí Labe do roku 1961 zvětšen na čtyřnásobek a do roku 1970 na více než devítinásobek (obr. 3.3-5).



Obr. 3.3-7: Nízké vodní stavy v září 1904 u Dolního Žlebu (cca 6 km nad česko-německým hraničním profilem Labe)

Pro důkaz nalepšování minimálních průtoků vlivem manipulace na vodních dílech jsou směrodatné dlouhodobé průměrné minimální průtoky za rok a za přirozeně suché letní a podzimní měsíce, zejména za srpen a září.

V době po výstavbě přehrad lze ve všech třech vodoměrných stanicích na Labi konstatovat výrazné zvětšení průměrných ročních minimálních průtoků, které odpovídá ve stanici Drážďany zvýšení vodního stavu o 21 cm, ve stanici Barby o 22 cm a ve stanici Wittenberge o 31 cm. V období pozorování 1961 - 2000 je průměrný minimální průtok v srpnu a září ve stanici Drážďany o 19 m³.s⁻¹, ve stanici Barby o 28 až



Obr. 3.3-8: Hladový kámen v Děčíně

30 m³.s⁻¹ a ve stanici Wittenberge o více než 40 m³.s⁻¹ větší než za období pozorování 1901 - 1953.

Ve stanici Drážďany, kde rozdíl dlouhodobého průměrného ročního průtoku mezi oběma obdobími pozorování činí pouhých 4 m³.s⁻¹, je zvětšení dlouhodobých průměrných minimálních průtoků pravděpodobně výlučně způsobeno manipulací na vodních dílech v České republice.

Ve stanici Barby, kde rozdíl dlouhodobého průměrného ročního průtoku mezi oběma obdobími pozorování činí 22 m³.s⁻¹, nelze zvětšení dlouhodobých průměrných minimálních průtoků za rok ani za letní a podzimní měsíce odůvodnit pouze manipulací na vodních dílech, ačkoli se zde navíc projevuje vliv nalepšování minimálních průtoků na Sále.

Ve stanici Wittenberge, kde rozdíl dlouhodobého průměrného ročního průtoku mezi oběma obdobími pozorování činí 66 m³.s⁻¹, se promítá kromě nalepšování minimálních průtoků pomocí přehrad i vliv dalších opatření zvětšujících odtok.

Přes rozdíly průtoků za obě období pozorování a další opatření v druhé polovině 20. století, která vedla ke zvětšování odtoku, je vliv nalepšování minimálních průtoků pomocí manipulace na vodních dílech působící daleko do Středního Labe nesporný. Tuto skutečnost dokládá také porovnání mi-

Tab. 3.3-3: Minimální průtoky ve stanici Drážďany (53 096 km²)

Období pozorování	Průměrný roční průtok (Q _a)	Průměrný minimální roční průtok (Q _{min})	Průměrný minimální měsíční průtok											
			XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
	[m ³ .s ⁻¹]		[m ³ .s ⁻¹]											
1901 - 1953	324	89,7	170	166	186	204	294	327	206	155	140	121	130	154
1961 - 2000	328	118	184	202	226	258	298	332	239	192	153	140	149	154
Rozdíl 2. a 1. období	4	28	14	36	40	54	4	5	33	37	13	19	19	0

Tab. 3.3-4: Minimální průtoky ve stanici Barby (94 060 km²)

Období pozorování	Průměrný roční průtok (Q _a)	Průměrný minimální roční průtok (Q _{min})	Průměrný minimální měsíční průtok											
			XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
	[m ³ .s ⁻¹]		[m ³ .s ⁻¹]											
1901 - 1953	542	186	312	330	378	418	550	569	383	291	261	230	241	262
1961 - 2000	564	222	341	369	437	483	548	612	452	366	290	258	271	282
Rozdíl 2. a 1. období	22	36	29	39	59	65	-2	43	69	75	29	28	30	20

Tab. 3.3-5: Minimální průtoky ve stanici Wittenberge (123 532 km²)

Období pozorování	Průměrný roční průtok (Q _a)	Průměrný minimální roční průtok (Q _{min})	Průměrný minimální měsíční průtok											
			XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
	[m ³ .s ⁻¹]		[m ³ .s ⁻¹]											
1901 - 1953	646	245	399	454	509	577	699	761	520	377	336	301	313	332
1961 - 2000	712	301	471	511	607	678	743	817	602	492	378	342	361	388
Rozdíl 2. a 1. období	66	56	72	57	98	101	44	56	82	115	42	41	48	56

Tab. 3.3-6: Porovnání minimálních průtoků na Labi před rokem 1955 a po roce 1965

Vodměrná stanice	Minimální průtoky [m ³ .s ⁻¹]	
	před rokem 1955	po roce 1965
Drážďany	často pod 50	88 a větší
Barby	často kolem 90	142 a větší
Wittenberge	často pod 140	180 a větší

Tab. 3.3-7: Porovnání minimálních průtoků na Labi v obdobích extrémního sucha

Vodměrná stanice	Minimální průtok [m ³ .s ⁻¹]				
	VIII/IX 1947	VIII 1952	VIII/IX 1976	VIII/IX 1990	VII/XI 2003
Drážďany	35,8	35,8	88,6	89,3	89,6
Barby	89,0	112	142	177	154
Wittenberge	131	157	195	211	194

minimálních průtoků před rokem 1955 a po roce 1965 a i v obdobích extrémního sucha (tab. 3.3-6 a 3.3-7).

Z tab. 3.3-7 je patrné, že nalepšováním minimálních průtoků pomocí přehrad byly minimální průtoky dokonce i v dlouho trvajícím období sucha v roce 2003 podstatně větší než v obdobích sucha před výstavbou vodních děl v povodích Vltavy a Ohře.

Retenční účinek přehrad je zabezpečen především ovladatelným ochranným objemem a zásadami, stanovenými v manipulačních řádech.

Směrodatný je poměr kapacity ochranného prostoru k objemu povodňové vlny. Tímto způsobem lze v údolní nádrži často kompletně zadržet nebo velmi účinně transformovat povodně s velmi velkými kulminačními průtoky, ale malým objemem. Povodňové vlny s velmi velkým objemem lze v údolní nádrži zadržovat pouze zčásti. Právě pro takové situace mají pro plánovanou optimální manipulaci na vodních dílech zásadní význam spolehlivé meteorologické předpovědi pro povodí přehrad a předpovědi přítoku do nádrže. V této souvislosti se sledují dva cíle: jednak předvypouštění údolní nádrže, tj. snížení hladiny pod úroveň zásobního objemu s přihlédnutím k zásobám sněhu v povodí tak, aby byl stanovený ovladatelný ochranný objem přechodně zvětšen; jednak časový posun velkých odtoků z nádrže s cílem předcházet střetu s kulminacemi z přítoků pod vodním dílem.

I již zcela plně nádrže způsobují vlivem neovladatelného ochranného objemu snížení a časový posun kulminačního odtoku z nádrže, což platí i pro extrémní povodeň v srpnu 2002.

V posledních desetiletích vedla manipulace na vodních dílech jak v české, tak i v německé části povodí Labe k účinnému poklesu kulminačních průtoků povodňových vln a ke zmírnění škod, což dokládají následující příklady:

Během povodně v povodí Sály v dubnu 1994, které je přiřazena doba opakování přesahující 100 let, zadržely nádrže na Sále po dobu 48 hodin kompletní přítok z horního toku

Sály (viz kap. 4.7.2). Tímto způsobem se podařilo v 25 km níže položené stanici Rudolstadt snížit kulminační vodní stav o 120 cm. Odpouštění vody z nádrží na Sále začalo až poté, co výše uvedenou stanicí prošla kulminace povodňové vlny.

Během této povodně bylo možno transformovat přítok $280 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ do retenční nádrže Straußfurt na řece Unstrut na současný odtok $52 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Maximální odtok z nádrže činil $110 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Manipulace na vodních dílech na Sále a řízení retenční nádrže Straußfurt způsobily v oblasti kolem Halle, 190 km pod vodními díly na Sále, snížení kulminačního vodního stavu o 20 až 30 cm.

Tabulka 3.3-8 uvádí pro stanici Kaulsdorf na Sále (plocha povodí $1\,665 \text{ km}^2$), která je situována bezprostředně pod soustavou údolních nádrží na Sále, dobu opakování kulminačních průtoků ovlivněných a neovlivněných údolními nádržemi:

Tab. 3.3-8: Vliv údolních nádrží na Sále na její kulminační průtok ve stanici Kaulsdorf

Doba opakování [roky]	Kulminační průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]		Rozdíl [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
	neovlivněný	ovlivněný	
2	162	75	87
5	238	113	125
10	288	138	150
20	336	162	174
50	398	193	205
100	444	217	227

Přítok do soustavy údolních nádrží Osthaz na řece Bode (viz kap. 4.7.8) ve výši $196 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ byl snížen na současný odtok $16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Po dosažení úrovně bezpečnostního přelivu činil největší odtok pouze $87 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Tabulka 3.3-9 uvádí pro stanici Treseburg na toku Bode (plocha povodí 333 km^2), která leží několik kilometrů pod soustavou údolních nádrží Osthaz, vypočtené doby opakování za období do výstavby a po výstavbě těchto vodních děl.

Tab. 3.3-9: Vliv soustavy údolních nádrží Osthaz na kulminační průtok řeky Bode ve stanici Treseburg

Doba opakování [roky]	Kulminační průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]		Rozdíl [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
	1920/60	1961/95	
2	55	22	33
5	85	35	50
10	115	55	60
20	185	80	105
50	280	110	170

Při povodni, která se vyskytla 7. a 8. července 1997 v horní části povodí Labe, transformovalo vodní dílo Les Království (plocha povodí 532 km^2), které se nachází na Labi v Podkrkonoší (obr. 4.1-7) přítok do nádrže $160 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na $92 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Na přehradě Pastviny (obr. 4.1-13) na Divoké Orlici v Orlických horách (plocha povodí 181 km^2) byla voda převáděna přes bezpečnostní přeliv již 30 minut po dosažení maximálního přítoku do nádrže $140 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Přesto byla kulminace povodňové vlny snížena o $30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na $110 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Do nádrže Seč (plocha povodí 216 km^2) na Chrudimce v Železných horách přitékalo maximálně $77 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Současný odtok z nádrže činil $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Po 7 hodinách začala být voda převáděna přes bezpečnostní přeliv, odtok se zvětšil na $55 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Kromě toho, že bylo dosaženo snížení kulminace povodňové vlny o $22 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, byl pro říční úsek pod vodním dílem významný především pozdější nástup kulminace.

Povodeň, která se vyskytla 19. a 20. července 1997, postihla především Horní Labe v Krkonoších. Do malé nádrže Labská (plocha povodí $60,5 \text{ km}^2$) ve Špindlerově Mlýně přitékalo maximálně $180 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Současný odtok z nádrže činil pouhých $58 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Ačkoli ve všech nádržích byl volný prostor větší než ovladatelný ochranný objem, byla voda dvě hodiny po dosažení kulminačního přítoku do nádrže převáděna přes bezpečnostní přeliv, čímž se odtok z nádrže zvětšil na $170 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (obr. 3.3-9). Pozdržení nástupu kulminace a snížení maximálního odtoku o $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ byly významné především pro vodní dílo Les Království, které se nachází po proudu ve vzdálenosti $42,5 \text{ km}$. Zde se podařilo snížit kulminační přítok do nádrže $190 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ o více než polovinu na neškodný odtok $90 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, aniž by byl využit bezpečnostní přeliv.

Povodeň v srpnu 2002 znamenala pro řadu údolních nádrží v povodích Vltavy, Ohře, Rybného potoka, Weißeritz a Mulde největší zátěž od doby výstavby. Současně kladla extrémní nároky na manipulaci na vodních dílech.

Účinnost 19 vybraných vodních děl je patrná z *tab. 3.3-10*.

■ Doba opakování kulminačního přítoku do nádrže Orlík byla vyhodnocena na 1 000 let, do 8 nádrží na 200 až 500 let, do 7 nádrží na 100 let a do dvou nádrží na 10 let.

■ Před příchodem povodňové vlny byl ovladatelný ochranný prostor ve všech nádržích volný. Navíc byl u většiny nádrží částečně vyprázdněn i zásobní prostor. Ve dvou největších nádržích Orlík a Lipno I činil volný prostor celkem 2- až 3,5násobek ovladatelného ochranného objemu.

■ V době maximálního přítoku do nádrží činil odtok z 9 nádrží pouhých 5 až 26 % a z 5 nádrží 43 až 81 % kulminačního přítoku. Z důvodu extrémně velkého objemu povodňových vln se ve třech nádržích (Římov, Slapy, Malter) zaplnil volný prostor již před nástupem kulminace a odtok z nádrže Klingenberg odpovídal již 96 % kulminačního přítoku.



Obr. 3.3-9: Bezpečnostní přeliv přehrady Labská v červenci 1997

■ Na 5 vodních dílech se podařilo omezit maximální odtok z nádrže na 11 až 38 % a na 10 vodních dílech na 47 až 85 % kulminačního přítoku. Na výše uvedených 4 vodních dílech nebylo možné snížit maximální přítok.

■ Na 10 vodních dílech činil časový interval mezi maximálním přítokem do nádrže a maximálním odtokem z nádrže 10 až 19 hodin, na 4 vodních dílech 3 až 5 hodin a na dalších 4 vodních dílech méně než hodinu.

■ Na 3 vodních dílech nebyla voda převáděna přes bezpečnostní přeliv. V 16 údolních nádržích byl využit neovladatelný ochranný objem a voda byla po více nebo méně dlouhou dobu převáděna přes bezpečnostní přeliv. Přitom by-

la v 7 nádržích překročena úroveň přípustné maximální hladiny, aniž by byla ohrožena stabilita vodního díla, manipulace však již nebyla možná.

■ Na 4 vodních dílech nebyl překročen neškodný odtok a na dalších 4 byl maximálně překročen pouze o dvojnásobek. Na 6 vodních dílech činilo překročení 2- až 4násobek, na 4 vodních dílech 4- až 8násobek a na vodním díle Římov 16násobek.

V povodí Vltavy (*obr. 3.3-10*) byla vodní díla vystavena extrémní zátěži, protože se zde během 4 až 5 dní vyskytly dvě povodňové vlny.

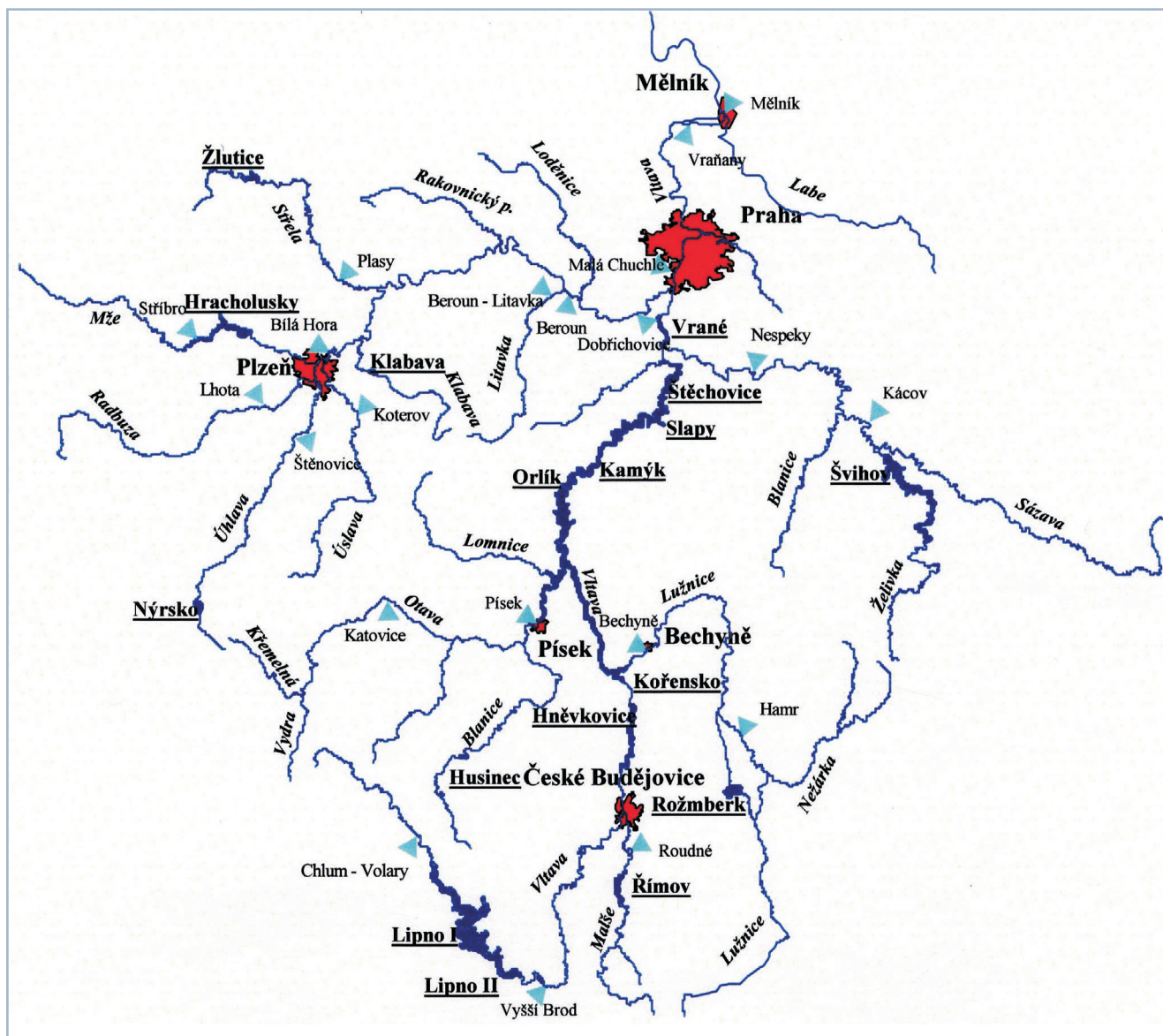


Obr. 3.3-11: 14. 8. 2002 bylo z nádrže Orlík odpouštěno $3\,100\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$

Název vzdouvací stavby	Vodní tok/ povodí	Plocha povodí [km ²]	Ovladatelný objem - z toho ochranný objem ¹⁾ [mil. m ³]	Maximální přítok do nádrže [m ³ .s ⁻¹] datum/čas	Doba opakování [roky]	Odtok z nádrže v době max. přítoku [m ³ .s ⁻¹] ²⁾	Max. odtok z nádrže [m ³ .s ⁻¹] ²⁾ datum/čas	Volný objem před začátkem povodně ³⁾ [mil. m ³]	Neškodný odtok [m ³ .s ⁻¹]	Využívaný ne- ovladatelný ochranný objem [mil. m ³]
Povodí Vltavy										
Lipno I	Vltava	948	309,5 12,6	470 13. 8./4.00 hod.	500	230	320 13. 8./19.00 hod.	44,6	60	3,4 ⁵⁾
Římov	Malše/Vltava	488	33,6 1,56	476 13. 8./6.00 hod.	500	473	473 13. 8./6.00 hod.	6,7	30	0,09
Orlík	Vltava	12 106	716,5 62,1	3 900 13. 8./12.00 hod.	1 000	2 130	3 100 14. 8./4.00 hod.	126	1 500 v Praze	41,7 ⁵⁾
Slapy	Vltava	12 952	269,3 0,0	3 150 14. 8./15.00 hod.	100	3 150	3 150 14. 8./16.00 hod.	7,5	1 500 v Praze	0,8 ⁵⁾
Hracholusky	Mže/Berounka/Vltava	1 610	41,9 2,41	185 13. 8./18.00 hod.	10	80	126 14. 8./4.00 hod.	3,7	40	5,0
Povodí Ohře										
Nechranice	Ohře	3 590	272,4 36,6	335 13.08./11-12.00 hod.	2 - 5	115	154 14. 8./6.00 hod.	46,7	170	4)
Povodí Rybného potoka										
Gottleuba	Rybný potok	35,3	13,0 2,00	67,9 13. 8./6.00 hod.	100	17,9	35,0 13. 8./9.00 hod.	2,63	35	0,4
Mordgrund- bach	Slatina/Petrovický potok/Rybný potok	12,9	1,27 1,15	25,1 13. 8./6.00 hod.	100	4,42	4,7 13. 8./19.00 hod.	1,15	5	4)
Buschbach	Buschbach/Petrovický potok/Rybný potok	27,4	2,40 2,40	47,2 12. 8./20.00 hod.	100	4,81	27,0 13. 8./15.00 hod.	2,40	8,5	0,1
Liebstadt	Seidewitz/ Rybný potok	11,5	1,08 1,01	36,0 12. 8./20.00 hod.	100	2,95	20,3 13. 8./7.00 hod.	1,01	16	0,06
Friedrichswal- de/Ottendorf	Bahre/Seide- witz/Rybný potok	26,9	1,52 1,45	70,3 12. 8./20.00 hod.	100	3,53	26,5 13. 8./6.00 hod.	1,45	7	0,12
Povodí toku Weišeritz										
Lehnmühle	Divoká Bystřice/Weišeritz	60,4	21,9 1,95	155 13. 8./3.00 hod.	200 - 500	95,1	114 13. 8./6.00 hod.	3,88	15	1,7 ⁵⁾
Klingenberg	Divoká Bystřice/ Weišeritz	89,4	16,4 1,63	170 13. 8./8.00 hod.	200 - 500	163	168 13. 8./9.00 hod.	2,23	30	1,6 ⁵⁾
Malter	Rote Weiße- ritz/Weišeritz	105	8,78 2,28	220 13. 8./1.00 hod.	200 - 500	220	220 13. 8./2.00 hod.	2,43	50	1,2 ⁵⁾
Povodí Mulde										
Lichtenberg	Gimmlitz/ Moldavský potok	38,8	14,5 0,53	53,0 13. 8./4.00 hod.	250 - 350	43	45,0 13. 8./7.00 hod.	1,20	6,5	0,74
Fláje	Flájský potok/ Zschopau/Moldavský potok	43,1	21,6 0,34	52,0 13. 8./2.00 hod.	100	10,5	14,1 13. 8./17.00 hod.	3,07	8,0	0,27
Saidenbach	Saidenbach/ Flájský potok/ Zschopau/ Moldavský potok	60,8	22,36 0,00	72,0 13. 8./4.00 hod.	200 - 300	9,0	36,5 13. 8./9.00 hod.	3,25	27	0,71 ⁵⁾
Přísečnice	Přísečnice/Zschopau/ Moldavský potok	46,2	50,4 0,92	30,0 12.08./14.00 hod.	10	3,2	3,4 13.08./3.00 hod.	4,26	4,0	4)
Eibenstock	Zwickauer Mulde	200	74,7 5,78	180 13. 8./2.00 hod.	200	10,0	55,4 13. 8./13.00 hod.	6,36	36	2,6

Tab. 3.3-10: Účinnost vybraných vodních děl při povodni v srpnu 2002

- ¹⁾ stav: srpen 2002
²⁾ součet odtoku přes spodní výpusť, bezpečnostní přeliv a elektrárnu
³⁾ volný objem po bezpečnostní přeliv
⁴⁾ voda byla zachycena v nádrži
⁵⁾ maximální přípustná hladina byla překročena



Obr. 3.3-10: Schéma povodí Vltavy a nádrže Vltavské kaskády

Objem druhé povodňové vlny od 12. 8. do 16. 8. 2002 byl tak obrovský, že byla voda na všech přehradách převáděna přes bezpečnostní přeliv (obr. 3.3-11 a 3.3-12).

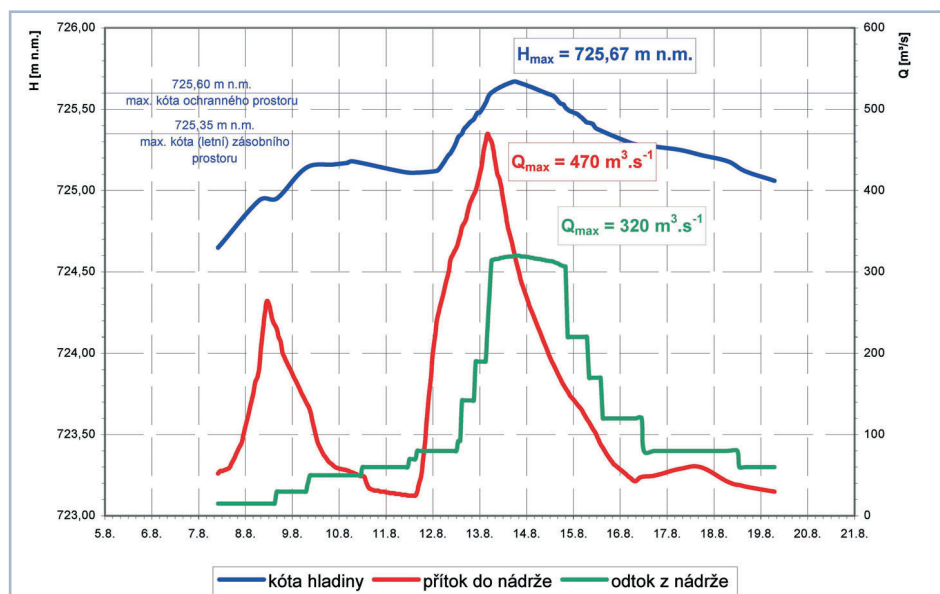


Obr. 3.3-12: 13. 8. 2002 bylo z nádrže Lipno I odpouštěno $320 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

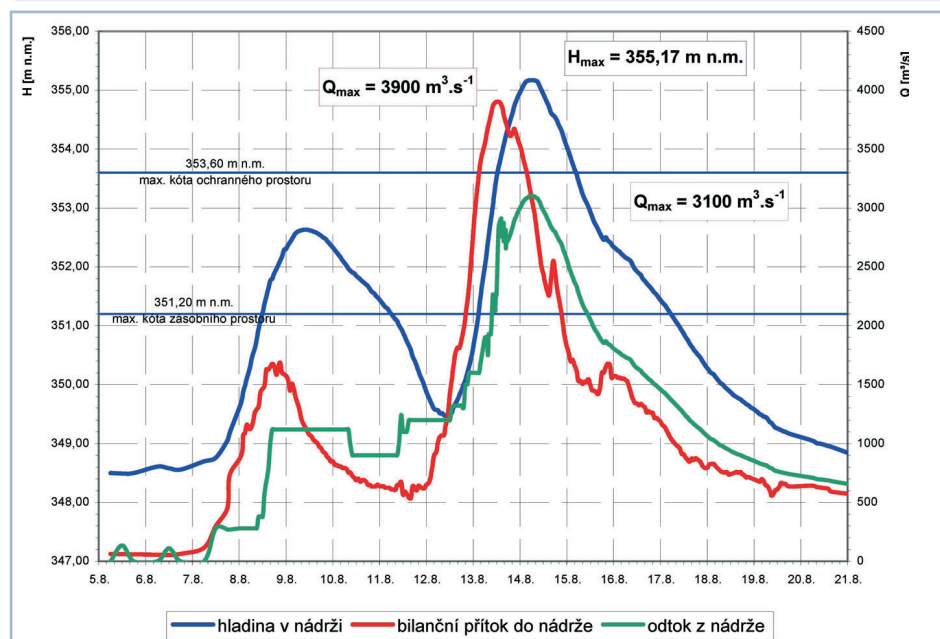
Účinek dvou největších vodních děl je patrný z obr. 3.3-13 a 3.3-14 znázorňujících průběh přítoku do nádrže, odtoku z nádrže a kóty hladiny v nádrži.

Při druhé povodňové vlně se vlivem vodního díla Lipno I podařilo transformovat kulminační přítok do nádrže $470 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Q_{500}) na $320 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Q_{100}).

Ovladatelný ochranný objem a volný zásobní objem (celkem 126 mil. m^3) v nádrži Orlík se během 24 hodin zaplnily a 13. 8. 2002 po poledni byla dosažena maximální přípustná hladina vody. Současně došlo k havarijnímu přerušení provozu vodní elektrárny, a tím ke zmenšení kapacity zařízení odvádějících vodu z nádrže. Proto ani kapacita plně otevřených segmentových uzávěrů na koruně hráze a spodních výpustí nestačila na převedení v té době kulminujícího přítoku $3900 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Proto došlo ke stoupnutí hladiny o $1,57 \text{ m}$ nad maximální povolenou hladinu. Takto vytvořený další neovlada-



Obr. 3.3-13: Snížení kulminací povodňových vln v srpnu 2002 transformací ve VD Lipno I



Obr. 3.3-14: Snížení kulminací povodňových vln v srpnu 2002 transformací ve VD Orlik

telný retenční prostor o objemu 41,7 mil. m³ umožnil snížení kulminačního přítoku do nádrže 3 900 m³.s⁻¹ (Q_{1000}) na odtok 3 100 m³.s⁻¹ (Q_{100}). Vzhledem k popsané situaci a k neobvykle velkému objemu povodňové vlny je třeba pokládat snížení o 800 m³.s⁻¹ za mimořádné.

V povodí Vltavy zadrželo 5 údolních nádrží Lipno I, Řimov, Orlik, Slapy a Hracholusky 239 mil. m³.

V povodí Ohře (obr. 4.3-2) zachytila pouze nádrž Nechanice 27,3 mil. m³ vody, čímž se podařilo dosáhnout snížení kulminačního přítoku do nádrže 335 m³.s⁻¹ o více než polovinu na 154 m³.s⁻¹.

Vlivem údolní nádrže Gottleuba a 4 retenčních nádrží Mordgrundbach, Buschbach, Liebstadt a Friedrichswalde-Ottendorf (obr. 4.4-17) se na Rybném potoce v Pirně podařilo snížit kulminační průtok cca o 40 %. Uvedenou retenční soustavou bylo dočasně zachyceno celkem 8,6 mil. m³ vody, což odpovídá téměř polovině přítoku do nádrží 17,5 mil. m³.

V údolních nádržích Lehmühle, Klingenberg a Malter v povodí toku Weißeritz stoupla hladina nad maximální povolenou hladinu. V nádrži Klingenberg činil rozdíl maximální hladiny a koruny hráze pouhých 6 cm (obr. 3.3-15).

Přes malý časový odstup mezi kulminačním přítokem do nádrže a maximálním odtokem z nádrže zamezila manipulace na vodních dílech přímému střetu kulminací povodňových vln z toku Rote Weißeritz a z Divoké Bystřice na toku Weißeritz, který protéká městem Freital a Drážďanami. Uvedené 3 údolní nádrže zachytily 8,5 mil. m³ vody, což je více než 18 % přitékajícího objemu 46 mil. m³.

V povodí Moldavského potoka zadržely 4 údolní nádrže Lichtenberg, Fláje, Saidenbach a Přisečnice (obr. 4.6-2) 13,5 mil. m³. Přitom je třeba vzít v úvahu, že v roce 2002 nebyl v nádrži Saidenbach vymezen žádný ovladatelný ochranný prostor a v dalších třech nádržích byl vymezen pouze velmi

malý ovladatelný ochranný prostor. V nádrži Eibenstock, ve které byl využit i neovladatelný ochranný objem (obr. 3.3-16), bylo dočasně zachyceno 9,0 mil. m³. Kulminační přítok do nádrže 180 m³.s⁻¹ byl transformován na 55 m³.s⁻¹, tím byla snížena kulminace povodňové vlny toku Zwickauer Mulde ve městech Aue a Zwickau.

V povodí toku Pleiße (obr. 4.7-2) zadržela vodní díla Borna, Schömbach, Witznitz a Stöhna 25,7 mil. m³ vody, což zabránilo záplavám v městských částech Lipska.



Obr. 3.3-15: Odvádění povodňové vlny z nádrže VD Klingenberg dne 13. 8. 2002 (170 m³.s⁻¹)



Obr. 3.3-16: Odvádění povodňové vlny z nádrže VD Eibenstock dne 13. 8. 2002 (55 m³.s⁻¹)

4 Geografický, hydrologický a vodohospodářský přehled v povodí Labe

Tato kapitola popisuje 11 dílčích povodí Labe. Jedná se o povodí 6 hlavních přítoků, tj. Vltavy, Ohře, Černého Halštrovu, Mulde, Sály a Havoly, a 5 dílčích povodí Labe (obr. 4-1). Popis každého dílčího povodí doplňuje topografická a hydrografická mapa, tabulky základních hydrologických charakteristik a hydrologického režimu spolu s grafy ročního průběhu průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích.

Tab. 4-1: Vybrané charakteristiky dílčích povodí Labe

Dílčí povodí	Plocha povodí [km ²]	Podíl plochy s výškou nad 200 m n. m. [%]	pod 200 m n. m. [%]	Průměrný roční úhrn srážek [mm]
Labe od pramene po soutok s Vltavou	13 714	93,5	6,5	710
Vltava	28 090	99,5	0,5	656
Labe od soutoku s Vltavou po soutok s Černým Halštrovem (bez Ohře)	8 448	66,6	33,4	620 ¹⁾
Ohře	5 614	96,0	4,0	667
Černý Halštrov	5 705	9,0	91,0	600
Labe od soutoku s Černým Halštrovem po soutok s Havolou (bez Mulde a Sály)	5 274	—	100,0	525 ¹⁾
Mulde	7 400	71,0	29,0	770
Sála	24 079	59,2	40,8	615
Havola	23 858	1,2	98,8	562
Labe od soutoku s Havolou po jez Geesthacht	12 593	—	100,0	580 ¹⁾
Labe od jez Geesthacht po ústí do Severního moře	13 255	—	100,0	800 ¹⁾

1) odhad



Obr. 4-1: Dílčí povodí Labe

4.1 Labe od pramene po soutok s Vltavou

*Sebemenší kapka vody,
která se spojí s oceánem,
nikdy nevysychá.
(indické přísloví)*

Od pramene v Krkonoších po soutok s Vltavou u Mělníka dosahuje Labe délky 260,7 km, přičemž vykazuje výškový rozdíl 1 231 m. Od přístavu ve Chvaleticích nad ústím Doubravy je Labe splavné. Splavný úsek po soutok s Vltavou měří 102 km. Celkem je Labe na českém území splavné v délce 212 km.

Na soutoku s Vltavou dosahuje Labe plochy povodí 13 714 km², z níž 93,5 % připadá na pahorkatiny, vrchoviny a podhůří a 6,5 % s nadmořskou výškou pod 200 m na nížiny. Z plochy povodí se nachází 239,3 km² v Polsku.

V povodí Labe jsou nejvyšším pohořím Krkonoše. Ve střední Evropě jsou vyšší pouze Alpy a Karpaty. Několik vrcholů převyšuje 1 500 m n. m. a hřeben Krkonoš dosahuje téměř ve všech partiích výšky nad 1 250 m n. m.

K nejvyšším horám v tomto dílčím povodí patří Sněžka v Krkonoších (1 602 m n. m.), v Jizerských horách Smrk (1 124 m n. m.), v Orlických horách Velká Deštná (1 115 m n. m.), na Ještědském hřebetě Ještěd (1 012 m n. m.) a na Českomoravské vrchovině Šindelný vrh (806 m n. m.)

Zpočátku se Labe prodírá impozantními roklemi a úzkými erozními údolími Krkonoš a pod Vrchlabím, 27 km od pramene, opouští horskou oblast. Nad soutokem s Úpou a Metují v Jaroměři protéká Labe v délce 58 km Podkrkonoším.

Následně se vlévá do široké Polabské nížiny, která se rozprostírá až po soutok s Ohří v délce přes 220 km, přičemž převážnou část tvoří Česká křídová tabule (obr. 4.1-1).

Již po staletí je přirozený hydrologický režim v nejhornější části povodí Labe vystavován stále větším vlivům. Sem patří např. výstavba přehrad, rybníků, převodových kanálů, jezů a zdymadel s plavebními komorami k zabezpečení lodní dopravy. Všechny 19 údolních nádrží, přičemž každá z nich má ovladatelný objem přes 0,3 mil. m³ a dohromady představuje jejich ovladatelný objem celkem 167,4 mil. m³, lze využívat ke zmírnění povodňových vln a nalepšování minimálních průtoků. V 15 nádržích je vymezen ovladatelný ochranný objem 45,2 mil. m³. Nádrže Labská a Les Království s celkovým ovladatelným objemem 11,0 mil. m³ jsou v celém povodí Labe jediné, které byly postaveny přímo na Labi.

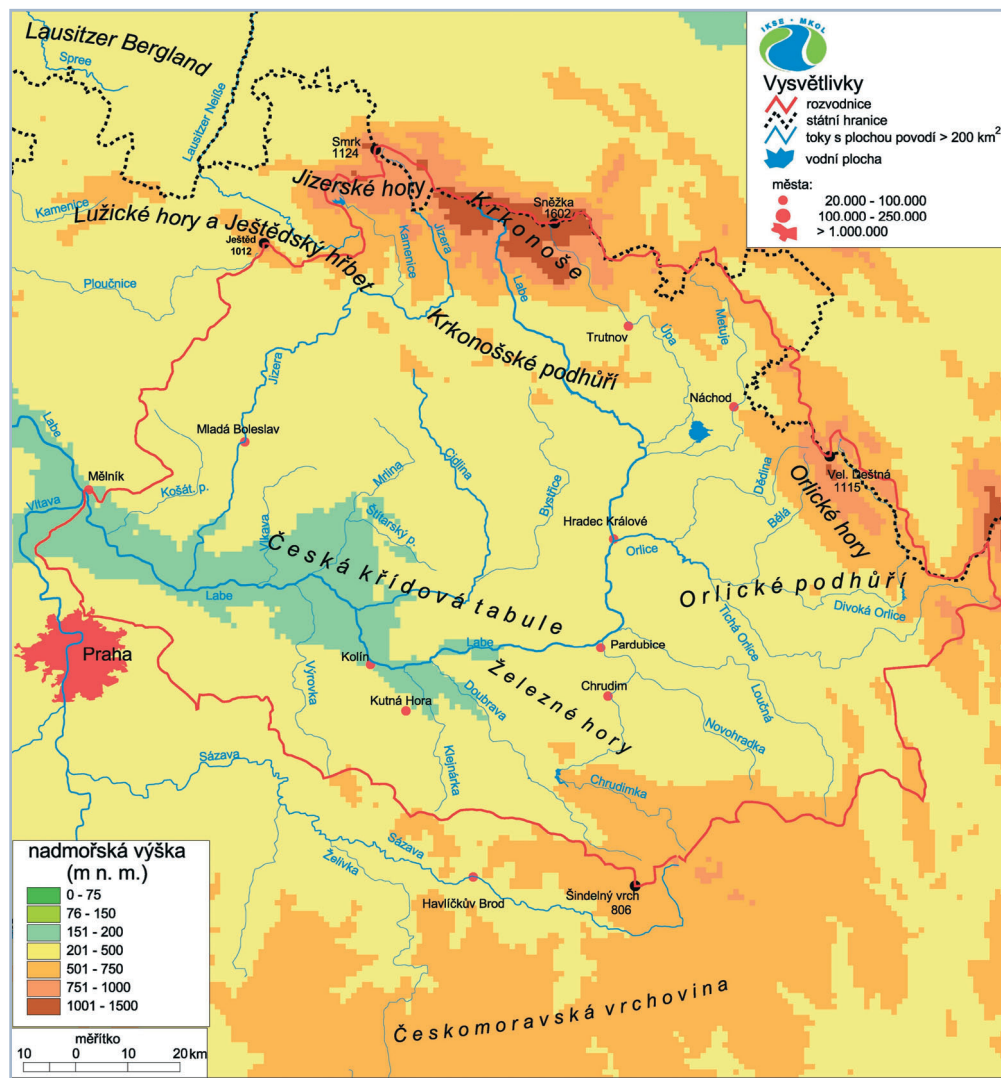
Z klimatického hlediska je povodí Labe od pramene po soutok s Vltavou velmi rozmanitý. Zatímco se průměrné roční teploty ve vysokých partiích Krkonoš, Orlických hor a Jizerských hor pohybují místně pod 2 °C, dosahují v České křídové tabuli 7 až 9 °C. Nejchladnější je vrchol Sněžky s průměrnou roční teplotou 0,2 °C.

V uvedeném dílčím povodí je průměrný roční úhrn srážek 710 mm, ve vysoko položených partiích horských oblastí

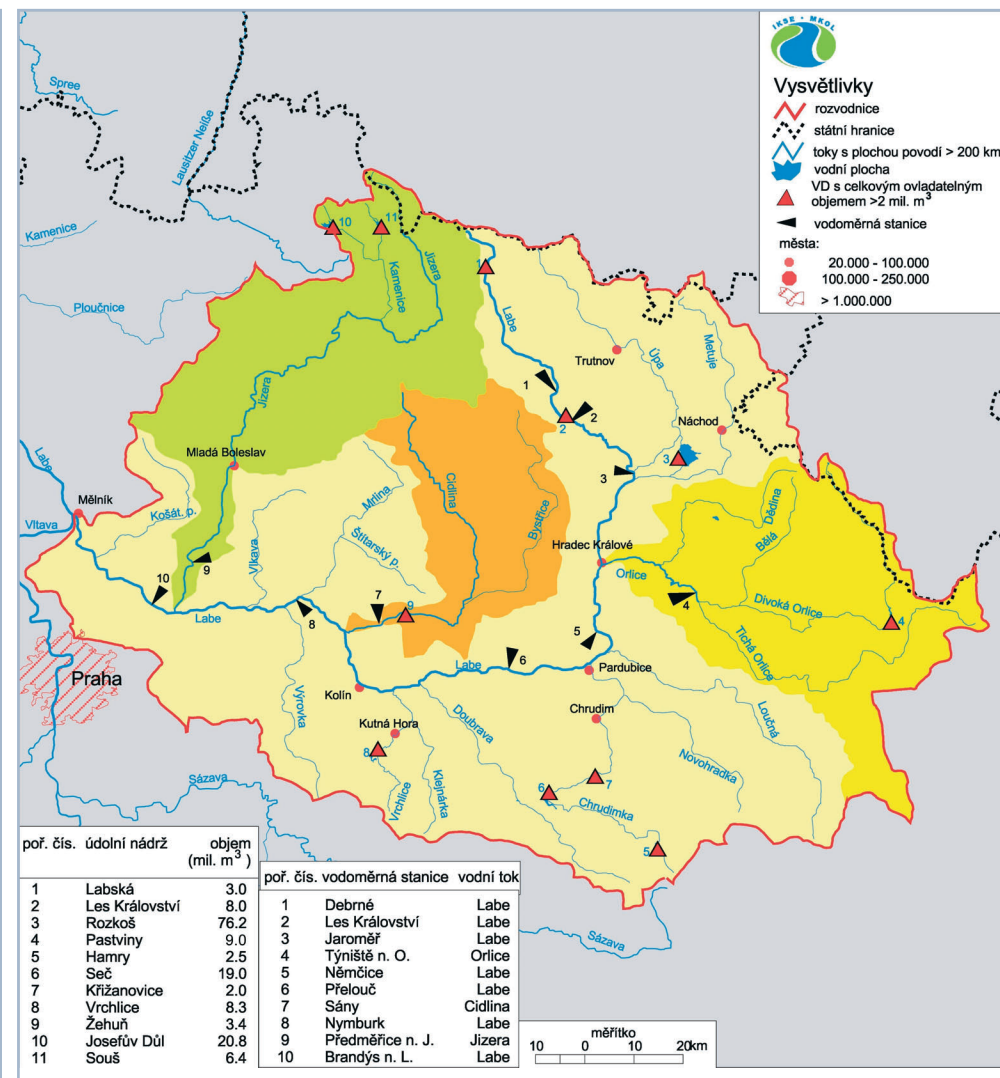
dvakrát až třikrát vyšší než v České křídové tabuli, kde nepřesahují 600 mm. Maximální dosud naměřený roční úhrn srážek 2 201 mm byl zaznamenán v roce 1926 v Jizerských horách ve stanici Bílý potok na Jizerce, vlévající se do horního toku Jizery. Ve stanici Nová Louka v povodí Kamenice, která je největším přítokem Jizery, byl v červenci 1897 zaregistrován dosud nejvyšší měsíční úhrn srážek 656 mm. Z toho pouze 29. července 1897 spadlo 345 mm.

V zimě se vyskytuje sněhová pokrývka do výšky cca 150 cm, ve vyšších oblastech Krkonoš a Jizerských hor ojediněle dokonce až do 300 cm, která může při náhlé oblevě a deštích vyvolat nebezpečnou povodňovou situaci.

K popisu odtokové situace jsou v tab. 4.1-1 a 4.1-2 uvedeny hydrologické charakteristiky 13 vybraných vodoměrných stanic a na grafech obr. 4.1-3 je znázorněn roční průběh průtoků v 6 stanicích na Labi a na přítocích. Umístění většiny stanic je znázorněno na obr. 4.1-2.



Obr. 4.1-1: Topografická mapa povodí Labe od pramene po soutok s Vltavou

Obr. 4.1-2: Hydrografická mapa povodí Labe od pramene po soutok s Vltavou včetně dílčích povodí nad 1 000 km²

Tab. 4.1-1: Základní hydrologické charakteristiky průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Labe od pramene po soutok s Vltavou (Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.1-2.)

Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Říční km	Plocha povodí (A)	Dlouhodobý průměrný průtok (Q_a)	Dlouhodobý průměrný minimální průtok (Q_{min})	Dlouhodobý průměrný maximální průtok (Q_{max})	Období
			[km nad státní hranicí]	[km ²]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	
1.	Labe	Debrné	322,3	477	8,02	1,92	97,2	1949 - 2000
2.		Les Království ¹⁾	315,2	532	8,54	2,25	80,7	1931 - 2000
3.	Úpa	Česká Skalice ²⁾	12,7 ³⁾	461	6,76	1,76	64,1	1931 - 2000
4.	Labe	Jaroměř	287,5	1 226	17,0	4,80	138	1931 - 2000
5.	Orlice	Týniště n. O.	30,9 ³⁾	1 591	19,1	4,90	175	1931 - 2000
6.	Labe	Němčice	252,6	4 301	45,5	11,8	308	1931 - 2000
7.	Chrudimka	Nemošice ²⁾	3,7 ³⁾	852	5,91	1,11	58,9	1931 - 2000
8.	Labe	Přelouč	223,5	6 432	57,3	15,9	349	1931 - 2000
9.	Cidlina	Sány ²⁾	6,8 ³⁾	1 156	5,46	1,67	65,0	1957 - 2000
10.	Labe	Nymburk	167,6	9 724	72,7	19,5	419	1931 - 2000
	Mumlava/Jizera	Janov-Harrachov	0,4 ³⁾	51	1,86	0,39	28,3	1941 - 2000
9.	Jizera	Předměřice n. J.	10,8 ³⁾	2 158	25,7	7,18	229	1931 - 2000
10.	Labe	Brandýs n. L.	137,1	13 111	101	27,5	557	1931 - 2000

1) ovlivněno manipulacemi na vodním díle

2) ovlivněno převodem vody a manipulacemi na vodním díle

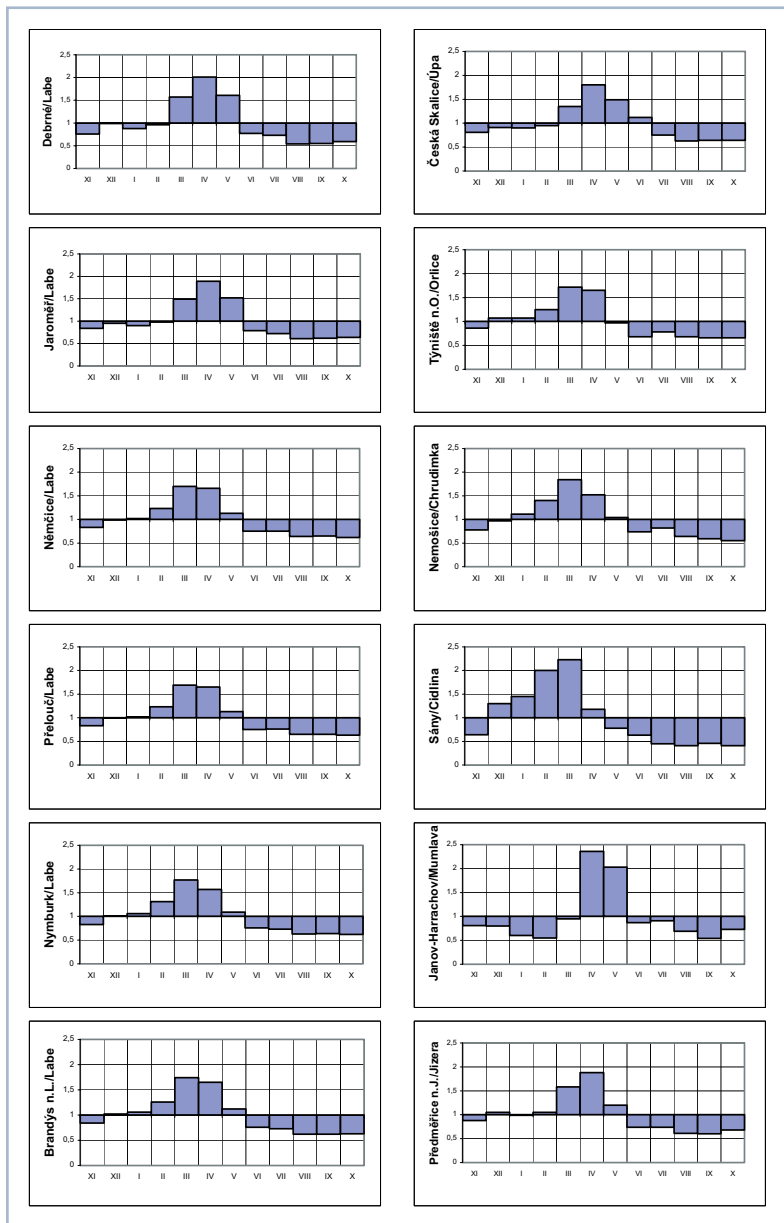
3) říční km nad soutokem s Labem, resp. jeho přítokem

Tab. 4.1-2: Charakteristika hydrologického režimu ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Labe od pramene po soutok s Vltavou (Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.1-2.)

Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Průměrný specifický odtok [l.s ⁻¹ .km ⁻²]	Dlouhodobý průměrný průtok				$\overline{Q}_{\min} : Q_a$	$Q_a : \overline{Q}_{\max}$
				Zimní hydrologické pololetí		Letní hydrologické pololetí			
				[m ³ .s ⁻¹]	[%]	[m ³ .s ⁻¹]	[%]		
1.	Labe	Debrné	16,8	9,63	60	6,42	40	1 : 4,2	1 : 12,1
2.		Les Království ¹⁾	16,1	10,3	60	6,81	40	1 : 3,8	1 : 9,4
	Úpa	Česká Skalice ²⁾	14,7	7,59	56	5,93	44	1 : 3,8	1 : 9,5
3.	Labe	Jaroměř	13,9	20,0	59	13,9	41	1 : 3,5	1 : 8,1
4.	Orlice	Týniště n. O.	12,0	24,3	64	14,1	36	1 : 3,9	1 : 9,1
5.	Labe	Němčice	10,6	56,4	62	34,5	38	1 : 3,9	1 : 6,7
	Chrudimka	Nemošice ²⁾	6,9	7,51	63	4,32	37	1 : 5,3	1 : 10,0
6.	Labe	Přelouč	8,9	70,9	62	43,8	38	1 : 3,6	1 : 6,1
7.	Cidlina	Sány ²⁾	4,7	8,02	73	2,89	27	1 : 3,3	1 : 11,9
8.	Labe	Nymburk	7,5	91,5	63	54,1	37	1 : 3,7	1 : 5,8
	Mumlava/Jizera	Janov-Harrachov	36,5	1,89	51	1,84	49	1 : 4,8	1 : 15,2
9.	Jizera	Předměřice n. J.	11,9	31,8	62	19,6	38	1 : 3,6	1 : 8,9
10.	Labe	Brandýs n. L.	7,7	127	63	75,7	37	1 : 3,6	1 : 5,5

1) ovlivněno manipulacemi na vodním díle

2) ovlivněno převodem vody a manipulacemi na vodním díle



Obr. 4.1-3: Roční průběh průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Labe od pramene po soutok s Vltavou, vyjádřený jako podíl dlouhodobých měsíčních a ročních průměrů ($Q_{měsíc}/Q_a$)

Na základě výše uvedených dat v tabulkách a na obr. 4.1-3 lze průtokové poměry charakterizovat následovně:

■ Průměrný specifický odtok $36 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$, který byl vyhodnocen ve stanici Janov-Harrachov, je charakteristický pro nejvyšší partie Krkonoš a Jizerských hor s vydatnými srážkami. V horských oblastech a v předhůřích s nižší nadmořskou výškou a značně nižšími srážkami činí průměrný specifický odtok 12 až $17 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$. V České křídové tabuli je dokonce ještě podstatně nižší, např. pro mezipovodí Labe od Němčic po Nymburk ($5\,423 \text{ km}^2$) dosahuje pouhých $5 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$.

■ V převážné části povodí odtéká více než 60 % ročního průtoku v zimním hydrologickém pololetí, hlavně v měsících únor až duben. Od listopadu do ledna se měsíční průtoky pohybují pouze kolem průměrného ročního průtoku. Ve vyšších horských oblastech se často vyskytuje velmi vysoká sněhová pokrývka, která zčásti taje až v květnu, takže průtok v zimním hydrologickém pololetí nedostupuje ani 60 % ročního průtoku. Charakteristickým příkladem je stanice Janov-Harrachov, kde v zimě odtéká pouhých 51 %. Graf této stanice (obr. 4.1-3) znázorňuje značné průtoky v dubnu a květnu a velmi malé průtoky v lednu a únoru. Obrázek zachycuje také významný pokles průtoků ve vyšších partiích hor v době od května do června a v nížině a v předhůří od dubna do května. V období od června do října jsou měsíční hodnoty ve všech stanicích na Labi a jeho přítocích výrazně nižší než roční průměr.

■ Ve stanicích Debrné (1 : 4,2, resp. 1 : 12,1) a Janov-Harrachov (1 : 4,8, resp. 1 : 15,2) vykazuje poměr $Q_{\min} : Q_a$ a $Q_a : Q_{\max}$ největší rozdíly, což je výrazem nízké akumulační schopnosti půdy ve vyšších horských oblastech. Ve stanicích na Úpě, Orlici a na Jizeře, kde činí poměr $Q_a : Q_{\max}$ kolem 1 : 9, se projevuje nebezpečný charakter těchto přítoků Labe pro vznik povodně.

■ Změny přirozené průtokové situace vlivem převodů vody a přehrad v povodích Úpy a Chrudimky se jen částečně promítají do charakteristiky hydrologického režimu a do ročního průběhu průtoků. Oproti tomu je v tab. 4.1-2 a především na obr. 4.1-3 velice dobře vidět vliv využívání povodí Cidliny na stanici Sány. Rozdíl průtoků mezi zimním a letním hydrologickým pololetím značně narůstá. Přehrady, převody vody, další stavební objekty a jejich dopady na průtokové poměry jsou pojednány v dalších částech této kapitoly.

V tab. 4.1-3 je uveden přírůstek plochy a dlouhodobého průměrného průtoku (za období 1931 - 1980) v dílčím povodí Labe od pramene po soutok s Vltavou. Uvedené dlouhodobé průměrné průtoky byly odvozeny.

Tab. 4.1-3: Přírůstek plochy povodí a dlouhodobého průměrného průtoku na Labi v úseku od pramene po soutok s Vltavou

Říční úsek Labe	Významný přítok Labe		Plocha povodí [km ²]		Dlouhodobý průměrný průtok [m ³ .s ⁻¹]	
	Název	Říční km	Labe	Významný přítok v místě zaústění	Labe	Významný přítok v místě zaústění
Labe po soutok s Úpou			712		9,74	
	Úpa	289,7		512		6,68
	Metuje	287,5		608		6,08
Labe po soutok s Orlicí			2 124		23,8	
	Orlice	267,9		2 036		21,8
Labe po soutok s Loučnou			4 409		44,5	
	Loučná	245,8		732		4,43
Labe po soutok s Chrudimkou			5 152		48,9	
	Chrudimka	241,0		859		6,02
Labe po soutok s Cidlinou			7 858		64,5	
	Cidlina	180,5		1 173		4,94
Labe po soutok s Mrlinou			9 066		69,5	
	Mrlina	169,0		653		2,22
Labe po soutok s Jizerou			10 891		74,9	
	Jizera	141,9		2 193		24,4
Labe po soutok s Vltavou			13 714		101	
	Vltava	110,0		28 090		154

4.1.1 Labe od pramene po soutok s Orlicí

Labe pramení na Labských loukách 0,8 km jihozápadně od Violíku (1 472 m n. m.) ve výšce 1 386,3 m n. m. Symbolické roubení pramene Labe studničními skružemi je oblíbeným místem turistů (obr. 4.1-4). Na zídce u prameniště je schematicky znázorněn tok Labe od pramene po ústí do Severního moře a největší města podél Labe jsou vyznačena městskými znaky.

Od pramene teče Labe jako malý potůček, místy i pod zemí, aby se v blízkosti Labské boudy vrhlo svým 35 m vysokým vodopádem do Labské rokle. Pod vodopádem se na pravém břehu zvedá impozantní, až 300 m vysoká skalní stěna. Z ní také do labského údolí padá Pančava 148 m vysokou kaskádou vodopádů (obr. 4.1-5 a tab. 4.1-4).

Ve Špindlerově Mlýně, 11,6 km pod pramenem Labe, se nachází přehrada Labská (plocha povodí 60,5 km²) s ovladatelným objemem 3,00 mil. m³, z čehož ochranný objem činí 1,45 mil. m³ (obr. 4.1-6). Důvodem k její výstavbě byly katastrofální povodně na konci 19. století, zejména v červenci 1897.

Nad přehradou má Labe charakter bystřiny s průměrným sklonem 59,5 ‰. Na 16 km dlouhém úseku od Špindlerova Mlýna po Vrchlabí si zachovává Labe charakter bystřiny s průměrným sklonem 16,2 ‰. Vede tudy rovněž známá romantická Labská soutěska. Poté protéká Podkrkonoším a po trase 26 km přitéká do nádrže Les Království. V tomto úseku se sklon snižuje na 4,6 ‰.



Obr. 4.1-5: 148 m vysoká kaskáda vodopádů na Pančavě

Vodní dílo Les Království (plocha povodí 532 km²), které se nachází 54 km pod pramenem Labe, bylo uvedeno do provozu v roce 1919. S ovladatelným objemem 7,98 mil. m³ slouží kromě zásobování užitkovou vodou a výroby elektřiny ovladatelným ochranným objemem 4,92 mil. m³ především k povodňové ochraně. Z architektonického hlediska patří toto vodní dílo, chráněné jako technická památka, mezi nejkrásnější přehrady v povodí Labe (obr. 4.1-7).

Po dalších 31 km s průměrným sklonem již pouhých 2,2 ‰ přibírá Labe u Jaroměře z levé strany první větší přítoky, **Úpu** (512 km²) s největší horou v povodí Labe Sněžkou (obr. 4.1-8) a **Metuji** (608 km²). Celkem 18,0 km² povodí Úpy a 102,4 km² povodí Metuje leží na polském území.

Mezi dolními toky Úpy a Metuje je na Rozkošském potoce boční údolní nádrž Rozkoš (obr. 4.1-9) s ovladatelným ob-



Obr. 4.1-6: Přehrada Labská ve Špindlerově Mlýně

Tab. 4.1-4: Přehled nejvyšších vodopádů v povodí Labe

Název vodopádu, resp. kaskády vodopádů	Výška vodopádu [m]	Vodní tok/ pohoří
Vodopád na Pančavě	148	Pančava/ Krkonoše
Horní vodopád na Úpě	129	Úpa/ Krkonoše
Pudlavský vodopád	122	Pudlavský potok/ Krkonoše
Vodopád Dvorského potoka	68	Dvorský potok/ Krkonoše
Steinerne Renne	50	Holtemme/ Harc
Dolní vodopád na Úpě	45	Úpa/ Krkonoše
Vodopád Labe	35	Labe/ Krkonoše
Vodopád Mumlavy	8	Mumlava/ Krkonoše



Obr. 4.1-4: Pramen Labe v Krkonoších



Obr. 4.1-7: Přehrada Les Království



Obr. 4.1-9: Přehrada Rozkoš

jemem 76,15 mil. m³, z toho 25,85 mil. m³ ochranného prostoru, která byla uvedena do provozu v roce 1969. Převod vody z Úpy 2,3 km dlouhým přivaděčem umožňuje při povodni převádět 150 m³.s⁻¹, což je největší převod vody z jednoho toku do druhého v celém povodí Labe.



Obr. 4.1-8: Sněžka v Krkonoších, nejvyšší hora v povodí Labe (1 602 m n. m.)

Jez Smiřice (obr. 4.1-10), nacházející se 5,7 km pod soutokem s Metují, je jez s největším rozdílem mezi hladinami horní a dolní vody na celém Labi, spád hladin činí 9,02 m. Dokonce největší jez Střekov v Ústí n. L. má rozdíl mezi hladinami pouze 8,40 m.



Obr. 4.1-10: Jez Smiřice

Pouhých 7,4 km pod uvedeným vodním dílem je jez Předměřice n. L. s obdobnou konstrukcí, který rovněž vykazuje značný rozdíl 7,88 m mezi hladinami horní a dolní vody. Jedná se o třetí největší spád hladin na jezových objektech na Labi. Po dalších cca 6 km je v Hradci Králové (95 000 obyvatel) jezový objekt Hučák (obr. 4.1-11). Jez i budova elektrárny byly postaveny v roce 1911 v secesním slohu a tvoří jednu z nejkrásnějších historických dominant města.



Obr. 4.1-11: Jez Hučák s elektrárnou v Hradci Králové

4.1.2 Orlice

V Hradci Králové se do Labe vlévá **Orlice** s plochou povodí 2 036 km². Má téměř stejné velké povodí jako Labe nad soutokem s Orlicí (2 124 km²).

Orlice vzniká ze dvou toků. **Divoká Orlice** (807 km²) pramení na polském území severovýchodně od Velké Deštné (1 115 m n. m.) v Orlických horách ve výšce 790 m n. m. Po 5,7 km dosahuje polsko-české státní hranice a pak tvoří v délce cca 26 km státní hranici. Z plochy povodí je 71,2 km² na polském území.

Tichá Orlice (755 km²) pramení ve východních výběžcích Orlických hor na západním svahu Jeřábu (1 003 m n. m.) ve výšce 760 m n. m. a po trase 104,5 km se ve výšce 242 m n. m. spojuje s Divokou Orlicí do Spojené Orlice, která se většinou nazývá pouze Orlice. Z plochy povodí Tiché Orlice je 0,7 km² na polském území.

V horní části povodí Tiché Orlice je významné středoevropské rozvodí. Na Klepech (Trojmorski Wierch – 1 143 m n. m.), nejvyšší vyvýšenině v povodí Orlice, se dělí rozvodnice po-

vodí Labe, Odry a Dunaje, resp. umoří Severního, Baltského a Černého moře.

Považujeme-li Divokou Orlici za hlavní tok, pak představuje celková délka Orlice 136,4 km a její výškový rozdíl od pramene po ústí 566 m. Významnými přítoky v povodí Orlice jsou **Bělá** (214 km²) a **Dědina** (333 km²). Oba toky odvádějí vo-

du z Orlických hor a předhůří a jsou známy tím, že jsou zvlášť ohroženy povodněmi. Povodeň v červenci 1998 (obr. 4.1-12) si vyžádala nejen velké majetkové škody, ale i oběti na lidských životech.

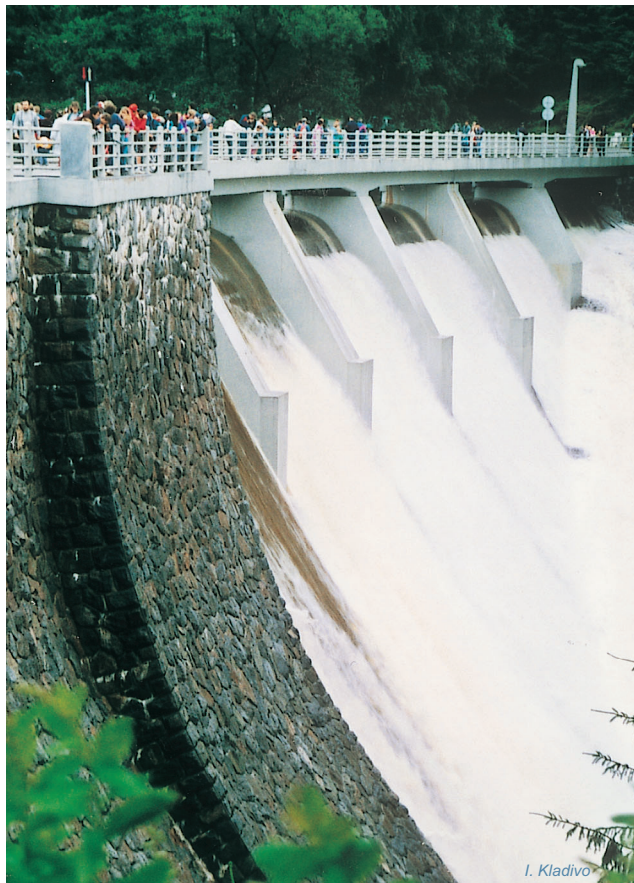
Přehrada Pastviny (obr. 4.1-13) na Divoké Orlici byla uvedena do provozu v roce 1938 a slouží ochraně před povodněmi i k výrobě elektřiny (2,7 MW). Elektrárna pracuje ve špičkovém režimu, a proto je pod vodním dílem vyrovnávací nádrž. Z ovladatelného objemu 8,95 mil. m³ je v zimním hydrologickém pololetí vyhrazeno 2,01 mil. m³ ochrannému prostoru.

V široké údolní nivě nad Hradcem Králové tvoří Orlice převážně silně meandrující vodní tok s vysokou ekologickou hodnotou (obr. 4.1-14).

Přirozené záplavové území končí Malšovickým jezem v Hradci Králové. Pod jezem jsou kolem Orlice po soutok s Labem po obou březích hráze.



Obr. 4.1-12: Zničené domy na Bělé v Deštném v Orlických horách dne 23. 7. 1998



Obr. 4.1-13: Přehrada Pastviny na Divoké Orlici, bezpečnostní přeliv dne 7. 7. 1997



Obr. 4.1-14: Meandry na dolním toku Orlice

4.1.3 Labe od soutoku s Orlicí po soutok s Jizerou

Na 126 km dlouhém úseku Labe od soutoku s Orlicí po soutok s Jizerou s průměrným sklonem již pouhých 0,47 ‰ se plocha povodí rozšiřuje o 6 731 km² na 10 891 km².

Jezové objekty a zdymadla, dominující v tomto úseku Labe, charakterizují ráz Labe také dále po proudu po 40 km nad česko-německou státní hranicí. V zájmu souvislého popisu je systému jezových objektů a zdymadel na Labi věnován samostatný oddíl (viz kap. 4.1.6). Schéma jezových objektů a zdymadel na Labi od soutoku s Metují po česko-německou státní hranici je již zde zařazeno, protože na tomto obr. 4.1-16 jsou vyznačeny i přítoky Labe, převody vody a lokality přehrad, které jsou pojednány níže.

Přibližně 5,5 km pod soutokem s Orlicí stojí pevný jez Opatovice se spádem 4,0 m a 112 m dlouhou přelivnou korunou (obr. 4.1-15). Ze zdrže jezového objektu odbočuje 31,8 km dlouhý Opatovický kanál, který pod zdymadlem Přelouč znovu ústí do Labe. Po staletí zásoboval vodou rybníky, jejichž rozloha dosáhla koncem 16. století více než 50 km². Nyní zde jsou pouze tři rybníky o celkové ploše 3,5 km². Spolu se systémy rybníků na Cidlině u Chlumce a na Mrlině u Poděbrad



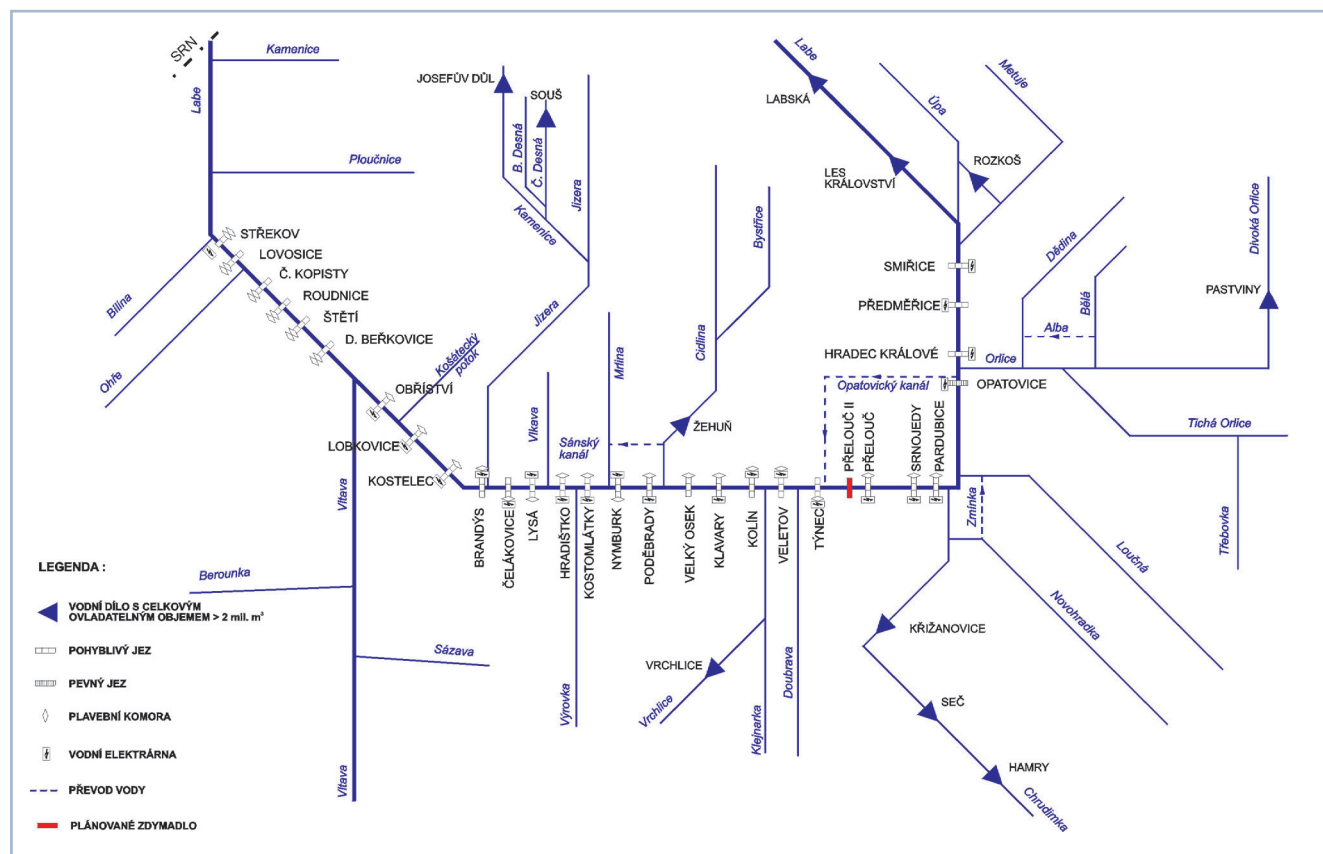
Povodí Labe, s. p.

Obr. 4.1-15: Pevný jez na Labi v Opatovicích

tvořily rybníky podél Opatovického kanálu po dlouhou dobu nejznámější systém rybníků v Čechách.

Nad Pardubicemi (89 000 obyvatel) se do Labe vlévá levostranný přítok **Loučná** (732 km²) a v Pardubicích **Chrudimka** (859 km²). Vodárenské nádrže Hamry (ovladatelný objem 2,50 mil. m³), Seč (ovladatelný objem 19,00 mil. m³) a Křižanovice (ovladatelný objem 2,04 mil. m³) zajišťují zásobování regionu pitnou vodou. Z dolního toku **Novohradky** (472 km²), která je přítokem Chrudimky, lze 11,5 km dlouhým kanálem „Zmínka“ převádět 0,5 m³.s⁻¹ vody do Loučné (obr. 4.1-16).

Dalšími levostrannými přítoky Labe jsou **Doubrava** (599 km²), **Klejnarka** (345 km²), na jejímž přítoku Vrchlice se nachází stejnojmenná vodárenská nádrž (ovladatelný objem 8,32 mil. m³), a **Výrovka** (544 km²). Z pravé strany se vlévají **Cidlina** (1 173 km²), **Mrlina** (653 km²) a **Vlávka** (237 km²). Pod Žehuňskou přehradou (ovladatelný objem 3,35 mil. m³) na Cidlině začíná 15,8 km dlouhý Sánský kanál o kapacitě 0,8 m³.s⁻¹, který v minulosti napájel vodou části systému poděbradských rybníků a dnes slouží k nalepšování minimálních průtoků na dolním úseku Mrliny a k provozu malých vodních elektráren (obr. 4.1-16).



Obr. 4.1-16: Schéma jezových objektů a zdymadel na Labi v úseku od ústí Metuje po česko-německou státní hranici

4.1.4 Jizera

Plochou povodí 2 193 km² a délkou 167,5 km je **Jizera** největším přítokem Labe nad soutokem s Vltavou. Pramení v Jizerských horách na polském území na východním svahu Smrku (1 124 m n. m.) ve výšce 919 m n. m. Po 1,4 km tvoří v délce 17 km česko-polskou státní hranici, z celkové plochy povodí je 47,0 km² v Polsku. Horní tok Jizery odvádí svými přítoky vodu z části Jizerských hor, západních Krkonoš včetně jejich předhůří, jakož i z východních partií Lužických hor a Ještědského hřbetu.

Na horním toku, kde má Jizera charakter bystřiny se sklonem 12,2 ‰, přibírá několik malých levostranných přítoků, které pramení v Krkonoších ve výšce 1 240 až 1 300 m n. m. K těmto řekám patří i **Mumlava**, která tvoří nad Harrachovem nejvodnější vodopád v Krkonoších (obr. 4.1-17).



Obr. 4.1-17: Vodopád Mumlavy u Harrachova

V jižní oblasti Podkrkonoší se Jizera stáčí na západ, kde z pravé strany z Jizerských hor přitéká **Kamenice** (219 km²), na jejímž horním toku je vodárenská nádrž Josefův Důl (ovladatelný objem 20,76 mil. m³), která byla uvedena do provozu v roce 1983. Levostranným přítokem Kamenice je **Desná** tvořená Černou a Bílou Desnou. Na **Černé Desné** byla již v roce 1915 postavena přehrada Souš s ovladatelným objemem 6,35 mil. m³, z toho činí ochranný objem 1,24 mil. m³. V roce 1973 byla přebudována na vodárenskou nádrž. Z obou nádrží se v současnosti odvádí 0,3 m³.s⁻¹ vody na Jablonecko a Liberecko v povodí Odry (Lužické Nisy) pro zásobování pitnou vodou.

Po ničivé povodni v Jizerských horách v červenci 1897 byla na

Bílé Desné postavena malá přehrada – zemní hráz o výši 14,2 m nad dnem údolí a nádrž s ovladatelným objemem 400 000 m³. Pouhých 10 měsíců po uvedení do provozu v listopadu 1915 se hráz protrhla dne 18. 9. 1916 v 16.45 hod. Během pouhých 30 minut protéklo 40 m širokou průtrží 280 000 m³ vody vzduté do výšky 11,3 m (obr. 4.1-18). Následkem naplavených kmenů, prken, palivového dříví, suti a kamene do 10 m³ vznikla nad obcí Desná, která leží 5,8 km pod protrženou hrází, překážka, za kterou se voda vzdula do výšky až 20 m. Po prolomení bariéry se do údolí valila ohromná zátopová vlna a zdevastovala největší část obcí Desná a Hluboká. V Tanvaldu vzdáleném 6,6 km, který leží na soutoku Desné s Kamenicí, měla zátopová vlna ještě výšku 4,0 m a zaplavila velmi kalnou vodou domy, továrny, sklady a ulice. Také v údolí Kamenice pod Tanvaldem se vyskytly značné škody v obcích Světlá, Svárov a



Obr. 4.1-18: Zbytky zemní hráže přehrady Bílá Desná, zničené v roce 1916, včetně spodní výpusti se šoupátkovou šachtou a výtokového objektu

Haratice. Dokonce ještě po 26,8 km v Železném Brodě na Jizeře měla zátopová vlna výšku 0,60 m.

Touto katastrofou přišlo o život celkem 65 lidí, 400 lidí ztratilo přístřeší, zcela zničeno bylo 29 budov a 11 brusíren a vážně poškozeno 35 budov. Koryto Bílé Desné bylo prohloubeno místy o 5 až 6 m a rozšířeno o 10 m.

Zničení zemní hráže mělo různorodé příčiny. Pro návodní jílové těsnění bylo použito nevhodného materiálu, napojení těsnění na štolu spodní výpusti a na šoupátkovou šachtu bylo nedostačující. Navíc bylo zhutnění materiálu hráže po vrstvách nevyhovující, geologické struktury pod zemní hrází se vyznačovaly řadou dislokací, čímž došlo k rozdílnému sedání přehradního tělesa a betonových staveb. Všechny tyto nedostatky dohromady způsobily, že do přehradního tělesa se dostala průsaková voda, která vedla k vnitřní erozi materiálu hráže a následně k protržení hráže.

4.1.5 Labe od soutoku s Jizerou po soutok s Vltavou

Na středním toku, kde průměrný sklon činí 3,2 ‰, Jizera protéká Mladou Boleslaví (44 000 obyvatel) a půvabnou pískovcovou krajinou Českého ráje (obr. 4.1-19).

Na dolním toku činí sklon Jizery ještě 1 ‰. Do Labe se vlévá ve výšce 169,0 m n. m. ve zdrži zdymadla Brandýs n. L.

Pro zásobování Prahy pitnou vodou jsou významné odběry těsně nad soutokem Jizery s Labem. Již od roku 1914 jsou v provozu odběry z břehové infiltrace mezi obcemi Sojovice a Káraný. Kromě toho se od roku 1968 provádí umělá infiltrace vody z Jizery pomocí průsakových nádrží o rozloze 70 000 m². Každoročně se odebírá 45 mil. m³ vody, čímž lze zásobovat pitnou vodou cca 310 000 obyvatel Prahy.



Obr. 4.1-19: Údolí Jizery v Českém ráji

V 31,9 km dlouhém úseku Labe od soutoku s Jizerou po ústí Vltavy se plocha povodí zvětšuje o pouhých 630 km². U Mělníka (19 000 obyvatel) se v říčním km 110,0 do Labe vlévá Vltava, jejíž plocha povodí činí 28 090 km² (obr. 4.1-20).

V místě soutoku tudíž nedosahuje plocha povodí Labe ani poloviny povodí Vltavy. Situace, že přítok má větší plochu povodí než hlavní tok, se však v povodí Labe vyskytuje vícekrát (tab. 4.1-5).



Obr. 4.1-20: Soutok Labe s Vltavou u Mělníka

Tab. 4.1-5: Porovnání plochy povodí hlavního toku s povodím přítoku v povodí Labe

Hlavní tok		Přítok		Poměr ploch povodí hlavní tok : přítok
Název	Plocha povodí [km ²]	Název	Plocha povodí [km ²]	
Labe	13 714	Vltava	28 090	1 : 2,1
Vltava	3 645	Lužnice	4 226	1 : 1,2
Moldavský potok	984	Zschopau	1 847	1 : 1,9
Sála	5 096	Unstrut	6 343	1 : 1,2
Unstrut	832	Gera	1 092	1 : 1,3
Havola	3 399	Spréva	9 858	1 : 2,9

4.1.6 Soustava jezových objektů a zdymadel na Horním Labi

Pro dnešní tok Labe pod ústím Metuje až 40 km nad česko-německou státní hranicí je charakteristická výstavba velkých jezových objektů a plavebních stupňů a regulace toku. V zájmu kompletního popisu uvedeného úseku Labe jsou dále pojednány jezové objekty, zdymadla a regulace toku jak nad, tak i pod soutokem s Vltavou.

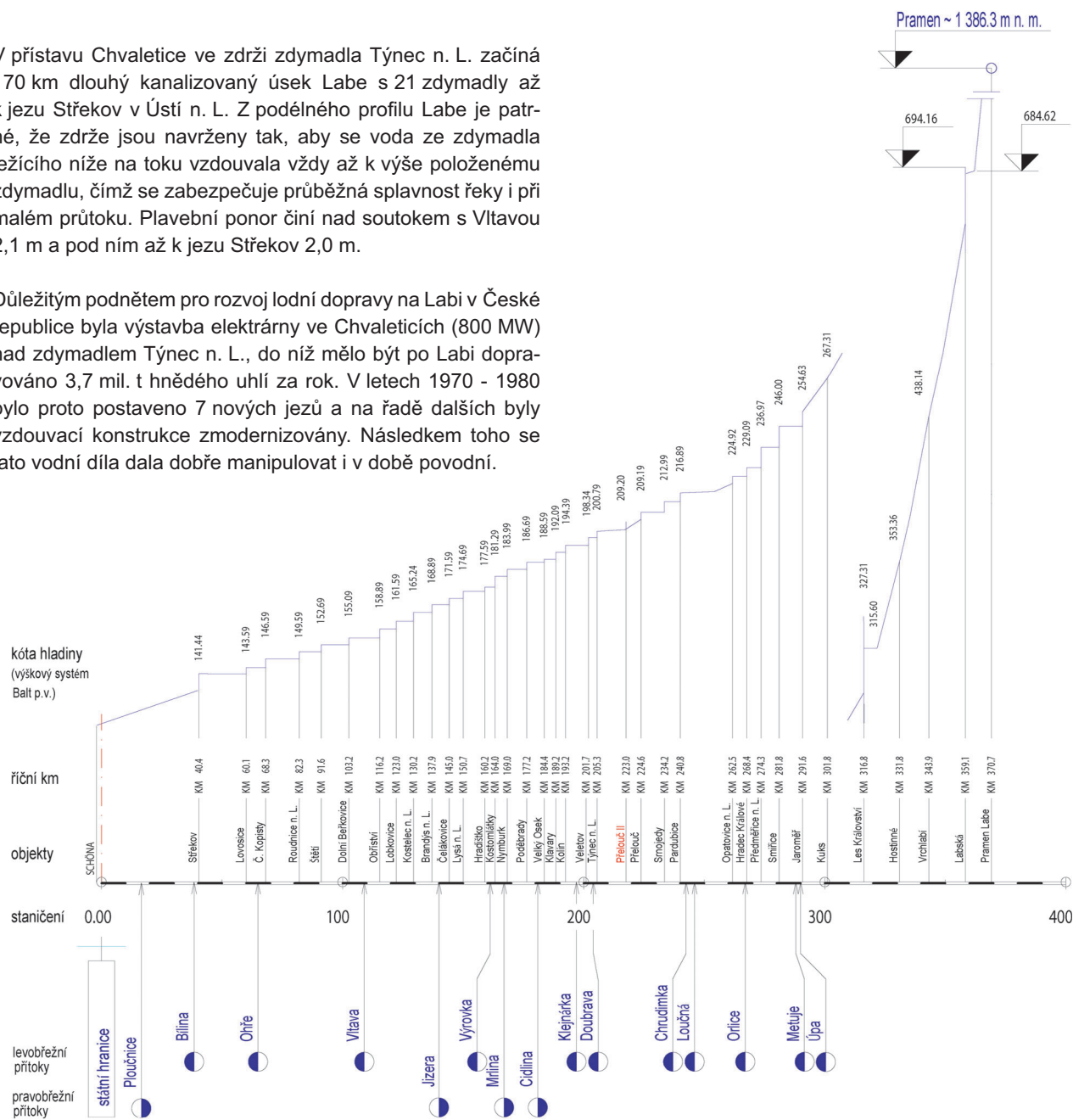
Již ve 14. a 15. století zde byla řada mlýnů a pil, které využívaly vodní energii Labe. Za účelem zvýšení hladiny byly podle vzoru jezů v Praze vybudovány dřevěné, zčásti i kamenné jezy. Pouze v úseku od Hradce Králové po soutok s Vltavou bylo 14 mlýnských jezů. Hrazené výšky se pohybovaly v rozmezí 0,97 až 2,97 m. Tyto jezy sloužily i voroplavbě, která se na Labi provozovala od 12. století do začátku 20. století.

Neregulované Labe s četnými jezy nebylo pro lodní dopravu vhodné. Proto se již v 17. století usilovalo o splavnění Labe. V roce 1841 byla zahájena pravidelná lodní doprava mezi Drážďanami a Prahou. V letech 1870 - 1890 byla v českém úseku Labe provedena regulace na střední vodu, což bylo spojeno se značným napřimováním toku. Další úprava Labe pro plavbu výstavbou nových jezových objektů včetně plavebních komor a regulací koryta pod ústím Metuje dále po proudu však začala až v roce 1904. Nové jezy byly většinou budovány v místě starých, resp. v jejich bezprostřední blízkosti. Jeden nový jez často nahrazoval dva staré jezové objekty.

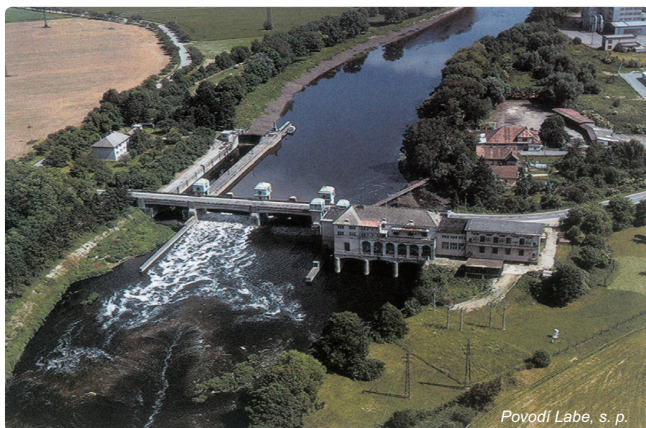
V 247,1 km dlouhém úseku Labe od soutoku s Metují po zdymadlo Střekov v Ústí n. L. jsou dnes 4 jezy (Smiřice až Opatovice) a 24 zdymadel s plavebními komorami (Pardubice až Střekov). Jejich umístění je vyznačeno na schématu (obr. 4.1-16) a v podélném profilu (obr. 4.1-21). Ze 24 zdymadel nelze k plavbě využít tři kompletně upravená horní zdymadla Pardubice, Snojedy a Přelouč, protože dosud nedošlo ke splavnění trasy mezi plavebními stupni Přelouč (obr. 4.1-22) a Týnec n. L.

V přístavu Chvaletice ve zdrži zdymadla Týnec n. L. začíná 170 km dlouhý kanalizovaný úsek Labe s 21 zdymadly až k jezu Střekov v Ústí n. L. Z podélného profilu Labe je patrné, že zdrže jsou navrženy tak, aby se voda ze zdymadla ležícího níže na toku vzdouvala vždy až k výše položenému zdymadlu, čímž se zabezpečuje průběžná splavnost řeky i při malém průtoku. Plavební ponor činí nad soutokem s Vltavou 2,1 m a pod ním až k jezu Střekov 2,0 m.

Důležitým podnětem pro rozvoj lodní dopravy na Labi v České republice byla výstavba elektrárny ve Chvaleticích (800 MW) nad zdymadlem Týnec n. L., do níž mělo být po Labi dopravováno 3,7 mil. t hnědého uhlí za rok. V letech 1970 - 1980 bylo proto postaveno 7 nových jezů a na řadě dalších byly vzdouvací konstrukce zmodernizovány. Následkem toho se tato vodní díla dala dobře manipulovat i v době povodní.



Obr. 4.1-21: Podélný profil Labe od pramene po česko-německou státní hranici



Obr. 4.1-22: Zdymadlo Praelouč, jehož plavební komora dosud nikdy nebyla použita

Na 247,54 km dlouhém úseku Labe od konce zdrže jezu Smiřice (ř. km 287,90) po jez Střekov (ř. km 40,36) je voda hrazena v délce celkem 231,90 km, což představuje 93,7 %. Pouze pod jezy Opatovice a Praelouč není Labe hrazeno v délce 12,2, resp. 3,4 km. Spád hladin horní a dolní vody je na 28 jezových objektech velmi rozkolísaný a pohybuje se od 1,90 m (Velký Osek) do 9,02 m (Smiřice). S výjimkou pevného jezu v Opatovicích mají všechny jezy pohyblivé uzávěry, jejich zvednutím nebo spuštěním se uvolňuje celý průtočný profil, jaký existoval před výstavbou jezů (tab. 4.1-6). Proto jezy obvykle nebrání odvádění povodňových vln a ledu. V případě potřeby se k převádění velkých vod využívají i plavební komory a šterkové propusti.

Kvůli dodržení stanovených hladin a s výjimkou zdymadla Střekov také z důvodu malého objemu nemají zdrže, vzniklé nad jezovými objekty, významný vliv na odtok. Ve zdrži zdymadla Střekov je ale vymezen objem 3,0 mil. m³, který v případě nízkého vodního stavu v regulovaném úseku Labe umožňuje odtok takové vlny, na které lodi mohou plout po proudu.

S úpravou toku Labe v zájmu lodní dopravy se pojilo zlepšení povodňové ochrany přilehlých území. Před úpravami se Labe rozlévalo téměř každoročně, někdy několikrát ročně,

a způsobovalo značné záplavy. Na druhé straně způsobily úpravy Labe závažné ekologické škody. Průpichy vedly k odstranění řady meandrů, a tím i k poškození původní říční krajiny (obr. 4.1-23). Pouze v úseku od ústí Metuje po soutok s Vltavou, kde Labe dříve v široké údolní nivě silně meandrovalo, byl tok zkrácen o 47 km. Následkem stavebních úprav toku Labe v letech 1848 - 1992 byla jeho délka na českém území zkrácena z původních 422,9 km na 370,7 km, tj. o 52,2 km, což představuje 12,3 %. Bez rozlivů odpovídá průtočný profil Labe v úseku Hradec Králové po soutok s Vltavou

dnes minimálně dvou- až pětileté vodě a v úseku Mělník - česko-německá státní hranice dvouletým průtokům. Obce jsou chráněny proti povodním s delší dobou opakování.

V současnosti se plánuje úprava toku Labe mezi zdymadly Praelouč a Týnec n. L. pomocí dalšího zdymadla (obr. 4.1-16 a obr. 4.1-21). Realizací této stavby by bylo možné prodloužit kanalizovaný úsek Labe o 24 km až do Pardubic. O výstavbě zdymadel pod plavebním stupněm Střekov nebylo dosud rozhodnuto.



Obr. 4.1-23: Průpich meandru Labe nad Kolínem

Tab. 4.1-6: Přehled jezových objektů a zdymadel v českém úseku Labe pod soutokem s Metují

Poř. čís.	Název vzdouvacího objektu	Říční km	Rok zahájení provozu nových jezů	Spád hladin horní a dolní vody [m]	Objem [mil. m ³]	Délka zdrže [km]	Vzdouvací objekt		Výkon vodní elektrárny [MW]
							Typ vzdouvacího objektu	Počet a šířka průtokových otvorů	
1.	Smiřice	281,76	1936	9,02	0,35	6,14	dvojitá stavidla	2 x 11 m	2,40
2.	Předměřice n. L.	274,32	1917/1933/1952	7,88	0,58	7,45	stavidlo s nasazenou klapkou	2 x 11 m	1,94
3.	Hradec Králové	268,44	1911	4,00	0,34	5,87	segmentový jez	2 x 18 m	0,81
4.	Opatovice n. L.	262,53	1959	4,00	0,70	5,91	pevný jez	111,6 m - délka koruny	0,99
5.	Pardubice	240,82	1969	3,90	1,40	9,50	stavidlo s nasazenou klapkou	3 x 18 m	1,94
6.	Snojedy	234,19	1937	3,60	1,88	6,63	stavidlo s nasazenou klapkou	2 x 22 m	1,96
7.	Přelouč	224,57	1927	3,00	1,60	9,62	stavidlo s nasazenou klapkou	2 x 21 m	1,75
			začátek splavného úseku						
8.	Týnec n. L.	205,28	1976	2,57	1,86	15,89	klapkový jez	3 x 20 m	0,47
9.	Veletov	201,74	1991	3,95	0,60	3,54	klapkový jez	7 x 12 m	0,57
10.	Kolín	193,23	1920	2,30	1,89	8,51	válcový jez	3 x 19 m	0,62
11.	Klavary	189,19	1939	3,50	1,01	4,04	stavidlo s nasazenou klapkou	3 x 19 m	1,58
12.	Velký Osek	184,37	1952	1,90	1,20	4,82	stavidlo s nasazenou klapkou	3 x 19 m	—
13.	Poděbrady	177,16	1916	2,70	1,73	7,21	stavidlový jez	2 x 22 m	1,04
14.	Nymburk	169,04	1919	2,70	1,70	8,12	stavidlo s nasazenou klapkou	3 x 22 m	1,07
15.	Kostomlátky	164,02	1937	3,70	1,41	5,02	stavidlo s nasazenou klapkou	3 x 24 m	2,56
16.	Hradištko	160,17	1953	2,90	1,12	3,84	stavidlo s nasazenou klapkou	3 x 24 m	1,92
17.	Lysá n. L.	150,70	1935	3,10	2,36	9,48	stavidlo s nasazenou klapkou	3 x 23 m	1,20
18.	Čelákovice	144,98	1938	2,70	1,45	5,72	stavidlo s nasazenou klapkou	3 x 23 m	0,11
19.	Brandýs n. L.	137,91	1936	3,80	1,85	7,07	stavidlo s nasazenou klapkou	3 x 23,5 m	1,98
20.	Kostelec n. L.	130,16	1931	3,50	1,82	7,76	stavidlo s nasazenou klapkou	3 x 24 m	2,34
21.	Lobkovice	123,02	1932	2,70	1,81	7,14	hradidlo s nasazenou klapkou	3 x 25 m	2,36
22.	Obříství	116,18	1911/1974	4,00	1,84	6,83	sektorový jez	2 x 37 m	3,36
		110,04	soutok s Vltavou			30,50			32,97
23.	Dolní Beřkovice	103,21	1907/1974	2,70	4,56	12,96	sektorový jez	2 x 54 m, 1 x 52 m	—
24.	Štětí	91,58	1909/1970	2,80	6,46	11,63	segmentový jez s nasazenou klapkou	5 x 25 m pohyblivý 2 x 12 m pevný	—
25.	Roudnice	82,34	1912/1971	2,90	4,54	9,25	sektorový jez	3 x 54 m	—
26.	České Kopisty	68,27	1914/1976	3,20	3,29	14,07	sektorový jez	2 x 47 m, 1 x 46 m	—
27.	Lovosice	60,13	1919/1972	2,15	4,15	8,12	sektorový jez	2 x 41 m, 1 x 51 m	—
28.	Střekov	40,36	1936	8,40	16,10	19,76	dvojitá stavidla	4 x 24 m	15,00
	Celkem				69,60	231,90			47,97

4.2 Vltava

*Velké řeky
potřebují malé toky.
(Albert Schweitzer)*

Vltava měří od pramene na Šumavě po soutok s Labem 430,3 km, a je tedy na soutoku o 169,6 km delší než Labe. Výškový rozdíl mezi pramenem a ústím Vltavy je 1 017 m. Vltava se vlévá do Labe u Mělníka, ve zdrži zdymadla Dolní Beřkovice. V úseku od Slapské přehrady po soutok s Labem, tj. v délce 92 km, je Vltava splavná. Osobní lodní doprava se provozuje i na všech velkých nádržích Vltavské kaskády.

Vltava je plochou povodí 28 090 km² největším přítokem Labe. Z této plochy připadá 99,5 % území na pahorkatiny a vrchoviny a 0,5 % na nížiny s výškou pod 200 m n. m. Z celkové plochy povodí Vltavy leží 121,7 km² v Německu a 920,7 km² v Rakousku. Nejvyššími vrcholy jsou Plechý (1 378 m n. m.) na Šumavě, Viehberg (1 111 m n. m.) v Novohradských horách, Křemešník (765 m n. m.) na Českomoravské vrchovině, Čerchov (1 042 m n. m.) v Českém lese a Hradiště (934 m n. m.) v Doupovských horách.

Na horním toku teče Vltava jihovýchodním směrem až k vodní nádrži Lipno romantickou Šumavou a poté se stáčí na sever do Pošumaví. Odtud vstupuje do Budějovické pánve a následně protéká v délce 154 km nádržemi Vltavské kaskády, které leží zčásti v hluboko zařezaných údolích Středočeské pahorkatiny. Na tomto úseku Vltava přibírá své velké přítoky

Lužnici, Otavu, Sázavu a Berounku, přičemž všechny mají plochu povodí větší než 3 700 km².

Pohled na vzdutou hladinu Vltavy patří k charakteristickým rysům hlavního města Prahy. Pod Prahou Vltava protéká úzkým údolím Pražské plošiny a posléze přivádí své vody širokou nížinou do Labe (obr. 4.2-1).

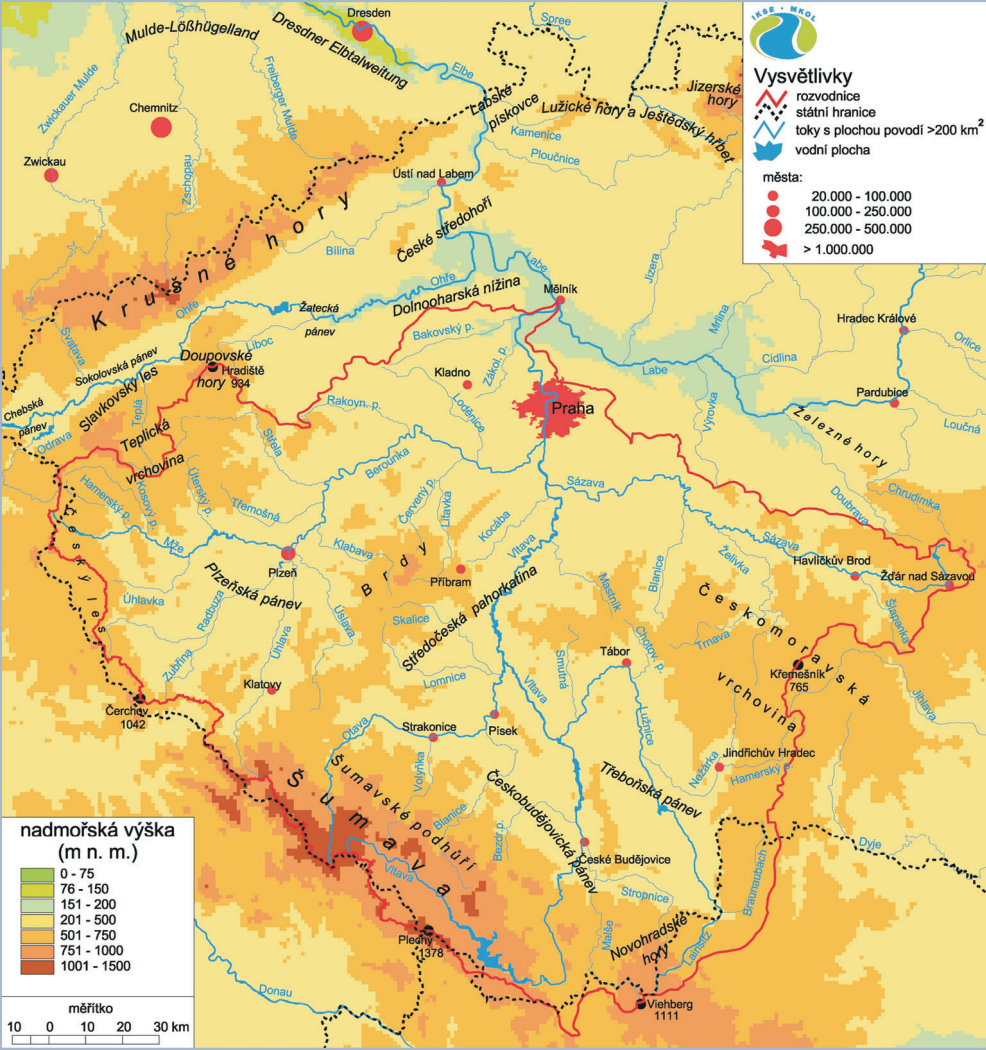
Na vrcholech Šumavy, Novohradských hor a Českého lesa se průměrné roční teploty vzduchu pohybují od 2,8 do 5 °C, ve Středočeské pahorkatině kolem 6 °C a v Praze dosahuje 10 °C.

Průměrný roční úhrn srážek na povodí Vltavy je 656 mm, na Šumavě dosahuje 1 150 mm, ve Středočeské pahorkatině cca 700 mm a v nižších polohách 500 až 600 mm (v Praze 510 mm). V zimě dosahuje sněhová pokrývka v horských oblastech výšky 70 až 90 cm, ve vyšších partiích Šumavy a Novohradských hor se pohybuje do 100 cm, někdy dokonce až 200 cm, což může při náhlé oblevě ve spojitosti s vydatnými dešti vyvolat nebezpečné povodně.

Přirozený hydrologický režim Vltavy ovlivňuje řada přehrad. V povodí Vltavy se nachází celkem 72 údolních nádrží s ovladatelným objemem nad 0,3 mil. m³. Celkový ovladatelný ob-

jekt činí 1 892,7 mil. m³, z toho je 125,0 mil. m³ v zimním hydrologickém pololetí vymezeno jako ochranný prostor. Jádro tvoří 9 přehrad Vltavské kaskády, počínaje nádrží Lipno I a konče nádrží Vrané, s celkovým ovladatelným objemem 1 352,6 mil. m³, ze kterého je 95,2 mil. m³ vymezeno jako ochranný objem. Vltavská kaskáda tedy pokrývá 71 % ovladatelného objemu všech přehrad v povodí Vltavy a 33 % ovladatelného objemu všech údolních nádrží v celém povodí Labe (4 083,2 mil. m³).

Ke znázornění odtokové situace jsou v tab. 4.2-1 a 4.2-2 uvedeny hydrologické charakteristiky 16 vybraných vodoměrných stanic. Grafy schématicky zachycují roční průběh průtoků v 6 stanicích na Vltavě a na přítocích (obr. 4.2-3). Umístění většiny stanic je vyznačeno na obr. 4.2-2.



Obr. 4.2-1: Topografická mapa povodí Vltavy



Obr. 4.2-2: Hydrografická mapa povodí Vltavy s dílčími povodími s plochou nad 3 700 km²

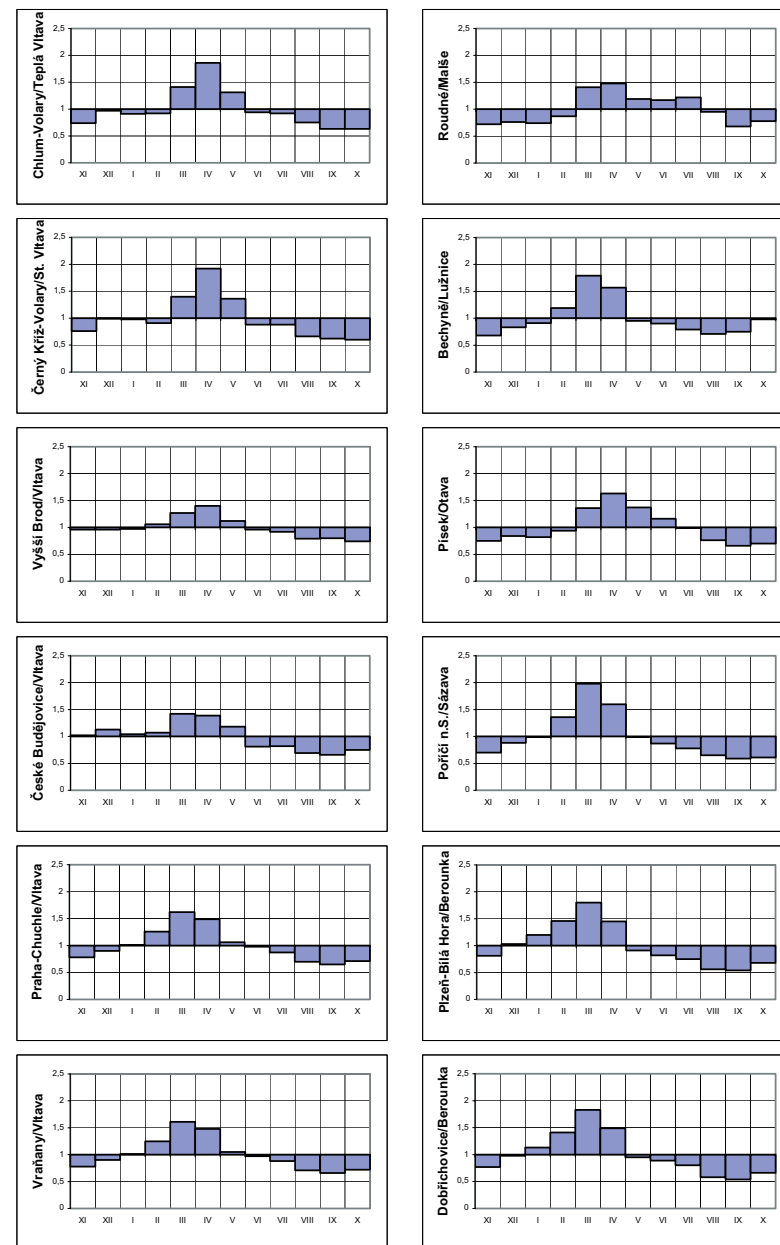
Tab. 4.2-1: Základní hydrologické charakteristiky průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Vltavy
(Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.2-2.)

Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Říční km	Plocha povodí (A)	Dlouhodobý průměrný průtok ($\bar{Q}_a$)	Dlouhodobý průměrný minimální průtok ($\bar{Q}_{\min}$)	Dlouhodobý průměrný maximální průtok ($\bar{Q}_{\max}$)	Období
			[km]					
	Teplá Vltava	Chlum-Volary	377,7	341	5,81	1,67	44,7	1947 - 2000
	Studená Vltava	Černý Kříž-Volary	3,3 ¹⁾	104	1,97	0,46	20,3	1947 - 2000
	Vltava	Vyšší Brod	319,0	999	13,1	4,04	70,5	1931 - 2000
	Malše	Roudné	5,3 ¹⁾	961	6,73	1,46	82,0	1931 - 2000
1.	Vltava	České Budějovice	238,8	2 848	23,2	9,57	148	1989 - 2000
	Nežárka/Lužnice	Hamr n. N.	8,0 ¹⁾	981	11,7	1,81	70,4	1931 - 2000
2.	Lužnice	Bechyně	10,6 ¹⁾	4 046	22,4	4,16	132	1931 - 2000
3.	Otava	Katovice	60,8 ¹⁾	1 135	13,7	4,13	157	1931 - 2000
		Písek	24,7 ¹⁾	2 913	23,1	6,64	205	1931 - 2000
4.	Sázava	Kácov	87,2 ¹⁾	2 813	16,6	3,46	153	1931 - 2000
		Poříčí n. S.	30,7 ¹⁾	4 000	22,0	4,78	192	1931 - 2000
	Radbuza/Berounka	Lhota	15,2 ¹⁾	1 175	5,20	1,23	54,2	1931 - 2000
5.	Berounka	Plzeň-Bílá Hora	136,9 ¹⁾	4 016	19,9	4,86	155	1931 - 2000
6.		Dobřichovice	15,8 ¹⁾	8 720	36,7	9,70	327	1931 - 2000
7.	Vltava	Praha-Chuchle	61,6	26 720	143	44,8	841	1931 - 2000
8.		Vraňany	11,3	28 048	154	48,6	866	1931 - 2000

1) říční km nad soutokem s Vltavou, resp. jejím přítokem

Tab. 4.2-2: Charakteristika hydrologického režimu ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Vltavy
(Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.2-2.)

Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Průměrný specifický odtok [l.s ⁻¹ .km ⁻²]	Dlouhodobý průměrný průtok				$\bar{Q}_{\min} : Q_a$	$Q_a : \bar{Q}_{\max}$
				Zimní hydrologické pololetí		Letní hydrologické pololetí			
				[m ³ .s ⁻¹]	[%]	[m ³ .s ⁻¹]	[%]		
	Teplá Vltava	Chlum-Volary	17,0	6,61	57	5,02	43	1 : 3,5	1 : 7,7
	Studená Vltava	Černý Kříž-Volary	18,9	2,29	58	1,65	42	1 : 4,3	1 : 10,3
	Vltava	Vyšší Brod	13,1	14,5	55	11,7	45	1 : 3,2	1 : 5,4
	Malše	Roudné	7,0	6,72	50	6,73	50	1 : 4,6	1 : 12,2
1.	Vltava	České Budějovice	8,1	27,4	59	19,0	41	1 : 2,4	1 : 6,4
	Nežárka/Lužnice	Hamr n. N.	11,9	13,4	57	10,1	43	1 : 6,5	1 : 6,0
2.	Lužnice	Bechyně	5,5	25,9	58	19,0	42	1 : 5,4	1 : 5,9
	Otava	Katovice	12,1	14,3	52	13,1	48	1 : 3,3	1 : 11,5
3.		Písek	7,9	24,5	53	21,7	47	1 : 3,5	1 : 8,9
	Sázava	Kácov	5,9	20,7	62	12,5	38	1 : 4,8	1 : 9,2
4.		Poříčí n. S.	5,5	27,5	63	16,6	37	1 : 4,6	1 : 8,7
	Radbuza/Berounka	Lhota	4,4	6,71	65	3,72	35	1 : 4,2	1 : 10,4
5.	Berounka	Plzeň-Bílá Hora	5,0	25,7	65	14,2	35	1 : 4,1	1 : 7,8
6.		Dobřichovice	4,2	46,5	63	27,1	37	1 : 3,8	1 : 8,9
7.	Vltava	Praha-Chuchle	5,4	168	59	119	41	1 : 3,2	1 : 5,9
8.		Vraňany	5,4	181	59	128	41	1 : 3,2	1 : 5,6



Obr. 4.2-3: Roční průběh průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Vltavy, vyjádřený jako podíl dlouhodobých měsíčních a ročních průměrů ($Q_{\text{měsíc}}/Q_a$)

Na základě výše uvedených dat v tabulkách a na *obr. 4.2-3* lze průtokové poměry charakterizovat následovně:

■ Průměrný specifický odtok 17 až 19 l.s⁻¹.km⁻² ve stanicích na Teplé a Studené Vltavě je charakteristický pro Šumavu s bohatými srážkami, kde jsou ve vyšších polohách nad 900 m n. m. zaznamenávány specifické odtoky nad 24 l.s⁻¹.km⁻². Poměrně vysoké specifické odtoky kolem 12 l.s⁻¹.km⁻² ve stanicích Katovice a Hamr n. N. jsou dány tím, že toky tvořící Otavu pramení na Šumavě a Nežárka na Českomoravské vrchovině. Vysoké odtoky z horní části povodí Vltavy zvyšují na dolním úseku Vltavy specifické odtoky na 5,4 l.s⁻¹.km⁻². Jinak by zde byly odtoky ještě nižší než ve většinou srážkově chudém povodí Berounky, kde specifické odtoky dosahují jen 4 až 5 l.s⁻¹.km⁻².

■ Roční průběh průtoků ve stanicích na Teplé a Studené Vltavě ukazuje, že díky pozdnímu odtávání sněhové pokrývky na Šumavě je průměrný průtok v květnu výrazně vyšší než dlouhodobý průměrný roční průtok (*obr. 4.2-3*). Proto také představuje odtok v zimním hydrologickém pololetí pouhých 57 až 58 % z dlouhodobého průměrného ročního odtoku. V povodí Berounky je průměrný odtok v zimním období s hodnotami 63 až 65 % mnohem vyšší. Zde průtok stoupá již v lednu nad dlouhodobý roční průměr. Brzké tání sněhu a déšť způsobují největší průtoky již v březnu, ovšem v květnu se pohybují opět pod dlouhodobým ročním průměrem. V převážné části povodí Vltavy ovlivňuje roční průběh průtoků a poměr mezi dlouhodobými průměrnými průtoky v zimním a letním hydrologickém pololetí celá řada vodních nádrží a rybníků. Tím je dána větší vyrovnanost hydrologického režimu Vltavy, což je patrné zejména ve stanici Vyšší Brod (pod nádrží Lipno I a II) a na přítocích především ve stanici Roudné na Malši pod nádrží Římov, kde je změna poměru mezi dlouhodobým průměrným průtokem v zimním a letním hydrologickém pololetí vyjádřena hodnotou 50 : 50 %.

■ Poměr průměrných minimálních a průměrných ročních průtoků ($\bar{Q}_{\min} : Q_a$) se většinou pohybuje v rozmezí od 1 : 3,5 do 1 : 4,8, poměr průměrných ročních a průměrných maximálních průtoků ($Q_a : \bar{Q}_{\max}$) od 1 : 7,7 do 1 : 10. Na Malši a Otavě a v horní části povodí Berounky dosahuje tento

poměr díky častým vydatným srážkám v letních měsících a malé přirozené retenční schopnosti hodnot až 1 : 12,2. Manipulacemi na vodních dílech na Vltavě v souvislosti s nalepšováním minimálních průtoků a zadržováním povodní dosahuje poměr $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ pouze 1 : 2,4 až 1 : 3,2 a poměr $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ pouze 1 : 5,4 až 1 : 6,4. Nepřirozené hydrologické poměry v povodí Lužnice jsou důsledkem hospodaření na řadě rybníků.

V *tab. 4.2-3* je uveden přírůstek plochy povodí a dlouhodobého průměrného průtoku v povodí Vltavy. Uvedené průměrné průtoky byly odvozeny. Tabulka názorně ukazuje, že strukturu povodí Vltavy určují její čtyři hlavní přítoky, tj. Lužnice, Otava, Sázava a Berounka, které se na celkové ploše povodí podílejí více než 75 %.

Tab. 4.2-3: Přírůstek plochy povodí a dlouhodobého průměrného průtoku na Vltavě v úseku od pramene po soutok s Labem

Říční úsek Vltavy	Významný přítok Vltavy	Plocha povodí [km ²]		Dlouhodobý průměrný průtok [m ³ .s ⁻¹]	
		Vltava	Významný přítok v místě zaústění	Vltava	Významný přítok v místě zaústění
Teplá Vltava nad soutokem se Studenou Vltavou		341		5,90	
	Studená Vltava nad soutokem s Teplou Vltavou		128		2,18
Vltava v profilu přehrady Lipno I		948		12,8	
Vltava po soutok s Malší		1 862		20,2	
	Malše		979		7,35
Vltava po soutok s Lužnicí		3 594		30,8	
	Lužnice z toho: Nežárka		4 226 999		24,1 12,3
Vltava po soutok s Otavou		8 146		56,0	
	Otava z toho: Blanice Lomnice		3 839 860 831		27,1 4,70 3,41
Vltava po soutok se Sázavou		13 310		85,8	
	Sázava z toho: Želivka		4 349 1 189		24,3 6,98
Vltava po soutok s Berounkou		17 834		110	
	Berounka z toho: Mže Radbuza s Úhlavou Úslava Střela		8 855 1 824 2 179 757 923		37,2 8,60 11,4 3,62 3,41
Vltava po soutok s Labem		28 090		154	

4.2.1 Vltava od pramene po soutok s Berounkou

Vltava pramení na Šumavě v nadmořské výšce 1 172 m na jihovýchodním svahu Černé hory (1 315 m n. m.) v bezprostřední blízkosti česko-německé státní hranice jako Teplá Vltava (obr. 4.2-4).



Obr. 4.2-4: Pramen Vltavy na Šumavě

Na prvních 13 km je sklon toku Teplé Vltavy 26 ‰, na dalších 40,6 km, tj. po soutoku se Studenou Vltavou v říčním km 376,7, se sklon snižuje na 4,5 ‰. Odtud se pak již řeka nazývá pouze Vltava. Se sklonem 2,2 ‰ a výraznými meandry (obr. 4.2-5) vtéká přibližně po 9 km do údolní nádrže Lipno I.

Z historických vodohospodářských památek je zajímavý 44,4 km dlouhý Schwarzenberský plavební kanál, který byl vybudován v letech 1789 - 1822 na severním úbočí Šumavy (obr. 4.2-6). Začíná severozápadně od hory Plechý ve výšce 916 m n. m., probíhá téměř souběžně s Vltavou, teče 9 km na rakouském území a končí opět na českém území ve výšce 790 m n. m. u Světlého potoka (povodí Dunaje).

Tento kanál, který spojuje přítoky Vltavy s přítoky Dunaje, byl napájen z četných potoků a tří vodních nádrží. Ke splavování dříví z těžko přístupných oblastí Šumavy sloužil až do roku 1962.

Dřevo se plavilo 3,9 km dlouhým smykem do Vltavy a odtud do Prahy, nebo přes upravené koryto Světlého potoka do Dunaje a dále až do Vídně. Velké části tohoto kanálu, který je chráněnou památkou, jsou funkční až do dnešní doby.

Nádrž Lipno I (ř. km 329,5) byla uvedena do provozu v roce 1960. Její ovladatelný objem je 309,50 mil. m³, z toho je v zimním období vyčleněno 33,16 mil. m³ jako ochranný prostor, v letním období činí tento prostor 12,06 mil. m³. Na 38 km dlouhém vzdutém úseku v převážně otevřeném údolí dosahuje vodní plocha při hladině ovladatelného prostoru 48,7 km², což je největší plocha ze všech umělých nádrží v povodí Labe (obr. 4.2-7 a tab. 4.2-4). Celková plocha jejího povodí ke hrázi měří 948,2 km², z toho 74,6 km² leží v Německu a 27,8 km² v Rakousku.



Obr. 4.2-5: Meandrující Vltava nad nádrží Lipno I



Obr. 4.2-6: Hiršperský tunel v horní části Schwarzenberského kanálu (Jelení vrchy)

Vedle povodňové ochrany a rekreace slouží nádrž Lipno I převážně k výrobě elektrické energie.

Pod nádrží v délce 10 km má Vltava spád 160 m. Tento velký spád se využívá v podzemní elektrárně, která se provozuje jako špičková elektrárna s výkonem 120 MW. Kolísání odtoku vyrovnává nádrž Lipno II (ř. km 319,1). Tímto krátkým úsekem koryta v úzkém vltavském údolí se až do přívodu do nádrže Lipno II převádí pouze asanační průtok o velikosti 1,5 m³.s⁻¹.

V úseku od nádrže Lipno II do Českých Budějovic protéká Vltava podhůřím Šumavy a poté vstupuje do Českobudějovické pánve. Na tomto úseku je celkem 17 pevných jezů. Po povodni v srpnu 2002 byla řada zničených jezů opět úplně zrekonstruována (obr. 4.2-8).



Povodí Vltavy, s. p.

Obr. 4.2-7: Vodní nádrž Lipno I

Tab. 4.2-4: Vodní nádrže v povodí Labe s největší plochou hladiny na kótě ovladatelného prostoru

Vodní nádrž	Vodní tok	Plocha hladiny [km ²]
Lipno I	Vltava	48,7
Orlík	Vltava	27,3
Švihov	Želivka	14,3
Kelbra	Helme	14,3
Nechranice	Ohře	13,1
Slapy	Vltava	11,6
Rozkoš	Metuje	10,0
Rožmberk	Lužnice	9,9
Spremborg	Správa	9,9
Bleiloch	Sála	9,2
Straußfurt	Unstrut	9,0

Na tomto úseku protéká Vltava historickým Českým Krumlovem (14 000 obyvatel), který se romanticky vypíná na svazích hlubokého údolí Vltavy (obr. 4.2-9). Český Krumlov patří ke světovému kulturnímu dědictví UNESCO.

V Českých Budějovicích (95 000 obyvatel) se do Vltavy v ř. km 240,1 a v nadmořské výšce 385 m vlévá **Malše** (979 km², z toho 109,9 km² v Rakousku). Pramení v Novohradských horách v Rakousku na severovýchodním svahu hory Viehberg u obce Sandl v nadmořské výšce 910 m. Z celkové délky jejího toku (100,7 km) leží 6,0 km v Rakousku, 19,5 km tvoří společnou rakousko-českou hranici a 75,2 km leží na území České republiky.

Na Malši byla v roce 1978 uvedena do provozu vodárenská nádrž Římov (obr. 4.2-10) s ovladatelným objemem 33,64 mil. m³, z toho 1,56 mil. m³ představuje ochranný

objem. Odběry vody z nádrže (21 mil. m³ za rok) slouží k zásobování velké části jižních Čech pitnou vodou.

Od Českých Budějovic ztrácí Vltava svůj přirozený charakter a teče upraveným korytem až po konec vzdutí nádrže Hněvkovice (ř. km 225,3).

Pod Českými Budějovicemi u Hluboké nad Vltavou se nachází od 15. století jedna z největších rybníčních soustav České republiky se 190 rybníky a s vodní plochou o rozloze 26,6 km² (tab. 4.2-6). Soustava slouží převážně k chovu ryb (kaprů).

Od říčního km 225,3 (konec vzdutí nádrže Hněvkovice) až po ústí Berounky (ř. km 63,7) bylo v úsecích hluboce zařezaného vltavského údolí ve Středočeské pahorkatině vybudováno



M. Šimon

Obr. 4.2-8: Vltava pod Rožmberkem s pohledem na obnovený jez a hrad

dalších 7 vodních nádrží, které zatápějí vltavské údolí v délce 154 km (obr. 4.2-11 a tab. 4.2-5).

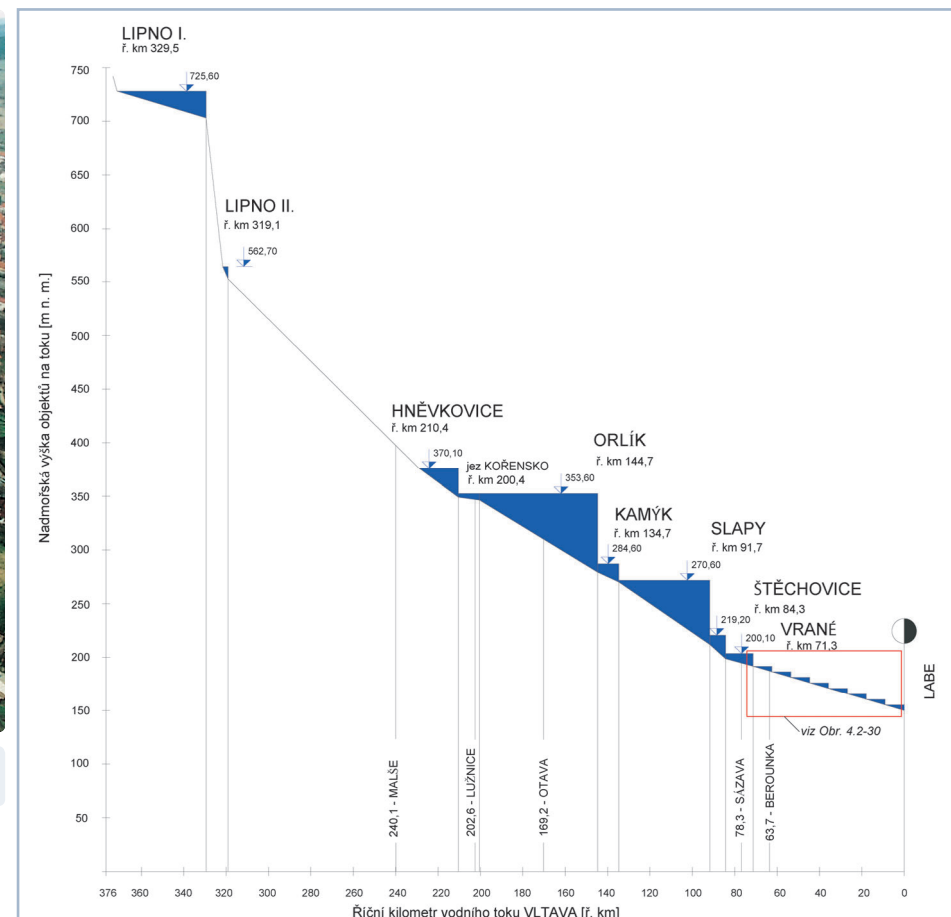
Plocha povodí, která činí k vodní nádrži Lipno I 948 km², dosahuje k nádrži Vrané 17 782 km². Od zprovoznění velkých vodních nádrží byl významnou měrou ovlivňován také odtokový režim Vltavy.



Obr. 4.2-9: Český Krumlov na Vltavě



Obr. 4.2-10: Vodárenská nádrž Římov na Malši



Obr. 4.2-11: Podélný profil Vltavské kaskády

Vltavská kaskáda plní několik funkcí:

■ Její hlavní funkcí je výroba elektrické energie. Na všech vodních nádržích jsou špičkové nebo průtočné vodní elektrárny s celkovým výkonem 719 MW (tab. 4.2-5). Na nádrži Štěchovice je kromě toho od roku 1947 v provozu přečerpávací elektrárna (obr. 4.2-12). Jako vyrovnávací nádrž pro špičkové elektrárny a přečerpávací elektrárny slouží vodní zdrže pod elektrárnami (tab. 4.2-5). Z nádrže Hněvkovice se od roku 2002 odebírá chladicí voda pro jadernou elektrárnu Temelín (1 962 MW).

■ Další funkcí je nalepšování minimálních průtoků. Odtoky z nádrží na Vltavě jsou řízeny s ohledem na průtoky v Berounce tak, aby byl v Praze zabezpečen minimální průtok $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Před vybudováním nádrží se minimální průtoky v Praze často pohybovaly kolem 12 až $15 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Odtoky vody z Vltavské kaskády zabezpečují také odběry vody v Praze pro úpravu na pitnou vodu a průmyslové využití. Zvýhodňují také lodní dopravu na Vltavě a na Labi.



Obr. 4.2-12: Vodní nádrž Štěchovice s průtočnou elektrárnou (vlevo) a přečerpávací elektrárnou (vpravo)

■ Pro účely povodňové ochrany je v soustavě nádrží k dispozici 95,23 mil. m³ ovladatelného ochranného objemu, tj. 7,0 % ovladatelného objemu. Tento retenční objem se dá v případě očekávané povodně zvětšit předvypouštěním nádrží, zejména při začínající oblevě. Vliv nádrží na Vltavě při extrémní povodni v srpnu 2002 je z hlediska povodňové ochrany podrobně popsán v kapitole 3.3.2.

■ Všechny vodní nádrže slouží pro účely rekreace, rybního hospodářství a osobní lodní dopravy. K překonání výškového rozdílu mezi nádrží a řekou slouží kromě nádrží Lipno I a II, Hněvkovice a nádrže Slapy plavební komory. Na nádrži Orlík je vybudován jediný šikmý lodní výtah v povodí Labe (viz kap. 4.8.2 a obr. 3.3-3), který je v provozu od roku 1962. O dokončení druhého většího lodního výtahu stejného typu nebylo dosud rozhodnuto.

Tab. 4.2-5: Přehled nádrží Vltavské kaskády

Poř. čís.	Název nádrže	Řiční km	Rok zahájení provozu	Ovladatelný objem [mil. m ³]		Zatopená plocha [km ²]	Délka vzdutí [km]	Typ a výkon pohyblivých vzdouvacích objektů na bezpečnostních přelivech				Maximální výkon elektrárny [MW]
				Celkem	z toho ochranný objem			Typ	Hrazená výška [m]	Šířka [m]	Výkon [m ³ .s ⁻¹]	
1.	Lipno I	329,54	1960	309,50	33,16	48,7	38,0	klapkový jez	2,35	2 x 10	2 x 79 158	120 - špičková elektrárna (podzemní elektrárna)
2.	Lipno II	319,11	1960	1,66	—	0,5	2,5	klapkový jez	2,85	2 x 10	2 x 102 204	1,5 - průtočná elektrárna
3.	Hněvkovice	210,39	1991	21,10	—	3,1	14,9	segmentový jez	7,00	3 x 12	3 x 337 1.011	9,4 - průtočná elektrárna
4.	Kořensko	200,41	1991	(2,80)	—		(10,0) ¹⁾ - po nádrž Hněvkovice	klapkový jez	4,80	4 x 20		3,8 - průtočná elektrárna
5.	Orlík	144,65	1963	716,50	62,07	27,3	65,7 - po nádrž Hněvkovice 7 km do Lužnice 22 km do Otavy	segmentový jez	8,00	3 x 15	3 x 728 2.184	364 - špičková elektrárna
6.	Kamýk	134,73	1963	12,98	—	2,0	10,0 - po nádrž Orlík	segmentový jez	5,50	4 x 18	4 x 500 2.000	40 - průtočná elektrárna
7.	Slapy	91,69	1957	269,30	—	13,9	43,0 - po nádrž Kamýk	segmentový jez	8,00	4 x 15	4 x 750 3.000	144 - špičková elektrárna
8.	Štěchovice	84,32	1945	10,44	—	1,1	7,3 - po nádrž Slapy	stavidlový jez	5,20	5 x 20	5 x 480 2.400	22,5 - průtočná elektrárna 45 - přečerpávací elektrárna bezprostředně pod nádrží
9.	Vrané	71,33	1935	11,10	—	2,5	13,1 - po nádrž Štěchovice 3 km do Sázavy	stavidlový jez	9,70	4 x 20	4 x 700 2.800	13,8 - průtočná elektrárna
	Celkem			1 352,58	95,23	99,1	194,5 na Vltavě 32 na přítocích					719,0 - špičkové a průtočné elektrárny 45,0 - přečerpávací elektrárny

1) Při plné hladině ovladatelného prostoru nádrže Orlík je nádrž Kořensko zatopena. Ovladatelný objem a délka vzdutí jsou obsaženy v údajích o nádrži Orlík.

4.2.2 Lužnice

Lužnice pramení na rakouském území v Novohradských horách na jihozápadním úbočí hory Tischberg (1 063 m n. m.) v nadmořské výšce 990 m pod jménem Lainsitz. Je dlouhá 198,2 km a má povodí o rozloze 4 226 km², z toho 709 km² v Rakousku. Na prvních 50 km toku s průměrným sklonem 10,5 ‰ teče nejdříve 43,5 km na území Rakouska, pak 4,7 km na území České republiky a v délce 1,8 km mezi Gmündem (6 000 obyvatel) a Českými Velenicemi vytváří rakousko-českou hranici. Na českém území protéká pod názvem Lužnice až do soutoku s Vltavou dalších 148,2 km.

Na rakouském území je jejím největším přítokem **Skřemelice/Braunaubach** (293 km²), která se do Lužnice vlévá v Gmündu.

Po opuštění rakouského území, přitéká Lužnice do široké Třeboňské pánve a teče jako nížinná řeka v délce 109,6 km do Tábora s průměrným sklonem 0,74 ‰.

Na tomto říčním úseku se nachází **Třeboňská rybníční soustava**. Tato dnes největší evropská rybníční soustava (tab.4.2-6) zahrnuje 465 rybníků s celkovou vodní plochou 74,5 km² a přispívá zároveň k typickému charakteru jihočeské krajiny. Ročně se zde produkuje na 3 000 t tržních ryb (převážně kaprů).

Tab. 4.2-6: Největší rybníční soustavy v povodí Labe

Název rybníční soustavy	Povodí	Počet rybníků	Plocha hladiny [km ²]	Produkce tržních ryb [t/rok]
Třeboň	Lužnice	465	74,5	3 000
Oberlausitzer Teichgebiet	Spréva a Černý Halštov	1 000	55,0	2 000
Hluboká	Vltava	190	26,6	1 300
Blatná	Lomnice/Otava	—	16,0	800
Peitz	Spréva	32	8,4	400
Tábor	Lužnice	—	—	390
Lewitzer Teichwirtschaft	Elde	39	7,5	350
Moritzburger Teichgebiet	Černý Halštov	23	3,5	150

Rybníční soustava byla vybudována převážně v 16. století (obr. 4.2-13). První rybníky pocházejí ze 14. století. V roce 1450 zde existovalo již 20 rybníků s plochou 7,1 km². Největší rybníky jsou uvedeny v tab. 4.2-7. Největším českým rybníkem s plochou 9,9 km² je rybník Rožmberk z roku 1590 (obr. 4.2-14).

Během povodně v srpnu 2002 bylo v ovladatelném a neovladatelném retenčním prostoru Třeboňské rybníční soustavy zadrženo 148 mil. m³ vody, z toho připadlo 99 mil. m³ na 14 rybníků s plochou hladiny nad 1 km².

Umělý kanál **Zlatá stoka** napájí 64 rybníků o ploše 27 km². Zlatá stoka je 47,9 km dlouhá a má kapacitu 2 až 3 m³.s⁻¹. V plné délce byla uvedena do provozu v roce 1520, dílčí úseky byly založeny již v roce 1327. Přibližně 12 km na jihovýchod od Třeboně odbočuje z Lužnice (obr. 4.2-13 a 4.2-15), kam se však opět vrací nad ústím **Nežárky** (999 km²).

Svého času byl tento 2 až 4 m široký a 1,5 m hluboký kanál mistrovským vodohospodářským dílem. Byl prvním významným umělým kanálem v Čechách.

13,5 km dlouhý a 5 až 10 m široký kanál, zvaný **Nová řeka**, byl vybudován zároveň se stavbou sypané hráze rybní-

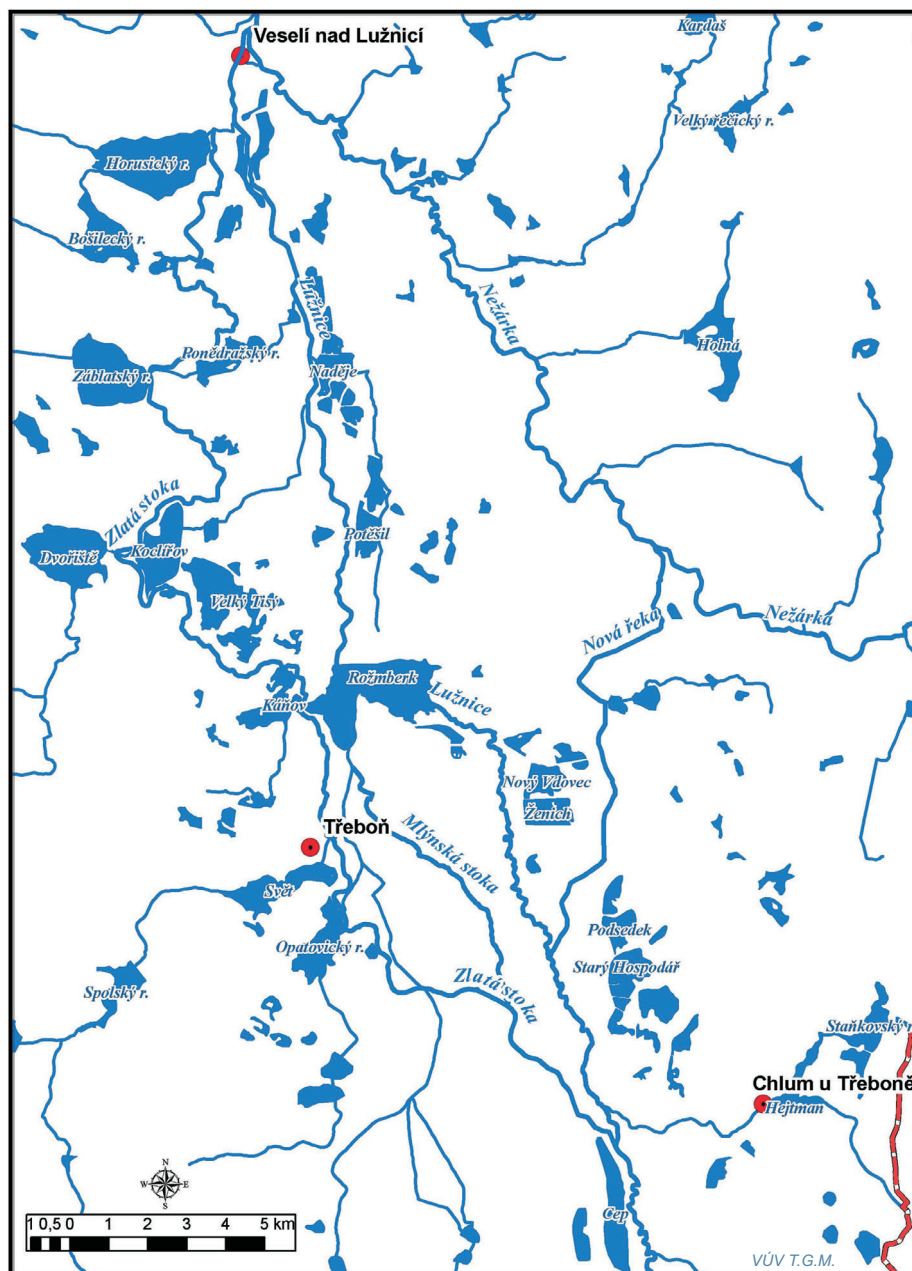
ka Rožmberk v letech 1584 - 1585. Úkolem Nové řeky bylo, a je tomu tak až dodnes, odvádět při povodních část vody z Lužnice (do 60 m³.s⁻¹) do Nežárky (obr. 4.2-13). Kromě toho napájí Nová řeka řadu rybníků.

Tab. 4.2-7: Významné rybníky Třeboňské rybníční soustavy

Název rybníka	Plocha hladiny [km ²]	Ovladatelný objem [mil. m ³]	Maximální hloubka vody [m]
Rožmberk	9,90	15,30	6,9
Horusický	4,38	3,97	7,1
Dvořiště	3,74	9,30	5,3
Velký Tisý	3,14	5,10	3,5
Záblatský	3,10	3,35	5,3
Staňkovský	2,72	7,40	10,2
Velká Holná	2,44	4,40	7,2
Svět	2,15	3,33	6,3
Koclířov	2,03	4,90	3,3
Bošilecký	2,01	1,81	3,2



Obr. 4.2-14: Hráz rybníka Rožmberk (2,4 km) na Lužnici u Třeboně



Obr. 4.2-13: Schéma Třeboňské rybniční soustavy v povodí Lužnice

U Tábora (ř. km 38,6) leží nádrž Jordan s ovladatelným objemem 3,00 mil. m³ (obr. 4.2-16), která byla vybudována již v roce 1492. Tato nádrž sloužila k zásobování Tábora (36 000 obyvatel) pitnou vodou, kam se voda přečerpávala původním zařízením do výšky přes 32 m.



Obr. 4.2-16: Vodní nádrž Jordan (hráz včetně komunikace a v pozadí bezpečnostní přeliv)

Sypaná 20 m vysoká zemní hráz byla svého času nejvyšší hrází v Evropě. S výjimkou římských nádrží z 1. a 2. století v jižní Evropě (Španělsko, Portugalsko a jižní Francie) je nádrž Jordan nejstarší vodárenskou nádrží v Evropě. Pokud jde o kombinaci výšky a účelu, neměla tato nádrž svého času obdoby. K zásobování Tábora pitnou vodou slouží Jordan až do dnešních dnů.



Obr. 4.2-15: Jez na Lužnici odvádějící vodu do Zlaté stoky

Pod Táborem protéká Lužnice úzkým skalnatým údolím se sklonem 0,91 ‰ a v říčním km 202,6 se vlévá do Vltavy v oblasti nádrže Kořensko (obr. 4.2-17). Při plné hladině nádrže Orlik je nádrž Kořensko zatopená, čímž vzniká v délce 7,0 km zpětné vzdutí do Lužnice.



Obr. 4.2-17: Ústí Lužnice (vpravo) do vzduté Vltavy

4.2.3 Otava

Otava s plochou povodí 3 839 km², z toho 11,2 km² v Německu, vzniká soutokem vodních toků **Vydry** a **Křemelné**, které pramení na pláních Šumavy. Pramen Vydry, nazývané na horním toku také Modravský potok, leží v blízkosti německo-české hranice, přibližně 1 km západně od Luzného (1 371 m n. m.) ve výšce 1 215 m n. m.

Po soutok s Křemelnou, na 19,5 km, dosahuje průměrný sklon Vydry přes 30 ‰. Velké balvany a peřejnatý charakter toku Vydry s prudkým sklonem, který byl pro voroplavbu nevhodný, vedly ke stavbě 14,5 km dlouhého Vchynicko-tetovského plavebního kanálu (1789 - 1801) z horního toku Vydry do Křemelné. Kanál sloužil ke splavování velkých kmenů ze Šumavy až do roku 1952. Dnes se využívá k přívodu vody do nádrže Vydra (ovladatelný objem 67 000 m³) se špičkovou vodní elektrárnou (6,4 MW), uvedené do provozu v roce 1939.

Pod elektrárnou se nachází Čeňkova pila, která byla v roce 1912 přestavěna na elektrárnu o výkonu 96 kW. Elektrárna je funkční dodnes a je vedena jako národní technická památka (obr. 4.2-18).

Od ústí Křemelné po soutok s Vltavou měří tok Otavy 112,9 km, spolu s tokem Vydry 132,4 km. V severozápadní části Českobudějovické pánve, mezi Strakonícemi (24 000 obyvatel) a Pískem (30 000 obyvatel), dosahuje průměrný sklon toku jen 1,7 ‰. Ve Středočeské pahorkatině pod Pískem se sklon toku zvyšuje na 2,0 ‰.

Raně gotický kamenný most přes Otavu v Písku, pocházející z konce 13. století, je nejstarším dochovaným kamenným mostem v Čechách. Na sever od Alp je starší již jen kamenný most přes Dunaj v Řezně (Regensburg), který byl postaven v letech 1135 - 1146. Při povodních v srpnu 2002 byl most zaplaven a poškozen, ovšem již v roce 2003 byl opraven (obr. 4.2-19).



Obr. 4.2-18: Dřevěný 105 m dlouhý přívodní kanál k elektrárně Čeňkova pila



Obr. 4.2-19: Historický kamenný most přes Otavu v Písku

Na své pouti po soutok s Vltavou přibírá Otava řadu přítoků. Ze Šumavy přitéká **Volyňka** (427 km²), která pramení v nadmořské výšce 1 115 m, a **Blanice** (860 km²), jejíž pramen leží ve výšce 972 m n. m.

Na Blanici byla zřízena vodárenská nádrž Husinec, která je největší vodní nádrž v povodí Otavy. Má ovladatelný objem 5,64 mil. m³, z toho 2,82 mil. m³ je vyhrazeno jako ochranný objem. **Lomnice** (831 km²) a její přítok **Skalice** (376 km²) pramení ve středočeských Brdech. Lomnice se vlévá do Otavy v úseku nádrže Orlík, kde se při plné hladině Vltava zpětně vzdouvá v délce 19,4 km do Otavy. Ústí Otavy je v říčním km 169,2 pod hradem Zvíkov (obr. 4.2-20).



Obr. 4.2-20: Soutok Otavy (vlevo) s Vltavou v úseku zpětného vzduť nádrže Orlík s pohledem na hrad Zvíkov

4.2.4 Sázava

Pramen Sázavy (4 349 km²) leží jihozápadně od Kamenného vrchu (802 m n. m.) ve Žďárských vrších na severu Českomoravské vrchoviny ve výšce 724 m n. m. Sázava měří 224,6 km a má charakter hluboce zaříznuté horské řeky s řadou ostrých zákrut, zejména na středním toku. Nad Žďárem nad Sázavou (24 000 obyvatel) má Sázava sklon 9,1 ‰, který na 60 km dlouhém úseku po Havlíčkův Brod (25 000 obyvatel) klesá až na 3,0 ‰. Na středním toku v délce 128 km dosahuje sklon pouze 1,1 ‰, ovšem na posledních 20 km před ústím do Vltavy se zvyšuje opět na 2,9 ‰.

Největšími přítoky jsou **Želivka** (1 189 km²) a **Blanice** (544 km²), které Sázava přibírá na středním toku.

Sázava ústí do Vltavy v říčním km 78,3 v úseku vzdutí nádrže Vrané, které zasahuje do údolí Sázavy v délce až 3,0 km.

Ze 6 vodních nádrží v povodí Sázavy s ovladatelným objemem 276,88 mil. m³ má největší objem nádrž Švihov (266,60 mil. m³) na Želivce (obr. 4.2-21). Byla uvedena do provozu v roce 1975 a slouží jako zdroj pitné vody pro hlavní město Prahu a oblasti středních, východních a jižních Čech.

Švihov je největší vodárenská nádrž v povodí Labe (tab. 4.2-8). Úpravná pitné vody Želivka byla uvedena do provozu již v květnu 1972. Původní kapacita odběrů 3 m³.s⁻¹ byla v průběhu 20 let zvýšena na 5,2 m³.s⁻¹ surové vody, v případě potřeby lze toto množství zvýšit až na 7 m³.s⁻¹. Svou kapacitou je tato úpravná jednou z největších v Evropě. V ročním průměru byly dodávky pitné vody během 30 let od zahájení provozu 3,5 m³.s⁻¹ (110 mil. m³ za rok). O toto množství vo-

dy je ochuzeno povodí Sázavy, jelikož hlavní část pitné vody přitéká do Prahy 51,9 km dlouhou štolou. Zde je zásobeno pitnou vodou z nádrže kolem 750 000 obyvatel, což představuje 64 % celkové potřeby pitné vody pro Prahu. Zbývající množství pitné vody pochází z oblasti v blízkosti ústí Jizery do Labe (45 mil. m³ za rok, tj. 26 % – viz kap. 4.1.4) a z vodárny v Praze-Podolí, kde se odebírá 19 mil. m³ za rok (10 %) surové vody přímo z Vltavy.



Obr. 4.2-21: Vodárenská nádrž Švihov na Želivce

Tab. 4.2-8: Největší vodárenské nádrže v povodí Labe

Název vodní nádrže	Ovladatelný objem [mil. m ³]	Stát
Švihov	266,60	ČR
Rappbode	109,08	SRN
Eibenstock	74,65	SRN
Přísečnice	50,43	ČR
Římov	33,64	ČR
Zeulenroda	30,42	SRN
Stanovice	24,22	ČR
Saidenbach	22,38	SRN
Lehnmühle	21,92	SRN
Josefův Důl	20,76	ČR

4.2.5 Berounka

Berounka je plochou povodí 8 855 km² největším přítokem Vltavy. Vzniká po soutoku obou zdrojových řek Mže a Radbuzy. Hlavní zdrojnicí Berounky je **Mže** (1 824 km², z toho 29,2 km² v Německu), která pramení v Českém lese na severozápadním svahu Oltáře (710 m n. m.) v nadmořské výšce 700 m, poté teče na úseku 2,0 km na německém území, v délce 0,9 km vytváří společnou státní hranici a po dalších 104,5 km přibírá v Plzni (164 000 obyvatel) Radbuзу. Tok Mže tedy měří celkem 107,4 km.

Mže protéká nejdříve hlubokým strmým romantickým údolím s průměrným sklonem 17 ‰, který se na trase do Plzeňské pánve snižuje na 1,4 ‰.

Radbuza (2 179 km²) pramení v Českém lese v nadmořské výšce 720 m. Na území města Plzně přibírá svůj největší přítok **Úhlavu** (919 km², z toho 6,7 km² v Německu), která pramení na Šumavě v nadmořské výšce 1 110 m.

Berounka je dlouhá 138,8 km a spolu se svou zdrojnicí Mží měří 246,2 km. Bezprostředně po soutoku Mže a Radbuzy přibírá **Úslavu** (757 km²) a protéká hluboko zaříznutým údolím s řadou ostrých zákrut severovýchodním směrem. Největším přítokem na tomto úseku je **Střela** (923 km²). Berounka se poté stáčí na jihovýchod, protéká několika úseky se strmými vápencovými skalami (obr. 4.2-22) a pod Karlštejnem (25 km nad ústím Berounky do Vltavy) se velkým obloukem obrací na severovýchod a v říčním km 63,7 se vlévá do Vltavy (obr. 4.2-23). Největší přítok na tomto úseku je **Litavka** (629 km²). Průměrný sklon Berounky z Plzně po ústí činí pouze 0,79 ‰.

Nad obcí Karlštejn se vypíná stejnojmenný hrad (obr. 4.2-24), jehož stavba byla ukončena v roce 1367. Hrad sloužil jako císařské sídlo a pevnost na ochranu korunovačních klenotů. Karlštejn dnes patří k nejnavštěvovanějším hradům v Čechách.

V povodí Berounky je 17 vodních nádrží s ovladatelným ob-



Obr. 4.2-22: Pohled do údolí Berounky ze skály u Tetína



Obr. 4.2-23: Ústí Berounky (vpravo) do Vltavy při povodni 14. 8. 2002

jemem nad 0,3 mil. m³. Jejich celkový ovladatelný objem představuje 103,51 mil. m³, z toho připadá 7,08 mil. m³ na ochranný objem. Mezi největší vodní nádrže patří Hracholusky na Mži s ovladatelným objemem 41,90 mil. m³, z toho 2,41 mil. m³ ochranného objemu (obr. 4.2-25), Nýrsko na Úhlavě s ovladatelným objemem 18,95 mil. m³ a Žlutice na Stře s ovladatelným objemem 12,80 mil. m³. Zatímco nádrž Hracholusky slouží k odběru vody pro průmysl a energetiku, jsou nádrže Nýrsko a Žlutice využívány pro vodárenské účely.

Nejstarší přečerpávací elektrárna v české části povodí Labe se nachází na Šumavě na Černém jezeře v blízkosti pramenů Úhlavy nad nádrží Nýrsko. Elektrárna o výkonu 1,5 MW byla uvedena do provozu v roce 1930 a je stále funkční, včetně původně instalovaného technického vybavení. Systém využívá výškového rozdílu 275 m mezi přirozenou zá-

sobárnou vody Černého jezera, ležícího v nadmořské výšce 1 008 m, a vyrovnávací nádrží na Úhlavě (obr. 4.2-26).



Obr. 4.2-24: Hrad Karlštejn

Po přečerpávací elektrárně Niederwartha u Drážďan (zahájení provozu v roce 1929) je přečerpávací elektrárna Černé jezero druhým nejstarším zařízením tohoto typu v povodí Labe (viz kap. 4.7.2).



Obr. 4.2-25: Vodní nádrž Hracholusky s elektrárnou a šachtovým přelivem



Obr. 4.2-26: Elektrárna a vyrovnávací nádrž přečerpávací elektrárny Černé jezero

4.2.6 Vltava od soutoku s Beroukou po soutok s Labem

Krátce po soutoku s Beroukou vstupuje Vltava do Prahy (1,17 mil. obyvatel). Pevné jezy ze 14. století, které byly zřízeny převážně k zabezpečení provozu mlýnů a byly vybaveny vorovými propustmi, byly postupně zrekonstruovány a vybaveny plavebními komorami. Na Šítkovském jezu jsou plavební komory umístěny dokonce na obou březích (obr. 4.2-27).



Obr. 4.2-27: Šítkovský jez s vorovou propustí, plavební komorou a středověkou vodárenskou věží Mánes v pozadí

Řada věží, dochovaných na Vltavě až do dnešní doby, sloužila ve středověku jako vodárenské věže. První vodojem byl v provozu od roku 1425, stavba věže Mánes byla dokončena v roce 1495.

Na výjezdu z levé plavební komory na Smíchově stojí sloup s pěti ženskými postavami, symbolizujícími Vltavu (horní socha) a její čtyři hlavní přítoky – Lužnici, Otavu, Sázavu a Berouku (obr. 4.2-28).

Na celém světě je známé panoráma Vltavy s pohledem na Karlův most a Pražský hrad, Hradčany (obr. 4.2-29). Vzdušná Vltava patří neodlučně ke známému a turisticky oblíbenému rázu města.



Obr. 4.2-28: Sloup s ženskými postavami, symbolizujícími Vltavu a její přítoky

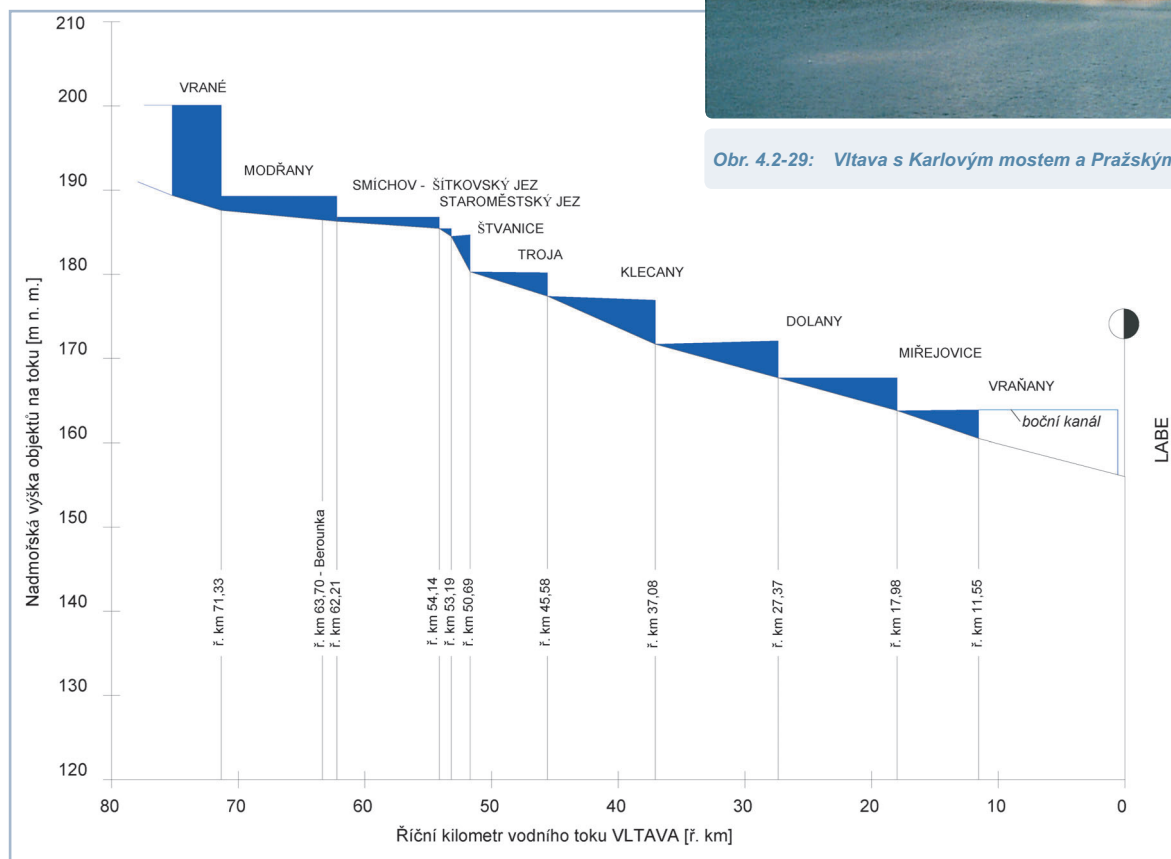
Od ústí Berounky po soutok s Labem má Vltava na 63,7 km toku při průměrném sklonu 0,58 ‰ celkem 9 jezů s plavebními komorami (obr. 4.2-30 a tab. 4.2-9). Plavební stupně pod Prahou byly vybudovány na přelomu 19. a 20. století namísto původních starých pevných jezů, a tvoří Vltavskou vodní cestu z Prahy do Mělníka, navazující na Labskou vodní cestu. V 70. a 80. letech 20. století byly rekonstruovány všechny jezy a plavební komory a byly vybaveny moderním uzavíracím zařízením a zároveň zde byly instalovány vodní elektrárny (obr. 4.2-31).

Hrazená výška byla zvýšena o 0,5 m, aby tak na úseku Vltavy z Prahy k ústí do Labe byl zabezpečen ponor 1,8 m. Nejvýše

položené zdymadlo v Praze-Modřanech bylo uvedeno do provozu v roce 1988.

Nad ústím Vltavy do Labe začíná jezem Vraňany 9,1 km dlouhý boční kanál, ukončený plavební komorou s výškou zdvihu 8,5 m do Labe.

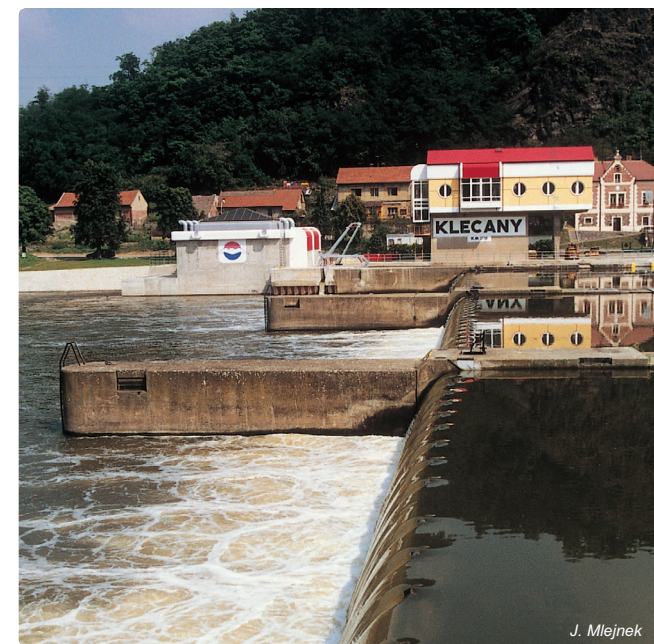
Pod Prahou protéká Vltava nejdříve úzkým údolím Pražské plošiny (obr. 4.2-32), odkud vstupuje do široké Polabské nížiny a po dalších 24 km se vlévá do Labe (obr. 4.2-33).



Obr. 4.2-30: Podélný profil Vltavy od Prahy po ústí do Labe



Obr. 4.2-29: Vltava s Karlovým mostem a Pražským hradem



Obr. 4.2-31: Rekonstruovaný jez na Vltavě u Klecan

Tab. 4.2-9: Přehled jezových objektů a zdymadel v úseku Vltavy od Prahy po ústí do Labe

Poř. čís.	Název vzdouvacího objektu	Řiční km	Rok zahájení provozu nového jezu	Spád hladin horní a dolní vody [m]	Objem [mil. m ³]	Délka zdrže [km]	Vzdouvací objekt		Výkon vodní elektrárny [MW]
							Typ vzdouvacího objektu	Počet a šířka jezových otvorů [m]	
1.	Modřany	62,21	1978	2,50	1,73	9,00 Vltava 2,10 Berounka	klapkový jez	3 x 27	1,5
2.	Smíchov Šítkovský jez	54,14	1959	1,36	2,28	2,91	pevný jez	1 x 280	—
3.	Smíchov Staroměstský jez	53,19	1970	0,94	0,61	0,95	pevný jez	1 x 317	—
4.	Štvanice	50,69	1989	4,40	1,68	2,13	klapkový jez a pevný jez	1 x 165 1 x 12 2 x 27 1 x 3,60	5,67
5.	Troja	45,58	1979	3,00	2,81	4,65	klapkový jez	1 x 28 2 x 39	1,34
6.	Klecany	37,08	1983	3,30	2,41	6,5	klapkový jez	1 x 40 2 x 39	0,96
7.	Dolany	27,37	1987	4,40	4,31	9,64	klapkový jez	1 x 20 2 x 43	5,0
8.	Mířejovice	17,98	1933	3,90	3,07	9,24	válcový jez a stavidlový jez	1 x 19 2 x 26 2 x 27	3,5
9.	Vraňany	11,55	1984	3,40	2,09	6,51	klapkový jez	1 x 38 1 x 19 1 x 39	—



Obr. 4.2-32: Vltava u Sedlce pod Prahou



Obr. 4.2-33: Soutok Labe (vlevo) s Vltavou (uprostřed) a ústí bočního kanálu u Mělníka

*Chceš-li se dostat k prameni,
musíš plavat proti proudu.
(Stanislaw Jerzy Lec)*

Ohře měří od pramene ve Smrčinách po soutok s Labem u Litoměřic ve zdrži zdymadla Lovosice (143,6 m n. m.) 304,6 km, z toho 51,0 km připadá na Německo. Výškový rozdíl mezi pramenem a ústím do Labe činí 608 m. Z celkové plochy 5 614 km² je 1 003 km² v Německu (obr. 2.2-2). Jedná se o povodí horního toku Ohře (916 km²) a horních úseků několika jejích přítoků (87 km²).

Téměř celé povodí Ohře (96 %) se rozkládá v pahorkatinách, vrchovinách a podhůří, pouze 4 % s nadmořskou výškou pod 200 m je v nížinách. Nejvyššími vrcholy jsou Schneeberg (1 053 m n. m.) ve Smrčinách, Klínovec (1 244 m n. m.) v Krušných horách, Lesný (983 m n. m.) ve Slavkovském lese a Hradiště (934 m n. m.) v Doupovských horách.

Smrčiny leží mezi Českým, Franským a Halštrovským lesem. Od Smrčin směřuje Ohře na východ do Chebské pánve a dále protéká Sokolovskou pávní, která je na severu ohraničena Krušnými horami, a na jihu Slavkovským lesem a Tepelskou vrchovinou. Pod Karlovými Vary Ohře protéká mezi Krušnými

a Doupovskými horami a u Žatce vtéká do Žatecké pánve. Od Loun následuje široká nížina v podhůří Českého středohoří, která patří k nejúrodnějším oblastem v Čechách, a u Litoměřic (ř. km 65,0) se Ohře po pravoúhlém oblouku vlévá z levé strany do Labe (obr. 4.3-1).

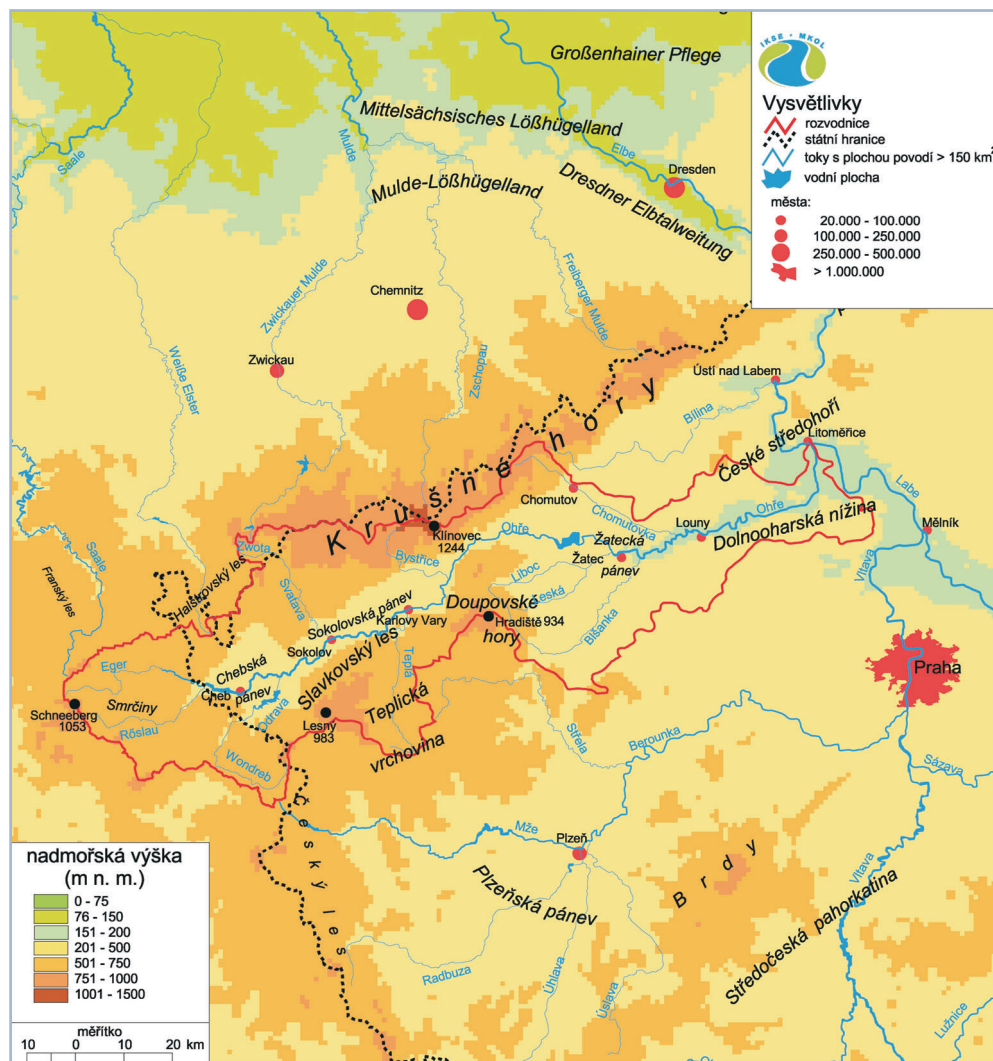
Průměrné teploty vzduchu se pohybují ve vysokých partiích Krušných hor a Smrčin kolem 3 °C a v nížině u Loun dosahuje průměrná teplota 8,7 °C. Nejchladnější je vrchol Klínovce s průměrnou roční teplotou 2,6 °C.

Uvnitř kopcovité části Smrčin, obehnané horami ve tvaru podkovy otevřené směrem na severovýchod, se vyskytují roky, které mají až 200 mrazových dní, kdy nejnižší teplota vzduchu v průběhu dne klesne pod 0 °C. Tato skutečnost přinesla Smrčinám i přívlastek „Bavorská Sibiř“.

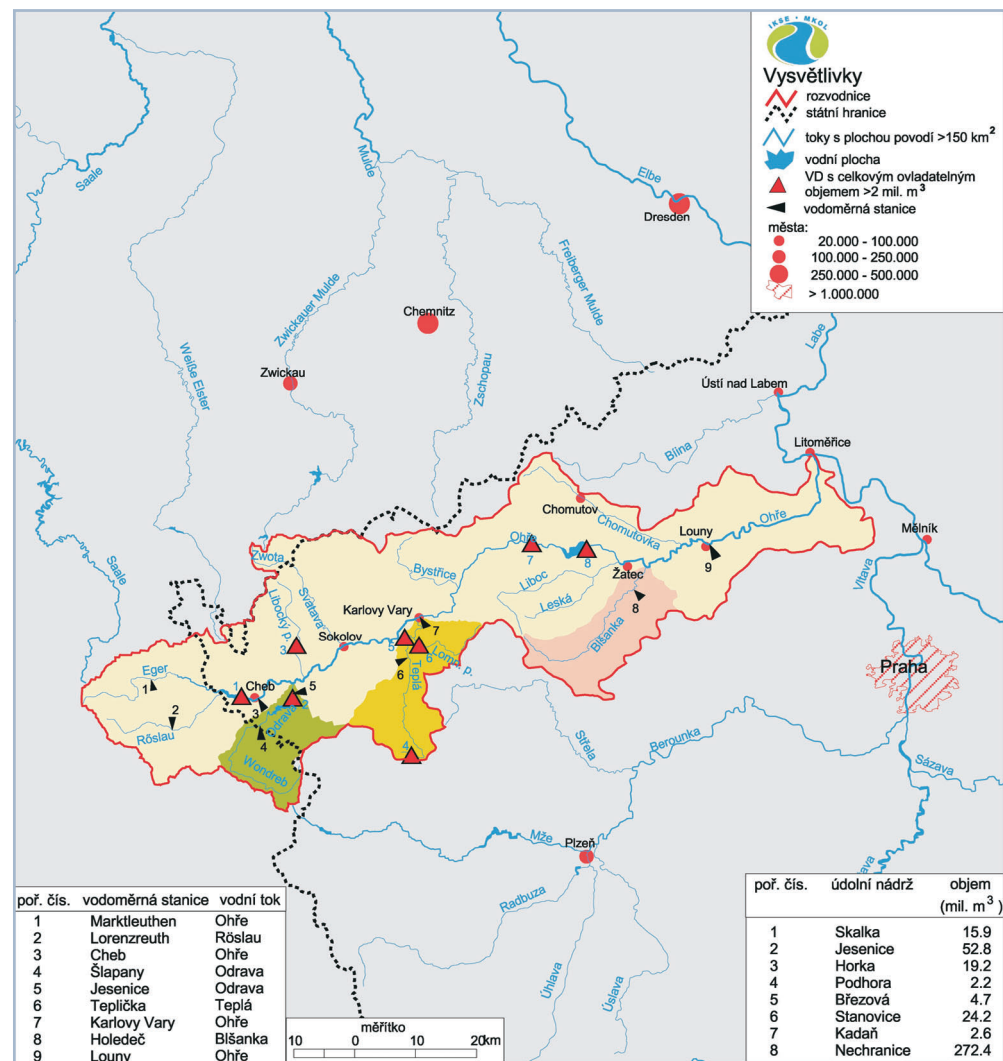
Průměrné roční úhrny srážek na povodí Ohře činí 667 mm. Ve vyšších partiích Smrčin a Krušných hor se pohybují v rozmezí 1 000 až 1 200 mm. Nejnižší hodnoty se vyskytují v Žatecké

pánvi ve srážkovém stínu Krušných hor. Průměrnými ročními srážkami 450 mm (stanice Žatec 448 mm) patří Žatecký region k nejsušším oblastem v celém povodí Labe.

K charakterizaci odtokové situace jsou v tab. 4.3-1 a 4.3-2 uvedeny hydrologické charakteristiky 4 vodoměrných stanic na Ohři a 5 stanic na přítocích a v grafech na obr. 4.3-3 je znázorněn roční průběh průtoků. Umístění těchto stanic je vyznačeno na obr. 4.3-2.



Obr. 4.3-1: Topografická mapa povodí Ohře

Obr. 4.3-2: Hydrografická mapa povodí Ohře s dílčími povodími nad 400 km²

Tab. 4.3-1: Základní hydrologické charakteristiky průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Ohře
(Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.3-2.)

Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Říční km	Plocha povodí (A)	Dlouhodobý průměrný průtok (Q_a)	Dlouhodobý průměrný minimální průtok (Q_{min})	Dlouhodobý průměrný maximální průtok (Q_{max})	Období
			[km]	[km ²]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	
1.	Ohře	Marktleuthen	266,0	114	1,78	0,445	20,4	1937 – 2000 (bez roku 1950)
2.	Reslava	Lorenzreuth	20,4 ²⁾	122	1,79	0,461	22,3	1966 – 2000
3.	Ohře	Cheb	239,7	683	6,96	1,50	46,1	1965 – 2000
4.	Odrava	Šlapany	16,9 ²⁾	265	2,05	0,680	23,2	1975 – 2000
5.		Jesenice ¹⁾	2,8 ²⁾	407	2,65	0,492	12,4	1973 – 2000
6.	Teplá	Teplička	17,1 ²⁾	278	2,50	0,310	42,7	1931 – 2000
7.	Ohře	Karlovy Vary	174,4	2 856	26,6	6,82	181	1959 – 2000
8.	Blšanka	Holedeč	7,8 ²⁾	375	0,797	0,192	9,80	1969 – 2000
9.	Ohře	Louny	54,3	4 983	36,7	9,24	226	1931 – 2000

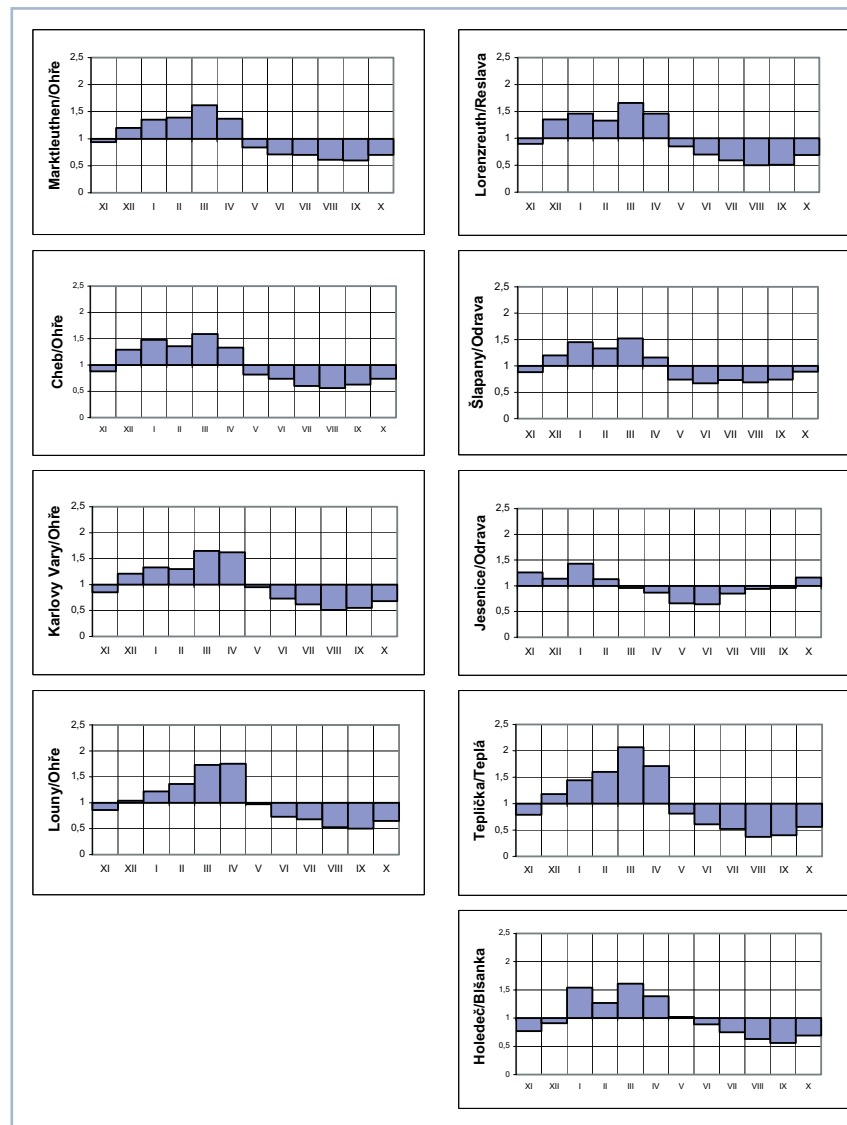
1) ovlivněno manipulacemi na vodním díle

2) říční km nad soutokem s Ohří

Tab. 4.3-2: Charakteristika hydrologického režimu ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Ohře
(Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.3-2.)

Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Průměrný specifický odtok [l.s ⁻¹ .km ⁻²]	Dlouhodobý průměrný průtok				$\bar{Q}_{\min} : Q_a$	$Q_a : \bar{Q}_{\max}$
				Zimní hydrologické pololetí		Letní hydrologické pololetí			
				[m ³ .s ⁻¹]	[%]	[m ³ .s ⁻¹]	[%]		
1.	Ohře	Marktleuthen	15,6	2,33	65	1,23	35	1 : 4,0	1 : 11,5
2.	Reslava	Lorenzreuth	14,7	2,44	68	1,15	32	1 : 3,9	1 : 12,5
3.	Ohře	Cheb	10,2	9,22	66	4,75	34	1 : 4,6	1 : 6,6
4.	Odrava	Šlapany	7,7	2,58	63	1,52	37	1 : 3,0	1 : 11,3
5.		Jesenice ¹⁾	6,5	3,00	57	2,30	43	1 : 5,4	1 : 4,7
6.	Teplá	Teplička	9,0	3,66	73	1,36	27	1 : 8,1	1 : 17,1
7.	Ohře	Karlovy Vary	9,3	35,3	66	17,9	34	1 : 3,9	1 : 6,8
8.	Blšanka	Holedeč	2,1	0,996	62	0,600	38	1 : 4,2	1 : 12,3
9.	Ohře	Louny	7,4	48,7	67	24,8	33	1 : 4,0	1 : 6,2

1) ovlivněno manipulacemi na vodním díle



Obr. 4.3-3: Roční průběh průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Ohře, vyjádřený jako podíl dlouhodobých měsíčních a ročních průměrů ($Q_{měsíc}/Q_a$)

Na základě výše uvedených dat v tabulkách a na *obr. 4.3-3* lze průtokové poměry charakterizovat následovně:

■ V horní části povodí, která se vyznačuje bohatými srážkami, přesahují průměrné specifické odtoky $14 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^2$. Na levostranných přítocích Ohře, pramenících na hřebenech západní části Krušných hor, dosahují dokonce $20 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^2$. Vlivem těchto vysokých odtoků zůstávají průměrné specifické odtoky na poměrně vysoké úrovni i v úseku od Chebu ($10,2 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^2$) přes Karlovy Vary (9,3) až po Louny (7,4). Pravostranné přítoky Ohře jsou charakterizovány výrazně menšími průměrnými specifickými odtoky, které se pohybují v rozmezí 6 až $9 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^2$. Pro suché oblasti Žatecké pánve a nížiny je charakteristický průměrný specifický odtok pouhých $2,1 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^2$ (ve stanici Holedeč).

■ S výjimkou stanic Jesenice a Teplička činí průměrné odtoky v zimním hydrologickém pololetí 62 až 68 % dlouhodobých průměrných ročních odtoků. Průběh průtoků během roku ukazuje, že dlouhodobé průměrné měsíční průtoky od prosince zpravidla přesahují dlouhodobý průměr a v březnu jsou největší. Od května klesají pod dlouhodobý průměrný roční průtok a v srpnu/září dosahují minima (*obr. 4.3-3*). U většiny vodoměrných stanic je nápadný poměrně malý průtok v únoru, což je následkem nízkých únorových srážek. Průběh průtoků během roku ve stanicích Karlovy Vary a Louny je značně ovlivňován manipulací na vodních dílech. Navíc se od 70. let minulého století převádí voda z Ohře do povodí Bíliny, což je spojeno se zmenšením průtoků ve stanici Louny. Větší vliv na průtoky na Ohři pak nastane v době realizace tzv. rekultivace vyuhlených dolů hydrickou cestou - vytváření nových jezer. Zcela jiný charakter průběhu průtoků během roku ve stanici Jesenice je způsoben přehradou se stejným názvem, která se nachází bezprostředně nad uvedenou stanicí, a proto zde odtok v zimním hydrologickém pololetí činí pouhých 57 % dlouhodobého průměrného ročního odtoku. Mimořádným jevem je velká amplituda v průběhu průtoků ve stanici Teplička a vysoký podíl odtoku v zimním hydrologickém pololetí, který dosahuje 73 % dlouhodobého průměrného ročního odtoku. Zřejmě je retenční schopnost Tepelské vrchoviny extrémně malá.

■ Specifický hydrologický režim řeky Teplá se také projevuje v extrémních poměrech $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ (1 : 8,1) a $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ (1 : 17,1). V ostatních vodoměrných stanicích činí poměr $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ 1 : 3 až 1 : 5. Ve stanicích neovlivněných nádržemi lze zaznamenat velmi podobné poměry $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ v rozmezí 1 : 11,3 až 1 : 12,5. V ovlivněných stanicích na Ohři činí tento poměr 1 : 6,2 až 1 : 6,8, ve stanici Jesenice na Odřavě klesá poměr $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ dokonce na 1 : 4,7.

Hydrologický režim Ohře je značně ovlivňován níže uvedenými lidskými zásahy:

■ celkem 13 údolních nádrží s ovladatelným objemem nad $0,3 \text{ mil. m}^3$, jejichž celkový ovladatelný objem představuje $399,8 \text{ mil. m}^3$, z toho ochranný objem $70,1 \text{ mil. m}^3$. Dvě z těchto údolních nádrží o objemu $2,2 \text{ mil. m}^3$ leží v povodí horního toku Ohře v Německu a tři přímo na Ohři.

■ 60 jezů na Ohři, z toho 24 v Německu a 36 na českém území.

■ velkoplošné snížení hladiny podzemní vody, rozsáhlé přeložky koryt vodních toků a protipovodňová opatření v důsledku otevírání a provozu povrchové těžby hnědého uhlí na Sokolovsku a v Severočeské pánvi;

■ převody užitkové a pitné vody do povodí Bíliny;

■ narušování vodního režimu v Krušných horách následkem velkoplošného úhynu lesů vyvolaného emisemi tepelných elektráren a průmyslových podniků;

Hydrotechnické projekty, které byly v Severočeské pánvi realizovány v zájmu těžby a průmyslu, a jejich dopady na hydrologický režim jsou komplexně popsány v kapitole 4.3.3.

4.3.1 Ohře od pramene po přehradu Skalka

Ohře pramení na severozápadním svahu hory Schneeberg ($1\,053 \text{ m n. m.}$) ve Smrčinách v nadmořské výšce 752 m . Kolem pramene dalo město Cheb v roce 1923 umístit dvanáct žulových kamenů se znaky měst, jimiž Ohře na své pouti do Labe protéká (*obr. 4.3-4*).



Obr. 4.3-4: Pramen Ohře

Smrčiny jsou významným středoevropským rozvodím, odkud směřují do všech světových stran toky Ohře, Sály, Bílého Mohanu (Weißer Main) a řeky Fichtelnaab. Ohře proudí na východ do Labe, Sála pak severním směrem také do Labe a Bílý Mohan na západ do Rýna a všechny tak končí v Severním moři. Řeka Fichtelnaab teče na jih přes Dunaj do Černého moře. Všechny prameny jsou od sebe vzdáleny necelých 30 km (*obr. 4.3-5*).

Horní povodí Ohře je označováno za zeměpisný střed Evropy. Přesný bod leží cca 15 km jihovýchodně od Chebu u obce Neualbenreuth na severním okraji Českého lesa na západním svahu 940 m vysokého Dyleně, na česko-německé hranici a je vyznačen pamětním kamenem, který patří k velmi oblíbeným výletním cílům (*obr. 4.3-6*).



Obr. 4.3-5: Smrčiny - významné rozvodí mezi povodím Labe, Rýna a Dunaje ve střední Evropě



Obr. 4.3-6: Pamětní kámen zeměpisného středu Evropy

Pět kilometrů pod pramenem u Weißenstadtu přitéká Ohře do vodní nádrže Weißenstädter See (ovladatelný objem 0,95 mil. m³), která byla vybudována v roce 1976, a po 52,2 km toku se do Ohře vlévá pravostranný přítok **Reslava** (316 km²), jejíž povodí leží převážně v Německu.

Na řece Feisnitz, pravostranném přítoku Reslavy pod městem Marktredwitz, je údolní nádrž Feisnitz, která byla uvedena do provozu v roce 1975 a s objemem 1,25 mil. m³ je určena převážně pro rekreační účely (obr. 4.3-7).

Ke stabilizaci dna řeky a k zabezpečení odběrů vody pro průmyslové účely byla na horním toku Ohře a na Reslavě vybudována řada jezů. Na 46 km dlouhém úseku Ohře od přehrady Weißenstädter See po státní hranici je 24 jezových objektů s výškou 0,4 až 5,0 m.

Pod soutokem s Reslavou má Ohře plochu povodí 641,1 km², z toho leží 605,6 km² v Německu. Přehrada Skalka vzdouvá Ohři v délce 9,8 km (obr. 4.3-8) a při plné hladině se konec vzduť nachází pouhých 0,3 km pod ústím Reslavy.



Obr. 4.3-7: Přehrada Feisnitz



Obr. 4.3-8: Přehrada Skalka na Ohři

4.3.2 Ohře od přehrady Skalka po přehradu Nechanice

Pod soutokem s Reslavou (ř. km 252,4) je Ohře typickým horským tokem s průměrným sklonem 5,9 ‰, který klesá v Chebské a Sokolovské pánvi až po soutok s Bystřicí (ř. km 153,8) na 1 ‰. V úseku po soutok s Blšankou (ř. km 82,2) znovu stoupá na 2,2 ‰.

Mezi významné přítoky na středním toku Ohře patří **Odrava** (498 km²), **Svatava** (300 km²), **Teplá** (408 km²) a **Bystřice** (164 km²). Celkem 310,5 km² plochy povodí Odry a 59,7 km² povodí Svatavy se nachází v Německu (obr. 4.3-1).

Z 13 údolních nádrží v povodí Ohře je na obr. 4.3-2 vyznačeno umístění 8 největších. Nádrž Skalka (ovladatelný objem 15,92 mil. m³, z toho 12,55 mil. m³ ochranného objemu), která byla dokončena v roce 1964, slouží též k povodňové ochraně Chebu (33 000 obyvatel). Spolu s vodním dílem Jesenice na Odřavě (ovladatelný objem 52,75 mil. m³, z toho 13,15 mil. m³ ochranného objemu), které bylo uvedeno do provozu v roce 1961, zajišťuje rovněž ochranu před povodněmi v údolí Ohře, přednostně Sokolova (25 000 obyvatel) a Karlových Varů (52 000 obyvatel). Kromě toho obě přehrady umožňují nalepšování minimálních průtoků na Ohři s cílem zabezpečit vedle dalších typů užívání vod i stabilní zásobování vodou pro uhelnou elektrárnu Tisová 1 (270 MW) v Sokolovském hnědouhelném revíru.

První písemné zmínky o těžbě hnědého uhlí v Sokolovské pánvi se datují do roku 1642. Ale až od roku 1793 nabývala těžba významnějšího rozsahu, přičemž již v roce 1860 dosáhla 103 000 tun. Množství dobývaného uhlí vzrostlo z 1,5 mil. tun v roce 1890 na 4,4 mil. tun v roce 1920 a v roce 1960 činilo již 14,2 mil. tun. V 80. letech minulého století bylo z 6 povrchových dolů každoročně vytěženo 20,5 mil. tun hnědého uhlí. Ve prospěch těžby bylo přeloženo koryto 12 toků v celkové délce cca 23 km a dále byla změněna trasa Ohře nad Sokolovem. Za účelem zásobování Sokolovska pitnou vodou byl v roce 1970 zahájen provoz vodního díla Horka na Libockém potoce (ovladatelný objem 19,23 mil. m³).

V současnosti se zde nacházejí již pouze dva povrchové do-ly, přičemž je již připravováno zatápění těžební jámy Medard-Libík. V této souvislosti se předpokládá kromě zvýšení hladiny podzemní vody i užívání vody z krušnohorských toků a především z Ohře. Povrchový důl Jiří a Družba bude dále v provozu do roku 2035. V současnosti se zde každoročně těží 10,1 mil. tun uhlí (stav v roce 2003). Se zachováním tohoto množství se počítá do roku 2027. Následně se předpokládá postupný pokles na 1,5 mil. tun za rok. Těžební jáma by měla být zatápěna od roku 2038, čímž by vznikalo v českých hnědouhelných revírech druhé největší jezero o rozloze cca 1 320 ha (tab. 4.3-4).

Nádrž Stanovice na Lomnickém potoce (ovladatelný objem 24,22 mil. m³, z toho 4,19 mil. m³ ochranného objemu), která byla postavena v roce 1978, zajišťuje zásobování Karlových Varů a okolí pitnou vodou. Kromě toho spolu s nádrží Březová na Teplé (ovladatelný objem 4,70 mil. m³, z toho 3,13 mil. m³ ochranného objemu) chrání před povodněmi část Karlových



Obr. 4.3-9: Teplá v Karlových Varech

Varů, která se nachází v údolí Teplé (obr. 4.3-9). V této městské části je 14 léčivých pramenů a lázně, kterými se Karlovy Vary staly známé na celém světě.

V říčním km 103,4, tj. 72 km pod Karlovými Vary, byla v roce 1968 uvedena do provozu nádrž Nechranice (ovladatelný objem 272,43 mil. m³, z toho 36,56 mil. m³ ochranného objemu), která je po vodních dílech Orlík a Lipno I na Vltavě třetí největší nádrž v celém povodí Labe (obr. 4.3-10).



Obr. 4.3-10: Přehrada Nechranice na Ohři

Uvedená nádrž slouží částečně k povodňové ochraně, nalepšování minimálních průtoků, výrobě elektrické energie, chovu ryb a také k rekreaci. Hlavním účelem je však poskytovat spolu s malou nádrží Kadaň, která leží 22 km nad přehradou Nechranice a má ovladatelný objem 2,62 mil. m³, vodu pro hnědouhelný revír a průmyslovou oblast v severozápadních Čechách.

4.3.3 Hnědouhelný revír a průmyslová oblast v severozápadních Čechách

V Severočeské pánvi mezi Chomutovem a Ústím n. L. bylo hnědé uhlí původně dobýváno hlubinnou těžbou, která byla začátkem 19. století nahrazena povrchovou těžbou. V druhé polovině 20. století bylo vytěženo největší množství uhlí: 55,0 mil. tun v roce 1970, 74,6 mil. tun v roce 1984 a 62,1 mil. tun v roce 1990. V roce 2003 bylo vytěženo již pouhých 38,2 mil. tun. Zatímco do roku 1997 bylo v Severočeské pánvi provozováno 7 povrchových dolů, v roce 2005 jich bylo pouhých pět. Převážná část uhlí byla využita v tepelných elektrárnách k výrobě elektrické energie. V roce 1990 mělo 7 elektráren kapacitu 5 010 MW, v současnosti je to 3 620 MW (tab. 4.3-3).

Elektrárny u Ledvic jsou zásobovány vodou z Labe, která je převáděna pomocí čerpací stanice u Dolních Zálezlů (ř. km 47,5) a 25 km dlouhého potrubí.

V posledních 50 letech padlo těžbě hnědého uhlí za obět 90 obcí mezi Chomutovem (50 000 obyvatel) a Ústím n. L. (94 000 obyvatel). Postižena byla rovněž převážná část Mostu (68 000 obyvatel) včetně historického jádra města.

Severozápadně od Mostu byla odstraněna bývalá boční nádrž Bíliny Dřínov (ovladatelný objem 9,39 mil. m³) a v povodí Bíliny byla přeložena koryta 24 vodních toků o celkové délce 132 km. Koryto Bíliny bylo přeloženo v pěti říčních úsecích v celkové délce 10 km. Pod údolní nádrží Újezd (obr. 4.3-12) překonává 3,1 km dlouhým potrubím 140 m vysokou důlní výsypku (obr. 4.3-11).

Odvodňování předpolí a provoz povrchových dolů vedly ke značnému snížení hladiny podzemní vody, a proto bylo potřebné najít náhradní zásobování pitnou vodou. Z tohoto důvodu byla v povodí Moldavského potoka v roce 1960 uvedena do provozu vodárenská nádrž Fláje (ovladatelný objem 21,60 mil. m³) a v roce 1976 nádrž Přisečnice (ovladatelný objem 50,43 mil. m³). Z uvedených nádrží je ročně převáděno



Obr.: 4.3-11: Bílina převedená potrubím s pohledem na rozsáhlý povrchový důl ČSA

14,2, resp. 29,7 mil. m³ pitné vody do povodí Bíliny a Ohře. Kromě toho se k zásobování pitnou vodou využívá 5 malých nádrží v povodích Bíliny a Ohře s celkovým ovladatelným objemem 6,20 mil. m³.

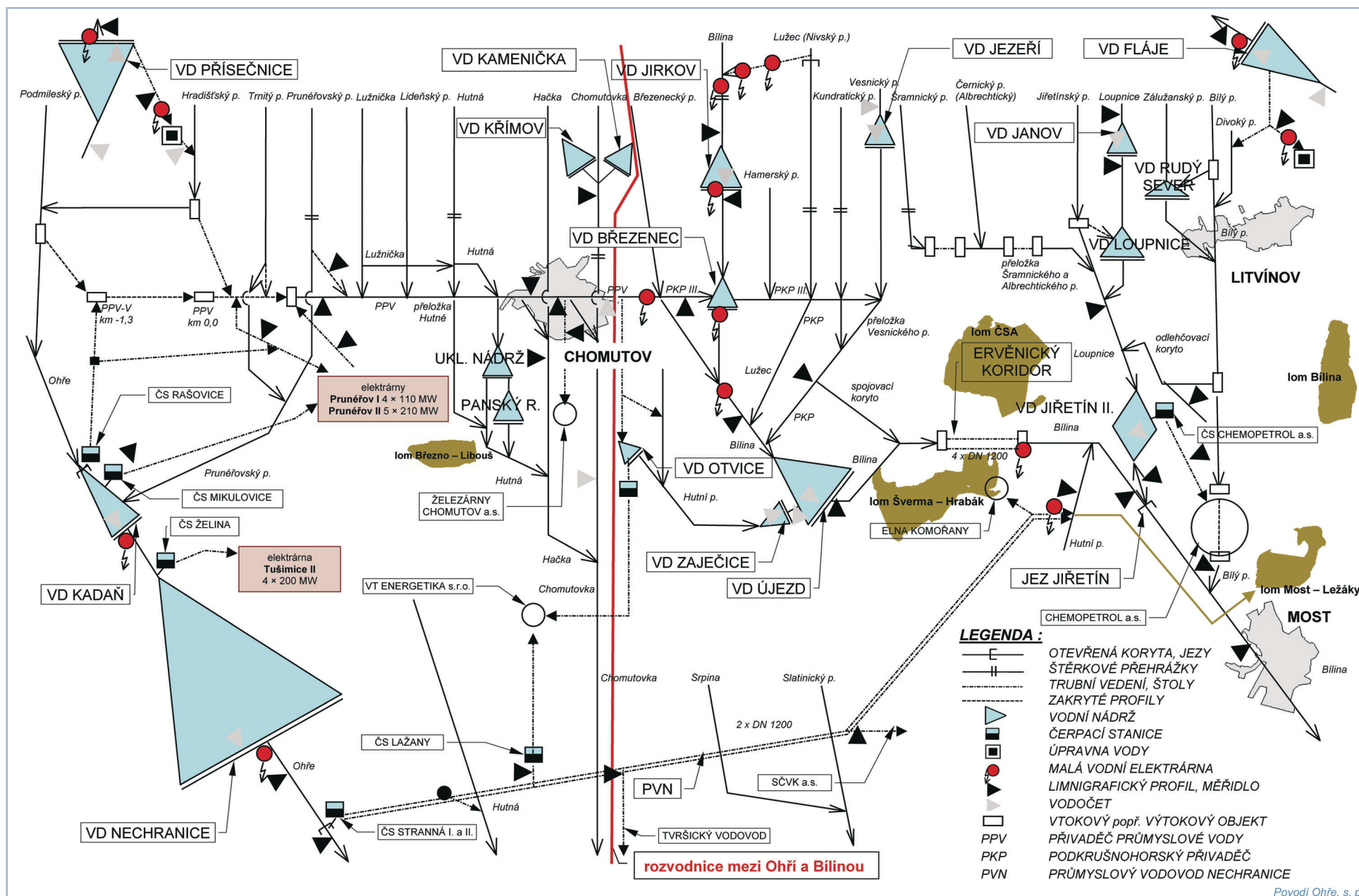
Průmysl rozvíjející se kolem zpracování hnědého uhlí vzrostl v 60. až 80. letech minulého století několikanásobně, což způsobilo značný nárůst spotřeby vody. Z tohoto důvodu byly vybudovány tři významné převody vody (obr. 4.3-12).

■ Průmyslový přivaděč Ohře - Bílina (postaven v letech 1957 - 1967)

Z čerpací stanice Rašovice je voda z nádrže Kadaň vedena nejdříve 3,2 km dlouhým potrubím a následně 22,4 dlouhým kanálem do Chomutova. Tímto kanálem byly zpočátku zásobeny chladicí vodou i elektrárny Prunéřov 1 a 2. Dnes mají elektrárny vlastní převod vody včetně čerpací stanice u nádrže Kadaň (obr. 4.3-12 a tab. 4.3-3). Kanál, který byl navržen na kapacitu 27 m³.s⁻¹ (obr. 4.3-13), zajišťuje také ochranu povrchových dolů před povodněmi z drobných krušnohorských toků ústících do kanálu. Kanálem je zásobován také průmysl, v průměru 0,72 m³.s⁻¹.

Tab. 4.3-3: Uhlé elektrárny v Sokolovské a Severočeské pánvi

Název elektrárny	Výkon a potřeba vody				Odběr vody
	1990		2003		
	[MW]	[m ³ .s ⁻¹]	[MW]	[m ³ .s ⁻¹]	
Sokolovský hnědouhelný revír					
Tisová 1	270	0,48	270	0,15	odběr z Ohře pod soutokem s Odravou
Tisová 2	250		—		
Celkem	520	0,48	270	0,15	
Severočeský hnědouhelný revír					
Tušimice 1	660	0,75	—	0,37	odběr z Ohře mezi nádržemi Kadaň a Nachranice
Tušimice 2	800		800		
Prunéřov 1	660	0,80	440	0,69	odběr z nádrže Kadaň/Ohře
Prunéřov 2	1 050		1 050		
Počerady	1 200	1,24	1 000	0,64	odběr z Ohře nad Louny
Ledvice 1	200	0,81	—	0,26	odběr z Labe, havarijný odběr z nádrže Všechlapy
Ledvice 2	440		220		
Ledvice 3	—		110		
Celkem	5 010	3,60	3 620	1,96	
Celkový součet	5 530	4,08	3 890	2,11	



Povodí Ohře, s. p.

Obr. 4.3-12: Schéma vodních děl v hnědouhelném revíru a průmyslové oblasti v severozápadních Čechách



Obr. 4.3-13: Průmyslový přivaděč Ohře - Bílina a elektrárna Prunéřov 2 v pozadí



Obr. 4.3-14: Přehrada Újezd



Obr. 4.3-15: Škody na lesních porostech severovýchodně od Klínovce v roce 1998

■ Podkrušnohorský přivaděč (postaven v letech 1973 - 1982)

Kanál navazuje na průmyslový přivaděč Ohře - Bílina. Přibírá vodu řady malých toků z Krušných hor a kapacitou $56 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ chrání povrchové doly před povodněmi.

Průtoky z obou kanálů jsou zaústěny do údolní nádrže Újezd (uvedená do provozu v roce 1981, ovladatelný objem $6,73 \text{ m}^3$, z toho $3,23 \text{ mil. m}^3$ ochranného objemu), která může transformovat hodnotu stoletého průtoku na odtok $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (obr. 4.3-14). K ochraně před povodněmi a k distribuci vody přispívá dalších 9 menších nádrží v povodí Bíliny a převody vody do povodí řeky Ohře (obr. 4.3-12).

■ Průmyslový vodovod Nechranice (postaven v letech 1965 - 1970 a 1977 - 1983)

Celkem 22,5 km dlouhým potrubím je pomocí čerpací stanice Stranná, nacházející se 4,2 km pod vodním dílem Nechranice, převáděno v průměru $0,22 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ vody z Ohře do povodí Bíliny (obr. 4.3-12). Voda se nevyužívá pouze k zásobování energetiky a průmyslu, ale lze ji využít i pro zemědělské závlahy. Kromě toho zajišťuje zlepšení jakosti vody v Bílině, která je značně znečištěna odpadními vodami Chemických závodů Záluží a měst Most a Bílina.

Převody vody z povodí Ohře do povodí Bíliny představují v České republice největší soustavu pro převádění užitkové vody.

Neustálým zvyšováním kapacit elektráren a průmyslové výroby, především chemického průmyslu, stoupaly v 70. a 80. letech minulého století emise kouřových plynů v Severočeské pánvi a v Krušných horách na neúnosnou míru. Roční emise oxidu siřičitého dosáhly 1,2 mil. tun. Kromě zatížení pro obyvatelstvo a škod na budovách způsobily kouřové plyny rozsáhlé škody na lesních porostech v české a německé části Krušných hor. Od roku 1964 se každým rokem zvyšovala míra poškození lesů a za 20 let bylo severovýchodně od Klínovce 80 % lesů nad 500 m n. m. odumřelých (obr. 4.3-15).

V těchto oblastech vzrostl zejména po vydatných srážkách povrchový odtok, a proto bylo zapotřebí zvětšit kapacitu některých technických objektů sloužících k akumulaci a ovládání vody.

Přibližně před desetiletím byla zahájena opatření k revitalizaci krajiny v Severočeské pánvi a v Krušných horách, která mají pozitivní dopady. Provoz technicky zastaralých elektráren na bázi hnědého uhlí byl zastaven, stávající elektrárny byly vybaveny odsířováním kouřových plynů, což vedlo k značnému snížení uvedených emisí. Vlivem rozsáhlého zalesňování lze

v dlouhodobém horizontu předpokládat obnovu vyrovnaného vodního režimu v povodích Krušných hor. Útlum průmyslové výroby a výstavba čistíren odpadních vod podpořily zlepšení jakosti vody v Bílině.

V důsledku útlumu těžby hnědého uhlí se v příštích desetiletích zvýší počet menších zatápěných a již zatopených povrchových dolů mezi Teplicemi (51 000 obyvatel) a Ústím n. L. (tab. 4.3-4).

Voda pro zatápění těžebních jam bude dodávána především třemi uvedenými přivaděči průmyslové vody. Rozlohou 1 500 ha bude důlní jezero ČSA největším jezerem v českých hnědouhelných revírech. Důlní jezera by měla sloužit převážně k rekreačním účelům. Vymezení ovladatelného objemu, např. retenčního objemu, se zatím nepředpokládá.

4.3.4 Ohře od přehrady Nechanice po soutok s Labem

Louny (19 000 obyvatel) se pěstuje především chmel, „zele-
né zlato“ Čech, a pod Louny ovoce a zelenina. Nad Louny se
odebírá voda pro uhelnou elektrárnu Počeradý (tab. 4.3-3).

Tab. 4.3-4: Přehled povrchových dolů předpokládaných k zatápění
v Sokolovské a Severočeské pánvi

Název povrchového dolu	Předpokládaná vodní plocha po zatápění [ha]	Předpokládaný objem po zatápění [mil. m ³]	Předpokládané zahájení zatápění [rok]
Sokolovský hnědouhelný revír			
Medard-Libík	500	138	2010
Jiří a Družba	1 320	515	2038
Celkem	1 820	653	
Severočeský hnědouhelný revír			
Chabařovice	260	48	2001
Ležáky-Most	410	72	2006
ČSA	1 500	760	2020
Bílina	1 250	645	2037
Šverma-Vršany	390	74	2030
Libouš (Březno)	1 080	248	2038
Celkem	4 890	1 847	
Celkový součet	6 710	2 500	



Povodí Ohře, s. p.

Obr. 4.3-16: Jez na Ohři u Terežína

Dolní Ohře má délku 103 km. K větším přítokům patří **Liboc** (339 km²), **Blšanka** (483 km²) a **Chomutovka** (160 km²). Pod
soutokem s Blšankou dosahuje sklon pouhých 0,56 ‰.

Dříve klesal průtok v dolní Ohři v delších obdobích sucha
až na 1,5 m³.s⁻¹. Dnes zabezpečuje nádrž Nechanice mi-
nimální průtok pod hrází 8,0 m³.s⁻¹. V letních měsících je od-
tok manipulován tak, aby průtok ve stanici Louny, tj. 49 km
pod vodním dílem Nechanice, činil minimálně 15,8 m³.s⁻¹.
Tímto způsobem se umožňují kromě stabilního zásobování
průmyslu vodou (viz kap. 4.3.3) i rozsáhlé zemědělské zá-
vlahy ve velmi úrodných, ale suchých oblastech Žatecké pán-
ve a Dolnooharské nížiny. Mezi Žatcem (20 000 obyvatel) a

U Terežína, 2,6 km nad soutokem Ohře s Labem, byl v ro-
ce 1976 dokončen pohyblivý jez s ovladatelným objemem
0,57 mil. m³ (obr. 4.3-16). Nahradil původní pevný jez posta-
vený v roce 1784, z jehož zdrže byla do roku 1882 napouš-
těna voda do příkopů pevnosti Terežín, která byla vybudo-
vána v letech 1780 - 1790 a chránila obchodní cestu Praha -
Drážďany.

V blízkosti Litoměřic (25 000 obyvatel) se Ohře vlévá do Labe
(obr. 4.3-17). Její dlouhodobý průměrný roční průtok zde do-
sahuje 38,0 m.s⁻¹. Ohře je druhým (za Vltavou) nejvodnějším
přítokem Labe na českém území.



Povodí Labe, s. p.

Obr. 4.3-17: Soutok Ohře s Labem u Litoměřic

4.4 Labe od soutoku s Vltavou po soutok s Černým Halštrovem

*Zabýváš-li se vodou,
nejdříve s ní experimentuj
a až poté sděl svůj úsudek.
(Leonardo da Vinci)*

Tok Labe od soutoku s Vltavou u Mělníka po soutok s Černým Halštrovem je dlouhý 305,8 km. Tento údaj zahrnuje společný česko-německý úsek Labe mezi hraničními obcemi Schöna a Schmilka, takzvaný „dlouhý kilometr“ v říčním km 121,0 na německém území, a průpích u obce Belgern (viz kap. 3.2.3). Po státní hranice na pravém břehu nad Schmilkou připadá 110,0 km na české území.

Plocha dílčího povodí mezi těmito dvěma přítoky Labe (bez povodí Ohře – 5 614 km²) je 8 448 km², přičemž více než polovina (4 262 km²) leží na českém území. K nejvyšším vrcholům patří Milešovka (837 m n. m.) v Českém středohoří, Loučná (956 m n. m.) v Krušných horách, Ještěd (1 012 m n. m.) v Ještědském hřbetu, Luž (793 m n. m.) v Lužických horách a Valtenberg (587 m n. m.) ve vrchovině Lausitzer Bergland (obr. 4.4-1).

Od Mělníka se Labe ubírá převážně severozápadním směrem kolem výběžků České křídové tabule. Pod Litoměřicemi se stáčí na sever, resp. severovýchod a protéká zčásti hlubokými údolními Českého středohoří a Labských pískovců.

Následně až po soutok s Černým Halštrovem se tok Labe opět obrací severozápadním směrem, přičemž prochází nejdříve širokým drážďanským údolím a pod Míšní vstupuje do Severoněmecké nížiny.

Průměrné roční teploty vzduchu se pohybují od 5 °C v Krušných horách do 8 °C v údolní nivě podél Labe mezi Mělníkem a Pirnou. Od zvlněné pahorkatiny Dresdner Elbtalweitung dále směrem po toku Labe dosahují až 9 °C.

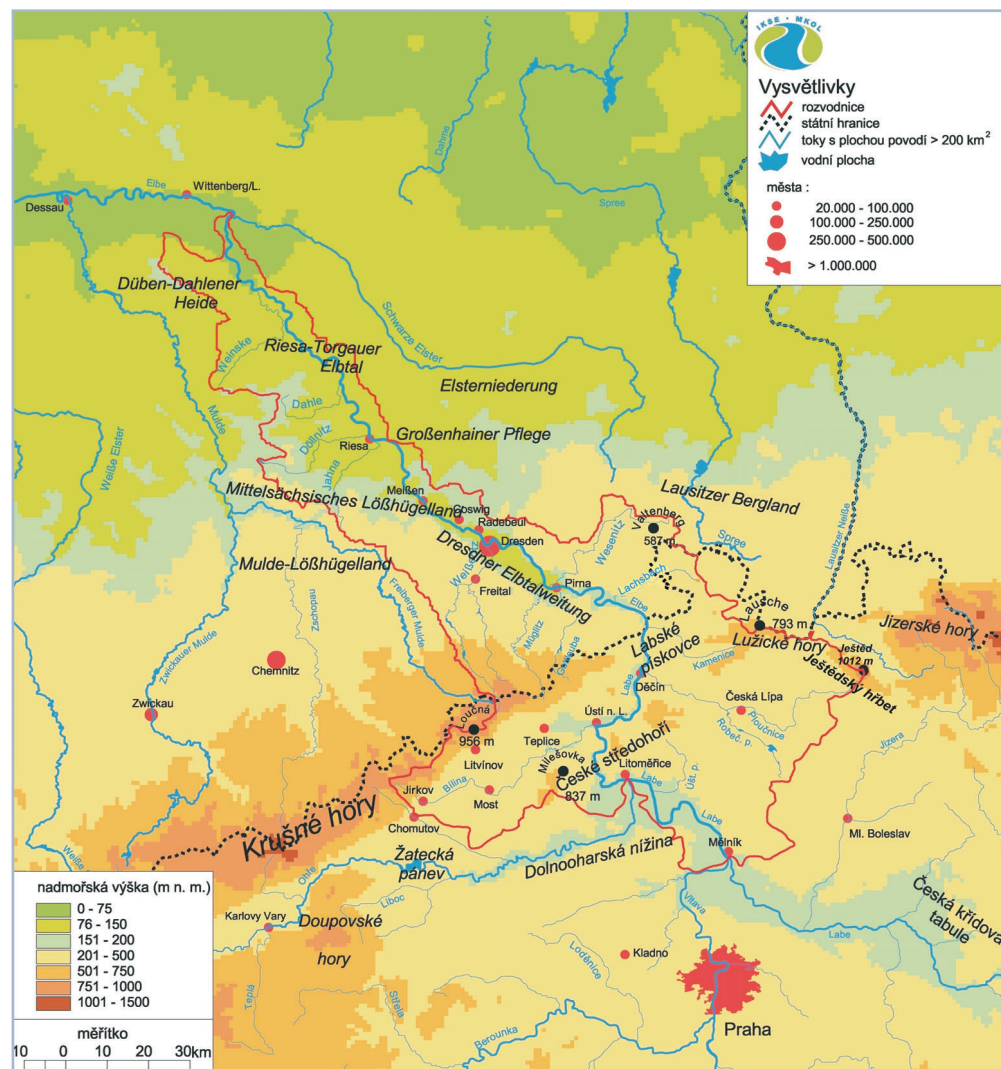
Průměrné roční úhrny srážek vykazují velké rozdíly. Na úseku od soutoku s Vltavou po Ústí n. L. dosahují pouze 450 až 550 mm, což je dáno vlivem srážkového stínu Krušných hor, mezi Ústím n. L. a Děčínem a mezi městy Pirna a Riesa 550 až 650 mm, ve vrchovině Lausitzer Bergland stoupají na 800 až 900 mm a ve východním Krušnohoří na 900 až 1 000 mm. Pod Riesou se hodnoty pohybují opět kolem 500 až 600 mm.

Přirozený průtokový režim v tomto dílčím povodí ovlivňuje 6 plavebních stupňů na Labi pod ústím Vltavy a 35 údolních nádrží s ovladatelným objemem nad 0,3 mil. m³. Celkový

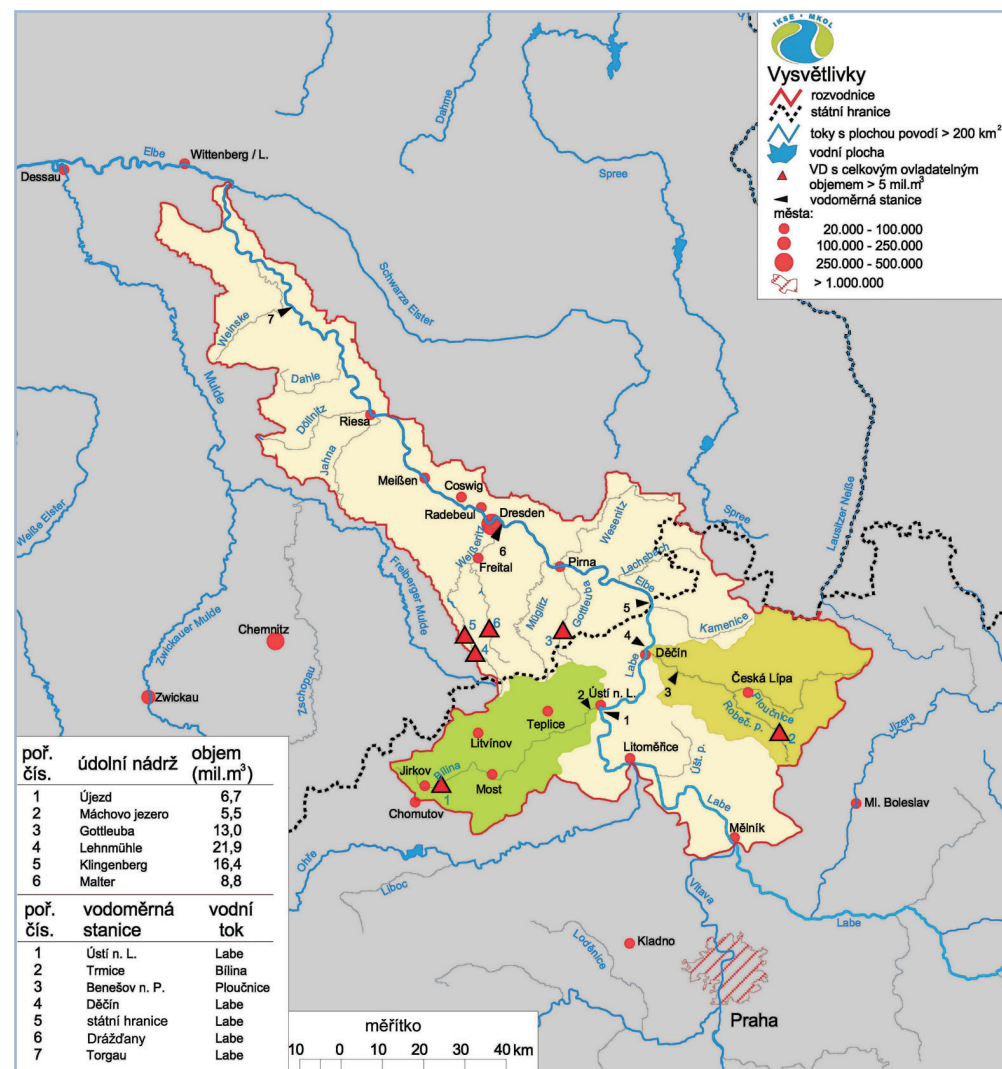
ovladatelný objem všech nádrží činí 106,4 mil. m³, z toho připadá na ochranný prostor v zimním hydrologickém pololetí 31,0 mil. m³.

Z uvedených údolních nádrží se 16 nachází na českém území (celkový ovladatelný objem 27,2 mil. m³) a 19 v Německu (celkový ovladatelný objem 79,2 mil. m³). Kromě toho jsou odtokové poměry v povodí Bíliny narušeny převodem vody a těžbou hnědého uhlí (viz kap. 4.3.3).

Ke znázornění odtokové situace jsou v tab. 4.4-1 a 4.4.2 uvedeny hydrologické charakteristiky 11 vybraných vodoměrných stanic a hraničního profilu Labe ČR/SRN. Obr. 4.4-2 graficky znázorňuje roční průběh průtoků ve 4 stanicích na Labi, v hraničním profilu Labe a v 5 stanicích na přítocích. Umístění většiny stanic je vyznačeno na obr. 4.4-2. Odtokové poměry ve vodoměrné stanici Louny jsou pojednány v kapitole 4.3.



Obr. 4.4-1: Topografická mapa povodí Labe/Elbe od soutoku s Vltavou po soutok s Černým Halštrovem/ Schwarze Elster (bez povodí Ohře)



Obr. 4.4-2: Hydrografická mapa povodí Labe/Elbe od soutoku s Vltavou po soutok s Černým Halštrovem/ Schwarze Elster s dílčími povodími nad 1 000 km² (bez povodí Ohře)

Tab. 4.4-1: Základní hydrologické charakteristiky průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Labe od soutoku s Vltavou po soutok s Černým Halštrovem (Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.4-2.)

Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Říční km	Plocha povodí (A)	Dlouhodobý průměrný průtok (Q_a)	Dlouhodobý průměrný minimální průtok (Q_{min})	Dlouhodobý průměrný maximální průtok (Q_{max})	Období
			[km]					
	Ohře	Louny	54,3 ¹⁾	4 983	36,7	9,24	226	1931 - 2000
1.	Labe	Ústí n. L.	38,7	48 557	292	91,6	1 390	1931 - 2000
2.	Bílina	Trmice	4,5 ¹⁾	963	6,07	2,54	²⁾	1932 - 2000
3.	Ploučnice	Benešov n. Pl.	11,0 ¹⁾	1 156	8,89	4,18	57,8	1931 - 2000
4.	Labe	Děčín	13,8	51 104	309	102	1 440	1931 - 2000
5.	Labe	státní hranice	0,0 ČR/3,4 SRN	51 394	311	102	1 436	1931 - 2000
	Wesenitz	Elbersdorf	16,5 ¹⁾	227	2,13	0,701	23,7	1921 - 2000
	Müglitz	Dohna	4,3 ¹⁾	198	2,52	0,232	38,6	1912 - 2000
6.	Labe	Drážďany	55,6	53 096	324	106	1 410	1931 - 2000
	Weißeitz	Dölzsch	6,3 ¹⁾	366	3,42	0,736	25,4	1929 - 1999 (bez r. 1958 - 1968)
	Jahna	Seerhausen	10,5 ¹⁾	153	0,635	0,236	6,85	1926 - 2000 (bez r. 1942 - 1946, 1959 - 1965)
7.	Labe	Torgau	154,2	55 211	341	117	1 370	1936 - 2000

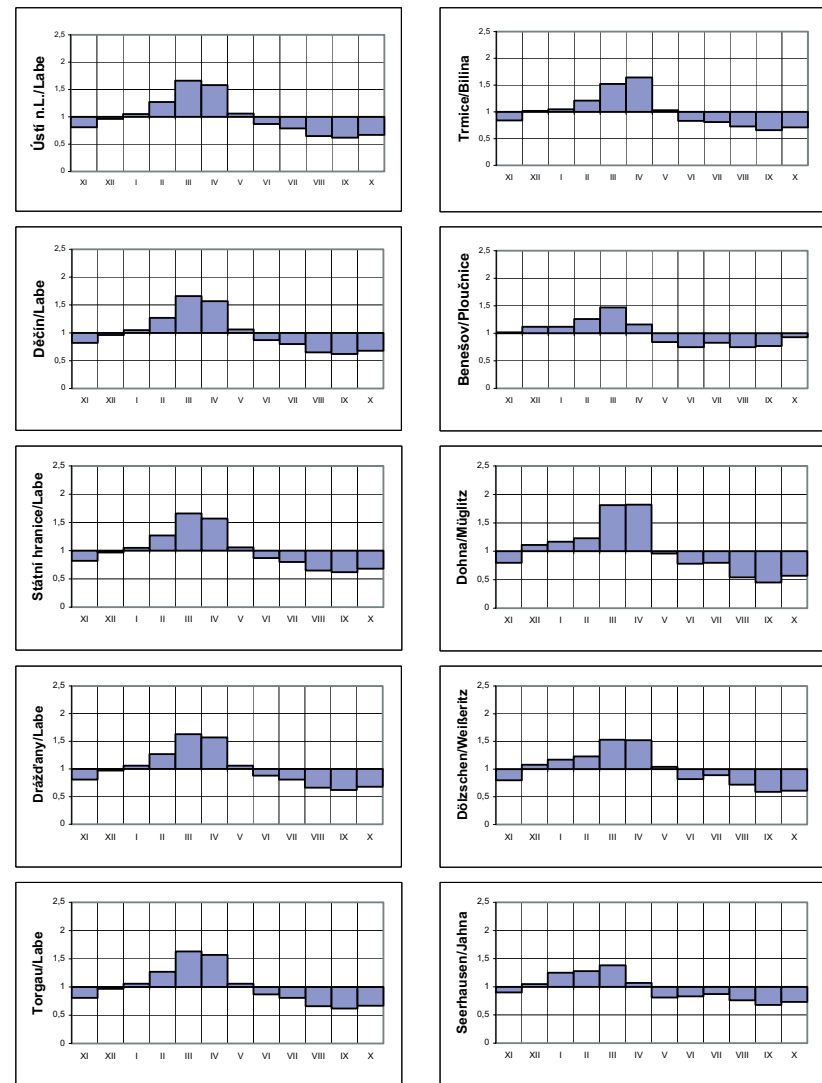
1) říční km nad soutokem s Labem

2) ovlivněno těžbou hnědého uhlí

Tab. 4.4-2: Charakteristika hydrologického režimu ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Labe od soutoku s Vltavou po soutok s Černým Halštrovem (Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.4-2.)

Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Průměrný specifický odtok [l.s ⁻¹ .km ⁻²]	Dlouhodobý průměrný průtok				$\overline{Q}_{\min} : Q_a$	$Q_a : \overline{Q}_{\max}$
				Zimní hydrologické pololetí		Letní hydrologické pololetí			
				[m ³ .s ⁻¹]	[%]	[m ³ .s ⁻¹]	[%]		
	Ohře	Louny	7,4	48,7	67	24,8	33	1 : 4,0	1 : 6,2
1.	Labe	Ústí n. L.	6,0	357	61	227	39	1 : 3,2	1 : 4,8
2.	Bílina	Trmice	6,3	7,34	60	4,83	40	1 : 2,4	1) ¹⁾
3.	Ploučnice	Benešov n. Pl.	7,7	10,6	60	7,23	40	1 : 2,1	1 : 6,5
4.	Labe	Děčín	6,0	377	61	242	39	1 : 3,0	1 : 4,7
5.		státní hranice	6,0	380	61	243	39	1 : 3,0	1 : 4,6
	Wesenitz	Elbersdorf	9,4	2,58	61	1,68	39	1 : 3,0	1 : 11,1
	Müglitz	Dohna	12,7	3,34	66	1,72	34	1 : 10,9	1 : 15,3
6.	Labe	Drážďany	6,1	395	61	254	39	1 : 3,1	1 : 4,4
	Weißeritz	Dölzschen	9,3	4,18	61	2,67	39	1 : 4,6	1 : 7,4
	Jahna	Seerhausen	4,1	0,753	59	0,518	41	1 : 2,7	1 : 10,8
7.	Labe	Torgau	6,1	412	61	269	39	1 : 2,9	1 : 4,1

1) ovlivněno těžbou hnědého uhlí



Obr. 4.4-3: Roční průběh průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Labe od soutoku s Vltavou po soutok s Černým Halštrovem, vyjádřený jako podíl dlouhodobých měsíčních a ročních průměrů ($Q_{\text{měsíc}}/Q_a$)

Na základě výše uvedených dat v tabulkách a na *obr. 4.4-3* lze odtokové poměry charakterizovat následovně:

■ Na 190 km dlouhém úseku Labe od Ústí n. L. po Torgau je výsledný obraz na všech 5 labských profilech obdobný. To se týká nejen ročního průběhu průtoků a specifických odtoků s hodnotou kolem $6,0 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$, ale i poměru odtoků v zimním a letním hydrologickém pololetí s hodnotou $61 : 39 \%$. Hodnoty $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ a $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ se na základě daných přírodních podmínek postupně snižují. V Ústí n. L. dosahují $1 : 3,2$, resp. $1 : 4,8$ a v Torgau $1 : 2,9$, resp. $1 : 4,1$.

■ Naproti tomu situace na přítocích je velmi rozdílná.

- Pro celou řadu drobných přítoků Labe mezi Děčínem a Drážďanami jsou charakteristické průměrné specifické odtoky v rozmezí od 9 do $13 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$, jako např. na závěrových profilech řek Wesenitz, Müglitz a Weißeritz. Jsou způsobeny vysokými odtoky ze srážkově bohatých horních částí povodí, kde jsou zaznamenávány průměrné specifické odtoky od 12 do $17 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$, v horských oblastech východního Krušnohoří až $25 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$. V povodí Bíliny a Ploučnice s nízkými srážkami dosahuje specifický odtok 6,3, resp. $7,7 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$. Specifický odtok pouhých $4,1 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$ ve vodoměrné stanici Seerhausen/Jahna je typický pro řadu drobných nížinných říček, které se vlévají do Labe na úseku mezi Míšní a Torgau.

- Na ročním průběhu průtoků ve vodoměrné stanici Trmice jsou patrné zásahy do vodního režimu Bíliny prostřednictvím převodů vody a povrchové těžby hnědého uhlí a údolních nádrží. Z ročního průběhu průtoků ve stanici Benešov n. Pl. je zřejmý vyrovnaný průtok Ploučnice, který je tvořen z podstatné části odtokem podzemní vody z propustného křídového útvaru. V důsledku toho jsou relativně malé průtoky zaznamenávány v dubnu a relativně velké na podzim.

Roční průběh průtoků ve vodoměrné stanici Dohna, který není ovlivněn zásahy člověka, zachycuje přirozenou odtokovou situaci ve východních Krušných horách. Pozvolna stoupající terén většinou zaručuje postupné odtávání

sněhové pokrývky, které ve vrcholových polohách končí až v dubnu. Velmi nízká přirozená akumulací schopnost krajiny v povodí vede již v květnu k prudkému poklesu průtoků. Výrazně nižší amplituda v ročním průběhu průtoků ve vodoměrné stanici Dölzsch je způsobena manipulací na třech údolních nádržích na řekách Rote Weißeritz a Divoká Bystřice (Wilde Weißeritz).

Poměrně vyrovnaný průběh průtoků ve vodoměrné stanici Seerhausen je charakteristický pro nížinné řeky.

- Přívalový déšť, který je na drobných přítocích Labe čas od času příčinou extrémních povodní, se vyskytuje převážně v červenci a v ročním průběhu průměrných průtoků způsobuje přerušení jinak trvalého poklesu průtoků v letním hydrologickém pololetí (*obr. 4.4-3*). To platí nejen pro toky, jako je Rybný potok (Gottleuba), Müglitz a Weißeritz, které jsou z hlediska povodní velmi rizikové, ale i pro Ploučnici, Wesenitz a další drobné toky a dokonce i pro nížinnou řeku Jahnou.

- Vyjádření poměru $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ a $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ ve vodoměrných stanicích na přítocích potvrzuje vliv manipulací na vodních dílech na Weißeritz i značnou rozkolísanost průtoků na reče Müglitz, kde je průměrný průtok v letním hydrologickém pololetí výrazně nižší než na ostatních menších přítocích Labe.

4.4.1 Labe od soutoku s Vltavou po česko-německou státní hranici

Na 70 km dlouhém úseku do Ústí n. L. (94 000 obyvatel) určuje charakter toku Labe 6 moderních zdymadel, která svého času nahradila nesnadno obsluhovatelné hradlové jezy (*obr. 4.4-4*).



Obr. 4.4-4: Bývalý hradlový jez v Lovosicích

Pod hradem Střekov končí v říčním km 40,36 stejnojmenným zdymadlem (*obr. 4.4-5*) úsek kanalizovaného Labe (viz kap. 4.1.6). Zdejší vodní elektrárna o výkonu 15,0 MW je největší průtočnou elektrárnou v povodí Labe.

U Mělníka, kde se labské údolí rozpíná do šíře 2 až 4 km, stojí tři uhelné elektrárny s kapacitou 1 050 MW (*obr. 4.4-6*). Pro průtočné chlazení se využívá voda z Labe a jejich odběry dosahují až $14,0 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$.

V Litoměřicích (25 000 obyvatel) přibírá Labe v říčním km 65,0 **Ohři** (viz kap. 4.3), která měla před úpravami koryta deltovitě ústí. Zde se labské údolí rozpíná do šíře až 8 km.

Přibližně 10 km pod ústím Ohře začíná České středohoří, kde se labské údolí velmi zužuje. Na začátku Labské soutěsky je

Česká brána u Velkých Žernosek, zvaná též Porta Bohemica (obr. 4.4-7).

Na úseku do Ústí n. L. určují ráz labského údolí, místy až 300 m hlubokého, strmé skalní stěny a srázy (obr. 4.4-8).

Dva kilometry pod zdymadlem Střekov, v říčním km 38,3, se zleva vlévá **Bílina** (1 071 km²). Pramení ve výšce 825 m n. m. ve střední části Krušných hor na jihovýchodním svahu Kamenné Hůrky (878 m n. m.) a je 81,4 km dlouhá. Pouze šestina její délky v horní části povodí má přírodní ráz. Převážná část povodí a samotná řeka Bílina svůj přirozený charakter ztratily vlivem těžby hnědého uhlí a chemického průmyslu soustředěného do Severočeské pánve (viz kap. 4.3.3).

Pod Ústím n. L. se labské údolí rozestupuje do šíře až 2 km, ovšem záhy se opět zužuje a místy má opět soutěskový charakter. Poněkud širší údolí kolem Děčína (52 000 obyvatel) lemuji svahy Českého středohoří.

V Děčíně přibírá Labe v říčním km 14,1 zprava **Ploučnici** (1 194 km²). Pramení nedaleko Janova Dolu ve výšce 670 m n. m. na jihozápadním svahu Ještědu (1 012 m n. m.), který je nejvyšším vrcholem Ještědského hřbetu. Tok Ploučnice má délku 101,1 km. Část jejího povodí (7,1 km²) se rozprostírá na území Německa. Poměrně vyrovnaný roční průběh průtoků je ovlivněn pouze v horním povodí Ploučnice zásahy do režimu podzemních vod při těžbě uranové rudy. Naproti tomu rybníční soustava a nádrž Máchovo jezero (ovladatelný objem 5,47 mil. m³) na Robečském potoce (levostranný přítok Ploučnice) přispívají k dalšímu vyrovnání odtokového režimu.

Pod Děčínem se Labe prodírá úzkým údolím Labských pískovců s 200 až 300 m hlubokými kaňony a strmými pískovcovými stěnami (obr. 4.4-1 a 4.4-9), které provázejí Labe až do Pirny. Tato skalnatá pískovcová krajina, svou rozlohou a charakterem ve střední Evropě zcela ojedinělá, nazývaná též Českosaské Švýcarsko, vznikla erozivní činností Labe a jeho přítoků.



Obr. 4.4-5: Zdymadlo Střekov v Ústí n. L.

Posledním přítokem Labe na českém území je **Kamenice** (217 km²), v jejímž povodí se vypíná známá Pravčická brána (obr. 4.4-10). Je to největší přirozená skalní brána ve střední Evropě s rozpětím oblouku 26,5 m a výškou otvoru 16 m.

Na česko-německé hranici nad obcí Schmilka má povodí Labe rozlohu 51 394 km². Z této plochy leží 49 096 km² v České republice, 1 138 km² v Německu, 921 km² v Rakousku a 239 km² v Polsku. Pod hraničním profilem je do Labe odvodňováno ještě 837 km² českého území. To se týká pramenišť levostranných labských přítoků z východního Krušnohoří, pravostranných přítoků z Lužických hor a vrchoviny Lausitzer Bergland a pramenišť Freiburger Mulde (Moldavský potok) a Zwickauer Mulde, Sály a Sprévy (obr. 2.2-2).

Na státní hranici je dlouhodobý průměrný průtok v Labi 311 m³.s⁻¹. Pro porovnání: Při povodni v srpnu 2002 dosáhl kulminační průtok 4 780 m³.s⁻¹.

Rozdílný sklon toku Labe nad a pod státní hranici je pojednán v kapitole 5.2.1.



Obr. 4.4-6: Uhlíková elektrárna Mělník



Z. Šámalová

Obr. 4.4-8: Meandry Labe pod Dubickým kostelíkem



Z. Šámalová

Obr. 4.4-9: Labe u Dolního Žlebu (6 km nad státní hranicí ČR/SRN)



Z. Šámalová

Obr. 4.4-10: Pravčická brána



Z. Šámalová

Obr. 4.4-7: Porta Bohemica u Velkých Žernosek

4.4.2 Labe od česko-německé hranice po soutok s Černým Halštrovem

Rovněž na německém území tvoří Labské pískovce v délce kolem 23 km labské údolí. Strmé pískovcové skály, tabulové hory a skalní blok zvaný „Bašta“ (Bastei) přinesly této krajině světovou proslulost (obr. 4.4-11 až 4.4-13).

Nad Pirnou (41 000 obyvatel) začíná mírně zvlněná pahorkatina Dresdner Elbtalweitung, která sahá až k Míšni (29 000 obyvatel).

Do Labe se tu vlévají dva největší pravostranné přítoky na tomto úseku – potok **Lachsbach** (270 km²) se zdrojnicemi Vilémovský potok (Sebnitz) a Polenz a vodní tok **Wesenitz** (také 270 km²). Z celkové plochy jejich povodí leží 163,8 km² na českém území.

Na českém území, na hřebenech východní části Krušných hor, se rovněž nachází prameniště levostranných přítoků Labe o rozloze 115,0 km². K největším patří **Rybný potok/Gottleuba** – 252 km², **Müglitz** se zdrojnicemi Mohelnici a Černým potokem – 214 km² a **Weißeritz** (384 km²) se svými zdrojnicemi Rote Weißeritz a Divokou Bystřicí (Wilde Weißeritz).

Řeky ve východní části Krušných hor se vyznačují převážně úzkým a soutěskovitým údolím, místy s velmi strmými, skalnatými údolními svahy a velkým sklonem toku, který se od pramene po ústí pohybuje v průměru mezi 13 a 20 ‰. Jejich povodí jsou zpravidla minimálně zalesněná a přirozená retenční schopnost krajiny je velmi nízká. Tyto podmínky umožňují vznik a vývoj rychle narůstajících povodňových vln při letních přívalových deštích. K extrémní výšce srážek s velkou intenzitou, vyvolávající ničivé povodně, vedou zejména brázdy nízkého tlaku vzduchu, které se pohybují na cyklóně Vb a zůstanou stát na severních úbočích východních Krušných hor. Východní Krušnohoří proto patří k povodněmi nejvíce ohroženým oblastem ve střední Evropě. Z nedávné minulosti jsou známy zejména katastrofální povodně z července 1897, července 1927, července 1954, července 1957, července



Obr. 4.4-11: Schrammsteine u Bad Schandau



Obr. 4.4-12: Pohled z pevnosti Königstein na tabulovou horu Lilienstein



Obr. 4.4-13: Pohled z Bašty (Bastei) do labského údolí u Rathenu

1958 a srpna 2002, které způsobily mimořádně velké škody a kdy došlo i ke ztrátám na lidských životech (obr. 4.4-14 a 4.4-15). Pouze při povodni v červenci 1927 zahynulo v údolí Rybného potoka a toku Müglitz na 152 osob.



Obr. 4.4-14: Obec Berggießhübel v údolí Rybného potoka po povodni v červenci 1927



Obr. 4.4-15: Železniční trať Drážďany - Praha v Pirně po povodni v červenci 1957

V Drážďanech (484 000 obyvatel) bylo koryto ústí řeky Weißeřitz v letech 1891 - 1893 přeloženo do nového 2,9 km dlouhého kanalizovaného koryta a zaústěno o 4,8 km níže do Labe. Při povodních v letech 1897, 1958 a 2002 prora-



Obr. 4.4-16: Panorama Drážďan s pohledem na Labe

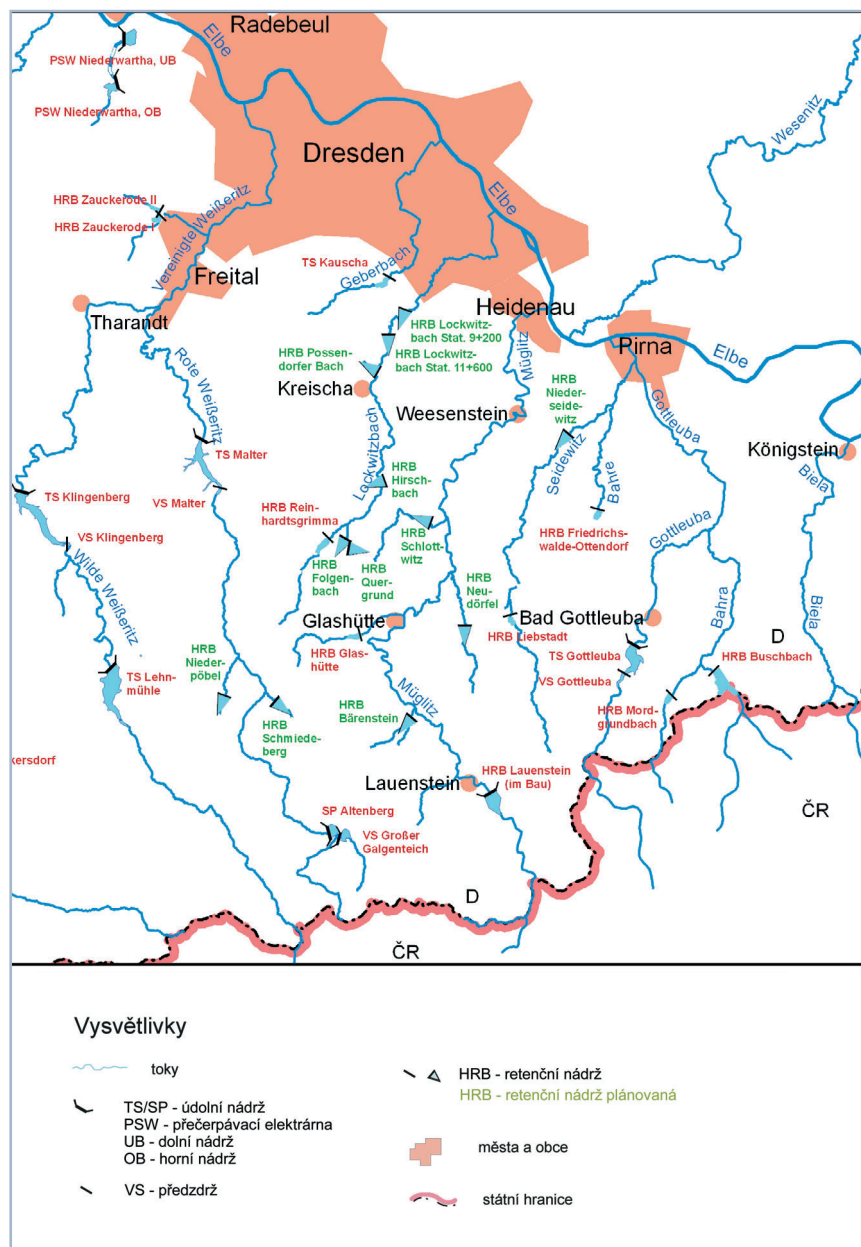
zila řeka Weißeřitz své nové koryto a zatopila v okolí svého původního koryta velkou část Drážďan. V srpnu 2002 to bylo 6 km².

Na území města Drážďany (obr. 4.4-16) byl v rámci rozšiřování obytných čtvrtí v roce 1904 vybudován ochranný kanál Ostragehege (2,5 km) a v roce 1921 ochranný kanál Kaditz (2,6 km). V případě stoleté povodně přispívá každý svou kapacitou 600 m³.s⁻¹ k povodňové ochraně části drážďanské čtvrti Neustadt (Nové Město).

Katastrofální povodně ve východních Krušných horách byly podnětem k postupnému vybudování **soustavy údolních nádrží východního Krušnohoří** (obr. 4.4-17).

Nejdříve byly v letech 1913 - 1931 postaveny vodní nádrže na toku Divoké Bystřice a Rote Weißeřitz. Po povodni v červenci 1957, která způsobila dosud největší záplavy v městských částech Pirny, byla zřízena soustava nádrží pro ochranu před povodněmi ve východních Krušných horách, která se skládá z údolní nádrže Gottleuba a z dalších 5 retenčních nádrží (obr. 4.4-17 a tab. 4.4-3).

Povodeň v srpnu 2002 v povodí toku Weißeřitz včetně Rote Weißeřitz a Divoké Bystřice překonala všechny dosavadní povodně. V povodí Rybného potoka by bez soustavy nádrží povodeň pravděpodobně dosáhla rozměrů katastrof z let 1927 a 1957. Údolní nádrž Gottleuba a retenční nádrže Buschbach, Mordgrundbach (obr. 4.4-18), Friedrichswalde-Ottendorf a



Obr. 4.4-17: Systava údolních nádrží východního Krušnohoří

Tab. 4.4-3: Významné vodní nádrže sloužící k ochraně před povodněmi ve východní části Krušných hor

Poř. čís.	Název vodní nádrže / vodní tok	Ovladatelný objem [mil. m ³]	z toho ochranný objem [mil. m ³]		Zahájení provozu [rok]
			do roku 2002	po roce 2002	
1.	Malter - Rote Weißeritz	8,78	2,28	4,34	1913
2.	Klingenberg - Divoká Bystřice	16,38	1,63	2,00	1914
3.	Lehnmühle - Divoká Bystřice	21,92	1,95	7,00	1931
4.	Retenční nádrž Buschbach - Buschbach/Petrovický potok (Bahra)/Rybný potok	2,40	2,40	2,40	1964
5.	Retenční nádrž Mordgrundbach - Slatina (Mordgrundbach)/Petrovický potok/Rybný potok	1,27	1,15	1,15	1966
6.	Retenční nádrž Liebstadt - Seidewitz/Rybný potok	1,08	1,01	1,01	1967
7.	Retenční nádrž Reinhardtsgrimma - Lockwitzbach/Labe	0,38	0,38	0,38	1969
8.	Retenční nádrž Friedrichswalde - Ottendorf-Bahre/Seidewitz/Rybný potok	1,52	1,45	1,45	1970
9.	Gottleuba - Rybný potok	12,97	2,00	3,00	1974
	Celkem	66,70	14,25	22,73	

Liebstadt snížily kulminační průtoky na Rybném potoce pod ústím toku Seidewitz z 332 m³.s⁻¹ na 213 m³.s⁻¹ a rozhodujícím způsobem přispěly ke zdržení povodňové vlny, čímž se podařilo zabránit souběhu povodňových vln z dalších mezipovodí.

Vzhledem k extrémním přítokům do nádrží Lehnmühle, Klingenberg a Malter na řece Weißeritz začala voda odtékat i přes bezpečnostní přelivy, přestože byl uvolněn vymezený ovladatelný ochranný prostor. Díky tomu, že obě vodní nádrže na Divoké Bystřici přispěly k časovému zdržení vrcholu povodňové vlny, nedošlo na soutoku Rote Weißeritz a Divoké Bystřice ve Freitalu k souběhu kulminace povodňových vln, a tím se podařilo na spojeném toku Weißeritz snížit kulminační průtok o 100 m³.s⁻¹.

Po povodni v srpnu 2002 byl na stávajících údolních nádržích zvýšen ovladatelný ochranný prostor o 8,48 mil. m³ (tab. 4.4-3) a celkový ovladatelný objem rozestavěné retenční nádrže Lauenstein (dokončení v roce 2006) na toku Müglitz z 2,47 na 5,19 mil. m³. Kromě toho budou na různých místech v povodí Rote Weißeritz, řeky Müglitz a potoka Lockwitzbach, ale i vodního toku Seidewitz v povodí Rybného potoka prováděny průzkumy ohledně zřízení dalších retenčních nádrží (obr. 4.4-17).

Údolní nádrže Lehnmühle a Klingenberg (obr. 4.4-19) zabezpečují také zásobování pitnou vodou, a to nejen okresního města Freital (39 000 obyvatel), ale v dlouhodobém průměru ze 70 % dodávají vodu i do Drážďan a okolí s celkovým počtem 530 000 obyvatel. Surová voda se převádí samospádem z nádrže Klingenberg 19,2 km dlouhým přívadem (10,5 km potrubí a 4 štolý o délce 8,7 km) do vodárny Coschütz v Drážďanech.

Zbývajících 30 % celkové potřeby vody ve výši 38 mil. m³ se upravuje směřováním vody z břehového filtrátu, podzemní vody a infiltrace vody z Labe v drážďanských vo-



Obr. 4.4-18: Retenční nádrž Mordgrundbach



Obr. 4.4-19: Vodárenská nádrž Klingenberg na Divoké Bystřici

dárnách Hosterwitz a Tolkewitz, situovaných v blízkosti Labe (tab. 4.4-4). V nouzových situacích existuje možnost krátkodobě zásobit dotčenou oblast vodou kompletně buď z těchto vodáren nebo ze soustavy údolních nádrží, jako tomu bylo např. při povodni v srpnu 2002.

Pod Drážďanami leží na levém břehu Labe přečerpávací elektrárna Niederwartha (obr. 4.4-20). Při zahájení provozu

v roce 1929 patřila tato elektrárna se svým výkonem 80 MW k prvním větším přečerpávacím elektrárnám na světě. Výkon elektrárny byl v roce 1960 při stávajícím průměrném spádu 143 m zvýšen na 120 MW. Po odstranění škod vzniklých při povodni v srpnu 2002 dosahuje elektrárna od listopadu 2003 výkonu 40 MW. Plánuje se její další rozšíření. Přečerpávací elektrárna Niederwartha je v povodí Labe jednou z deseti elektráren tohoto typu (tab. 4.7-6).

U Míšně (Meißen) vstupuje Labe do sprašové pahorkatiny Mittelsächsisches Lößhügelland, kde se zařezává až 100 m hluboko do krajiny. Touto markantní soutěskou Labe protéká až do oblasti pod Míšní (obr. 4.4-21 a 4.4-22).



Obr. 4.4-20: Přečerpávací elektrárna Niederwartha



Obr. 4.4-21: Labe u Míšně s hradem Albrechtsburg a katedrálou

U zámku Hirschstein (ř. km 96,0), přibližně 14 km pod Míšní, se Labe dostává do Severoněmecké nížiny. Zde končí úsek Horního Labe v délce 463,3 km a plochou povodí 54 170 km². Navazující úsek Středního Labe se táhne až k jezu Geesthacht v celkové délce 489,2 km (tab. 2.1-2).

Přibližně 12 km nad Riesou (38 000 obyvatel) začíná široké labské údolí, zvané Riesa-Torgauer Elbtal, které se rozprostírá až k ústí Černého Halštrovu v říčním km 198,5 (obr. 4.4-1). Mezi největší přítoky od Riesy patří **Jahna** (244 km²), **Döllnitz** (215 km²), **Dahle** (230 km²) a **Weinske** (355 km²). V povodí řek Döllnitz a Weinske se nachází 60 rybníků o celkové rozloze 6,9 km².

Nad ústím Černého Halštrovu na pravém břehu Labe u obce Dautzschen (ř. km 163,2) došlo při povodni v srpnu 2002 k největšímu protržení ochranné hráze (obr. 4.4-23). V trojúhelníku Labe – Černý Halštrov bylo zatopeno území o rozloze 214 km². Tato plocha je téměř dvojnásobkem plochy hladiny jezera Müritz (112,6 km²), největšího německého jezera vůbec.



Obr. 4.4-22: Labská soutěska u obce Diesbar-Seußlitz pod Míšní



Obr. 4.4-23: Protržená hráz u obce Dautzschen při povodni v srpnu 2002

4.4.3 Jímání břehového filtrátu podél Labe

Vedle drážďanských vodáren Hosterwitz a Tolkewitz jsou na úseku Labe mezi říčním km 150 a říčním km 182 v okolí města Torgau další 4 vodárny s jímáním břehového filtrátu (obr. 4.4-24 a 4.4-25).

Vývoj úpravy pitné vody z těchto vodáren je přehledně uveden v tab. 4.4-4. Podíl čerpaného množství břehového filtrátu v poměru k velikosti odběrů podzemní vody se pohybuje od 70 do 90 %.

Vodárny v labské nivě v okolí Torgau a soustava dálkového zásobování vodou, vybudovaná v letech 1941 - 1990, zásobují města Lipsko a Halle, okolní města a obce, ale do určité míry také průmysl. Propojením soustavy dálkového zásobování vodou ve východní části Harcu se soustavou údolních nádrží Rappbode (viz kap. 4.7.7) vznikla v roce 1966 jednotná soustava vodovodní sítě nazývaná Labská niva - východní Harc se systémem potrubí v délce více než 700 km, která se nachází ve správě podniku Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH (obr. 4.4-25).

Od roku 1990 se spotřeba pitné vody snížila, a proto bylo možno snížit i kapacitu vodáren. V roce 2000 bylo 2,4 mil. obyvatel v regionu mezi Harcem a Labem dodáno 73,7 mil. m³ pitné vody, z toho 39,7 mil. m³ z východní části Harcu a 34,0 mil. m³ z labské nivy a vodárny Kossa, která jímá podzemní vodu v Dübener Heide (2,5 mil. m³ za rok). Také v budoucnu zůstane jímání břehového filtrátu podél Labe významným zdrojem pro bezpečné a stabilní zásobování pitnou vodou středoněmeckého regionu.



Obr. 4.4-25: Soustava dálkové vodovodní sítě v labské nivě u Torgau a východní části Harcu ve správě podniku Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH



Obr. 4.4-24: Vodárna Torgau-Ost v říčním km 150

Tab. 4.4-4: Přehled významných vodáren na Labi s jímáním břehového filtrátu

Název vodárny	Dodávky vody [mil. m ³ /rok]				Kapacita vodárny [tis. m ³ /d]	
	1989	1990	1995	2000	1989	2000
Drážďany-Hosterwitz ¹⁾	14,3	13,1	9,2	4,8	80	60
Drážďany-Tolkewitz	11,6	14,6	-	4,6	46	35
Drážďany celkem	25,9	27,7	9,2	9,4	126	95
Torgau-Ost	31,7	29,6	21,5	19,5	150	125
Mockritz	31,4	30,2	13,0	6,6	109	69
Sachau	13,2	11,0	5,9	3,2	46	23
Pretzsch	4,6	3,9	2,9	2,2	17	11
Elbaue Torgau celkem	80,9	74,7	43,3	31,5	322	228

1) včetně infiltrace z Labe

4.4.4 Regulace toku a eroze říčního koryta

Na základě ustanovení Vídeňského kongresu v roce 1815 a dohody o plavbě na Labi (Elbeschiffahrtsakte), která byla podepsána 23. 6. 1821 v Drážďanech-Pillnitz, byl tok Labe v několika etapách systematicky upravován pro účely lodní dopravy. Na českém úseku Labe se v letech 1870 - 1890 prováděla **regulace na střední vodu**. Na území tehdejšího Saského království (po ř. km 121,0) probíhaly v letech 1860 - 1900 především stavební úpravy v podélném profilu toku (opevňování břehů a koncentrační hráze) a budování prahů. Na území někdejšího Pruského království (od ř. km 121,0) v letech 1844 - 1892 se jednalo převážně o zřizování koncentračních výhonů, což jsou regulační hráze vyčnívající směrem do toku (obr. 4.4-26). Již v roce 1858 bylo vybudováno na 4 300 výhonů. Dnes je na německém úseku Labe 6 900 výhonů a 327 km opevněných břehů a koncentračních hrází (obr. 4.4-27).

Výška koruny výhonů a koncentračních hrází (pod ř. km 121,0) byla stanovena zpravidla na tehdejší dlouhodobý průměrný vodní stav. Pomocí těchto úprav byl zúžen příčný průtočný profil, čímž bylo dosaženo požadované hloubky vody. Regulace na střední vodu Labe ovšem po určité době rostoucím požadavkům lodní dopravy již nestačila, a proto byla na německé straně provedena **regulace na nízkou vodu**. Během první regulace na nízkou vodu v letech 1893 - 1930 byly na čele stávajících výhonů budovány kamenné vlnolamy a silně erodované úseky byly stabilizovány pomocí prahů ve dně koryta (zejména nad ř. km 121,0), opevňováním břehů dalších úseků a stavbou koncentračních hrází. S druhou etapou regulace na nízkou vodu se začalo v roce 1931, ovšem tyto práce nebyly kvůli válečným přípravám dokončeny. Cílem regulace na nízkou vodu bylo zabezpečit nad ústím Sály minimální plavební hloubku 1,10 m a pod ústím Sály od 1,25 m do 1,40 m. Kromě toho se v polovině 30. let 20. století zvažovala výstavba akumulační nádrže o objemu 128 mil. m³, která měla být vybudována nedaleko Pirny na pravém břehu Labe pod ústím říčky Wesenitz. Tato nádrž měla zabezpečit na úseku Labe nad soutokem se Sálou minimální plavební



Obr. 4.4-26: Výhony na Labi u obce Belgern (ř. km 140)



Obr. 4.4-27: Opevnění svahu konkávního břehu Labe u Lostau pod Magdeburkem

hloubku 1,40 m. Projekt byl znovu zvažován v polovině 50. let 20. století, ovšem kvůli vysokým nákladům a nízké efektivnosti byla jeho realizace posléze zamítnuta.

V souvislosti s vyhodnocením povodně v srpnu 2002 nebudou vodohospodářské úpravy na Labi již zaměřeny na zlepšování hloubky plavební dráhy. Budoucí údržbové práce a opravy mají pouze preventivně zamezit zhoršování plavebních poměrů a zabezpečit řádný průtok v korytě na střední vodu. To znamená, že stav před povodní v srpnu 2002 zůstane zachován a nebude se zhoršovat. Proto bylo v zájmu plavby v roce 2003 prověřováno, zda mají nezbytná opatření údržby vliv na průběh případných povodní či nikoliv. Údržbové práce jsou navrhovány tak, aby pro plavbu na úseku mezi Schönou a Drážďanami zabezpečovaly stav před povodní v srpnu 2002, tj. průběžnou plavební hloubku 1,5 m a od Drážďan po jez Geesthacht 1,6 m za rovnovážného vodního stavu (GIW). V Německu je za rovnovážný vodní stav na Labi považován stav vody, kterého je v průměru dosaženo nebo nedostoupeno 20 dní v roce v období bez výskytu ledových jevů. Pohybuje se řádově kolem dlouhodobého průměrného minimálního vodního stavu. K dosažení tohoto cíle jsou prováděna opatření proti také ekologicky nevhodné hloubkové erozi. V určitých úsecích je zapotřebí akceptovat omezenou šířku plavební dráhy (jednosměrný plavební provoz). Šířka plavební dráhy činí v úseku nad Drážďanami 40 m a pod Drážďanami 50 m. Výjimku tvoří městský úsek v Magdeburku, kde šířka z důvodu většího sklonu dosahuje pouhých 35 m.

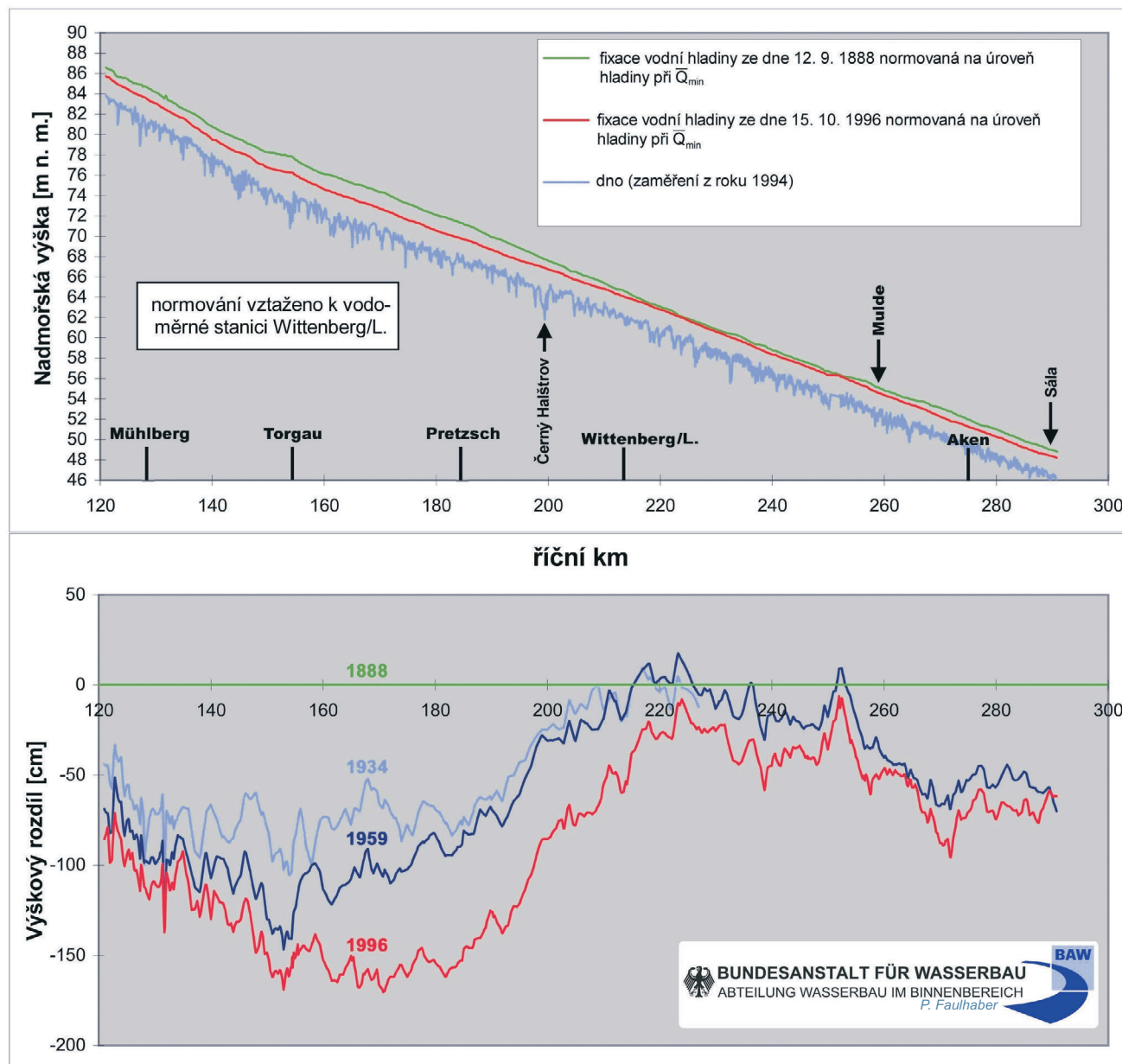
V průběhu staletí bylo Labe po obou stranách spoutáno v důsledku vybudování ochranných hrází (viz kap. 3.1) a s tím spojeného zúžení labských niv, ale i vodohospodářskými opatřeními v rámci regulací na střední a nízkou vodu a zkracováním délky toku (viz kap. 3.2). Tyto zásahy zabránily boční erozi s průběžnou změnou trasy toku v údolní nivě, což urychlilo **hloubkovou erozi dna**. K zesílení eroze navíc přispívá i snížení vnosu dnových splavenin z horních úseků toku, které je následkem výstavby jezů a vodních nádrží na Labi a jeho přítocích.

Největší eroze koryta Labe se dnes projevuje na 110 km dlouhém úseku, tzv. erozním úseku Labe mezi říčním km

120,0 (nad Mühlbergem) a říčním km 230,0 (pod městem Wittenberg/L.). Na tomto úseku se jedná o dlouhodobé a rozsáhlé prohlubování říčního koryta. To se projevuje zejména za nízkých a středních stavů vody poklesem vodní hladiny, což má za následek pokles hladiny podzemních vod v údolní nivě s příslušnými dopady na floru a faunu. Tento jev může rovněž ohrozit stabilitu stavebních objektů na toku. Na obr. 4.4-28 je pro roky 1934, 1959 a 1996 graficky znázorněn vývoj hladiny vody v erozním úseku Labe v porovnání s rokem 1888.

Z grafu je jednoznačně patrné, že mezi říčním km 150,0 (nad Torgau) a říčním km 180,0 (nad obcí Pretzsch) došlo v období 1888 - 1996 k poklesu hladiny vody až o 1,7 m při porovnatelných průtocích. V současné době zde eroze postupuje rychlostí 1 až 2 cm za rok. Na úseku Labe nad říčním km 120,0 se stavbou příčných prahů do říčního dna podařilo erozi utlumit.

Určitou možnost ke zmírnění eroze představuje zvýšení objemu splavenin, což se provádí umělým přidáváním materiálu. Po několikaletém testování (1996 - 2000) se bude nyní na dvou místech erozního úseku přidávat pravidelně 40 000 t splavenin za rok. K dalším možnostem utlumení eroze patří stabilizace dna koryta příčnými prahy a stabilizace dnových výmolů, uzpůsobení výšky výhonů a opevnění břehů a opatření v předpolích hrází, jako jsou např. odvodňující příkopy na březích a napojení starých ramen. Posledně jmenované typy opatření jsou prozkoumány i po vědecké stránce a v budoucnu je bude možno postupně realizovat. Všechny tyto aktivity mohou docílit pouze zmírnění eroze, protože navýšení dna říčního koryta je technicky neproveditelné.



Obr. 4.4-28: Vývoj vodní hladiny v erozním úseku Labe od roku 1888

4.5 Černý Halštrov

*Řeka, jednou zkalená,
musí chvíli plynout,
než silou vlastní zmocněná
vyléčí plně újmu svou.
(Friedrich Rückert)*

Od pramene v pahorkatině Lausitzer Hügelland po soutok s Labem v říčním km 198,5 nad městem Wittenberg/L. měří Černý Halštrov celkem 178,6 km a má výškový rozdíl 242 m.

Povodí Černého Halštrovu se rozkládá na 5 705 km², z toho 91 % plochy připadá na nížiny s výškami pod 200 m n. m. a pouze 9 % (500 km²) na pahorkatiny. Nejvyšším vrcholem je Picho (499 m n. m.) v dílčím povodí řeky Hoyerwerdaer Schwarzwasser (obr. 4.5-1).

Horní tok směřuje na sever, resp. severovýchod a již v severní části Horní Lužice, bohaté na lesy, vřesoviště a rybníky (Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet), nedosahuje nadmořská výška ani 150 m. Od města Hoyerswerda se řeka stáčí na severozápad a poté od pánve Senftenberg-Finsterwalder Becken pokračuje západním směrem. Pod soutokem s řekou Große Röder směřuje tok Černého Halštrovu opět na severozápad, protéká nížinou Elsterniederung s výškami pod 75 m n. m., aby následně ukončil svou pouť soutokem s Labem. Směr toku Černého Halštrovu pod soutokem s řekou Große Röder odpovídá trase 20 až 30 km širokého vřesovsko-magdeburského praúdlí.

Výběžky koncových morén, jako je např. Lužický hraniční val (Lausitzer Grenzwall) a Nízký Fläming, tvoří severozápadní rozvodnici s povodím Sprévy a Havoly.

Průměrné roční teploty vzduchu se téměř v celém povodí Černého Halštrovu pohybují od 8,5 do 9 °C. Pouze v pahorkatině Lausitzer Hügelland klesají na 7 až 8 °C.

Průměrný roční úhrn srážek v povodí Černého Halštrovu se pohybuje kolem 600 mm. Nejvyšších hodnot 700 až 800 mm dosahuje v pahorkatině Lausitzer Hügelland a nejnižších od 500 do 550 mm v nížině Elsterniederung.

Přirozené odtokové poměry v povodí Černého Halštrovu jsou výrazně ovlivněny lidskou činností. K těmto zásahům patří:

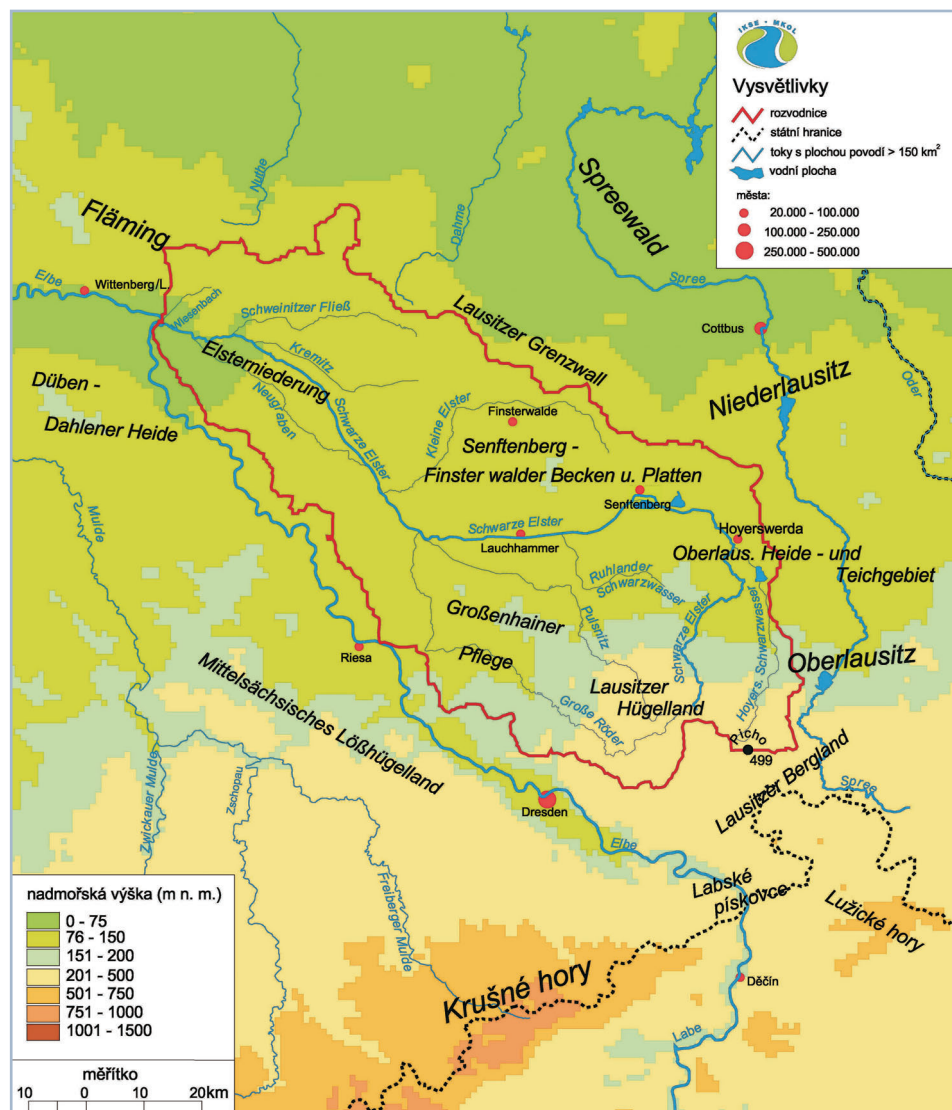
- otvírky rozsáhlých hnědouhelných povrchových dolů v regionech převážně na pravém břehu Černého Halštrovu mezi městy Hoyerswerda a Lauchhammer.

- 13 nádrží s ovladatelným objemem nad 0,3 mil. m³, což představuje celkový ovladatelný objem 42,9 mil. m³, z toho

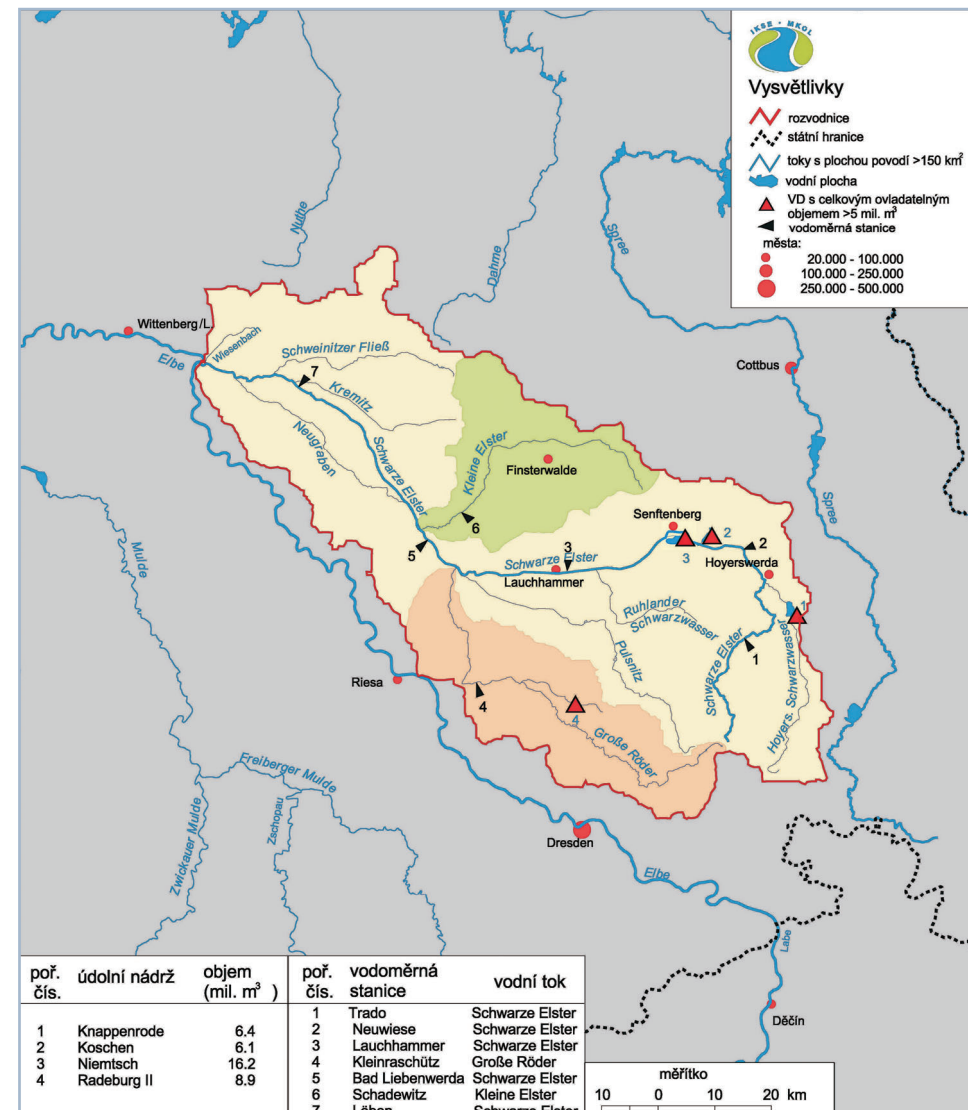
připadá 8,9 mil. m³ na ochranný objem. Tři nádrže jsou zatopené důlní jámy.

- rozsáhlé přeložky trasy toku, napřimování koryta a ohrázení, zejména u Černého Halštrovu a toku Große Röder, v zájmu povodňové ochrany, zemědělství a v souvislosti se otevíráním povrchových dolů hnědého uhlí.

Ke znázornění odtokové situace jsou v tab. 4.5-1 a 4.5-2 uvedeny hydrologické charakteristiky 10 vybraných vodoměrných stanic a na grafech obr. 4.5-3 je vyznačen roční průběh průtoků v 5 stanicích na Černém Halštrovu a v 5 stanicích na přítocích. Umístění většiny stanic je znázorněno na obr. 4.5-2.



Obr. 4.5-1: Topografická mapa povodí Černého Halštrovu/Schwarze Elster



Obr. 4.5-2: Hydrografická mapa povodí Černého Halštrovu/Schwarze Elster s dílčími povodími nad 700 km²

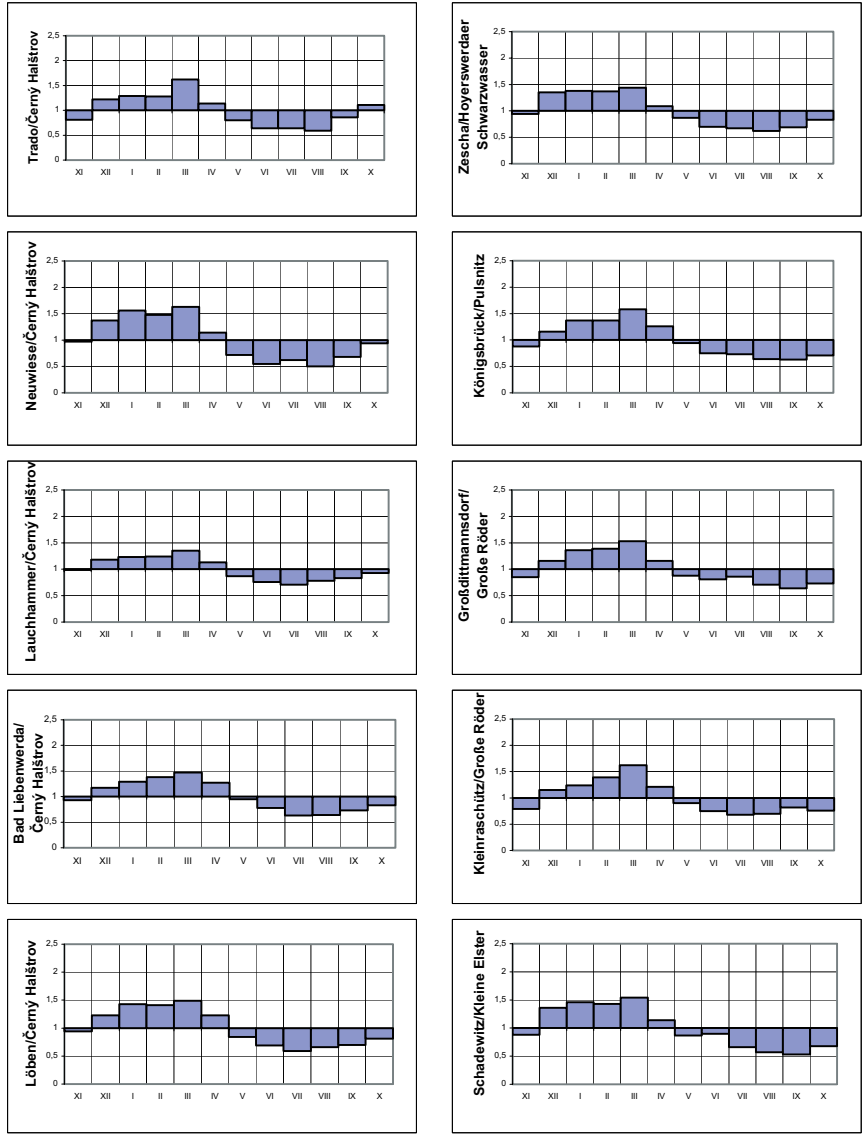
Tab. 4.5-1: Základní hydrologické charakteristiky průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Černého Halštrovu (Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.5-2.)

Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Říční km	Plocha povodí (A)	Dlouhodobý průměrný průtok (Q_a)	Dlouhodobý průměrný minimální průtok (Q_{min})	Dlouhodobý průměrný maximální průtok (Q_{max})	Období
			[km]	[km ²]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	
1.	Černý Halštov	Trado	149,4	166	0,875	0,165	9,00	1964 - 2000
	Hoyerswerdaer Schwarzwasser	Zescha	20,0 ¹⁾	180	1,04	0,327	10,9	1966 - 2000
2.	Černý Halštov	Neuwiese	124,2	669	2,98	0,263	21,1	1955 - 2000
3.	Černý Halštov	Lauchhammer	87,5	1 513	6,31	2,97	21,3	1974 - 2000
	Pulsnitz	Königsbrück	53,4 ¹⁾	92	0,786	0,191	10,4	1927 - 2000 (bez let 1945 a 1946)
	Große Röder	Großdittmannsdorf	61,4 ¹⁾	300	2,25	0,605	26,4	1921 - 2000 (bez let 1944 - 1946)
4.		Kleinraschütz	30,0 ¹⁾	679	4,04	1,05	26,3	1962 - 2000
5.	Černý Halštov	Bad Liebenwerda	59,6	3 184	16,1	5,99	54,1	1961 - 2000
6.	Kleine Elster	Schadewitz	11,2 ¹⁾	637	2,08	0,346	9,90	1956 - 2000
7.	Černý Halštov	Löben	21,6	4 327	19,6	6,49	67,0	1974 - 2000

1) říční km nad soutokem s Černým Halštrovem

Tab. 4.5-2: Charakteristika hydrologického režimu ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Černého Halštrovu (Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.5-2.)

Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Průměrný specifický odtok [l.s ⁻¹ .km ⁻²]	Dlouhodobý průměrný průtok				$\overline{Q}_{\min} : Q_a$	$Q_a : \overline{Q}_{\max}$
				Zimní hydrologické pololetí		Letní hydrologické pololetí			
				[m ³ .s ⁻¹]	[%]	[m ³ .s ⁻¹]	[%]		
1.	Černý Halštov	Trado	5,3	1,07	61	0,677	39	1 : 5,3	1 : 10,3
	Hoyerswerdaer Schwarzwasser	Zescha	5,8	1,32	63	0,766	37	1 : 3,2	1 : 10,5
2.	Černý Halštov	Neuwiese	4,5	4,01	67	1,97	33	1 : 11,3	1 : 7,1
3.		Lauchhammer	4,2	7,50	59	5,14	41	1 : 2,1	1 : 3,4
	Pulsnitz	Königsbrück	8,5	1,00	64	0,574	36	1 : 4,1	1 : 13,2
4.	Große Röder	Großdittmannsdorf	7,5	2,79	62	1,72	38	1 : 3,7	1 : 11,7
		Kleinraschütz	5,9	4,99	62	3,10	38	1 : 3,8	1 : 6,5
5.	Černý Halštov	Bad Liebenwerda	5,1	20,2	62	12,2	38	1 : 2,7	1 : 3,4
6.	Kleine Elster	Schadewitz	3,3	2,71	65	1,46	35	1 : 6,0	1 : 4,8
7.	Černý Halštov	Löben	4,5	25,3	64	14,0	36	1 : 3,0	1 : 3,4



Obr. 4.5-3: Roční průběh průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Černého Halštrovu, vyjádřený jako podíl dlouhodobých měsíčních a ročních průměrů ($Q_{měsíc}/Q_a$)

Na základě výše uvedených dat v tabulkách a na obr. 4.5-3 lze odtokové poměry charakterizovat takto:

■ Odtokový režim je v převážné části povodí výrazně ovlivněn dopady dlouholeté lidské činnosti, což se projevuje jak u hydrologických dat, tak i na průběhu průtoků během roku. Mezi tyto dopady patří kolísající množství vypouštěné podzemní vody odčerpávané z dolů, zejména při odvodňování předpolí hnědouhelných dolů, převody vody za účelem zatápění zbytkových jam po těžbě, odvodňování velkých zemědělských ploch, především v 70. a 80. letech 20. století, řada vzdouvacích objektů a odběrů vody pro zavlažování zemědělských ploch a stavba několika retenčních a zásobních vodních nádrží. Tyto jevy, jako např. velký průtok v říjnu ve vodoměrné stanici Trado a poměr mezi průměrným minimálním průtokem a průměrným ročním průtokem $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ s hodnotou 1 : 11,3 ve stanici Neuwiese, jsou stejně nepřírozené, jako celý průběh ročních průtoků ve stanici Lauchhammer. Specifický odtok v povodí Černého Halštrovu nejdříve pod stanicí Trado ($5,3 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$) až po stanici Lauchhammer ($4,2 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$) klesá, poté se díky relativně velkým přítokům z řek Pulsnitz a Großer Röder po město Bad Liebenwerda zvětšuje ($5,1 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$) a následně, vzhledem k malému odtoku v dolní části povodí opět klesá na $4,5 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$.

■ Ve vrchovině Lausitzer Bergland a v pahorkatině Lausitzer Hügelland se průměrné specifické odtoky na horním toku Černého Halštrovu, Hoyerswerdaer Schwarzwasser, Pulsnitz a Großer Röder pohybují od 7 do $9 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Zde mají odtokové poměry ještě poměrně přirozený charakter, což je patrné i na průběhu průtoků během roku, jak je např. vidět i na obr. 4.5-3 ve vodoměrných stanicích Zescha, Königsbrück a Großdittmannsdorf. Tento přirozený průběh podtrhuje i rozdělení zimních a letních odtoků v poměru 63 : 37 %, poměr $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ s hodnotami 1 : 3 až 1 : 4 a poměr $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ s hodnotami 1 : 7 až 1 : 12. Velké hodnoty vyjádřené poměrem $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ jednoznačně ukazují na možnost rizika vzniku povodní v těchto oblastech, zejména po letních přívalových deštích. Ke zmenšení kulminačních průtoků se využívají vodní nádrže, které na druhé straně v letním období umožňují nalepšování minimálních průtoků. Tato skutečnost se odráží i ve vodoměrné stanici Kleinraschütz/Großer Röder poměrem

$Q_a : \bar{Q}_{\max}$ 1 : 6,5 a průběhem průtoků během letního hydrologického pololetí.

4.5.1 Černý Halštov od pramene po soutok s Labem

Černý Halštov pramení na východním svahu Hochsteinu (488 m n. m.) v nadmořské výšce 311 m. Pramen a prameniště nejvýznamnějších přítoků Hoyerswerdaer Schwarzwasser, Pulsnitz a Großer Röder se nacházejí v pahorkatině Lausitzer Hügelland (obr. 4.5-1). Při sklonu 12,4 ‰ dosahuje tok Černého Halštrovu již 13 km pod pramenem u města Kamenz úroveň 150 m n. m. Sklon po soutok s řekou **Hoyerswerdaer Schwarzwasser** (282 km²) činí již pouze 1,0 ‰. Ke zlepšení povodňové ochrany byly v horní části povodí Hoyerswerdaer Schwarzwasser vybudovány tři retenční nádrže, přičemž je ve dvou z nich vymezen ovladatelný objem nad 0,30 mil. m³ (obr. 4.5-4), a koryto Černého Halštrovu bylo v městech a obcích upraveno (obr. 4.5-5).



Obr. 4.5-4: Retenční nádrž Göda (0,42 mil. m³)



Obr. 4.5-5: Upravené koryto Černého Halštrovu ve městě Hoyerswerda

Dolní část povodí řeky Hoyerswerdaer Schwarzwasser v blízkosti města Königswartha a Černý Halštov pod Kamenzem (obr. 4.5-1) patří k regionu Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet s 350 rybníky (18,1 km²), které slouží v první řadě chovu kaprů (viz kap. 4.9.2).

Střední část povodí Černého Halštrovu, která se rozprostírá od města Hoyerswerda (45 000 obyvatel) přes Senftenberg (30 000 obyvatel) a Lauchhammer (20 000 obyvatel) po soutok s řekou Großer Röder, se vyznačuje sklonem 0,45 ‰.

V současnosti je většina uvedené oblasti ovlivněna dopady těžby hnědého uhlí (viz kap. 4.5.2). V její prospěch bylo koryto Černého Halštrovu a řady přítoků upraveno, často utěsněno a na délce více než 70 km přeloženo. Lokálně byla trasa překládána dokonce několikrát.

Téměř nezávisle na těžbě hnědého uhlí byl tok Černého Halštrovu v délce 90 km (v úseku 8 km nad Senftenbergem po 6 km nad soutokem s řekou Kremitz) napřimován a ohrázován již v 50. a 60. letech 19. století. Průpichy vedly k odstranění meandrů a ke zkrácení vodního toku cca o 30 km.

V letech 1945 - 1969 byl značně upravován, napřimován a kompletně ohrázován dolní tok Černého Halštrovu, který začíná 6 km nad soutokem s řekou Kremitz. Předtím v tomto úseku řeka značně meandrovala. V souvislosti s uvedenými zásahy a v zájmu odvodňování rozsáhlých zemědělsky využívaných území bylo ústí řeky **Wiesenbach** (163,5 km²) přeloženo z Labe do Černého Halštrovu. Následkem toho se plocha povodí Černého Halštrovu zvětšila z 5 541,4 km² na 5 704,9 km².

Mezi další přítoky s plochou povodí nad 150 km² (obr. 4.5-2) se řadí kromě Hoyerswerdaer Schwarzwasser i **Ruhlander Schwarzwasser** (269 km²), **Pulsnitz** (354 km²), **Große Röder** (859 km²), **Kleine Elster** (717 km²), **Kremitz** (177 km²), **Schweinitzer Fließ** (576 km²) a **Neugraben** (308 km²).

U města Elsterwerda odbočuje v místě ústí řeky Pulsnitz 22 km dlouhý kanál **Grödel-Elsterwerdaer Floßkanal**, který pokračuje až do Labe u obce Grödel (ř. km 104) nad městem Riesa. Kanál byl vybudován v letech 1742 - 1748, sloužil nejdříve k přepravě dříví z Míšně do Drážďan, od roku 1779 rovněž železných rud a vápna do železářny Gröditz a do roku 1947 i k transportu dalšího zboží. Výškový rozdíl 10 m je překonán třemi plavebními komorami. Ve spojitosti s Grödel-Elsterwerdaer Floßkanalem pluly také v 28 km dlouhém říčním úseku Černého Halštrovu mezi městy Lauchhammer a Bad Liebenwerda čluny s nákladem až 15 tun železných rud a vápna, které zásobovaly v letech 1864 - 1876 huť Lauchhammer. V 70. a 80. letech 20. století zajišťoval kanál zavlažování 5 800 ha přilehlých pozemků, přičemž potřebná

voda byla převáděna z Labe pomocí plovoucí čerpací stanice.

Große Röder (105,2 km) je největším přítokem Černého Halštrovu. Pramení v pahorkatině Lausitzer Hügelland v nadmořské výšce 326 m, protéká regionem Großenhainer Pflege a ústí v oblasti pánve Senftenberg-Finsterwalder Becken (obr. 4.5-1). V povodí řeky Große Röder se nachází 8 vodních nádrží s ovladatelným objemem nad 0,3 mil. m³. Jejich celkový ovladatelný objem činí 13,46 mil. m³. Mezi ně

patří také dvě údolní nádrže u města Radeburg a 4 nádrže v regionu **Moritzer Teichgebiet** (obr. 4.5-6). Rybníční soustava Moritzer Teichgebiet, která se nachází na severu od Drážďan, byla založena za účelem rybolovu již koncem 15. a začátkem 16. století. Celkem 23 rybníků (3,45 km²) slouží chovu komerčních ryb (150 tun za rok – především kaprů) a několik nádrží se využívá k rekreaci.

Vodní nádrže Radeburg I (1937) a Radeburg II (1953) byly vybudovány pro potřeby povodňové ochrany a nalepšování



Obr. 4.5-6: Zámek Moritzburg, centrum rybníční soustavy Moritzburg

minimálních průtoků. V dlouhodobém průměru se z nádrže Radeburg I (ovladatelný objem 0,69 mil. m³) na řece Große Röder odvádí 5,1 km dlouhým spojovacím kanálem 0,19 m³.s⁻¹ vody do nádrže Radeburg II (ovladatelný objem 8,9 mil. m³, z toho 3,48 mil. m³ ochranného objemu) na toku Dobrabach (obr. 4.5-2 a 4.5-7). Vodou z nádrže Radeburg II jsou nalepšovány průtoky toku Dobrabach, který po 9 km ústí do Große Röder. Navíc se podzemní vody (40 l.s⁻¹) bezprostředně pod nádrží Radeburg II, které jsou doplňovány infiltrací, od roku 1988 využívají k zásobování pitnou vodou.

Pod soutokem s řekou Große Röder protéká Černý Halštov v délce 67 km nížinou Elsterniederung při sklonu 0,26 ‰, aby se pak nad městem Wittenberg/L. v říčním km 198,5 vléval do Labe (obr. 4.5-8).



Obr. 4.5-7: Vodní nádrž Radeburg II



Obr. 4.5-8: Soutok Černého Halštrovu s Labem

4.5.2 Hnědouhelné revíry v povodí Černého Halštrovu

Ložiska hnědého uhlí se nacházejí hlavně v povodí středního toku Černého Halštrovu mezi městy Hoyerswerda, Lauchhammer a Elsterwerda, přičemž jádro tvoří oblast kolem Senftenbergu. Další menší sloje hnědého uhlí v povodí toku Kleine Elster byly vyuhleny již do poloviny 20. století (obr. 4.5-1).

Poprvé bylo hnědé uhlí nalezeno v okolí města Lauchhammer v roce 1789. Zahájení průmyslové těžby uhlí se ale datuje až do roku 1835. Nejdříve se uhlí těžilo v malých otevřených jamách, později i v hlubinných dolech. V roce 1864 byla uvedena do provozu řada dolů v blízkosti Senftenbergu. Počet menších jam velmi razantně rostl a v roce 1888 vznikl v Senftenberském revíru první povrchový důl. V roce 1890 bylo v povodí Černého Halštrovu vytěženo 2,5 mil. tun a v roce 1913 již 19 mil. tun uhlí. V současnosti existuje 40 menších důlních jezer. Většina z nich má velmi kyselou vodu s hodnotou pH pod 3 a rozlohu několika málo hektarů. Vznikaly převážně v prvních desetiletích 20. století.

Vývojem a nasazením nové techniky těžba uhlí neustále rostla. V povrchovém dole Agnes u obce Plessa západně od města Lauchhammer byl v roce 1924 uveden do provozu první skryvkový most na světě.

Objem vody čerpané z dolů do Černého Halštrovu se stále zvětšoval a v roce 1941 dosáhl téměř 10 m³.s⁻¹ (obr. 4.9-24). Útlumem těžby uhlí během 2. světové války a v poválečném období kleslo vypouštění vody vyčerpané z dolů na 5 m³.s⁻¹. Od roku 1955 znovu rostlo a následkem otevírání a provozu několika velkokapacitních dolů přesáhlo v 60. letech 10 m³.s⁻¹. Současně se tím značně zvětšovalo území se sníženou hladinou podzemních vod (obr. 4.9-25).

Pouze v 5 velkokapacitních dolech Niemtsch (důlní jezero Senftenberger See), Koschen, Skado, Sedlitz a Meuro (obr. 4.9-26) bylo vytěženo více než 1 mld. tun uhlí. Útlumem

povrchového dolu Meuro v roce 1999 těžba hnědého uhlí v povodí Černého Halštrovu skončila.

Povrchový důl Niemtsch byl zrušen v roce 1966 a v letech 1967 – 1971 zatápen vodou z Černého Halštrovu. Od té doby se nazývá Senftenberger See. Vodní plocha dosahuje 1 066 ha, maximální hloubka vody 23 m a objem 160 mil. m³. Jezero slouží k rekreaci a k akumulaci vody. Stejně využití má i důlní jezero Knappensee nedaleko od města Hoyerswerda (vodní plocha 279 ha, maximální hloubka vody 11 m), jehož napouštění bylo zahájeno již v roce 1949. V roce 1972 byl zrušen povrchový důl Koschen a následně také upraven na vodní nádrž. Vodu ale v současnosti nelze využít, protože je značně okyselená (tab. 4.5-3).

Kromě rekreace slouží uvedené vodní nádrže především nalepšování minimálních průtoků v Černém Halštrovu, průmyslovým účelům a povodňové ochraně. Vodní nádrže Koschen a Niemtsch spojuje nad městem Senftenberg štola se stavidlovým uzávěrem, která probíhá pod Černým Halštrovem. Na něm se nedaleko obce Kleinkoschen nachází rozdělovací objekt (obr. 4.5-9), kterým lze dvěma vtokovými objekty do štoly odvádět vodu buď do obou nádrží nebo – po uzavření štolového stavidla – pouze do jedné z nádrží.

Tab.: 4.5-3: Důlní jezera s ovladatelným objemem

Poř. čís.	Název důlního jezera / vodní tok	Ovladatelný objem [mil. m ³]	z toho ochranný objem [mil. m ³]	Zahájení provozu [rok]
1.	Knappenrode (Knappensee) / boční nádrž toku Hoyerswerdaer Schwarzwasser	6,38	1,41	1953
2.	Niemtsch (Senftenberger See) / boční nádrž Černého Halštrovu	16,20	2,91	1974
3.	Koschen (Geierswalder See) / boční nádrž Černého Halštrovu	6,10	—	1985
	Celkem	28,68	4,32	

V krajině starých morén v Dolní Lužici (Niederlausitz), která se vyznačuje malým počtem přirozených jezer, vzniká zatápením zrušených povrchových dolů (viz kap. 4.9.3) řada důlních jezer. Vedle významnosti z hlediska vodního hospodářství poskytují příznivé předpoklady pro turistické využití. Na takzvaném řetězu důlních jezer Sedlitz, Skado a Koschen s předpokládanou vodní plochou nad 30 km² (obr. 4.5-10) již začala výstavba splavných spojení. V prosinci 2003 byl otevřen 1 150 m dlouhý splavný převáděcí kanál mezi nádržemi Skado a Koschen. Počítá se také s akumulačním účelem těchto jezer.

Kromě toho předpokládá koncepce na rekultivaci rozšířeného řetězu důlních jezer, který zahrnuje i Senftenberger See a důlní jezera Meuro, Blumo, Spreetal a Spreetal-Nordost (obr. 4.9-26 a tab. 4.9-7), výstavbu 12 splavných spojení mezi 10 vodními nádržemi s celkovou vodní plochou cca 65 km². Z důvodu odlišných kót hladin v jezerech bude ovšem zapotřebí vybudovat několik plavebních komor.



Obr. 4.5-9: Jez na Černém Halštrovu nad Senftenbergem včetně vtokových objektů do štoly, spojující vodní nádrže Koschen a Niemtsch



Obr. 4.5-10: Pohled na řetěz důlních jezer Sedlitz, Skado a Koschen

Spojená Mulde (Vereinigte Mulde), často nazývaná pouze Mulde, odvodňuje svými dvěma zdrojnicemi, tj. Moldavským potokem (Freiberger Mulde) a Zwickauer Mulde, převážnou část 130 km dlouhých Krušných hor. Na rozdíl od strmých jižních svahů je severní část Krušných hor až po linii Zwickau - Chemnitz - Freiberg postupně klesající vysočinou většinou s hluboce zařezanými údolími (obr. 4.6-1).

Moldavský potok pramení na českém území ve východním Krušnohoří. Od pramene po soutok s Zwickauer Mulde měří 123,9 km. Při výškovém rozdílu 719 m činí průměrný sklon jeho toku 5,8 ‰. Po soutoku s jeho hlavním přítokem Zschopau protéká Moldavský potok kolem své východní rozvodnice převážně severozápadním směrem, na dolním toku se stáčí na západ.

Zwickauer Mulde měří od pramene nad přehradou Muldenberg v západním Krušnohoří až po soutok s Moldavským potokem 166,7 km. Při výškovém rozdílu 639 m má průměrný sklon 3,8 ‰. Zwickauer Mulde nejprve protéká napříč vrchovinou Sächsisches Bergland a pánvi Erzgebirgisches Becken (Krušnohorská pánev) a od města Zwickau se v blízkosti své západní rozvodnice stáčí severním až severovýchodním směrem.

Spojená Mulde je 147,0 km dlouhá. Při výškovém rozdílu 75 m od soutoku Moldavského potoka a Zwickauer Mulde po soutok s Labem v říčním km 259,6 nedaleko Dessau činí její průměrný sklon 0,5 ‰. Nejdelší úsek toku Mulde od pramene Zwickauer Mulde po soutok s Labem měří 313,7 km.

Z celkové plochy povodí Mulde (7 400 km²) připadá 2 985 km² na povodí Moldavského potoka, 2 360 km² na povodí Zwickauer Mulde a 2 055 km² na povodí Spojené

Mulde. Česko-německá hranice probíhá téměř v celém Krušnohoří severně od hřebene hor, a proto leží 310 km² povodí Moldavského potoka a 78 km² povodí Zwickauer Mulde, tedy celkem 388 km², v České republice (obr. 2.2-2). Z tohoto důvodu také nejvyšší hory krušnohorského hřebene, který se zvedá od východu na západ – s výjimkou Fichtelbergu (1 214 m n. m.) a Auersbergu (1 018 m n. m.) – leží na českém území – Loučná (956 m n. m.), Jelení hora (994 m n. m.) a Klínovec (1 244 m n. m.).

Hory a pahorkatiny tvoří 71 % plochy celého povodí Mulde (5 250 km²), 29 % připadá na nížiny, jelikož již ve sprašových pahorkatinách Mulde-Lößhügelland a Mittelsächsisches Lößhügelland se zčásti vyskytují nadmořské výšky pod 200 m.

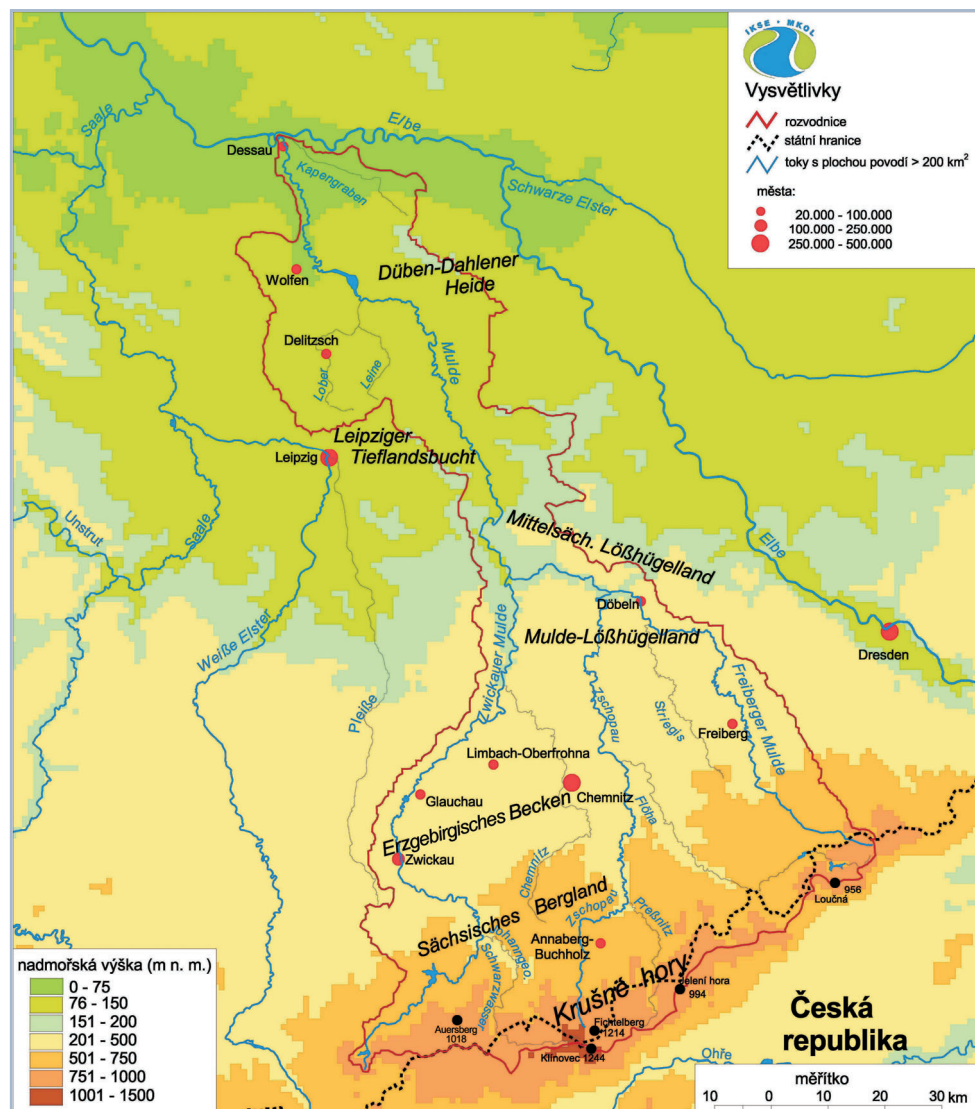
Průměrná roční teplota vzduchu se na nejvyšších vrcholech pohybuje kolem 3 °C (Klínovec 2,6 °C, Fichtelberg 3 °C), s klesající nadmořskou výškou teplota postupně vzrůstá a v nížině dosahuje 8 až 9 °C.

Průměrné roční úhrny srážek vykazují značné rozdíly. V horních partiích Krušných hor dosahují 900, místy až přes 1 000 mm, ojediněle až 1 200 mm (Fichtelberg 1 118 mm, přehrada Carlsfeld 1 200 mm). Nejčastější srážkové situace, které přicházejí ze severozápadu a severu a zastaví se na hřebenu Krušných hor, vedou v nadmořských výškách kolem 400 až 500 m k ročním srážkám kolem 700 až 850 mm, přičemž i v lesnaté oblasti Düben-Dahleener Heide s výškou necelých 100 m n. m. dosahují srážky 550 až 600 mm. Průměrný roční úhrn srážek pro celé povodí Mulde se pohybuje kolem 770 mm.

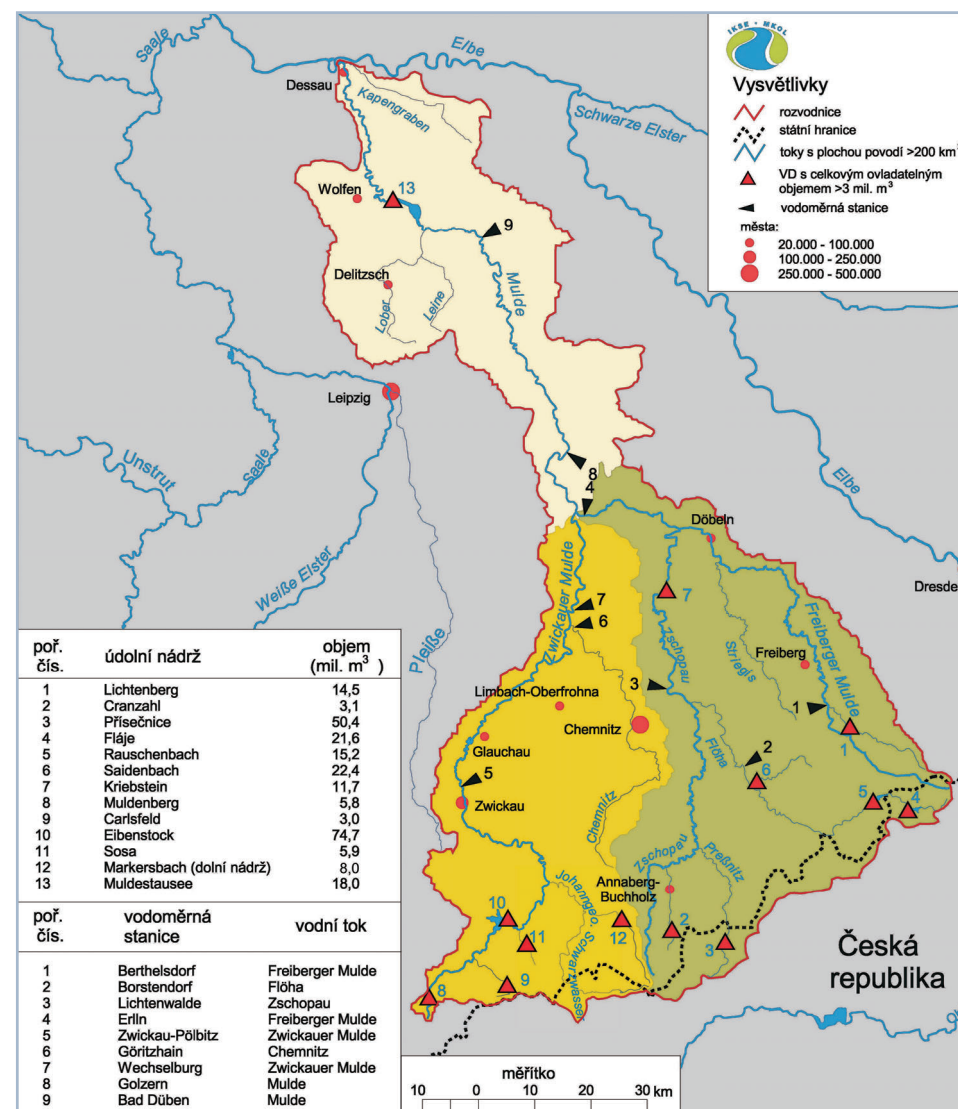
Přírodní odtokové poměry v povodí Mulde ovlivňuje celá řada antropogenních zásahů:

- 36 údolních nádrží o objemu nad 0,3 mil. m³ s celkovým ovladatelným objemem 272,4 mil. m³, z toho 21,1 mil. m³ představuje ochranný objem, přičemž dvě nádrže s celkovým ovladatelným objemem 72,0 mil. m³ leží na území České republiky;
- těžební zařízení, jako např. systémy umělých nádrží, převody vody a odvodňovací štoly pro účely báňského průmyslu v Krušných horách;
- odkrytí ložisek hnědého uhlí na středním toku Spojené Mulde kolem měst Delitzsch, Bitterfeld a Wolfen
- převádění, napřimování a ohrázování vodních toků v zájmu povodňové ochrany a těžby hnědého uhlí;
- převody vody v rámci povodí Mulde a odvádění vody do sousedních povodí Pleiße, Divoké Bystřice (Wilde Weisertitz), Ohře a Bíliny pro zásobování pitnou a užitkovou vodou;
- řada jezů, z toho 51 na Moldavském potoce, 53 na Zwickauer Mulde a 12 na Spojené Mulde.

Ke znázornění odtokové situace jsou v tab. 4.6-1 a 4.6-2 uvedeny hydrologické charakteristiky 12 vybraných vodoměrných stanic. Roční průběh průtoků je graficky zobrazen pro 2 vodoměrné stanice na Moldavském potoce, 2 na Zwickauer Mulde a 2 na Spojené Mulde a pro 6 stanic na přítocích (obr. 4.6-3). Umístění většiny stanic je vyznačeno na obr. 4.6-2.



Obr. 4.6-1: Topografická mapa povodí Mulde

Obr. 4.6-2: Hydrografická mapa povodí Mulde s dílčími povodími nad 2 300 km²

Tab. 4.6-1: Základní hydrologické charakteristiky průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Mulde
(Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.6-2.)

Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Říční km	Plocha povodí (A)	Dlouhodobý průměrný průtok (Q_a)	Dlouhodobý průměrný minimální průtok (Q_{min})	Dlouhodobý průměrný maximální průtok (Q_{max})	Období
			[km]					
1.	Moldavský potok	Berthelsdorf	89,5 ¹⁾	244	3,54	0,671	30,5	1936 - 2000
	Striegis/ Moldavský potok	Niederstriegis	0,2 ³⁾	283	2,69	0,325	27,2	1926 - 2000 (bez r. 1941)
	Zschopau/ Moldavský potok	Hopfgarten	82,8 ³⁾	529	7,95	1,44	78,1	1911 - 2000 (bez r. 1929)
2.	Flájský potok/ Zschopau- Moldavský potok	Borstendorf	23,6 ⁴⁾	644	9,14	1,66	85,8	1929 - 2000
3.	Zschopau/ Moldavský potok	Lichtenwalde	45,6 ³⁾	1 575	21,7	3,54	209	1910 - 2000
4.	Moldavský potok	Erlin	1,5 ¹⁾	2 982	35,3	6,46	303	1961 - 2000
	Schwarzwasser/ Zwickauer Mulde	Aue	1,0 ³⁾	362	6,26	1,30	63,4	1928 - 2000
5.	Zwickauer Mulde	Zwickau-Pölbitz	83,8 ¹⁾	1 030	14,3	3,02	124	1928 - 2000 (bez r. 1932)
6.	Chemnitz/ Zwickauer Mulde	Göritzshain	1,2 ³⁾	532	6,25	1,62	67,8	1910 - 2000
7.	Zwickauer Mulde	Wechselburg	25,8 ¹⁾	2 107	26,0	6,34	206	1910 - 2000
8.	Mulde	Golzern	128,4 ²⁾	5 442	61,6	13,0	497	1911 - 2000 (bez r. 1933)
9.		Bad Düben	68,1 ²⁾	6 171	63,9	15,2	450	1961 - 2000

1) říční kilometr po soutok Moldavského potoka a Zwickauer Mulde

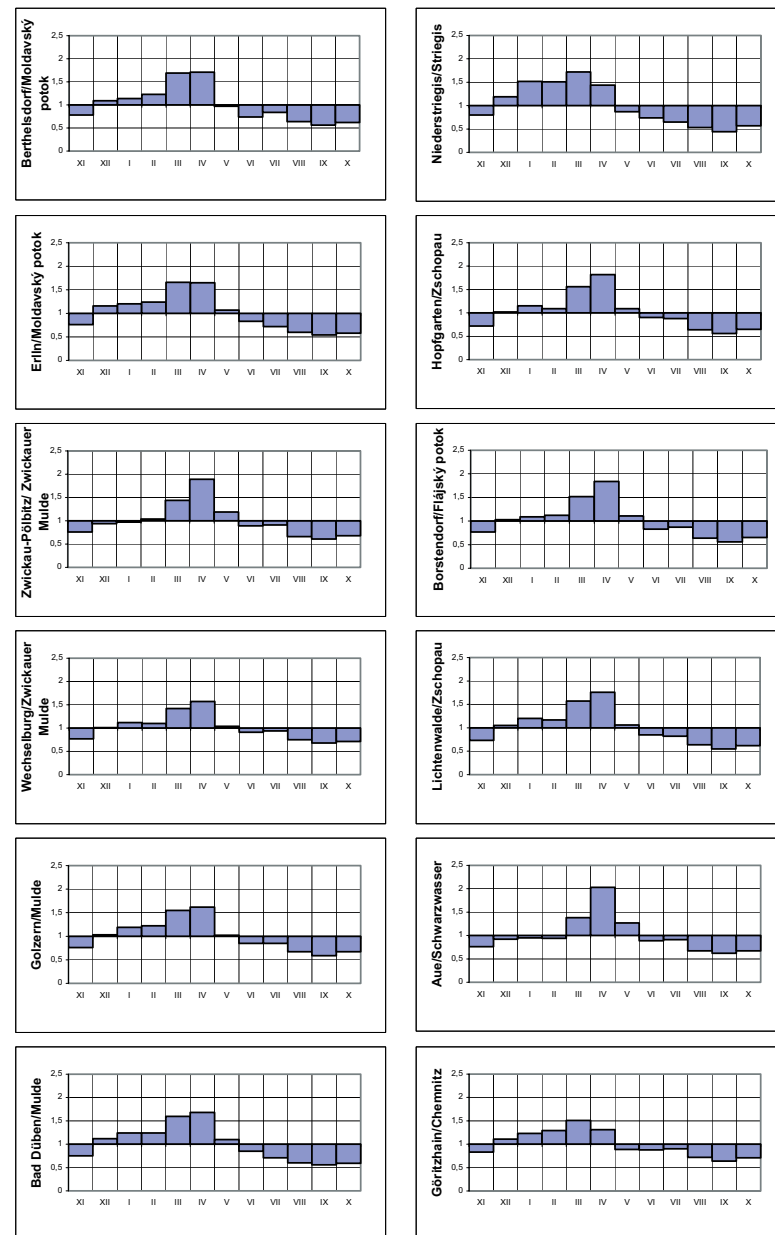
2) říční kilometr po soutok s Labem

3) říční kilometr po soutok s Mold. potokem, resp. s Zwickauer Mulde

4) říční kilometr po soutok s Zschopau

Tab. 4.6-2: Charakteristika hydrologického režimu ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Mulde
(Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.6-2.)

Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Průměrný specifický odtok [l.s ⁻¹ .km ⁻²]	Dlouhodobý průměrný průtok				$\overline{Q}_{\min} : Q_a$	$Q_a : \overline{Q}_{\max}$
				Zimní hydrologické pololetí		Letní hydrologické pololetí			
				[m ³ .s ⁻¹]	[%]	[m ³ .s ⁻¹]	[%]		
1.	Moldavský potok	Berthelsdorf	14,5	4,51	64	2,58	36	1 : 5,3	1 : 8,6
	Striegis/ Moldavský potok	Niederstriegis	9,5	3,68	68	1,71	32	1 : 8,3	1 : 10,1
	Zschopau/ Moldavský potok	Hopfgarten	15,0	9,72	61	6,21	39	1 : 5,5	1 : 9,8
2.	Flájský potok/Zschopau- Moldavský potok	Borstendorf	14,2	11,2	61	7,09	39	1 : 5,5	1 : 9,4
3.	Zschopau/ Moldavský potok	Lichtenwalde	13,8	27,1	62	16,4	38	1 : 6,1	1 : 9,6
4.	Moldavský potok	ErlIn	11,8	45,1	64	25,6	36	1 : 5,5	1 : 8,6
	Schwarzwasser/ Zwickauer Mulde	Aue	17,3	7,29	58	5,25	42	1 : 4,8	1 : 10,1
5.	Zwickauer Mulde	Zwickau-Pölbitz	13,9	16,8	59	11,8	41	1 : 4,7	1 : 8,7
6.	Chemnitz/ Zwickauer Mulde	Göritzshain	11,7	7,58	61	4,94	39	1 : 3,9	1 : 10,8
7.	Zwickauer Mulde	Wechselburg	12,3	30,2	58	21,9	42	1 : 4,1	1 : 7,9
8.	Mulde	Golzern	11,3	75,6	61	47,9	39	1 : 4,7	1 : 8,1
9.		Bad Düben	10,3	81,1	63	46,9	37	1 : 4,2	1 : 7,1



Obr. 4.6-3: Roční průběh průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Mulde, vyjádřený jako podíl dlouhodobých měsíčních a ročních průměrů ($Q_{m\acute{e}s\acute{ic}} / Q_a$)

Na základě výše uvedených dat v tabulkách a na obr. 4.6.-3 lze průtokové poměry charakterizovat následovně:

■ Průběh ročního průměrného průtoku ve vodoměrné stanici Berthelsdorf na Freiburger Mulde (Moldavský potok) je charakteristický pro východní Krušnohoří. Pozvolna se zvyšující terén způsobuje většinou postupné odtávání sněhové pokrývky, což trvá na hřebenech hor až do dubna. V květnu klesá průtok již pod roční průměr. Povodí řeky Striegis nezasahuje do vyšších poloh východního Krušnohoří. Proto se při velkých průtocích od ledna vyskytuje maximum již v březnu a od května dochází k hlubokému poklesu měsíčních průtoků. Rozdělení poměru průtoků v zimním a letním hydrologickém pololetí činí ve vodoměrné stanici Niederstriegis 68 : 32 %.

V profilech na řece Zschopau a na Flájském potoce (Flöha) je průtok od prosince do února malý, teprve v březnu výrazně stoupá, v dubnu dosahuje maxima a v květnu jsou jeho hodnoty ještě nad ročním průměrem. Příčinou této situace je pozdní odtávání sněhové pokrývky. Roční průběh průtoků ve stanici Erlin výrazně ovlivňuje přítok Zschopau, který je na soutoku mnohem větší než Moldavský potok.

Charakteristický průběh ročního průměrného průtoku pro západní část Krušných hor prezentuje vodoměrná stanice Aue/Schwarzwasser. Do února jsou hodnoty měsíčních průtoků pod ročním průměrem. Sněhová pokrývka taje ještě později než v hřebenových partiích východních a středních Krušných hor, což vede k výrazným maximálním průtokům v dubnu a poměrně velkým průtokům v květnu. Popsaný průtokový režim se projevuje v méně výrazné podobě i ve stanicích nacházejících se dále po toku Zwickauer Mulde. Rozdělení poměru průtoků v zimním a letním hydrologickém pololetí představuje 58 : 42 %.

Také na Spojené Mulde je průtok v dubnu větší než v březnu a průtok v květnu se pohybuje nad ročním průměrem.

S výjimkou vodoměrných stanic Niederstriegis, Erlin a Bad Dübén, které jsou ovlivněny kratší dobou pozorování, vykazuje průběh ročního průtoku v červenci výrazné přerušení jinak stálého poklesu průtoků v letním hydrologickém polo-

letí. Příčinou jsou velké průtoky následkem vydatných dešťů, které se vyskytují převážně v červenci na severních úbočích Krušných hor.

■ Průměrný specifický odtok ve vodoměrných stanicích Berthelsdorf, Hopfgarten, Borstendorf a Aue, které leží v nadmořské výšce od 350 do 400 m, dosahuje 14,2 až 17,3 l.s⁻¹.km⁻². Od výšek kolem 600 m n. m. až do hřebenových partií Krušných hor se specifický odtok zvyšuje z 20 až na 30 l.s⁻¹.km⁻². V důsledku vysokých odtoků z horních částí povodí Moldavského potoka a Zwickauer Mulde se před jejich soutokem pohybuje specifický odtok ve vodoměrných profilech Erlin a Wechselburg kolem 12 l.s⁻¹.km⁻² a u samotné Spojené Mulde dosahuje více než 10 l.s⁻¹.km⁻². Pro dolní část povodí Mulde je však typická hodnota specifického odtoku v rozsahu 2 až 3,5 l.s⁻¹.km⁻².

■ Poměr $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ se s výjimkou vodoměrné stanice Niederstriegis (1 : 8,3) pohybuje v rozsahu 1 : 4 až 1 : 6. V některých stanicích je v důsledku navyšování malých průtoků z přehrad nepřírozně snížený. Také na poměru $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ je částečně patrný vliv přehrad ve stanicích, ležících na Moldavském potoce, Flájském potoce, Zschopau a Zwickauer Mulde. Poměr s hodnotami nad 1 : 10 je registrován pouze ve vodoměrných stanicích Niederstriegis, Aue a Göritzhein, kde se vliv přehrad neprojevuje.

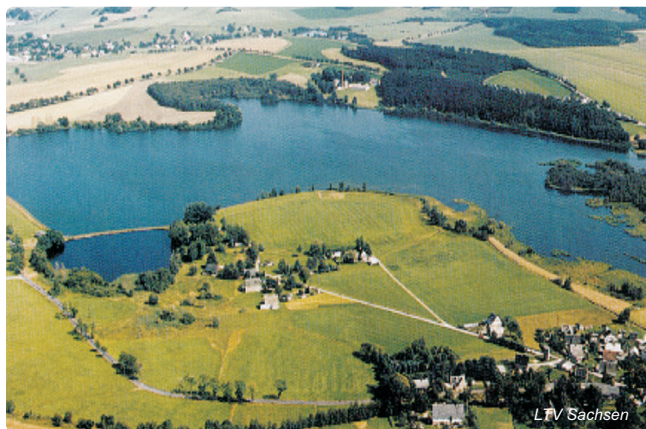
4.6.1 Freiburger Mulde

Freiburger Mulde pramení ve východní části Krušných hor jako Moldavský potok jihovýchodně od obce Moldava ve výšce 850 m n. m. Nejprve protéká 3,5 km po českém území, poté tvoří v délce 0,8 km státní hranici a po dalších 119,6 km se spojuje s Zwickauer Mulde (obr. 4.6-1). Průměrný sklon toku na úseku do části Muldenhütten ve městě Freiberg (44 000 obyvatel) dosahuje 13 ‰, pod Freibergem po soutoku s Zwickauer Mulde pouhých 2,5 ‰.

Několika dalšími menšími přítoky, z nichž k největším patří **Bobritsch** (182 km²) a **Striegis** (286 km²), vzrůstá plocha povodí k městu Döbeln (22 000 obyvatel) na pouhých 984 km². Zde se do Mulde vlévá tok Zschopau, který má povodí 1 844 km², a je tedy oproti povodí Moldavského potoka téměř dvojnásobné. Největší přítok Zschopau, Flájský potok (Flöha), je obecně považován za zeměpisnou hranici mezi východní a střední částí Krušných hor (obr. 4.6-1).

Voda krušnohorských řek hrála významnou hospodářskou úlohu již ve středověku. Těžba rud, která je v oblasti kolem Freibergu zmiňována od 12. století, se postupně rozrůstala a v 16. století zahrnovala 716 těžebních jam a spolu s ní narůstala i potřeba vody. Voda se používala k pohonu vodních kol k vytahování měchů s důlní vodou ze šachet až 600 m hlubokých, pro stoupy k drcení stříbrné, zinkové a olovené rubaniny a také k oddělování rudných zrn od jaloviny.

Velmi záhy vznikly první nádrže a vodní příkopy vedoucí do šachet a do dolů. V roce 1524 byla postavena nádrž Unterer Großhartmannsdorfer Teich (obr. 4.6-4), která dnes má ovladatelný objem 1,58 mil. m³ a představuje počátek vzniku vodohospodářské soustavy ve Freiberském revíru. Tato soustava, zvaná **Revierwasserlaufanstalt (RWA) Freiberg**, začíná v místě dnešní přehrady Rauschenbach. Do roku 1825 zahrnovala celá soustava 10 nádrží, 54 km umělých příkopů a 60 km štol, kterými se odváděla voda samospádem až na potřebná místa v šachtách a dolech (obr. 4.6-5).



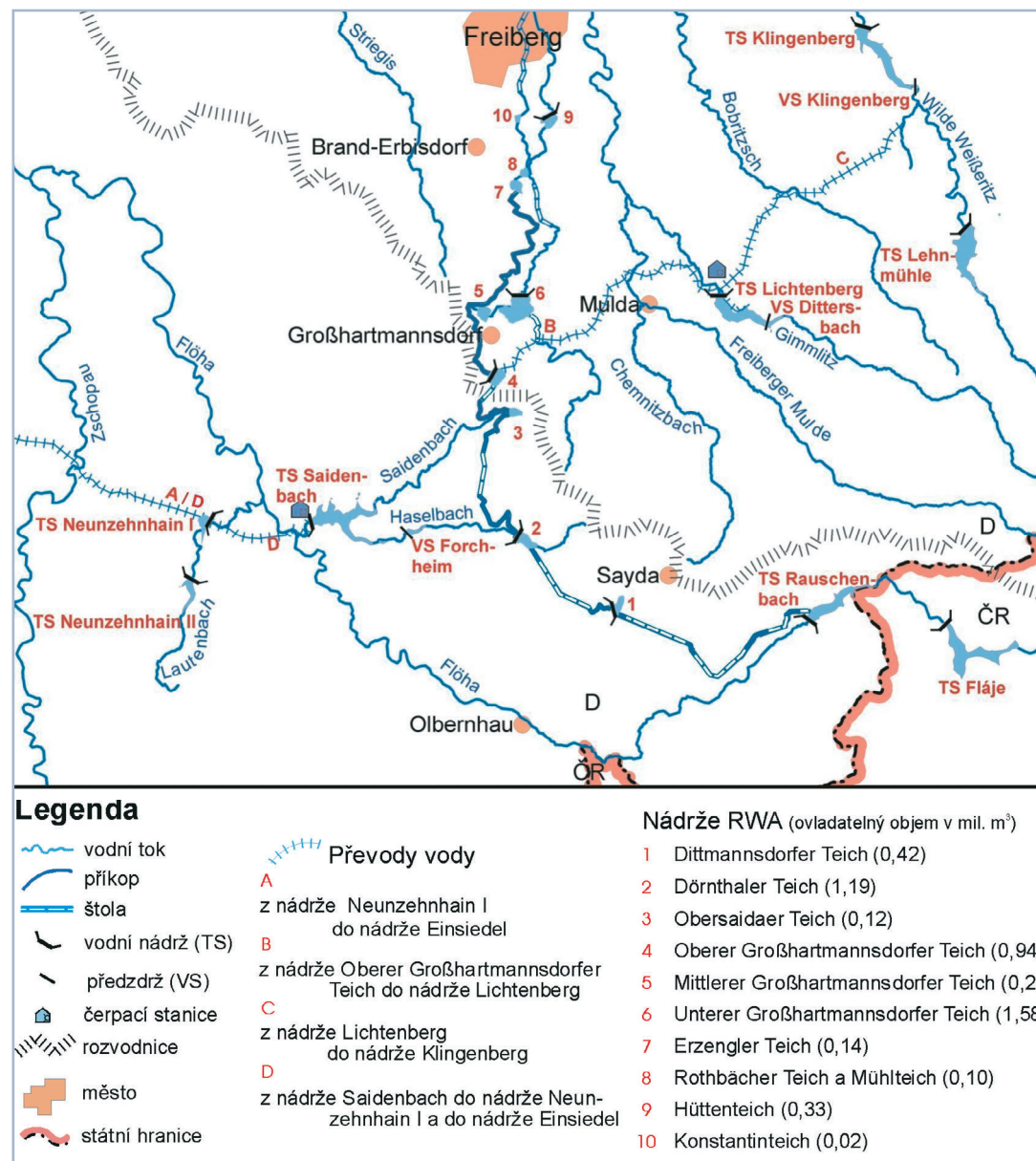
Obr. 4.6-4: Nádrž Unterer Großhartmannsdorfer Teich

Vodohospodářská revírní soustava se využívá dodnes k zásobování pitnou a užitkovou vodou. Je zahrnuta do systému **převaděčů vody** a představuje tedy významný spojovací prvek mezi údolními nádržemi a vodárenskými soustavami středního a východního Krušnohoří.

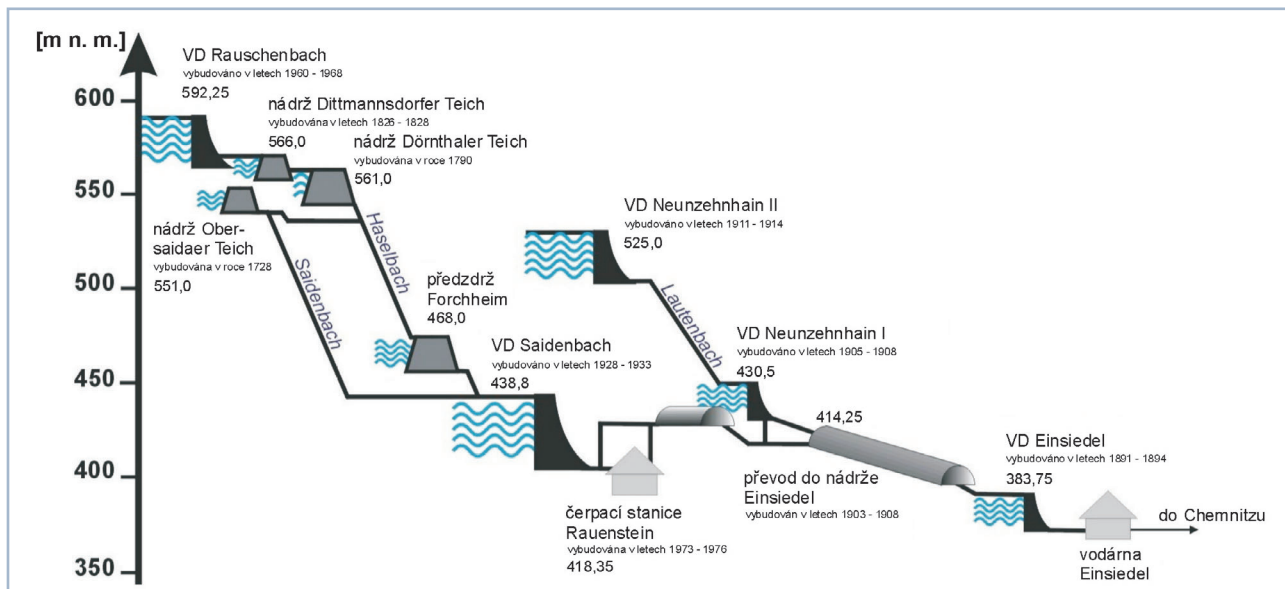
Z nádrže Rauschenbach (ovladatelný objem 15,20 mil. m³, z toho 4,00 mil. m³ ochranného objemu) lze prostřednictvím revírní vodárenské soustavy a přes potoky Haselbach a Saidenbach (obr. 4.6-5) převádět samospádem více než 0,70 m³.s⁻¹ vody do údolní nádrže Saidenbach (ovladatelný objem 22,38 mil. m³, z toho 1,00 mil. m³ ochranného objemu). Odtud se voda odvádí do údolní nádrže Neunzehnhain I (ovladatelný objem 0,54 mil. m³, obr. 4.6-6) a převodním systémem vybudovaným již před 100 lety do údolní nádrže Einsiedel (ovladatelný objem 0,31 mil. m³) v povodí Zwickauer Mulde (obr. 4.6-7).

Obr. 4.6-8 zachycuje 21 m vysoké a 147 m dlouhé potrubní přemostění převaděče přes řeku Zschopau a železniční trať. Převaděč měří celkem 13,2 km, z toho je 9,8 km štola.

Díky této soustavě 9 údolních nádrží, včetně 3 nádrží soustavy RWA, mají údolní nádrže středního Krušnohoří ovladatelný objem 43,66 mil. m³ (z toho 5,09 mil. m³ ochranného objemu)



Obr. 4.6-5: Vodohospodářská revírní soustava Revierwasserlaufanstalt (RWA) Freiberg



Obr. 4.6-6: Přehled hladin ovladatelného objemu v soustavě údolních nádrží ve střední části Krušných hor

a slouží převážně k zásobování pitnou vodou pro obyvatele Chemnitzu a okolních obcí.

Protože bylo zapotřebí manipulace na nádržích ve východní části Krušných hor využít efektivněji, bylo z nádrže Oberer Großhartmannsdorfer Teich (obr. 4.6-5) položeno 12,0 km dlouhé potrubí do čerpací stanice na úpatí nádrže Lichtenberg (ovladatelný objem 14,45 mil. m³, z toho 3,00 mil. m³ ochranného objemu) a odtud vedeno přímo do nádrže (1,6 km). Tímto způsobem lze převádět vodu z nádrže Rauschenbach přes soustavu RWA až do nádrže Lichtenberg. Kromě toho vede od čerpací stanice na přehradě Lichtenberg 13,0 km dlouhé tlakové potrubí do koryta Divoké Bystřice (Wilde Weißeritz), které převádí max. 0,35 m³.s⁻¹ vody k zásobování obyvatel Freitalu a Drážďan pitnou vodou (viz kap. 4.4.2).

Vedle soustavy RWA je v okolí Freibergu ještě celá řada dalších vodohospodářských objektů, vzniklých v souvislosti s těžbou rud. K nim patří i 13,9 km dlouhá štola, zvaná **Rothschönberger Stollen**, vybudovaná v letech 1844 - 1877

k odvodňování 120 km dlouhé soustavy štol ve Freiberském báňském revíru. Dodnes se tato štola s kapacitou 0,70 m³.s⁻¹ využívá k odvodňování bývalých šachet. Štola vyúsťuje pod obcí Rothschönberg na řece Triebisch (obr. 4.6-9), která se v Míšni vlévá do Labe.

V šachtě Tři bratři (Drei-Brüder-Schacht) u Freibergu byly postaveny dvě podzemní elektrárny. Takzvaná Dolní elektrárna, která byla uvedena do provozu v roce 1914, byla první **podzemní elektrárnou** na světě. Byla poháněna 4 turbínami o výkonu 2,4 MW, od roku 1941 dosahovala výkonu 3,7 MW a byla v provozu až do



Obr. 4.6-7: Přehrada Einsiedel s druhou nejstarší gravitační hrází v Německu



Obr. 4.6-8: Zrekonstruované přemostění převaděče přes řeku Zschopau u obce Waldkirchen



Obr. 4.6-9: Vyústění štoly Rothschönberger Stollen do řeky Triebisch

roku 1972. Potřebné množství vody dodávala podzemní zásobní nádrž o objemu 1,50 mil. m³, která vznikla uzavřením několika bývalých štol. Horní elektrárna (1,9 MW), která byla v provozu v letech 1922 - 1968, získávala vodu z nádrže Konstantinteich (obr. 4.6-5). Voda z obou elektráren se odváděla přes štolu Rothschönberger Stollen.

Na Moldavském potoce u obce Halsbrücke nedaleko od Freibergu lze dosud vidět zbytky prvního **svíslého lodního**

zdvihadla na světě (obr. 4.6-10). V letech 1789 - 1868 se zde pomocí kladkostrojů a jeřábových koček za sucha přesouvaly až 8,5 m dlouhé rudné nákladní čluny z Moldavského potočka do 7,0 m výše položeného továrního kanálu, který v délce 5,4 km vedl k úpravárně rudy.

Hlavním tokem ve střední části Krušných hor je řeka **Zschopau** (1 844 km², obr. 4.6-1). Její tok měří 130 km, průměrný sklon



Obr. 4.6-10: Zbytky lodního zdvihadla Halsbrücke



Obr. 4.6-11: Fichtelberg (1 214 m n. m.) u Oberwiesenthalu

je 7,4 ‰. Zschopau pramení na severním úbočí Fichtelbergu (obr. 4.6-11) ve výšce 1 125 m. n. m.

V povodí jejího přítoku Sehma byla v roce 1952 uvedena do provozu vodárenská nádrž Crazahl o ovladatelném objemu 3,10 mil. m³, z toho 0,12 mil. m³ ochranného objemu (obr. 4.6-2.). Prvním větším přítokem je **Přísečnice/Preßnitz** (209 km²), která pramení na českém území ve výšce 875 m n. m. Na Přísečnici se přibližně 2 km před česko-německou státní hranicí nachází údolní nádrž Přísečnice (obr. 4.6-12) o ovladatelném objemu 50,43 mil. m³, z toho 0,92 mil. m³ ochranného objemu, jejíž stavba byla dokončena v roce 1976. Slouží k zásobování obyvatel průmyslové aglomerace Severočeského hnědouhelného revíru pitnou vodou (viz kap. 4.3.3). Z celkové plochy povodí Přísečnice leží 92,4 km² na českém území.

Ve východní části pánve Erzgebirgisches Becken se do Zschopau vlévá **Flájský potok/Flöha** (795 km²). Průměrný sklon jeho toku činí 7,2 ‰. Pramen Flájského potoka leží na českém území ve výšce 848 m n. m. jižně od pramene Moldavského potoka (obr. 4.6-1). Po 17,1 km toku přitéká na česko-německou státní hranici. Bezprostředně před hranicí leží Flájská vodní nádrž, uvedená do provozu v roce 1960 (obr. 4.6-13) s ovladatelným objemem 21,60 mil. m³, z to-

ho 0,35 mil. m³ ochranného objemu. Také tato nádrž slouží vodárenským účelům pro obyvatele průmyslové aglomerace Severočeského hnědouhelného revíru. Vedle údolních nádrží Rauschenbach a Saidenbach patří ke 3 největším vodárenským nádržím v povodí Flájského potoka (obr. 4.6-2). Z celkové plochy povodí Flájského potoka leží 180,2 km² na českém území.

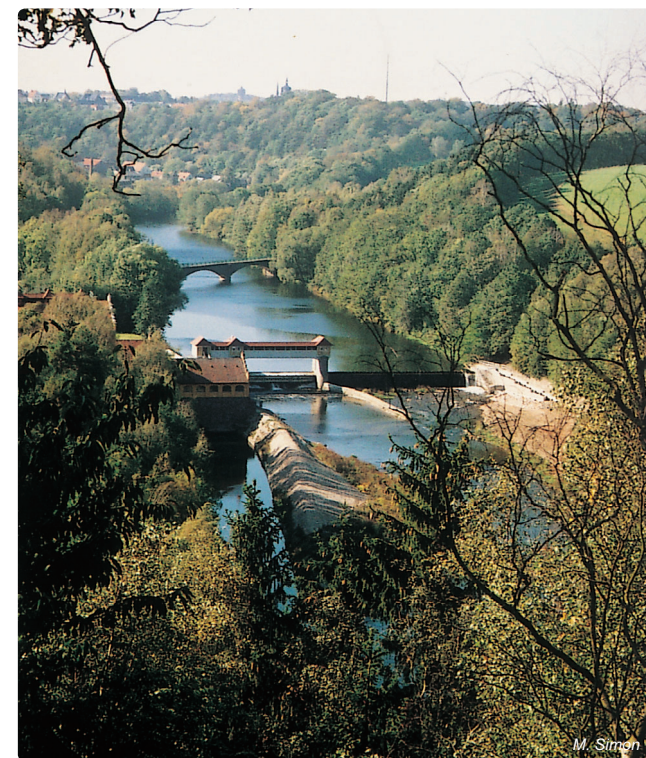
V místě vodní elektrárny Mittweida (obr. 4.6-14) o výkonu 1,0 MW, která byla uvedena do provozu v roce 1923, byla v letech 1928 - 1988 v provozu nejstarší **přečerpávací elektrárna** v povodí Labe. Elektrárna měla z horní nádrže (0,13 mil. m³) průměrný spád 118 m a dosahovala výkonu 1,5 MW. Dnes je objekt elektrárny spolu se zařízením průtočné elektrárny zařazen mezi technické památky.



Obr. 4.6-12: Přehrada Přisečnice



Obr. 4.6-13: Vodárenská nádrž Fláje

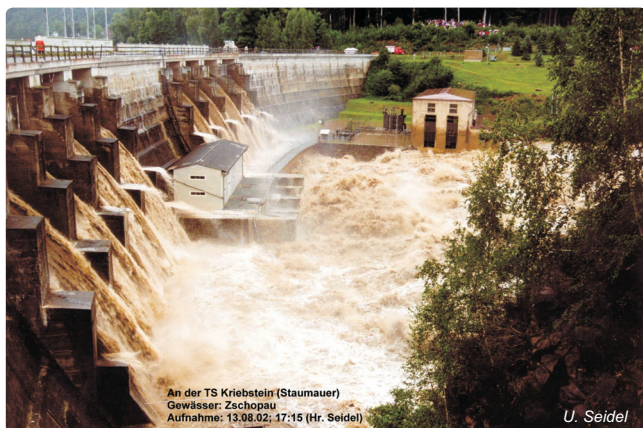


Obr. 4.6-14: Údolí Zschopau s vodní elektrárnou Mittweida

4.6.2 Zwickauer Mulde

Pod soutokem s Flájským potokem dosahuje rozloha povodí Zschopau 1 528 km², z toho 297,3 km² leží na území České republiky. K soutoku s Moldavským potokem se rozloha povodí zvětšuje pouze o 316 km². Na dolním toku Zschopau byla v roce 1930 dokončena údolní nádrž Kriebstein (ovladatelný objem 11,66 mil. m³) s vodní elektrárnou (5,0 MW). Po roce 1990 byla převedena do soukromého vlastnictví a nemá k dispozici žádný stanovený ovladatelný ochranný objem (obr. 4.6-15).

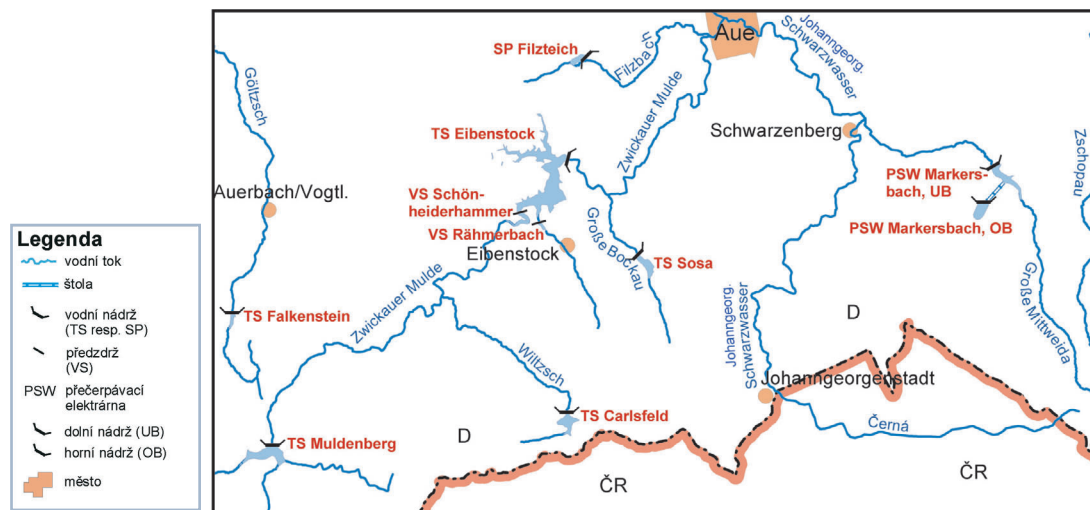
Bezprostředně před soutokem Moldavského potoka a Zwickauer Mulde stojí **čerpací stanice Sermuth**, která může v délce 30,0 km (10,3 km potrubí a 19,7 km upravené vodní toky) převádět cca 0,19 m³.s⁻¹ vody z Moldavského potoka do nádrže Witznitz v povodí řeky Pleiße (viz kap. 4.7.6).



Obr. 4.6-15: Přehrada Kriebstein během povodně 13. 8. 2002

Zwickauer Mulde pramení v západní části Krušných hor. Ze tří řek, které se nacházejí nad údolní nádrží Muldenberg (Rote Mulde, Weiße Mulde a Saubach) je za hlavní zdrojnicí považována Rote Mulde, která pramení východním směrem od obce Schöneck ve výšce 770 m n. m.

V povodí horního toku Zwickauer Mulde, který zde má průměrný sklon 8,8 ‰, byla vybudována soustava údolních nádrží, která v západní části Krušných hor získala velký význam pro oblastní zásobování pitnou vodou a ochranu před povodněmi (obr. 4.6-16 a tab. 4.6-3).



Obr. 4.6-16: Soustava údolních nádrží v povodí horního toku Zwickauer Mulde

Tab. 4.6-3: Údolní nádrže v povodí horního toku Zwickauer Mulde

Poř. čís.	Název údolní nádrže / vodní tok	Ovladatelný objem [mil. m ³]	z toho ochranný objem [mil. m ³]	Zahájení provozu [rok]
1.	Muldenberg / Zwickauer Mulde	5,83	0,85 (po r. 2002)	1925
2.	Carlsfeld / Wiltsch	3,03	0,23	1930
3.	Předzdrž Schönheiderhammer / Zwickauer Mulde	2,54	—	1982
4.	Předzdrž Rämrbach / Rämrbach	0,48	—	1981
5.	Údolní nádrž Eibenstock / Zwickauer Mulde	74,65	10,00 (po r. 2002)	1982
6.	Sosa / Bockau	5,94	—	1952
	Celkem	92,47	11,08	



Obr. 4.6-17: Přehrada Carlsfeld

K nejvýše položeným vodárenským nádržím v Německu a také v povodí Labe patří památkově chráněná údolní nádrž Carlsfeld (obr. 4.6-17) s hladinou ovladatelného objemu v nadmořské výšce 904,0 m.

Přibližně 28 km pod nádrží Muldenberg leží údolní nádrž Eibenstock (obr. 4.6-18), největší údolní nádrž v celém povodí Mulde. Z nádrže se 19,5 km dlouhou štolou přivádí surová voda do vodárny Burkersdorf, což je největší vodárna zásobující pitnou vodou města Chemnitz (250 000 obyvatel) a Zwickau (100 000 obyvatel). Jak důležitá je tato nádrž v údolí Zwickauer Mulde pro účely povodňové ochrany se ukázalo při povodni v srpnu 2002, kdy se podařilo snížit kulminační průtok ze $180 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na $55 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (obr. 4.6-19). Prostřednictvím vodní nádrže Eibenstock je ve Zwickauer Mulde rovněž zabezpečován nezbytný minimální zůstatkový průtok $0,50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

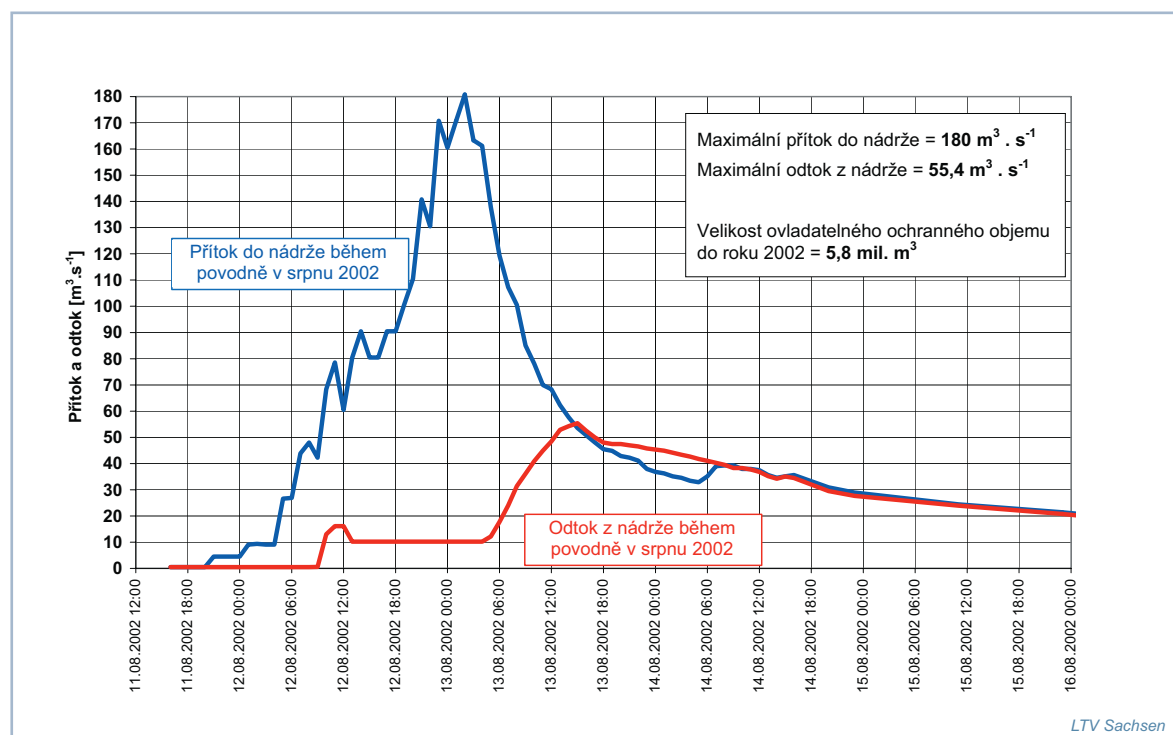
V Aue (18 000 obyvatel), ležícím ve vrchovině Sächsisches Bergland, se do Zwickauer Mulde vlévá **Černá/Johann-**



Obr. 4.6-18: Přehrada Eibenstock

georgenstädter Schwarzwasser (364 km²). Černá pramení západně od Fichtelbergu ve výšce 1 125 m n. m. Po 1,8 km opouští Německo a v délce 16,7 km protéká českým územím, aby se po dalších 30,9 km spojila s tokem Zwickauer Mulde. Proto leží 77,8 km² jejího povodí na území České republiky.

Na největším přítoku Černé, říčce **Große Mittweida** (166 km²), se nachází přečerpávací elektrárna Markersbach (obr. 4.6-16 a 4.6-20). Svým výkonem 1 050 MW je druhou největší přečerpávací elektrárnou v povodí Labe (tab. 4.7.6). Objem dolní nádrže činí 7,97 mil. m³.



Obr. 4.6-19: Transformace povodňové vlny v srpnu 2002 vodní nádrží Eibenstock

Pánvi Erzgebirgisches Becken s velmi širokou nivou protéká řeka **Chemnitz** (534 km²) s průměrným sklonem toku 7 ‰. Chemnitz, největší přítok Zwickauer Mulde, ústí v místě sprašové pahorkatiny Mulde-Lößhügelland. Odtud se povodí Zwickauer Mulde po soutok s Moldavským potokem zvětšuje o pouhých 277 km².

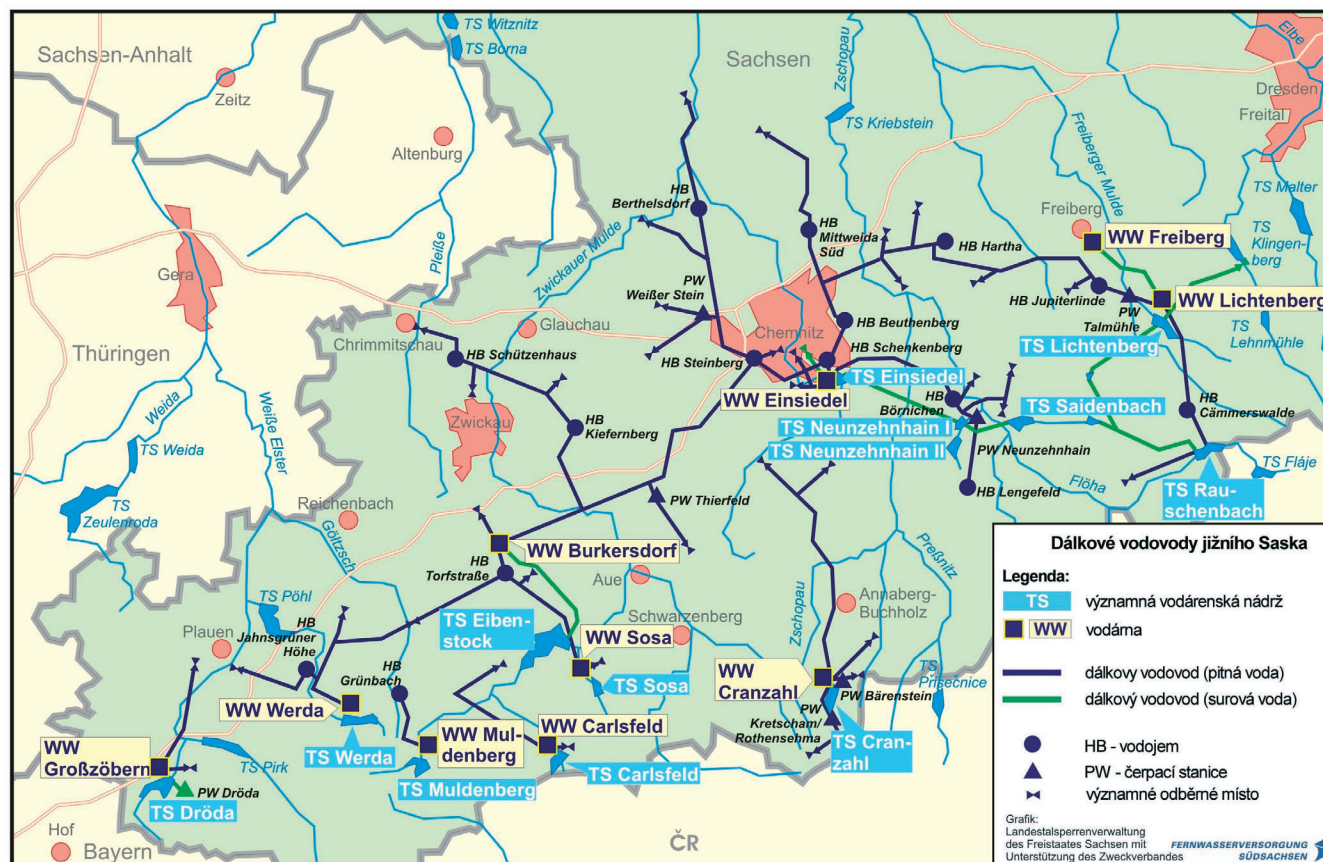
Na německém území v povodí Moldavského potoka a Zwickauer Mulde se nachází 29 údolních nádrží, z nichž 19 (ovladatelný objem 156,02 mil. m³) se využívá pro zásobování pitnou vodou. Spolu s vodními nádržemi Werda (ovladatelný objem 3,6 mil. m³) a Dröda (ovladatelný objem 17,32 mil. m³) v povodí horního toku Bílého Halštrovu (viz kap. 4.7.6) byla vytvořena **dálková vodovodní soustava jižního Saska** (obr. 4.6-21), zahrnující dálkové vodovodní potrubí o celkové délce 360 km. Z této soustavy jsou prostřednictvím 9 vodáren zabezpečeny dodávky pitné vody pro 300 měst a obcí s celkovým počtem 1,25 mil. obyvatel.



Obr. 4.6-20: Přečerpávací elektrárna Markersbach

Po roce 1990 došlo k výraznému poklesu spotřeby pitné a užitkové vody v důsledku zrušení dotací na ceny vody a výrazného poklesu průmyslové výroby. Dodávky surové vody pro úpravu na pitnou vodu se z vodárenské soustavy ve střední části Krušných hor a z nádrže Eibenstock v letech 1988 - 2000 snížily přibližně o 40 %. To umožnilo zvětšit ochranný

objem v nádržích. Po povodni v srpnu 2002 byl v 7 vodárenských nádržích v povodí Mulde zvýšen ovladatelný ochranný objem ze 7,42 na 19,10 mil. m³, tj. o 157 %, z toho pouze na údolní nádrži Eibenstock o 4,22 mil. m³.



Obr. 4.6-21: Dálková vodovodní soustava jižního Saska

4.6.3 Spojená Mulde

Po soutoku obou zdrojnic protíná Mulde zprvu výběžky zvlněné sprašové pahorkatiny Mittelsächsisches Lößhügelland 60 až 80 m hlubokým údolím (obr. 4.6-22), na středním toku kolem Lipska protéká nížinou Leipziger Tieflandsbucht a na dolním toku vstupuje do planiny Düben-Dahlener Heide a Labského údolí (obr. 4.6-1).



Obr. 4.6-22: Údolí Mulde ve městě Grimma s historickým mostem Pöppelmannbrücke, zničeným při povodni v srpnu 2002



Obr. 4.6-23: Jez Kollau nad Eilenburgem

Na soutoku Moldavského potoka a Zwickauer Mulde má povodí Mulde rozlohu 5 345 km². Poté přibírá Mulde řadu drobných přítoků, k nimž patří mimo jiné **Lossa** (147 km²), průplav **Lober-Leine-Kanal** (359 km²) a **Kapengraben** (237 km²). Do soutoku s Labem se její povodí zvětšuje o dalších 2 055 km² (obr. 4.6-2).



Obr. 4.6-24: Zachovaný přirozený tok Mulde u obce Solnitz pod Raguhnem

Sklon toku Mulde, ovlivňovaný 12 jezy, se snižuje z 0,83 ‰ až na 0,15 ‰. Mezi největší jezy zde patří pevný jez Kollau u Eilenburgu (18 000 obyvatel), který se nachází 47 km pod soutokem Moldavského potoka a Zwickauer Mulde. Jez, dlouhý 76 m s rozdílem horní a dolní hladiny 3,0 m za středních vodních stavů (obr. 4.6-23), slouží k napájení starého ramene Mulde, zvaného Eilenburger Mühlengraben.

Navzdory zásahům člověka si Mulde do určité míry zachovala relativně přirozený charakter (obr. 4.6-24). Na středním a dolním toku má řeka ještě řadu meandrů (obr. 4.6-25) a delší úseky toku nemají opevněné břehy. Díky tomu se do značné míry podařilo zachovat původní morfologii toku. Podíl zaplavované nivy dosud představuje téměř 40 % přirozeného záplavového území, jelikož hráže nejsou vybudovány průběžně a jen v ojedinělých případech probíhá jejich trasa v blízkosti říčního koryta.

Při povodni v srpnu 2002 byly po několika staletích zaznamenány opět nejvyšší vodní stavy. Podle historických povodňových značek na mlýně Großmühle ve městě Grimma (19 000 obyvatel), 13 km pod soutokem Zwickauer Mulde a Moldavského potoka, byla při povodni v srpnu 2002 hladina vody o 161 cm výše než dosud nejvyšší zaznamenaný vodní stav z června 1771 (obr. 4.6-26). Při povodni na Zwickauer Mulde, Moldavském potoce a na Mulde došlo na 115 místech k protržení hrází.



Obr. 4.6-25: Meandry Mulde mezi obcemi Jessnitz a Raguhn

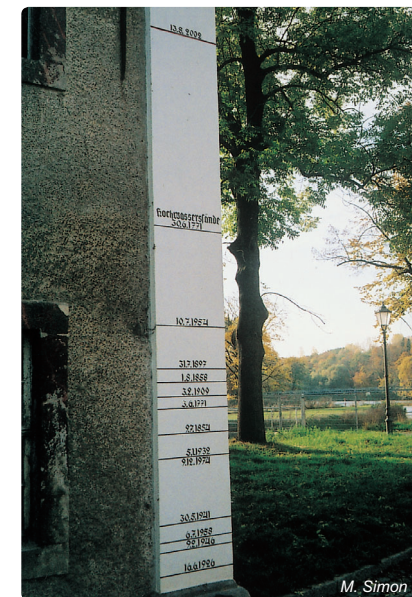


Abb. 4.6-26: Povodňové značky na mlýně Großmühle ve městě Grimma

Od konce 19. století docházelo v dolní části povodí Mulde v souvislosti s těžbou hnědého uhlí k výrazným zásahům do vodního režimu. Pouze od roku 1950 byly provedeny změny trasy několika drobných toků v celkové délce 27 km. Přeložky toku Lober a Leine (obr. 4.6-1) vyústily ve stavbu 13 km dlouhého kanálu, zvaného Lober-Leine-Kanal. V letech 1955 - 1975 se z povrchového dolu Muldenstein vytěžilo 126 mil. tun hnědého uhlí. Poté bylo nutno přeložit tok Mulde v délce 11,1 km, aby bylo možno odtěžit uhlí i pod původním korytem řeky. Již v roce 1976 byl povrchový důl Muldenstein zatopen vodou.

Dnešní nádrž Muldestausee je 5,9 km dlouhá a místy až 35 m hluboká. Plocha nádrže měří 610 ha. Zadržaná voda má objem 118 mil. m³, z toho se 18 mil. m³ může využívat pro vodohospodářské účely jako akumulační nádrž (obr. 4.6-27).

Do nádrže Muldestausee s povodím o rozloze 6 709 km² se každoročně dostává 400 000 tun plavenin a dnových splave-

nin. Z tohoto objemu se v nádrži zachycuje přes 90 % materiálu, což se projevuje nejen na transportu dnových splavenin, ale i na erozi dna na dalších 50 km úseku toku Mulde pod nádrží.

Těžba hnědého uhlí v regionu Delitzsch - Bitterfeld (viz kap. 4.7.8) způsobila, že do roku 1990 vzrostl deficit podzemních vod v odtěženém průlinovém prostředí až na 1,2 mld. m³. V letech 1980 - 1989 se do Mulde vypouštělo z povrchových dolů 6 až 7 m³.s⁻¹ vody.

Goitzsche je největším povrchovým dolem v povodí Mulde. Vznikl ze tří dolů, odkud se v letech 1908 - 1991 vytěžilo celkem 500 mil. tun hnědého uhlí. Při těžbě uhlí zde byl nalezen jantar. Od konce 70. let 20. století se ročně těžilo až 50 tun tzv. „Bitterfeldského jantaru“, který se dále třídil a dodával klenotnickému průmyslu.

Po rozsáhlých důlních rekultivacích se v roce 1999 začalo se zatápěním povrchového dolu Goitzsche, a to zprvu do kóty 71,5 m n. m., která byla dosažena na jaře 2002. Po dalších zabezpečovacích pracích mělo navyšování hladiny pokračovat až do roku 2005 na konečný stav 75,0 m n. m. Při povodni v roce 2002 došlo 14. srpna u města Bad Dübenu, východně od povrchového dolu Goitzsche, na několika místech k protržení a k přelití hrází na Mulde. Voda odtékala západním směrem a protrhla hráze kanálu Lober-Leine-Kanal v blízkosti ústí do Mulde, čímž došlo k dalšímu výraznému zvýšení odtoku vody z Mulde směrem k povrchovému dolu. Tato situace způsobila, že zpočátku přitékalo do povrchového dolu Goitzsche až 1 000 m³.s⁻¹ vody. Během 13,5 hodin (od 14. 8., 17.00 hod. do 15. 8., 6.30 hod.) dosáhl objem přitékající vody 37,6 mil. m³. Konečná hladina na úrovni 75,0 m n. m., plánovaná na rok 2005, byla dosažena již 15. srpna. Přesto že byla provedena řada okamžitých opatření, zvedala se hladina vody

i nadále a 19. srpna dosáhla výšky 78,5 m n. m., což byla pro svahy hrází již velmi nebezpečná situace. Hladinu se dařilo snižovat jen velmi pomalu, 30. srpna dosahovala stále kóty 76,8 m n. m. Průnikem přibližně 90 mil. m³ vody do povrchového dolu Goitzsche sice vznikly značné škody, ovšem díky tomu se podařilo uchránit město Bitterfeld a několik dalších okolních vesnic před totálním zatopením.

Vývoj povrchové těžby hnědého uhlí v povodí Mulde je popsán v kapitole 4.7.8. Dnes je v povodí Mulde těžba hnědého uhlí již zastavena.

Mulde se vlévá do Labe u Dessau (78 000 obyvatel) v širokém, často zaplavovaném údolí (obr. 4.6-28).



Obr. 4.6-27: Výtokový objekt vodní nádrže Muldestausee



Obr. 4.6-28: Soutok Mulde s Labem

*Pramen takřka nikdy neschvaluje tok řeky.
(Jean Cocteau)*

Od pramene ve Smrčinách po soutok s Labem nad městem Barby v říčním km 290,7 dosahuje Sála délky 433,9 km s výškovým rozdílem 657,5 m. Od soutoku s řekou Unstrut je Sála v délce téměř 162 km splavná.

Povodím o rozloze 24 079 km² zaujímá Sála mezi přítoky Labe druhé místo za Vltavou. Více než 59 % plochy povodí se rozprostírá v horských oblastech a pahorkatinách, necelých 41 % s výškou pod 200 m n. m. připadá na nížiny. K nejvyšším horám patří Brocken (1 142 m n. m.) v Harcu, Großer Beerberg (982 m n. m.) v Durynském lese a Großer Waldstein (880 m n. m.) ve Smrčinách (obr. 4.7-1).

Řeka protéká v horním úseku mezi Franským lesem a Halštrovským lesem vlnícím se úzkým údolím a dále pokračuje Durynskými břidlicemi (Thüringer Schiefergebirge) v hluboce zařezaném údolí. V této soutěsce byla postavena dvě velká vodní díla Bleiloch a Hohenwarte. Od Rudolstadt se tok Sály nejdříve rozšiřuje, aby se pak v hluboce zařezaném údolí u města Jena znovu prodíral Ilmsko-sálskou tabulí (Ilm-

Saale-Platte). Nad Naumburgem začíná mělké, široké údolí středního toku, kde Sála silně meandruje a přibírá největší přítok Unstrut. U Merseburgu se údolí Sály spojuje s údolní nivou Bílého Halštrovu širokou až dva kilometry, který je druhým největším přítokem. Na dolním toku před vstupem do širokého praúdolí Labe zužují skály pod městem Halle, zejména u Rothenburgu, ještě jednou šířku údolí Sály na méně než 200 m. Zde Sála přibírá třetí největší přítok Bode.

Podnebí v povodí Sály je velmi různorodé. Zatímco průměrné roční teploty ve vrcholových oblastech hor činí 4 až 6 °C, v dolním povodí dosahují 8 až 9 °C. Průměrný roční úhrn srážek na povodí Sály činí cca 615 mm. Ve vysokých partiích horských oblastí jsou roční průměrné úhrny srážek dvoj- až trojnásobně vyšší než v povodí dolního toku Sály. V horním Harcu dosahují hodnot kolem 1 800 mm a v Durynském lese téměř 1 300 mm. V zimě se zde mohou vyskytovat sněhové pokrývky až do výšky 200 cm, v horním Harcu dokonce až 300 cm, které při oblevě způsobují nebezpečné povodně. Ve srážkovém stínu Durynského lesa a Harcu leží Durynská pá-

nev (Thüringer Becken), tzv. Zlatá niva (Goldene Aue) a dolní povodí Sály, kde jsou roční průměrné úhrny srážek 450 až 500 mm. Tyto regiony se řadí k nejsušším územím Německa. Pod městem Halle je dokonce místně zaznamenáno pouhých 430 až 440 mm. Uvedené nízké úhrny srážek odpovídají hodnotě ročního výparu, a proto mohou přispívat k tvorbě odtoku pouze v zimním pololetí a v případě vydatných letních srážek.

K charakterizaci odtokových poměrů uvádějí *tab. 4.7-1* a *4.7-2* základní hydrologické charakteristiky 15 vybraných vodoměrných stanic, z nichž se 9 nachází na Sále a 6 na přítocích. Pro 6 stanic na Sále a 6 stanic na přítocích je na grafech *obr. 4.7-3* znázorněn roční průběh průtoků. Umístění 15 stanic je vyznačeno na *obr. 4.7-2*.



Obr. 4.7-1: Topografická mapa povodí Sály/Saale



Obr. 4.7-2: Hydrografická mapa povodí Sály/Saale

Tab. 4.7-1: Základní hydrologické charakteristiky průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Sály (Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.7-2.)

Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Říční km	Plocha povodí (A) [km ²]	Dlouhodobý průměrný průtok (Q _a) [m ³ .s ⁻¹]	Dlouhodobý průměrný minimální průtok (Q _{min}) [m ³ .s ⁻¹]	Dlouhodobý průměrný maximální průtok (Q _{max}) [m ³ .s ⁻¹]	Období
			[km]					
1.	Sála	Hof	391,0	521	5,43	0,912	56,6	1921 - 2000
2.		Blankenstein	357,0	1 013	11,6	1,80	123	1964 - 2000 (bez roku 1976)
3.		Kaulsdorf ¹⁾	281,0	1 665	16,5	3,15	83,6	1955 - 2000
4.	Loquitz	Kaulsdorf-Eichicht	1,8 ²⁾	362	3,89	0,474	35,6	1923 - 2000 (bez roku 1929)
5.	Schwarza	Schwarzburg	13,0 ²⁾	341	4,83	0,671	61,6	1984 - 2000
6.	Sála	Rudolstadt ¹⁾	258,0	2 678	25,9	7,54	126	1943 - 2000 (bez r. 1945 a 1952)
7.		Camburg-Stöben ¹⁾	187,0	3 977	31,4	10,9	137	1932 - 2000
8.	Ilm	Niedertrebra	10,0 ²⁾	894	5,91	1,64	40,1	1923 - 2000
9.	Unstrut	Laucha	12,8 ²⁾	6 218	30,6	10,7	104	1946 - 2000
10.	Sála	Naumburg-Grochlitz	158,0	11 449	67,8	26,0	245	1934 - 2000
11.	Bílý Halštov	Zeitz	89,5 ²⁾	2 504	16,9	4,67	143	1941 - 2000 (bez r. 1951 a 1953)
12.	Sála	Halle-Trotha	89,1	17 979	99,2	39,4	352	1955 - 2000
13.		Bernburg	36,1	19 639	101	41,8	313	1957 - 2000
14.	Bode	Hadmersleben	46,9 ²⁾	2 758	14,3	3,96	56,5	1931 - 2000
15.	Sála	Calbe-Grzehne	17,4	23 719	115	44,0	377	1932 - 2000 (bez roku 1945)

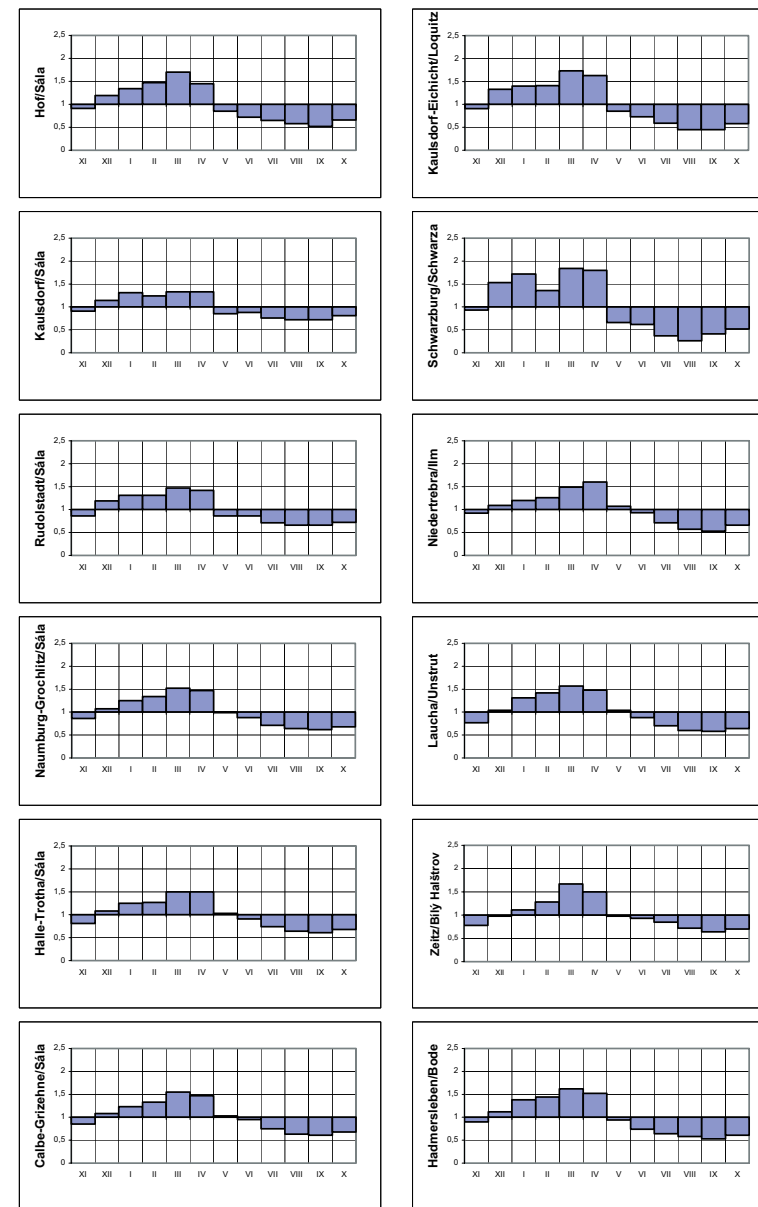
1) ovlivněno manipulací na vodním díle

2) říční km nad soutokem se Sálou

Tab. 4.7-2: Charakteristika hydrologického režimu ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Sály (Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.7-2.)

Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Průměrný specifický odtok [l.s ⁻¹ .km ⁻²]	Dlouhodobý průměrný průtok				Q _{min} : Q _a	Q _a : Q _{max}
				Zimní hydrologické pololetí		Letní hydrologické pololetí			
				[m ³ .s ⁻¹]	[%]	[m ³ .s ⁻¹]	[%]		
1.	Sála	Hof	10,4	7,28	67	3,60	33	1 : 6,0	1 : 10,4
2.		Blankenstein	11,5	16,3	70	6,93	30	1 : 6,4	1 : 10,6
3.		Kaulsdorf ¹⁾	9,9	20,0	61	13,0	39	1 : 5,2	1 : 5,1
4.	Loquitz	Kaulsdorf-Eichicht	10,7	5,45	70	2,35	30	1 : 8,2	1 : 9,2
5.	Schwarza	Schwarzburg	14,2	7,41	77	2,29	23	1 : 7,2	1 : 12,8
6.	Sála	Rudolstadt ¹⁾	9,7	32,6	63	19,4	37	1 : 3,4	1 : 4,9
7.		Camburg-Stöben ¹⁾	7,9	38,6	61	24,3	39	1 : 2,9	1 : 4,4
8.	Ilm	Niedertrebra	6,6	7,44	63	4,40	37	1 : 3,6	1 : 6,8
9.	Unstrut	Laucha	4,9	38,7	63	22,6	37	1 : 2,9	1 : 3,4
10.	Sála	Naumburg-Grochlitz	5,9	85,0	63	51,0	37	1 : 2,6	1 : 3,6
11.	Bílý Halštov	Zeitz	6,7	20,6	61	13,4	39	1 : 3,6	1 : 8,5
12.	Sála	Halle-Trotha	5,5	123	62	76,3	38	1 : 2,5	1 : 3,5
13.		Bernburg	5,1	123	61	78,5	39	1 : 2,4	1 : 3,1
14.	Bode	Hadmersleben	5,2	19,0	66	9,65	34	1 : 3,6	1 : 4,0
15.	Sála	Calbe-Grizehne	4,8	143	62	87,9	38	1 : 2,6	1 : 3,3

1) ovlivněno manipulací na vodním díle



Obr. 4.7-3: Roční průběh průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Sály, vyjádřený jako podíl dlouhodobých měsíčních a ročních průměrů (Q_{měsíc}/Q_a)

Na základě výše uvedených dat v tabulkách a na *obr. 4.7-3* lze průtokové poměry charakterizovat následovně:

■ Na Sále je roční průběh průtoků, který na horním toku ve stanici Hof většinou odpovídá přirozenému režimu, ovlivňován přehradami. Jejich vyrovnávací účinek je nejnápadnější ve stanici Kaulsdorf, nacházející se bezprostředně pod nimi, a ve stanici Rudolstadt. Dále po proudu účinek výrazně klesá, je ale ještě patrný na průběhu průtoků během roku ve stanicích Naumburg-Grochlitz, Halle-Trotha a Calbe-Grizehne, což je způsobeno především nalepšováním minimálních průtoků v letních a podzimních měsících.

Roční průběh průtoků na přítocích je značně rozdílný. Největší amplitudu lze zaznamenat na tocích Loquitz a Schwarza, kde často vznikají nebezpečné povodně. Povodí toků Loquitz a Schwarza, která se rozprostírají v Durynských břidlicích a ve východní části Durynského lesa, mají pouze velmi omezenou retenční schopnost, což se projevuje jak ve velkých průtocích vyskytujících se již od prosince, tak i ve velmi malých průtocích od července do září. Poměrně malý dlouhodobý průměrný únorový průtok ve stanici Schwarza je typickým jevem horních partií Durynského lesa, v dalších menších povodích je ještě výraznější. Tato skutečnost je podmíněna tím, že ve většině let nastává koncem ledna/začátkem února déle trvající mrazivé období, kdy srážky padají pouze formou sněhu, a proto odtok přechodně výrazně ubývá.

Ve velmi úzkém povodí řeky Ilm přibývá průtok ve stanici Niedertrebra od listopadu relativně rovnoměrně. Maxima dosahuje až v dubnu, protože sněhová pokrývka taje na hřebenech Durynského lesa poměrně pozdě. Pokles odtoku začínající v květnu neprobíhá tak rychle jako na tocích Loquitz a Schwarza.

Ve velmi různorodých dílčích povodích toku Unstrut, kde roční úhrny srážek dosahují v horních partiích západní části Durynského lesa 1 200 mm, v jižní části Harcu 700 až 900 mm a naopak v Durynské pánvi místně méně než 500 mm, je průběh průtoků během roku značně rozdílný a navíc ovlivňován několika přehradami. Uvedené rozdíly jsou kom-

penzovány až po soutok se Sálou a ve stanici Laucha již nejsou znatelné. Stejně poměry platí pro stanici Hadmersleben na dolním toku řeky Bode, v jejímž povodí se rovněž vyskytují velmi odlišné průtokové poměry.

Několik přehrad v horní části povodí Bílého Halštrovu ovlivňuje průběh průtoků během roku i ve stanici Zeitz. Poměrně velký průtok v letním pololetí ale nelze vysvětlit pouze nalepšováním minimálních průtoků. Následkem vydatných srážek se v povodí Bílého Halštrovu v letních měsících poměrně často vyskytují velké průtoky. Na rozdíl od ostatního povodí Sály lze na Bílém Halštrovu zaznamenat největší povodně v měsících červen až srpen.

■ Ve vodoměrných stanicích na horním toku Sály a na jejích přítocích Loquitz a Schwarza činí průměrný specifický odtok 10 až 14 l.s⁻¹.km⁻². Protože na přítocích Ilm, Unstrut, Bílý Halštrov a Bode se průměrné specifické odtoky pohybují v rozmezí pouhých 4,9 až 6,7 l.s⁻¹.km⁻², dochází k neustálému poklesu průměrného specifického odtoku v úseku Sály od stanice Rudolstadt (9,7 l.s⁻¹.km⁻²) po stanici Calbe-Grizehne (4,8 l.s⁻¹.km⁻²).

V dalších necelých 100 stanicích v povodí Sály jsou patrné podstatně větší rozdíly než v těch stanicích, pro které *tab. 4.7-2* uvádí průměrné specifické odtoky. V horních částech povodí Sály a jejích přítoků, kde roční úhm srážek roste směrem z východu na západ, přibývá i průměrný specifický odtok v porovnatelné výškové poloze. Ve stanicích v nadmořské výšce 400 až 500 m činí průměrný specifický odtok v Halštrovském lese (horní tok Bílého Halštrovu) 8 až 11 l.s⁻¹.km⁻², na Smrčinách a ve Franském lese (horní tok Sály) 8 až 14 l.s⁻¹.km⁻², ve východní části Durynského lesa (horní tok řeky Schwarza) 18 až 21 l.s⁻¹.km⁻², ve střední části Durynského lesa (horní tok řeky Ilm) 19 až 24 l.s⁻¹.km⁻², v západní části Durynského lesa (horní povodí přítoků Unstrutu Gera a Apfelstädt) 20 až 27 l.s⁻¹.km⁻² a v Harcu (horní tok řeky Bode) 22 až 29 l.s⁻¹.km⁻².

Nejmenší průměrné specifické odtoky byly zaznamenány v Durynské pánvi (přítoky řeky Unstrut) s 2,5 až 3,7 l.s⁻¹.km⁻², v nížině Leipziger Tieflandsbucht (dolní povodí Bílého Halštrovu a Sály) s 2,9 až 4,2 l.s⁻¹.km⁻² a v nížině Großes Bruch mezi severním podhůřím Harcu a regionem Magdeburger Börde (Großer Graben a dolní tok Bode) s 2,8 l.s⁻¹.km⁻².

■ Největší rozdíly v hydrologickém režimu vykazují 4 stanice na horním toku Sály a na řekách Loquitz a Schwarza. Poměr odtoku mezi zimním a letním hydrologickým pololetím činí 67 : 33 až 77 : 23 %, poměr $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ 1 : 6,0 až 1 : 8,2 a $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ 1 : 9,2 až 1 : 12,8. S výjimkou stanice Hadmersleben na Bode představuje v dalších stanicích podíl odtoku v zimě 61 až 63 %, přičemž ve stanici Kaulsdorf je v porovnání s přirozenými odtokovými poměry snížen o cca 10 %, což je podmíněno přehradami na Sále. Vliv těchto vodních děl se velmi výrazně projevuje také v poměrech $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ a $Q_a : \bar{Q}_{\max}$. Místo přirozených hodnot kolem 1 : 8, resp. 1 : 11 jsou ve stanici Kaulsdorf zaznamenávány pouze hodnoty 1 : 5,2, resp. 1 : 5,1. Dále po toku hodnoty klesají a na dolním toku Sály dosahují cca 1 : 2,5, resp. 1 : 3,3. Ve stanici Zeitz, která se nachází téměř 90 km nad ústím Bílého Halštrovu, činí poměr $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ 1 : 8,5. Tato relativně vysoká hodnota je způsobena již zmíněnými častými letními povodněmi.

V *tab. 4.7-3* je uveden přírůstek plochy a dlouhodobého průměrného průtoku v povodí Sály. Uvedené dlouhodobé průměrné průtoky byly odvozeny.

Tab. 4.7-3: Přírůstek plochy povodí a dlouhodobého průměrného průtoku na Sále v úseku od pramene po ústí

Říční úsek Sáły	Významný přítok Sáły	Plocha povodí [km ²]		Dlouhodobý průměrný průtok [m ³ .s ⁻¹]	
		Sála	Významný přítok v místě zaústění	Sála	Významný přítok v místě zaústění
Sála od pramene po soutok s řekou Selbitz		766,2		8,14	
	Selbitz		246,8		3,46
Sála po soutok s řekou Loquitz		1 665,9		16,5	
	Loquitz		364,3		3,98
Sála po soutok s řekou Schwarza		2 137,1		21,2	
	Schwarza		507,0		5,40
Sála po soutok s řekou Orla		2 934,1		27,8	
	Orla		258,2		1,39
Sála po soutok s řekou Roda		3 392,5		30,0	
	Roda		262,3		1,29
Sála po soutok s řekou Ilm		3 996,3		32,6	
	Ilm		1042,7		6,50
Sála po soutok s řekou Unstrut		5 096,4		30,1	
	Unstrut z toho:		6 342,7		31,0
	Gera		1 089,9		6,60
	Helme		1 318,1		7,70
Sála po soutok s Bílým Halštrovem		12 733,9		70,3	
	Bílý Halštrov z toho:		5 154,0		26,0
	Pleiße		1 473,6		
Sála po soutok s řekou Salza		18 063,9		99,4	
	Salza		564,8		1,04
Sála po soutok s řekou Wipper		19 023,0		97,0	
	Wipper		606,0		2,77
Sála po soutok s řekou Fuhne		19 642,5		100	
	Fuhne		700,8		1,13
Sála po soutok s řekou Bode		20 366,1		104	
	Bode z toho:		3 297,4		12,8
	Großer Graben		828,0		2,71
Sála po soutok s Labem		24 079,1		117	

Tab. 4.7-4: Přehled údolních nádrží v povodí Sáły

Dílčí povodí	Počet údolních nádrží	Objem	
		ovladatelný [mil. m ³]	z toho ochranný [mil. m ³]
Sála bez toků Unstrut, Bílý Halštrov a Bode	22	458,16	45,69
Unstrut	25	124,23	71,98
Bílý Halštrov	29	251,09	95,47
Bode	10	131,20	24,64
Sála celkem	86	964,68	237,78

Tabulka dokládá, že strukturu povodí Sáły určují tři velké přítoky Unstrut, Bílý Halštrov a Bode, které pokrývají téměř 62 % celé plochy povodí Sáły.

V povodí Sáły je 86 údolních nádrží, přičemž každá z nich má ovladatelný objem nad 0,3 mil. m³. Celkový ovladatelný objem činí 964,7 mil. m³, z čehož v zimním období je vymezeno 237,8 mil. m³ jako ochranný objem (tab. 4.7-4).

4.7.1 Sála od pramene po soustavu údolních nádrží na Sále

Sála, označovaná na horním toku také jako Saská Sála (Sächsische Saale), aby ji bylo možno odlišit od stejnojmenného přítoku Mohanu v bavorském Dolním Franksu, pramení stejně jako Ohře ve Smrčinách.

Pramen Sály leží ve výšce 707 m n. m. na jihozápadním svahu hory Großer Waldstein (880 m n. m.) nedaleko obce Zell. V roce 1869 byla kolem pramene vybudována obruba a umístěna pamětní deska s nápisem (obr. 4.7-4).



Obr. 4.7-4: Pramen Sály

Tok Sály nad Hofem (50 000 obyvatel) má charakter bystřiny s průměrným sklonem 5,2 ‰. Zde se vlévají toky **Förmitz** a **Oelsnitz**. Údolní nádrž Förmitztalsperre (obr. 4.7-5) s ovladatelným objemem 9,85 mil. m³, která byla vybudována v roce 1978, slouží převážně k nalepšování malých průtoků Sály na minimální průtok 1 m³.s⁻¹ ve městě Hof.



Obr. 4.7-5: Přehrada Förmitztalsperre

Údolní nádrž Untreusee na toku Oelsnitz s ovladatelným objemem 5,80 mil. m³ slouží především k rekreačním účelům. Po letní sezoně se však používá také k nalepšování minimálních průtoků Sály a v zimním pololetí k zadržování velkých vod (1,20 mil. m³).

Pod Hofem se sklon snižuje až ke konci vzdutí údolní nádrže Bleiloch u Blankensteinu na 1,7 ‰. Po 78,1 km přibírá Sála přítok **Selbitz** (247 km²), který pramení ve Franském lese a vlévá se do Sály nad Blankensteinem, čímž se plocha povodí zvětšuje na 1 013 km².

4.7.2 Soustava údolních nádrží na Sále

Na úseku mezi městy Blankenstein a Eichicht byla na 79,8 km dlouhém toku Sály vytvořena největší komplexně řízená soustava přehrad v Německu (obr. 4.7-6). Skládá se ze 6 údolních nádrží (tab. 4.7-5), přičemž nádrže Bleiloch a Hohenwarte (obr. 3.3-1 a 4.7-7) mají celkový ovladatelný objem 397 mil. m³. Z hlediska ovladatelného objemu je vodní dílo Bleiloch největším v Německu. Plocha povodí na konci soustavy, tj. na odtoku z údolní nádrže Eichicht, činí 1 665 km², průměrný průtok 16,5 m³.s⁻¹.

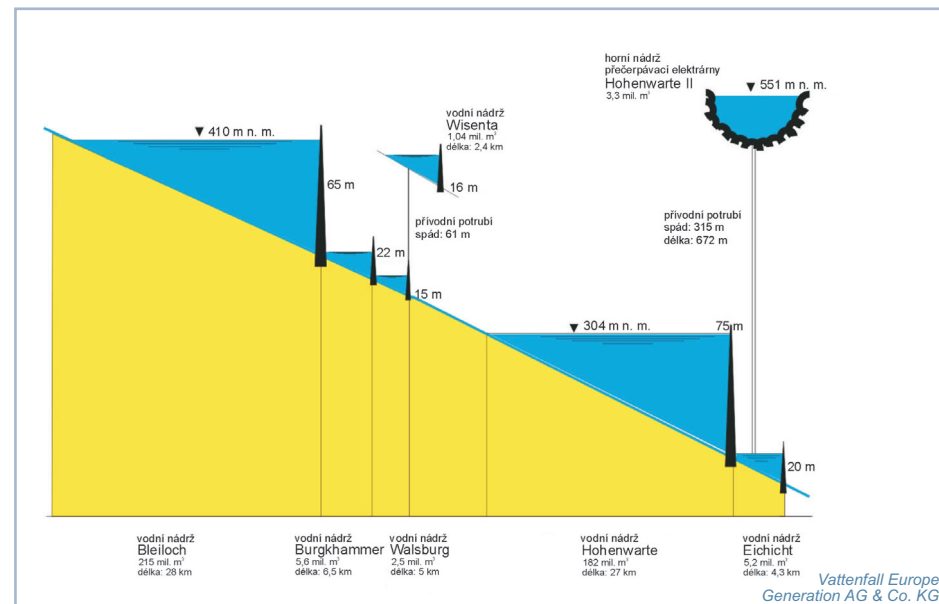
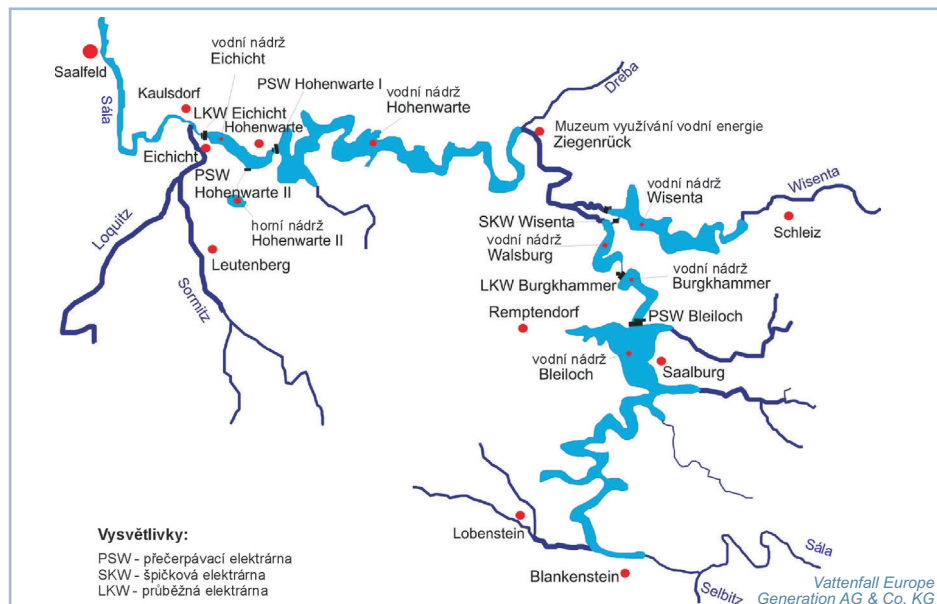
Tab. 4.7-5: Soustava údolních nádrží na horním toku Sály

Poř. čís.	Název údolní nádrže / vodní tok	Ovladatelný objem [mil. m ³]	z toho ochranný objem v zimním období [mil. m ³]	Zahájení provozu [rok]
1.	Bleiloch / Sála	215,00	27,00	1932
2.	Burgkhammer / Sála	5,64	—	1932
3.	Walsburg / Sála	2,54	—	1939
4.	Wisenta / Wisenta	1,04	—	1934
5.	Hohenwarte / Sála	182,00	13,00	1941
6.	Eichicht / Sála	5,21	—	1945
	Celkem	411,43	40,00	

Mezi oběma velkými přehradami Bleiloch a Hohenwarte se do Sály z pravé strany vlévá **Wisenta** (176 km²), která přitéká ze západní části pahorkatiny Vogtland. Wisenta je zapojena do soustavy údolních nádrží Sály na horním toku údolní nádrží Lössau a na dolním toku údolní nádrží Wisenta.

Soustava údolních nádrží na Sále má plnit několik funkcí:

■ Minimální průtok na Sále ve vodoměrné stanici Kaulsdorf může být zvětšen na 5 m³.s⁻¹. Před vybudováním vodních děl zde v období sucha často protékalo pouhých 0,7 m³.s⁻¹.



Obr. 4.7-6: Přehledné schéma a podélný profil Sály v úseku Blankenstein - Eichicht („Sálská kaskáda“)



Obr. 4.7-7: Přehrada Hohenwarte

Ve spojitosti s ostatními přehradami v povodí horního toku Sály a řeky Unstrut lze v Naumburgu při velikosti povodí 11 449 km² zabezpečit minimální průtok 22 m³.s⁻¹. V období sucha před zřízením údolních nádrží zde poměrně často protékalo pouhých 7 m³.s⁻¹.

■ Ovladatelný ochranný objem 40 mil. m³, který se v letním pololetí snižuje na 25 mil. m³, má zabezpečit, aby nedošlo k překročení maximálního odtoku ze Sálské kaskády ve výši 120 m³.s⁻¹. Naproti tomu při povodni v listopadu 1890 byl dosažen průtok 610 m³.s⁻¹.

■ Při povodni v dubnu 1994 dosáhl dne 13. 4. 1994 maximální přítok do soustavy údolních nádrží 270 m³.s⁻¹. Od 13. dubna v 8.00 hod. do 15. dubna v 8.00 hod. se nádrž neodpouštěla, aby se pod přehradou v povodí Sály dále nezvyšovala právě probíhající povodňová vlna, což ve vodoměrné stanici Rudolstadt vedlo k poklesu kulminačního vodního stavu o 120 cm. Při této povodni byl zaznamenán maximální odtok ze Sálské kaskády ve výši 110 m³.s⁻¹.

■ Výroba energie je třetí důležitou funkcí soustavy údolních nádrží. Celkem 6 vodních elektráren má výkon 471 MW.

Elektrárny Bleiloch (80 MW), Hohenwarte I (63 MW) a Hohenwarte II (320 MW) byly vybudovány jako přečerpávací



Obr. 4.7-8: Přečerpávací elektrárna Hohenwarte II

elektrárny, přičemž elektrárna Hohenwarte II je největší vodní elektrárnou na Sále (obr. 4.7-8).

Jako specifikum Sálské kaskády lze uvést, že nádrže vodních děl Bleiloch a Hohenwarte zároveň tvoří horní nádrže přečerpávacích elektráren Bleiloch a Hohenwarte I. Funkci dolních nádrží splňují nádrže vodních děl Burgkhammer, resp. Eichicht. Přehled o všech přečerpávacích elektrárnách v povodí Labe poskytuje *tab. 4.7-6*.

■ Velký význam pro hospodaření s vodou v povodí Sály měla v roce 1963 zavedená regulace zatížení povodí Sály a Unstrut solemi. Cílem bylo naředit zatížení z výroby draselných solí v jižním Harcu, které se do toku dostávalo přes Wipper, Unstrut a Sálu, řízeným vypouštěním nezasolené vody (8 německých stupňů tvrdosti vody °N) z údolních nádrží na Sále. Tato regulace měla zabezpečit, aby v profilu Leuna-Daspig nebyly překračovány limity 40 °N a 560 mg.l⁻¹ chloridů, a bylo tak možno provádět odběry užitkové vody ze Sály pro průmyslovou aglomeraci Leuna-Buna.

Po postupném útlumu výroby draselných solí začátkem 90. let hrají dnes významnou roli pouze louhy z draselných skládek (plošné vnosy). V profilu Leuna-Daspig bylo v roce 2000 zjištěno 27 °N a 25 mg.l⁻¹ chloridů, což je blízké přirozeným geogenním podmínkám. Regulace zatížení solemi a vypouštění nezasolené vody byly v roce 1997 zastaveny.

■ Původním záměrem bylo, aby se soustava údolních nádrží využívala jako vodní zdroj ke zvyšování hladiny v Sále a Labi pro zlepšení podmínek lodní dopravy. Odpouštěním vody z obou velkokapacitních nádrží až do 60 m³.s⁻¹ se měla za nejnižšího stavu vody v Labi na ústí Sály zvýšit plavební hloubka o 45 cm na 1,70 m. Od roku 1950 se údolní nádrže však využívají ve stále větší míře pro energetické a vodohospodářské účely a k nalepšování minimálních průtoků v Labi se proto téměř nevyužívají.

4.7.3 Od soustavy údolních nádrží na Sále po soutok s řekou Unstrut

Bezprostředně pod soustavou údolních nádrží se do Sály zleva vlévají řeky **Loquitz** (364 km²) a **Schwarza** (507 km²), které pramení ve východní části Durynského lesa a často způsobují povodně.

V povodí řeky Schwarza se nacházejí vodárenské nádrže Scheibe-Alsbach (ovladatelný objem 2,05 mil. m³) a Deesbach (ovladatelný objem 3,22 mil. m³), přičemž Deesbach bude mít v budoucnu funkci předzdrže přehrady Leibis. Vodní dílo Leibis, ve kterém bude vymezen ovladatelný objem 38,90 mil. m³, z toho 5,60 mil. m³ ochranného objemu, bude dokončeno do roku 2007.

V povodí řeky Schwarza byl v roce 2003 zahájen provoz přečerpávací elektrárny **Goldisthal** o kapacitě 1 060 MWs vyrovnávací nádrží (17,91 mil. m³). V Evropě je nejmodernějším objektem svého typu (obr. 4.7-9) s největší umělou horní nádrží 12,00 mil. m³ v povodí Labe (*tab. 4.7-6*).



Obr. 4.7-9: Přečerpávací elektrárna Goldisthal

V prameništi řeky Schwarza na Rennsteigu u Siegmundsburgu je kamenem označen styčný bod rozvodnice povodí Sály se sousedními povodími Rýna a Vezery (obr. 4.7-10).



Obr. 4.7-10: Kámen označující styčný bod rozvodnic Labe, Rýna a Vezery

Tab. 4.7-6: Přehled přečerpávacích elektráren v povodí Labe

Poř. čís.	Název přečerpávací elektrárny / vodní tok	Rok zahájení provozu	Jmenovitý výkon [MW]	Průměrný spád [m]	Ovladatelný objem [mil. m ³]		Poznámky
					Horní nádrž	Dolní nádrž	
Povodí Vltavy							
1.	Černé jezero / Úhlava	1930	1 x 1,5 = 1,5	275		0,015	první objekt tohoto typu v České republice
2.	Štěchovice II / Vltava	1947	1 x 45 = 45	219	0,50	11,10 (vodní dílo Vrané)	Po rekonstrukci byl v roce 1996 uveden do provozu modernizovaný objekt.
Tok Labe							
3.	Niederwartha / Labe	1929 1955 1957 1960	4 x 20 = 80 2 x 20 = 40 4 x 20 = 80 6 x 20 = 120	143	2,84	2,60	Výkonem 80 MW byl objekt v roce 1929 první větší přečerpávací elektrárnou na světě. Po opětné montáži v letech 1955 - 1957 byl provoz obnoven. V roce 1960 byl výkon rozšířen na 120 MW. Elektrárna byla poškozena povodní v srpnu 2002. Od listopadu 2003 je provoz postupně obnovován.
4.	Geesthacht / Labe	1958	3 x 40 = 120	83	3,30	8,21 (zdymadlo Geesthacht)	
Povodí Mulde ¹⁾							
5.	Markersbach / Große Mittweida	1979 - 1981	6 x 175 = 1 050	288	6,46	7,97	podzemní elektrárna
Povodí Sály ²⁾							
6.	Bleiloch / Sála	1932	2 x 40 = 80	49	215,00 (vodní dílo Bleiloch)	5,64 (vodní dílo Burgkhammer)	Nádrž vodního díla Bleiloch má funkci horní nádrže.
7.	Hohenwarte I / Sála	1942 1959	1 x 30 = 30 2 x 30 = 60 1 x 2,75 = 2,75	56	182,00 (vodní dílo Hohenwarte)	5,21 (vodní dílo Eichicht)	Nádrž vodního díla Hohenwarte má funkci horní nádrže.
8.	Hohenwarte II / Sála	1965 - 1966	8 x 40 = 320	304	3,28	5,21 (vodní dílo Eichicht)	
9.	Goldisthal / Schwarza	2003	4 x 265 = 1 060	302	12,00	17,91 (vodní dílo Goldisthal)	Patří mezi největší a nejmodernější objekty v Evropě. (největší umělá horní nádrž, podzemní elektrárna)
10.	Wendefurth / Bode	1967 - 1968	2 x 40 = 80	126	1,97	8,54 (vodní dílo Wendefurth)	

1) Přečerpávací elektrárna Mittweida / Zschopau (1,5 MW) byla provozována v letech 1928 - 1988.

2) V roce 1992 byla vyřazena z provozu čerpadla, a proto od té doby již nefunguje elektrárna Wisenta / Sála jako přečerpávací elektrárna, ale jako akumulční vodní elektrárna (1,26 MW).



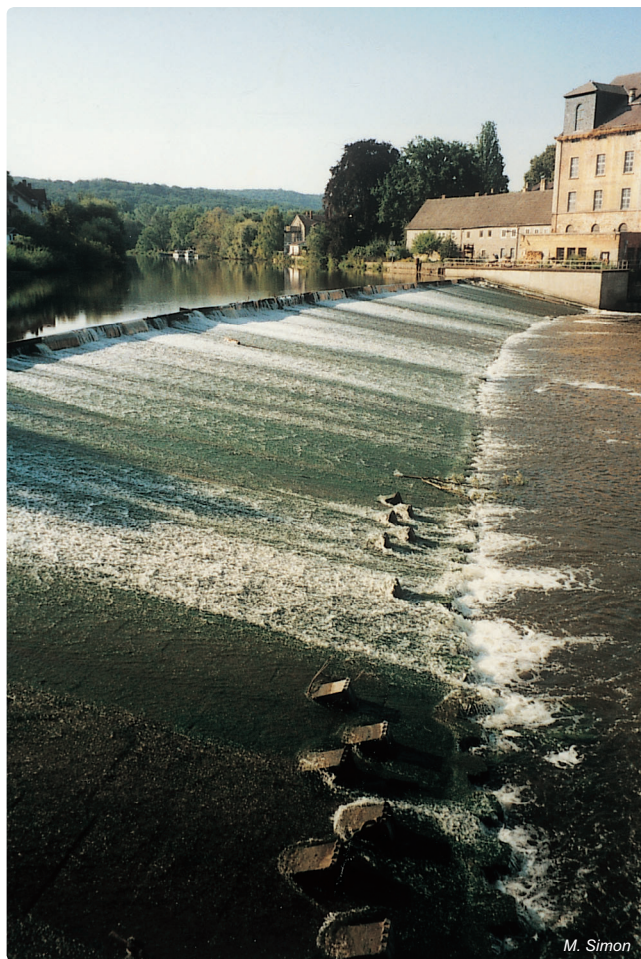
Obr. 4.7-11: Údolí Sály pod soutokem s řekou Ilm se zříceninami hradů Rudelsburg (vlevo) a Saaleck

Pod soutokem se Schwarzou protíná Sála Ilmsko-sálskou tabulí, kde přibírá několik přítoků. **Ilm** (1 043 km²), který se z levé strany do Sály vlévá přibližně 25 km pod Jenou (103 000 obyvatel), pramení v západní části Durynského lesa a má neobvykle úzké povodí. Místy je Sála vtěsnána i mezi strmými skálami, např. pod soutokem s řekou Ilm (ř. km 179,9) (obr. 4.7-11).

Celkem 117,7 km dlouhý říční úsek od údolních nádrží na Sále po soutok s řekou Unstrut se vyznačuje průměrným

sklonem 1,1 ‰. Z dřívějších početných jezových objektů existuje v současnosti ještě 19 s výškou přes 1 m nade dnem toku, přičemž nejvyšším je jez v městečku Bad Kösen s výškou 3,30 m (obr. 4.7-12).

Nad soutokem Sály s řekou Unstrut u Naumburgu (30 000 obyvatel) dosahuje povodí Sály plochy 5 096 km².



Obr. 4.7-12: Jez ve městečku Bad Kösen

4.7.4 Unstrut

Povodí Sály je na soutoku o 1 246 km² menší než povodí řeky **Unstrut** (6 343 km²), které se rozprostírá od západní části Durynského lesa přes Eichsfeld až do jižního Harcu včetně Durynské pánve. Unstrut pramení ve výšce 390 m n. m. západně od obce Kefferhausen v oblasti Eichsfeldu. Od města Mühlhausen (38 000 obyvatel) přetíná v široké, téměř rovné údolní nivě zvlněnou sprašovou krajinu Durynské pánve. U města Artern protéká Unstrut několik kilometrů širokým údolím, aby se pak v dolní třetině toku vtěsnala mezi strmé svahy a nakonec se u Naumburgu vlévá do Sály (ř. km 161,8). Délka řeky Unstrut činí 191,1 km, výškový rozdíl od pramene po ústí je 289 m. V horním úseku po soutok s Gerou má řeka sklon 3,6 ‰, ve středním úseku 0,55 ‰ a v dolním úseku 0,30 až 0,10 ‰.

Nejvýznamnějším přítokem na horním toku Unstrut je **Gera** (1 090 km²) spolu s přítokem **Apfelstädt** (372 km²). Prameny obou těchto řek leží na hřebenech západní části Durynského lesa. Od Erfurtu (202 000 obyvatel) je tok Gery většinou regulován a upraven. Až po soutoku s vodnatější Gerou se Unstrut stává hlavním tokem Durynské pánve, jelikož nad ústím Gery má plochu povodí pouze 832 km².

V povodí Gery je 7 přehrad, přičemž údolní nádrže Tambach-Dietharz (ovladatelný objem 0,78 mil. m³), Ohra (ovladatelný objem 17,82 mil. m³) a Schmalwasser (ovladatelný objem 20,55 mil. m³, obr. 4.7-13) jsou součástí komplexního vodárenského systému severního a východního Durynska, který zásobuje vodou 1,2 mil. obyvatel a průmyslové podniky.

Naproti tomu nádrž Heyda (ovladatelný objem 5,03 mil. m³) se využívá pouze k zásobování vodou pro zavlažování a k povodňové ochraně.

Bezprostředně pod ústím Gery do řeky Unstrut se nachází retenční nádrž Straußfurt (obr. 4.7-14), která ovladatelným



Obr. 4.7-13: Přehrada Schmalwasser

objemem 18,64 mil. m³ přispívá k ochraně před povodněmi na řece Unstrut a na Sále.

Unstrut se svými přítoky **Gramme** (357 km²), **Lossa** (394 km²) a dalšími toky **Helbe** (414 km²), **Wipper** (647 km²) a **Helme** (1 318 km²), které přitékají z regionu Eichsfeld, odvádí vodu z Durynské pánve. Přítoky Helme, tj. **Zorge** (356 km²) a **Thyra** (175 km²), pramení v jižním Harcu (obr. 4.7-1). Řeka Helme odvodňuje také rozsáhlé části dobře známého úrodného úvalu, zvaného „Zlatá niva“ (Goldene Aue).

Největší údolní nádrž v povodí Unstrut je nádrž Kelbra (obr. 4.7-15), která byla uvedena do provozu v roce 1969



Obr. 4.7-14: Retenční nádrž Straußfurt při povodni v dubnu 1994



Obr. 4.7-15: Přehrada Kelbra

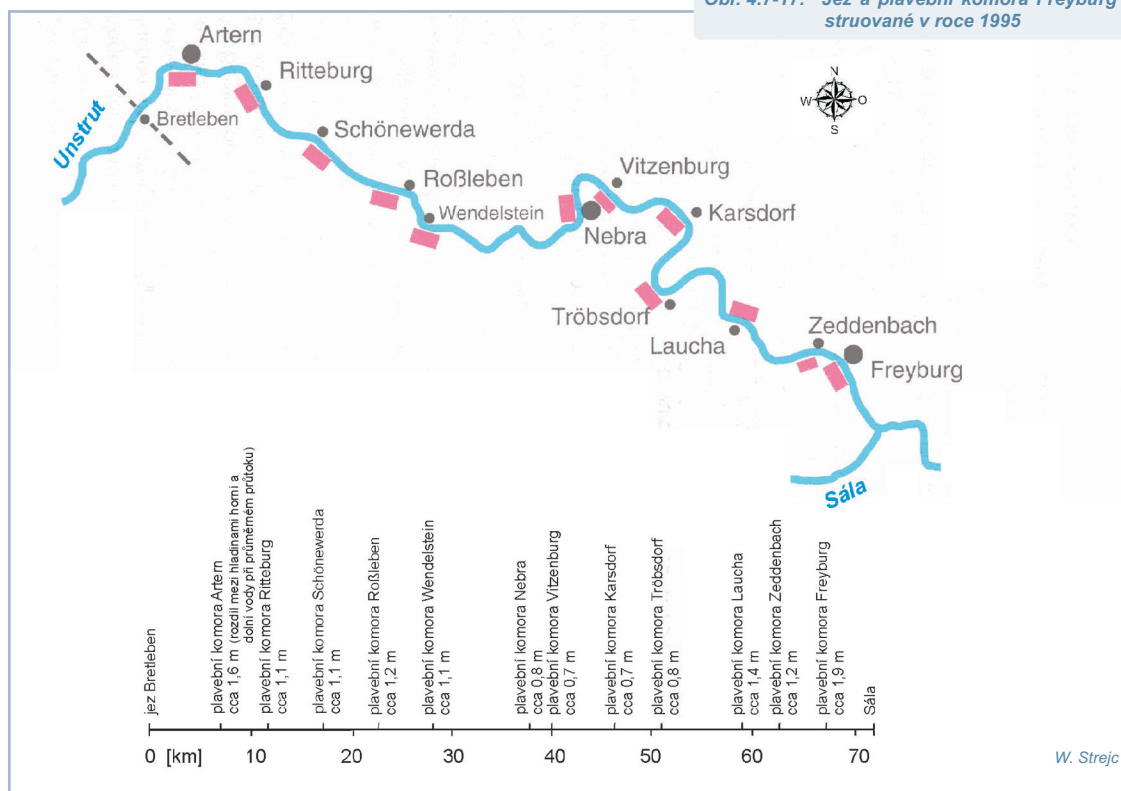
na řece Helme pod městem Nordhausen (44 000 obyvatel). Ovladatelným objemem 35,60 mil. m³, který je v zimním hydrologickém pololetí určen výlučně pro účely povodňové ochrany (v letním hydrologickém období 23,30 mil. m³), má tato údolní nádrž významný vliv na průběh povodní na řece Helme a dolním toku Unstrut a přispívá stejně jako retenční nádrž Straußfurt ke zmírnění povodní na Sále.

Po stavbě prvních ochranných hrází, které se datují do 12. století, byl tok Unstrut upravován, napřimován, krácen a ohrázován především během dvou velkých regulací v 19. a 20. století. Dnes je převážně kanalizovaným vodním tokem s řadou ohrázovaných úseků. Pouze na několika málo úsecích toku se zachovaly relativně přirozené vodní struktury. K tomuto vývoji značnou měrou přispělo **splavnění** toku Unstrut v letech 1791 - 1795. Celkem bylo postaveno 12 plavebních komor včetně jezových objektů (obr. 4.7-16). Kolem roku 1880 byly na většině plavebních komor provedeny další stavební úpravy. Tím byl tok Unstrut v délce 71,4 km splavný pro lodě o výtlačku do 150 tun.

Protože plavební komory a jezy byly ve špatném stavu, nemá již řeka Unstrut od roku 1954 status vnitrozemské vodní cesty. Od roku 1992 do roku 1999 byly na dolním úseku řeky zrekonstruovány, resp. obnoveny 4 jezy včetně plavebních komor (Freyburg, Zeddenbach, Laucha a Tröbsdorf). Na tomto cca 25 km dlouhém úseku toku Unstrut se dnes opět plaví výletní lodě a sportovní čluny. Největší výšku nade dnem toku má jez ve Freyburgu – 4,40 m (obr. 4.7-17).



Obr. 4.7-17: Jez a plavební komora Freyburg na toku Unstrut rekonstruované v roce 1995



Obr. 4.7-16: Plavební komory na řece Unstrut kolem roku 1795

4.7.5 Sála od soutoku s řekou Unstrut po soutok s Bílým Halštrovem

Na 59,2 km dlouhém říčním úseku – od soutoku s řekou Unstrut po ústí Bílého Halštrovu (ř. km 102,6) – s průměrným sklonem pouhých 0,38 ‰ se povodí Sály zvětšuje o téměř 1 300 km² na plochu 12 734 km².

Úprava tohoto úseku Sály na vnitrozemskou vodní cestu začala v době splavnění dolního toku Unstrut v letech 1791 - 1795 výstavbou 4 plavebních komor na úseku Naumburg - Weißenfels. V letech 1816 - 1822 bylo na Sále pod Weißenfelskem po Halle postaveno 7 plavebních komor. Od roku 1880 se mohly plavit od soutoku Sály s Labem až do Halle lodi o výtlačku až 400 tun a do Arternu na řece Unstrut (cca 244 km) lodi o výtlačku až 150 tun.

K ochraně před povodněmi byly na Sále ve Weißenfelsu (30 000 obyvatel), Merseburgu (35 000 obyvatel) a dalších městech většinou postaveny nábrežní zdi (obr. 4.7-18). Na dalších úsecích, které nemají přirozené strmé břehy, je Sála ohrázována.



Obr. 4.7-18: Sála s katedrálou a zámek v Merseburgu

4.7.6 Bílý Halštrov

Povodím o rozloze 5 154 km² je Bílý Halštrov, v Německu nazýván Weiße Elster, druhým největším přítokem Sávy. Poměrně úzké povodí se rozprostírá od Halštrovského lesa přes Vogtland až po nížinu kolem Lipska Leipziger Tieflandsbucht, přičemž řeka teče přibližně souběžně se Sálou.

Bílý Halštrov pramení na českém území v Halštrovském lese severozápadně od Kapellenbergu (759 m n. m.), resp. na jihovýchod od Aše ve výšce 723 m n. m. Plocha povodí na území České republiky činí 55,4 km².

Na své převážně severně směřující trase protéká Bílý Halštrov Plavnem (70 000 obyvatel), Greizem (25 000 obyvatel), Gerou (106 000 obyvatel) a Zeitzem (30 000 obyvatel). V Lipsku (498 000 obyvatel) odbočuje směrem na západ a na jižním okraji Halle (240 000 obyvatel) ústí do Sávy.

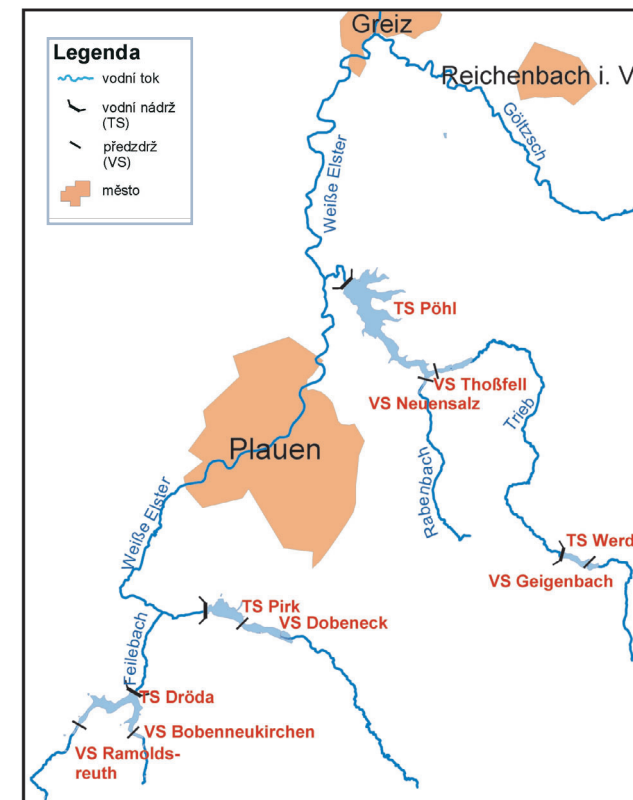
Bílý Halštrov má délku 247,1 km a výškový rozdíl od pramene po ústí činí 644,6 m. Na úseku prvních 11,8 km v České republice má řeka se sklonem 20,2 ‰ charakter bystřiny. Také dalších 72 km do Greizu s průměrným sklonem 6,2 ‰ dokládá, že Bílý Halštrov je typickou horskou řekou. Na 71 km dlouhém úseku středního toku po Zeitz klesá sklon na 1,5 ‰ a na 92 km dlouhém dolním toku na 0,76 ‰.

Horní tok Bílého Halštrovu s přítoky **Trieb** (163 km²), **Göltzsch** (230 km²) a **Weida** (459 km²) je znám tím, že zde často docházelo k povodním. Extrémní povodeň v červenci 1954 byla hlavním podnětem k výstavbě řady údolních nádrží, které mají vedle retenční i vodárenskou funkci (obr. 4.7-19 a 4.7-20, tab. 4.7-7).

Soustava údolních nádrží na řece Weida může zabezpečit zásobování 320 000 obyvatel pitnou vodou. Za tímto účelem lze podle potřeby štolou převádět vodu z nádrže Lössau v povodí horního toku Sávy (obr. 4.7-21).

Impozantní stavbou na řece Göltzsch je železniční most, který byl uveden do provozu mezi Plavnem a Reichenbachem v roce 1851. Jedná se o největší cihlový most na světě. Na stavbu tohoto 78 m vysokého a 574 m dlouhého mostu o 4 poschodích bylo použito 26 mil. cihel (obr. 4.7-22).

V Lipsku se do Bílého Halštrovu vlévá přítok **Pleiše**, který má povodí o rozloze 1 474 m² a délku 97,8 km. Pramení u městečka Ebersbrunn jihozápadně od Zwickau ve výšce 443 m n. m. Významnými přítoky jsou **Wyhra** (429 km²) a **Parthe** (400 km²).



Obr. 4.7-19: Údolní nádrže v povodí horního toku Bílého Halštrovu/Weiße Elster v oblasti Plavna/Plauen

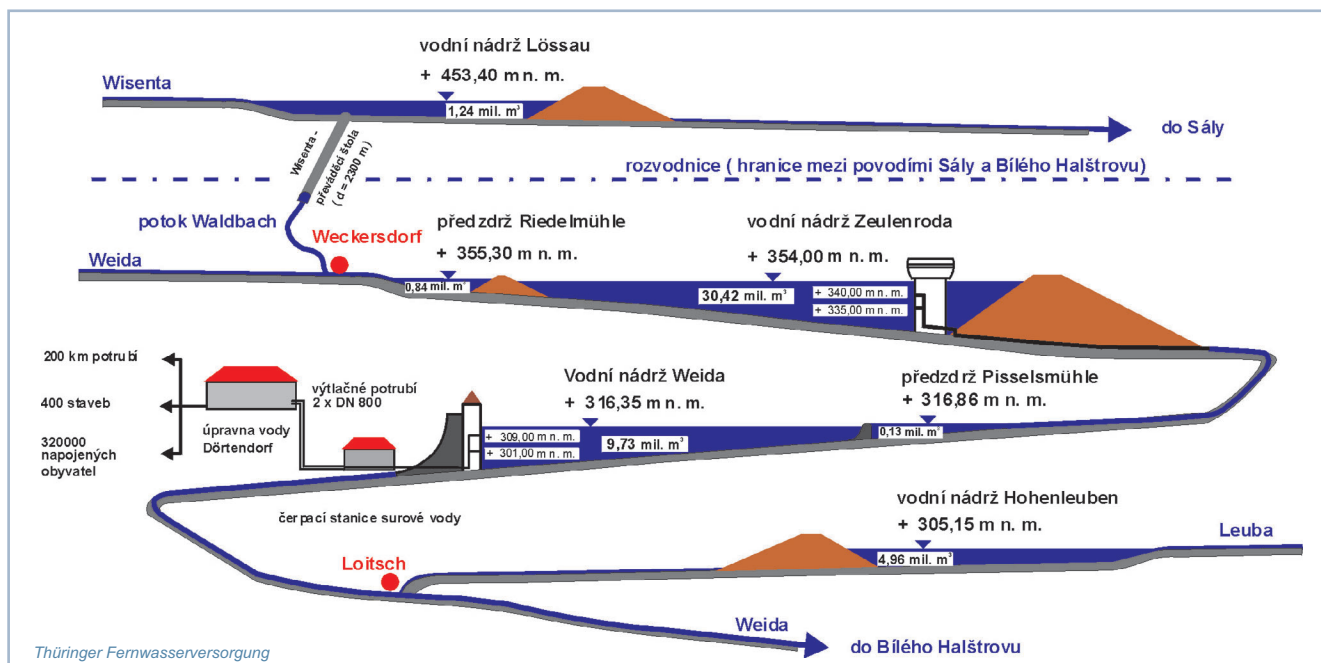


Obr. 4.7-20: Přehrada Pöhl, největší vodní dílo v povodí Bílého Halštrovu

Tab. 4.7-7: Údolní nádrže v povodí Bílého Halštrovu (bez řeky Pleiše a předzdrží)

Poř. čís.	Název údolní nádrže / vodní tok	Ovladatelný objem [mil. m ³]	z toho ochranný objem v zimním období [mil. m ³]	Zahájení provozu [rok]
1.	Pirk / Bílý Halštrov	9,50	0,76	1938
2.	Dröda / Feilebach	17,32	3,00	1971
3.	Werda / Geigenbach	3,63	1,22	1909
4.	Pöhl / Trieb	61,98	9,16	1964
5.	Falkenstein / Göltzsch	1,20	0,25	1975
6.	Zeulenroda / Weida	30,42	7,62	1975
7.	Weida / Weida	9,73	0,60	1956
8.	Hohenleuben / Leuba	4,96	—	1981
9.	Auma / Weida	0,57	—	1936
	Celkem	139,31	22,21	

Především pro povodňovou ochranu Lipska a pro dodávky užitkové vody byly v povodí Pleiše vybudovány tři údolní a dvě retenční nádrže a ve 4 důlních jezerech byl vymezen ovladatelný objem. Celkový ovladatelný objem těchto 9 vodních nádrží převyšuje 104 mil. m³, z toho je na ochranný objem vyhrazeno více než 73 mil. m³ (obr. 4.7-23 a tab. 4.7-8).



Obr. 4.7-21: Schéma soustavy údolních nádrží na řece Weida

Nádrž Witznitz (obr. 4.7-24) slouží také zásobování užitkovou vodou, zejména dvou bloků nové uhelné elektrárny u obce Lippendorf (jižně od Lipska). Každý z nich má výkon 933 MW

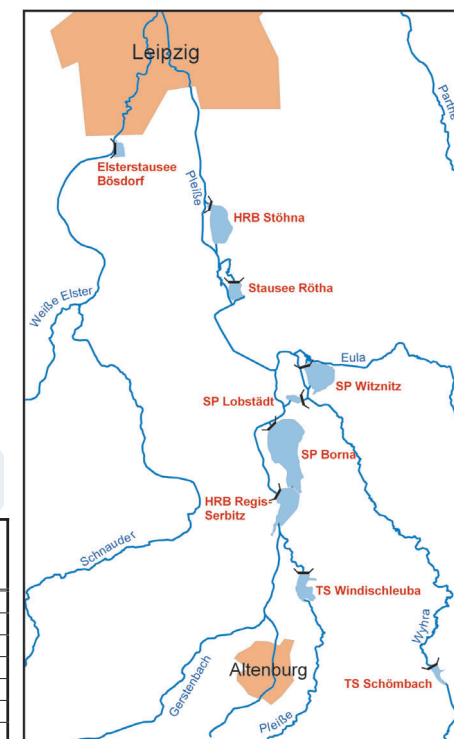
a jejich roční spotřeba vody činí 35 mil. m³. Ročně je do nádrže převáděno cca 5,9 mil. m³ vody z povodí Moldavského poto-
ka (viz kap. 4.6-1).



Obr. 4.7-22: Most přes údolí řeky Göltzsch



Obr. 4.7-24: Nádrž Witznitz (důlní jezero)



Obr. 4.7-23: Vodní nádrže v povodí řeky Pleiße

Tab. 4.7-8: Vodní nádrže v povodí řeky Pleiße

Poř. čís.	Název vodní nádrže / vodní tok	Ovladatelný objem [mil. m ³]	z toho ochranný objem v zimním období [mil. m ³]	Zahájení provozu [rok]
1.	Koberbach / Koberbach	2,70	0,23	1929
2.	Windischleuba / Pleiße	2,03	0,26	1953
3.	Retenční nádrž Regis-Serbitz/ Pleiße	5,87	5,87	1960
4.	Borna (důlní jezero) / boční nádrž toku Pleiße	51,50	46,10	1980
5.	Lobstädt (důlní jezero) / boční nádrž toku Pleiße	1,11	—	1953
6.	Schömbach / Wyhra	7,71	6,21	1971
7.	Witznitz (důlní jezero) / boční nádrž toku Wyhra a Eula	20,70	3,20	1954
8.	Rötha (důlní jezero) / boční nádrž toku Pleiße	1,33	0,11	1940
9.	Retenční nádrž Stöhma / boční nádrž toku Pleiße	11,35	11,35	1977
	Celkem	104,30	73,33	

4.7.7 Bode

Bode s plochou povodí 3 297 km² a s délkou 168,5 km (včetně 25,0 km dlouhého toku Warme Bode) je třetím největším přítokem Sály.

Oba pramenné toky, Warme Bode a Kalte Bode (Teplá a Studená Bode), pramení v Harcu jihozápadně od 1 142 m n. m. vysokého žulového masivu Brockenu (obr. 4.7-25). Pramen toku Kalte Bode leží ve výšce 873 m n. m. (v rašelinisti zvaném Bodesprung) a pramen řeky Warme Bode ve výšce 843 m n. m.



Obr. 4.7-25: Horský masiv Brockenu, nejvyšší hory v Harcu

Pod obcí Königshütte se toky Warme Bode a Kalte Bode spojují. U města Thale vystupuje horní tok Bode s velkým sklonem z hlubokých roklí Harcu (obr. 4.7-26). Na trase probíhající převážně východním směrem opisuje tok velký oblouk na sever a u Nienburgu pod Bernburgem (33 000 obyvatel) se ve výšce 56 m n. m. vlévá do Sály. Bode se svými

přítoky odvodňuje nejen velkou část východního Harcu a jeho předhůří, ale na dolním toku také 4 km široký úval Egeln-Staßfurter-Talmulde, který patří k regionu Magdeburger Börde.



Obr. 4.7-26: Romantické údolí říčky Bode nad Thale

Při výškovém rozdílu 787 m mezi pramenem řeky Warme Bode a ústím do Sály činí průměrný sklon Bode na 64 km dlouhém horním toku po Thale 10,7 ‰, na středním toku po Oschersleben (48 km) 1,7 ‰ a na dolním toku (57 km) pouhých 0,37 ‰. Významnými přítoky jsou **Selke** (486 km²), **Holtemme** (278 km²) a **Großer Graben** (828 km²).

Časté povodně, největší v noci na Silvestra v roce 1925, byly důvodem pro výstavbu údolních nádrží s retenční funkcí v povodí horního toku Bode. Zároveň rostl zájem o převedení vody z východního Harcu do aglomerace Halle/Lipsko s nedostatkem vody.

Od roku 1956 do roku 1967 bylo uvedeno do provozu 6 údolních nádrží (tab. 4.7-9) s celkovým ovladatelným objemem více než 126 mil. m³, přičemž v zimním pololetí je 23,5 mil. m³ vyhrazeno na ovladatelný ochranný objem.

Tab. 4.7-9: Soustava vodních nádrží v povodí Bode

Poř. čís.	Název vodní nádrže / vodní tok	Ovladatelný objem [mil. m ³]	z toho ochranný objem v zimním období [mil. m ³]	Zahájení provozu [rok]
1.	Retenční nádrž Kalte Bode / Kalte Bode	4,47	3,94	1957
2.	Königshütte / Bode	1,20	—	1956
3.	Předždrž Rappbode / Rappbode	1,50	—	1961
4.	Předždrž Hassel / Hassel	1,48	—	1960
5.	Rappbodelalsperre / Rappbode	109,08	14,08	1959
6.	Wendefurth / Bode	8,54	5,44	1967
	Celkem	126,27	23,46	

Vodní dílo Rappbodelalsperre je výškou 106 m od základové spáry po korunu hráze nejvyšší přehradou v Německu a v povodí Labe (obr. 4.7-27). Ačkoliv říčka Rappbode má pouze malou plochu povodí (116 km²), poskytuje její úzké hluboké údolí vhodné stavebně technické podmínky pro vybudování přehrady.



Obr. 4.7-27: Přehrada Rappbodeltalsperre

Z rozsáhlejšího povodí toků Warme a Kalte Bode (154 km^2) může být převedeno $1,7 \text{ km}$ dlouhou štolou až $14 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ vody z vodního díla Königshütte do údolní nádrže Rappbodeltalsperre. Zbývá voda teče z vodního díla Königshütte v údolí Bode do údolní nádrže Wendefurth, která se nachází bezprostředně pod nádrží Rappbodeltalsperre a tvoří konec soustavy údolních nádrží na Bode (obr. 4.7-28 a 4.7-29).

Soustava údolních nádrží na Bode plní tyto hlavní funkce:

■ Zásobování pitnou vodou

Od října 1965 se ve vodárně Wienrode upravuje voda z údolní nádrže Rappbode (tab. 4.7-10). Největší část pitné vody se odvádí dálkovým vodárenským systémem do oblasti Halle/Lipsko, a není tudíž v povodí Bode již k dispozici (viz kap. 4.4.3).

Tab. 4.7-10: Vývoj dodávek pitné vody z údolní nádrže Rappbode

Rok	Odběry pro úpravu pitné vody [mil. m^3 za rok]
1975	59,4
1980	66,5
1985	67,5
1989	73,8
1990	72,7
1995	45,7
2000	39,7

■ Povodňová ochrana

Snížením povodňových kulminací v povodí horního toku Bode se výrazně zvýšila povodňová ochrana 20 měst a obcí a 100 km^2 zemědělské plochy podél toku Bode. Při extrémní povodni v dubnu 1994 činil největší přítok do soustavy údolních nádrží téměř $200 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, maximální odtok však pouhých $90 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

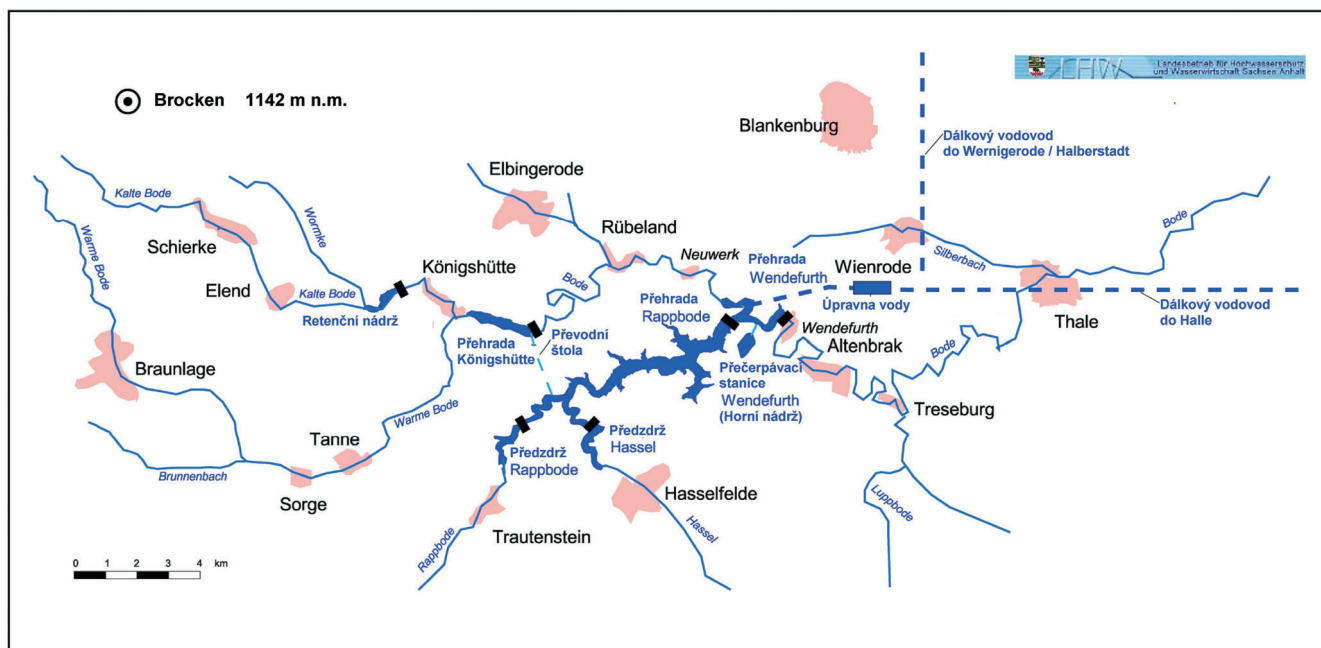
■ Nalepšování minimálních průtoků

Před výstavbou soustavy údolních nádrží činil průtok na horním toku Bode v období sucha často méně než $0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Minimální odtok z údolní nádrže Wendefurth je od roku 1967 stanoven na $1,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a od roku 2001 může být v případě potřeby zvýšen na $2,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

■ Výroba elektrické energie

Přečerpávací elektrárna Wendefurth (obr. 4.7-29) s výkonem 80 MW využívá údolní nádrže Wendefurth jako dolní nádrže. Dalších $3,9 \text{ MW}$ vyrábějí dvě malé elektrárny na vodním díle Rappbodeltalsperre.

S výjimkou lokálních opatření nebyly v korytě středního toku Bode prováděny žádné regulační úpravy. Pod ústím Holtemme však byly na toku Bode zrealizovány stavební úpravy již v letech 1905 - 1914, zčásti byl tok napřímen a mimo obce většinou ohrásován. Vzhledem k tomu, že ochranné hráze jsou nízké, zachovala se funkce údolní nivy jako retenčního objemu pro zadržování větších povodní.



Obr. 4.7-28: Soustava údolních nádrží v povodí Bode

Z vodohospodářského a historického hlediska jsou zajímavé tzv. Harcké nádrže v povodí Selke a středního toku Bode, které vznikly v souvislosti s těžbou surovin.

Ve východním Harcu, který patří k nejstarším oblastem s těžbou surovin v Německu, bylo u města Stolberg několik dolů už kolem roku 800. V 9. a 10. století se v Harzgero-

de těžila měď a stříbro. V oblasti kolem Straßbergu začala v 13. století těžba olova a stříbra, kolem roku 1700 zde bylo v provozu 60 dolů.

Voda, která se hromadila v dolech, se na povrch odčerpávala pomocí jednoduchého systému poháněného vodními koly. To si vyžadovalo rovnoměrný přítok vody. Voda byla zapotřebí

také na přepravu rud, jejich následnou úpravu a zpracování. To byly hlavní příčiny pro založení Harckých nádrží. V 18. století existovalo pouze v povodí Selke 23 akumulčních nádrží s výškou hrází až 20 m a objemem několika 100 000 m³. Od konce 19. století byla těžba surovin postupně zastavována.

V povodí Selke a středního toku Bode ještě dnes existuje 43 těchto nádrží. Od roku 1963 bylo zrekonstruováno 21 hrází a objem byl zčásti zvětšen, např. nádrž Kiliansteich s objemem 1,08 mil. m³ (obr. 4.7-30). Tyto menší nádrže nyní slouží především rekreaci, ale i místnímu zásobování pitnou vodou a někdy i povodňové ochraně.

Stejně jako na dalších přítocích Sály existovala i na Bode dříve řada jezů, sloužících k provozu mlýnů a malých elektráren a k odběru vody pro průmysl. Dnes je mezi Thale a ústím Bode ještě 21 jezů.



Talsperrenbetrieb Sachsen-Anhalt

Obr. 4.7-29: Pohled na vodní dílo Wendefurth (v popředí) s přečerpávací elektrárnou (uprostřed) a vodním dílem Rappbodetalsperre (v pozadí)



M. Simon

Obr. 4.7-30: Rekonstruovaná hráz nádrže Kiliansteich

4.7.8 Hnědouhelné revíry ve středním Německu

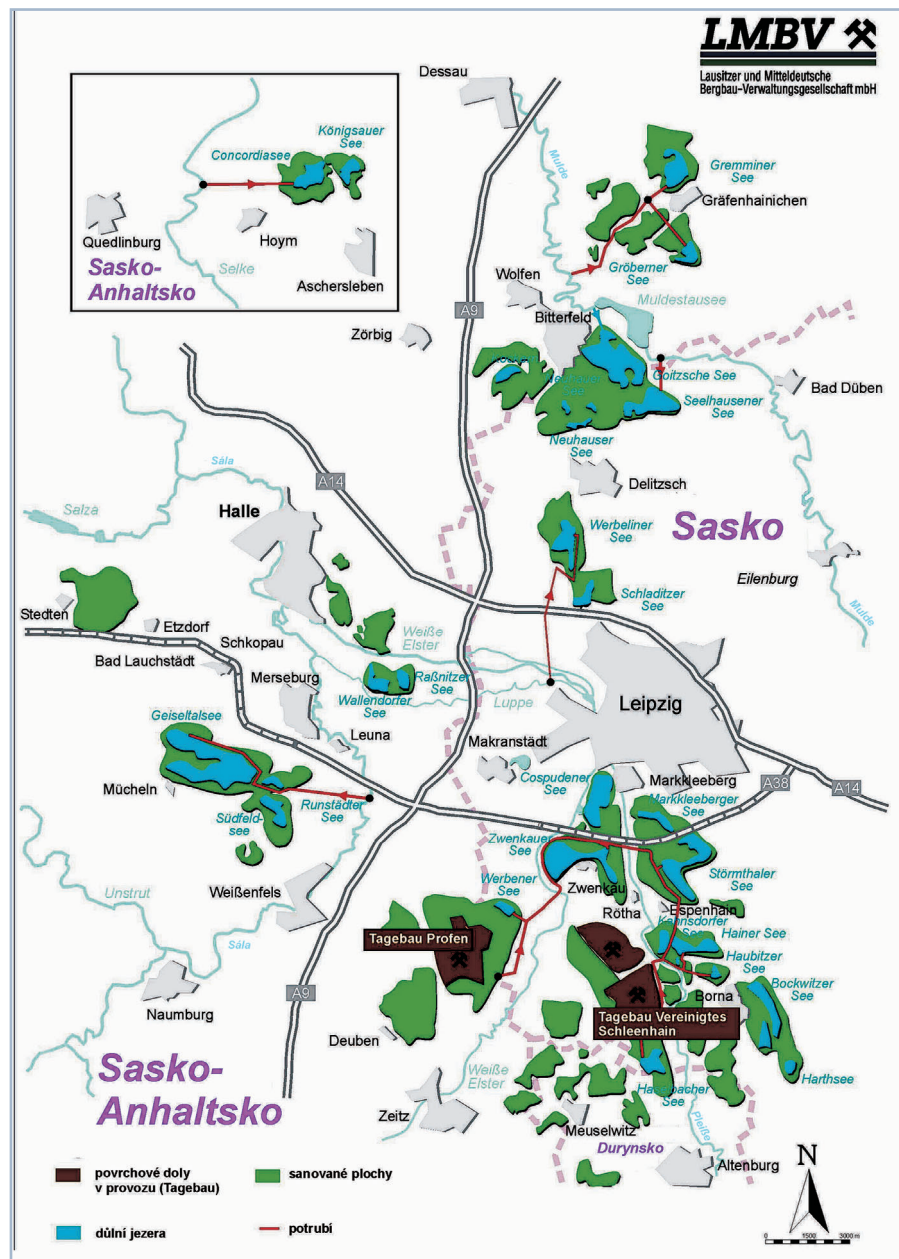
K středoněmeckým hnědouhelným revírům se řadí všechna ložiska hnědého uhlí nacházející se západně od Labe v povodích Mulde a Sály. Rozlišují se 4 hnědouhelné revíry: oblast Bitterfeld v povodí Mulde, severní oblast v povodích toků Bode a Selke, Geiseltal/Merseburg v povodích Sály a dolního toku Bílého Halštrovu a jižní oblast Lipska v povodích Bílého Halštrovu a Pleiše (obr. 4.7-31).

Hnědé uhlí vznikalo v období středního terciéru, v povodí Sály hlavně před 30 až 40 miliony let a v povodí Mulde před cca 20 až 25 miliony let.

První písemné zmínky o těžbě hnědého uhlí se datují pro Könnern u města Halle do roku 1598, pro Geiseltal do roku 1698, pro Nachterstedt v severní oblasti do roku 1703, pro jižní oblast Lipska do roku 1743 a pro oblast Bitterfeld přibližně do roku 1800.

Zpočátku bylo uhlí těženo ve velmi malých hlubinných dolech. Významnější těžba je zaznamenána cca od roku 1850, kdy nasazení parních strojů umožňovalo čím dál tím lepší ovládnutí hladiny vody v šachtách. Výrazný rozmach nastal kolem roku 1900 po vynálezu briketování. Zatímco uhlí sloužilo do té doby pouze k topným účelům, došlo začátkem 20. století k náhlému zvětšení jeho spotřeby, což bylo způsobeno výrobou elektrické energie a vývojem karbidové chemie. Sloje v blízkosti povrchu byly velmi rychle vyčerpány. Ve 20. letech 20. století vznikaly první rozsáhlé povrchové doly a hlubinná těžba byla zrušena.

Největší množství hnědého uhlí bylo dobýváno v 60. letech 20. století (1963: 145,5 mil. tun). V roce 1988 bylo ve 20 povrchových dolech vytěženo ještě necelých 110 mil. tun. Za tímto účelem bylo zapotřebí vytěžit a odvézt 400 mil. m³ skrývky a vyčerpat a odvést 0,5 mld. m³ vody (obr. 4.7-32). V letech 1980 - 1989 dosáhlo množství vody odváděné z povrchových dolů do toků Pleiše, Bílého Halštrovu a Sály 7 až 8 m³.s⁻¹.



Obr. 4.7-31: Koncepce k zatápění bývalých povrchových hnědouhelných dolů ve Středoněmeckém revíru (stav: 2004)

V letech 1989 a 1990 činily ztráty statických zásob podzemních vod, způsobené těžbou surovin, 5,6 mld. m³. Depresní kužele dosáhly v oblasti Bitterfeld hloubky 60 až 80 m, v jižní oblasti Lipska 65 až 80 m, lokálně přes 120 m a v oblasti Geiseltal více než 100 m, místy téměř 200 m. Celková plocha, na které klesla hladina podzemních vod minimálně o 0,5 m, činila cca 1 100 km².

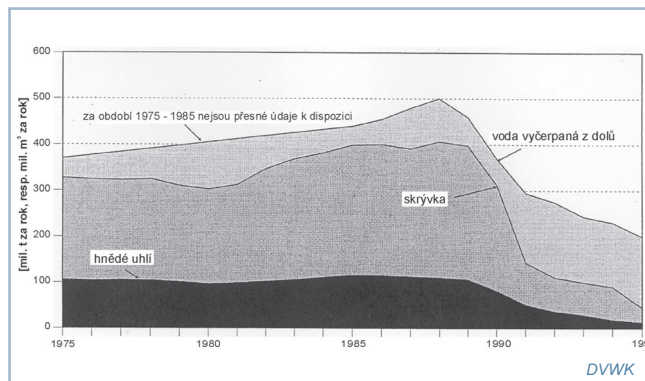
Ve prospěch těžby uhlí byly v povodí Sály přeloženy úseky vodních toků v celkové délce cca 110 km, z toho Bílý Halštrov na 25 km a Pleiße včetně přítoků Wyhra a Gösel na 58 km. Některé vodní toky byly překládány opakovaně a jejich koryta byla často utěsněna na hladinu odpovídající trojnásobku dlouhodobého průměrného ročního průtoku. V rámci náhradních opatření, učiněných za zrušená záplavová území ve vytěžených údolních nivách toku Pleiße a jeho přítoků, byly vybudovány retenční nádrže Regis-Serbitz a Stöhma a v důlních jezerech Borna a Witznitz byl vymezen větší ovladatelný ochranný objekt (tab. 4.7-8).

Velká změna struktur po sjednocení Německa v roce 1990 vedla k náhlému útlumu většiny povrchových dolů a ke značnému poklesu těžby hnědého uhlí (tab. 4.7-11).

Od roku 1990 bylo zapotřebí provádět sanaci zrušených povrchových dolů. K tomu přistoupily jámy po povrchové

Tab. 4.7-11: Těžba hnědého uhlí (mil. tun) ve Středoněmeckém revíru

Rok	mil. tun	Poznámky
1885	15,0	z toho 75 % hlubinné těžby
1913	19,2	z toho 30 % hlubinné těžby
1934	91,1	z toho 12 % hlubinné těžby
1963	145,5	
1985	115,4	20 povrchových dolů
1989	105,6	20 povrchových dolů
1991	50,9	11 povrchových dolů
1994	17,5	3 povrchové doly
1999	13,8	3 povrchové doly
2004	20,2	2 povrchové doly



Obr. 4.7-32: Těžba hnědého uhlí (mil. t za rok), těžba skryvky (mil. m³ za rok) a čerpání vody (mil. m³ za rok) ve Středoněmeckém revíru v letech 1975 - 1995

těžbě uhlí, jejichž sanace byla do roku 1990 zanedbána. Klíčovou roli při posuzování úspěšnosti sanačních prací hrála problematika vodního režimu.

Dlouhodobým cílem v postižených povodích bylo a je vytvoření takových poměrů, které by umožnily samoregulující se vodní režim. Opatření potřebná pro tyto účely zahrnují především:

- řízené napouštění odvodněných území postižených povrchovou těžbou včetně zatápění zbytkových jam,
- zapojení vznikajících důlních jezer do říční soustavy,
- revitalizace upravených, přeložených nebo utěsněných koryt vodních toků,
- řízení a regulace hydrologického režimu v povrchových vodách z hlediska kvantity a jakosti v souladu s minimálními ekologickými požadavky.

Dříve než lze v jednotlivých oblastech postižených povrchovou těžbou učinit uvedená vodohospodářská opatření, je zapotřebí provést rozsáhlou základní sanaci. Sem patří vyklizení a rekultivace území dotčených těžbou, včetně likvidace, resp. bezpečné sanace starých zátěží, a zejména hornicko-

technické zabezpečení výsypek skryvkových hmot a svahů povrchových dolů.

Při stoupání hladiny podzemních vod ztrácí svahy povrchových dolů a výsypek stabilitu, což se týká zejména volně ukládaných stejnozrnných písků. Takovéto sesuvy jsou srovnatelné s lavinami a probíhají od svahu směrem do okolí. Půdní hmoty často překonají několik stovek metrů během několika málo minut, přičemž se mohou dostat do pohybu miliony m³, které se sesouvají do vznikajícího důlního jezera (viz kap. 4.9.3). V zájmu zajištění svahů je proto třeba, aby byla důlní jezera zpravidla zatápěna rychlostí, při které se hladiny vodní plochy drží nad stoupající hladinou podzemních vod. Již z tohoto důvodu vyplývá nutnost přivádět říční vodu, resp. vody vyčerpané z činných povrchových dolů. Kromě toho by trvalo napouštění důlních jezer pouze stoupáním hladiny podzemních vod ve většině území postižených povrchovou těžbou několik desetiletí. Navíc je doplňování zásob podzemních vod v uvedených oblastech velmi omezené, což je vyvoláno nízkým úhrnem srážek.

Dále přistupují problémy s jakostí vody. Během klesání hladiny podzemních vod oxidovaly za přístupu kyslíku ve vysušených sedimentech a zejména ve výsypkách pyrit a markazit. Při stoupání hladiny podzemních vod vedou produkty zvětrávání často k extrémnímu okyselení vody na hodnotu pH pod 3, vysokým obsahům síranů a vysokým koncentracím kovů. Proto pokud má být zabezpečena hodnota pH 4,5, která je výchozí podmínkou pro udržitelný biologický rozvoj v důlních jezerech, nelze se zpravidla obejít bez přivádění říční vody. Nejpozději v době, kdy bude zahájeno vypouštění vody z důlních jezer do říční sítě, je třeba dosáhnout zákonem požadované jakosti vody. Za tímto účelem byly vyvinuty i speciální biologické a chemické procesy, jejichž aplikace může v důlních jezerech zajistit dlouhodobý vývoj jakosti vody pod přípustnými limity.

Na obr. 4.7-31 jsou vyznačeny bývalé povrchové doly, resp. důlní jezera a potrubí zajišťující převod vody k zatápění. Obrovský význam pro urychlené zatápění povrchových dolů v jižní oblasti Lipska má přivádění vod vyčerpaných z činných povrchových dolů Profen (severně od města Zeitz)

a Vereinigtes Schleenhain (západně od města Borna) 70 km dlouhou soustavou potrubí.

Tabulka 4.7-12 uvádí pro jednotlivá důlní jezera plochu hladiny, objem, maximální hloubku, stav zatápění v roce 2003 a rok, ve kterém se předpokládá ukončení zatápění. Dále je zapotřebí znovu naplnit póry v kolektorech podzemní vody, což může představovat 1,5- až trojnásobek objemu povrchového dolu.

Koncem roku 2003 bylo zatápění dokončeno a tím dosaženo závěrečné hladiny v 8 z 26 zbytkových jam. V 10 důlních jezerech probíhalo zatápění říční vodou a vodou vyčerpanou z dolů. V dalších třech důlních jezerech (Concordia-See, Südfeldsee, Werbener See) bylo ukončeno zatápění říční vodou, resp. vodou vyčerpanou z dolů, zatímco další zatápění je realizováno stoupáním hladiny podzemních vod. Jedině ve 4 důlních jezerech (Neuhäuser See, Schladitzer See, Königsauer See a Bockwitzer See) je zatápění možné pou-

ze vlivem stoupání hladiny podzemních vod. V roce 2006 se počítá se zahájením zatápění jezera Zwenkauer See, ve kterém bude vymezen ovladatelný ochranný objem cca 15 mil. m³.

Z povrchového dolu Mücheln vznikne jezero Geiseltalsee, jehož hladina dosáhne po dokončení zatápění v roce 2008 18,4 km², a tím bude Geiseltalsee největším důlním jezerem v povodí Labe (viz kap. 4.4.3 a 4.9.3).

Tab. 4.7-12: Stav a předpokládaný vývoj důlních jezer ve Středoněmeckém hnědouhelném revíru

Poř. čís.	Název bývalého povrchového dolu	Název důlního jezera	Povodí	Spolková země	Předpokládaná vodní plocha [ha]	Předpokládaný objem [mil. m ³]	Předpokládaná maximální hloubka [m]	Stav zatápění k 31. 12. 2003 [%]	Předpokládané ukončení zatápění [rok]
Oblast Bitterfeld									
1.	Golpa-Nord	Gremminer See	Mulde	ST	544	67	19	83	2007
2.	Gröbern	Gröberner See	Mulde	ST	368	68	40	4	2007
3.	Köckern	Köckern	Mulde	ST	109	6	14	100	2001
4.	Goitzsche	Goitzsche	Mulde	ST	1 332	213	55	100	2002
5.	Rösa	Seelhausener See	Mulde	ST/SN	622	74	24	89	2004
6.	Holzweißig	Neuhäuser See	Mulde	SN/ST	72	3	21		2010
7.	Delitzsch-SW	Werbener See	Mulde	SN	441	43	32	85	2006
8.	Breitenfeld	Schladitzer See	Mulde	SN	210	25	23		2012
Severní oblast									
9.	Königsau	Königsauer See	Bode	ST	151	10	19		2016
10.	Nachterstedt	Concordia-See	Bode	ST	578	172	62	19	2018
Geiseltal/Merseburg									
11.	Mücheln	Geiseltalsee	Sála	ST	1 842	427	78	7	2008
12.	Kayna-Süd	Südfeldsee	Sála	ST	255	27	21	82	2012
13.	Großkayna	Runstädter See	Sála	ST	230	55	33	100	2002
14.	Merseburg-Ost	Wallendorfer See	Bílý Halštov	ST	338	36	28	100	2003
15.	Merseburg-Ost	Raßnitzer See	Bílý Halštov	ST	310	66	37	100	2003
Jižní oblast Lipska									
16.	Haselbach	Haselbacher See	Pleiß	SN/TH	335	24	35	100	2002
17.	Bockwitz	Harthsee	Pleiß	SN	85	5	13	100	před r. 1995
18.	Bockwitz	Bockwitzer See	Pleiß	SN	171	19	20		2005
19.	Witznitz	Kahnsdorfer See	Pleiß	SN	112	20	43	74	2007
20.	Witznitz	Hainer See	Pleiß	SN	387	73	48	68	2007
21.	Witznitz	Haubitzer See	Pleiß	SN	158	25	26	72	2007
22.	Espenhain	Störthaler See	Pleiß	SN	733	158	52	15	2011
23.	Espenhain	Markkleeberger See	Pleiß	SN	252	61	58	78	2006
24.	Profen	Werbener See	Bílý Halštov	SN	79	9	36	72	2006
25.	Zwenkau	Zwenkauer See	Bílý Halštov	SN	914	174	43	0	2016
26.	Cospuden	Cospudener See	Bílý Halštov	SN	436	109	46	100	2000
	Celkem				11 064	1 969			

SN - Sasko ST - Sasko-Anhaltsko TH - Durynsko

Krajina středoněmecké oblasti, ve které se vyskytuje pouze málo přirozených jezer, je obohacena 26 důlními jezery, která zaujímají celkovou rozlohu cca 110 km². Většina jezer je koncipována formou tzv. krajinných jezer. Některá budov využívána ke koupání, což již platí pro Harthsee a Cospudener See. Z území o velikosti 60 km², které bylo východně od města Bitterfeld postiženo těžbou uhlí, se stala turistická a rekreační oblast s vodní plochou přibližně 25 km².

Provoz obou povrchových dolů Vereinigtes Schleenhain a Profen (2004: 20,2 mil. tun uhlí) se předpokládá i v dalších desetiletích. Poměr mezi těžbou skryvky a uhlí činí 2,8 m³ : 1 t, a tudíž je velmi příznivý. Výhřevnost uhlí činí necelých 11 000 kJ na kg a je o cca 2 000 kJ na kg větší než u uhlí z Lužického a Rýnského revíru.

V roce 1999 byly uvedeny do provozu dva bloky elektrárny v obci Lippendorf, z nichž každý má výkon 933 MW. Každoročně se do nich dodává 10 mil. tun hnědého uhlí. Dále je uhlí z obou povrchových dolů využíváno elektrárnou Schkopau (980 MW) a několika menšími elektrárnami s celkovým výkonem cca 700 MW.

4.7.9 Sála od soutoku s Bílým Halštrovem po soutok s Labem

Stejně jako v říčním úseku mezi soutokem s řekou Unstrut a s Bílým Halštrovem (Weiße Elster) byly i na 103 km dlouhém dolním toku Sáły postaveny ochranné hráze. Výjimku tvoří úseky se strmými břehy a úseky ve městech, které jsou před povodněmi chráněny nábřežními zdmi. V uvedeném říčním úseku se sklon Sáły zmenšuje z 0,28 ‰ na 0,18 ‰. Příslušné mezipovodí činí 6 191 km². Významnými přítoky jsou **Bode** (3 297 km²), **Salza** (565 km²), **Wipper** (606 km²) a **Fuhne** (695 km²).

Na dolním toku Sáły stojí za zmínku především město Halle (obr. 4.7-33) a velmi půvabná soutěska u Rothenburgu mezi městy Halle a Bernburg (obr. 4.7-34).

Plavba na Sále se datuje od 8. století, o voroplavbě se historické listiny zmiňují od roku 1258. Vzhledem k tomu, že mlýnské jezy byly pro plavbu a vorařství překážkou, byly vedle nich v Alslebenu a Calbe od roku 1366 zřizovány dřevěné plavební komory jako lodní propusti. Mlýnský jez, postavený v roce 941 u Alslebenu, se považuje za nejstarší jez tohoto typu na větší řece v Německu. Od roku 1560 do roku 1564 byly propusti v Alslebenu, Bernburgu a Calbe nahrazeny plavebními komorami a od roku 1694 do roku 1696 bylo v úseku Gimritz - Calbe postaveno vedle pevných jezů 7 mohutných kamenných plavebních komor (obr. 4.7-35).

K nejvýznamnějším změnám na dolním toku Sáły však došlo ve 20. století. V úseku od Bad Dürrenbergu, tj. nad Merseburgem dále po proudu Sáły, se v letech 1933 - 1959 provedlo 21 průpichů, čímž se délka toku zkrátila o 13,4 km. V období 1932 - 1942 byly staré menší plavební komory Rothenburg, Alsleben, Bernburg (obr. 4.7-36) a Calbe nahrazeny komorami o cca dvojnásobné velikosti. Válka pozdržela dokončení výstavby plavební komory Wettin až do roku 1951. Od tohoto roku mohou od ústí Sáły až po přístav Halle-Trotha proplouvat lodi o výtlačku až 1 000 tun. V rámci realizace takzvaného jižního křídla Středoněmeckého průplavu, který měl



Obr. 4.7-33: Sála v Halle s hradem Giebichenstein

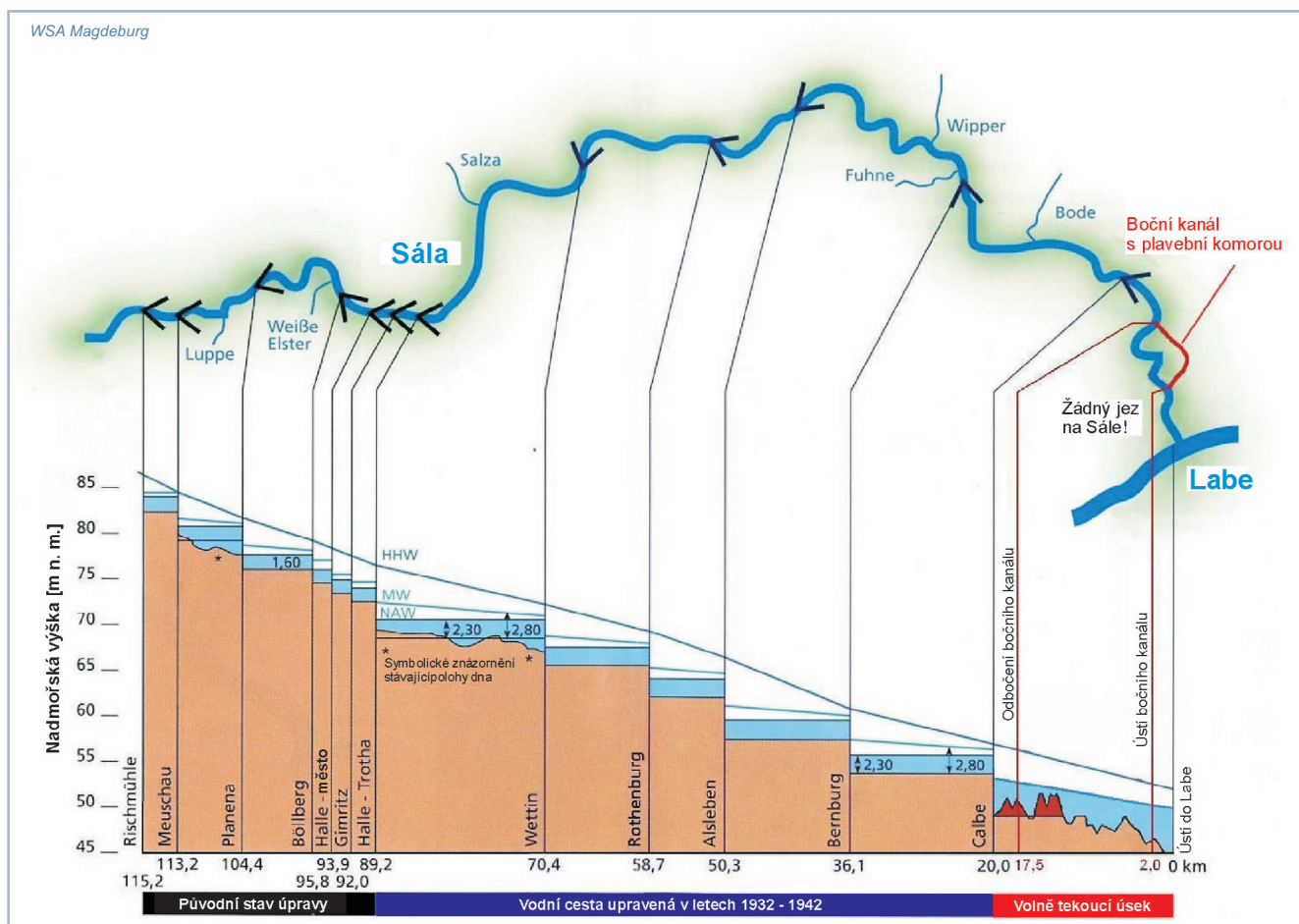


Obr. 4.7-34: Soutěska Sáły u Rothenburgu

vést až do Lipska, byly do roku 1942 prováděny průpichy a vybudovávány plavební komory. Jižní křídlo však z důvodu války nebylo dokončeno stejně jako plavební komora s jezem u obce Klein Rosenberg.

Od roku 1993 bylo na Sále zrekonstruováno a zmodernizováno 5 velkokapacitních plavebních komor. Původní projekt

zaměřený na výstavbu zdymadla v obci Klein Rosenberg byl v zájmu ochrany přírody zrušen. Nyní probíhají přípravné projekční práce pro cca 7,5 km dlouhý boční kanál s plavební komorou (výška zdvihu 3,0m), který by nevyžadoval jez na Sále, což znamená, že dolní tok Sály až po Calbe zůstane nadále volně tekoucím úsekem. Spojení se Sálou budou v místě vtoku, resp. výtoku kanálu (obr. 4.7-35).



Obr. 4.7-35: Podélný profil Sály v úseku Merseburg (plavební komora Rischmühle) po soutok s Labem



Obr. 4.7-36: Pevný jez na Sále pod zámek v Bernburgu

Ponor v úseku Calbe - Halle-Trotha činí dnes při průměrných průtocích 2,50 m a při malých průtocích 2,00 m. Rozdíl mezi hladinami horní a dolní vody v plavebních komorách činí při průměrném průtoku 1,40 m (plavební komora Wettin) až 2,30 m (plavební komora Calbe).

Nově stanovená kilometráž Sály z roku 1975 začíná na soutoku s Labem a sahá až po Bad Dürrenberg. Tento 124,2 km dlouhý úsek (změřen po plavební ose, nikoliv po delší trase přes ramena jezů) má dnes status spolkové vodní cesty. V roce 1997 pokračovalo nové zaměření Sály až po hranice Sasko-Anhaltska s Durynskem v oblasti ústí řeky Ilm (ř. km 179,9). Splavný úsek od říčního km 124,2 po říční km 161,8 (soutok s Unstrut) status spolkové vodní cesty nemá.

Do Labu se Sála vlévá v říčním km 290,7. Při průměrném průtoku dosahuje hladina v místě soutoku nadmořské výšky 49,50 m (obr. 4.7-37).



M. Simon

Obr. 4.7-37: Soutok Sály s Labem

4.8 Labe od soutoku s Černým Halštrovem po soutok s Havolou

*Nejdůležitější ze všeho je voda,
je nad olympijské vítězství, je nad zlato.
(řecké přísloví)*

Vezmeme-li v úvahu průpich u města Roßlau, který představuje zkrácení toku o 1,48 km (viz kap. 3.2.3), měří tok Labe od soutoku s Černým Halštrovem po soutok s Havolou 238 km. Výškový rozdíl při průměrném stavu vody v Labi činí od soutoku s Černým Halštrovem (68,70 m n. m.) po soutok s Havolou (22,70 m n. m.) 46 m. To odpovídá průměrnému sklonu 0,19 ‰ (obr. 5.2-3).

Plocha povodí mezi těmito dvěma přítoky Labe bez povodí Mulde (7 400 km²) a Sály (24 079 km²) je 5 274 km² a rozkládá se výlučně ve výškách pod 200 m n. m., převážně dokonce pod 75 m n. m., a lze je tudíž jako celek přiřadit k nížinným oblastem (obr. 4.8-1). Nejvyšší vrcholy leží v pahorkatině Fläming v povodí řek Nuthe a Rossel a dosahují výšky od 180 do 190 m n. m.

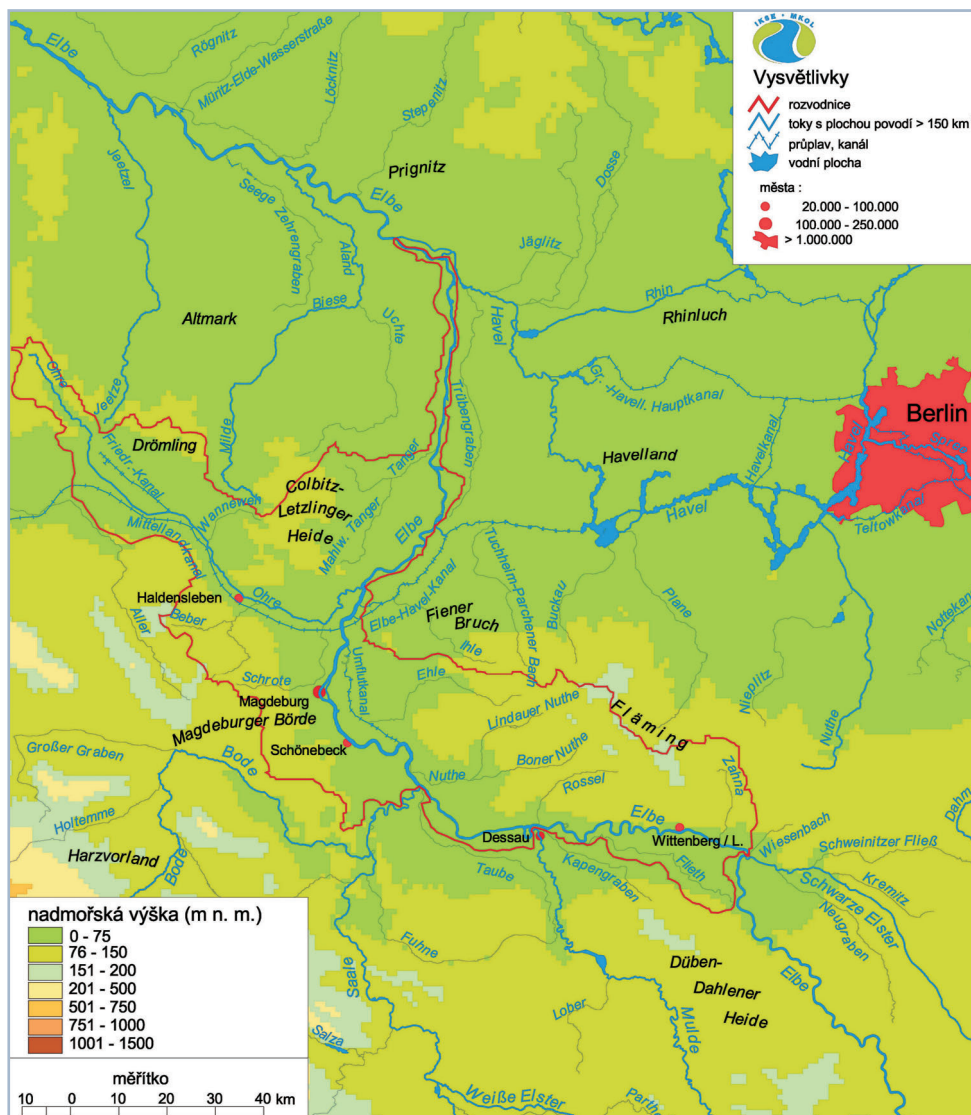
Od soutoku s Černým Halštrovem se Labe vrací vřatislavsko-magdeburským praúdlím až pod soutok s řekou Mulde západním směrem, poté se stáčí na severozápad a vtéká do

Magdeburku. Zde se Labe obrací směrem na severovýchod a opouští vřatislavsko-magdeburské praúdlí. Přibližně 20 km pod soutokem s řekou Ohre se otáčí na sever a dále, 16 km nad soutokem s Havolou, se vydává na severozápad a tento směr si uchovává v podstatě až k ústí do Severního moře.

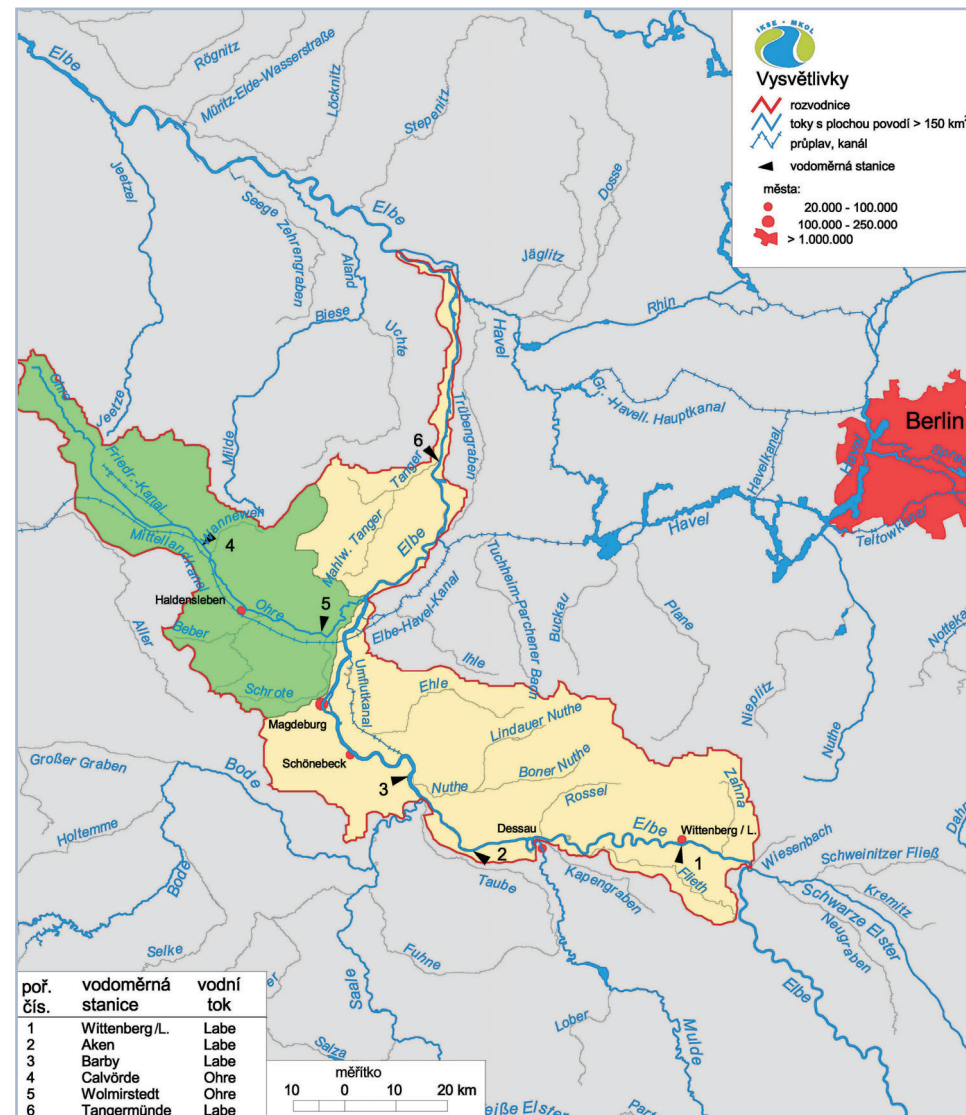
Průměrná roční teplota vzduchu dosahuje 8,5 až 9 °C, průměrný roční úhrn srážek se pohybuje převážně v rozmezí od 500 do 550 mm, v pahorkatině Fläming a prameništi řeky Ohre od 550 do hodnot přesahujících 600 mm. Vlivem srážkového stínu Harcu dosahují srážkové úhrny v oblasti mezi ústím Sály a Ohre pouhých 450 až 500 mm.

Přirozené odtokové poměry v tomto dílčím povodí jsou ovlivněny úpravami toků, ohrázováním, jezy, vzdouvacími objekty a odběry vody. Na samotném toku Labe nejsou žádné jezy, ovšem na území města Magdeburku je na labském rameni Staré Labe pevný jez a na obtokovém kanálu u Magdeburku historický jez Pretzien.

K charakterizaci odtokové situace jsou v tab. 4.8-1 a 4.8-2 uvedeny hydrologické charakteristiky 10 vybraných vodoměrných stanic a na grafech obr. 4.8-3 je znázorněn roční průběh průtoků ve 4 stanicích na Labi a ve 4 stanicích na přítocích. Umístění většiny stanic je znázorněno na obr. 4.8-2. Odtokové poměry ve vodoměrných stanicích Bad Döben a Calbe-Gröbe jsou pojednány v kapitolách 4.6 a 4.7.



Obr. 4.8-1: Topografická mapa povodí Labe/Elbe od soutoku s Černým Halštrovem/Schwarze Elster po soutok s Havelou/Havel (bez povodí Mulde a Sály/Saale)



Obr. 4.8-2: Hydrografická mapa povodí Labe/Elbe od soutoku s Černým Halštrovem/Schwarze Elster po soutok s Havelou/Havel s dílčím povodím nad 1 000 km² (bez povodí Mulde a Sály/Saale)

Tab. 4.8-1: Základní hydrologické charakteristiky průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Labe od soutoku s Černým Halštrovem po soutok s Havolou (Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.8-2.)

Čís.	Vodní tok	Vodměrná stanice	Říční km	Plocha povodí (A)	Dlouhodobý průměrný průtok (Q_a)	Dlouhodobý průměrný minimální průtok (Q_{min})	Dlouhodobý průměrný maximální průtok (Q_{max})	Období
			[km]	[km ²]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	
1.	Labe	Wittenberg/L.	214,1	61 879	357	128	1 450	1931 - 2000
	Mulde	Bad Düben	68,1 ²⁾	6 171	63,9	15,2	450	1961 - 2000
2.	Labe	Aken	274,7	70 093	431	158	1 650	1931 - 2000
	Sála	Calbe-Grizehne	17,6 ²⁾	23 719	115	44,0	377	1932 - 2000 (bez roku 1945)
3.	Labe	Barby	294,8	94 260	554	202	2 020	1931 - 2000
	Nuthe	Nutha	12,4 ²⁾	509	1,58	0,555	5,08	1972 - 2000
	Ehle	Dannigkow	9,4 ³⁾	260	0,972	0,165	5,36	1971 - 2000
4.	Ohre	Calvörde ¹⁾	49,2 ²⁾	732	3,00	0,465	11,8	1951 - 2000 (bez roku 1985)
		Wolmirstedt ¹⁾	17,0 ²⁾	1 503	4,20	0,643	17,3	1951 - 2000
6.	Labe	Tangermünde	388,2	97 780	571	239	1 720	1961 - 2000

1) ovlivněno odběrem vody a vzdouvacími objekty

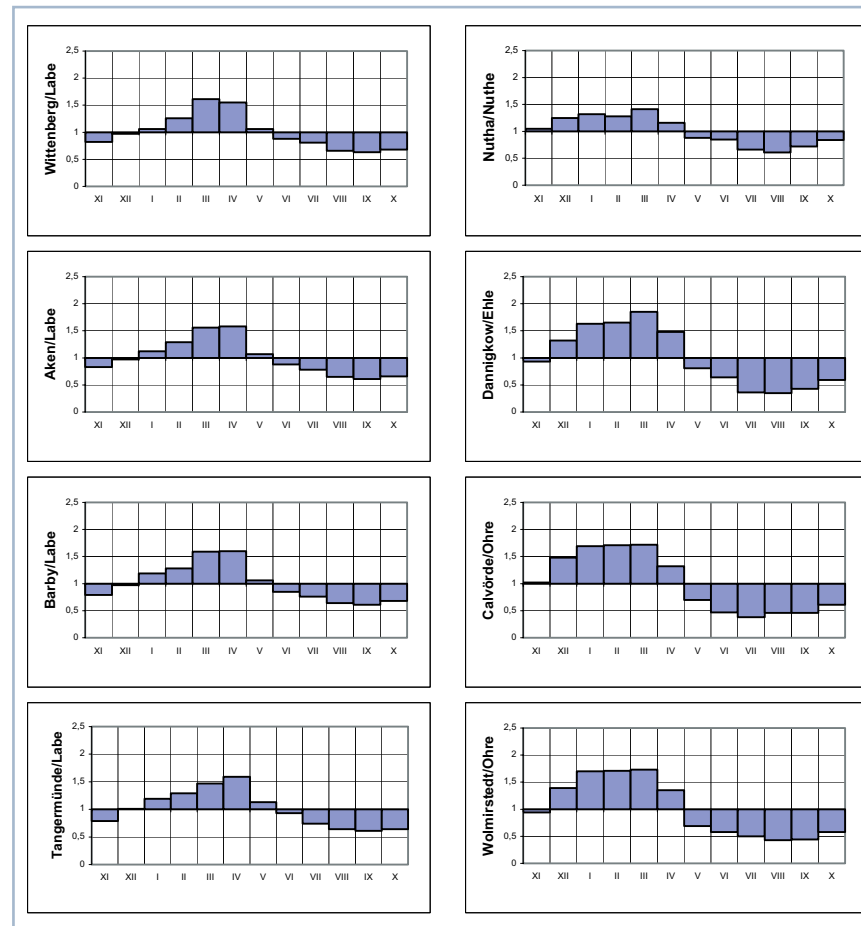
2) říční km nad soutokem s Labem

3) říční km nad soutokem řeky Ehle s obtokovým kanálem Labe

Tab. 4.8-2: Charakteristika hydrologického režimu ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Labe od soutoku s Černým Halštrovem po soutok s Havolou (Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.8-2.)

Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Průměrný specifický odtok [l.s ⁻¹ .km ⁻²]	Dlouhodobý průměrný průtok				$\overline{Q}_{\min} : Q_a$	$Q_a : \overline{Q}_{\max}$
				Zimní hydrologické pololetí		Letní hydrologické pololetí			
				[m ³ .s ⁻¹]	[%]	[m ³ .s ⁻¹]	[%]		
1.	Labe	Wittenberg/L.	5,8	432	61	281	39	1 : 2,8	1 : 4,0
	Mulde	Bad Düben	10,3	81,1	63	46,9	37	1 : 4,2	1 : 7,1
2.	Labe	Aken	6,1	528	61	335	39	1 : 2,7	1 : 3,8
	Sála	Calbe-Grizehne	4,8	143	62	87,9	38	1 : 2,6	1 : 3,3
3.	Labe	Barby	5,9	686	62	424	38	1 : 2,7	1 : 3,6
	Nuthe	Nutha	3,1	1,97	62	1,20	38	1 : 2,8	1 : 3,2
4.	Ehle	Dannigkow	3,7	1,44	74	0,515	26	1 : 5,9	1 : 5,5
	Ohre	Calvörde ¹⁾	4,1	4,47	74	1,56	26	1 : 6,5	1 : 3,9
5.		Wolmirstedt ¹⁾	2,8	6,17	73	2,26	27	1 : 6,5	1 : 4,1
6.	Labe	Tangermünde	5,8	698	61	446	39	1 : 2,4	1 : 3,0

1) ovlivněno odběrem vody a vzdouvacími objekty



Obr. 4.8-3: Roční průběh průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Labe od soutoku s Černým Halštrovem po soutok s Havolou, vyjádřený jako podíl dlouhodobých měsíčních a ročních průměrů ($Q_{m\acute{e}s\acute{i}c}/Q_a$)

Na základě výše uvedených dat v tabulkách a na obr. 4.8-3 lze průtokové poměry charakterizovat následovně:

■ Průběh ročního průměrného průtoku ve vodoměrné stanici Wittenberg/L. odpovídá průběhu průtoků zaznamenaných ve stanicích v úseku Ústí n. L. - Torgau (obr. 4.8-3). Od stanice Aken však průtok v dubnu překonává hodnoty průtoků v březnu. Příčinou není ani tak velký dubnový přítok z řeky Mulde, ale spíše dlouhá dotoková doba z horního toku Labe od vodoměrné stanice Němčice, kde patří březen k měsícům s největšími průtoky (obr. 4.8-3). Přítokem z řeky Mulde se průměrný specifický odtok ve vodoměrné stanici Tangermünde dostává na stejnou hodnotu jako ve vodoměrné stanici Wittenberg/L., tj. $5,8 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$. Při setrvalém poměru průtoků v zimním a letním hydrologickém pololetí dochází na 173 km dlouhém úseku Labe k přirozenému poklesu hodnot $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ a $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ od stanice Wittenberg/L. ($1 : 2,8$ a $1 : 4,0$) po Tangermünde ($1 : 2,4$ a $1 : 3,0$).

■ Průměrné specifické odtoky v povodích přítoků dosahují pouze 3 až $4 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$. Dobré infiltrační podmínky v povodí řeky Nuthe vedou k relativně vyrovnanému průběhu průtoků během roku s rozdělením průtoků v zimním a letním hydrologickém pololetí v poměru 62 : 38 % a hodnotami $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ 1 : 2,8 a 1 : 3,2. Zcela jinak vypadá průběh průtoků na ostatních přítocích. Důsledky minimální akumulární schopnosti v povodí řeky Ehle jsou dále posíleny vzdouvacími objekty pro zavlažování. Průběh průtoků na řece Ohre je ovlivňován velkým počtem vzdouvacích staveb pro zemědělské závlahy, odběry vody a zejména radikálními odvodňovacími opatřeními v horní části povodí Ohre a nížině Drömling, pro niž jsou typické slatinné louky. Vysoké ztráty vody v letním hydrologickém pololetí a úbytek retenční plochy následkem odvodňovacích prací se projevují také rozdělením průtoků v zimním a letním hydrologickém pololetí v poměru 74 : 26 % a poměrem $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ 1 : 6,5. Oproti tomu jsou poměrně nízké hodnoty $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ 1 : 3,9 a 1 : 4,1 odůvodňovány tím, že velké vody na horním toku Ohre mohou být odváděny do Středoněmeckého průplavu.

4.8.1 Labe od soutoku s Černým Halštrovem po křižovatku vodních cest u Magdeburku

V návaznosti na údolí Riesa-Torgauer Elbtal protéká Labe do soutoku se Sálou širokým vřatislavsko-magdeburským praúdlím. Severně od uvedeného říčního úseku se nachází Fläming, který je rozvodím mezi Labem a Havolou (obr. 4.8-1). Zde pramení pravostranné labské přítoky **Zahna** (186 km²), **Rossel** (194 km²) a **Nuthe** (566 km²).

Třebaže podél Středního Labe jsou až na krátké úseky se strmými břehy po obou stranách ochranné hráze (viz kap. 3.1.2), rozprostírají se mezi soutokem s Černým Halštrovem a Sálou rozsáhlá přirozená záplavová území o rozloze 170 km². Dosahují šířky 3,5 km v místě zaústění Černého Halštrovu, 5,2 km pod Wittenbergem/L. u města Coswig (obr. 4.8-4), 4,1 km nad soutokem s řekou Mulde a 4,2 km v místě zaústění Sály.

Široké labské údolí (obr. 4.8-5 až 4.8-7) se vyznačuje meandry mezi Wittenbergem/L. (46 000 obyvatel) a Dessau (78 000 obyvatel), velmi ostrým obloukem v místě soutoku s řekou Mulde, mrtvými i jednostranně otevřenými rameny a záplavovými koryty.



Obr. 4.8-4: Přirozené záplavové území Labe pod městem Wittenberg/L. (ř. km 228)



Obr. 4.8-5: Meandrující Labe pod městem Coswig

Mezi soutokem Labe s řekou Mulde a se Sálou se nacházejí na ploše 117,4 km² nejrozsáhlejší ucelené porosty lužního lesa střední Evropy s chráněným územím „Steckby-Lödderitzer Forst“, které z důvodu svého ekologického významu bylo v roce 1979 vyhlášeno jako první německá biosférická rezervace (obr. 4.8-8).

Schematický průřez labskou nivou je uveden na obr. 4.8-9.



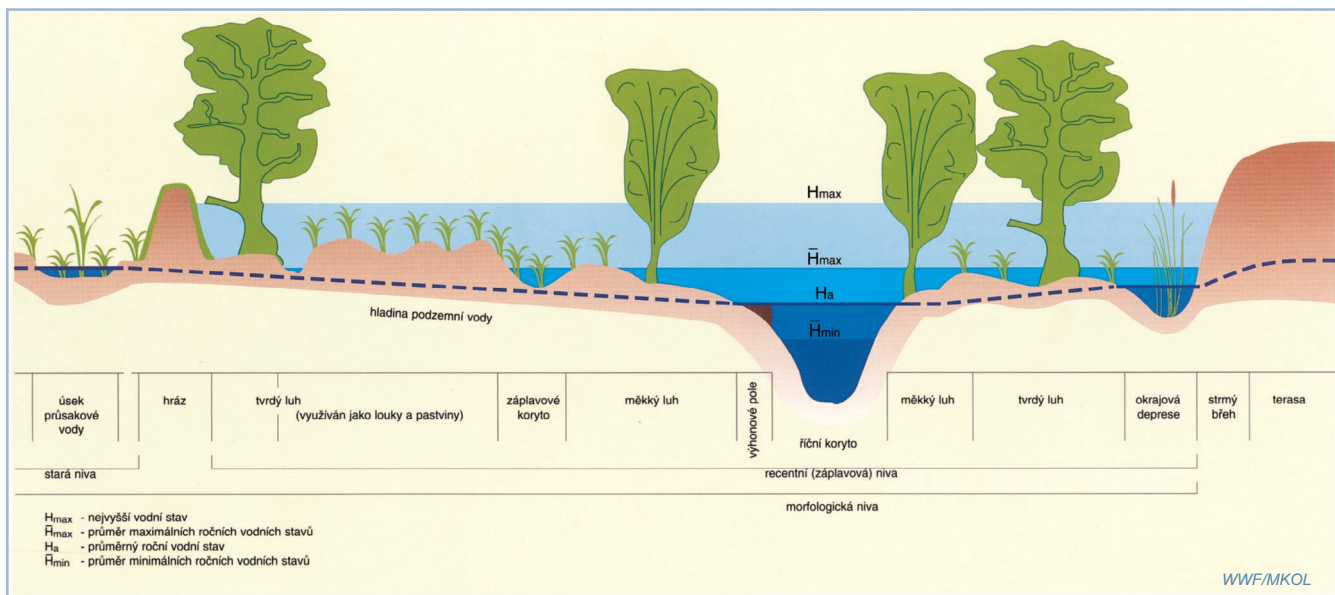
Obr. 4.8-6: Jednostranně otevřené rameno Labe nad městem Roßlau



Obr. 4.8-7: Oblouk Labe u města Dessau včetně soutoku s řekou Mulde (vpravo)



Obr. 4.8-8: Lužní lesy na Labi u Breitenhagenu nad soutokem se Sálou



Obr. 4.8-9: Schematický průřez nivou Středního Labe s vyznačením morfolicky a ekologicky významných složek

I když se Labe může mezi Wittenbergem/L. a soutokem Labe s řekou Mulde rozlít do širokého přirozeného záplavového území, protrhla se v průběhu povodně v srpnu 2002 levostranná hráz ve třech lokalitách. Největší porušení o délce 100 m vzniklo u obce Seegrehna (ř. km 222,6), kudy protékalo cca $200 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ vody, a zaplavilo území 50 km^2 (obr. 4.8-10).

Na Labi jsou již po staletí využívány **lanové přívozy**. Pouze v úseku mezi soutokem s Černým Halštrovem a Sálou je jich pět. První lanový přívoz byl zřízen ve městě Roßlau nad soutokem s řekou Mulde již v roce 1682. Stejným způsobem provozovaný přívoz mezi Coswigem a Wörlitzem (ř. km 236) existuje od roku 1864 (obr. 4.8-11).

Na přechodech v úsecích mezi mosty byly dříve používané člunové přívozy obsluhované bidlem nebo vesly nahrazeny lanovými přívozy, které jsou proti proudu na jednom břehu mimo plavební dráhu pevně zakotveny na několika stovkách metrů dlouhém laně. Lano je bójemi vedeno po povrchu vody, a proto viditelné. Přibližně ve vzdálenosti 30 m od přívozní lodi se lano rozdělí na dvě vodící lana upevněná k přední a zadní lodi. Jejich délku lze z přívozu libovolně nastavovat dvěma separátními navijáky, čímž se mění uhel mezi lodí a prouděním. Přívoz se tudíž nachází v šikmé poloze



Obr. 4.8-10: Protřzená ochranná hráz u obce Seegrehna pod Wittenbergem/L.



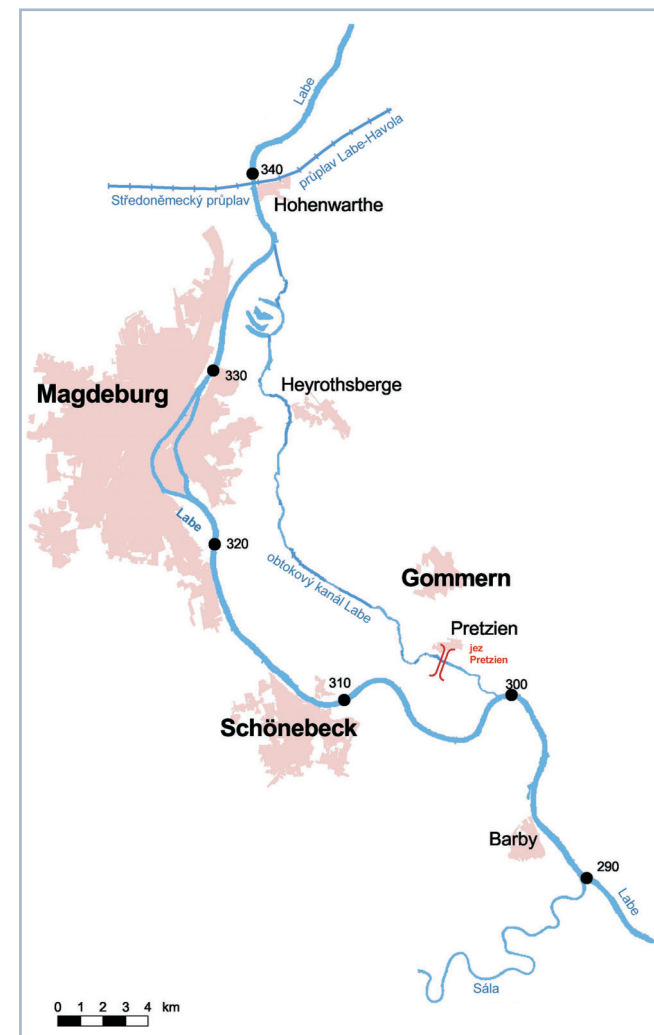
Obr. 4.8-11: Lanový přívoz mezi Coswigem a Wörlitzem

k proudění a tlak proudící vody tlačí loď bez motorového pohonu z jednoho břehu na druhý. Lanové přívozy jsou technickými památkami přizpůsobenými současným požadavkům říční plavby a nadále slouží – vedle motorových přívozů – k přepravě osob, resp. aut.

V říčním km 300,7 nad Schönebeckem (35 000 obyvatel) odbočuje **obtokový kanál Labe/Elbeumflutkanal**, jehož koryto tvořilo do 10. století vlastní trasu Labe směrem na Magdeburk. Do 11. století se město Schönebeck ani nenacházelo na Labi (viz kap. 3.2.1). Obtokový kanál byl vybudován v letech 1869 - 1873 s cílem odvádět v případě povodně

na Labi část vody, a tím snížit vodní stav v intravilánu měst Schönebeck a Magdeburk (obr. 4.8-12). Od odbočky z Labe po železniční most pod obcí Heyrothsberge má kanál délku 21 km. Následně přechází do přirozeného záplavového území Labe a nad obcí Hohenwarthe ústí do Labe. U města Gommern přibírá obtokový kanál řeku **Ehle** (510 km²) pramenící v pahorkatině Fläming.

Přibližně 3 km pod odbočením obtokového kanálu Labe byl v roce 1875 uveden do provozu **jez Pretzien** s cílem předcházet při malých povodňových průtocích na Labi záplavám travních porostů a dopravních komunikací křížících kanál pod jezem. Dále umožňuje v zájmu plavby při normálních a nízkých vodních stavech kompletní odvádění vody hlavním korytem Labe v Magdeburku. V 9 jezových polích o celkové průtočné šířce 112,9 m je umístěno 324 tabulí s velikostí 1,31 x 0,83 m (obr. 4.8-13).



Obr. 4.8-12: Obtokový kanál Labe u Magdeburku s jezem v Pretzienu

Jedná se o největší tabulový jez v Evropě, který byl v roce 1889 na Světové výstavě v Paříži vyznamenán zlatou medailí. V březnu 2005 byl jez v Pretzienu otevřen již po 60tém od zahájení provozu, z toho 52krát v zimním hydrologickém pololetí. Při extrémní povodni v srpnu 2002 bylo obtokovým kanálem odváděno až 1 050 m³.s⁻¹ (obr. 4.8-14), což bylo 24 %



Obr. 4.8-13: Tabulový jez na obtokovém kanálu Labe v Pretzienu



Obr. 4.8-14: Otevřený jez v Pretzienu při povodni v srpnu 2002

kulminačního průtoku Labe ve stanici Barby ($4\,320\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$), tj. 6 km nad odbočením kanálu.

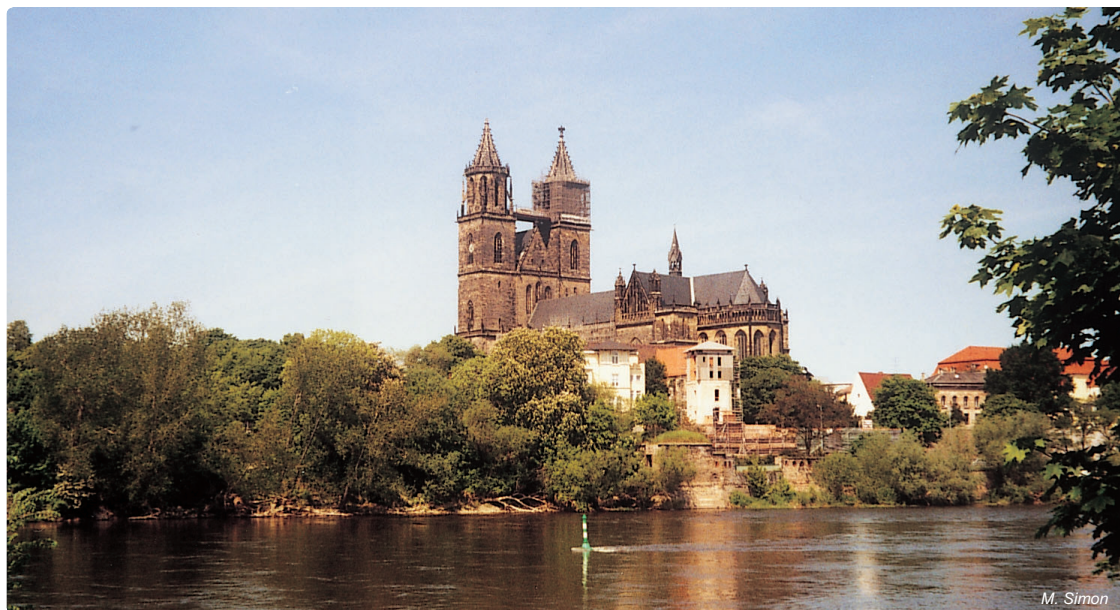
Ve stanici Barby bylo dosaženo snížení kulminačního vodního stavu o 20 cm, v Schönebecku o 70 cm a v Magdeburku o 50 cm, čímž se situace v uvedených městech významně zlepšila.

Labe v Magdeburku (228 000 obyvatel) se vyznačuje rozvětvením řeky na hlavní splavný tok (Stromelbe) a rameno Starého Labe o délce 6,0 km (Alte Elbe) a dále značným sklonem hlavního toku ve třech skalnatých úsecích (viz kap. 5.2.1), zejména v blízkosti magdeburské katedrály (obr. 4.8-15).

Památkově chráněný **zdvíhací most** v Magdeburku na říčním úseku nad katedrálou patří mezi největší na světě. Most byl uveden do provozu v roce 1848 v souvislosti se zahájením železniční dopravy mezi Berlínem a Magdeburkem. Původně byla část mostu konstruována v podobě otočného mostu, aby byl zajištěn i průjezd lodí s vysokou nadstavbou a při povodních nedocházelo k omezení lodní dopravy. V roce 1895 byl most přestavěn na zdvihací most, na kterém bylo možné zvednout 33 m dlouhou střední část o 1,70 m. Další rekonstrukcí v roce 1934 vznikla 90 m dlouhá zdvihá část s výškou zdvihu 2,87 m. Protože význam mostu pro železniční dopravu stále klesal, mohli ho od roku 1956 používat i chodci a od roku 2001 slouží výlučně chodcům (obr. 4.8-16).

Most stejné konstrukce, který byl vybudován v roce 1894 a do roku 1978 provozován, se nachází v areálu magdeburského přístavu (32 m dlouhá zdvihá část, výška zdvihu 4,46 m). V současnosti je tato technická památka rovněž využívána pouze chodci.

Bezprostředně pod Magdeburkem je situována z hydrotechnického hlediska nejvýznamnější stavba současné doby – křížení Středoněmeckého průplavu přes Labe a příslušné další objekty.



Obr. 4.8-15: Magdeburská katedrála na Labi



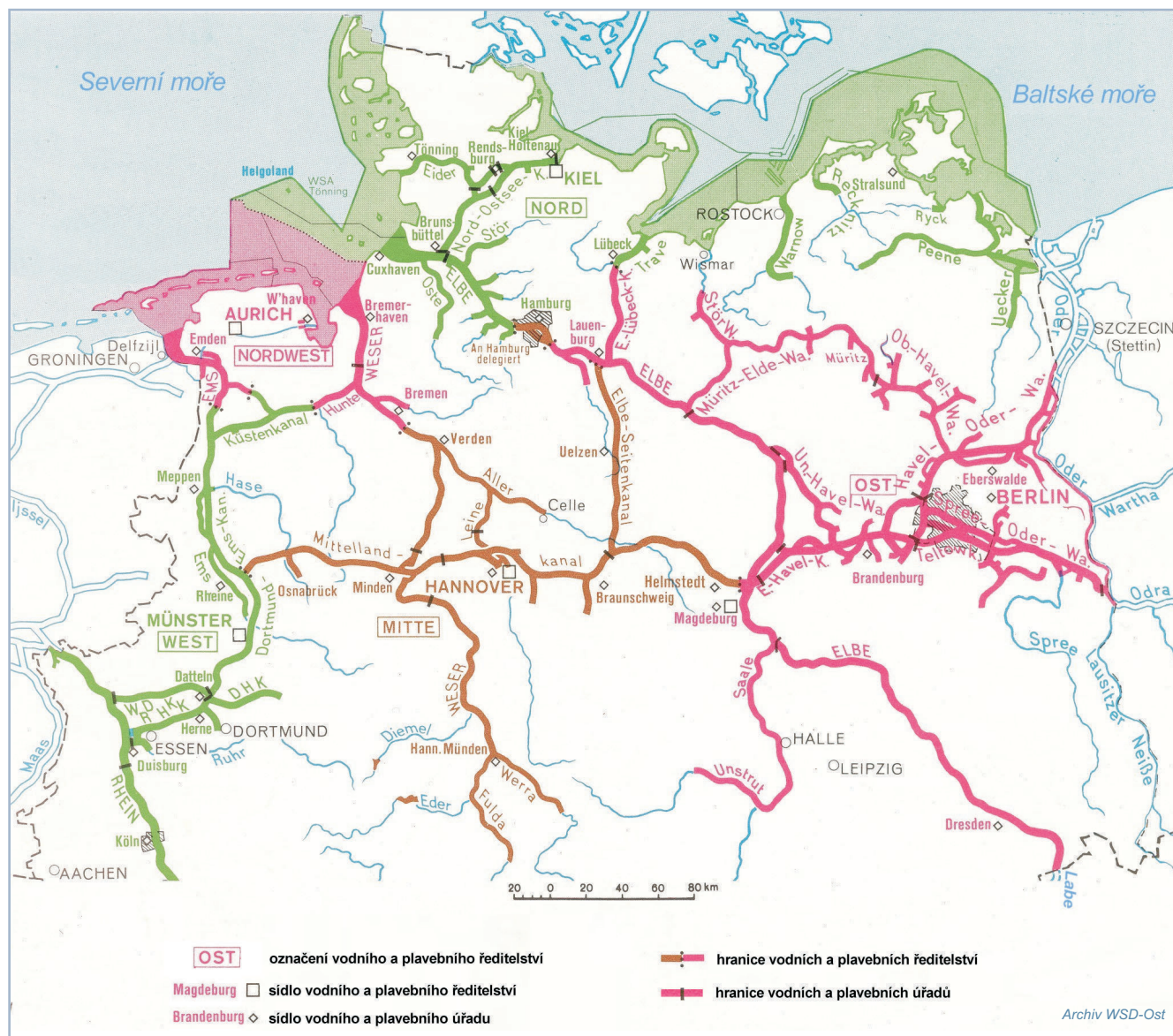
Obr. 4.8-16: Zdvížený most přes Labe v Magdeburku

4.8.2 Středoněmecký průplav a křižovatka vodních cest u Magdeburku

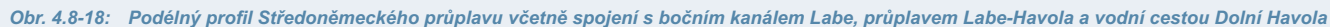
Středoněmecký průplav/Mittellandkanal, odbočuje z průplavu Dortmund-Emže (Dortmund-Ems-Kanal) v blízkosti města Rheine u obce Bergeshövede a končí po 325,7 km východně od dvojité plavební komory Hohenwarthe, která byla uvedena do provozu v roce 2003. Poté navazuje průplav Labe-Havola (Elbe-Havel-Kanal) (obr. 4.8-17). Středoněmecký průplav představuje dominantní složku jediné západovýchodní vodní cesty v severním Německu a spojuje povodí Rýna, Emže, Vezery a Labe. Přes průplav Labe-Havola a dále přes Havolu a Sprévu je zajištěno dopravní spojení s Berlínem a do Odry (viz kap. 4.9).

Stavba Středoněmeckého průplavu byla zahájena v roce 1906 a v roce 1915 byla dokončena 102 km dlouhá trasa po křížení vodních cest u města Minden s 370 m dlouhým akvaduktem přes Vezeru a v roce 1916 celkem 55 km dlouhý úsek po Hannover. Krátce po 1. světové válce pokračovaly stavební práce na Středoněmeckém průplavu a v roce 1938 bylo po zahájení provozu východní části průplavu a lodního zdvihadla Rothensee u Magdeburku dosaženo dopravní spojení s Labem. Kvůli válce již nebylo možno vybudovat i akvadukt přes Labe. Až výstavbou křižovatky vodních cest u Magdeburku a jejím uvedením do provozu v roce 2003 bylo dokončeno křížení Středoněmeckého průplavu přes Labe, a tím dopravní spojení s průplavem Labe-Havola nezávislé na hladině v Labi.

Na Středoněmeckém průplavu jsou tři plavební komory: Hannover-Anderten (pl. km 174,24), Sülfeld (pl. km 236,93) a Hohenwarthe (pl. km 325,10). Z vrcholové zdrže Středoněmeckého průplavu, který je omezován plavebními komorami Anderten a Sülfeld, odbočuje východně od města Braunschweig (pl. km 233,65) boční kanál (Elbe-Seitenkanal) ústící do Labe pod městem Lauenburg ve zdrži jezu Geesthacht (obr. 4.8-17 a 4.8-18).



Obr. 4.8-17: Vodní cesty SRN ve středním a severním Německu



Od pl. km 302,9 (východně od města Haldensleben) probíhá Středoněmecký průplav v délce 21,3 km na násypu, který dosahuje v labském údolí výšky až 17 m nad terénem (obr. 4.8-19).



Obr. 4.8-19: Násypový úsek Středoněmeckého průplavu západně od Labe

Po úpravách, prováděných západně od křižovatky vodních cest u Magdeburku, bude mít průplav od roku 2008 hloubku vody 4,00 m a bude splavný pro říční lodě o délce 110 m a tlačná soulodí o délce 185 m, přičemž přípustná šířka bude 11,40 m a plavební ponor 2,80 m.

Křižovatka vodních cest vybudovaná v letech 1997 - 2003 umožňuje velkým lodím, aby pluly za využití celého plavebního ponoru ze Středoněmeckého průplavu do průplavu Labe-Havola směrem na Berlín. Celkový pohled na křižovatku vodních cest u Magdeburku je na obr. 4.8-20.

Stavba se skládá z níže uvedených objektů:

■ **Akvadukt**, který je délkou 918 m nejdelším v Evropě, se dělí na 228 m dlouhý hlavní most přes Labe a 690 m dlouhý most přes záplavové území. Šířka žlabu činí 34 m a hloubka vody 4,25 m (obr. 4.8-21).

■ **Plavební komora Rothensee**, která je opatřena úspornými nádržemi, má délku 190 m a šířku 12,50 m a byla vybu-



Obr. 4.8-20: Celkový pohled na křižovatku vodních cest u Magdeburku



Obr. 4.8-21: Akvadukt přes Labe u Hohenwarthe

dována vedle lodního zdvihadla. V závislosti na kolísající hladině Labe ve spojovacím kanálu Rothensee činí výška zdvihu 10,45 až 18,46 m, a proto byla pro dolní vrata zvolena vzpěrná vrata s výškou 21,40 m.

■ **Dvojitá plavební komora Hohenwarthe** (pl. km 325,10), která je rovněž opatřena úspornými nádržemi, má stejné rozměry jako plavební komora Rothensee, zde se ale vedle sebe nacházejí dvě komory stejné konstrukce. Kvůli připojení na průplav Labe-Havola, kde kolísá hladina pouze nepatrně, je výška zdvihu v rozmezí 18,55 až 19,05 m poměrně konstantní. Pro dolní vrata byl použit zdvižný typ vrat (obr. 4.8-22).



Obr. 4.8-22: Dvojitá plavební komora Hohenwarthe s úspornými nádržemi

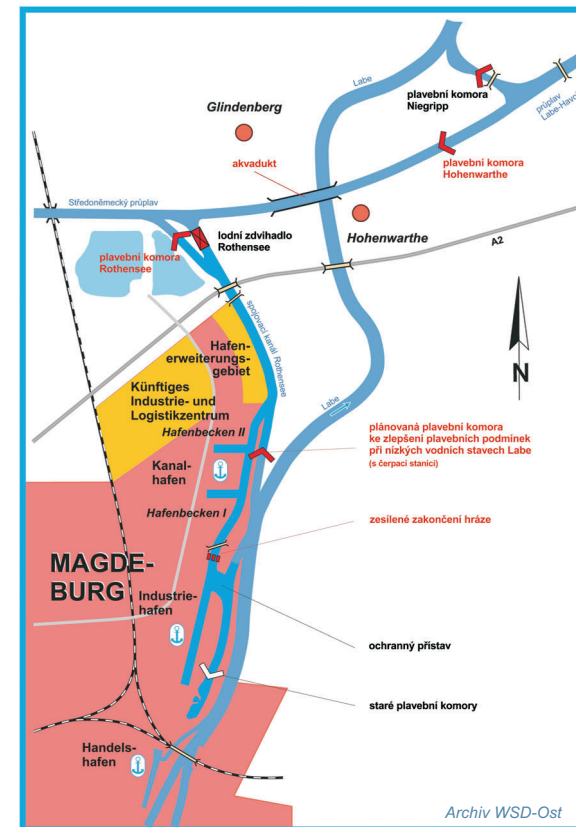
■ Mezi odbočením k plavební komoře Rothensee a začátkem průplavu Labe-Havola byl v délce 5 km vybudován **nový plavební kanál** (bez akvaduktu).

■ Objekt na **převádění povodní** o kapacitě $44,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ byl vybudován na západním opěrném pilíři akvaduktu a umožňuje při povodni odvádění nadbytečné vody z povodí horních toků Aller (do $34,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) a Ohre (do $9,60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) přes Středoněmecký průplav do Labe.

Před dokončením křižovatky vodních cest musely lodě plující ze Středoněmeckého průplavu do průplavu Labe-Havola využívat o 12 km delší trasu přes lodní zdvihadlo Rothensee, spojovací kanál Rothensee, Labe a plavební komoru Niegripp (obr. 4.8-23). V období sucha často nemohly jezdit plně vytížené. Po dokončení stavby plavební komory na spojovacím kanálu Rothensee bude od roku 2008 možné, aby lodě s plavebním ponorem 2,80 m pluly i při nízkých vodních stavech na Labi plně vytížené ze Středoněmeckého průplavu do magdeburského přístavu.



Obr. 4.8-24: Lodní zdvihadlo Rothensee



Obr. 4.8-23: Křižovatka vodních cest u Magdeburku a připojení s přístavem

Vedle plavební komory Rothensee je nadále provozováno **lodní zdvihadlo Rothensee** (obr. 4.8-24) z roku 1938 s maximální výškou zdvihu 18,46 m. V tomto svislém lodním zdvihadlu se pohybují dva 30 m vysoké plováky o průměru 10 m, které se nacházejí v 60 m hlubokých šachtách, a žlab o délce 85 m, šířce 12 m a hloubce 2,50 m, který je napuštěn vodou. V současnosti se jedná o nejstarší lodní zdvihadlo s plovákovou konstrukcí na světě, protože zdvihadlo Henrichenburg I na průplavu Dortmund-Emže, které mělo 5 plováků, bylo v roce 1970 vyřazeno z provozu. Přehled všech lodních zdvihadel v povodí Labe poskytuje tab. 4.8-3.

Tab. 4.8-3: Lodní zdvihadla v povodí Labe

Název	Vodní tok/ průplav	Zahájení provozu	Typ	Výška zdvihu [m]	Délka šikmé roviny [m]	Velikost žlabu (délka x šířka x hloubka vody) [m]	Poznámky
Niederfinow	průplav Odra- Havola	1934	svislé lodní zdvihadlo s protizávažím a žlabem napuštěným vodou	36	—	85 x 12 x 2,5	v současnosti nejstarší provozované lodní zdvihadlo v Německu
Rothensee	Středoněmecký průplav	1938	svislé lodní zdvihadlo s dvěma plováky a žlabem napuštěným vodou	10,5 - 18,5 podle hladiny na Labi	—	85 x 12 x 2,5	nejstarší plovákové zdvihadlo na světě s největší výškou zdvihu pro plováková zdvihadla
Vodní dílo Orlík	Vltava	1963	šikmý lodní výtah	71,5	191	plošinový vozík	pro sportovní lodě do výtlaku 3,5 t, lodě překonají hráz v „suchém stavu“
Scharnebeck	boční kanál Labe	1975	dvojitě svislé zdvihadlo s protizávažím a dvěma žlaby napuštěnými vodou	38	—	105 x 12 x 3,4	jedno z největších svislých zdvihadel na světě

4.8.3 Ohre a zásobování Magdeburku pitnou vodou

Pod křížením Labe a Středoněmeckého průplavu přitéká v říčním km 350,3 levostranný přítok **Ohre**. Plochou povodí 1 747 km² a délkou 105,7 km je za řekami Sála a Mulde největším přítokem Labe v úseku mezi soutokem s Černým Halštrovem a Havolou (obr. 4.8-1). Ohre pramení severozápadně od Drömlingu v nadmořské výšce 85 m. Po soutok s Labem sleduje převážně jihovýchodní směr při průměrném sklonu 0,4 ‰.

Údolní niva Ohre byla součástí praúdolí Ohre-Aller-Vezera, kterým do poslední ledové doby směřovalo Labe do Severního moře a tudíž odvodňovalo česko-středoněmeckou oblast. Současný říční systém Labe se vytvářel až během poslední ledové doby. Ve vzdálenosti 20 km od pramene vstupuje Ohre do nížiny Drömling, kterou protéká do Calvörde v 26 km dlouhém přímočarém kanálovitém korytě.

Drömling je rašelinnou luční nížinou, která se rozprostírá po obou stranách Středoněmeckého průplavu v nadmořské výšce 55 až 60 m. Jedna šestina tohoto velkého území (320 km²) patří do povodí řeky Aller. Na podnět krále Bedřicha II. byla bývalá bažina od roku 1778 zúrodnována a v současné době zde jsou především louky a pastviny. Ve vzdálenostech 15 až 25 m byly vykopány příkopy a plochy mezi příkopy byly nasypány výkopovým materiálem, čímž vznikly násypy, které bylo možné zemědělsky obdělávat. V rámci těchto prací byl v Drömlingu vytvořen systém skládající se z cca 3 000 jednotlivých struh o délce 1 500 km a z 216 vzdouvacích objektů, které mají zajistit zejména malou hloubku hladiny podzemních vod 0,40 m pod terénem a tím zachování rašelinné půdy. Od roku 1989 má Drömling statut Národního parku. Zde jsou zachovány staré jezové objekty, které jsou technickými památkami (obr. 4.8-25 a 4.8-26).

Od roku 1932 hraje povodí Ohre významnou roli pro **zásobování Magdeburku pitnou vodou**. Do té doby bylo město zásobováno výlučně vodou z Labe. V roce 1537 byl uveden do



Obr. 4.8-25: Dřevěný jez z roku 1875 v Bedřichově kanálu (Friedrichs-kanal)

provozu „Starý vodotrysk“, kdy byla vytlačována voda z Labe vodním kolem a dřevěným potrubím přepravována do výšky 15 m na dnešní Staré náměstí (Alter Markt) a sloužila bez další úpravy jako pitná voda. Čerpání a distribuce vody byly několikrát zdokonalovány. Např. v roce 1828 bylo vodní kolo nahrazeno čerpadlem poháněným parním strojem a dřevěná rozvodná síť byla vyměněna za litinová potrubí. V roce 1859 byla uvedena do provozu labská vodárna v magdeburské městské části Buckau o denní kapacitě 10 000 m³. Tehdy žilo v Magdeburku 80 000 obyvatel.

Emise z draselného průmyslu v povodí Sály vedly ke značnému přesolení Labe. Protože se na 31 km dlouhé trase od soutoku levostranného přítoku Sály s Labem po Magdeburk nemísila voda s labskou vodou kompletně v celém příčném profilu, což vedlo k tomu, že jakost vody byla na pravém břehu lepší. Proto byl v roce 1905 odběr vody pro vodárnu Buckau přeložen z levého břehu Labe na pravý. S rostoucí industrializací, která byla provázána přírůstkem vypouštěných odpadních vod, bylo spojeno další zhoršování jakosti vody v Labi.



Obr. 4.8-26: Ohre u obce Taterberg s iniciály Bedřicha II. (Friedrich Wilhelm Rex) a korunou na mostním zábradlí

Hledaly se nové možnosti pro zásobování Magdeburku pitnou vodou. V roce 1932 byla severně od Magdeburku v povodí Ohre ve vřesovišti Letzlinger Heide u obce Colbitz uvedena do provozu vodárna s denní kapacitou 40 000 m³, která poprvé upravovala přirozené zdroje podzemních vod. Voda byla převedena do Magdeburku 29 km dlouhým potrubím a zde míchána s labskou vodou z říční vodárny Buckau.

Rostoucí potřeba vody pro město a čím dál horší jakost vody v Labi vedly k rozšíření zásobování vodou z vřesoviště Letzlinger Heide. Protože přirozené doplňování podzemních vod nestačilo, bylo zapotřebí převádět vodu z Ohre do Letzlinger Heide a zde ji infiltrovat s cílem umělého doplňování. Objekty, které byly uvedeny do provozu v roce 1963, se skládají z čerpací stanice o kapacitě 2,8 m³.s⁻¹ (obr. 4.8-27) v obci Satuelle nad Haldenslebenem (21 000 obyvatel), z 13,5 km dlouhého převodu vody, z toho 9,9 km v otevřeném kanálu a 3,6 km v potrubí, a z infiltrační nádrže o ploše 35 ha. Infiltraovaná voda vyčištěná půdou se dostává do podloží, odkud se čerpá jako podzemní voda nebo kde může být uložena

4.8.4 Labe od soutoku s řekou Ohre po soutok s Havalou

v podzemním zásobníku s užitkovým objemem 30 mil. m³. Dnes má vodárna denní kapacitu 120 000 m³.

V roce 1966 bylo zastaveno zásobování magdeburského obyvatelstva pitnou vodou z říční vodárny Buckau. Od té doby dodávají veškerou pitnou vodu pro město a přilehlé obce pouze vodárny ve vřesovišti Letzlinger Heide u Colbitze.

Odběry vody za účelem převodu do Letzlinger Heide jsou omezeny na 0,3 až 1,8 m³.s⁻¹, maximálně na 31,5 mil. m³ za rok, tudíž v průměru na 1,0 m³.s⁻¹, aby byl v řece Ohre u obce Satuelle zajištěn minimální průtok 0,8 m³.s⁻¹.



Obr. 4.8-27: Čerpací stanice Satuelle a příslušná přivodní nádrž (35 000 m³)

Uvedený 87,7 km dlouhý úsek Labe se vytvářel až v poslední ledové době v důsledku propojení prauddolů, kterými dnes protéká Ohre, resp. Havola.

Zatímco se pod soutokem s řekou Ohre vyskytuje několik lokalit se záplavovým územím o šířce 3 km, omezuje se povodí Labe od jeho soutoku s řekou **Tanger** (480 km²) v říčním



Obr. 4.8-28: Strmé břehy na levém břehu Labe u Arneburgu (ř. km 404)

km 388,2 po soutok s Havalou (ř. km 438,0) na úzké koryto, občas se šířkou pod 1 km (obr. 4.8-2). Po levé straně tvoří rozvodí s povodím toku Aland ochranné hráze a celkem 18 km dlouhý úsek se strmými břehy (obr. 4.8-28), po pravé straně dělí koryto Labe od povodí Havoly pouze ochranné hráze.

Poměrně rozsáhlá přirozená záplavová území podél mnoha úseků Středního Labe od soutoku s Černým Halštrovem (obr. 4.8-29 a tab. 5.4-3) přispívají k tomu, že rozdíly mezi dlouhodobými průměrnými a vysokými vodními stavy jsou v porovnání s Horním Labem výrazně menší (tab. 4.8-4).



Obr. 4.8-29: Přirozené záplavové území Labe v místě strmého břehu u obce Derben (ř. km 374)

Tab. 4.8-4: Rozdíly mezi dlouhodobým průměrným vodním stavem a kulminačním vodním stavem při povodni v srpnu 2002 ve vybraných vodoměrných stanicích na Labi

Vodoměrná stanice	Říční km Labe	Dlouhodobý průměrný vodní stav [cm]	Kulminační vodní stav při povodni v srpnu 2002 [cm]	Rozdíl vodních stavů [cm]
Ústí n. L.	38,7	247	1 196	949
Děčín	13,8	231	1 230	999
Schöna	2,1	213	1 204	991
Drážďany	55,6	189	940	751
Torgau	154,2	242	949	707
Wittenberg/L.	214,1	280	706	426
Barby	294,8	237	701	464
Tangermünde	388,2	300	768	468
Wittenberge	453,9	282	734 ¹⁾	452
Neu-Darchau	536,4	270	732	460

1) s přihlédnutím ke snížení kulminace povodňové vlny zatápěním manipulovatelných odlehčovacích poldrů na Havole

*Pravou chuť vody
pozná člověk až v poušti.
(lidová moudrost)*

Po trase kanalizovaného toku měří Havola od pramene, který se nachází východně od jezera Müritz, po soutok s Labem u Gnevsdorfu (ř. km 438,0) 333,7 km a výškový rozdíl činí pouhých 41,3 m.

Havola směřuje nejdříve jihovýchodním a dále až k Berlínu jižním směrem, poté pokračuje západním a od jezera Plauer See pod městem Brandenburg severozápadním směrem (obr. 4.9-1). Tím, že přitéká ze severu a poté opět směřuje na sever, opisuje široký oblouk. Z toho vyplývá zajímavost, že vzdušná vzdálenost mezi pramenem a ústím činí pouhých 93 km.

Povodí Havoly má plochu 23 858 km². Z toho se rozkládá necelých 99 % v nížině s nadmořskou výškou pod 200 m. Pouze 1,2 % plochy (300 km²) leží v pahorkatinách, vrchovinách a v podhůřích. Jedná se o prameniště Sprévy a toků Löbauer Wasser, Schwarzer Schöps a Weißer Schöps, která leží ve vrchovině Lausitzer Bergland. Nejvyššími vrcholy jsou Hrazený (608 m n. m.) v české části povodí a Kottmar (583 m n. m.) v německé části povodí horního toku Sprévy.

Téměř v celém povodí dosahují průměrné roční teploty vzduchu 8 až 9 °C, pouze ve vrchovině Lausitzer Bergland klesají až na 7 °C.

Průměrné roční úhrny srážek činí 562 mm. Ve vrchovině Lausitzer Bergland, kde se pohybují mezi 700 a 800 mm, jsou nejvyšší, v Horní a Dolní Lužici (Oberlausitz, Niederlausitz) po přehradu Spremberg dosahují 600 až 700 mm. V povodí Horní Havoly, v horních částech povodí toků Rhin, Dosse a Jäglitz a dále v regionech Lužický hraniční val (Lausitzer Grenzwall) a Fläming představují většinou 550 až 600 mm a v ostatních oblastech nepřesahují 550 mm.

Z hydrologického hlediska se Havola rozděluje na Horní a Dolní Havolu. Dělicím bodem je ústí Sprévy v Berlíně. Zde plocha povodí Horní Havoly dosahuje 3 399 km², což přibližně odpovídá třetině plochy povodí Sprévy (9 858 km²).

Havola, která je kanalizována v 90 % délky, je typickou nížinnou řekou s průměrným sklonem pouhých 0,12 ‰. Tok je charakterizován velkým počtem průtočných jezer, mnoha

jezerovitými rozšířeními, řadou rozvětvení a kanalizovaných úseků.

Na obr. 4.9-2 jsou vyznačeny významné kanály v povodí Havoly, ale i propojení s Labem a Odrou. Hlavní roli pro komerční plavbu hraje spojení z Labe do Odry přes Berlín. Na dalších vodních cestách dnes převažuje osobní, rekreační a sportovní plavba.

V povodí Labe je Havola dílčím povodím nejbohatším na přirozené vodní plochy. Pouhých 116 přirozených jezer s plochou nad 0,5 km² tvoří vodní plochu 407 km². Největší jezera jsou uvedena v tab. 4.9-1. Dlouhodobá roční průměrná výška výparu z většinou mělkých jezer činí cca 700 mm. Vzhledem k výrazně nižším úhrnům srážek způsobují uvedená jezera a jezerovitá rozšíření Havoly a jejích přítoků podstatné ztráty vody.

Tab. 4.9-1: Největší přirozená jezera v povodí Havoly

Název jezera	Povodí	Vodní plocha [km ²]
Plauer See včetně Breitlingsee	Dolní Havola	15,2
Schwielochsee	Dolní Správa	13,3
Scharmützelsee	Dahme / Dolní Správa	12,1
Ruppiner See	Rhin / Dolní Havola	8,1
Schwielowsee	Dolní Havola	7,8
Großer Müggelsee	Dolní Správa	7,5

Hydrologický režim v povodí Havoly je většinou ovlivňován lidskými zásahy, mezi které patří:

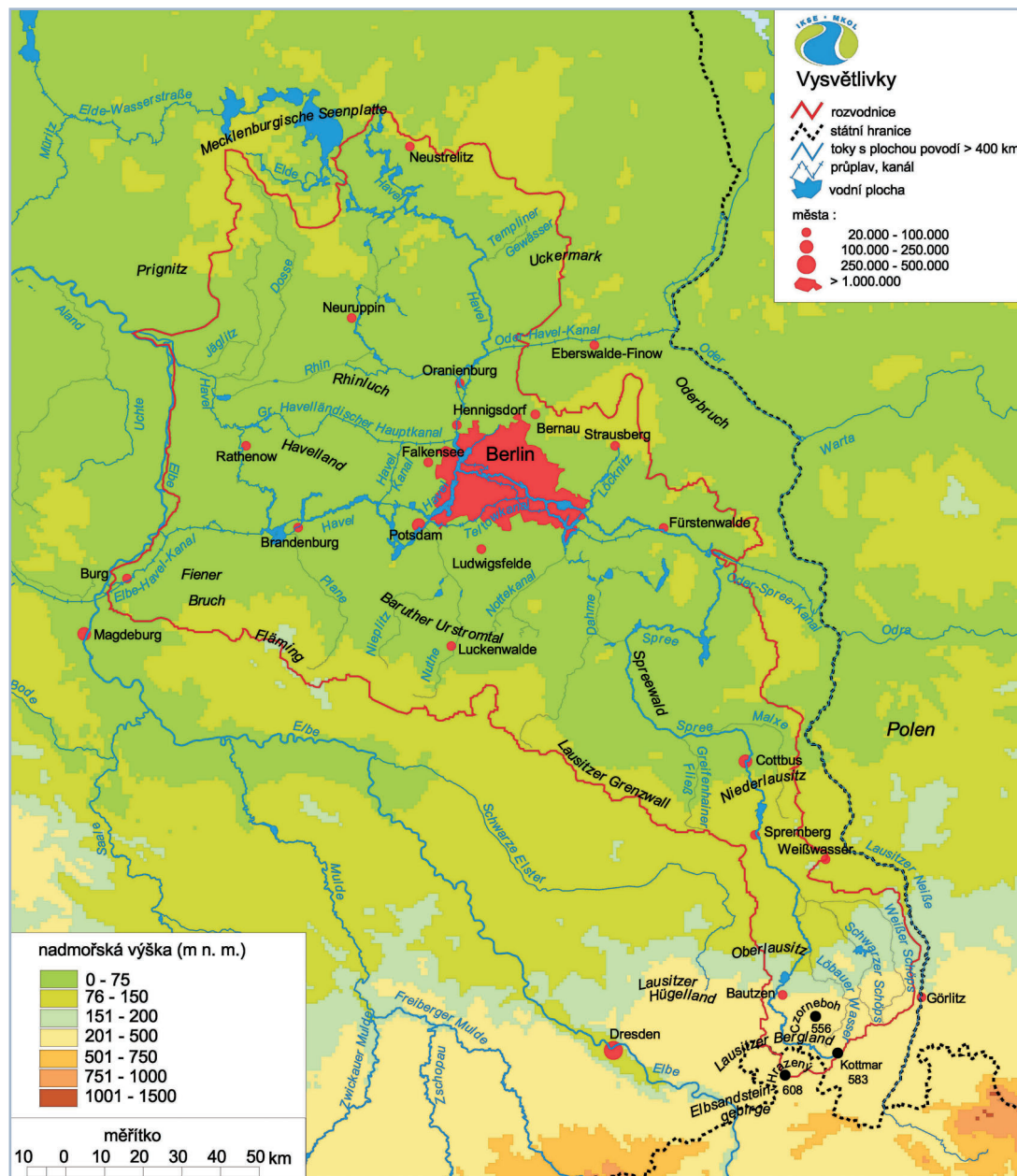
■ rozsáhlá napřimování a přeložení toků, průpichy a ohrázování v zájmu povodňové ochrany, zemědělství, lodní dopravy a těžby hnědého uhlí v povodí Spravy;

■ převody vody z Labe, Elde, Odry a Lužické Nisy do povodí Havoly a řada lokalit v povodí Havoly, kde dochází ke změně distribuce vody pomocí plavebních a obtokových kanálů (obr. 4.9-2);

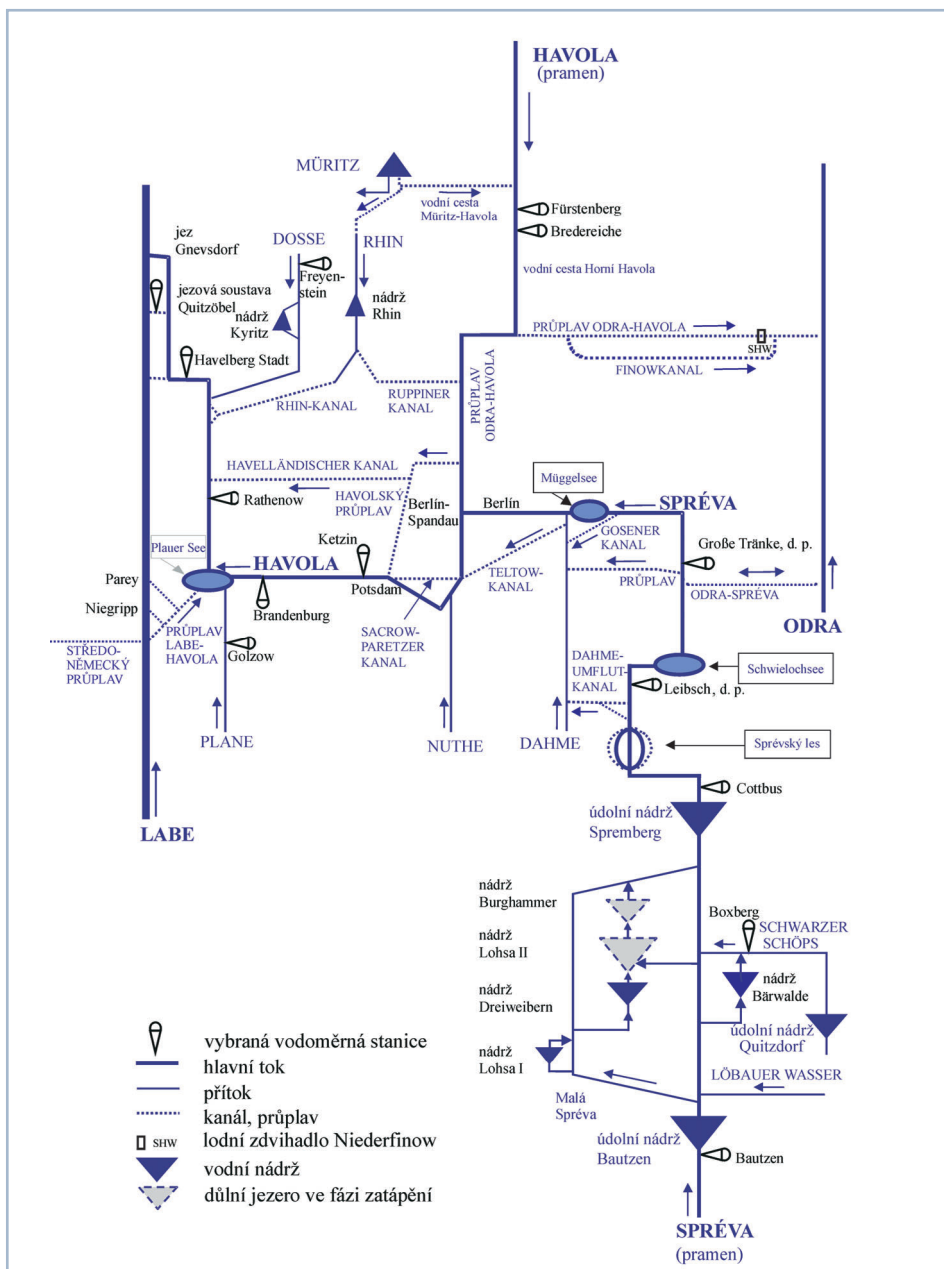
■ rozsáhlé skřívky hnědouhelných slojí v regionu Horní a Dolní Lužice;

■ 14 nádrží s ovladatelným objemem nad 0,3 mil. m³, jejichž celkový ovladatelný objem představuje 231,9 mil. m³, z toho ochranný objem 31,4 mil. m³ (obr. 4.9-2 a 4.9-3).

K charakterizaci odtokové situace jsou v tab. 4.9-2 a 4.9-3 uvedeny hydrologické charakteristiky 12 vybraných vodoměrných stanic a na grafech obr. 4.9-4 je znázorněn roční průběh průtoků. Umístění většiny stanic je vyznačeno na obr. 4.9-3.



Obr. 4.9-1: Topografická mapa povodí Havoly/Havel



Obr. 4.9-2: Schéma povodí Havoly



Obr. 4.9-3: Hydrografická mapa povodí Havoly/Havel s dílčími povodími nad 1 700 km²

Tab. 4.9-2: Základní hydrologické charakteristiky průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Havoly
(Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.9-3.)

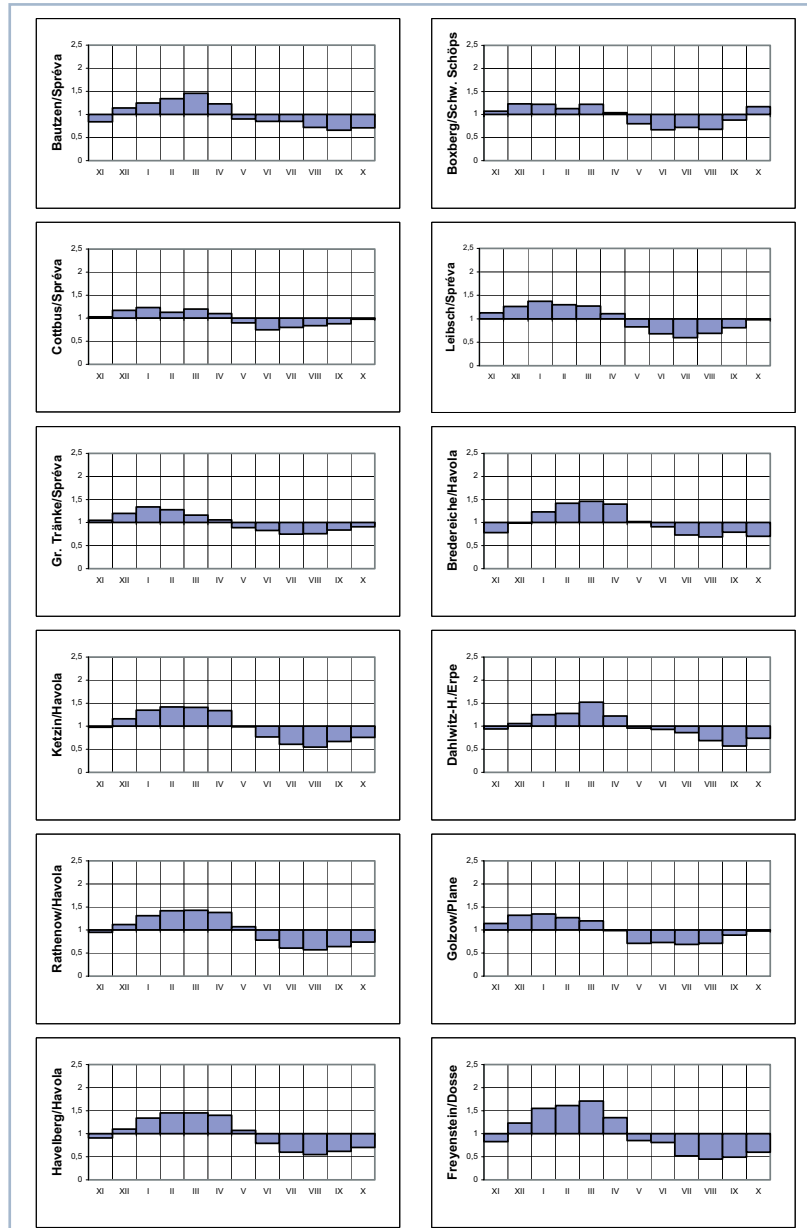
Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Říční km	Plocha povodí (A)	Dlouhodobý průměrný průtok ($\bar{Q}_a$)	Dlouhodobý průměrný minimální průtok ($\bar{Q}_{min}$)	Dlouhodobý průměrný maximální průtok ($\bar{Q}_{max}$)	Období
			[km]					
1.	Správa	Bautzen - Weite Bleiche	334,1 ¹⁾	276	2,63	0,854	35,2	1926 - 2000 (bez r. 1932 a 1941)
2.	Schwarzer Schöps	Boxberg	7,8 ²⁾	639	4,48	1,44	26,4	1927 - 2000 (bez r. 1941 - 1957)
3.	Správa	Cottbus - Sandower Brücke	231,5 ¹⁾	2 325	17,9	9,27	43,8	1971 - 2000
4.	Správa	Leibsch, d. p.	160,9 ¹⁾	4 605	20,3	6,14	41,7	1971 - 2000
5.	Správa	Große Tränke, d. p.	78,1 ¹⁾	6 203	14,9	6,04	26,1	1971 - 2000
	Erpe/Správa	Dahlwitz-Hoppegarten	8,9 ²⁾	221	0,388	0,082	1,63	1971 - 2000 (bez r. 1995 a 1998)
6.	Havola	Bredereiche, h. p.	91,3 ³⁾	1 157	6,00	2,17	14,0	1986 - 2000
7.	Havola	Ketzin	34,1 ⁴⁾	16 026	72,3	21,4	149	1965 - 2000
	Plane	Golzow	19,9 ¹⁾	416	1,45	0,233	4,62	1971 - 2000
8.	Havola	Rathenow, d. p.	103,9 ⁴⁾	19 116	88,8	22,8	161	1952 - 2000
	Dosse	Freyenstein	89,3 ¹⁾	39	0,199	0,056	0,919	1980 - 2000
9.	Havola	Havelberg-Stadt	145,3 ³⁾	23 804	114	24,6	225	1946 - 2000

- 1) říční km nad soutokem s Havolou
2) říční km nad soutokem se Správou

- 3) říční km nad soutokem se Správou
4) říční km pod soutokem se Správou

Tab. 4.9-3: Charakteristika hydrologického režimu ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Havoly
(Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.9-3.)

Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Průměrný specifický odtok [l.s ⁻¹ .km ⁻²]	Dlouhodobý průměrný průtok				$\bar{Q}_{\min} : Q_a$	$Q_a : \bar{Q}_{\max}$
				Zimní hydrologické pololetí		Letní hydrologické pololetí			
				[m ³ .s ⁻¹]	[%]	[m ³ .s ⁻¹]	[%]		
1.	Spréva	Bautzen - Weite Bleiche	9,5	3,21	61	2,06	39	1 : 3,1	1 : 13
2.	Schwarzer Schöps	Boxberg	7,0	5,25	59	3,71	41	1 : 3,1	1 : 5,9
3.	Spréva	Cottbus - Sandower Brücke	7,7	20,5	57	15,3	43	1 : 1,9	1 : 2,4
4.	Spréva	Leibsch, d. p.	4,4	25,2	62	15,6	38	1 : 3,3	1 : 2,0
5.	Spréva	Große Tränke, d. p.	2,4	17,5	59	12,4	41	1 : 2,5	1 : 1,8
	Erpe / Spréva	Dahlwitz-Hoppegarten	1,8	0,470	61	0,307	39	1 : 4,7	1 : 4,2
6.	Havola	Bredereiche, h. p.	5,2	7,28	60	4,85	40	1 : 2,8	1 : 2,3
7.	Havola	Ketzin	4,5	92,3	64	52,6	36	1 : 3,4	1 : 2,1
	Plane	Golzow	3,5	1,76	61	1,14	39	1 : 6,2	1 : 3,2
8.	Havola	Rathenow, d. p.	4,6	113	63	65,3	37	1 : 3,9	1 : 1,8
	Dosse	Freyenstein	5,1	0,275	69	0,123	31	1 : 3,6	1 : 4,6
9.	Havola	Havelberg-Stadt	4,8	145	64	82,3	36	1 : 4,6	1 : 2,0



Obr. 4.9-4: Roční průběh průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Havoly, vyjádřený jako podíl dlouhodobých měsíčních a ročních průměrů ($Q_{měsíc} / Q_a$)

Na základě výše uvedených dat v tabulkách a na *obr. 4.9-4* lze průtokové poměry charakterizovat následovně:

■ Pro horní části povodí Sprévy a toků Löbauer Wasser, Schwarzer Schöps a Weißer Schöps ve vrchovině Lausitzer Bergland je reprezentativní charakteristika hydrologického režimu a průběh průtoků během roku ve stanici Bautzen-Weite Bleiche. Specifické průměrné odtoky činí 9 až 13 l.s⁻¹.km⁻². Jak tání sněhu a jarní deště, tak i letní vydatné srážky vedou poměrně často k rychle rostoucím povodňovým průtokům. Proto je poměr $Q_a : \bar{Q}_{max}$, který činí ve stanici Bautzen 1 : 10 až 1 : 20, velmi velký.

■ Hydrologické poměry na Správě pod stanicí Bautzen až po soutok s Havolou již nejsou přirozené. Přehrady a nádrže, převody, odvádění a přivádění vody v Lužickém hnědouhelném revíru, ale i kanály nacházející se dále po toku vedly k výrazným změnám odtoku a vodního režimu Sprévy (*obr. 4.9-2*).

Charakteristickým jevem je roční průběh průtoků ve stanicích Boxberg a Cottbus, který je ještě vyrovnanější než ve stanicích Leibsch a Große Tränke nacházejících se dále po toku, dále velké průtoky v období od října do ledna, přičemž v prosinci, resp. lednu jsou zaznamenány největší dlouhodobé průměrné měsíční průtoky za celý rok, a malé hodnoty $\bar{Q}_{min} : Q_a$, resp. $Q_a : \bar{Q}_{max}$.

Sprévký les (Spreewald), kde se Správa rozvětňuje na řadu říček, jezero Schwielochsee a jezerovitá rozšíření Sprévy způsobují přirozeným způsobem výrazné zpomalení odtoku a velmi vysoký výpar. Především když se na Správě vyskytují velké průtoky, je voda nad stanicí Leibsch převáděna obtokovým kanálem Dahme-Umflut-Kanal do toku Dahme. Nad stanicí Große Tränke, kde je plocha povodí Sprévy v porovnání se stanicí Leibsch o více než třetinu větší, ale dlouhodobý průměrný průtok o 5,4 m³.s⁻¹ menší, je velký podíl vody ze Sprévy odváděn průplavem Odra-Správa (Oder-Spree-Kanal). V důsledku uvedených přirozených vlivů a lidských zásahů klesá průměrný specifický odtok ve stanici Leibsch na 4,5 a ve stanici Große Tränke na 2,4 l.s⁻¹.km⁻².

■ Kanály, převody vody a řada zemědělských nádrží jsou příčinou toho, že v celém povodí Horní Havoly není ani jedna stanice, která by reflektovala přirozené hydrologické poměry. Stanice Bredereiche vykazuje nepřirozeně velký dlouhodobý průměrný průtok, což je způsobeno převodem vody z povodí Elde (viz kap. 4.10), specifický průměrný odtok činí 5,2 l.s⁻¹.km⁻². Méně výrazně se uvedený účinek projevuje u průběhu průtoků během roku, i když je průtok v září očividně příliš velký.

■ Na přítocích dolního toku Sprévy a Dolní Havoly s poměrně malým sklonem se nacházejí zemědělské nádrže většinou i v horních úsecích. Spolu s odběry vody pro potřeby závlah vedly ke značnému ovlivnění hydrologického režimu. Naopak poměrně málo je ovlivňován hydrologický režim ve stanicích Dahlewitz-Hoppegarten a Golzow. Přesto ukazují i zde hodnoty $\bar{Q}_{min} : Q_a$ a $Q_a : \bar{Q}_{max}$ roční průběh průtoků (zejména ve stanici Golzow) a specifické průměrné odtoky (zejména ve stanici Dahlewitz-Hoppegarten), že došlo ke změnám přirozených odtokových poměrů. Ve stanici Freyenstein, ve zvláště horní části povodí Dosse, jsou charakteristiky hydrologického režimu a průběh průtoků během roku odrazem přirozených poměrů, které však nejsou reprezentativní pro výrazně větší část velmi nížinného povodí Havoly.

■ Ve stanicích Ketzin, Rathenow a Havelberg, které se nacházejí na Havole pod soutokem se Správou, poskytují průběh průtoků během roku a charakteristiky hydrologického režimu do značné míry jednotný obraz, přestože hydrologický režim je ovlivňován různorodými zásahy. Poměry $Q_a : \bar{Q}_{max}$, které dosahují hodnot 1 : 1,8 až 1 : 2,1, jsou způsobeny malou proměnlivostí odtoku s velmi velkým retenčním účinkem řady jezer a jezerovitých rozšíření na Havole. Proto jsou povodňové vlny málo výrazné, ale trvají velmi dlouho.

4.9.1 Havola od pramene po soutok se Správou

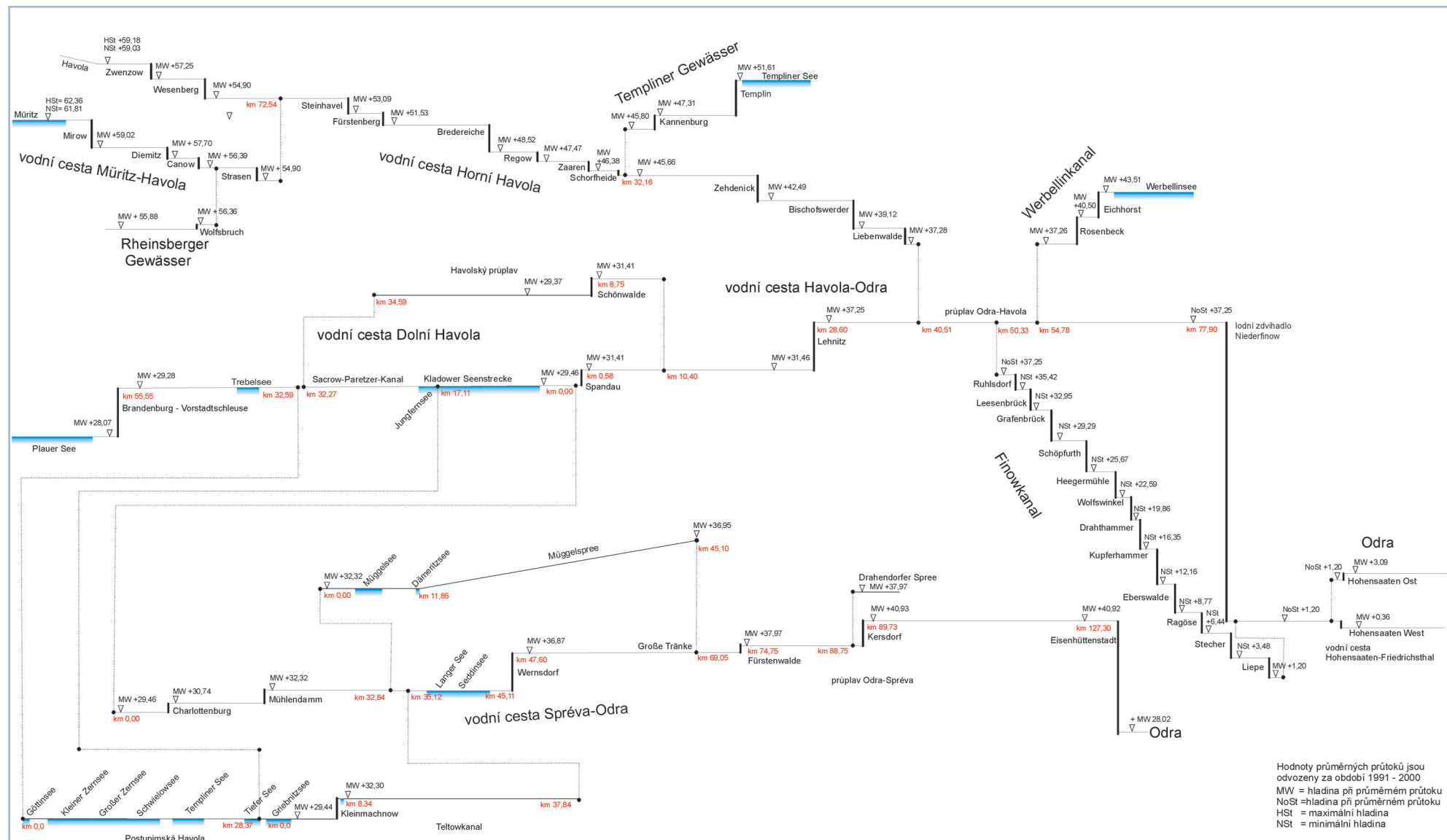
Prameniště Havoly, a tím také rozvodí mezi Severním a Baltským mořem, byly od středověku několikrát změněny zásahem člověka. V důsledku toho je nyní území o rozloze 16,4 km², které dříve patřilo k povodí Havoly, odvodňováno do Baltského moře. V současnosti se nachází pramen Havoly východně od jezera Müritz v obci Ankershagen jižně od hráze Mühlenseedamm v nadmořské výšce 64,0 m. Místo je označeno pamětním kamenem (*obr. 4.9-5*).



Obr. 4.9-5:
Pamětní kámen pramene Havoly

Až po soutok se Správou má **Horní Havola** délku 168,1 km a průměrný sklon činí 0,21 ‰. Na trase prvních 70 km až po oblast pod městem Fürstenberg směřuje většinou na jihovýchod, přičemž protéká 27 jezery plošiny Neustrelitzer Seenplatte, která je součástí jezerní plošiny Mecklenburgische Seenplatte (*obr. 4.9-1*). Ale již 32,6 km pod pramenem u plavební komory Zwenzow začíná kanalizovaná splavná Havola, která se odtud nazývá **vodní cesta Horní Havola/Obere-Havel-Wasserstraße** (*obr. 4.9-6*).

Po dalších 19,6 km se do Havoly vlévá **vodní cesta Müritz-Havola/Müritz-Havel-Wasserstraße** (242 km²), která byla vybudována v letech 1831 - 1836. Po změnách trasy v období 1935 - 1937 má kanál délku 31,8 km a umožňuje plavbu lodím s ponorem do 1,4 m. Celkem 4 plavebními komorami lze překonat spád cca 7,5 m. Nejvýše položená plavební komora ve městě Mirow (*obr. 4.9-7*) tvoří zároveň rozvodí mezi povodími Elde a Havoly.



Obr. 4.9-6: Podélný profil vodních cest v povodí Havoly po město Brandenburg a vodní cesty Spréva-Odra



Obr. 4.9-7: Plavební komora Mirow na vodní cestě Müritz-Havola

V zájmu nalepšování hladiny na vodní cestě Horní Havola se v dlouhodobém průměru (období 1983 - 2002) odvádí z jezera Müritz do povodí Havoly $1,36 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ přes plavební komoru Mirow a $0,55 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ přes jezový objekt Bolt (viz kap. 4.10). Z těchto celkem $1,91 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ se dostává v průměru $0,17 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ vody z vodní cesty Müritz-Havola přes plavební komoru Wolfsbruch do povodí toku Rhin (Rheinsberger Gewässer) – obr. 4.9-6.

Vodní cesta Horní Havola je 95 km dlouhá a je na ní 11 zdymadel. Její dolní úsek od soutoku s řekou **Templiner Gewässer** (416 km^2) byl vybudován již v 17. a 18. století, úsek nad tím až začátkem 19. století (obr. 4.9-6). Pod zaústěním vodní cesty Müritz-Havola je zajištěn ponor 1,4 až 1,6 m, nad ním ponor klesá na 1,1 m až po plavební komoru Zwenzow.

V místě soutoku vodní cesty Horní Havola s **průplavem Odra-Havola/Oder-Havel-Kanal** dosahuje plocha povodí Havoly $2\,412 \text{ km}^2$. Její průtok a přítok z kanálu **Werbellinkanal** ($82,4 \text{ km}^2$) zabezpečují řízení 49,3 km dlouhé vrcholové zdrže průplavu Odra-Havola, který byl uveden do provozu v roce 1914 a je dimenzován na ponor 2,0 m. Tehdy se na konci dnes 37,4 km dlouhé východní vrcholové zdrže (179 km^2) nacházela kaskáda plavebních komor pro sestup do údolí Odry. Objekt se skládal ze 4 plavebních komor, každá z nich se spádem 9 m. V roce 1934 byla kaskáda nahrazena lodním zdvihadlem Niederfinow (obr. 4.9-8), které bylo do roku 1975, kdy byl zahájen provoz zdvihadla Scharnebeck v bočním kanálu Labe, největším svislým zdvihadlem na světě (viz kap. 4.10). Výškový rozdíl 36 m mezi dolní a horní hladinou kanálu překonává 85 m dlouhý a 12 m široký lodní žlab, zavěšený na ocelových lanech a uváděný do pohybu pomocí 192 betonových protizávaží, z nichž každé váží 21 tun. Protože je toto lodní zdvihadlo vytiženo na úrovni své maximální kapacity, plánuje se v současnosti vybudování dalšího zdvihadla v obci Niederfinow.

Do zahájení výstavby průplavu Odra-Havola zajišťoval propojení s Odrou **Finowkanal** (obr. 4.9-2 a 4.9-6), který původně odbočoval z vodní cesty Horní Havola. První Finowkanal byl vybudován již v letech 1605 - 1620 a měl 20 plavebních komor. Později byl nahrazen druhým Finowkanalem s pouhými 15 plavebními komorami, který byl postaven v délce 41,3 km v letech 1743 - 1746. V letech 1874 - 1885 byl přizpůsobován požadavkům lodní dopravy vybudováním nových plavebních komor, napřimováním a zvětšením hloubky vody na 1,75 m. V současnosti tvoří 31,9 km dlouhý kanál se 12 plavebními komorami, který slouží pro sportovní účely, odbočení z vrcholové zdrže průplavu Odra-Havola. Pod lodním zdvihadlem

Niederfinow se Finowkanal znovu vlévá do průplavu Odra-Havola. Finowkanal je nejstarším kanálem dosud využívaným v Německu, který spojuje povodí dvou toků ústících do moře.

V souvislosti s implementací Rámcové směrnice ES pro vodní politiku upravilo a digitalizovalo Braniborsko rozvodnice, přičemž přiřadilo povodí východní vrcholové zdrže průplavu Odra-Havola od odbočení Finowkanalu včetně Werbellinkanal k povodí Odry (obr. 4.9-6). Následkem toho se dosa-



Obr. 4.9-8: Lodní zdvihadlo Niederfinow

4.9.2 Správa

vodní plocha povodí Labe zmenšila o 148 km². Rozhodující roli hrály orografické důvody, protože by voda z uvedeného území přitékala do Odry přirozeně, tj. bez těchto kanálů. Předpokládá se, že z průplavu Odra-Havola a z Finowkanalu bude odváděno 0,14 m³.s⁻¹ do Odry.

Západní vrcholová zdrž průplavu Odra-Havola, která začíná soutokem s vodní cestou Horní Havola a má délku 11,9 km, je zakončena dvojitými plavebními komorami Lehnitz nad Oranienburgem (41 000 obyvatel). Spádem 5,8 m je největší plavební komorou na vodních cestách Havoly (obr. 4.9-9).

Ve městě Oranienburg začíná propojení mezi průplavem Odra-Havola a tokem Rhin, které se nejdříve nazývá **Oranienburger Kanal** (298 km²) a poté **Ruppiner Kanal** (obr. 4.9-2).

Průplav Odra-Havola končí pod Henningsdorfem (26 000 obyvatel). Zde odbočuje 34,6 km dlouhý **Havolský průplav/Havelkanal** (256 km²), který spojuje Horní Havolu a Dolní Havolu. Trasu mezi Labem a Odrou zkrátí o 9 km (obr. 4.9-2). Z Havolského průplavu odbočuje **Havelländischer Hauptkanal**, který směřuje na západ až pod Rathenow (28 000 obyvatel). Do uvedeného kanálu je pro závlahové účely převáděno až 3,5 m³.s⁻¹.

Po vstupu do města Berlín (3,39 mil. obyvatel) začínají jezerovitá rozšíření Havoly, která charakterizují další trasu řeky. Mezi ně patří 4 km dlouhé jezero Tegeler See. Zde se nachází 5 velkých objektů břehové infiltrace, z nichž je zásobováno pitnou vodou 2,2 mil. obyvatel.

Přibližně 580 m nad soutokem Sprévy s Havolou se nachází poslední zdymadlo na Horní Havole, plavební komora Spandau, s průměrným spádem 1,9 m. Objekt byl zrekonstruován v roce 2002 a skládá se z plavební komory, jezu na Havole a vleku pro čluny (obr. 4.9-10).

Poloha pramene Sprévy je po staletí sporná a v úvahu připadají prameny na třech místech ve vrchovině Lausitzer Bergland: ve Walddorfu na západním svahu Kottmaru v nadmořské výšce 478 m (obr. 4.9-11), v Neugersdorfu v nadmořské výšce 405 m (obr. 4.9-12) a v Ebersbachu.



Obr. 4.9-11: Pramen Sprévy ve Walddorfu na Kottmaru



Obr. 4.9-9: Dvojité plavební komory u obce Lehnitz na průplavu Odra-Havola



Obr. 4.9-10: Plavební komora na Havole v berlínské městské části Spandau



Obr. 4.9-12: Pramen Sprévy v Neugersdorfu

V saské evidenci vodních toků je jako pramen Sprévy stanoven pramen v Neugersdorfu. Odtud po soutok s Havalou má Spréva v současnosti délku 375,3 km. Česko-německou hranici tvoří nejdříve pod Neugersdorffem v délce 1,9 km a ve městě Oppach v 0,9 km dlouhém úseku. Celkem se povodí o ploše 69,5 km² nachází na českém území, kde leží také nejvyšší hora v povodí Sprévy, Hrazený (608 m n. m.). Na německém území jsou nejvyššími vrcholy Kottmar (583 m n. m.) a Czorneboh (556 m n. m.) – obr. 4.9-1.

Po 23 kilometrech se Spréva stáčí na sever a protíná vysočinu u města Bautzen. V řadě říčních úseků si řeka zachovala charakter bystřiny, protéká až 50 m hlubokou soutěskou s četnými meandry. Spréva obtéká v hlubokém údolí na západní straně staré město Bautzen (42 000 obyvatel).

Vodojem Alte Wasserkunst je nejvýraznější dominantou města, sloužil zásobování vodou a byl součástí městského opevnění. Spréva hrazená jezem poháněla mlýnské kolo a s ním spojené čerpadlo, které čerpalo vodu ze sběrné studně do 35 m vysokého zásobníku ve věži. Odtud byla voda samospádem odváděna k nejvyššímu bodu města a dále distribuována žlaby. Dnes je vodojem Alte Wasserkunst, který byl provozován v letech 1496 - 1965, technickým muzeem (obr. 4.9-13).

Pod městem se nachází údolní nádrž Bautzen (ovladatelný objem 44,63 mil. m³, z toho 5,43 mil. m³ ochranného objemu), která byla uvedena do provozu v roce 1975 (obr. 4.9-14).

Bezprostředně pod údolní nádrží Bautzen opouští Spréva s plochou povodí 310 km² hornatou a kopcovitou oblast Horní Lužice. Po 60,7 km zde končí horní tok Sprévy. Při výškovém rozdílu 253 m od pramene u obce Neugersdorf má horní tok Sprévy při průměrném sklonu 4,2 ‰ charakter horského toku. Navazující střední tok po obci Leibsch v délce 153,8 km s výškovým rozdílem 106,5 m a průměrným sklonem 0,69 ‰ tvoří přechod k typické rovinaté řece, kterou Spréva představuje na svém 160,8 km dlouhém toku s výškovým rozdílem 16,0 m a průměrným sklonem 0,10 ‰.



Obr. 4.9-13: Pohled na historickou část města Bautzen s jezem na Správě a vodojemem Alte Wasserkunst (levá vysoká věž městského opevnění)



Obr. 4.9-14: Hlavní hráz přehrady Bautzen

Pod údolní nádrží Bautzen začíná hornolužická oblast rybníků a lesů, zvaná **Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet**. Rozkládá se západním směrem od toku Černého Halštrovu až po východní část toku Weißer Schöps. V této oblasti Horní Lužice se nachází téměř 1 000 rybníků, využívaných především k produkci tržních ryb – převážně kaprů (2 000 tun za rok). Počtem rybníků i plochou 55,0 km² je největší rybníční soustavou v Německu (obr. 4.9-15) a druhou největší v povodí Labe (tab. 4.2-6). Z tohoto počtu spadá 650 rybníků s plochou 36,9 km² do povodí Sprévy a jejích přítoků Schwarzer Schöps a Weißer Schöps. Zbývajících 350 rybníků s plochou 18,1 km² leží v povodí Černého Halštrovu. Žádný z rybníků nemá plochu větší než 0,8 km².

Přibližně 9 km pod údolní nádrží Bautzen se z hlavního toku odděluje **Malá Spréva/Kleine Spree** (273 km²), která napájí převážnou část rybníků. Na jednom z jejích ramen se nachází důlní jezero Lohsa I, které se již od roku 1972 využívá jako vodní nádrž (obr. 4.9-2 a tab. 4.9-5).

Nedaleko pod odbočením Malé Sprévy se do Sprévy vlévá **Löbauer Wasser** (414 km²). Pramení na severním svahu Kottmaru a na soutoku se Správou má větší povodí než samotná Spréva (364 km²). Dále po toku se do Sprévy vlévá **Schwarzer Schöps** (788 km²). Jeho největším přítokem je **Weißer Schöps** (367 km²), na jehož středním toku leží vodní nádrž Quitzdorf (obr. 4.9-16).



Obr. 4.9-15: Odlov ryb na rybnících v Horní Lužici

U města Spremberg (27 000 obyvatel) protíná Spréva v hluboce zařezaném údolí Lužický hraniční val, který zároveň odděluje Horní a Dolní Lužici. Zde se nachází údolní nádrž Spremberg (obr. 4.9-17).

Údolní nádrže Spremberg, Bautzen a Quitzdorf byly vybudovány v letech 1965 - 1975, především aby nalepšováním minimálních průtoků pokryly neustále rostoucí potřebu užitkové



Obr. 4.9-16: Přehrada Quitzdorf



Obr. 4.9-17: Přehrada Spremberg

vody uhelných elektráren a zpracovatelského hnědouhelného průmyslu. Pouze pro pět velkých uhelných elektráren bylo v průměru potřeba $9,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ vody (tab. 4.9-4).

Další důležitou funkcí těchto údolních nádrží je ochrana před povodněmi. Při povodni v červenci 1981, kdy během několika dní vznikly v povodí horního toku Sprévy tři povodňové vlny, se díky těmto nádržím podařilo zabránit zaplavení povrchového hnědouhelného dolu Reichwalde a sídel v blízkosti Sprévy.

Dále budou nádrže po určitou dobu poskytovat vodu k zatápění uzavřených povrchových hnědouhelných dolů, což je

vedle úkolů povodňové ochrany a nalepšováním minimálních průtoků až do Berlína novou významnou funkcí. Tři uvedená vodní díla tvoří spolu se soustavou nádrží Lohsa II (viz kap. 4.9.3) soustavu vodních nádrží Střední Spréva (obr. 4.9-2 a tab. 4.9-5).

Pod městem Cottbus (108 000 obyvatel) opisuje Spréva velký oblouk směrem na západ, kde protéká oblastí Sprévského lesa a následně vtéká do jezera Schwielochsee.

Na severovýchod od Cottbusu se rozkládá **rybníční soustava Peitz**, kterou tvoří 32 rybníčních nádrží o celkové rozloze $8,4 \text{ km}^2$. Nádrže vznikly vytěžením železné rudy a následným zadržením vody. Soustava produkuje na 400 tun tržních ryb, převážně kaprů. Je napájena vodou ze Sprévy prostřednictvím toku Hammergraben. V letním období je pro provoz třeba $1,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ vody, z toho $0,80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ představují ztráty výparem a vsakem.

Část povodí pravostranného přítoku **Malxe**, který má v úseku po ústí do průplavu Burg-Lübbener Kanal povodí o rozloze 414 km^2 , odvádí vodu od roku 1975 (po otevření ložiska povrchového dolu Jänschwalde) z plochy 138 km^2 do Nisy, tj. do povodí Odry.

Sprévský les/Spreewald je přibližně 75 km dlouhá a maximálně 15 km široká nížina, rozkládající se v oblouku Sprévy. V různých etapách geologického vývoje se tato oblast rozdělila na horní část, zvanou Oberspreewald, která má rozlohu kolem 200 km^2 , a dolní část, zvanou Unterspreewald,

Tab. 4.9-4: Velké uhelné elektrárny v Lužici

Název elektrárenského komplexu	Zahájení provozu [rok]	Výkon a potřeba vody				Poznámky
		1989		2004		
		[MW]	[m ³ .s ⁻¹]	[MW]	[m ³ .s ⁻¹]	
Jänschwalde	1988	3 000	2,5	3 000	2,0	dovybavena ekologickou technologií
Boxberg	1980	3 520	3,5	2 260	1,9	postaveny nové bloky elektrárny
Schwarze Pumpe	1998	—	—	1 600	1,1	nejmodernější uhelná elektrárna
Lübbenau	1967	1 300	1,5	—	—	1996 – ukončení provozu
Vetschau	1967	1 200	1,3	—	—	1996 – ukončení provozu
Trattendorf		450	0,5	—	—	provoz ukončen
Celkem		9 470	9,3	6 860	5,0	

Tab. 4.9-5: Soustava vodních nádrží Střední Spréva

Poř. čís.	Název vodní nádrže / vodního toku	Ovladatelný objem [mil. m ³]	z toho ochranný objem [mil. m ³]	Zahájení provozu [rok]
1.	Bautzen / Spréva	44,63	5,43	1975
2.	Lohsa I (důlní jezero) / boční nádrž Malé Sprévy	5,80	2,00	1972
3.	Dreiweibern (důlní jezero) / boční nádrž Malé Sprévy	5,00	—	2002
4.	Lohsa II (důlní jezero) / boční nádrž Sprévy a Malé Sprévy	53,00	—	2008
5.	Burghammer (důlní jezero) / boční nádrž Sprévy a Malé Sprévy	5,00	—	2006
6.	Quitzdorf / Schwarzer Schöps	22,02	2,30	1972
7.	Bärwalde (důlní jezero) / boční nádrž Sprévy	20,00	—	2005
8.	Spremberg / Spréva	42,70	19,03	1965
	Celkem	198,15	28,76	



Obr. 4.9-18: Poloha částí Sprévského lesa

rozkládající se přibližně na 75 km². Krajina Sprévského lesa, protkaná labyrintem vodních toků a kanálů v délce 1 328 km, je ve střední Evropě unikát. Z tohoto systému tvoří 550 km (443 km v horní části, 107 km v dolní části) hlavní vodní síť Sprévského lesa. Z toho je celkem 266 km klasifikováno jako splavné zemské vodní toky (obr. 4.9-18).

Toky Sprévského lesa se využívají různým způsobem. Slouží k odvádění povodní, k zavlažování i odvodňování zemědělských a lesních ploch, pro účely rybníkářství a zároveň slouží jako dopravní a přepravní cesty – dnes především pro turisty (obr. 4.9-19). Celý Sprévský les je vyhlášen biosférickou rezervací UNESCO, přičemž jádrové zóny se nedají využívat pro účely turistiky či jiným způsobem.

Pro účely odvodňování a ke zkvalitnění povodňové ochrany byla na tocích provedena řada stavebních úprav (severní a jižní obtokový kanál s kapacitou celkem 60 m³.s⁻¹, rozšíření profilů koryt, ohrázení, vymezení záplavových ploch jako poldry apod.). Intenzivní výstavba jezů napomohla rostoucí měrou k regulaci vodních stavů a průtoků ve Sprévském lese. Dnes je těchto přibližně 120 významných jezů horní a dolní části Sprévského lesa nepostradatelnou součástí pro dodržení stanovených vodních stavů na tocích a stavů hladiny podzemních vod.

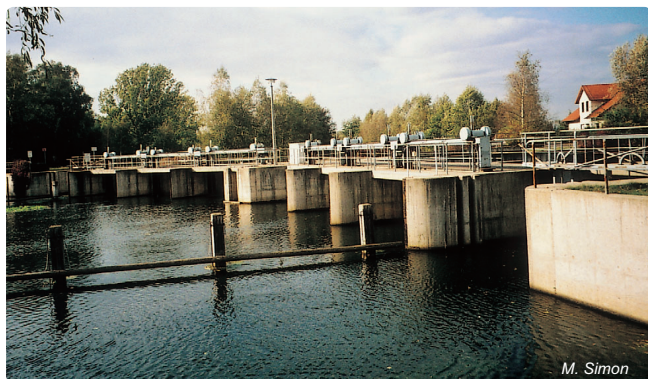
Sprévský les je deficitním vodním systémem, tzn. že roční součet ztrát v důsledku výparu převyšuje celkový úhrn srážek. Vedle volných vodních ploch široce rozvětvené sítě vodních toků je tato skutečnost dána především vysokou hladinou podzemních vod, spojenou s vysokým koeficientem výparu. V suchých letech může dosahovat roční deficit mezi srážkami a reálným výparem až 5 m³.s⁻¹. V obdobích extrémního sucha se hodnoty výparu zvyšují až na hodnoty přesahující 8 m³.s⁻¹.

V oblasti Sprévského lesa přitékají **Greifenhainer Fließ** (393 km²) a **Berste** (321 km²). Nad vodoměrnou stanicí Leibsch (4 605 km²) se nachází obtokový kanál řeky Dahme (Dahme-Umflut-Kanal) – obr. 4.9-2. Do něj lze přes jez u obce Leibsch (obr. 4.9-20) odvádět ze Sprévy až 20 m³.s⁻¹,



Obr. 4.9-19: Turistika ve Sprévském lese – výletní restaurace Quappen-schenke v Lehde

což zde zajišťuje zmírnění povodňových průtoků a na řece Dahme v suchém období nalepšování minimálních průtoků.



Obr. 4.9-20: Rozdělovací objekt Leibsch (vlevo do obtokového kanálu řeky Dahme, vpravo do Sprévy)

Kromě toho existuje od roku 1976 možnost odvádět z ramena Sprévy přes Randkanal dalších $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ do obtokového kanálu řeky Dahme. V 160,8 km dlouhém úseku od stanice Leibsch po soutok s Havolou, kde se nachází 8 plavebních komor, je Spréva průběžně splavná. V zájmu zlepšování plavebních podmínek mezi Leipschem a průplavem Odra-Spréva bylo od roku 1906 do roku 1912 provedeno 40 průpichů, čímž se délka Sprévy zkrátila o 16,6 km.

Od stanice Leibsch směřuje Spréva přes jezero Neuendorfer See ($3,0 \text{ km}^2$) na východ, přičemž protéká severní částí jezera Schwielochsee ($13,3 \text{ km}^2$). Odtok z jezera se ovládá manipulací na jezu Beeskow.

Od jezera Schwielochsee Spréva směřuje na sever a 97,6 km nad soutokem s Havolou vstupuje do **průplavu Odra-Spréva/Oder-Spree-Kanal**. Byl vybudován v letech 1887 - 1891, je 85,0 km dlouhý a nahrazuje Friedrich-Wilhelm-Kanal z roku 1662. V délce 19,7 km je Spréva součástí průplavu Odra-Spréva, který propojuje Odru přes Sprévu s řekou Dahme a tedy také s berlínskou sítí vodních cest. Celkem 37,6 km dlouhá vrcholová zdrž se nachází mezi říčním úsekem Sprévy a Odrou. Západní plavební komora u obce Kersdorf má do Sprévy spád 3,0 m a tvoří rozvodnici mezi Sprévou a Odrou (obr. 4.9-6).

Čerpání vody ze Sprévy do vrcholové zdrže zajišťuje čerpací stanice u obce Neuhaus (zpravidla do $2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Při malých průtocích na Správě jsou ztráty vody v průplavu dotovány vodou z Odry, a to čerpací stanicí u města Eisenhüttenstadt ($7,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). S převodem vody z Odry za účelem nalepšování minimálních průtoků Sprévy se nepočítá.

Ve stanici Große Tränke, tj. západně od Fürstenwalde (34 000 obyvatel), odbočuje Spréva z průplavu Odra-Spréva. Směřuje převážně na severozápad přes jezero Großer Müggelsee ($7,5 \text{ km}^2$), prochází městem Berlín do Havoly (obr. 4.9-1 a 4.9-6). V Berlíně je společně se spojovacími kanály využívána velkým množstvím osobních a sportovních lodí (obr. 4.9-21), její délka zde je 46 km.

Ve stanici Große Tränke lze ke zmírnění povodňových průtoků na dolním toku Sprévy odvádět až $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ přes průplav Odra-Spréva do řeky Dahme. Nad jezerem Müggelsee, kde se do Sprévy vlévá **Löcknitz** (378 km^2), odbočuje Gosener Kanal, který umožňuje odvádění dalších $25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ do řeky Dahme (obr. 4.9-2).

Dahme ($2 102 \text{ km}^2$) pramení v regionu Lužického hraničního valu a je největším přítokem Sprévy. V dolní části povodí je řada jezer, z nichž největší je Scharmützelsee ($12,1 \text{ km}^2$).



Obr. 4.9-22: Soutok Sprévy (vpravo) s Havolou v berlínské městské části Spandau

Řeka Dahme je splavná od svého obtokového kanálu a vlévá se pod jezerem Müggelsee do Sprévy. Toto jezero není pouze oblíbené pro rekreaci a koupání, ale je i infiltračním zdrojem surové vody pro vodárnu v berlínské městské části Friedrichshagen. Těsně nad zaústěním řeky Dahme odbočuje 37,8 km dlouhý Teltowkanal, který zajišťuje spojení s Postupimskou Havolou (Potsdamer Havel) a Sacrow-Paretzer Kanalem (obr. 4.9-2 a 4.9-6).

V berlínské městské části Spandau se Spréva, která zde dosahuje plochy povodí $9 858 \text{ km}^2$, vlévá do Havoly (obr. 4.9-22).



Obr. 4.9-21: Spréva u Berlínského dómu

4.9.3 Hnědouhelné revíry v Lužici

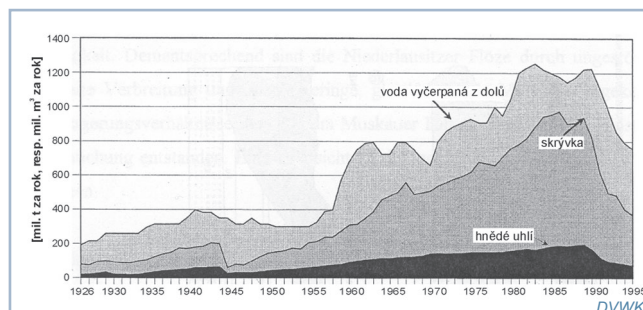
Ložiska hnědého uhlí v Lužici zaujímají velkou část povodí Černého Halštrovu a Sprévy. Za samostatnou je třeba také považovat oblast těžby hnědého uhlí v povodí Lužické Nisy, která je přítokem Odry. Tato oblast se řadí k Lužickému hnědouhelnému revíru a do následujícího hodnocení není zahrnuta. Pouze v *tab. 4.9-6* a na *obr. 4.9-23* jsou souhrnně uvedena příslušná data obou bývalých povrchových dolů Berzdorf a Olbersdorf z povodí Lužické Nisy.

Tab. 4.9-6: Těžba hnědého uhlí v Lužickém revíru (mil. t)

Rok	[mil. t]	Počet povrchových dolů
1963	108,7	17
1985	196,8	17
1988	200,5	17
1990	168,0	16
1991	116,8	12
1992	93,1	9
1995	70,7	8
1998	50,5	6
2001	57,5	5
2004	59,0	5

Ložiska hnědého uhlí v Lužici vznikla v mladším období třetihor (miocénu) před 15 až 20 mil. let. Začátky těžby uhlí spadají do oblasti kolem Lauchhammeru. Do doby 60. let minulého století patřil k hlavním oblastem těžby Senftenberský revír (viz kap. 4.5.2).

Přibližně od roku 1960 se těžba hnědého uhlí neustále zvyšovala a rozšiřovala stále více do povodí Sprévy. V letech 1963 (108,7 mil. t) až 1988 (200,5 mil. t) se těžba hnědého uhlí v Lužickém revíru téměř zdvojnásobila (*tab. 4.9-6*). V roce 1988 muselo být odtěženo a přesunuto 940 mil. t skryvky a zároveň odčerpáno a odvedeno 1,2 mld. m³ vody (*obr. 4.9-23*). V souvislosti s těžbou uhlí byly na Sprévě a na jejích přítocích do roku 1990 provedeny změny trasy toku, stavební úpravy

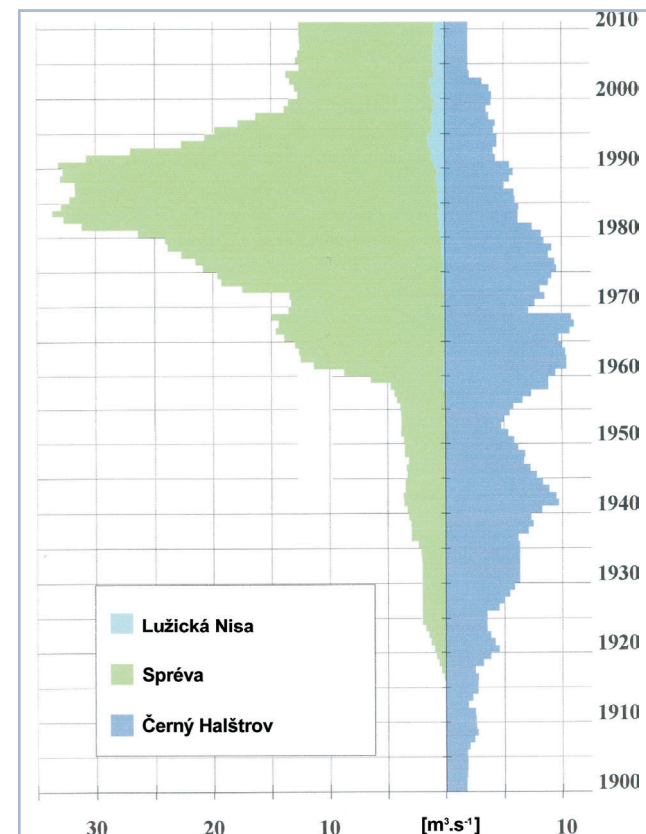


Obr. 4.9-23: Těžba hnědého uhlí (mil. t za rok), těžba skryvky (mil. m³ za rok) a čerpání vody (mil. m³ za rok) v Lužickém revíru v letech 1926 - 1995

a utěsnění koryt větších úseků někdy až několikrát v celkové délce přes 140 km.

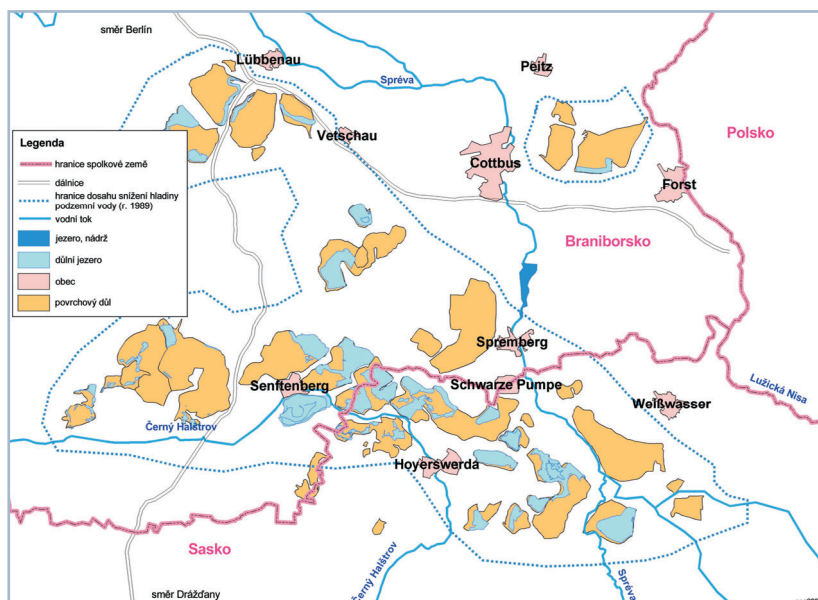
Otevření rozsáhlých povrchových dolů v povodí Sprévy vedlo k prudkému zvýšení vypouštěných odčerpávaných podzemních vod do Sprévy a jejích přítoků. Množství vypouštěné vody se zvýšilo z necelých 5 m³.s⁻¹ v roce 1958 na více než 30 m³.s⁻¹ v letech 1981 - 1991 (*obr. 4.9-24*). Vypouštěné důlní vody do Lužické Nisy dosahovaly hodnot kolem 0,5 m³.s⁻¹.

Navzdory vysokým ztrátám při využití, infiltraci a dalších procesech vedly vypouštěné důlní vody jak na Černém Halštrově, tak i na Sprévě až po jejich ústí k nepřírozeně velkému průtoku a nepřírodnímu sezónnímu rozdělení průtokového režimu (viz kap. 4.5 a 4.9). Porovnání hodnot dlouhodobých minimálních průtoků a dlouhodobých průměrných průtoků v různém období pozorování ve vodoměrné stanici Cottbus-Sandower Brücke na Sprévě názorně ukazuje, jak rozsáhlé je zvětšení průtoků. V období pozorování 1900 - 1964 dosahoval dlouhodobý minimální průtok 4,87 m³.s⁻¹ a dlouhodobý průměrný průtok 14,3 m³.s⁻¹, naproti tomu v období pozorování 1965 - 1989 byl minimální průtok 9,36 m³.s⁻¹ a průměrný průtok 20,2 m³.s⁻¹.



Obr. 4.9-24: Vypouštění odčerpávaných podzemních vod v Lužickém hnědouhelném revíru v letech 1900 - 2001 a prognóza po roce 2010 (podle I. Arnolda)

Do roku 1989/90 vzrostly ztráty statických zásob podzemních vod v povodí Černého Halštrovu a Sprévy až na 9 mld. m³ a pokles stavu hladiny podzemních vod dosahoval místy přes 100 m. Území, kde se projevovalo ovlivnění hladiny podzemních vod s poklesem přes 2,0 m, se v roce 1989 rozprostíralo na ploše 2 100 km² (*obr. 4.9-25*).



Obr. 4.9-25: Oblast s poklesem hladiny podzemních vod v Lužickém hnědouhelném revíru v roce 1989 (podle U. Grünewalda)

Po sjednocení Německa v roce 1990 docházelo postupně k útlumu těžby hnědého uhlí a většina povrchových dolů byla uzavřena (tab. 4.9-6). Vedle povrchových dolů, kde byla ukončena těžba, musely být od roku 1990 provedeny sanační práce také na starších důlních jámách, kde nebyla provedena sanace nebo tyto práce nebyly řádně dokončeny.

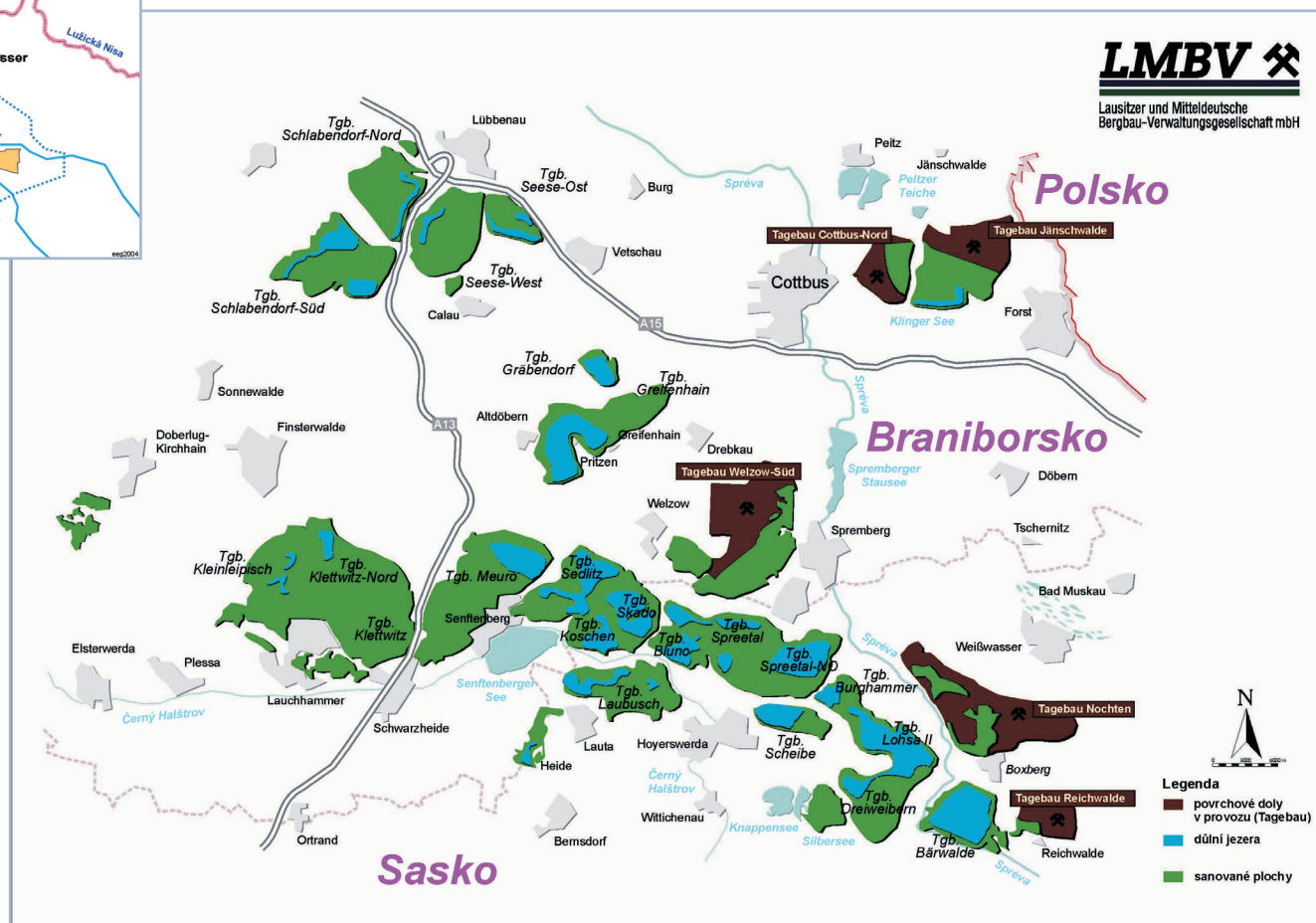
Na obr. 4.9-26 je znázorněn celkový přehled povrchových dolů určených k rekultivaci. Několik z nich se nachází na území bývalé rozvodnice Černého Halštřovu a Sprévy. U těchto povrchových dolů je v tab. 4.9-7 uveden také předběžný název příslušného důlního jezera, plocha hladiny, objem, maximální hloubka, stav zatápění v roce 2003 a rok, kdy má být zatápění ukončeno.

Plánovaná plocha hladiny těchto 34 důlních jezer bude po dosažení konečného vodního stavu zaujímat přibližně 135 km². Celkový objem se očekává kolem 2 mld. m³, přičemž průlinový objem v kolektorech podzemních vod, který bude třeba opět naplnit, může být 1,5krát až 3krát větší než objem samotných povrchových dolů.

Cíle základní rekultivace a obnovy řádného vodního režimu byly a jsou v Lužickém revíru stejné, jako ve Středoněmeckém revíru (viz kap. 4.7.8). Jejich dosažení je však z řady důvodů mnohem komplikovanější a zároveň i časově a finančně mnohem náročnější.

Svahové nátrže, základky ve vodou nasycených výsypkách, ořesy nebo také vln-

bití na důlních jezerech vyvolávají půdní sesuvy. Vzhledem k tomu, že povrchové dolů v Lužici se z převážné části skládají ze stejnozných písků, je zde tento jev mnohem výraznější než ve Středoněmeckém revíru. K zamezení tohoto nebezpečného jevu se využívá různých velmi nákladných metod k zabezpečení stability půdy na svazích důlních jam a vnitřních výsypek. Rychlý vzestup hladiny důlního jezera díky přítoku říční vody snižuje technickou náročnost stabilizace půdy. Tab. 4.9-8 obsahuje výběr lokalit s velkými se-



Obr. 4.9-26: Koncepce k zatápění bývalých povrchových hnědouhelných dolů v Lužickém revíru (stav v roce 2004)

suvy půdy v lužických povrchových dolech. Na obr. 4.9-27 je znázorněn půdní sesuv na svahu důlního jezera Burghammer (Bernsteinsee) v roce 1996, kdy se dalo do pohybu 4,5 mil. m³ zeminy.

V Lužickém revíru je rovněž významným problémem acidifikace důlních jezer popsána v kap. 4.7.8, projevující se při opětném vzestupu hladiny podzemních vod. V několika povrchových dolech existuje akutní nebezpečí, že by zde bez

přívodu říční vody mohla vzniknout kyselá jezera s vysokým obsahem síry. Mezi velmi kyselá jezera, kde se pH pohybuje pod hodnotou 3, by se tak mohla postupně vedle menších zbytkových jezer zařadit především jezera vzniklá z bývalých

Tab. 4.9-7: Stav a plánovaný vývoj důlních jezer v Lužickém revíru

Poř. čís.	Název bývalého povrchového dolu	Předběžný název důlního jezera	Povodí	Spolková země	Předpokládaná plocha hadiny [ha]	Předpokládaný objem [mil. m ³]	Předpokládaná maximální hloubka [m]	Stav zatápění k 31. 12. 2003 [%]	Předpokládané ukončení zatápění [rok]
1.	Schlabendorf-Nord	Lichtenauer See	Spréva	BB	247	25	31	71	2008
2.	Schlabendorf-Süd	Stiebsdorfer See	Spréva	BB	51	6	26		2013
3.	Schlabendorf-Süd	Schlabendorfer See	Spréva	BB	615	48	32	35	2007
4.	Schlabendorf-Süd	Drehnaer See	Spréva	BB	227	15		45	2006
5.	Seese-Ost	Kahnsdorfer See	Spréva	BB	70	2		0	2011
6.	Seese-Ost	Bischdorfer See	Spréva	BB	255	19		36	2010
7.	Seese-West	Schönfelder See	Spréva	BB	138	11	27	78	2007
8.	Jänschwalde	Klinger See	Spréva	BB	320	100	68	16	2021
9.	Gräbendorf	Gräbendorfer See	Spréva	BB	425	93	47	89	2007
10.	Greifenhain	Greifenhainer See	Spréva	BB	1 016	330	69	30	2015
11.	Kleinleipisch	Grünhauser See-Ost	Černý Halštov	BB	43	2	22		2011
12.	Kleinleipisch	Grünhauser See-West	Černý Halštov	BB	16	1	10		2011
13.	Kleinleipisch	Kleinleipischer See	Černý Halštov	BB	55	7		27	2012
14.	Kleinleipisch	Heidesee	Černý Halštov	BB	82	4		14	2012
15.	Klettwitz-Nord	Bergheider See	Černý Halštov	BB	332	41		28	2012
16.	Meuro	Ilse-See	Černý Halštov	BB	771	153	56	0	2018
17.	Sedlitz	Sedlitzer See	Černý Halštov	BB	1 330	206	43	32	2015
18.	Skado	Partwitzer See	Černý Halštov	BB/SN	1 120	130	48	51	2010
19.	Koschen	Geierswalder See	Černý Halštov	BB/SN	620	92	35	89	2005
20.	Laubusch	Erika See	Černý Halštov	SN	180	8	10	100	1970
21.	Laubusch	Lugteich	Černý Halštov	SN	96	3	10	16	2005
22.	Laubusch	Koritzmühler See	Černý Halštov	SN	28	1	6	59	2006
23.	Heide	Heide VI	Černý Halštov	SN/BB	103	8	22	100	1984
24.	Restloch Knappenrode	Graureiher See	Černý Halštov	SN	136	4		20	2010
25.	Bluno	Neuwieser See	Černý Halštov	SN	632	56		51	2009
26.	Bluno-Nordschlauch	Blunoer Südsee	Černý Halštov	SN	350	64	60	>40	2009
27.	Spreetal-Nordrandschlauch	Sabrodtter See	Černý Halštov	SN	136	27		>42	2009
28.	Spreetal-Südostschlauch	Bergener See	Černý Halštov	SN	133	3			2009
29.	Spreetal-Nordost	Spreetaler See	Spréva	SN	314	97	58	65	2008
30.	Scheibe	Scheibe-See	Spréva	SN	660	116	48	69	2009
31.	Burghammer	Burghammer (Bernsteinsee)	Spréva	SN	445	36	21	52	2006
32.	Lohsa II	Lohsa II	Spréva	SN	1 081	97	55	38	2008
33.	Dreiweibern	Dreiweibern	Spréva	SN	286	35	26	100	2002
34.	Bärwalde	Bärwalde	Spréva	SN	1 285	166	60	61	2005
Celkem					13 598	2 006			

BB – Braniborsko
SN – Sasko

Tab. 4.9-8: Vybrané lokality s půdními sesuvy v povrchových dolech Lužického revíru

Povrchový důl	Rok	Objem sesuvu půdy [mil. t]
Laubusch	1968	3,3
Skado	1984	7,8
Sedlitz	1987	12,3
Skado	1996	8,5
Burghammer	1996	4,5
Koschen	1997	2,2
Bluno	1998	0,7
Skado	1999	1,7
Skado	2000	1,2
Lohsa II	2001	1,0
Skado	2002	0,3

povrchových dolů Bärwalde, Lohsa II, Spreetal-Nordost, Skado, Spreetal, Bluno a Dreiweibern. To by však neodpovídalo původnímu záměru, totiž vytvořit z důlních jezer ekologicky ucelený krajinný prvek, zapadající do krajiny vzniklé po ukončení důlní činnosti. Aby bylo možno dosáhnout trvalé neutralizace jako podmínky pro napojení důlních jezer na stávající vodní síť, nelze se bez zatápění říční vodou obejít. Pouze v případě tří malých důlních jezer (Stiebsdorfer See, Grünhauser See-Ost a Grünhauser See-West) je možné provádět zatápění jen prostřednictvím vzestupu hladiny podzemních vod.

Říční voda a vhodná důlní voda z aktivních povrchových dolů jsou však k dispozici jen ve velmi omezeném množství. Na jedné straně jsou relativně nízké srážky příčinou poměrně malých přirozených průtoků v povodí Sprévy a Černého Halštrovu, na druhé straně však existují i po poklesu vypouštěných důlních vod i nadále vysoké nároky na využití vod. V povodí Sprévy to platí především pro ekologickou náročnost vodního systému krajiny Sprévského lesa a pro potřeby zásobování Berlína a jeho okolí vodou, zejména v souvislosti se získáváním vody z břehového filtrátu pro dodávky pitné vody.

V době malých průtoků se musí již velmi omezené odběry vody ze Sprévy a Černého Halštrovu pro účely zatápění v podstatě

přerušit. V některých letech to znamená až po dobu šesti měsíců. Delší přerušení procesu zatápění však vede k tomu, že se v důlním jezeře opět snižuje již dosažená hodnota pH.

K vyrovnaní nedostatku vody ve Správě byla zřízena soustava nádrží Lohsa II. Od poloviny 90. let 20. století je to největší projekt vodních staveb na území nových spolkových zemí. Soustava se skládá z nádrží vzniklých rekultivací bývalých povrchových dolů Bärwalde, Dreiweibern, Lohsa II a Burghammer a zahrnuje i nádrž Lohsa I vybudovanou již v roce 1972 (obr. 4.9-2, tab. 4.9-5 a obr. 4.9-26). V hlavní nádrži Lohsa II (obr. 4.9-28) bude výška ovladatelného prostoru představovat téměř 7 m, v ostatních nádržích 1,5 až 2 m.

Jako převaděč z nádrže Lohsa II do nádrže Burghammer byl v hloubce 12 až 15 m vybudován 1,4 km dlouhý tunel o průměru 2,8 m s kapacitou 10 m³.s⁻¹ vody.

Soustava nádrží Lohsa II je koncipována jako zásobní nádrž, z níž se v období malých průtoků odbírá přiměřené množství vody k nalepšování průtoků Sprévy.

Od roku 2005 bude převodem vody z Lužické Nisy přes toky Weißer Schöps a Schwarzer Schöps zabezpečen přívod až 2 m³.s⁻¹, resp. 30 mil. m³ vody za rok pro zatápění důlních jezer. Pravděpodobně od roku 2007 bude voda využívána také k zatápění důlních jezer v povodí Černého Halštrovu.

S postupem sanačních prací v bývalých povrchových dolech také postupně klesá vzestup hladiny vody pro účely havarijní ochrany v povrchových dolech. Před vlastním



Obr. 4.9-27: Půdní sesuvy na povrchovém dole Bourghammer v roce 1996



Obr. 4.9-28: Částečně naplněná nádrž Lohsa II v červnu 2003

vypouštění do toků, resp. před využitím pro zatápění jezer je třeba v příslušných zařízeních zbavit důlní vody především železa a plavenin. Průtok důlních vod v jednotlivých čistírnách Lužického revíru se pohybuje od 0,5 do 5,0 m³.s⁻¹.

Pro zatápění důlních jezer a pro zabezpečení jejich návaznosti na vodní síť bylo nezbytné vybudovat celkem 71 vodohospodářských objektů, z toho 35 vtokových objektů, 13 převaděčů a 18 výpustných objektů. Mezi ně patří i jez pro převod vody do nádrže Lohsa II, ležící na Sprévě u obce Bärwalde nad ústím toku Schwarzer Schöps (obr. 4.9-29).

Komplexní vodohospodářská soustava pro zatápění bývalých povrchových dolů a zabezpečení návaznosti důlních jezer na stávající vodní síť je velmi složitá a vyžaduje jednotné řízení. Proto 14. září 2000 zahájila provoz centrála pro

zatápění dolů na Lužici, která je společným zařízením spolkových zemí Braniborska a Saska a důlní správy Lužického a Středoněmeckého revíru - Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV). Hlavním úkolem centrály je zabezpečit pro oblasti postižené těžbou hnědého uhlí v povodí Černého Halštrova a Sprévy efektivní využití maximálního množství vody k zatápění důlních jezer, přičemž musí být zohledněny nezbytné minimální průtoky a potřeba vody ostatních uživatelů. Také po dosažení definitivní hladiny vody v důlních jezerech bude muset centrála pro zatápění dolů na Lužici ve své práci pokračovat, protože bude nutné zabezpečit následné dlouhodobější vodohospodářské úkoly, týkající se zamezení opětné acidifikace vody v důlních jezerech a s tím souvisejících určitých omezení při využívání nádrží a dalších vysokých nákladů.

Otázku, v jakém rozsahu dojde ke změně původní rozvodnice mezi povodím Sprévy a Černého Halštrovu, bude možno zodpovědět až po delší době, kdy se opět zvýší stav hladiny podzemních vod.

Z pěti aktivních povrchových dolů Nochten, Cottbus-Nord, Jänschwalde, Welzow-Süd a Reichwalde (obr. 4.9-26) se v posledních letech vytěžilo téměř 60 mil. t hnědého uhlí, při poměru skrývka : uhlí 6,2 m³ : 1 t (obr. 4.9-30).

Dodávky uhlí pro moderní elektrárny Jänschwalde, Boxberg a Schwarze Pumpe se pohybují kolem 50 mil. t uhlí za rok (tab. 4.9-4). Hnědé uhlí z Lužického revíru využívá kromě toho i několik malých elektráren s instalovaným výkonem celkem 500 MW.



Obr. 4.9-29: Jez na Sprévě u Bärwalde



Obr. 4.9-30: Pohled do povrchového dolu Cottbus-Nord

4.9.4 Havola od soutoku se Správou po soutok s Labem

Zohledníme-li zkrácení Havoly u obce Bahnitz o 1,36 km a prodloužení u obce Garz o 0,55 km, pak dosahuje Dolní Havola délky 165,6 km. Její trasa vede přes kanalizovanou řeku, Sacrow-Paretzer Kanal u Postupimi, Silokanal u města Brandenburg a oblast zaústění do Labe přes recipient Gnevsdorfer Vorfluter. Výškový rozdíl mezi soutokem se Správou v nadmořské výšce 29,46 m a soutokem s Labem, kde se hladina pohybuje při průměrném průtoku (1964 - 1995) na úrovni 22,70 m n. m., činí 6,76 m. Pokud bychom pominuli zdymadla, představoval by teoretický průměrný sklon 0,04 ‰.

Celkem 17,1 km pod soutokem Správy s Havolou začíná v jezeře Jungfernsee 15,5 km dlouhý **Sacrow-Paretzer Kanal** (obr. 4.9-2 a 4.9-6), který protéká okolo severní části Postupimi (obr. 4.9-2). Kanál byl vybudován v letech 1874 - 1876 a zkracuje plavební cestu z Labe do Berlína o 13,5 km. Od té doby je původní trasa Havoly, tj. 29,9 km dlouhá **Postupimská Havola/Potsdamer Havel**, samostatnou vodní cestou a odvádí 30 až 40 % vody z Havoly.

Těsně pod odbočením Sacrow-Paretzer Kanalu se do Postupimské Havoly vlévá **Teltowkanal** (240 km²) a řeka **Nuthe** (1 806 km²) s největším přítokem **Nieplitz** (716 km²). Řeka a řada připojených jezer, z nichž největším je Schwielowsee o rozloze 7,8 km² (obr. 4.9-31), dávají Postupimi (145 000 obyvatel) s jejími historickými stavbami osobitý ráz.

Hlavně v zájmu zásobování fontán v zámeckém parku Sanssouci (obr. 4.9-32) vodou byla v letech 1841 - 1843 vybudována čerpací stanice, která se podobá turecké mešitě, přičemž komín má tvar minaretu (obr. 4.9-33). Voda z Havoly se čerpá do nádrže nad zámek na hoře Ruinenberg do výšky 44 m a odtud se rozvádí. V létě se denně spotřebuje 6 000 m³ vody k napájení fontán, zásobování botanické zahrady a skleníků a k zavlažování 2,9 km² velkého parku. Historický objekt je tech-



Obr. 4.9-31: Jezero Schwielowsee na Postupimské Havole

nickou památkou. Zachován je dokonce jeden z nejstarších parních strojů v Německu. V současnosti je čerpání vody zajišťováno moderními čerpadly.

Celkem 32,6 km pod soutokem Správy s Havolou se spojují Postupimská Havola a Sacrow-Paretzer Kanal. Dále zde ústí Havolský průplav přitékající ze severu, čímž vznikla křižovatka vodních cest (obr. 4.9-2 a 4.9-6).

Ve městě Brandenburg (76 000 obyvatel), tj. 55,6 km pod soutokem se Správou, se nachází první ze 7 zdymadel na Dolní Havole. Malý sklon mezi plavebními stupni v berlínské městské části Spandau a ve městě Brandenburg, který činí pouhých 0,006 ‰, tudíž 6 mm na 1 km, vede k tomu, že v tomto cca 56 km dlouhém úseku zaujímá vodní plocha Dolní Havoly včetně jejích průtočných jezer 82,6 km².

Kolem severní části města Brandenburg byl v letech 1906 - 1910 vybudován Silokanal, který zkracuje plavební cestu z Labe do Berlína o 3,3 km.

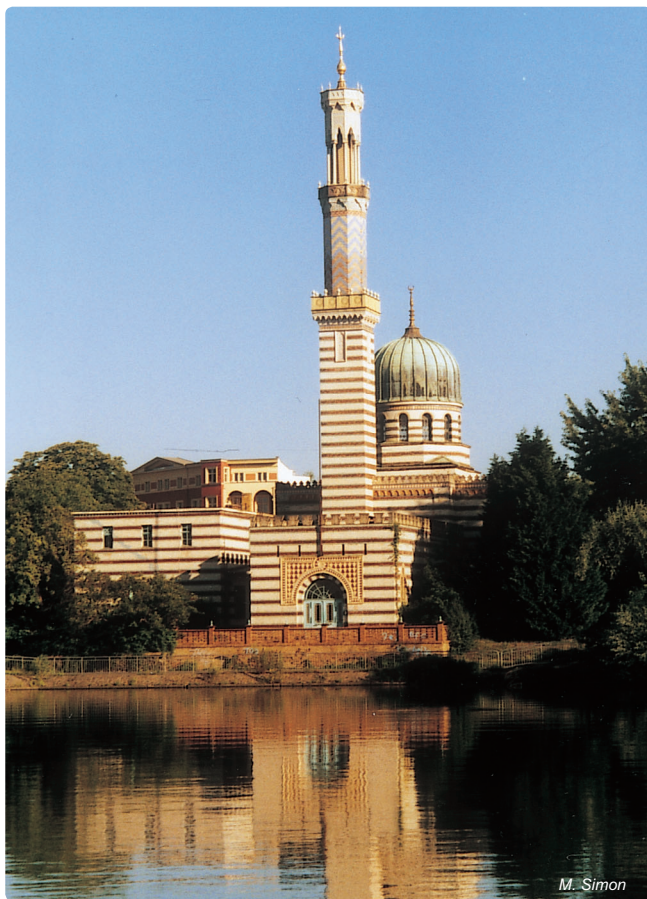
Západně od města Brandenburg vstupuje Havola do jezera Plauer See. Spolu s připojeným jezerem Breitlingsee zaujímá rozlohu 15,2 km², a tím je největším jezerem v povodí Havoly. Zde také přitéká **Plane** (602 km²).



Obr. 4.9-32: Zámek Sanssouci v Postupimi

Celkem 55,2 km dlouhý **průplav Labe-Havola/Elbe-Havel-Kanal** 961 km², který byl vybudován v letech 1926 - 1938, spojuje jezero Plauer See s Labem (obr. 4.8-18). Od roku 2003 existuje přes dvojité plavební komory s úspornými nádržemi v Hohenwarthe a akvadukt přes Labe přímé spojení se Středoněmeckým průplavem (viz kap. 4.8.2).

Již dlouhou dobu před výstavbou průplavu Labe-Havola spojovaly dva kanály jezero Plauer See s Labem – Plauer Kanal přes plavební komory Parey v říčním km 371,5 z let 1743 - 1745 a Ihlekanal přes plavební komoru Niegrupp v říčním km 343,9 z let 1865 - 1872 (obr. 4.8-18 a 4.9-2).



Obr. 4.9-33: Čerpací stanice pro zámecký park Sanssouci ve tvaru mešity

Plavební komory v obci Parey se vyznačují již pouze ojediněle zachovalou konstrukcí (obr. 4.9-34). Jedná se o stupnici plavebních komor uvedenou do provozu v roce 1891 a skládající se ze dvou za sebou ležících plavebních komor. Lodě jsou proplavovány přes dvě odlišné hradicí výšky, přičemž horní vrata dolní plavební komory plní zároveň funkci dolních vrat výše položené plavební komory.

Spojení mezi Labem a Havolou přes plavební komory Zerben a Wusterwitz v průplavu Labe-Havola respektuje přirozený

spád z Labe do Havoly (obr. 4.8-18), a proto jsou již po desítky let využívány k převádění vody z Labe do jezera Plauer See. Do povodí Havoly je v letním hydrologickém pololetí odváděno $5,26 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a v období sucha minimálně $4,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Pokud není tolik vody k dispozici v povodí průplavu Labe-Havola (průměrný odtok z povodí $2,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), zajišťuje se převod přes plavební komoru Niegripp samospádem až po hladinu 37,44 m n. m. na Labi. Chybějící vodu poskytuje čerpací stanice v magdeburské městské části Rothensee přes vrcho-



Obr. 4.9-34: Stupnice plavebních komor Parey

lovou zdrž Středoněmeckého průplavu. Uvedenými převody vody má být dosaženo hladiny Havoly v jezeře Plauer See tak, aby byla kdykoliv zajištěna plavba mezi Hannoverem a Berlínem. Převáděná voda proto také slouží k nalepšování minimálních průtoků Havoly pod jezerem Plauer See.

Poté, co Havola opustila jezero Plauer See, stáčí se na sever, resp. severozápad do labské nížiny.

V letech 1875 - 1890 byly na Dolní Havole prováděny regulační úpravy s cílem zlepšit nevyhovující plavební hloubky v období sucha. V této souvislosti byla od jezera Plauer See až po soutok Havoly s Labem vybudována řada výhonů, koncentračních hrází, byly opevňovány břehy a prováděno několik průpichů k odstranění úzkých oblouků. Stejně jako ve městě Brandenburg byly i jez a plavební komora Rathenow několikrát obnovovány. Ochranné kanály, které se původně nacházely u vodních mlýnů z 13. století, byly v obou lokalitách nahrazeny plavebními komorami již v roce 1548. V letech 1909 - 1912 byla vybudována zdymadla Bahnitz, Grütz a Garz, skládající se z hradlových jezů a malých stavidlových jezů (obr. 4.8-18). Plavební komory byly umístěny v místech průpichů Havoly. V letech 2000 - 2004 byly zrekonstruovány hradlové jezy Grütz a Garz (obr. 4.9-35).

Významnými přítoky Havoly pod jezerem Plauer See jsou **Großer Havelländischer Hauptkanal** (858 km^2), **Rhin** ($1\,716 \text{ km}^2$), **Dosse** (939 km^2) a **Jäglitz** (520 km^2)

V povodích toků Rhin a Dosse jsou pro závlahové účely hrazena přirozená jezera. Soustava Rhinspeicher se skládá z 5 zdymadel, která umožňují řízení hladiny v několika jezezech, mj. v jezeře Ruppiner See ($8,1 \text{ km}^2$). Ovladatelný objem všech zdymadel činí 14,10 mil. m^3 . Nádrž Dossespeicher Kyritz je tvořena hrazením přítoku řeky Dosse a má ovladatelný objem 16,60 mil. m^3 , z toho je 1,80 mil. m^3 vyhrazeno ochrannému objemu (obr. 4.9-2 a 4.9-3). Přes přivaděče do toků Jäglitz (2,5 km) a Rhin (8,3 km) lze vodou z nádrže Dossespeicher (obr. 4.9-36) zavlažovat 12 400 ha zemědělsky využívaného území. Pro tyto účely je 5,3 km dlouhým přivaděčem převáděno až $3,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ z řeky Dosse do nádrže Dossespeicher.



Obr. 4.9-35: Zrekonstruovaný hradlový jez Garz

Nížinné povodí Havoly pod městem Rathenow bylo vždy ohrožováno povodněmi na Labi. Při povodni převyšuje hladina Labe hladinu Havoly o 4,0 m. Prodlužováním existujících ochranných hrází podél Labe od města Sandau (ř. km 418,0) byly vytvořeny dělicí hráže mezi Labem a Havolou již v letech 1771 a 1772, což zmírilo riziko nebezpečných



Obr. 4.9-36: Hlavní hráz nádrže Dossespeicher Kyritz a odběrný objekt

povodňových dopadů. Místo, odkud vychází zpětné vzdutí Labe do Havoly, bylo posunuto po proudu Labe o 8,2 km a hladina zpětného vzdutí se snížila o 1,3 m. Jak v roce 1809, tak i v letech 1832 - 1836 byla ochranná hráz pokaždé prodloužena o 1,5 km, a tím byly mezi Labem a Havolou prodlouženy ochranné hráže celkem o 11,2 km. Při dvou posledních prodlouženích bylo posunuto ústí Havoly po proudu Labe vždy o 1,5 km, tj. až na říční km 431,3. Následkem toho klesla hladina zpětného vzdutí o dalších 0,5 na 1,8 m. Přesto se Labe rozlévalo při povodních tak daleko do nížiny podél Havoly, že občas bylo zaznamenáno zpětné vzdutí až do 50 km vzdáleného města Rathenow. Z tohoto důvodu byla vybudována jezová soustava Quitzöbel. Jez v místě průpichu byl uveden do provozu v roce 1936 a jez na odstaveném rameni včetně propusti pro čluny v roce 1937 (obr. 4.9-37). Zavíráním jezů při povodni na Labi lze zamezit zpětnému vzdutí vody do Havoly. Na druhé straně umožňuje zadržování vody plavbu na Havole i při malých průtocích. Pro větší lodě byl v roce 1936 postaven 2,5 km dlouhý průpichový kanál z Havoly do Labe včetně plavební komory u města Havelberg (obr. 4.9-38), který se do Labe vlévá v říčním km 422,8.

V zájmu dalšího zlepšování ochrany před povodněmi na Labi bylo ústí Havoly v roce 1954 znovu přeloženo z říčního km Labe 431,3 na 438,0, tj. o 6,7 km, a sice v souvislosti s dokončením recipientu Gnevsdorfer Vorfluter. Výška hladiny zpětného vzdutí z Labe byla snížena o dalších 1,1 m. Dále byl těsně nad soutokem s Labem vybudován jez Gnevsdorf včetně propusti pro čluny, který se také nazývá Kulturstauwehr Gnevsdorf (obr. 4.9-39).



Obr. 4.9-37: Jezová soustava Quitzöbel - jez Neuwerben (vlevo), jez na odstaveném rameni a jez v průpichu na Havole

Uvedené práce zmenšily využitelný retenční objem v havolské nížině pro vodu z Labe, což vedlo ke zvýšeným kulminacím povodňových vln na Labi. Proto byly v místě soutoku obou řek vytvořeny možnosti k zatápění Havoly v zájmu zmírnění extrémních povodní na Labi. V průpichu mezi Labem (ř. km 427,9) a Havolou byl v roce 1954 vybudován jez Neuwerben a v následujících letech bylo nad městem Havelberg vytvořeno 6 odlehčovacích poldrů (101,9 km²) poskytujících retenční objem 109,4 mil. m³ (obr. 4.9-39). Při extrémních povodních na Labi lze po otevření jezu Neuwerben využít vedle objemu v poldrech i objemu v korytě Havoly o velikosti 130,0 mil. m³, a tím snížit kulminaci povodňové vlny na Labi.

Poprvé byl takový postup uplatněn při povodni v srpnu 2002. Těsně před průchodem kulminace povodňové vlny na Labi byl dne 20. srpna 2002 otevřen jez Neuwerben (obr. 4.9-40), a do Havoly tak bylo z Labe odváděno až 720 m³.s⁻¹ vody. Celkem bylo zadrženo 75,6 mil. m³ labské vody, z toho

4.10 Labe od soutoku s Havolou po jez Geesthacht

*Čas je řekou,
kterou by člověk tuze rád
splavnil oběma směry.
(Theodor Fontane)*

Od soutoku s Havolou po jez Geesthacht měří Labe 147,9 km. Při průměrném vodním stavu na Labi v místě soutoku s Havolou (22,70 m n. m.) a normální hladině horní vody jezu Geesthacht (4,00 m n. m.) činí výškový rozdíl 18,7 m, což odpovídá průměrnému sklonu 0,13 ‰ (obr. 5.2-3).

Převážná část plochy povodí 12 593 km² se rozkládá v nížině s nadmořskou výškou pod 75 m. Pouze v oblasti Meklenburské jezerní plošiny (Mecklenburgische Seenplatte), vřesoviště Letzlinger Heide a regionů Altmark a Wendland se vyskytují nadmořské výšky do 150 m (obr. 4.10-1). Výjimku pak tvoří Ruhner Berge jihovýchodně od města Parchim s nadmořskou výškou 177 m.

Po soutok s řekou Jeetzel směřuje tok Labe převážně na severozápad, přičemž silně meandruje. Po pravém břehu se rozprostírá oblast Prignitz a po levém břehu Wendland.

Průměrné roční teploty vzduchu dosahují 8,5 až 9 °C. Průměrné roční úhrny srážek činí v regionech Altmark a Altmärkische Wische 500 až 550 mm a v oblastech Prignitz a Meklenburské jezerní plošiny 550 až 600 mm. Rostoucím vlivem přímořského podnebí stoupají úhrny srážek směrem na

severozápad, po levé straně Labe až na hodnoty nad 600 mm a po pravé straně až nad 650 mm.

Přirozený hydrologický režim je ovlivňován řadou hydrotechnických opatření:

- průběžným ohrázováním Labe podél obou břehů s výjimkou úseků se strmými břehy, které se nacházejí po levé straně pod soutokem s řekou Jeetzel a po pravé straně nad jezem Geesthacht;

- rozsáhlým ohrázováním a úpravou přítoků Labe s cílem zamezit negativním dopadům zpětného vzduť z Labe, zdokonalit povodňovou ochranu přilehlých území a odvodnit zemědělské plochy;

- výstavbou uzavíracích jezů v oblastech soutoku s řekami Karthane, Aland, Löcknitz a Sude s cílem zamezit v případě povodně na Labi zpětnému vzduť vody do přítoků;

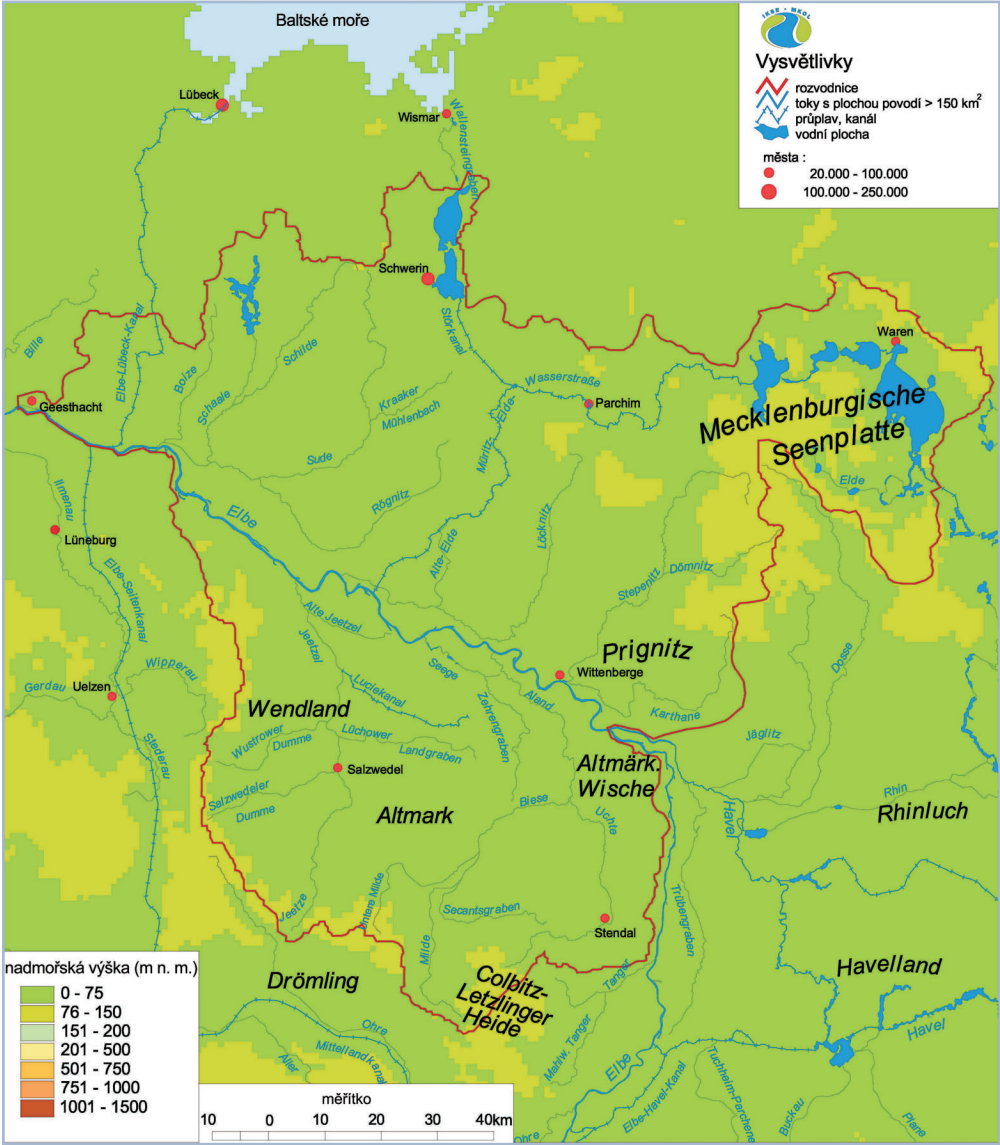
- řízením jezer Mecklenburgische Oberseen včetně odvádění vody do Havoly;

- řízením jezera Schweriner See včetně odvádění vody do Baltského moře;

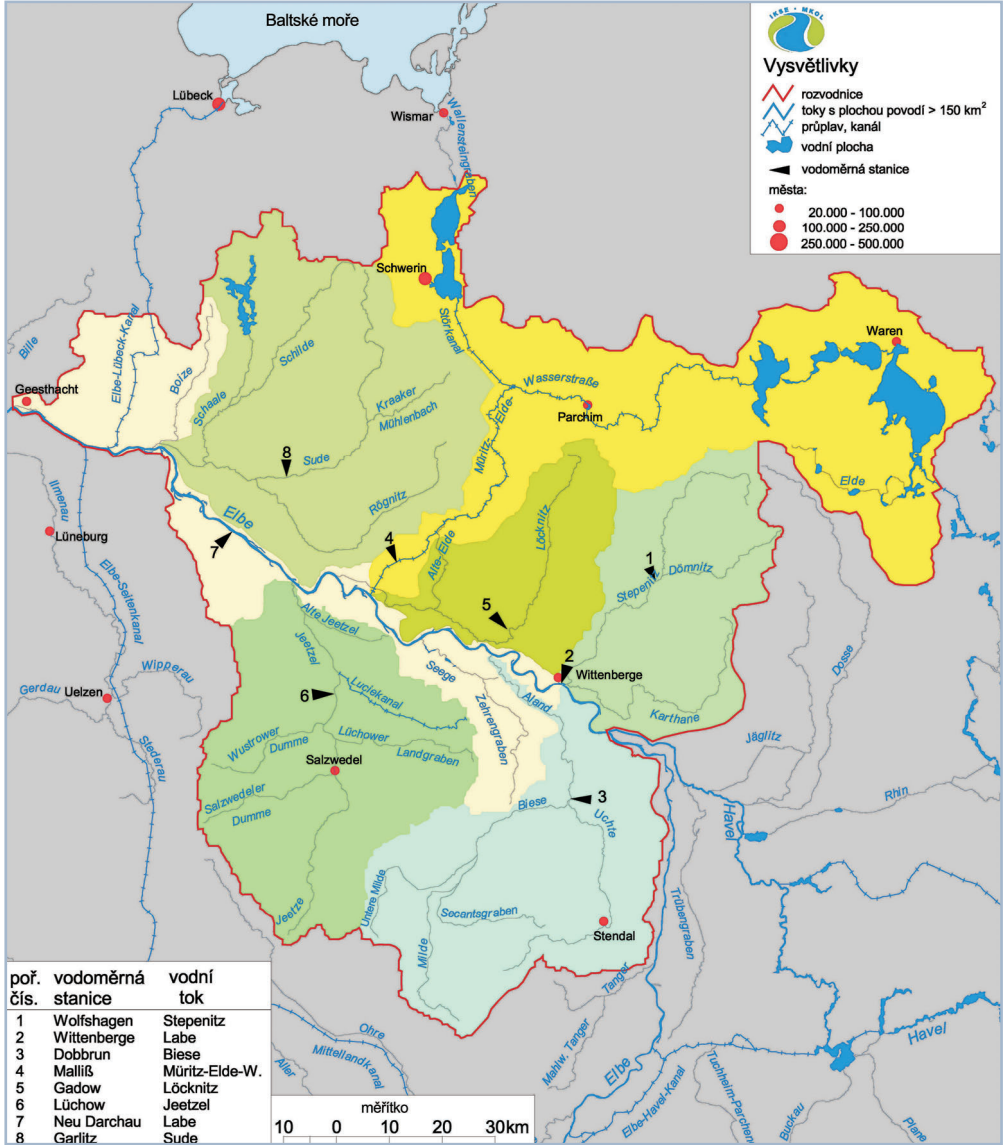
- úpravou toku Elde na vodní cestu Müritz-Elde výstavbou 17 zdymadel;

- třemi údolními nádržemi v povodí toku Stepenitz s ovladatelným objemem nad 0,3 mil. m³, jejichž celkový ovladatelný objem představuje 4,7 mil. m³, z toho ochranný objem 2,4 mil. m³.

K charakterizaci odtokové situace jsou v tab. 4.10-1 a 4.10-2 uvedeny hydrologické charakteristiky 10 vybraných vodoměrných stanic a na grafech obr. 4.10-3 je znázorněn roční průběh průtoků ve 2 stanicích na Labi a v 8 stanicích na přítocích. Umístění většiny stanic je vyznačeno na obr. 4.10-2.



Obr. 4.10-1: Topografická mapa povodí Labe/Elbe od soutoku s Havolou/Havel po jez Geesthacht



Obr. 4.10-2: Hydrografická mapa povodí Labe/Elbe od soutoku s Havolou/Havel po jez Geesthacht s dílčími povodími nad 900 km²

Tab. 4.10-1: Základní hydrologické charakteristiky průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Labe od soutoku s Havolou po jez Geesthacht (Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.10-2.)

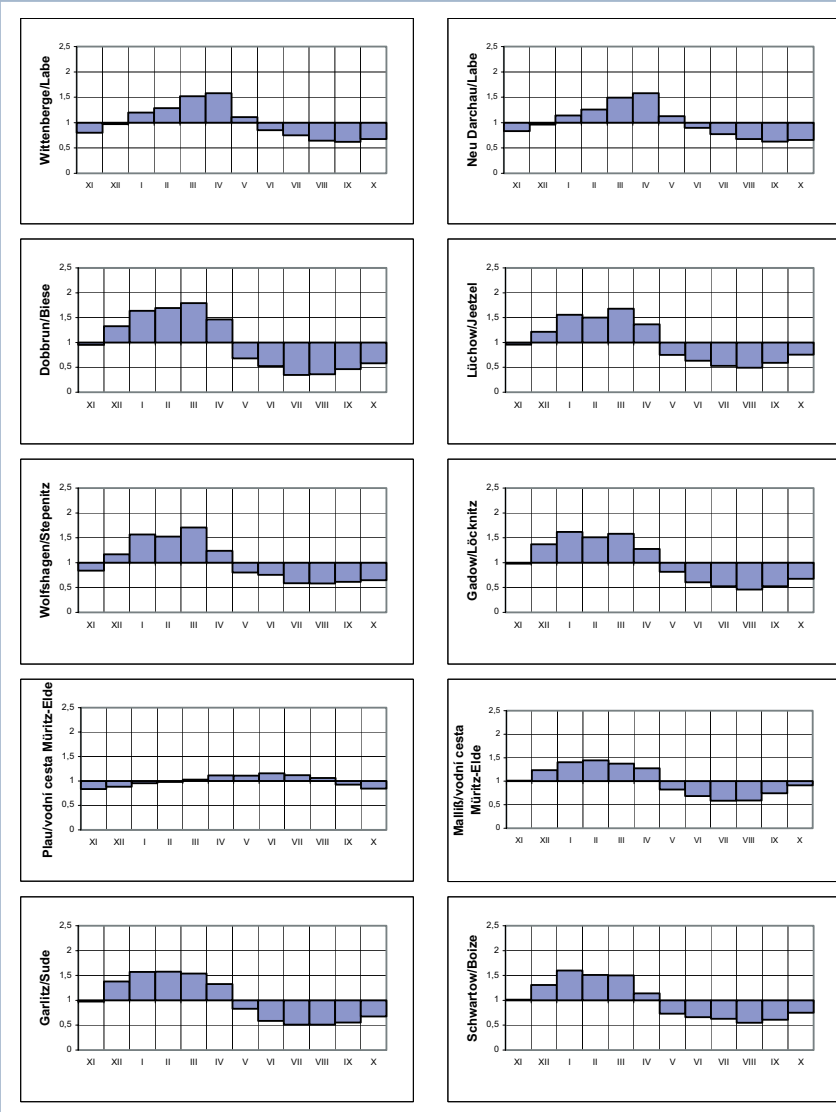
Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Říční km	Plocha povodí (A)	Dlouhodobý průměrný průtok ($\bar{Q}_a$)	Dlouhodobý průměrný minimální průtok ($\bar{Q}_{min}$)	Dlouhodobý průměrný maximální průtok ($\bar{Q}_{max}$)	Období
			[km]	[km ²]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	
1.	Stepenitz	Wolfshagen	35,7 ²⁾	575	3,37	1,16	18,4	1978 - 2000
2.	Labe	Wittenberge	453,9	123 532	678	273	1 910	1931 - 2000
3.	Biese	Dobbrun	36,7 ²⁾	1 597	6,03	1,00	23,5	1971 - 2000 (bez r. 1982 - 1984)
4.	vodní cesta Müritz-Elde	Plau, h. p. ¹⁾	120,0 ²⁾	1 230	2,84	0,810	5,02	1957 - 2000
		Malliß, h. p. ¹⁾	9,5 ²⁾	2 920	10,2	1,23	26,7	
5.	Löcknitz	Gadow	33,2 ³⁾	475	2,35	0,436	10,6	1956 - 1999 (bez roku 1962)
6.	Jeetzel	Lüchow	26,0 ²⁾	1 300	6,25	1,32	31,2	1967 - 2000
7.	Labe	Neu Darchau	536,4	131 950	711	276	1 920	1931 - 2000
8.	Sude	Garlitz	24,0 ²⁾	735	4,54	1,05	15,2	1955 - 2000
	Boize	Schwartow	5,0 ²⁾	157	1,24	0,311	5,21	1976 - 2000

- 1) průtoky nerepresentují celý odtok z povodí
2) říční km nad soutokem s Labem
3) říční km nad soutokem s vodní cestou Müritz-Elde

Tab. 4.10-2: Charakteristika hydrologického režimu ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Labe od soutoku s Havolou po jez Geesthacht (Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.10-2.)

Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Průměrný specifický odtok [l.s ⁻¹ .km ⁻²]	Dlouhodobý průměrný průtok				$\overline{Q}_{\min} : Q_a$	$Q_a : \overline{Q}_{\max}$
				Zimní hydrologické pololetí		Letní hydrologické pololetí			
				[m ³ .s ⁻¹]	[%]	[m ³ .s ⁻¹]	[%]		
1.	Stepenitz	Wolfshagen	5,9	4,55	67	2,25	33	1 : 2,9	1 : 5,6
2.	Labe	Wittenberge	5,5	832	61	527	39	1 : 2,5	1 : 2,8
3.	Biese	Dobbrun	3,8	9,04	75	3,07	25	1 : 6,0	1 : 3,9
	vodní cesta	Plau, h. p. ¹⁾	2,3	2,74	48	2,94	52	1 : 3,5	1 : 1,8
4.	Müritz-Elde	Malliß, h. p. ¹⁾	3,5	13,1	64	7,39	36	1 : 8,3	1 : 2,6
5.	Löcknitz	Gadow	5,0	3,28	70	1,43	30	1 : 5,4	1 : 4,5
6.	Jeetzel	Lüchow	4,8	8,62	69	3,91	31	1 : 4,7	1 : 5,0
7.	Labe	Neu Darchau	5,4	863	61	558	39	1 : 2,6	1 : 2,7
8.	Sude	Garlitz	6,2	6,33	70	2,78	30	1 : 4,3	1 : 3,3
	Boize	Schwartow	7,9	1,66	67	0,814	33	1 : 4,0	1 : 4,2

- 1) průtoky nerepresentují celý odtok z povodí



Obr. 4.10-3: Roční průběh průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Labe od soutoku s Havolou po jez Geesthacht, vyjádřený jako podíl dlouhodobých měsíčních a ročních průměrů ($Q_{měs}/Q_a$)

Na základě výše uvedených dat v tabulkách a na *obr. 4.10-3* lze průtokové poměry charakterizovat následovně:

■ Ve stanicích Wittenberge a Neu Darchau na Labi je průběh průtoků během roku obdobný jako ve stanici Tangermünde, která se nachází nad soutokem s Havolou (*obr. 4.10-3*). Také poměr mezi odtokem v zimním a letním hydrologickém pololetí, který činí 61 : 39 %, se pohybuje na stejné úrovni. Specifický průměrný odtok klesá po stanici Neu Darchau na 5,4 l.s⁻¹.km⁻². Poměr $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ se přirozeně zvětšuje, zatímco se poměr $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ zmenšuje, ale v obou případech jen nepatrně.

■ Z přítoků vykazuje vodní cesta Müritz-Elde ve stanici Plau atypický průběh průtoků během roku. Příčinami jsou značné zadržování vody v jezerech Mecklenburgische Oberseen v zimním hydrologickém pololetí a odvádění akumulované vody v letním hydrologickém pololetí. Proto činí poměr mezi odtokem v zimním a letním období 48 : 52 % a poměry $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ a $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ dosahují pouze 1 : 3,5, resp. 1 : 1,8. Velmi malý specifický průměrný odtok 2,3 l.s⁻¹.km⁻² je podmíněn tím, že se voda z jezer Mecklenburgische Oberseen odvádí do Horní Havoly. Navíc má vysoký výpar z hladin velkých jezer zmírňující vliv na odtok.

Dále je řízením ovlivňován odtok z oblasti jezera Schweriner See – poměr odtoku mezi zimním a letním hydrologickým pololetím činí 58 : 42 % – přes Störkanal do vodní cesty Müritz-Elde (*obr. 4.10-2*). Vedle toho je možno z jezera Schweriner See odvádět vodu přes říčku Wallensteingraben do Baltského moře.

Řízení odtoku z jezer Mecklenburgische Oberseen a Schweriner See a odvádění části vody z povodí Elde mají samozřejmě vliv na průtoky ve stanici Malliß na dolním toku vodní cesty Müritz-Elde. V porovnání s dalšími přítoky Labe vykazuje roční průběh průtoků malou amplitudu. Specifický průměrný odtok činí pouhých 3,5 l.s⁻¹.km⁻², je tedy minimálně o 1,5 l.s⁻¹.km⁻² snížen. Poměr odtoku mezi zimním a letním hydrologickým pololetím a poměr $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ (64 : 36 %, resp. 1 : 2,6) je o mnoho vyváženější. Nepřirozený poměr $\bar{Q}_{\min} : Q_a$, který dosahuje 1 : 8,3, vyplývá ze skutečnosti, že odtok z jezer

Mecklenburgische Oberseen a Schweriner See je občas velmi omezen a že se ve vegetačním období odebírá a převádí mnoho vody pro zemědělské závlahy.

■ Ve všech povodích přítoků přispívají rozsáhlá odvodňovací opatření především z druhé poloviny 20. století, i řada zdrží a odběrů vod pro zemědělské závlahy značnou měrou k velkým rozdílům ročního průběhu průtoků a poměru odtoku mezi zimním a letním hydrologickým pololetím, který dosahuje 67 : 33 až 70 : 30 %. Zvláště zřetelný je rozdíl na řece Biese, kde uvedený poměr činí 75 : 25 % a poměr $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ 1 : 6,0. Maximální hodnota 1 : 5,6 pro poměr $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ byla zaznamenána na toku Stepenitz, kde vydatné srážky často vedou k rychle rostoucím, velkým průtokům. Deště a většinou pouze tenká sněhová pokrývka, která velmi brzo odtává, způsobují místně největší dlouhodobé průměrné měsíční průtoky již v lednu.

Na levostranných přítocích Labe činí specifické průměrné odtoky 4 až 5 l.s⁻¹.km⁻². Na pravostranných přítocích dosahují v povodí Sude a Boize 6 až 8 l.s⁻¹.km⁻², což je vyvoláno výrazně vyššími srážkami.

4.10.1 Labe od soutoku s Havolou po soutok s vodní cestou Müritz-Elde

Tento 66,1 km dlouhý úsek Labe se vyznačuje řadou rozsáhlých meandrů a průměrným sklonem 0,13 ‰. Po pravém břehu je Labe průběžně ohrázováno a po levém břehu se nacházejí tři úseky se strmými svahy v délce 8,3 km. Přirozené záplavové území dosahuje nad městem Wittenberge (21 000 obyvatel) šířky do 3,7 km a pod ním pouhých 0,5 až 1,4 km.

V přístavu města Wittenberge přitékají **Stepenitz** (867 km²) a **Karthane** (425 km²), které odvodňují značnou část regionu Priegnitz (*obr. 4.10-1*). V místě vjezdu do přístavu (ř. km 454,9) zvětšují plochu povodí Labe o 1 292 km². Pro závlahové účely a v zájmu ochrany před povodněmi byla v povodí toku Stepenitz vybudována řada vodních nádrží, z nichž tři mají ovladatelný objem nad 0,3 mil. m³. Největší nádrž v této oblasti je retenční nádrž Neue Mühle u města Perleberg. Má ovladatelný objem 2,30 mil. m³ (*obr. 4.10-4*).

V roce 1981 byla nad přístavem města Wittenberge vybudována čerpací stanice o kapacitě 17 m³.s⁻¹ (*obr. 4.10-5*), která plní funkci uzavíracího objektu a při povodních na Labi



Obr. 4.10-4: Retenční nádrž Neue Mühle na toku Stepenitz

zabraňuje zpětnému vzduť vody do dolního toku Karthane. Odtok z Karthane je zajištěn dvěma propustmi, které jsou při povodni na Labi zavírány a voda z Karthane je odváděna do Labe čerpací stanicí.



M. Simon

Obr. 4.10-5: Čerpací stanice na Karthane u města Wittenberge

Většina ochranných hrází na Labi nevyhovovala, resp. nevyhovuje platným technickým požadavkům (viz kap. 3.1.2). Velká část z nich již byla zrekonstruována (obr. 4.10-6) a ostatní mají být dokončeny do roku 2010.



M. Simon

Obr. 4.10-6: Rekonstruovaná hráz po pravém břehu Labe pod městem Wittenberge

K významným levostranným přítokům patří **Aland** (1 864 km²) a **Seege** (324 km²). Na horním toku se Aland nazývá Milde, od soutoku s Untere Milde má název Biese a až v úseku 10 km pod soutokem s Uchte se jmenuje Aland. Odvádí vodu z části vřesoviště Colbitz-Letzlinger Heide, z velké části regionu Altmark a z lužní nížiny Altmärkische Wische, která má rozlohu 350 km² a je protkána četnými příkopy (obr. 4.10-1). V místě soutoku Alandu s Labem (ř. km 474,6), kde dlouhodobý průměrný roční průtok je 6,7 m³.s⁻¹, byl vybudován rekreační a říční přístav.

V roce 1991 byl 3,2 km nad ústím Alandu uveden do provozu uzavírací jez, který se zavírá v případě větších po-

vodní na Labi s cílem zabránit zpětnému vzduť vody do Alandu. K odvádění povodňových průtoků Alandu při delším uzavření uvedeného jezu se v současnosti plánuje další jez, umožňující pomocí již vybudovaného 3,3 km dlouhého kanálu převádění až 60 m³.s⁻¹ do povodí Seege. Tok Seege ústí 15,0 km pod Alandem v říčním km 489,6 do Labe. Kromě toho se za ochrannými hrázemi v blízkosti uzavíracího jezu na Alandu nacházejí odlehčovací poldry Garbe (13,0 mil. m³) a Wrechow (4,5 mil. m³), které lze napouštět pomocí uzavíracích propustí (obr. 4.10-7).

Ve městě Dömitz se v říčním km 504,1 vlévá do Labe tok Elde, který byl upraven na vodní cestu Müritz-Elde.



A. Prange

Obr. 4.10-7: Aland včetně uzavíracího jezu před soutokem s Labem (nahore vpravo) a odlehčovacích poldrů Garbe (vpravo) a Wrechow (vlevo)

4.10.2 Elde včetně vodní cesty Müritz-Elde

Tok Elde, který má plochu povodí 2 990 km² a délku 206,9 km, se řadí k největším řekám v povodí Labe (viz kap. 2.1). Pramení 5,5 km jihovýchodně od jižního cípu jezera Plauer See u obce Darze v nadmořské výšce 90 m. Nejdříve sleduje trasa Elde jihovýchodní směr, aby pak opsala velký, na severu otevřený oblouk až po Müritz. Po 26,9 km začíná u obce Buchholz (ř. km 180,0) na rameni Müritzarm, které tvoří jižní přítok do jezera Müritz, splavný úsek Elde, který dále protéká jezerem Müritz a pak západním směrem jezery Kölpinsee, Fleesensee a Plauer See (obr. 4.10-8). Na jeho odtoku navazuje v říčním km 121,1 kanalizovaný úsek se zdymadly. Splavný úsek Elde o délce 180 km se nazývá **vodní cesta Müritz-Elde/Müritz-Elde-Wasserstraße**.

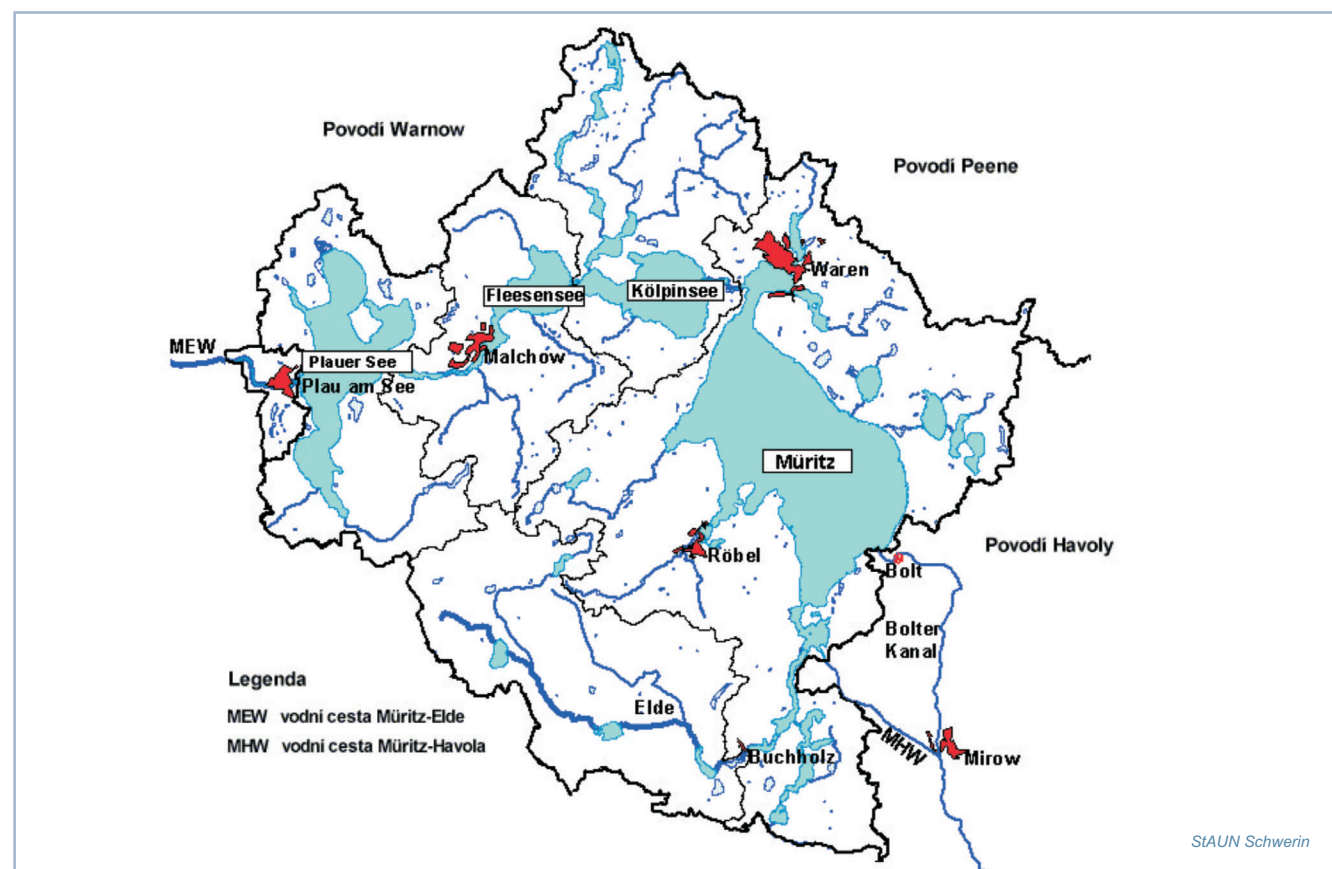
Pod pojmem **Mecklenburgische Oberseen** je shrnuto všech 29 jezer, která se nachází v povodí Elde po odtok z jezera Plauer See (1 230 km²). Jezera jsou součástí Meklenburské jezerní plošiny, která se rozprostírá až do povodí Horní Havoly. Celkový objem jezerního systému Mecklenburgische Oberseen představuje 1,2 mld. m³ a při průměrné hladině dosahuje plochy 210,9 km². Z nich největší plochu (112,6 km²) má jezero Müritz (obr. 4.10-9), které je největším vnitrozemským jezerem Německa, protože větší Bodamské jezero (571,5 km²) leží kromě Německa i ve Švýcarsku a Rakousku. Maximální hloubka jezera Müritz je 31,0 m.

Také další jezera tvořící Mecklenburgische Oberseen se řadí k největším přirozeným jezerům v povodí Labe (tab. 4.10-3).

Jezera od Müritz po Plauer See mají funkci vodních nádrží. Manipulovatelná hladina se pohybuje mezi 61,81 a 62,36 m n. m., rozdíl činí tedy 0,55 m a odpovídá objemu 116 mil. m³. Řízení umožňuje dlouhodobý průměrný průtok vodní cestou Müritz-Havola do Horní Havoly 1,91 m³.s⁻¹ (viz kap. 4.9.1) a 2,84 m³.s⁻¹ do vodní cesty Müritz-Elde v místě plavební komory Plau. Uvedené průtoky nezajišťují pouze splavnost obou vodních cest, ale slouží i pro závlahové účely

a napouštění rybníků. V suchých letech klesají průtoky často až na minimální zůstatkový průtok, který činí na obou vodních cestách 1 m³.s⁻¹. V případě povodně je přípustná dokonce hladina neovladatelného prostoru 62,41 m n. m., což odpovídá dalšímu objemu 10,5 mil. m³.

Průměrný roční srážkový úhrn v oblasti jezer Mecklenburger Oberseen činí cca 570 mm. Průměrný roční výpar z hladiny je však o 40 až 50 mm větší a může v létě dosahovat až 10 mm za den, což odpovídá ztrátě 2,1 mil. m³ vody. Tyto ztráty je třeba také kompenzovat vodou z manipulovatelného objemu jezer.



Obr. 4.10-8: Schéma jezer Mecklenburgische Oberseen



Obr. 4.10-9: Zátoka u města Röbel s pohledem na Außenmüritz

Při splavňování Elde byly kanalizovány i spojovací příkopy mezi jednotlivými jezery. Následkem toho byl v letech 1797 - 1836 odstraněn mj. spád hladin mezi jezery Müritz a Plauer See, který předtím činil více než 1 m. Po třech fázích úprav byla hladina jezera Müritz snížena o 1,87 m a plocha hladiny se zmenšila ze 134 na 112,6 km². V délce 60 km od plavební komory Plau po konec splavného úseku Elde u obce Buchholz je hladina soustavy navzájem propojených jezer Mecklenburgische Oberseen regulována propustmi (jez v ob-

Tab. 4.10-3: Největší přirozená jezera v povodí Labe

Název jezera	Povodí	Plocha hladiny [km ²]
Müritz	Elde	112,6
Schweriner See	Stör - Elde	65,0
Plauer See	Elde	38,8
Schaalsee	Schaale - Sude	23,4
Kölpinsee	Elde	20,3
Plauer See včetně Breitlingsee	Dolní Havola	15,2
Schwielochsee	Spréva	13,3
Scharmützelsee	Spréva	12,1
Fleesensee	Elde	12,0

toku vedle plavební komory), které se nacházejí v městech Plau a Mirow. Pomocí těchto propustí je řízen odtok vody do Elde, resp. Horní Havoly.

Na 120,1 km dlouhé trase vodní cesty Müritz-Elde, která začíná plavebním stupněm ve městě Plau, obsahuje 17 plavebních komor a končí na Labi u města Dömitz, je v současnosti zajištěn plavební ponor 1,20 m. Plavidla zde překonávají průměrný spád cca 49 m (obr. 4.10-10). Ze 6 velkých kanalizovaných řek v povodí Labe se vodní cesta Müritz-Elde vyznačuje největší hustotou plavebních stupňů, v průměru existuje po každých 7 km zdymadlo (tab. 4.10-4).

První plánované splavnění vodní cesty Müritz-Elde probíhalo v letech 1560 - 1572 v úseku dolního toku Elde mezi městy Eldena a Dömitz. Výsledkem byl kanál Neue Elde o délce 18 km včetně jednoduchých plavebních komor. Tok Alte Elde, který dnes ústí do řeky Löcknitz, tvoří v současnosti pouze odbočku vodní cesty (obr. 4.10-2). K intenzivní úpravě vodní cesty Müritz-Elde došlo v letech 1831 - 1836 v souvislosti s vybudováním vodní cesty Müritz-Havola (viz kap. 4.9.1). Mnoho meandrů bylo odstraněno a byli vybudováni předchůdci velkého počtu současných plavebních komor. Začátkem roku 1837 byl dokončen „plavební obchvat“ Labe-Elde-Müritz-Havola-Labe, pro který tvoří jezera Mecklenburgische Oberseen vrcholovou zdrž.

Tab. 4.10-4: Velké kanalizované řeky v povodí Labe

Čís.	Vodní tok	Kanalizovaný říční úsek	Délka [km]	Počet plavebních komor
1.	Labe	Pardubice po Střekov	200,5	24
2.	Vltava	VD Vrané po soutok s Labem	71,3	8
3.	Sála	soutok s řekou Unstrut po soutok s Labem	161,8	17
4.	Havola	plavební komora Zwenzow po soutok s Labem	301,1	20
5.	Dolní Spréva	pod Leibschem po soutok s Havolou	160,8	8
6.	Elde	plavební komora Plau po soutok s Labem	120,1	17

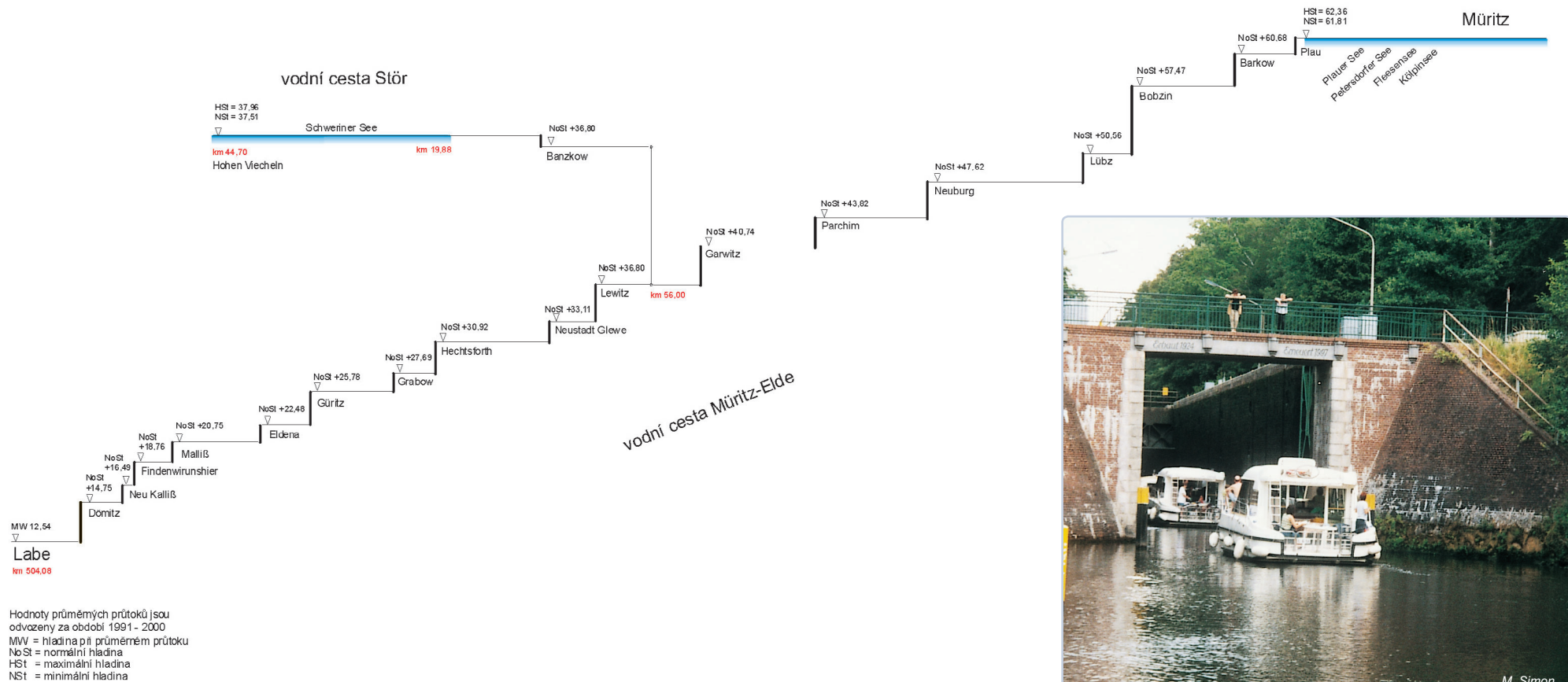
Na vodní cestě Müritz-Elde je zachován značný počet objektů, které jsou dnes technickými památkami, např. jediný otočný most v této oblasti ve městě Malchow (obr. 4.10-11) mezi jezery Fleesensee a Plauer See a zdvižný most ve městě Plau (obr. 4.10-12) na trase od Plauer See k plavební komoře v Plau.



Obr. 4.10-11: Otočný most ve městě Malchow



Obr. 4.10-12: Zdvižný most ve městě Plau



Obr. 4.10-10: Podélný profil vodní cesty Müritz-Elde včetně jezer a vodní cesta Stör včetně jezera Schweriner See



Obr. 4.10-13: Plavební komora Bobzin

U obce Bobzin je situována plavební komora s největší výškou zdvihu (6,9 m) v povodí Elde (obr. 4.10-13). Byla vybudována v roce 1924 a nahradila dvě starší plavební komory.

V říčním km 56,0, v tzv. trojúhelníku toku Elde, se pod Parchmem (20 000 obyvatel) vlévá pravostranný kanál **Störkanal** (556 km²), který měří až po výtok z jezera Schweriner See 19,9 km (obr. 4.10-2). Až po severní cíp Schweriner See u obce Hohen Viecheln sahá další splavný úsek o délce 24,8 km.

Schweriner See a Störkanal tak tvoří 44,7 km dlouhou vodní cestu Stör (obr. 4.10-10), která patří mezi nejstarší vodní cesty Evropy. Již v 16. století existovalo splavné spojení z Elde přes řeku Stör do Schweriner See, které od roku 1593 pokračovalo 18,4 km dlouhým umělým kanálem s 12 plavebními komorami, kanálem Wallensteingraben, až po město Wismar u Baltského moře. Plavební trasa po kanále Wallensteingraben však byla provozována pouze do roku 1611. Na kanálu bylo potom vybudováno několik jezů a dnových

stupňů s cílem překonat spád 34 m. Ze Schweriner See se do Wallensteingrabenu odvádí v průměru 0,68 m³.s⁻¹ vody, přičemž je stanoven minimální zůstatkový průtok 0,30 m³.s⁻¹. S tím je spojen převod vody do umělého Baltského moře, protože přirozené rozvodí mezi Severním a Baltským mořem probíhá bezprostředně severně od jezera Schweriner See, které původně odtok do Baltského moře nemělo.



Obr. 4.10-14: Schweriner See u města Schwerin včetně zámku a katedrály

Při průměrné hladině má Schweriner See plochu 65,0 km², čímž je druhým největším jezerem v povodí Labe (obr. 4.10-14). Maximální hloubka činí 51,0 m a je vymezen manipulovatelný objem. Manipulovatelná hladina se pohybuje mezi 37,51 a 37,96 m n. m., rozdíl tedy činí 0,45 m a odpovídá objemu 29,5 mil. m³. V případě povodně lze využít o 5 cm vyšší maximální hladiny, což umožňuje zadržování dalších 5,2 mil. m³ vody.

Jediná plavební komora ve Störkanalu se nachází v obci Banzkow (obr. 4.10-15). Hladinu v jezeře Schweriner See určují jez Banzkow a jez v kanále Wallensteingraben u obce Hohen Viecheln. Zde také dochází k řízenému odvádění vody ze Schweriner See.



Obr. 4.10-16: Zdymadlo Dömitz včetně plavební komory, jezu a rybního přechodu

V dlouhodobém ročním průměru se odvádí z Elbe přes Störkanal 1,65 m³.s⁻¹, minimální průtok je stanoven na 0,50 m³.s⁻¹.

Jižně od soutoku Störkanalu s vodní cestou Müritz-Elde se nachází soustava Lewitzer Teichwirtschaft, největší rybníční soustava v severním Německu. Celkem 39 rybníků tvoří vodní plochu 7,5 km². Každoročně se zde vyprodukuje 300 až 400 tun kaprů. V závislosti na meteorologické situaci je odebíráno 1 až 2,5 m³.s⁻¹ vody.

Těsně před ústím vodní cesty Müritz-Elde do Labe se ve městě Dömitz nachází zdymadlo, které bylo zrekonstruováno v roce 1992. Plavební stupeň se skládá z jezu s protipovodňovým účelem a plavební komory (obr. 4.10-16). Přes jez lze do Labe odvádět až 54 m³.s⁻¹.



Obr. 4.10-15: Störkanal včetně plavební komory a sklápěcího mostu v obci Banzkow

4.10.3 Labe od soutoku s vodní cestou Müritz-Elde po jez Geesthacht

Významnými přítoky na 81,8 km dlouhém říčním úseku s průměrným sklonem 0,12 ‰ jsou Löcknitz, Jeetzel a Sude. Stejně jako Karthane, Aland a Seege proudí po vstupu do praúdolí Labe delší trasu souběžně s Labem, aby se pak do něj vlévaly (obr. 4.10-2).

Povodí toku **Löcknitz** (937 km²) leží mezi povodími řek Stepenitz a Elde. Do roku 1972 přibíralo Labe Löcknitz 1,9 km nad vodní cestou Müritz-Elde (obr. 4.10-2). V rámci rozsáhlého odvodňování povodí v letech 1967 - 1972 a v zájmu povodňové ochrany bylo ústí řeky Löcknitz přeloženo po proudu Labe o 10,9 km. Řeka je vedena 12,5 km dlouhým obtokovým kanálem kolem města Dömitz, přičemž křížení vodní cesty Müritz-Elde zajišťuje shybka s kapacitou 30 m³.s⁻¹ (obr. 4.10-17).



Obr. 4.10-17: Vtok do shybky řeky Löcknitz pod vodní cestou Müritz-Elde

V současnosti se Löcknitz vlévá do Labe 9,0 km pod soutokem s vodní cestou Müritz-Elde u obce Wehningen (ř. km 513,1). Následkem přeložení ústí je kóta průměrné hladiny

ny řeky Löcknitz nyní o 1,40 m nižší než v místě původního ústí. Uzavírací jez před soutokem s Labem, který lze uzavírat v případě větší povodně na Labi, brání zpětnému vzduť vody do řeky Löcknitz. Naopak při malých průtocích na Labi je voda v toku Löcknitz hrazena, aby se zamezilo negativním dopadům na vodní režim krajiny.

Mezi rozsáhlá protipovodňová opatření, která byla realizována v posledních letech kolem Dömitze, patří i rekonstrukce ochranných hrází na Labi (obr. 4.10-18).



Obr. 4.10-18: Rekonstruovaná ochranná hráz na Labi nad novým mostem ve městě Dömitz

Jeetzel (1 928 km²) je levostranným přítokem, který se do Labe vlévá ve městě Hitzacker (ř. km 522,5), přičemž dosahuje dlouhodobého průměrného průtoku 8,10 m³.s⁻¹ (obr. 4.10-19). Na horním toku až po Salzwedel (21 000 obyvatel) se také nazývá Jeetze. Řeka odvodňuje části regionů Altmark a Wendland.

V povodí přítoku řeky Jeetzel s názvem **Lüchower Landgraben** se nachází největší jezero této oblasti Arendsee, které má plochu 5,5 km² a hloubku do 49,5 m. Jedná se o nejvýznamnější vodní plochu využívanou v tomto regionu k rekreaci.

Od města Hitzacker se po levém břehu Labe rozprostírá až po město Bleckede (ř. km 548,5) jeden z nejdelších souvislých úseků se strmými svahy na celém Středním Labi, který

měří necelých 26 km. Pravý břeh Labe je průběžně ohrázo-
ván až na menší úseky se strmými svahy v blízkosti měst Boizenburg a Geesthacht.

V místě vjezdu do přístavu Boizenburg se v říčním km 559,5 do Labe vlévá řeka **Sude** (2 253 km²), která má dlouhodobý průměrný průtok 13,8 m³.s⁻¹. V souvislosti s hydrotechnickými opatřeními realizovanými v letech 1979 - 1982 na dolním toku Sude bylo ústí přeloženo po proudu o 2,5 km, čímž se kóta průměrné hladiny snížila v porovnání s původním ústím o 0,28 m. Uzavírací jez těsně před zaústěním do přístavu Boizenburg slouží k hrazení Sude v období sucha a při větších povodních minimalizuje přítok vody z Labe (obr. 3.1-17).

Na řece **Schaale** (682 km²), která je největším přítokem Sude, se nachází jezero Schalsee s plochou 23,4 km². Jedná se o čtvrté největší jezero v povodí Labe (tab. 4.10-3), které hloubkou vody 72,0 m patří k nejhlubším jezerům v severní části Německa. Uměle vzniklý Schaalseekanal mezi jezery Schaalsee a Ratzeburger See odvádí od roku 1925 vodu přes elektrárnu Schaalseekraftwerk do toku Trave a do Baltského moře. Přesto se ale povodí jezera Schaalsee o ploše 179,8 km² hydrologicky nadále zahrnuje do plochy povodí toku Sude, resp. Labe.

V říčním km 569,2 přibírá Labe ve zdrži jezu Geesthacht **průplav Labe-Lübeck/Elbe-Lübeck-Kanal**. Pomocí 7 pla-



Obr. 4.10-19: Labe u města Hitzacker včetně ramen ústí řeky Jeetzel

vebních komor překonává spád mezi Labem (dvě plavební komory) a Baltským mořem (pět plavebních komor). Celkem 29,8 km dlouhá vrcholová zdrž se nachází 11,8 m nad Baltským mořem a 7,8 m nad Labem. V současné délce 61,1 km (bez 5,6 km kanálu Trave) byl průplav uveden do provozu v roce 1900. Od plavebního km 27,9 v jezeře Mölner See ve vrcholové zdrži náleží k povodí Labe délkou 33,2 km a plochou povodí 345 km².

Předchůdcem průplavu Labe-Lübeck byla 98 km dlouhá vodní cesta **Stecknitzfahrt**, která byla uvedena do provozu v roce 1398. Spojila podél údolí toků Delvenau a Stecknitz tok Trave ve městě Lübeck s Labem a měla 15 plavebních komor. Stecknitzfahrt byla první umělou vodní cestou Evropy, která pomocí vrcholové zdrže překonala rozvodí mezi dvěma moři, Baltským a Severním mořem. Na vodní cestě Stecknitzfahrt se přepravovala především sůl z města Lüneburg do Lübecku, kde sloužila ke konzervaci ryb. Z Lübecku bylo solí zásobováno celé okolí Baltského moře. V průběhu staletí došlo k jejím dalším úpravám. Například plavební komory byly několikrát přestavovány nebo nahrazovány novými plavebními komorami a kanál byl rozšiřován a prohlubován. Při vyřazení z provozu v důsledku vybudování průplavu Labe-Lübeck, které začalo v roce 1896, existovalo 17 plavebních komor. Vodní cesta Stecknitzfahrt byla tudíž v provozu téměř 500 let a obsahovala první plavební komory nového typu v Německu. Plavební komory vybudované koncem 14. století patří k nejstarším na světě. Po několika obnovách byla v roce 1724 v Lauenburgu vybudována plavební komora Palmschleuse, která je v současnosti nejstarší dochovanou plavební komorou v Německu (obr. 4.10-20).

V říčním km 573,0, tj. pouhých 3,8 km pod průplavem Labe-Lübeck, se do Labe vlévá **boční kanál Labe/Elbe-Seitenkanal** (obr. 4.10-1). Délkou 115,2 km zajišťuje spojení mezi Středoněmeckým průplavem a Labem (viz kap. 4.8.2).

Při normální hladině ve zdrži jezu Geesthacht (4,00 m n. m.) činí spád mezi vrcholovou zdrží Středoněmeckého průplavu a Labem 61,0 m. Výškový rozdíl je překonáván dvojitými plavebními komorami s úspornými nádržemi u města Uelzen (druhá plavební komora bude uvedena do provozu v polovině



Obr. 4.10-20: Palmschleuse u města Lauenburg

roku 2006) se spádem 23,0 m a dvojitým lodním zdvihadlem Scharnebeck u Lüneburgu s výškou zdvihu 38,0 m (obr. 4.8-18). Zdvihadlo, které se nachází pouhých 9,0 km nad soutokem Labe s jeho bočním kanálem, je jedno z největších svislých lodních zdvihadel na světě (obr. 4.10-21). Stejně jako při lodním zdvihadle Niederfinow (viz kap. 4.9.1) jsou oba žlaby o užitečné délce 100 m přepravovány protizávažím. Každý žlab je nesen 240 ocelovými lany, která jsou přes lanovnice spojena s 224 protizávažími, přičemž každé váží 26,5 tun.

Ze všech plavebních komor v povodí Labe mají plavební komory ve městě Uelzen největší spád (tab. 4.10-5).

Boční kanál Labe leží místy až 20 m nad přilehlým terénem, ale v některých úsecích je také zaříznut až do hloubky 20 m. Do trvalého provozu byl uveden v roce 1977, poté co se krátce po prvním zahájení provozu v roce 1976 protrhla západní boční hráz kanálu u Lüneburgu. Tehdy vyteklo cca 4 mil. m³ vody, která se rozlila na území 10 km².

V porovnání s volně tekoucím Labem se vybudováním bočního kanálu Labe zkrátila plavební cesta z Hamburku do Magdeburku o 33 km a zároveň již nebyla závislá na vodnosti Labe. Současně získaly průmyslové oblasti kolem Hannoveru a Braunschweigu příznivé připojení na námořní přístav. Kromě



Obr. 4.10-21: Dvojité lodní zdvihadlo Scharnebeck

Tab. 4.10-5: Plavební komory v povodí Labe s největším spádem

Poř. čís.	Vodní tok nebo kanál	Název a typ plavební komory	Max. spád [m]
1.	Boční kanál Labe	dvojité plavební komory s úspornými nádržemi Uelzen	23,0
2.	Vltava	plavební komora na VD Štěchovice	20,1
3.	Středoněmecký průplav	dvojité plavební komory s úspornými nádržemi Hohenwarthe	19,1
4.	Středoněmecký průplav	plavební komora s úspornými nádržemi Rothensee	18,5
5.	Vltava	plavební komora na VD Kamýk	15,5
6.	Vltava	dvojité plavební komory na VD Vrané	10,2
7.	Středoněmecký průplav	dvojité plavební komory s úspornými nádržemi Sülfeld	9,0
8.	Boční kanál Vltavy	Vraňany-Hořín	8,5
9.	Labe	dvojité plavební komory Střekov/Ústí n. L.	8,4
10.	vodní cesta Müritz-Elde	plavební komora Bobzin	6,9
11.	průplav Odra-Havola	dvojité plavební komory Lehnitz	5,8

toho umožňuje kanál odběr až $5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ vody pro zavlažování 15 000 ha obhospodařovaných ploch.

V případě povodně lze přes uvedený boční kanál odvádět až $25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ vody ze Středoněmeckého průplavu do Labe. Naopak při větších povodních na Labi s hladinou nad 8,00 m n. m. se zavírají vrata, nacházející se v bočním kanálu Labe těsně před ústím, aby bylo zamezeno zpětnému vzduť vody.

Samotný boční kanál Labe významnější přirozené přítoky nemá. Od dolní vody dvojitých plavebních komor s úspornými nádržemi Uelzen po soutok s Labem, který se nachází 54,5 km pod plavebními komorami, odvodňuje kanál území o rozloze pouhých $26,1 \text{ km}^2$. Uvedené území rovněž patří k povodí Labe.

V říčním km 585,9 bylo v roce 1960 uvedeno do provozu **zdymadlo Geesthacht**. Plavební stupeň se skládá z jezu se čtyřmi poli o šířce 50 m a z dvojitých plavebních komor s užitečnou délkou 230 m (obr. 4.10-22).



Obr. 4.10-22: Zdymadlo Geesthacht včetně jezu (vlevo) a plavebních komor

Jez tvoří hranici mezi Středním a Dolním Labem. Zde dosahuje Labe plochy povodí $135\,013 \text{ km}^2$ při dlouhodobém průměrném průtoku $728 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Mezi Střekovem, posledním zdymadlem na českém úseku Labe, a jezem Geesthacht na severu Německa měří volně tekoucí trasa Labe 622,1 km.

Rozsáhlými hydrotechnickými opatřeními na Dolním Labi, zejména prohrádkou dna na trase od Hamburku po ústí Labe (viz kap. 3.1.4), se hranice slapového úseku pomalu posouvala směrem proti proudu. Eroze vzrostla a minimální hladiny klesaly, např. v blízkosti Geesthachtu o 1,5 m, což vyvolalo negativní dopady na plavbu a kulturní krajinu. Proto bylo u Geesthachtu (29 000 obyvatel) vybudováno zdymadlo, které určuje hranici slapového úseku při průměrném přílivu a odlivu a proto ruší jejich erozní vliv na říční úseky nad jezem. Stejně jako před vybudováním jezu postupuje kulminace při velkém bouřlivém přílivu bez bariér proti proudu. Ničivý bouřlivý příliv ze dne 3. 1. 1976 ovlivňoval vodní stavy na Labi až po Neu Darchau, tj. až po 50 km nad jezem. Ve městě Bleckede, které se nachází 36 km nad jezem, činil rozdíl vodního stavu mezi přílivem a odlivem 0,47 m. Jez je kompletně spuštěn přibližně od průtoku $1\,200 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Při dále narůstajícím průtoku kopíruje hladina přirozené poměry v řece.

Normální hladina v nadjezí je stanovena na 4,00 m n. m. Při dlouhodobém průměrném průtoku na Labi činí průměrný minimální vodní stav (období pozorování 1990 - 2000) za odlivu 0,56 m n. m. pod jezem a rozdíl hladin je tedy 3,44 m. Při průměrné hladině má jezová zdrž o objemu 8,2 mil. m^3 délku 21,9 km a sahá až po obec Barförde (ř. km 564,0) ležící pod soutokem Labe s řekou Sude. Z tohoto důvodu lze průplav Labe-Lübeck a boční kanál Labe využívat po celý rok s plným nákladem, tj. je zajištěn plavební ponor 2,0, resp. 2,8 m.



Obr. 4.10-23: Jaderná elektrárna Krümmel



Obr. 4.10-24: Přečerpávací elektrárna Geesthacht

V říčním km 580,5 se nachází **jaderná elektrárna Krümmel** o kapacitě 1 316 MW (obr. 4.10-23). Dlouhodobá průměrná potřeba vody pro průtočné chlazení činí 1,69 mld. m^3 za rok při povoleném maximálním odběru $70 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ vody z jezové zdrže.

Zdrž jezu Geesthacht má pro **přečerpávací elektrárnu Geesthacht** (ř. km 581,9) funkci dolní nádrže (obr. 4.10-24). Průměrným spádem 83 m a kapacitou 120 MW je v povodí Labe jedinou přečerpávací elektrárnou pod soutokem se Sálou (viz kap. 4.7.3). Objem horní nádrže činí 3,3 mil. m^3 .

4.11 Labe od jezu Geesthacht po ústí do Severního moře

*Kdo nechce bráze mít,
musí vodě ustoupit.
(friské přísloví)*

Od jezu Geesthacht po ústí do Severního moře v říčním km 727,7 na hranici moře u Cuxhaven-Kugelbake a Friedrichskoog-Spitze měří Labe 141,8 km. Zohledníme-li skutečnost, že plavební dráha Labe byla v úseku od hamburského přístavu po Cuxhaven prohloubena na 15,8 m, získáme pro trasu od jezu Geesthacht po Cuxhaven výškový rozdíl 12,0 m.

Převážná část plochy 13 255 km² povodí Dolního Labe se rozkládá v nížině s nadmořskou výškou pod 75 m. Pouze v oblasti vřesoviště Lüneburger Heide a v regionu Wendland se vyskytují nadmořské výšky do 150 m. Výjimku tvoří Wilseder Berg v prameništích toků Luhe, Seeve a Este s nadmořskou výškou 169 m.

Pod jezem Geesthacht protéká Labe nejdříve městem Hamburk, kde se dělí v toky Norderelbe a Süderelbe, aby pak dále pokračovalo severozápadním směrem do Severního moře. V této oblasti se povodí Labe vyznačuje plochými nížinami (maršemi) s úrodnými naplaveninami a nepatrnými,

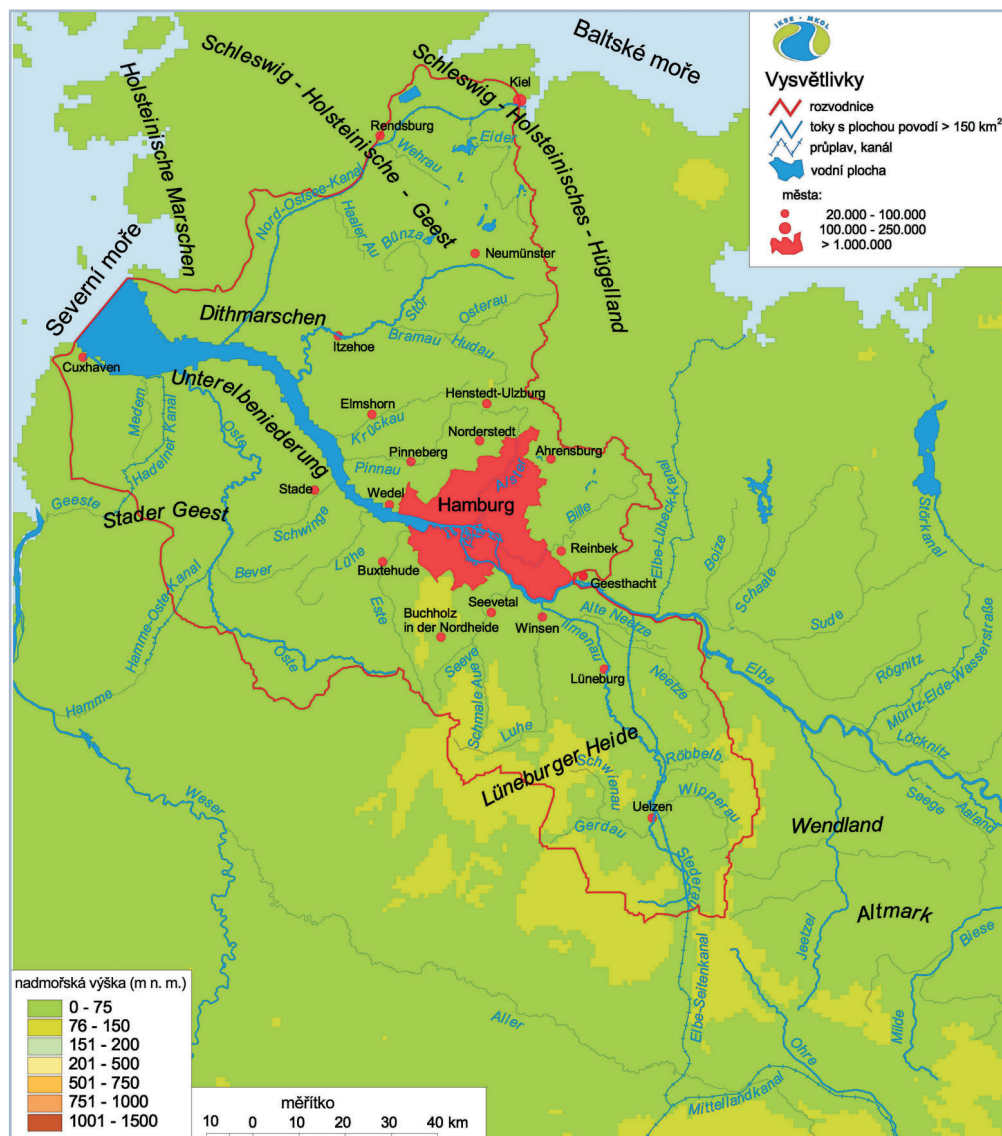
většinou písčitými vyvýšeninami (geesty) na morénách (obr. 4.11-1). Zatímco na rovných marších nedosahují nadmořské výšky místně ani mořské úrovně, činí v geestech 50 až 80 m.

V povodí Dolního Labe je podnebí ovlivňováno Severním a Baltským mořem. Průměrné roční teploty vzduchu činí jednotně 8,5 až 9 °C. Kolísání v průběhu roku je menší než v ostatní části povodí Labe, která je charakterizována především kontinentálním podnebím.

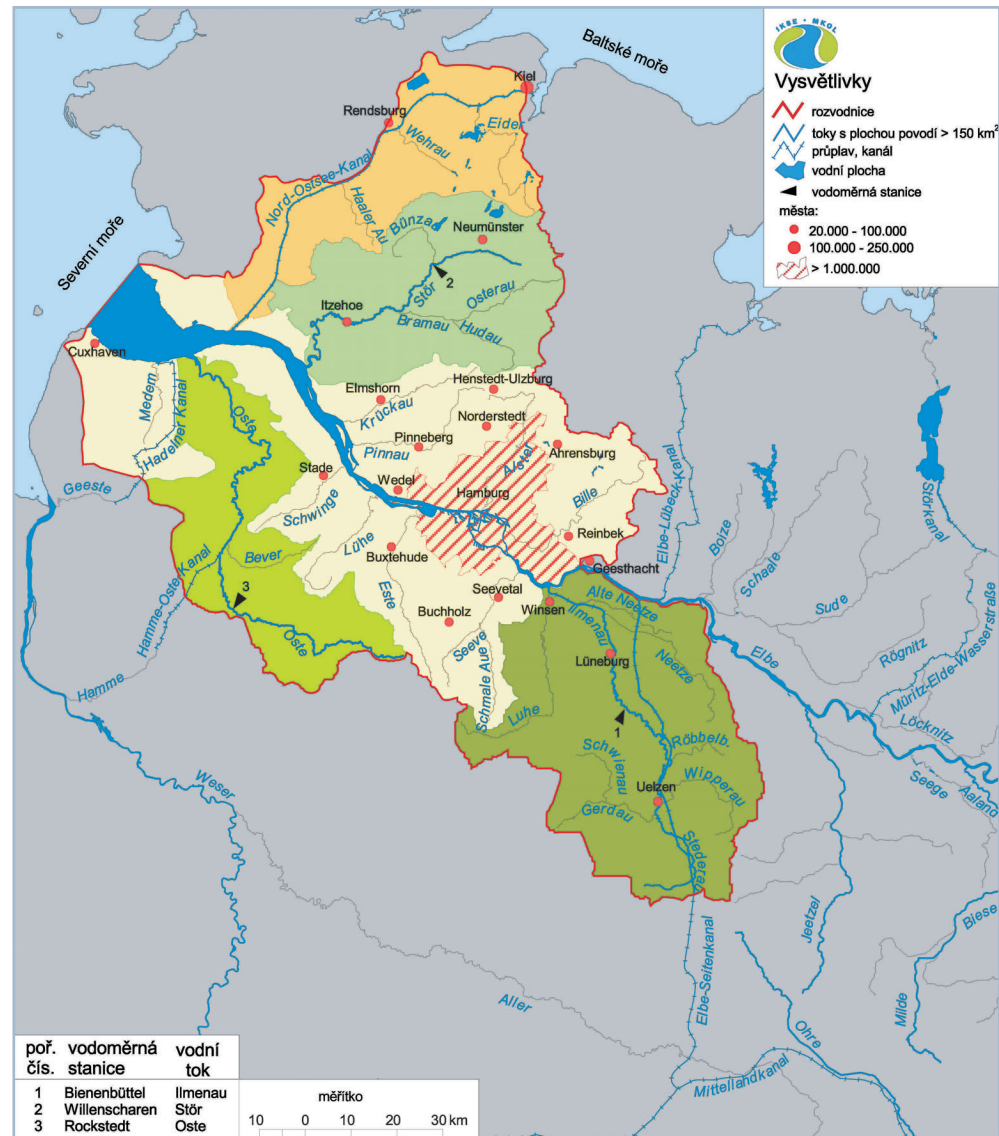
Průměrné roční úhrny srážek, které přesahují v povodí toku Ilmenau 600 mm, velmi rychle vzrůstají směrem na severozápad. V oblasti kolem města Stade dosahují necelých 800 mm a v povodí dolního toku Oste cca 850 mm. Po pravé straně Labe činí v povodí toku Bille již kolem 750 mm a po město Neumünster stoupají až na téměř 900 mm. Podél Severomořsko-baltského průplavu dosahuje průměrný roční úhrn srážek lokálně i 950 mm, čímž odpovídá průměrným ročním úhrnům srážek ve výše položených partiích horských oblastí v české a německé části povodí Labe.

Hydrologický režim Labe pod jezem Geesthacht je ovlivňován přílivem a odlivem, což se také projevuje na přítocích Labe. Při nastávajícím bouřlivém přílivu se uzavírají jezy v blízkosti soutoku přítoků s Labem, což spolu s provedeným prohloubením plavební dráhy vede ke zvýšení kulminačního vodního stavu bouřlivých přílivů v Hamburku a jeho okolí a ke zkrácení postupové doby vln (viz kap. 3.1.4).

K charakterizaci odtokové situace na Dolním Labi není k dispozici žádná vodoměrná stanice s průtokovou statistikou. V tab. 4.11-1 a 4.11-2 jsou uvedeny hydrologické charakteristiky z 8 vybraných vodoměrných stanic na přítocích Dolního Labe a na obr. 4.11-3 je graficky znázorněn roční průběh průtoků. Stanice Bienenbüttel/Ilmenau, Wittenscharen/Stör a Rockstedt/Oste (obr. 4.11-2) se nacházejí ve značné vzdálenosti od soutoku s Labem, a proto reprezentují odtokovou situaci pouze z 27 až 50 % plochy povodí daného přítoku.



Obr. 4.11-1: Topografická mapa povodí Labe/Elbe od jezu Geesthacht po ústí do Severního moře

Obr. 4.11-2: Hydrografická mapa povodí Labe/Elbe od jezu Geesthacht po ústí do Severního moře s dílčími povodími nad 1 500 km²

Tab. 4.11-1: Základní hydrologické charakteristiky průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Labe od jezu Geesthacht po ústí do Severního moře (Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.11-2.)

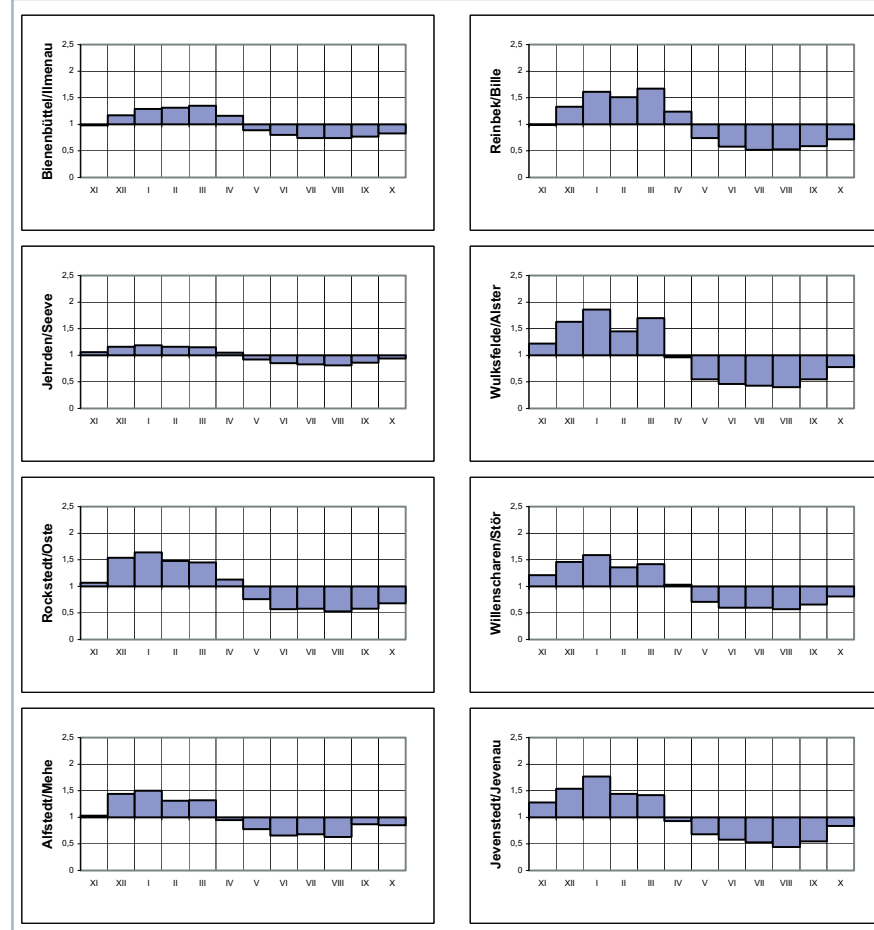
Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Říční km	Plocha povodí (A)	Dlouhodobý průměrný průtok (Q_a)	Dlouhodobý průměrný minimální průtok (Q_{min})	Dlouhodobý průměrný maximální průtok (Q_{max})	Období
			[km]	[km ²]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	
1.	Ilmenau	Bienenbüttel	45,0 ¹⁾	1 434	9,17	4,97	36,3	1956 - 2000
	Seeve	Jehrden	8,0 ¹⁾	408	4,47	2,92	15,2	1962 - 2000
	Bille	Reinbek	23,0 ¹⁾	335	2,55	0,772	14,1	1976 - 2000
	Alster	Wulfsfelde	29,5 ¹⁾	140	1,55	0,300	10,7	1976 - 2000
2.	Stör	Willenscharen	58,6 ¹⁾	476	5,87	2,20	28,1	1971 - 2000
	Jevenau/ Severomořsko-baltský průplav	Jevenstedt	2,2 ²⁾	106	1,49	0,329	8,63	1981 - 2000
3.	Oste	Rockstedt	97,8 ¹⁾	611	6,27	1,86	37,2	1961 - 2000
	Mehe/Oste	Alfstedt	11,1 ²⁾	54	0,661	0,206	4,73	1979 - 2000

1) říční km nad soutokem s Labem

2) říční km nad soutokem se Severomořsko-baltským průplavem, resp. s řekou Oste

Tab. 4.11-2: Charakteristika hydrologického režimu ve vybraných vodoměrných stanicích v povodí Labe od jezu Geesthacht po ústí do Severního moře (Pořadová čísla odpovídají číslování vodoměrných stanic na obr. 4.11-2.)

Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Průměrný specifický odtok [l.s ⁻¹ .km ⁻²]	Dlouhodobý průměrný průtok				$\overline{Q}_{\min} : Q_a$	$Q_a : \overline{Q}_{\max}$
				Zimní hydrologické pololetí		Letní hydrologické pololetí			
				[m ³ .s ⁻¹]	[%]	[m ³ .s ⁻¹]	[%]		
1.	Ilmenau	Bienenbüttel	6,4	11,1	60	7,30	40	1 : 1,8	1 : 4,0
	Seeve	Jehrden	11,0	5,05	56	3,89	44	1 : 1,5	1 : 3,4
	Bille	Reinbek	7,6	3,56	70	1,57	30	1 : 3,3	1 : 5,5
	Alster	Wulfsfelde	11,1	2,29	74	0,822	26	1 : 5,2	1 : 6,9
2.	Stör	Willenscharen	12,3	7,90	67	3,87	33	1 : 2,7	1 : 4,8
	Jevenau/ Severomořsko- baltský průplav	Jevenstedt	14,1	2,09	70	0,898	30	1 : 4,5	1 : 5,8
3.	Oste	Rockstedt	10,3	8,71	69	3,87	31	1 : 3,4	1 : 5,9
	Mehe/Oste	Alfstedt	12,1	0,833	63	0,493	37	1 : 3,2	1 : 7,2



Obr. 4.11-3: Roční průběh průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích na přítocích Labe v povodí Labe od jezu Geesthacht po ústí do Severního moře, vyjádřený jako podíl dlouhodobých měsíčních a ročních průměrů ($Q_{m\acute{e}s\acute{ic}}/Q_a$)

Na základě výše uvedených dat v tabulkách a na *obr. 4.11-3* lze průtokové poměry v povodí Dolního Labe charakterizovat následovně:

■ V povodí západně od Labe je roční průběh průtoků velmi vyrovnaný ve stanicích Bienenbüttel a Jehrden, které se považují za reprezentativní pro severovýchodní a severní část vřesoviště Lüneburger Heide. Tato skutečnost se projevuje především ve stanici Jehrden i v poměru mezi odtokem v zimním a letním hydrologickém pololetí, který činí 56 : 44 %, a v malých hodnotách $\bar{Q}_{\min} : Q_a$, resp. $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ dosahujících pouze 1 : 1,5, resp. 1 : 3,4. Značně větší rozdíly se vyskytují v průběhu průtoků během roku a v poměrech v obou stanicích v povodí toku Oste. Vodoměrná stanice Alfstedt na toku Mehe, který se vlévá cca 45 km pod stanici Rockstedt z levé strany do Oste, se považuje za reprezentativní pro písčitou vyvýšeninu v blízkosti města Stade Stader Geest (*obr. 4.11-3*). Směrem na severozápad rychle rostoucí úhrny srážek způsobují výrazný nárůst specifických průměrných odtoků ze 6,4 l.s⁻¹.km⁻² ve stanici Bienenbüttel na 12,1 l.s⁻¹.km⁻² ve stanici Alfstedt. Obdobně se v jednotlivých stanicích také mění poměr dlouhodobých průměrných měsíčních průtoků od prosince do dubna, přičemž dubnový průtok klesá ve stanici Alfstedt pod dlouhodobý průměrný roční průtok (*obr. 4.11-3*).

■ Až na stanici Willenscharen na horním toku řeky Stör jsou rozdíly ročního průběhu průtoků a poměru mezi odtokem v zimním a letním hydrologickém pololetí, ale i hodnot $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ a $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ v povodí východně od Labe větší než v povodí západně od Labe. Specifické průměrné odtoky výrazně rostou ze 7,6 l.s⁻¹.km⁻² ve stanici Reinbek/Bille na 14,1 l.s⁻¹.km⁻² ve stanici Jevenstedt/Jevenau. V zimním hydrologickém pololetí jsou změny v poměru dlouhodobých průměrných měsíčních průtoků v jednotlivých stanicích s ubývající vzdáleností od pobřeží ještě větší než v povodí západně od Labe. Zvlášť nápadný je vzrůst dlouhodobých průměrných listopadových a prosincových průtoků a pokles dlouhodobých průměrných dubnových průtoků, ve stanici Jevenstedt dokonce pod dlouhodobý průměrný roční průtok.

Obdobně jako na Dolním Labi nejsou ani v blízkosti soutoku přítoků s Labem z důvodu přílivu a odlivu k dispozici vodoměrné stanice s průtokovou statistikou. *Tabulka 4.11-3* uvádí odvozené hodnoty dlouhodobých průměrných průtoků a specifických odtoků k ústí jednotlivých přítoků.

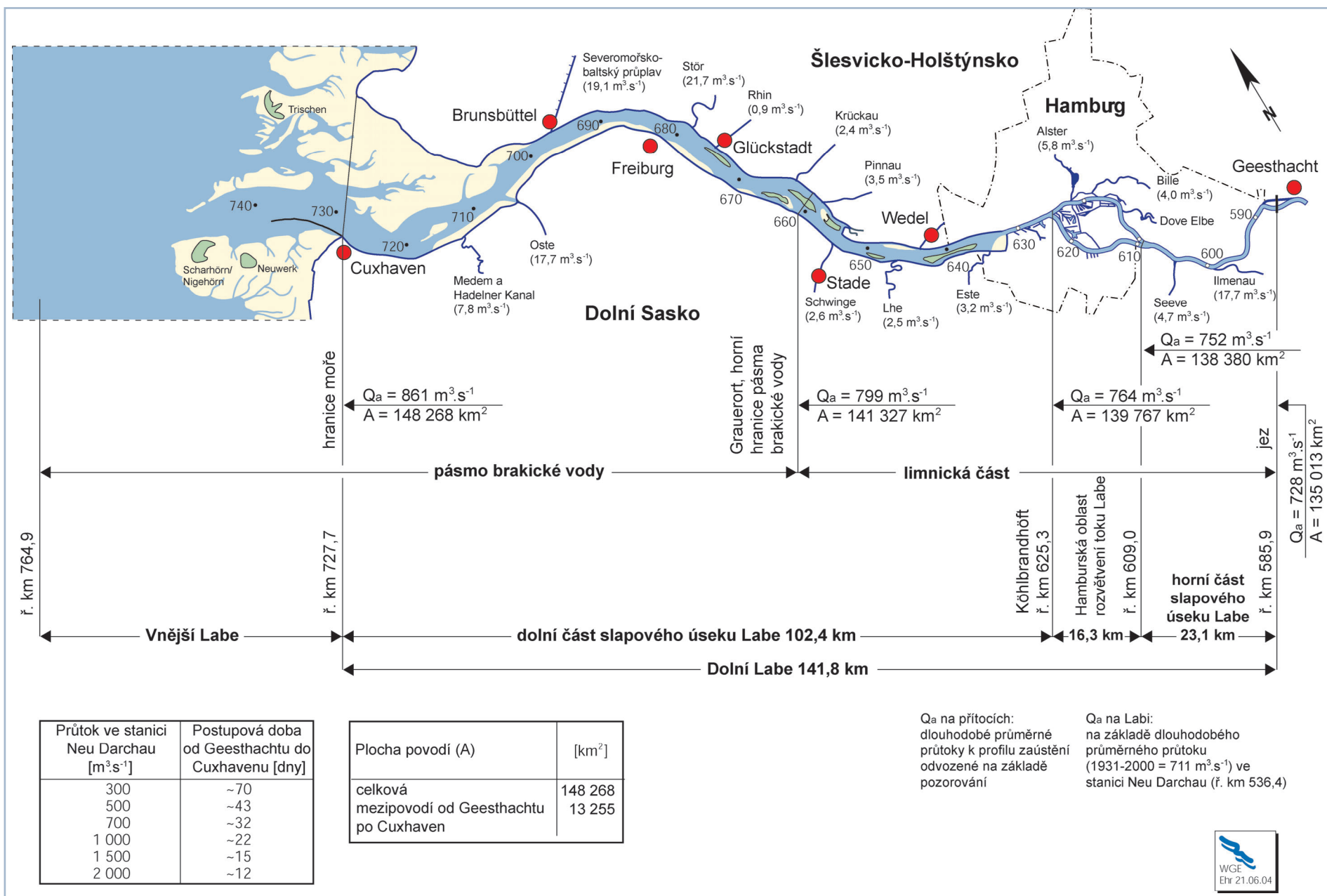
Přítoky Labe, uvedené v *tab. 4.11-3*, včetně Severomořsko-baltského průplavu, se podílejí na celkovém odtoku z povodí, tak i na ploše povodí Dolního Labe přibližně z 85 %.

Průměrný specifický odtok v povodí Dolního Labe je 10,0 l.s⁻¹.km⁻². Na většině přítoků odpovídají průměrné specifické odtoky specifickým odtokům horských řek v české i německé části povodí Labe.

Hydrografické schéma Dolního Labe je znázorněno na *obr. 4.11-4*.

Tab. 4.11-3: Dlouhodobé průměrné průtoky a specifické odtoky přítoků Dolního Labe

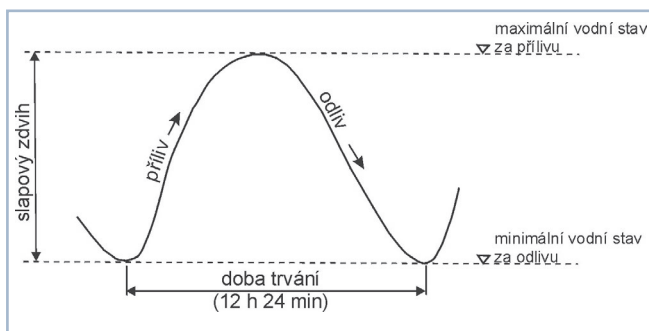
Název vodního toku	Říční km Labe	Plocha povodí	Dlouhodobý průměrný průtok	Průměrný specifický odtok
		[km ²]	[m ³ .s ⁻¹]	[l.s ⁻¹ .km ⁻²]
Ilmenau	599,0	2 852,0	17,7	6,2
Seeve	604,9	471,1	4,71	10,0
Bille	615,3 Norderelbe	506,4	3,99	7,9
Alster	622,4 Norderelbe	580,7	5,80	10,0
Este	634,4	364,2	3,21	8,8
Lühe	645,5	216,7	2,51	11,6
Schwinge	654,8	215,7	2,62	12,1
Pinnau	659,7	367,0	3,46	9,4
Krückau	664,9	275,7	2,42	8,8
Stör	679,3	1 780,5	21,7	12,2
Severomořsko-baltský průplav	696,0	1 536,7	19,1	12,4
Oste	707,0	1 711,1	17,7	10,3
Medem a Hadelner Kanal	712,6	482,8	7,81	16,2



Obr. 4.11-4: Hydrografické schéma Dolního Labe

4.11.1 Dolní Labe a jeho významné přítoky

Pod jezem Geesthacht určuje příliv a odliv proudění a stav vody v Labi. Působením přitažlivosti Měsíce dochází v Severním moři ke stoupání a klesání hladiny vody, které se projevuje na stavech vody v Labi až k jezu Geesthacht. Od nejnižšího vodního stavu, tzv. nízké vody, se hladina po dobu přibližně 6 hodin zvedá, až dosáhne nejvyššího stavu, tzv. vysoké vody. Tuto fázi vzestupu vodní hladiny nazýváme příliv. Poté vodní stav opět přibližně po dobu 6 hodin klesá, až opět dosáhne nízkého stavu. Tato fáze se nazývá odliv (obr. 4.11-5).



Obr. 4.11-5: Průběh fáze přílivu a odlivu

Stoupání a klesání hladiny moře zde trvá přesně 12 hodin 24 minut a bývá označováno jako dmutí nebo slapové jevy. Proto se Dolní Labe nazývá také slapový úsek Labe. Rozdíl mezi vysokým a nízkým stavem vody při přílivu a odlivu se nazývá slapový zdvih. Průměrný slapový zdvih dosahuje v Geesthachtu 2,0 m, v Hamburku 3,5 m a v Cuxhavenu 3,0 m.

Za úplňku a při novoluní začíná šestidenní období vysokých slapových zdvihů, tzv. skočný příliv. Při první a poslední čtvrti Měsíce nastává šestidenní období nízkých slapových zdvihů, tzv. hluchý příliv. Při skočném přílivu je vysoký vodní stav o 40 až 50 cm vyšší než při hluchém přílivu.

Na slapovém úseku Labe dochází vlivem silného větru k bouřlivým přílivům, které vznikají souběžným vzdutním tlakem vody vlivem větru a astronomického přílivu. Vysoké bouřlivé přílivy na německém pobřeží Severního moře a ve slapovém úseku Labe jsou následkem bouří přicházejících ze severozápadu, které ženou vítr přímo do trychtýřovitého ústí toku Labe (viz kap. 3.1.4).

Geograficky se Dolní Labe dělí na horní slapový úsek Labe od jezu Geesthacht po začátek rozvětvení toku u Hamburku (ř. km 585,9 až 609,0), Hamburskou oblast rozvětvení toku Labe s rameny Norderelbe a Süderelbe (ř. km 609,0 až 625,3) a dolní slapový úsek Labe po hranici se Severním mořem u Cuxhavenu (ř. km 625,3 až 727,7). Pod hranicí s mořem se nachází úsek tzv. Vnějšího Labe (Außenelbe) po říční km 764,9 (obr. 4.11-4).

Na přítocích do Labe byly těsně před ústím zřízeny uzavírací jezy, které slouží k zamezení průniku bouřlivých přílivů (viz kap. 3.1.1). Všechny splavné přítoky mají v uzavíracích jezích plavební otvory, které se uzavírají dvěma za sebou ležícími vzpěrnými vraty. Na větších přítocích jsou vedle plavebních otvorů k dispozici také postranní otvory k odvádění vody, které lze uzavírat pomocí segmentových jezů nebo zdvižných stavidel. Přítoky se využívají převážně pro rekreační a sportovní účely, částečně i pro nákladní lodní dopravu. Aby tudy mohly projíždět i větší lodě, jsou mosty vybaveny sklápěcím, zásuvným nebo otočným zařízením (tab. 4.11-4 a obr. 4.11-6).

V horním slapovém úseku Labe, který měří 23,1 km, se vyskytují velmi rozdílné rychlosti a směry proudění, způsobené souběhem různých průtoků z povodí Labe položeného výše a pohybem přílivové a odlivové vlny. Na tomto úseku Labe přibírá řeky Ilmenau (2 852 km²) a Seeve (471 km²).

Tab. 4.11-4: Údaje o vodních cestách na přítocích Dolního Labe

Poř. čís.	Přítok Labe	Celková délka [km]	z toho splavný úsek [km]	Splavný úsek toku do soutoku s Labem	Uzavírací jez proti bouřlivým přílivům	
					Plavební otvory s dvojicí vzpěrných vrat	Postranní otvory
1.	Ilmenau	107,0 (vč. Stederau)	28,8	od Lüneburgu, s 3 plavebními komorami	1 x 16 m sklápěcí most	2 x 10 m zdvižná stavidla
2.	Este	50,0	12,7	od mlýnského stavidla v Buxtehude	1 x 22 m sklápěcí most	—
3.	Lühe	44,2	12,7	od mlýnského stavidla v Horneburgu	1 x 10 m zasouvací most	—
4.	Schwinge	26,0	4,7	od vrat historické plavební komory Salztorschleuse ve Stade	1 x 16 m sklápěcí most	—
5.	Pinnau	44,9	19,9	od mlýnského stavidla nad městem Pinneberg po soutok s labským ramenem Pagesander Nebenelbe	1 x 20 m otočný most	2 x 8 m zdvižná stavidla
6.	Krückau	36,7	11,2	od mlýnského stavidla nad přístavem Elmshorn po soutok s labským ramenem Pagesander Nebenelbe	1 x 20 m otočný most	2 x 12 m zdvižná stavidla
7.	Stör	84,1	50,6	od Kellinghusenu	2 x 22 m sklápěcí mosty	2 x 43 m dvojité segmentové uzávěry
8.	Oste	151,0	74,0	od mlýnského jezu v Bremervörde	1 x 22 m sklápěcí most	4 x 22 m dvojité segmentové uzávěry



Obr. 4.11-6: Sklápěcí most přes řeku Schwinge na silnici 1. třídy č. 495 u Stade

Ilmenau vzniká soutokem řek Stederau a Gerdau, které pramení na plošině Lüneburger Heide jižně od města Uelzen (35 000 obyvatel) (obr. 4.11-1). Od 14. století se toku Ilmenau využívalo k přepravě soli z Lüneburgu do Lübecku. Po dokončení průplavu Stecknitzfahrt v roce 1398 se sůl přepravovala na celé trase po vodě (viz kap. 4.10.3). Ilmenau je dnes v délce 28,8 km vodní cestou s 3 plavebními komorami, a to od Lüneburgu (71 000 obyvatel) až po soutok s Labem. Posledních 12 km dolní části toku Ilmenau je upraveno jako kanál. Na tomto úseku je řeka až k poslední plavební komoře Fahrenholz (11,2 km nad ústím) závislá na přílivu a odlivu. Ve středověku se jako vodní cesta využívalo také dalších 50 km úseku toku od Lüneburgu až do Uelzenu.

V roce 1973 byl pod městem Winsen (32 000 obyvatel), těsně před ústím Ilmenau do Labe uveden do provozu uzavírací jez. Stavba chrání okolní nížinné oblasti, ležící kolem ústí Ilmenau a kolem řeky **Luhe** (476 km²), která se do Ilmenau vlévá o 3 km výše, před bouřlivými přílivy (obr. 4.11-7).

Hamburská oblast rozvětvení toku Labe, kde se Labe dělí v délce 16 km na dvě přibližně stejně dlouhá ramena – severní Norderelbe a jižní Süderelbe, představuje s navazujícími velkými přístavními plochami a velkou hloubkou vody velmi složitý systém s pomalým odtokem (obr. 4.11-8). Přitékající voda z výše položených úseků toku zde zůstává po dlouhou dobu v podstatě stát. Prouděním mořského přílivu a odlivu se voda opakovaně kyvadlovitě pohybuje směrem po proudu a proti proudu, přičemž při každém přílivu a odlivu dochází k výměně vody mezi přístavem a tokem Labe. Tento kyvadlovitý pohyb vodního tělesa pokračuje i pod rozvětvením toku, takže voda prochází stejným příčným profilem v podstatě



Obr. 4.11-7: Ústí řeky Ilmenau s uzavíracím jezem proti bouřlivým přílivům



Obr. 4.11-8: Začátek Hamburské oblasti rozvětvení toku Labe na Norderelbe a Süderelbe

několikrát (viz kap. 5.2.3). Výsledná rychlost posunu vodního tělesa směrem k moři je určována velikostí průtoků přicházejících z výše položených úseků Labe. V tabulce na obr. 4.11-4 jsou pro různé průtoky ve stanici Neu Darchau uvedeny příslušné doby postupu (dotoku) vody v daném úseku toku.

V oblasti rozvětvení toku Labe leží Hamburk (1,73 mil. obyvatel), největší město na Labi (obr. 4.11-9). Na území města se do severního labského ramena Norderelbe vlévá **Bille** (506 km²) a **Alster** (581 km²).

Hamburský přístav je největší německý námořní přístav a druhý největší přístav v Evropě. Kontejnerový přístav patří k největším na světě. Přes část přístavu nad jižním labským ramenem Süderelbe se vypíná most Köhlbrandhochbrücke (obr. 4.11-10). Tento téměř 4 km dlouhý most byl uveden do provozu v roce 1974.



Obr. 4.11-9: Pohled na město Hamburk s přístavištěm Landungsbrücken (vlevo) a mostem Überseebrücke (vpravo)



Obr. 4.11-10: Část Hamburského přístavu s mostem Köhlbrandhochbrücke

Již v roce 1973 byl dokončen most Kattwykbrücke, který leží o 3 km dále proti proudu. Oba mosty se v severním Německu řadí mezi impozantní technické stavby. Při světlé výšce 54 m zde mohou proplovat tankery o hrubé prostornosti do 250 000 rejstříkových tun. Kattwykbrücke je železniční a silniční most se 100 m dlouhým zdvihacím zařízením a maximálním zdvihem 45,7 m.

Dolní část slapového úseku Labe měří 102,4 km a dělí se dále na limnický úsek, charakterizovaný sladkovodním prostředím, a na pásmo brakické vody, kde dochází k mísení sladké a slané vody a které sahá až za hranici s mořem (obr. 4.11-4). Pásmo brakické vody začíná zpravidla kolem ústí řeky Pinnau a vyznačuje se kolísajícím obsahem solí v podélném profilu tohoto říčního úseku. Na polohu tohoto pásma má vliv zejména množství vody přitékající z výše položeného úseku toku. Je-li přitékající objem vody velmi velký, posouvá se pásmo brakické vody až pod ústí Severomořsko-baltského

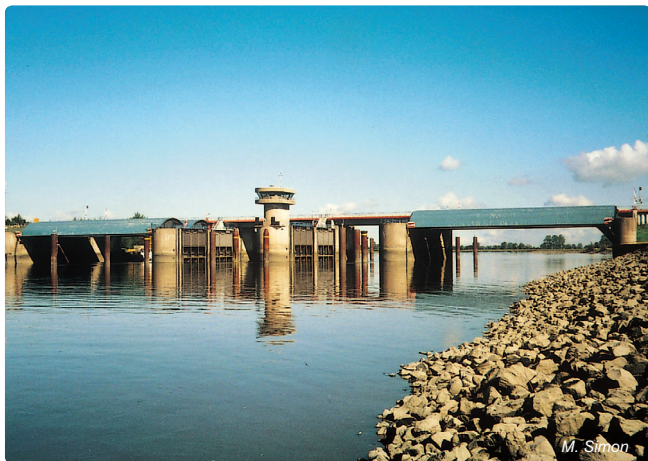
průplavu. Pokud však delší dobu přetrvává malý přítok vody, proniká horní hranice pásma brakické vody proti směru toku až nad ústí řeky Schwinge.

V dolní části slapového úseku se do Labe vlévá **Este** (364 km²), **Lühe** (217 km²), **Schwinge** (216 km²), **Pinnau** (367 km²), **Krückau** (276 km²), **Stör** (1 781 km²) a **Oste** (1 711 km²). Rovněž sem ústí **Severomořsko-baltský průplav** (1 537 km²) a řeka **Medem s průplavem Hadelner Kanal** (483 km²). Řeky Este a Oste pramení v severní části plošiny Lüneburger Heide, prameniště ostatních přítoků se však nacházejí v písčitéch vyvýšeninách, tzv. geestech. Vzhledem k tomu, že na přítocích v maršových územích v blízkosti Labe jsou ochranné hráze, je třeba tyto oblasti odvodňovat pomocí čerpacích stanic nebo propustí v hrázích. Všechny přítoky na tomto úseku Labe mají těsně před soutokem ochranné uzávěry proti bouřlivým přílivům (viz kap. 3.1.1 a tab. 4.11-4).

Druhým největším přítokem Dolního Labe po Ilmenau je řeka **Stör**. Pramení jihozápadně od Neumünsteru (79 000 obyvatel) na Šlesvicko-holštýnském geestu v nadmořské výšce 33 m a po 84,1 km se vlévá do Labe. Na Dolním Labi je jediným přítokem, kde se slapové vlivy projevují zcela volně a kde hranice přílivu a odlivu není pevně stanovena plavební komorou nebo jezem. Slapové vlivy zasahují až 51,2 km proti směru toku. Od říčního km 50,6 je řeka Stör splavná, i když komerční lodní doprava se dnes provozuje pouze v délce 27 km do Itzehoe (33 000 obyvatel). Mezi tokem Stör pod městem Itzehoe a Severomořsko-baltským průplavem se v oblasti Dithmarschen nachází maršové území, zvané Wilster Marsch. Toto území leží 3 m pod hladinou moře a patří tedy k nejnižše položeným maršům na Dolním Labi.

Před ústím Stör byl v roce 1975 dostavěn největší uzavírací jez proti bouřlivým přílivům na Dolním Labi. Má dva plavební otvory se sklápěcím mostem, uprostřed jsou dvojce za sebou

řazená vzpěrná vrata a po stranách 2 boční otvory, z nichž každý má dva za sebou ležící segmentové uzávěry (tab. 4.11-4 a obr. 4.11-11).



Obr. 4.11-11: Ochranný uzávěr na řece Stör na ochranu před bouřlivými přílivy

Pod ústím řeky Stör se nacházejí jaderné elektrárny Brokdorf (1 370 MW) a Brunsbüttel (806 MW), které patří k největším odběratelům vody na Dolním Labi (obr. 4.11-12). Pro průtočné chlazení spotřebují 2,10, resp. 1,28 mld. m³ vody za rok, přičemž podle povolení mohou odebírat maximálně 70, resp. 40 m³.s⁻¹. Jaderná elektrárna Stade (672 MW), ležící nad ústím řeky Schwinge, byla v roce 2003 odstavena z provozu.

Nejdelším přítokem Dolního Labe je 151,0 km dlouhá řeka **Oste**, která pramení v severní části lesnaté plošiny Lüneburger Heide. Pouhých 8 km dělí pramen Oste od pramene řeky Este a 12 km od pramene řeky Seeve. Slapové jevy na toku Oste sahají 74,0 km proti proudu až k mlýnskému jezu a plavební komoře v Bremervörde na soutoku s řekou Bever (obr. 4.11-1), kde končí vodní cesta.

V roce 1784 byl uveden do provozu průplav mezi řekou Hamme a Oste, tzv. **Hamme-Oste-Kanal**, který začíná 8,5 km nad ústím řeky Bever a vede z Oste přes řeku Hamme do



Obr. 4.11-12: Labe v úseku jaderné elektrárny Brokdorf

Vezery. Toto propojení mezi povodím Labe a Vezery sloužilo převážně k přepravě rašeliny z okolních slatin a rašelinišť. Od ukončení těžby rašeliny v roce 1950 je tento kanál využíván k odvodňování okolních ploch.

Další propojení mezi Labem a Vezrou vzniklo po vybudování průplavu **Hadelner Kanal**. Těsně nad ústím řeky **Medem** (483 km²) do Labe byla v roce 1855 vybudována odbočka z řeky Medem (obr. 4.11-1), odkud kanál pokračuje v délce 31,7 km až do blízkosti rozvodnice s Vezrou. Jeho prodloužení do řeky Geeste v povodí Vezery bylo dokončeno v roce 1860 a je známo pod názvem Bederska-Geeste-Kanal. Tím vznikla plavební cesta mezi Labem a Vezrou o délce 54,7 km s 3 plavebními komorami. V současné době se tohoto průplavu pro lodě s ponorem do 1,5 m využívá převážně pro rekreační a sportovní účely.

V areálu Hamburského přístavu má trychtýřovitý tok Labe šířku 400 až 500 m, nad ústím řeky Lühe se koryto rozšiřuje na 1,5 km, nad ústím řeky Stör má šířku 3,5 km a pod ústím Oste již 6 km. Na hranici se Severním mořem u Cuxhavenu (53 000 obyvatel) dosahuje tok Labe šířky kolem 17 km (obr. 4.11-13).



Obr. 4.11-13: Ústí Labe do Severního moře u Cuxhavenu-Kugelbake

4.11.2 Severomořsko-baltský průplav

U Brunsbüttelu – 31,7 km nad hranicí s mořem – se do Labe vlévá **Severomořsko-baltský průplav/Nord-Ostsee-Kanal** (1 537 km²), který v délce 98,6 km spojuje Baltské moře od Kielu (233 000 obyvatel) s Labem. Zpočátku průplav protéká pahorkatinou Schleswig-Holsteinisches-Hügelland, následně až k Rendsburgu (29 000 obyvatel) prochází jeho trasa nížinou řeky Eider, protíná až 25 m vysoký hřeben geestu Schleswig-Holsteinische-Geest a pokračuje přes území marši, které leží až 3 m pod úrovní mořské hladiny (obr. 4.11-1).

Severomořsko-baltský průplav, označovaný svého času jako stavba století, byl postaven v letech 1887 - 1895. Vzhledem k tomu, že velikost a počet lodí neustále rostly, musel být průplav v letech 1907 - 1914 a následně od roku 1965 dále rozšiřován a prohlubován.

Dnes mohou průplavem, který je ve dně široký 90 m a na hladině 162 m, proplouvat lodě o hrubé prostornosti do 51 000 rejstříkových tun s ponorem 9,5 m. Průplav lodím ušetří plavbu kolem Jutského poloostrova přes průlivy Kattegat a Skagerrak, čímž se cesta zkrátí o 250 námořních mil. Při jeho stavbě byly rozhodující především strategické důvody, ovšem dnes slouží převážně obchodu zemí kolem Baltského moře s ostatním světem. Severomořsko-baltský průplav je nejfrekventovanější umělou námořní cestou na světě. Bez ohledu na 14 300 sportovních a ostatních malých plavidel proplulo v roce 2003 průplavem 39 800 lodí, tj. 109 lodí za den. Pro porovnání: Suezským průplavem proplouvá 13 400 lodí a Panamským průplavem 11 900 lodí za rok.

Rozhodující vodní stav v průplavu se pohybuje kolem - 0,20 m n. m., tj. 0,19 m pod úrovní střední hladiny Baltského moře u Kielu a 1,12 m nad úrovní nízké hladiny vody v Labi u Brunsbüttelu. Kolísání vodních stavů v Labi, způsobené pohybem vody při přílivu a odlivu a vzdušným tlakem následkem silného větru, může dosáhnout přes 9 m a v Baltském moři u Kielu následkem silného větru přes 5 m. Na obou koncích je proto průplav na ochranu před kolísavými vodními stavy

ukončen čtyřmi plavebními komorami. Ukončení průplavu v Brunsbüttelu a Kielu tvoří vždy jedna dvojitá plavební komora z roku 1895 (tzv. staré plavební komory) o užitečné délce 125 m a užitečné šířce 22 m a jedna nová dvojitá plavební komora z roku 1914 o užitečné délce 310 m a užitečné šířce 42 m (obr. 4.11-14). Tyto nové plavební komory předčily svými rozměry i plavební komory Panamského průplavu, které patřily do té doby k největším na světě, a patří k největším na světě až do dnešní doby.



Obr. 4.11-14: Stará (vpravo) a nová (vlevo) dvojitá plavební komora na vjezdu do Severomořsko-baltského průplavu u Brunsbüttelu

V souvislosti se stavbou Severomořsko-baltského průplavu bylo zapotřebí postavit řadu mostů a později i tunelů. Mosty přes průplav mají pro průjezd lodí světlou výšku 42 m. Nejznámějším mostem je 2,5 km dlouhý železniční most v Rendsburgu z roku 1913 (obr. 4.11-15). Svého času patřil k největším ocelovým konstrukcím v Evropě a v rámci rozšíření průplavu nahradil dosavadní dvoudílný otočný železniční most.

Železniční most v Rendsburgu spolu s visutým přívozem, který byl uveden do provozu rovněž v roce 1913, je od ro-



Obr. 4.11-15: Železniční most nad Severomořsko-baltským průplavem v Rendsburgu

ku 1988 zařazen mezi chráněné technické památky. Plošina přívazu, na které lze vedle osob přepravovat až 6 osobních vozidel, visí na 12 lanech pojezdového ústrojí, které je umístěno přímo pod ocelovým nosníkem železničního mostu (obr. 4.11-16).

Stavba Severomořsko-baltského průplavu vedla u řady řek k přerušení trasy jejich toků. Horní tok řeky Eider a přítoky, které se v minulosti vlévaly přímo do řeky Eider, ústí dnes přímo do průplavu (obr. 4.11-2). Přibližně z 1 200 km² původní plochy povodí řeky Eider je dnes odváděna voda do průplavu. Řeky v marších s plochou povodí 250 km² jsou vzhledem ke své hluboké poloze odvodňovány do průplavu pomocí 19 čerpacích stanic. K největším přítokům Severomořsko-baltského průplavu patří horní tok řeky **Eider** (283 km²), **Wehrau** (151 km²) a **Haaler Au** (150 km²).

Severomořsko-baltský průplav je nejdelší umělou vodní cestou v povodí Labe. Přehled nejvýznamnějších plavebních kanálů v povodí Labe je uveden v tab. 4.11-5.



Obr. 4.11-16: Visutý přívoz na železničním mostě v Rendsburgu

Tab. 4.11-5: Nejvýznamnější umělé vodní cesty v povodí Labe

Poř. čís.	Název průplavu	Úsek toku	Délka [km]	Počet plavebních komor
1.	Středoněmecký průplav (Mittellandkanal)	– od odbočení z průplavu Dortmund-Emže k plavební komoře Hohenwarthe (napojení na průplav Labe-Havola) – z toho v povodí Labe → od plavební komory Sülfeld k plavební komoře Hohenwarthe (napojení na průplav Labe-Havola)	(325,7) 88,8	(3) 1
2.	Průplav Labe-Havola (Elbe-Havel-Kanal)	od napojení na Středoněmecký průplav pod plavební komorou Hohenwarthe po jezero Plauer See	55,2	2
3.	Vodní cesta Müritz-Havola (Müritz-Havel-Wasserstraße)	od toku Kleine Müritz po ústí do vodní cesty Horní Havola	31,8	4
4.	Průplav Odra-Havola (Oder-Havel-Kanal)	– od lodního zdvihadla Niederfinow po odbočení Havolského průplavu (z toho 30,1 km kanalizovaný úsek Havoly) – z toho v povodí Labe → od odbočení Finowkanalu z vrcholové zdrže průplavu Odra-Havola po odbočení Havolského průplavu (z toho 30,1 km kanalizovaný úsek Havoly)	(67,5) 39,9	(1) (1 lodní zdvihadlo) 1
5.	Havolský průplav (Havelkanal)	od průplavu Odra-Havola pod Hennigsdorfem po Sacrow-Paretzer Kanal	34,6	1
6.	Průplav Odra-Spréva (Oder-Spree-Kanal)	– od Odry u Eisenhüttenstadtu přes Sprévu po jezero Seddinsee na toku Dahme (z toho 19,7 km kanalizovaného úseku Sprévy) – z toho v povodí Labe → od plavební komory Kersdorf po jezero Seddinsee (z toho 19,7 km kanalizovaného úseku Sprévy)	(85,0) 44,6	(4) 3
7.	Teltowkanal	od řeky Dahme po Postupimskou Havolu	37,8	1
8.	Průplav Labe-Lübeck (Elbe-Lübeck-Kanal)	– od Labe v Lauenburgu po Kiel u Baltského moře – z toho v povodí Labe → od jezera Möllner See po ústí do Labe	(61,1) 33,2	(7) 2
9.	Boční kanál Labe (Elbe-Seitenkanal)	– od odbočení ze Středoněmeckého průplavu po ústí do Labe pod Lauenburgem – z toho v povodí Labe → od plavební komory Uelzen po ústí do Labe	(115,2) 54,6	(1) (1 lodní zdvihadlo) 1 lodní zdvihadlo
10.	Severomořsko-baltský průplav (Nord-Ostsee-Kanal)	od Kielu u Baltského moře po Brunsbüttel na Labi	98,6	2 (4 plavební komory na obou koncích průplavu)

5.1 Historický vývoj hydrologických pozorování

5.1.1 Pozorování vodních stavů

Pozorování vodních stavů je známe již od starověku. Na Nilu byly na chrámech umístěny vodočty, které odečítali kněží. V Číně byly hladiny velkých řek pozorovány už v roce 250 před Kristem.

V povodí Labe lze již od raného středověku nalézt zmínky v místních kronikách o mimořádných meteorologických situacích, povodních, nízkých hladinách vody v suchých obdobích a o ledových jevech na tocích. První pozorování vodních stavů se prováděla již ve 13. století, většinou ve spojitosti s výstavbou rybníků, se zřizováním vodních mlýnů a s voroplavbou.

V souvislosti s rozšiřováním sídel až k břehům řek, nárůstem voroplavy a lodní dopravy, ale

i s výstavbou nových mostů, silnic a mlýnů získávalo pozorování vodních hladin stále větší význam. Vysoké vodní stavy, které byly hrozbou pro obyvatele a jejich sídla, se značily na budovy, mosty, zdi a skály (obr. 5.1-1 a 5.1-2). Řada těchto povodňových značek se však do současnosti nezachovala.

Mezi vodními stavy Labe, které jsou vytesány do skály pod zámeckou věží v Děčíně, najdeme i povodňovou značku z roku 1432. Jedná se o nejstarší dodnes zachované vyznačení kulminační hladiny na Labi (obr. 5.1-3).

Na schodišti, vedoucím od Labe k vodnímu zámku Pillnitz u Drážďan, jsou zaznamenány všechny mimořádně vysoké vodní stavy, které se vyskytly od roku 1736 (obr. 5.1-4). Dosud nejvyšší značka 994 cm z 31. března 1845 byla dne 17. srpna 2002 překročena o 6 cm.



Obr. 5.1-1: Povodňové značky Labe v Königsteinu



Obr. 5.1-2: Povodňové značky Labe v Křešicích u Litoměřic

Jdou na to takhle: Na pyramidě jsou jisté značky, z nichž se podle výšky hladiny Nilu vyčte, jaká bude příští rok úroda. (William Shakespeare)



Obr. 5.1-3: Skála pod zámeckou věží v Děčíně, kde jsou vytesány vodní stavy Labe



Zvláštností mezi pozorováními velmi vysokých vodních stavů na Vltavě v Praze je vousatá kamenná hlava Bradáče (obr. 5.1-5). Původně byla zabudována do posledního pilíře Juditina mostu postaveného v roce 1172, který byl po mostě přes Dunaj v Řezně druhým nejstarším kamenným mostem v Evropě. Juditin most zničila povodeň v roce 1342, Bradáč však zůstal neporušený. Nyní se nachází na pravém břehu nábrežní zdi Vltavy pod Karlovým mostem, jehož stavba byla zahájena již v roce 1357. V tehdejší době se vodní stavy určovaly podle Bradáčovy hlavy, přičemž ústa byla „referenční úroveň“. Například dne 15. srpna 1501 přesáhla hladina Vltavy kamennou hlavu o dva lokty, což odpovídá 113 cm.

Značka této povodně se také zachovala na jednom z domů v Míšni. Tato značka byla podnětem pro Christiana Gottlieba Pötzsche (1732 - 1805), který dal na podzim 1774 do Mišenského mostu přes Labe vytesat měřítko pro výšky vodní hladiny. Nulový bod měl odpovídat vodnímu stavu, při kterém mohly lodě nerušeně proplouvat i s plným nákladem. O rok později upevnil Pötzsch na základě „nejvyššího nařízení“ na velkém pilíři Augustova mostu v Drážďanech železnou vodočetní lať, která byla rozdělena na lokty a couly (1 saský loket = 56,64 cm = 24 coulů; 1 coul = 2,36 cm). Černobílé čtverce o velikosti 3 coulů umožnily odečítat vodní stav s přesností na půl coulu. Zahájení pravidelného pozorování vodních stavů v roce 1775 v Míšni a od 1. ledna 1776 v Drážďanech a jejich systematické vyhodnocování představují začátek hydrologických měření v Sasku.

Jednotlivé vodočty, podle nichž se zaznamenávaly a vyhodnocovaly vodní stavy, existovaly na Středním Labi však již dříve, např. v Magdeburku od roku 1727. V Hamburku se začalo pravidelné měření a vyhodnocování vodního stavu provádět v roce 1786.



Obr. 5.1-4: Zámek Pillnitz u Drážďan a část historických povodňových značek



Od začátku 19. století rychle vzrůstal počet vodočtů, na kterých se prováděla pravidelná měření a systematická vyhodnocení vodních stavů. Na Labi to byly vodočty Roßlau – 1804, Torgau a Wittenberg/L. – 1817, Mühlberg – 1818, Riesa – 1837, Barby – 1841, Mělník, Litoměřice a Děčín – 1851. V Praze na Vltavě bylo pravidelné pozorování zahájeno v roce 1827 na vodočtu Staroměstský mlýn. V povodí Mulde byl zřízen vodočet Bitterfeld v roce 1822, Wurzen v roce 1829 a Grimma v roce 1830.

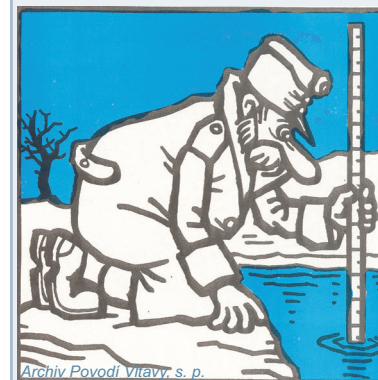
Pravidelné pozorování vodních stavů v plavebních komorách nabývalo rostoucího významu. Na Sále se úřední odečítání vodočtů provádělo od roku 1821 na plavebních komorách Wettin, Rothenburg a Alsleben a v povodí Havoly a Sprévy již od roku 1810 na plavebních komorách Beeskow na Správě a Prieros na řece Dahme.

Pro jednotné provádění měření vodních stavů byly vydávány vodočetné předpisy. První instrukce pro vodočty z 13. února 1810 platila pro Prusko a Sasko. Po zavedení metrického měřicího systému v Prusku v roce 1868 byl v Sasku novým vodočetným předpisem ze 14. září 1874 nařízen přechod od starého měřicího systému k metrickému systému s dvoucentimetrovým dělením vodočetné latě. Na tom se dodnes nic nezměnilo.



Obr. 5.1-5: Bradáč, referenční bod vodních stavů na Vltavě pod Karlovým mostem v Praze

„Pakli nebylo vůbec možno měření provést, nesmí se také do zprávy žádné číslice o vodním stavu vepsati, neboť, libovolné údaje jsou horší než žádné.“



Obr. 5.1-6: Karikatura měření vodního stavu



Z předpisů pro pozorování stavů vodních jakož i návodu ku pozorování teploty vody vydáno c. k. Ústředním hydrologickým úřadem v Praze 1907

Vodočetná lať je vždy dvoubarevná s decimetrovou stupnicí ve tvaru písmene E, kde se po dvou centimetrech střídají krátké a dlouhé čáry a umožňují tak odečítat s přesností na jeden centimetr (obr. 5.1-7).

Odečtený vodní stav odpovídá výšce hladiny nad pevným referenčním horizontem (nula vodočtu). Pro nulu vodočtu se stanovuje nadmořská výška (m n. m.). Nula vodočtu se libovolně umísťuje, může být jak nade dnem toku, tak i pode dnem vodního toku, tzn. že naměřený vodní stav neodpovídá hloubce vody v řece.

Vodočetné latě jsou upevněny v blízkosti břehu na objektech s dobrými stavebními základy, na nábrežních zdech nebo mostních pilířích, převážně jako svislé **vodočty** tak, aby vodočet ani jeho podstavec neměly na hladinu žádný rušivý vliv. Na svazích břehů se často nacházejí i jiné typy vodočtů. Rozeznáváme šikmý vodočet, ležící ve sklonu břehu toku, schodišťový vodočet, kterému se dává přednost na pozvolna svažitéch březích, a stupňovitý vodočet, který

se staví na širokých březích (obr. 5.1-8 až 5.1-10). Při zřizování vodočtů je třeba dbát na to, aby se daly odečítat všechny vodní stavy od očekávané nejnižší hladiny po nejvyšší. Při povodni v srpnu 2002 se bohužel ukázalo, že vodočetné latě neměly v některých profilech nezbytnou délku, a proto je bylo třeba prodlužovat.

Vodní stavy, které se na vodočtech odečítaly zpravidla jednou denně v 7.00 hod. ráno, koncem 19. století již nevyhovovaly vyšším požadkům, kladeným na vypo-

vidací schopnost těchto hodnot. Znalost změn vodního stavu v průběhu dne nabývala na významu pro provoz přehrad a zdymadel, pro plavbu i pro včasné zjištění velkých vod, což vedlo k vývoji **limnigrafu**, který umožňoval nepřetržitý záznam vodních stavů.

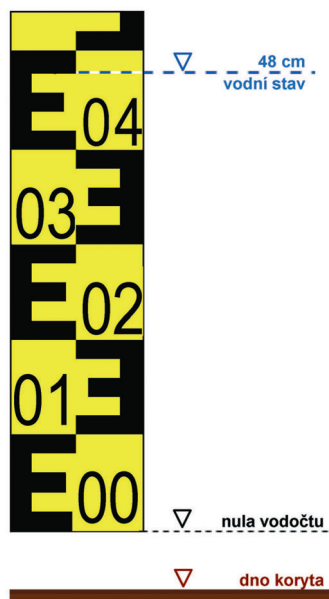
Do dnešní doby byly vyvinuty různé typy záznamových přístrojů, nejčastěji je používán plovákový limnigraf. V šachtě blízko břehu, spojené s řekou pomocí roury, je umístěn plo-



Obr. 5.1-8: Šikmý vodočet v Praze-Chuchle na Vltavě



Obr. 5.1-9: Schodišťový vodočet na vodoměrné stanici Wittenberge na Labi při vodním stavu 714 cm. Nejvyššího vodního stavu – 734 cm – zde bylo dosaženo 20. srpna 2002.



Obr. 5.1-7: Schéma vodočetné latě



Obr. 5.1-10: Stupňovitý vodočet ke kontrole zatápění důlního jezera Goitzsche vodou z Mulde nedaleko Bitterfeldu

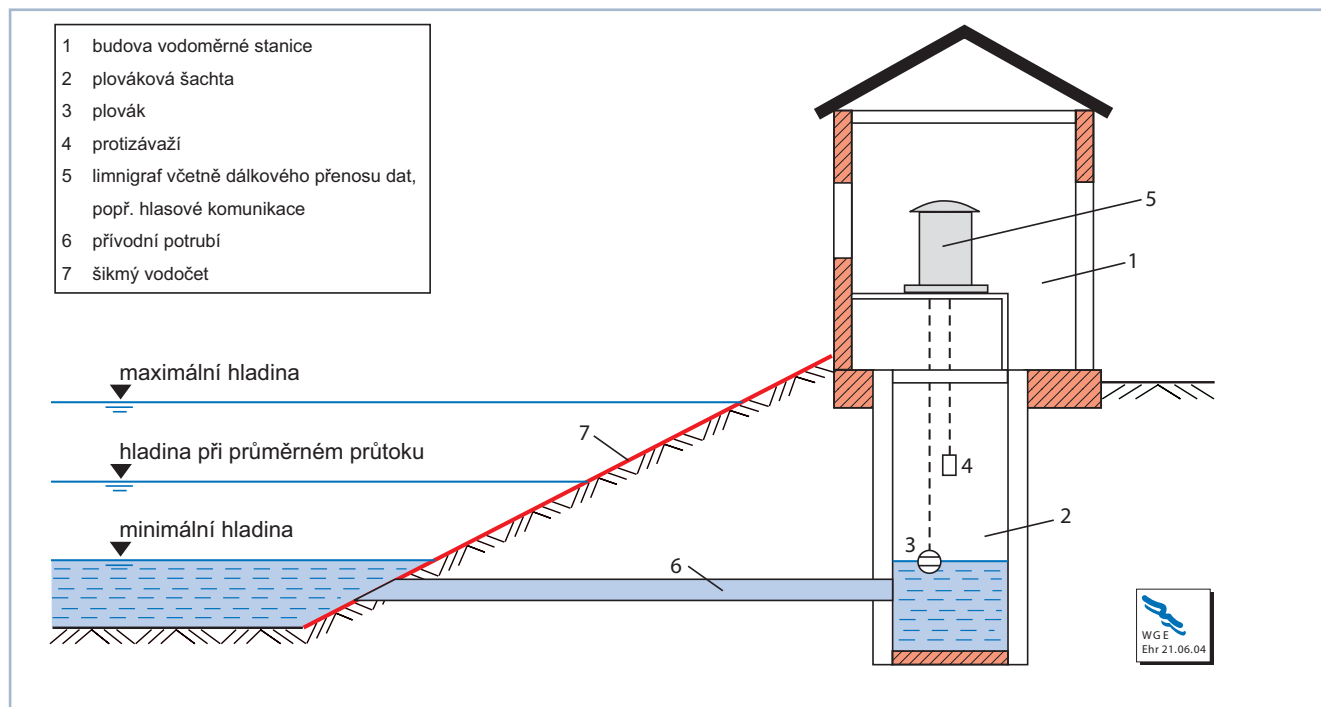
vák, který přenáší přes plovákové lanko s protizávažím daný vodní stav na otáčející se válec limnigrafu, kde se zaznamenává čára průběhu vodních stavů. Záznamový přístroj je umístěn v limnigrafické budce nad šachtou (obr. 5.1-11). Limnigraf vyžaduje pravidelnou údržbu, zaznamenaný vodní stav se upravuje podle hladiny odečtené na vodočetné lati.

Moderní vodoměrné stanice jsou již budovány bez plovákové šachty. Hladina vody se měří tlakovými nebo pneumatickými čidly, umístěnými přímo v korytě toku, nebo bezkontaktně ultrazvukovými nebo radarovými čidly, umístěnými např. na mostech.

První spolehlivě pracující limnigrafy existovaly již v 80. letech 19. století. K nim patřily i vodočetné hodiny, které jsou zčásti zachovány až dodnes a později byly nahrazeny válcovými limnigrafy (obr. 5.1-12 a 5.1-13).

Začátkem 20. století byla řada vodočtů přestavěna na limnigrafické stanice. Pouze v Sasku vzrostl jejich počet od roku 1900 do roku 1921 z 5 na 76.

Kolem roku 1970 začala automatizace prvních vodoměrných stanic a dálkový přenos dat do sběrných centrál. Postupně byla zaváděna čím dál vyspělejší technika měření, zázna-



Obr. 5.1-11: Schéma limnigrafické stanice



Obr. 5.1-13: Vodočetné hodiny na soutoku Labe s Havolou na jezu Neuwerben, aktuální vodní stav: 286 cm



Obr. 5.1-12: Vodočetné hodiny na Františku na Vltavě v Praze

mu a přenosu dat, ke které patřila i hlasová komunikace. V současnosti jsou nejvýznamnější vodoměrné stanice vybaveny dálkovým přenosem dat a hlasovou komunikací, což zejména v případě povodně je obzvlášť významné. V úseku státní hranice České republiky s Německem je několik vodoměrných stanic s hlasovou komunikací v němčině a češtině.

V roce 2002 bylo v povodí Labe po jez Geesthacht 255 hlásných stanic s dálkovým přenosem dat, z toho 87 v České republice a 168 v Německu. Jejich počet se má postupně zvětšovat.

Při povodni v povodí Labe v srpnu 2002 většina vodoměrných stanic spolehlivě zaznamenala povodňovou vlnu včetně kulminačního vodního stavu a přenos dat byl zajištěn. Větší

počet moderně vybavených vodoměrných stanic s dálkovým přenosem dat byl ale také zaplaven a zničen. K přerušování přenosu dat přispívaly i výpadky elektřiny, resp. odpojení od elektrické sítě. Nejvíce postižené byly vodoměrné stanice v povodích Horní Vltavy, Berounky, řek ve východní části Krušných hor, Moldavského potoka a toku Zwickauer Mulde i Labe pod soutokem s Vltavou až po česko-německou státní hranici. V řadě vodoměrných stanic na řekách ve východní části Krušných hor (Rybný potok, Müglitz a Weißeritz) nebyly kulminační vodní stavy zaznamenány, protože limnigrafy nebyly vybaveny reverzním vřetenem.

K výpadkům vodoměrných stanic většinou docházelo při průchodu kulminace povodňové vlny po dobu několika hodin až několika dní. V několika místech umožnila instalace pomocných vodočetných latí odečítání vodních stavů, ale na řadě

zaplavených stanic nebylo, vzhledem k jejich nepřístupnosti, měření vodních stavů možné.

Během povodně byla silně poškozena celá řada vodoměrných stanic. Na českém území bylo postiženo 7 stanic. V Sasku byly zničeny 4 vodoměrné profily (obr. 5.1-14 a 5.1-15). Na Labi byly postiženy stanice Mělník, Děčín a Hřensko.

Vlivem přerušovaného přenosu dat a zničením některých vodoměrných stanic chyběla během povodně významná data pro posuzování aktuální situace a předpovídání povodní.

Protože ale právě v takových extrémních situacích, jako při povodni v srpnu 2002, má znalost vodních stavů mimořádný

význam, musí se do budoucna zajistit odolnost a spolehlivost vodoměrných stanic tak, aby měření i přenos dat byly spolehlivě zajištěny i při extrémních povodních.

Proto byla při obnově těchto vodoměrných stanic věnována zvláštní pozornost stavebnímu řešení, aby jejich funkčnost zůstala zachována i v extrémních situacích. V důležitých stanicích byly měřicí a záznamové systémy zdvojeny. Přes jakoukoli prevenci nelze vyloučit poruchy nebo výpadky automatického sběru naměřených dat a jejich přenosu, např. vlivem několikaenního výpadku elektřiny. Proto je nezbytně nutné zajistit rovněž odečítání na vodočetných latích v povodňových situacích.



Obr. 5.1-14: Zničená vodoměrná stanice Ždírec na Úslavě v povodí Berounky



Obr. 5.1-15: Zničená budova vodoměrné stanice Hainsberg 1 na toku Rote Weißeritz ve východní části Krušných hor

5.1.2 Vyhodnocování průtoků

Pro určení hydrologického režimu na tocích a pro zabezpečení různých vodohospodářských úkolů nestačí pouze znát stav vody a jeho změny za určité časové období. Je třeba znát i průtoky, tj. objem vody, který za určitou dobu prochází průtočným profilem. Průtok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) je součinem velikosti plochy průtočného profilu (m^2) a rychlosti proudění vody ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$).

Protože rychlost proudění je v říčním profilu velmi odlišná, je třeba ji měřit v šířce a hloubce toku v různých bodech (hydrometrování). Proto se říční profil při měření průtoků dělí na několik pásů, kde se měří nejdříve hloubka vody a poté v určitých hloubkách rychlost proudění. Takto zjištěné dílčí průtoky všech pásů se sčítají, součet je celkový průtok, který je vztahován k vodnímu stavu ve vodočetném profilu v době měření. Na základě mnoha průtoků vyhodnocených při různé hladině v jednom profilu se odvozuje vztah mezi vodním stavem a průtokem, tzv. měrná křivka průtoků. Takto lze ve vodoměrném profilu pro libovolný vodní stav určit příslušný průtok.

Přesnost určování průtoků závisí na řadě faktorů, k nimž patří četné změny profilu na toku a omezené možnosti měření průtoků při řídkých povodňových situacích a někdy i v nebezpečných podmínkách. K tomu přistupuje skutečnost, že měrné křivky platí pouze při volném odtoku, tedy nikoliv při zámru, při vegetačním porostu v říčním korytě, který se často vyskytuje v letních měsících především v menších nížinných tocích a ve vzdutých úsecích. Přes využití vyspělé měřicí techniky je zjišťování průtoků zatíženo určitou chybou, zpravidla do 5 %.

O kolik obtížnější a nepřesné byly asi začátky zjišťování průtoků koncem 18. století, kdy se lidé pokoušeli určit rychlost proudění pomocí plováků nebo vodních kol. V letech 1820 - 1823 se v úseku Labe mezi Mühlbergem (ř. km 128,0) a Wittenbergem (ř. km 214,1) měřila poprvé rychlost proudění Woltmanovou vrtulí. Od poloviny 19. století se měření vrtu-

lí provádělo na Černém Halštrovu, Mulde, Sále, Havole a dalších řekách v německé části povodí Labe a od roku 1875 na českém úseku Labe a v povodí Vltavy a Ohře. Profily pro pravidelná vyhodnocování průtoků na Labi byly zřízeny v roce 1874 v Darchau, v roce 1883 v Barby, v roce 1886 v Drážďanech a Schöně a v roce 1888 v Děčíně.

Jednotné metody pro měření průtoků na Labi a jeho přítocích byly zavedeny v roce 1874 v Prusku, v roce 1886 v Sasku a v české části povodí Labe v roce 1876.

Po roce 1900 se počet profilů s pravidelným měřením průtoků výrazně zvýšil. Pouze v Sasku vzrostl jejich počet z 32 (1915) na 93 (1936). V české části povodí Labe byl zaznamenán nárůst ze 133 (1901) na 324 (1931).

Pro výstavbu a provoz přehrad a dálkových vodovodů a následkem zvýšené potřeby vody pro průmysl a zemědělství byly od poloviny 20. století vyžadovány čím dál přesnější znalosti odtokových poměrů jak v české, tak i v německé části povodí Labe. To vedlo ke zvýšení počtu vodoměrných profilů a měření průtoků vůči předválečnému stavu na několiknásobek (obr. 5.1-16).



Obr. 5.1-16: Měření vrtulí na obtokovém kanálu Labe u Magdeburku při povodni v srpnu 2002

Ve všech případech však nelze využít pro vyhodnocování průtoků vodoměrný profil a známý vztah mezi vodním stavem a průtokem. Jedná se hlavně o úseky toků vzduté vlivem vodních děl (jezy). V těchto místech se v posledních deseti letech začali používat metody měření průtoků tzv. ultrazvukovými průtokoměrnými stanicemi. Princip spočívá v kontinuálním měření rychlosti proudění pomocí ultrazvukového paprsku. Na základě souběžně zaznamenaného vodního stavu a z toho vyplývajícího příčného profilu se vyhodnocuje průtok. V České republice je v současné době 6 těchto stanic přímo na Labi a 6 na přítocích. V německé části povodí Labe na dolním toku Havoly pod Borgsdorfem je provozováno 10 stabilních ultrazvukových stanic.

V posledních letech se pro měření průtoků častěji používá mobilních zařízení na principu Dopplerova efektu (ADCP),

zejména při vyšších vodních stavech. S těmito přístroji je snadnější manipulace než s vrtulemi a výrazně se zkracuje doba měření. Na rozdíl od bodového měření rychlosti vody pomocí vrtule, průtokoměry ADCP měří souhrnně průběh rychlosti v celém říčním profilu, zároveň zaznamenávají tvar průtočného profilu a přímo vyčíslují celkový průtok. Proto se jich často využívalo i při povodni v srpnu 2002 (obr. 5.1-17).

Mezi dalšími postupy stojí za zmínku induktivní hydrodynamická sonda, kterou lze na rozdíl od hydrometrické vrtule používat i při extrémně malých rychlostech proudění. Princip měření je založen na Faradayově indukčním zákoně, kdy v magnetickém poli mezi dvěma elektrodami indukuje proudění vody proporcionální napětí.



Obr. 5.1-17: Měření průtoků ultrazvukem (ADCP) v Drážďanech při povodni v srpnu 2002

5.1.3 Hydrologické ročenky

Pro řadu hospodářských odvětví, především pro plavbu, průmysl, zásobování pitnou vodou a hornictví, ale také pro další vývoj infrastruktury, zejména pro rozšiřování měst, výstavbu mostů, silničních komunikací a železnic stejně jako pro výstavbu vodohospodářských děl, jako jsou přehrady, jezy a ochranné hráze, nabývaly v 19. století znalosti o vodních stavech a průtocích Labe a jeho přítoků, ale i menších řek, čím dál většího významu. Aby bylo možné vyhovět tomuto nároku a zároveň uveřejnit výsledky hydrologických pozorování, začaly být vydávány hydrologické ročenky.

Na českém území existují hydrologické ročenky od roku 1875 (obr. 5.1-18) a na německém území od roku 1892. Pro jejich obsahovou náplň bylo významné usnesení, které přijaly v roce 1891 státy, kterými Labe protéká. Dohodly se na zavedení „hydrologického roku“ začínajícího 1. listopadem předcházejícího roku a končícího 31. říjnem. Hydrologický rok odpovídá hydrologickému režimu během roku lépe než kalendářní rok a osvědčil se v hydrologické statistice až dodnes. Zimní hydrologické pololetí zahrnuje měsíce listopad až duben a letní pololetí měsíce květen až říjen.

České ročenky původně obsahovaly pro větší počet vodoměrných stanic průměrné denní, měsíční a roční průtoky a hydrometrická měření provedená v daném roce. Ročenky v obdobném pojetí vycházely až do roku 1975.

Současné ročenky vydávané od roku 1992 mají jiný charakter. Naměřené hodnoty se zpracovávají do formy časových a plošných charakteristik, které souhrnně vyjadřují hydrologické poměry v daném roce. Obsah ročenek zachovává kombinaci textové, tabelární a grafické formy prezentace. Pouze pro omezený počet vybraných vodoměrných stanic na hlavních tocích jsou uvedeny průměrné denní průtoky a pro vybrané prameny a vrty průměrné měsíční vydatnosti resp. úrovně hladin. Hlavním účelem současných hydrologických ročenek je širší veřejná publicita výsledků práce hydrologické služby

za uplynulý rok. Mimo tuto hydrologickou ročenku se vydává samostatná ročenka jakosti povrchových a podzemních vod.

Německé hydrologické ročenky nejdříve obsahovaly pouze denní vodní stavy, později také denní průtoky ve vodoměrných profilech, soupisy naměřených průtoků, popisy průběhu počasí a mimořádných hydrologických situací.

Současná hydrologická ročenka pro německou část povodí Labe (Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch) zahrnuje 3 svazky. První svazek postihuje část povodí Labe od česko-německé hranice po soutok s Havolou a zároveň i německou část povodí na horním toku Ohře. Druhý svazek se zabývá povodím Havoly a třetí svazek je věnován části povodí Labe od soutoku s Havolou po ústí Labe do Severního moře.

Celkem jsou dokumentovány vodní stavy 145 vybraných vodoměrných profilů a denní průtoky 243 vybraných profilů (stav v roce 2000).

Vodní stavy a průtoky jsou uváděny vždy za 14 měsíců, tj. jak za hydrologický rok, tak i za kalendářní rok.

Údaje o vodních stavech zahrnují denní vodní stavy, měsíční a roční hodnoty běžných hydrologických statistických údajů, dobu nedostoupení vodního stavu za daný rok a za období posledních 10 let a dále 10 nejnižších a 10 nejvyšších vodních stavů naměřených od zahájení pozorování. V případě potřeby jsou denní hodnoty opatřeny symbolem vyznačujícím „zarostlost profilu“, resp. 5 symboly vyznačujícími 5 různých ledových jevů. Naopak pro vodoměrné profily ve slapovém úseku Labe jsou za každý den zdokumentovány dva nejnižší a dva nejvyšší vodní stavy včetně přesného času.

U průtoků jsou uvedeny stejné charakteristiky jako u vodních stavů, ovšem hodnoty běžných hydrologických statistických údajů a doba nedostoupení průtoků se nevztahují k období posledních 10 let, ale na celé období pozorování.

Všem třem svazkům ročenky je přiložena přehledná mapa dané části povodí Labe, ve které jsou zakresleny všechny vodoměrné profily uvedené v ročence, přičemž různé symboly charakterizují profily, pro které jsou uvedeny vodní stavy, a ty, pro které jsou zdokumentovány průtoky. Další symboly poskytují informace o vybavenosti vodoměrných stanic.

Dále jsou ve třech částech hydrologické ročenky pro německou část povodí Labe obsaženy popisy meteorologické a odtokové situace a situace podzemních vod, hodnocení průtoků plavenin, průběhy vodního stavu a průtoků a čáry jejich nedostoupení, resp. přestoupení ve vybraných vodoměrných profilech, průběh vodního stavu v měrných profilech podzemních vod typizovaných hydrogeologických rajonů a grafy teploty vzduchu a úhrnu srážek ve vybraných klimatologických stanicích.



Obr. 5.1-18: Titulní list první české Hydrologické ročenky z roku 1875

5.2 Sklon, rychlosti proudění a postupové doby Labe

5.2.1 Sklon

Přirozený proces proudění v říčním korytě je umožněn sklonem vodního toku, přičemž se rozlišuje sklon dna a sklon hladiny. Sklon představuje poměr výškového rozdílu mezi dvěma body dna toku, resp. hladiny a délky příslušného říčního úseku. Obvykle se uvádí v promile (‰), kdy 1 ‰ označuje výškový rozdíl 1 m na říčním úseku o délce 1 km.

Sklon hladiny závisí vedle sklonu dna i na vodnosti. V největší části Labe jsou oba sklony při průměrné vodnosti identické. Rozdíly se vyskytují především v horských oblastech a v oblasti jezových zdrží. Ve slapovém úseku závisí sklon hladiny na přílivu a odlivu.

V tab. 5.2-1 a na obr. 5.2-3 je uveden průměrný sklon od pramene Labe po jez Střekov v Ústí n. L. a od začátku zdrže jezu Geesthacht po ústí Labe do Severního moře jako sklon dna a pro dlouhý říční úsek mezi uvedenými jezy jako sklon hladiny při průměrném průtoku. Je zřejmé, že až na několik málo říčních úseků sklon od pramene po ústí kontinuálně ubývá. Velký sklon v horním úseku Labe označuje bystřinný charakter řeky (obr. 5.2-1). Pod soutokem s Vltavou a od státní hranice po Torgau sklon několikrát kolísá. Dále po proudu se stále více a více prosazuje nížinný charakter řeky.

Výjimku představuje skalnatý úsek v Magdeburku (obr. 5.2-2). Zkrácení délky toku Labe, ke kterému došlo v letech 1784 - 1789 pod městem v délce 11,3 km (viz kap. 3.2), způsobilo silnější erozi dna, která od této doby vede k postupnému „uvolňování“ tří skalnatých úseků. Tyto skalní výběžky u Magdeburské katedrály (ř. km 325,6), u mostu Strombrücke

*Nic na světě není tak měkké a poddajné jako voda,
a přec v tom, jak překonává pevné a silné,
ji nic nepřekoná.
Proto ji nemůže nic zastoupit.
(Lao-c')*



Obr. 5.2-1: Labe nad Špindlerovým Mlýnem

(ř. km 326,6) a v blízkosti parku Herrenkrug (ř. km 329,6) způsobují změnu sklonu a následkem toho větší rychlosti proudění. Pro celkem 4,0 km dlouhý skalnatý úsek činí sklon hladiny v průměru 0,40 ‰, mezi skálou u Magdeburské katedrály a mostem Strombrücke dokonce 0,64 ‰. Proto je zde rychlost proudění značně vyšší než nad a pod uvedeným úsekem. Při průměrně nízké vodě činí $0,7 \text{ m.s}^{-1}$ a při střední vodě $2,2 \text{ m.s}^{-1}$.



Obr. 5.2-2: Labe v Magdeburku se skálou Domfelsen u Magdeburské katedrály během období sucha v srpnu 2003

Protože pro vyhotovení nového podélného profilu dosud chybí nezbytné upravené plochy povodí přítoků (viz kap. 2.1), vychází graf zobrazující přírůstek plochy povodí Labe od pramene po ústí (obr. 5.2-3) z dřívě platné plochy povodí Havoly $24\,096 \text{ km}^2$.

Tab. 5.2-1: Průměrný sklon Labe v jednotlivých říčních úsecích

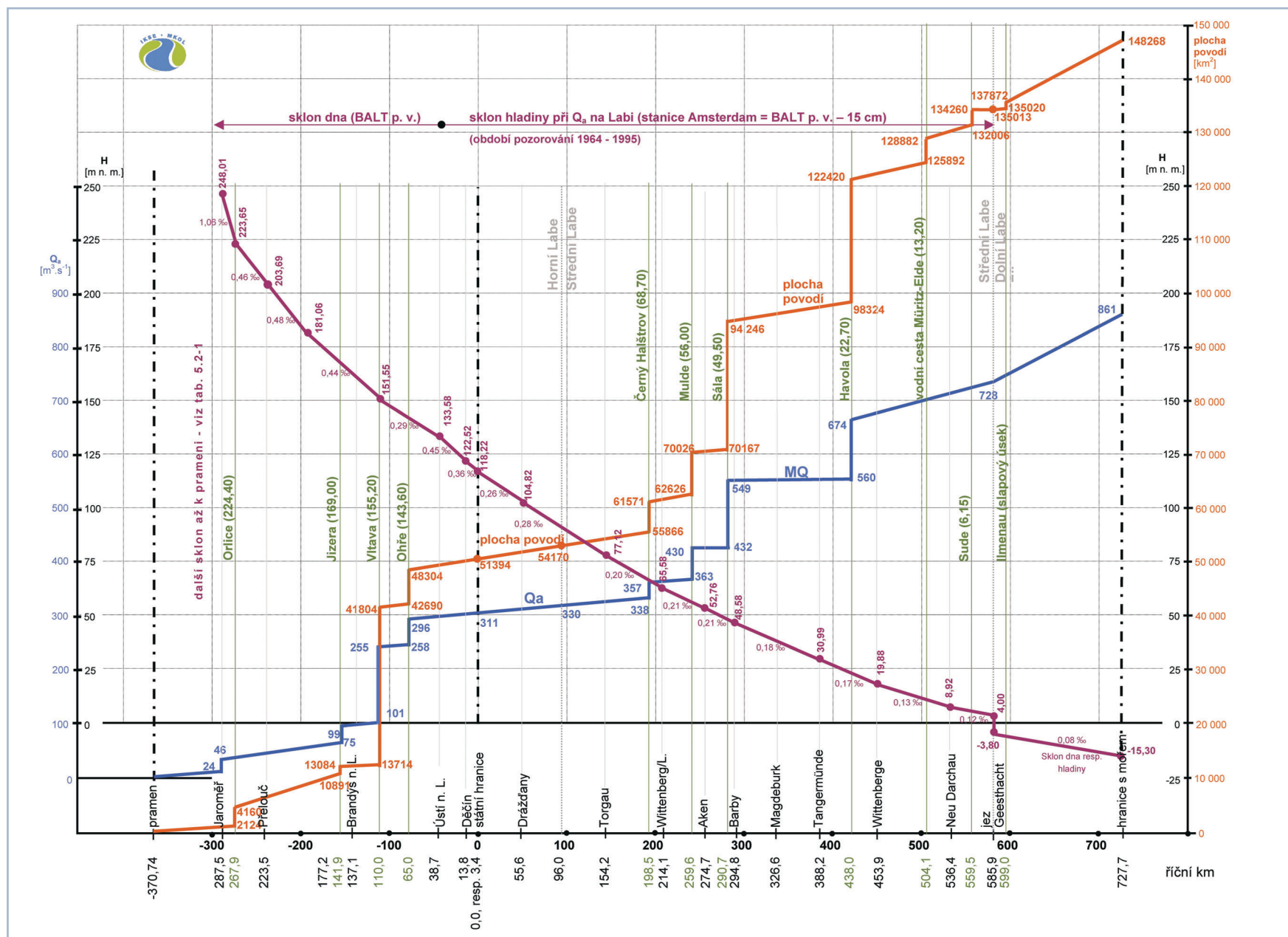
Říční úsek	Kilometráž ¹⁾ od - do	Délka [km]	Průměrný sklon [‰]
Pramen Labe - VD Labská	370,7 - 359,1	11,6	59,5
VD Labská - Vrchlabí	359,1 - 343,2	15,9	16,2
Vrchlabí - VD Les Království	343,2 - 316,8	26,4	4,6
VD Les Království - Jaroměř	316,8 - 291,2	25,6	2,6
Jaroměř - jez Hradec Králové	291,2 - 268,4	22,8	1,1
Jez Hradec Králové - jez Přelouč	268,4 - 224,6	43,8	0,46
Jez Přelouč - jez Poděbrady	224,6 - 177,2	47,4	0,48
Jez Poděbrady - soutok s Vltavou	177,2 - 110,0	67,2	0,44
Soutok s Vltavou - jez Střekov/Ústí n. L.	110,0 - 40,4	69,6	0,29
Jez Střekov/Ústí n. L. - Děčín	40,4 - 14,0	26,4	0,45
Děčín - státní hranice ČR/SRN	14,0 - 0,0	14,0	0,36
státní hranice ČR/SRN - Drážďany	3,4 - 55,6	52,2 ²⁾	0,26
Drážďany - Torgau	55,6 - 154,2	99,3 ³⁾	0,28
Torgau - Wittenberg/L.	154,2 - 214,1	59,9	0,20
Wittenberg/L. - Barby	214,1 - 294,8	79,2 ³⁾	0,21
Barby - Magdeburk (nad skalnatým úsekem)	294,8 - 325,6	30,8	0,20
městský úsek v Magdeburku (skalnatý úsek)	325,6 - 329,6	4,0	0,40
Magdeburk (pod skalnatým úsekem) - Tangermünde	329,6 - 388,2	58,6	0,18
Tangermünde - Wittenberge	388,2 - 453,9	65,7	0,17
Wittenberge - Neu Darchau	453,9 - 536,4	82,5	0,13
Neu Darchau - začátek zdrže jezu Geesthacht	536,4 - 564,0	27,6	0,12
zdrž jezu Geesthacht	564,0 - 585,9	21,9	0,10
jez Geesthacht - Cuxhaven	585,9 - 727,7	141,8	0,08 ⁴⁾

1) říční kilometráž v České republice, resp. plavební kilometráž v Německu

2) Labe tvoří uprostřed toku v délce 3,4 km společnou státní hranici.

3) s ohledem na zkrácení vodního toku po stanovení plavební kilometráže (viz kap. 3.2.3)

4) s ohledem na prohloubení plavební dráhy na 15,8 m v úseku Cuxhaven - Hamburský přístav



Obr. 5.2-3: Hydrologický podélný profil Labe

5.2.2 Rychlosti proudění

Rychlost proudění závisí na sklonu a odtékajícím objemu vody. Čím větší je sklon a průtok, tím rychleji odtéká voda dále po proudu, což je jasně patrné z tab. 5.2-2. S poklesem sklonu od Krkonoš (vodoměrná stanice Jaroměř) po nížinu (stanice Wittenberge) rychlost proudění při stejném průtoku značně klesá, s rostoucím průtokem naopak v daném průtočném profilu roste. Rozsáhlými rozlivy do záplavových území, které se při povodni vyskytují především v nížině, rychlost proudění znovu klesá (viz stanice Barby a Wittenberge).

Porovnání těchto průtoků s hlavními hydrologickými charakteristikami $\bar{Q}_{\min}$, Q_a a $\bar{Q}_{\max}$ umožňuje tab. 5.6-3 (viz kap. 5.6).

Při průchodu povodňové vlny se zvětšuje sklon hladiny a tudíž také rychlost proudění. Na základě průtoků naměřených při povodni v srpnu 2002 byly na Labi zjištěny maximální rychlosti proudění, které jsou uvedeny v tab. 5.2-3.

Ve vodoměrných stanicích Drážďany, Torgau a Neu Darchau byl průtok měřen při kulminaci povodně, ve stanicích Ústí n. L. a Děčín naopak při vodním stavu podstatně nižším než kulminačním. Přesto byl dne 19. srpna 2002 v Děčíně hydrometrováním změřen průtok $2\,180\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, což je doposud největší přímo naměřený průtok v České republice. Lze však předpokládat, že maximální rychlosti proudění byly v těchto obou stanicích při kulminaci povodně mnohem vyšší než rychlosti změřené. Poměrně nízká rychlost proudění ve stanici Wittenberge je způsobena lokalitami, kde došlo k protržení ochranné hráze, a rozsáhlými rozlivy do záplavových území na Středním Labi.

V horních částech povodí, které se vyznačují větším sklonem, se vyskytovaly výrazně vyšší rychlosti proudění než na Labi. Tento závěr lze vyvodit z průtoků naměřených na přítocích (tab. 5.2-4), i když byla tato měření prováděna při vodních stavech, které byly podstatně nižší než kulminační.

Tab. 5.2-2: Průměrné rychlosti proudění na Labi v průtočném profilu vybraných vodoměrných stanic pro dané průtoky

Vodoměrná stanice	Kilometr ¹⁾ [km]	Průtok [m ³ .s ⁻¹]	Rychlost proudění [m.s ⁻¹]	Průtok [m ³ .s ⁻¹]	Rychlost proudění [m.s ⁻¹]	Průtok [m ³ .s ⁻¹]	Rychlost proudění [m.s ⁻¹]	Průtok [m ³ .s ⁻¹]	Rychlost proudění [m.s ⁻¹]	Průtok [m ³ .s ⁻¹]	Rychlost proudění [m.s ⁻¹]	Průtok [m ³ .s ⁻¹]	Rychlost proudění [m.s ⁻¹]
Jaroměř	287,5	150	1,63	300	2,07	400	2,23	1 000	—	1 500	—	3 000	—
Ústí n. L.	38,7	150	0,82	300	1,06	500	1,30	1 000	1,57	1 500	1,74	3 000	1,84 ²⁾
Drážďany	55,6	150	0,65	300	0,95	500	1,20	1 000	1,50	1 500	1,60	3 000	2,10
Barby	294,8	150	0,55	300	0,88	500	0,90	1 000	1,16	1 500	1,42	3 000	1,40
Wittenberge	453,9	150	0,48	300	0,75	500	0,90	1 000	1,02	1 500	0,91	3 000	0,88

1) říční kilometr v České republice, resp. plavební kilometr v Německu

2) zjištěno výpočtem

Tab. 5.2-3: Maximální rychlosti proudění naměřené na Labi v průtočném profilu vybraných vodoměrných stanic při povodni v srpnu 2002

Vodoměrná stanice	Říční km	Plocha povodí [km ²]	Kulminace povodně v srpnu 2002			Měření v srpnu 2002	
			Datum	Vodní stav [cm]	Průtok [m ³ .s ⁻¹]	Vodní stav [cm]	Rychlost proudění [m.s ⁻¹]
Ústí n. L.	38,7	48 557	16. 8.	1 196	4 700	602	2,27
Děčín	13,8	51 104	16. 8.	1 230	4 770	743	2,96
Drážďany	55,6	53 096	17. 8.	940	4 580	939	3,86
Torgau	154,2	55 211	18. 8.	949	4 420	948	3,60
Wittenberg/L.	214,1	61 879	18. 8.	706	4 120	665	2,60
Wittenberge	453,9	123 532	20. 8.	734	3 830	714	1,52
Neu Darchau	536,4	131 950	23. 8.	732	3 420	731	1,94

Tab. 5.2-4: Maximální rychlosti proudění naměřené na přítocích v průtočném profilu vybraných vodoměrných stanic při povodni v srpnu 2002

Vodní tok	Vodoměrná stanice	Plocha povodí [km ²]	Kulminace povodně v srpnu 2002			Měření v srpnu 2002	
			Datum	Vodní stav [cm]	Průtok [m ³ .s ⁻¹]	Vodní stav [cm]	Rychlost proudění [m.s ⁻¹]
Vltava	České Budějovice	2 848	13. 8.	652	1 310	354	3,42
Lužnice	Bechyně	4 046	16. 8.	640	666	337	2,10
Otava	Písek	2 913	13. 8.	880	1 180	454	2,66
Vltava	Praha-Chuchle	26 720	14. 8.	782	5 160	782	3,28 ¹⁾
Weißeritz	Drážďany-Cotta	366	13. 8.	430	450	270	3,25
Moldavský potok	Lichtenberg 2	38,9	13. 8.	277	53,2	118	2,60
Zwickauer Mulde	Zwickau-Pölbitz	1 030	13. 8.	476	500	406	3,07
Mulde	Bad Dübén 1	6 171	14. 8.	852	1 500	656	2,45
Mulde	Priorau	6 990	14. 8.	684	971	662	2,39

1) maximální povrchová rychlost měřená plovákem

Ve stanici Římov na Malši (povodí Vltavy) byl změřen průtok blízky kulminaci s maximální rychlostí $4,03 \text{ m.s}^{-1}$. Ve stanici Niedermülsen na potoce Mülsebach v dílčím povodí Zwickauer Mulde dosáhla maximální rychlost proudění $4,32 \text{ m.s}^{-1}$ a ve stanici Gottleuba na Rybném potoce $3,43 \text{ m.s}^{-1}$. V úzké soutěsce toku Müglitz byla dokonce překročena hodnota 6 m.s^{-1} .

Povodně s takovými velkými rychlostmi proudění ničí vše, co stojí návalu vody v cestě. Proto byly při srpnové povodni v roce 2002 největší škody na budovách, mostech, dopravních komunikacích, železničních tratích, elektrických a telefonních stožárech ve většinou úzkých horských údolích (obr. 5.2-4), přičemž naplavené předměty často způsobují přechodné vzdouvání vody u mostů a dalších překážek. Po průlomu bariér voda pak odtéká údolím s ještě větší silou a rychlostí.



Obr. 5.2-4: Zničená obec Weesenstein v údolí řeky Müglitz ve východním Krušnohoří

Takové povodně, které vznikají velmi rychle a vedou k ničivým dopadům, mají charakter přívalové povodně.

V říčních úsecích s daleko menším sklonem než v horských vodních tocích a následkem toho i menší rychlostí proudění se takové škody vyskytují v podstatně menším rozsahu. Zde vedou povodňové vlny především ke škodám hlavně v důsledku zatápnutí budov, objektů dopravy a další infrastruktury (obr. 5.2-5 a 5.2-6).



Obr. 5.2-5: Zaplavené městské části v Praze-Holešovicích dne 14. srpna 2002



Obr. 5.2-6: Zaplavené městské části v Drážďanech dne 17. srpna 2002

5.2.3 Postupové doby

Rozdílné rychlosti proudění nutně způsobují různě dlouhé postupové doby. Z *tab. 5.2-5* je patrné, že z důvodu většího sklonu Horního Labe jsou postupové doby na území České republiky značně kratší než v říčních úsecích stejné délky v německé části povodí Labe.

Při průměrné vodě jsou postupové doby od Jaroměře po státní hranici (291,2 km) 63 hodin, pro přibližně stejně dlouhou trasu na německém území od státní hranice po Barby (294,0 km) však 90 hodin (po zohlednění redukujícího vlivu prahů a stupňů ve dně na českém území). Jinak by byla postupová doba na českém území ještě podstatně kratší. Z Barby po jez Geesthacht (291,1 km) činí postupová doba dokonce 107 hodin.

Pro celý říční úsek od Jaroměře po jez Geesthacht (872,9 km) jsou postupové doby při

- $H_{\min}$ 327 hodin (tj. 13 dní a 15 hodin),
- H_a 260 hodin (10 dní a 20 hodin) a
- $H_{\max}$ 178 hodin (7 dní a 10 hodin).

Nápadně dlouhá postupová doba 768 hodin (32 dní) je ve slapovém úseku Labe při průměrné vodě. Následkem účinku přílivu a odlivu se jednotlivá kapka vody dostává na necelých 142 km dlouhém říčním úseku od jezu Geesthacht po ústí Labe pouze mnohonásobným kyvadlovým pohybem do Severního moře. Naopak pro téměř stejně dlouhý říční úsek od Wittenberge po jez Geesthacht (132 km) potřebuje jednotlivá kapka vody pouhých 8 % (51 hodin) postupové doby ve slapovém úseku.

Uvedené postupové doby nejsou identické s dobami transportu látek. Rovněž postupové doby povodňových vln se mohou značně odchýlit od dob uvedených při průměrně vysokém vodním stavu. Rozdíly jsou závislé na daných vodních stavech na Labi a v místech zaústění přítoků při probíhající kulminaci.

Tab.5.2-5: Postupové doby na Labi v jednotlivých říčních úsecích při různé vodnosti

Říční úsek	Říční km od - do	Délka říčního úseku [km]	Postupové doby ¹⁾ [hodin] při		
			prům. minimálním vodním stavu [$H_{\min}$]	průměrném vodním stavu [H_a]	prům. maximálním vodním stavu [$H_{\max}$]
Jaroměř (soutok s Metují) - Pardubice	291,2 - 240,2	51,0	14	12	10
Pardubice - Mělník (soutok s Vltavou)	240,2 - 110,0	130,2	48 (62)	33 (45)	29 (39)
Mělník (soutok s Vltavou) - Ústí n. L.	110,0 - 38,7	71,3	17 (79)	12 (57)	10 (49)
Ústí n. L. - státní hranice ČR/SRN	38,7 - 0,0 (levý břeh)	35,3 (3,4 km dlouhá společná hranice)	9 (88)	6 (63)	4 (53)
Státní hranice ČR/SRN - Drážďany	0,0 - 55,6	55,6	16	14	10
Drážďany - Torgau	55,6 - 154,2	99,3	35 (51)	28 (42)	20 (30)
Torgau - Wittenberg/L.	154,2 - 214,1	59,9	24 (75)	20 (62)	13 (43)
Wittenberg/L. - Barby	214,1 - 294,8	79,2	30 (105)	28 (90)	19 (62)
Barby - Magdeburk	294,8 - 326,6	31,8	16 (121)	9 (99)	6 (68)
Magdeburk - Tangermünde	326,6 - 388,2	61,6	28 (149)	22 (121)	13 (81)
Tangermünde - Wittenberge	388,2 - 453,9	65,7	30 (179)	25 (146)	15 (96)
Wittenberge - Neu Darchau	453,9 - 536,4	82,5	33 (212)	26 (172)	16 (112)
Neu Darchau - jez Geesthacht	536,4 - 585,9	49,5	27 (239)	25 (197)	13 (125)
Jez Geesthacht - Cuxhaven	585,9 - 727,7	141,8	[~70 dní] ²	[~32 dní] ²	[~12 dní] ²

1) Postupové doby sdělil ČHMÚ v Praze a BfG v Koblenzi. Jedná se o orientační hodnoty, které mohou být v konkrétních případech překročeny nebo nedostoupeny.

() kumulativní postupové doby z Jaroměře po státní hranici ČR/SRN a od ní po jez Geesthacht

2) postupové doby s ohledem na vliv přílivu a odlivu

Z porovnání postupových dob, které jsou pro průměrně vysoký vodní stav uvedeny v *tab. 5.2-5*, s postupovými dobami extrémní povodňové vlny v srpnu 2002 vyplývají tyto skutečnosti:

V tabulce je postupová doba mezi Mělníkem (soutok Vltavy s Labem) a Ústím n. L. (71,3 km) při průměrně vysokém vodním stavu uvedena hodnotou 10 hodin. Ale v srpnu 2002 činila postupová doba kulminace povodňové vlny v tomto úseku 25 hodin. Na Labi, kde se průtoky nad soutokem s Vltavou pohybovaly pouze v oblasti nevýznamné povodně,

se proti proudu vytvořilo v délce 20 km zpětné vzdutí až po Kostelec n. L. Rozsáhlými rozlivy v místě zaústění Vltavy bylo zaplaveno 51 km² (*obr. 5.2-7*). V oblasti soutoku Labe s Ohří u Litoměřic (*obr. 5.2-8*) dosáhlo zaplavené území (67 km²) šířky 8 km. Vlivem zpětného vzdutí a rozlivů byla kulminace povodňové vlny transformována a její průběh značně prodloužen.

Podle *tab. 5.2-5* činí postupová doba při průměrně vysokém vodním stavu na 90,9 km dlouhém úseku mezi vodoměrnými stanicemi Ústí n. L. a Drážďany 14 hodin. Ačkoliv v poměrně



Obr. 5.2-7: Rozlivy v oblasti soutoku Labe s Vltavou u obce Hořín dne 16. srpna 2002

úzkém údolí Labe v Českém středohoří a v Česko-Saském Švýcarsku nejsou rozsáhlá záplavová území, vzdutí vody tlumilo odtok, takže skutečná postupová doba kulminace povodňové vlny v srpnu 2002 činila 17 hodin.

Pro 82,5 km dlouhý říční úsek mezi vodoměrnými stanicemi Wittenberge a Neu Darchau vykazuje tabulka při průměrně vysokém vodním stavu postupovou dobu 16 hodin. V srpnu 2002 se však povodňová vlna mohla rozlít do širokých záplavových území mezi ochrannými hrázemi a

skutečná postupová doba kulminace povodňové vlny byla neobvykle prodloužena a dosáhla 63 hodin (obr. 5.2-9).

Pro říční úseky Středního Labe po Wittenberge nelze provést porovnání hodnot uvedených v tabulce s postupovými dobami v srpnu 2002, protože řada ochranných hrází se protrhla nebo byla přelitá.



Obr. 5.2-8: Rozlivy v místě zaústění Ohře (v popředí u obce Terežín) do Labe u Litoměřic (v pozadí) dne 16. srpna 2002



Obr. 5.2-9: Záplavové území mezi ochrannými hrázemi podél Labe pod městem Wittenberge (ř. km 456,0) dne 20. srpna 2002

5.3 Ledový režim Labe

Labe je řekou, která má při dlouhotrvajících mrazech sklon k rychlému vytváření ledové tříště a zámru. Zejména zámrz se svou souvislou ledovou pokrývkou po celé vodní ploše představuje překážku pro odtok a plavbu. Již před úpravou Labe na vodní cestu v letech 1844 - 1892 byly proto provedeny významné úpravy trasy vodního toku v zájmu ochrany obyvatel před povodněmi a ledovým nebezpečím.

5.3.1 Ledové jevy od pramene Labe po zdymadlo Střekov

Tvorba ledu na **Labi v Krkonoších** a v podhůří se vzhledem k jeho bystřinnému charakteru odvíjí jinak, než je tomu na stojatých vodách, resp. v pomalu tekoucích úsecích Labe. Vzhledem k velkému spádu dna a s tím spojené vysoké rychlosti proudění je voda natolik zvířená, že i vodě, která je na povrchu přechlazená pod bod mrazu, je zabráněno, aby přešla v led. Dospějí-li přechlazené podíly vody ke dnu toku, vytváří se dnový led, resp. v břehové oblasti a na velkých balvanech břehový led (obr. 5.3-1). Při dalším přetrvávání mrazu dochází, mimo jiné ve spojení se stoupajícím dnovým ledem, pomalu k tvorbě ledové vrstvy po celé šířce bystřiny.

Vzhledem k přítomnosti velkých jezů a plavebních zdymadel má ledový režim Labe od podhůří Krkonoš až k **ústí Vitavy** charakteristický průběh. Ve zdržích těchto vodních děl dochází zejména na základě velmi malého proudění a s tím spojeného teplotně podmíněného vrstvení vody v mrazivých obdobích k rychlé tvorbě souvislé ledové pokrývky. V letech intenzivní říční dopravy byly pro rozrušování ledové celiny používány speciální lodě, takzvané tlačné remorkéry, které byly vybavené ledoborcovým nástavcem. Ukončením přepravy hnědého uhlí po Labi došlo od roku 1996 k poklesu intenzity plavby zabraňující, resp. opoždující vrstvení vody a vytváření

souvislé ledové pokrývky, a tím i ke změně charakteru ledového režimu. V současné době se plavba, která dosud existuje, po vytvoření souvislé ledové pokrývky o tloušťce větší než 10 cm zastaví.



Obr. 5.3-1: Ledové jevy v říčním úseku s bystřinným charakterem

*Proud ani potok už pod ledem není,
sotvaže pohled jara naň shléd ...
(Johann Wolfgang von Goethe)*

Od roku 1990 bylo možno na vybraných zdymadlech na Labi zaznamenat počty dní se souvislou ledovou pokrývkou, které jsou uvedené v tab. 5.3-1:

Tab. 5.3-1: Zámrz na vybraných zdymadlech v české části Labe

Zimní období	Počet dní se zámrzem na zdymadlech české části Labe v říčních km ¹⁾				
	Týnec n. L. 205,3	Nymburk 169,0	Brandýs n. L. 137,9	Obříství 116,2	Střekov 40,4
1992/93: XII/1992 – II/1993	19	26	33	29	0
II/1994	4	6	11	11	0
1995/96: XII/1995 – II/1996	18	31	37	21	0
1996/97: XII/1996 – II/1997	25	41	51	30	13
II/1998	5	8	10	6	0

1) vodohospodářská kilometráž české části Labe

5.3.2 Ledové jevy v úseku od zdymadla Střekov po jez Geesthacht

Pro každé zdymadlo existují provozní předpisy, které upravují manipulování jezu při ledových jevech. Celá řada jezů je vybavena ochranou před zamrzáním, např. vháněním vzduchu s tvorbou bublinek u hydrotechnických staveb a pohyblivých zařízení nebo zařízeními k ohřevu závěrových prvků či těsnění.

Při chodu ledu se provoz zdymadel reguluje tak, aby došlo k vytvoření dostatečně silného přepadového paprsku. Z toho důvodu se zpravidla otevře pouze jedno jezové pole v oblasti proudnice toku, neboť tloušťka přepadového paprsku by měla být o 15 cm větší než maximální tloušťka odváděných ledových ker.



Archiv Povodí Labe, s. p.

Obr. 5.3-2: Původní hradlový jez na Labi v Lovosicích se silným zledovatěním (ř. km 60,1)

Teplotní režim Labe nad ústím Vltavy může být významně ovlivňován vypouštěním ohřáté vody z elektrárny Chvaletice a z chladicího systému elektrárny Opatovice. Bylo toho využito například při ledových jevech v lednu a únoru roku 1987 v zájmu urychlení opětného zahájení plavby pro přepravu hnědého uhlí.

Chod ledu v oblasti Labe nad ústím Vltavy trvá v závislosti na teplotním průběhu a velikosti odtoku 6 až 8 dní. Při nízkých vodních stavech je čas potřebný pro odvedení ledových ker systémem zdymadel delší.

Teplotní režim Labe se **pod ústím Vltavy** výrazně mění, a tím dochází i ke změně charakteru ledového režimu. Přitéká zde teplotně ovlivněná voda z kaskády vodních děl na Vltavě a voda z chladicích systémů elektráren u Mělníka. Tato změna je znatelná z počtu dní se zámrzem, např. v zimním pololetí 1996/97 činil na plavebním stupni Obříství nad ústím Vltavy 26 dní a na zdymadle Střekov pouze 13 dní.

Zvláštní komplikace při ledových jevech způsobovalo sedm hradlových jezů vybudovaných v letech 1907 - 1919, z nichž se pět nacházelo pod ústím Vltavy. Při silných mrazech byly jezy často tak pokryté ledem, že je již nebylo možno ovládat (obr. 5.3-2).

V období 1970 - 1974 byly tyto jezy nahrazeny moderními konstrukcemi, které již v dnešní době při výskytu ledových jevů nepředstavují žádné nebezpečí.

Téměř pro celé Labe je charakteristické, že k vytvoření souvislé ledové pokrývky dochází po tvorbě ledové tříště a za předpokladu déle trvajícího mrazivého období, přičemž se zámrz rozrůstá z oblasti Dolního Labe proti proudu řeky. Přehled zimních období se souvislou ledovou pokrývkou a počet dní se zámrzem Labe uvádí *tab. 5.3-2*. Pro vodoměrnou stanici Magdeburk je kromě toho uveden i počet dní s ledovou tříští, resp. chodem ledu.



Obr. 5.3-3: Ledová tříšť na Labi v Magdeburku nedaleko od zdvižného mostu (ř. km 326)

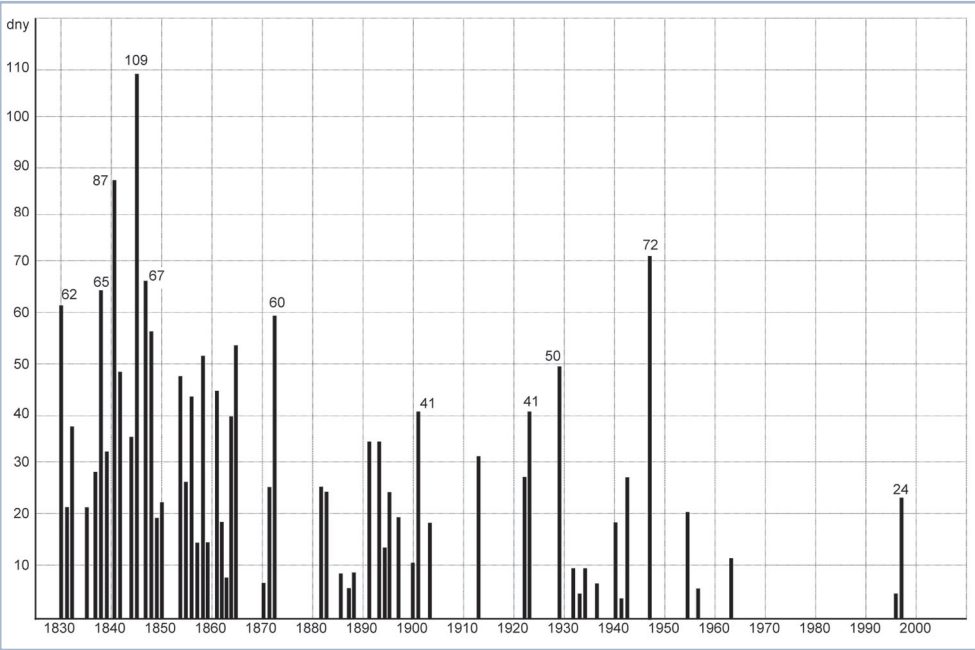
Zimní období se souvislou ledovou pokrývkou ve vodoměrné stanici Magdeburk jsou zřejmá z obr. 5.3-4.

Poměry zámrzu v podélném profilu Labe ve 20. století jsou znázorněny na obr. 5.3-5. Přitom bylo jako počáteční bod vzato nynější místo jezu Geesthacht, i když ve většině případů začíná souvislá ledová pokrývka již u oblasti rozvětvení toku Labe v Hamburku. Ledový režim v oblastech zpětného vzduťi zdymadel na Labi na českém území nebyl zohledněn.

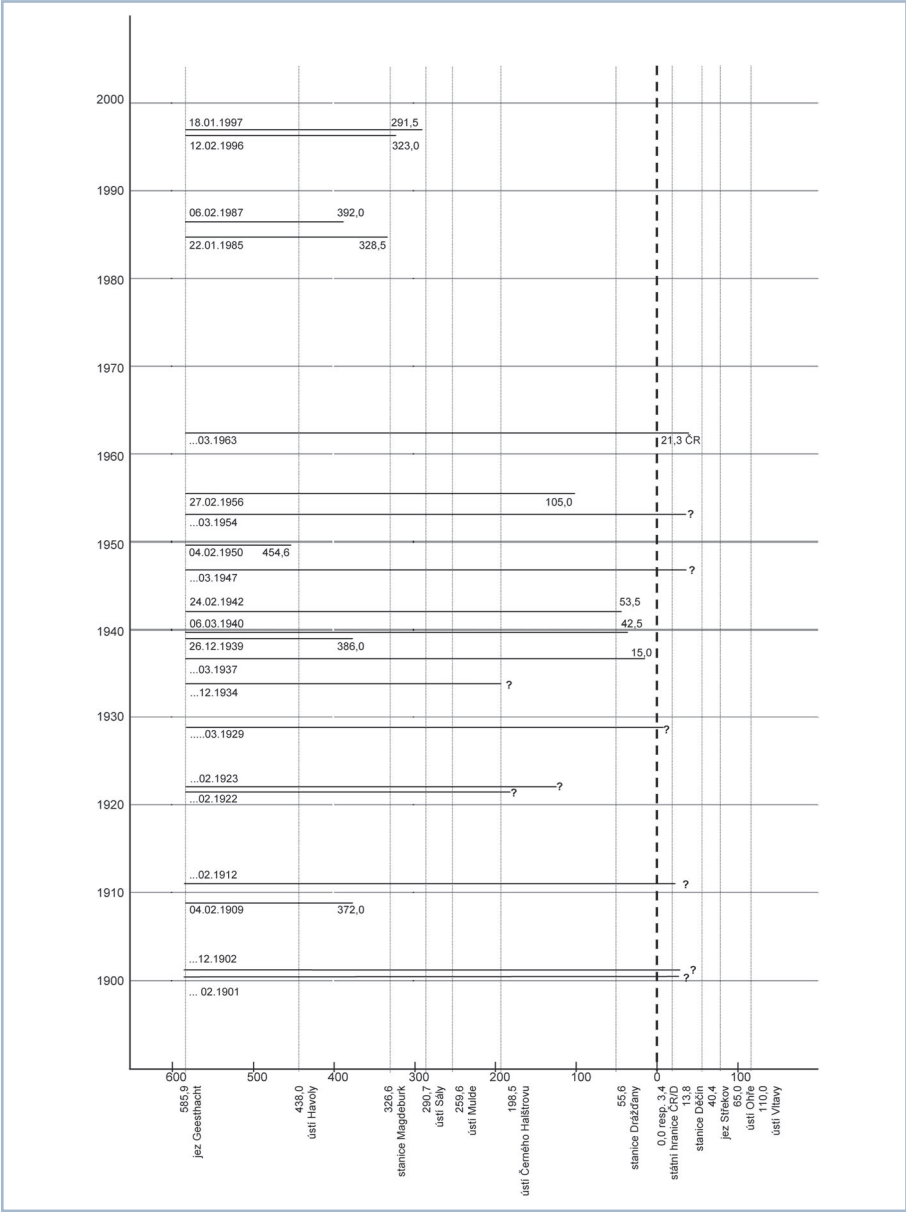
V *tab. 5.3-3* je ve vybraných vodoměrných stanicích uveden výskyt zámrzu ve 20. století, kdy došlo k vytvoření souvislé ledové pokrývky od oblasti Hamburku až po stanici Děčín.

Tab. 5.3-2: Počet zimních období se souvislou ledovou pokrývkou na Labi a příslušné dny zámru ve vodoměrných stanicích Drážďany a Magdeburk za období 1830 - 2000 a dny s ledovou tříští, resp. chodem ledu v uvedených obdobích ve vodoměrné stanici Magdeburk

Období	Vodoměrná stanice				
	Drážďany		Magdeburk		
	Zimní období [počet]	Zámrz [dny]	Zimní období [počet]	Zámrz [dny]	Ledová tříšť, resp. chod ledu [dny]
1830/31 - 1839/40	2	91	9	258	232
1840/41 - 1849/50	3	126	8	428	150
1850/51 - 1859/60	—	—	6	206	261
1860/61 - 1869/70	1	21	7	199	200
1870/71 - 1879/80	—	—	2	86	311
1880/81 - 1889/90	—	—	4	49	169
1890/91 - 1899/00	2	46	6	140	261
1900/01 - 1909/10	3	46	2	60	249
1910/11 - 1919/20	1	28	1	32	218
1920/21 - 1929/30	1	28	3	119	132
1930/31 - 1939/40	1	37	5	51	136
1940/41 - 1949/50	2	40	4	109	146
1950/51 - 1959/60	1	31	3	27	71
1960/61 - 1969/70	1	35	1	(12)	65
1970/71 - 1979/80	—	—	—	—	47
1980/81 - 1989/90	—	—	—	—	73
1990/91 - 1999/00	—	—	2	29	64



Obr. 5.3-4: Zámrz Labe ve vodoměrné stanici Magdeburk



Obr. 5.3-5: Poměry zámru s uvedením datumu a říčního km Labe horní hranice zámru v podélném profilu Labe ve 20. století (Byly zaznamenány pouze souvislé ledové pokrývky, které sahaly od jezu Geesthacht proti toku nad vodoměrnou stanicí Wittenberge.)
? – Přesná horní hranice zámru není známa.

Tab. 5.3-3: Výskyt zámru ve 20. století ve vybraných vodoměrných stanicích na Labe

Rok	Vodoměrná stanice / říční km				
	Dömitz / 504,7	Magdeburk / 326,6	Wittenberg/L. ²⁾ / 214,1	Drážďany / 55,6	Děčín / - 13,8 ¹⁾
1901	07.01.1901 – 06.02.1901 31 dní	11.01.1901 – 01.03.1901 41 dní	36 dní	08.01.1901 – 28.01.1901 21 dní	04.01.1901 – 30.01.1901 27 dní 18.02.1901 – 02.03.1902 13 dní
1902	03.12.1902 – 26.12.1902 24 dní	06.12.1902 – 24.12.1902 19 dní	15 dní	07.12.1902 – 20.12.1902 14 dní	23.11.1902 – 27.11.1902 5 dní 06.12.1902 – 19.12.1902 14 dní
1912	16.01.1912 – 17.02.1912 33 dní	18.01.1912 – 18.02.1912 32 dní	29 dní	19.01.1912 – 15.02.1912 28 dní	16.01.1912 – 15.02.1912 31 dní
1929	12.01.1929 – 15.03.1929 63 dní	25.01.1929 – 15.03.1929 50 dní	42 dní	13.02.1929 – 13.03.1929 28 dní	11.01.1929 – 15.03.1929 35 dní
1947	22.12.1946 – 16.03.1947 77 dní	04.01.1947 – 16.03.1947 72 dní	69 dní	04.02.1947 – 10.03.1947 35 dní	06.01.1947 – 10.03.1947 33 dní
1954	20.01.1954 – 07.03.1954 31 dní	01.02.1954 – 21.02.1954 21 dní	38 dní	05.02.1954 – 07.03.1954 31 dní	26.01.1954 – 07.03.1954 41 dní
1963	27.12.1962 – 16.03.1963 52 dní	01.02.1963 – 11.02.1963 12 dní	54 dní	31.01.1963 – 06.03.1963 35 dní	16.01.1963 – 13.02.1963 29 dní

1) vodohospodářská kilometráž Labe na českém území

2) Originální podkladové materiály s přesnými údaji již nejsou k dispozici.

Z uvedených grafů, tabulek a posouzením jednotlivých případů výskytu ledových jevů je zřejmé:

■ Zámrz na velkých úsecích Labe nebyl do poloviny 20. století žádnou vzácností (tab. 5.3-2 a 5.3-3 a obr. 5.3-5). S rostoucí industrializací, která je také spojena s vypouštěním teplých odpadních vod, však četností a trvání period se souvislou ledovou pokrývkou ubývalo. Jestliže ve vodoměrné stanici Magdeburk bylo za 70 let od roku 1831 do 1900 zaznamenáno celkem 42 zimních období s 1 366 dny zámru, bylo ve stejně dlouhém období 1901 - 1970 pouze 19 zimních období se zámrem ve 410 dnech. Také ve vodoměrné stanici Drážďany ve stejných obdobích poklesl počet dní se zámrem z 284 na 245 (tab. 5.3-2).

■ Ve stejných obdobích ubylo četností a trvání period s výskytem ledové tříště. Pokud bylo ve vodoměrné stanici Magdeburk v období 1831 - 1900 ještě 1 584 dní s ledovou tříští, resp. chodem ledu, pak v období 1901 - 1970 to bylo jen 1 017 dní (tab. 5.3-2).



Obr. 5.3-6: Zámrz Labe u města Dömitz (ř. km 505) v lednu 1997



Obr. 5.3-7: Zámrz Labe 22. ledna 1997 v intravilánu města Schönebeck (ř. km 311)

5.3.3 Ledové jevy ve slapovém úseku Labe

■ Pozorování ve vodoměrné stanici Magdeburk od roku 1830 ukazují, že se doba tvorby prvního ledu ledovou tříští postupně posunula z listopadu do druhé prosincové dekády.

■ Vypouštěním velkých množství teplých odpadních vod a zvýšeným obsahem solí v Sále, zejména v 70. a 80. letech 20. století, došlo k dalšímu drastickému omezení tvorby ledu na Středním Labi. Vypouštění odpadních vod vedlo na Středním Labi ke zvýšení teploty vody v zimním období až o 3 °C. Zámrz se proto omezil i při dlouhotrvajícím chladném počasí většinou na úsek Horního Labe v České republice regulovaný vzdutím, úsek pod ústím Havoly a Dolní Labe.

■ Po mrazivém období v lednu a únoru 1963, které mělo za následek souvislou ledovou pokrývku od Hamburku až 21 km na české území, se již nevyskytla žádná zima, při níž by horní hranice zámrz Labe sahala až do České republiky (obr. 5.3-5).

■ Zahájením provozu moderních čistíren odpadních vod a zrušením průmyslových podniků, zejména průmyslu celulózy a papíru, chemického průmyslu a elektráren v 90. letech 20. století, prudce pokleslo zatížení odpadními vodami a zvyšování teploty Labe, čímž byla opět podpořena tvorba ledu v mrazivých obdobích. V únoru 1996 bylo Střední Labe znovu úplně zamrzlé až po Magdeburk a v lednu 1997 poprvé od února 1963, tedy po 34 letech, skoro až po ústí Sály (tj. v délce 307 km až po ř. km Labe 291,5) (obr. 5.3-5).

Ve vodoměrné stanici Magdeburk bylo v lednu 1997 zaznamenáno celkem 24 dní se zámrzem (obr. 5.3-4).

Ve slapovém úseku Labe **pod jezem Geesthacht až po Hamburk** se ledové jevy vytvářejí převážně oscilujícím prouděním následkem přílivu a odlivu. Ledové kry nejsou dostatečně rychle odváděny a za přetrvávajícího mrazu srůstají v souvislou ledovou pokrývku. Přinášena ledová tříšť je zadržována a dochází k zámrz. Výchozím bodem pro zámrz je zpravidla oblast větvení Labe v Hamburku se svými mostními objekty a vyrovnávacím účinkem přístavních bazénů. Další ledová tříšť způsobuje, že se zámrz rozrůstá proti proudu. Působením tlaku ledu mohou v krátké době vzniknout bariéry, které mohou nabýt tloušťky několika metrů a vést tak k zácpám. Tyto mohou vznikat i při odchodu ledu zdymadlem Geesthacht, neboť pod jezem jsou velmi malé rychlosti proudění. Zabránit příliš silnému stoupání vody a poškození



Obr. 5.3-8: Nasazení ledoborců pod jezem Geesthacht v lednu 1997

ochranných hrází ledovými krami zde může pouze nasazení ledoborců (obr. 5.3-8).

Ledová katastrofa v roce 1885 a zejména těžká ledová katastrofa v zimě 1887/1888, při které větší počet zácp o tloušťce až 6 m vedl k protržení ochranných hrází na délce cca 70 km a pouze díky nasazení pěti parních remorkérů z Hamburku se podařilo rozrušit další nebezpečné zácpy mezi jezem Geesthacht a městem Lauenburg, byly podnětem k vybudování ledoborcového loďstva, které bylo určeno speciálně pro oblasti Labe od Hamburku směrem proti proudu. Již o rok později mohla někdejší pruská Stavební správa řeky Labe v Magdeburku nasadit tři parní ledoborce. Od té doby bylo ledoborcové loďstvo neustále rozšiřováno a technicky zdokonalováno.

Pod Hamburkem nedošlo od úpravy na námořní cestu k žádnému dalšímu zámrz. Mírné přímořské podnebí, stálá výměna vody následkem přílivu a odlivu a podstatně větší příčný profil toku brání tvorbě podobně nebezpečných ledových situací, jaké jsou typické pro úseky toku Labe nacházející se nad Hamburkem. Kromě toho se ledoborce v přístavu a na Labi pod Hamburkem starají o to, aby při výskytu hustých polí ledové tříště nebyla námořní plavba z Hamburku a do Hamburku citelně narušována a aby provoz převozních lodí nemusel být pokud možno zastaven.

5.3.4 Ohrožení ledem

Povodně provázené silnou ledovou tříští a ledovými zácpami jsou zvláště obávanými přírodními jevy. Chování ledu je často nevyzpytatelné. Velmi konkrétním způsobem poukázaly zimy 1986/87, 1995/96, 1996/97 a 2002/2003 na to, že ledové zimy na Labi s komplikovanými okrajovými podmínkami, jako velkými vodami provázenými zledovatěním zaplavaných území a nastupujícím kupením ledu až do tloušťky dvou metrů, resp. vznikem zácp až čtyřmetrové výšky, jsou i nadále aktuální. Při ledových jevech se proto mohou dostavit tyto případy ohrožení:

Ve fázi ledové zácpy dochází nad zámrzem ke **zvyšování vodních stavů** za nadále připlouvajícího a kupícího se velkého množství ledu. Jakmile řeka zamrzne, neřídí se již prouděním v otevřených korytech, nýbrž prouděním v uzavřeném potrubí. Vzhledem k tření o ledovou pokrývku je průměrná rychlost proudění ve srovnání se stavem bez ledu při stejném vodním stavu menší. Proti jednou vzniklé ledové celině a pod ledovou celinu se sunou stále nové ledové kry a dále zužují průtočný profil. Tím dochází nad zámrzem k silnému vzestupu vodního stavu, k takzvané ledové povodni. V *tab. 5.3-4* jsou pro tři vybrané případy zámrzů na Labi, k nimž došlo v nedávné době, uvedena zvýšení vodních stavů způsobená zámrzem ve vybraných vodoměrných stanicích.

Z tabulky je zřejmé, že ledovou zácpou může dojít k dramatickým nárůstům vodních stavů o více než dva metry, což může při vysokých odtocích vést k přelití ochranných hrází a jejich protržení. Ledovou zácpou 10. ledna 1979 se vodní stav ve vodoměrné stanici Darchau zvýšil dokonce o 3,41 m. Na jezu Geesthacht vyvolal zámrz dne 15. ledna 1987 vodní stav, který byl o 42 cm vyšší než bouřlivý příliv v lednu 1976. Přesto činil rozdíl mezi vodní hladinou a zvýšenou korunou ochranné hráze ještě 145 cm. Porovnání rozdílů mezi maximálním vodním stavem za povodně v lednu 2003 (při které bylo možno po řadu dní zaznamenat na velkých úsecích Labe od Magdeburku vysokou hustotu chodu ledu - *obr. 5.3-9*) a

horními hranami ochranných hrází ukazuje *tab. 5.3-5*.

Z tabulky je zřejmé, že v několika vodoměrných stanicích se rozdíl mezi vodní hladinou a korunou ochranné hráze pohyboval mezi 158 a 189 cm, a tím byl pomístně pou-

ze o 20 až 30 cm větší než při povodni v srpnu 2002. Kdyby tedy při povodni v lednu 2003 při déle trvající periodě mrazu došlo k zámrz se zvýšením vodních stavů až o dva metry, mohlo by na mnoha úsecích pod Magdeburkem dojít k přelití ochranných hrází s nebezpečím jejich protržení.

Tab. 5.3-4: Vliv zámrzů na vodní stavy Labe ve vybraných vodoměrných stanicích

Vodoměrná stanice	Říční km	Zámrz leden/únor 1987			Zámrz leden/únor 1996			Zámrz prosinec 1996/leden 1997		
		Vodní stav			Vodní stav			Vodní stav		
		před zámrzem [cm]	při zámrzu [max. cm]	zvýšení [cm]	před zámrzem [cm]	při zámrzu [max. cm]	zvýšení [cm]	před zámrzem [cm]	při zámrzu [max. cm]	zvýšení [cm]
Boizenburg	559,5	473	587	114	191	310	119	187	285	98
Neu Darchau	536,4	577	688	111	269	374	105	256	379	123
Dömitz	504,7	441	553	112	212	319	107	183	341	158
Wittenberge	453,9	449	584	135	231	438	207	264	394	126
Tangermünde	388,2	—	—	—	240	537	297	287	480	193
Magdeburk	326,6	—	—	—	299	372	73	165	371	206
Barby	294,8	—	—	—	—	—	—	219	427	208

Tab. 5.3-5: Vodní stavy při návrhové povodni pro labské ochranné hráze ve srovnání s proběhlými povodněmi

Vodoměrná stanice	Říční km	Nula vodočtu [m n. m.]	Návrhová povodeň		Horní hrana ochranné hráze (1 m nad návrhovou povodní) ²⁾ [cm ve vod. st.]	Povodeň srpen 2002		Povodeň leden 2003	
			ve vod. st. ¹⁾ [cm]	absolutní výška [m n.m.]		ve vod. st. [cm]	rozdíl [cm]	ve vod. st. [cm]	rozdíl [cm]
Hohnstorf	568,9	± 0,00	940	9,40	1 040	870	170	851	189
Boizenburg	559,5	3,80	680	10,60	780	645	135	617	163
Neu Darchau	536,4	5,68	757	13,25	857	732	125	692	165
Dömitz	504,7	10,43	685	17,28	785	657	128	618	167
Schnackenburg	474,6	13,70	760	21,30	860	751	109	695	165
Wittenberge	453,9	16,72	745	24,17	845	734	111	674	171
Tangermünde	388,2	27,59	742	35,01	842	768	74	684	158

- 1) Společnou komisí pro hraniční vody Spolkové republiky Německo a Německé demokratické republiky byla v roce 1983 ve vodoměrné stanici Wittenberge na Labi odvozena návrhová povodeň prosta ledu o hodnotě 745 cm při průtoku 4 000 m³.s⁻¹, což po povodni v srpnu 2002 odpovídá Q₁₀₀. Pro vodoměrnou stanici Neu Darchau byl dohodnut návrhový vodní stav 757 cm a pro stanici Boizenburg 680 cm. Základem je kulminační stav povodně z března 1981 zvýšený o 70 cm.
- 2) V obcích se často volí 1,20 m.



Obr. 5.3-9: Vodní tříšť v intravilánu Magdeburku při průchodu kulminace povodňové vlny o průtoku $3\,070\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (Q_{20}) dne 10. ledna 2003



Obr. 5.3-10: Nasazení ledoborců na říčním km Labe 415 dne 6. února 1987 při silném kupení ledu a někde až čtyřmetrových ledových zácpách

Vzhledem k velmi rychlému stoupání vodní hladiny při ledových povodních nezbyvá mnoho času na reakci nebo přípravu zabezpečovacích a záchranných prací.

Zvlášť nebezpečná situace nastane, jestliže se ledové kry nasunou na korunu ochranných hrází a vzdutá voda se přes korunu hráze přelije. Může to vést až ke zničení ochranné hráze, jako tomu bylo např. při ledové povodni v roce 1909 při protržení ochranné hráze u obce Berge (ř. km 420).

Jestliže ve fázi kupení ledu připlouvají dále velká množství ledu na blokující mostní pilíře a jiné pevné stavby v řece, přirozená zúžení a ostré ohyby ve směru toku, zasouvají se na ledovou celinu a pod ni a může se vytvořit **ledová zácpa** (obr. 5.3-10), která je ze všech ledových jevů tím nejnebezpečnějším. Možné dopady ledové zácpy jsou podobné jako při zámru, skrývají však v sobě větší ohrožení.

Pokud již na Labi došlo k vytvoření zámru a mrazivé počasí nadále trvá, ledová pokrývka přísunem dalších ker rychle narůstá proti toku řeky. Znalost rychlosti **rozšiřování zámru**,

resp. postupové rychlosti je rozhodující pro posouzení vývoje ohrožení plynoucího ze zámru. Na základě vyhodno-

cení vývoje historických případů zámru byl vytvořen přehled v tab. 5.3-6:

Tab. 5.3-6: Postupová rychlost rozšiřování zámru podél Labe u vybraných případů zámru

Oblast/Říční km	Délka úseku Labe [km]	Rozšiřování zámru					
		leden/únor 1987		prosinec 1996/ leden 1997		dlouhodobý průměr ¹⁾	
		[km.h ⁻¹]	[hodin]	[km.h ⁻¹]	[hodin]	[km.h ⁻¹]	[hodin]
Jez Geesthacht/585,9 - Boizenburg/559,5	26,4	2,0	13	2,0	13		
Boizenburg/559,5 - Darchau/536,4	23,1	1,5	15	2,1	11	0,7	34
Darchau/536,4 - Dömitz/504,7	31,7	3,5	9	1,3	24	1,0	32
Dömitz/504,7 - Lenzen/484,6	20,1	1,8	11	3,4	6	1,4	14
Lenzen/484,6 - Wittenberge/453,9	30,7	1,5	21	3,8	8	1,1	29
Wittenberge/453,9 - Tangermünde/388,2	65,7	—	—	3,7	18	2,7	24
Tangermünde/388,2 - Magdeburg/326,6	61,6	—	—	1,4	45	0,6	108
Magdeburg/326,6 - Barby/294,8	31,8	—	—	0,1	263	0,6	55

1) průměr 27 případů zámru v letech 1901 - 1963

Z tabulky je u jednotlivých případů zámru na vybraných úsecích Labe zřejmá rozdílná rychlost postupu hranice zámru, takže předpověď vývoje zámru je možná jen omezeně. Přitom je třeba dbát i na to, že v horních oblastech zámru dochází často ke kupení ledu, čímž se postupová rychlost snižuje.

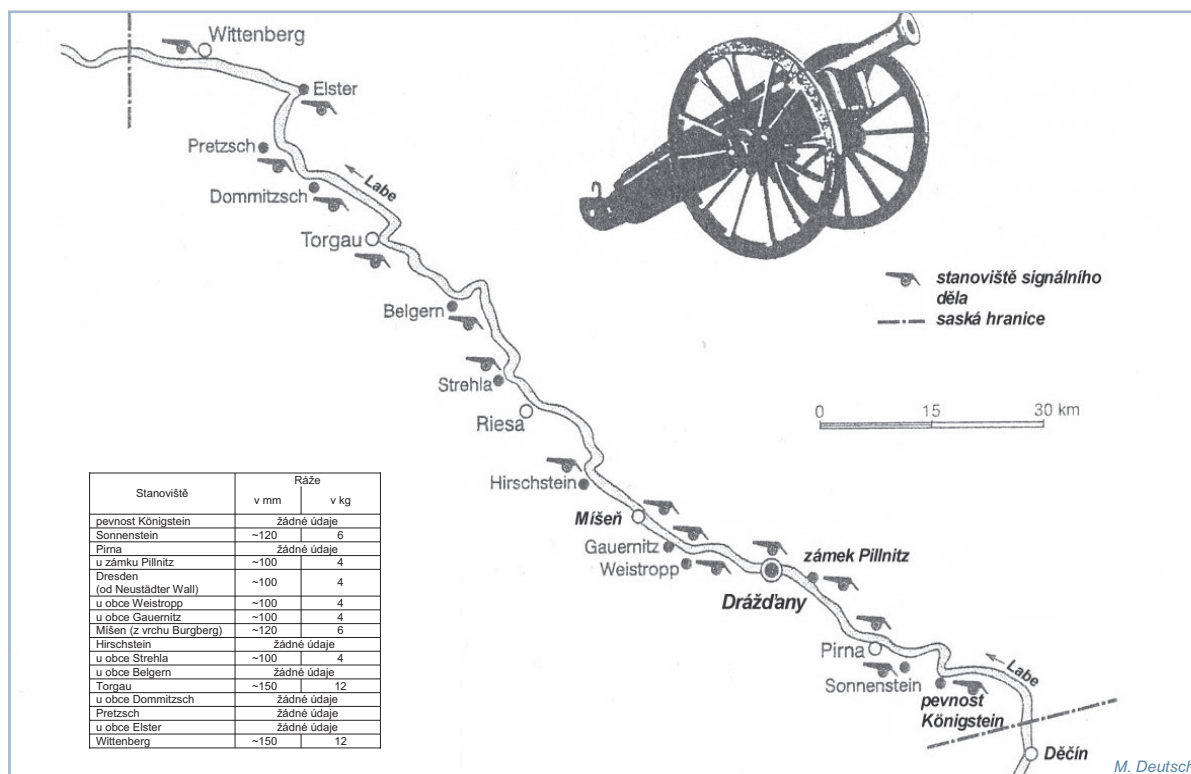
Sledujeme-li delší úseky Labe, trval např. vývoj hranice zámru z města Boizenburg do Wittenberge na úseku o délce 105,6 km za ledové zimy v lednu/únoru 1987 celkem 56 hodin, tj. 2,3 dne, při ledové zimě v prosinci 1996/lednu 1997 49 hodin, tj. 2 dny, ale v dlouhodobém průměru 109 hodin, tj. 4,5 dne. Z toho lze vyvozovat zrychlení rozšiřování hranic zámru v nedávné minulosti.

V minulých stoletích docházelo při **rozpadávání ledu** a začínajícím chodu ledu následkem tání často ke katastrofálním ledovým zácpám, resp. povodňovým vlnám. Ledová povodeň v únoru 1655, poté co bylo Labe v Drážďanech 15 týdnů zamrzlé, způsobila nejen podél Labe, nýbrž i podél Vltavy velké záplavy a škody. Podobné účinky měla ledová povodeň v únoru a březnu 1784. Mohutné praskání a rozpadávání ledu se v Drážďanech ohlašovalo hlasitým lomozem, a nastal neuvěřitelně rychlý vzestup vody. Vodní stav se z 28. února 1784 v 21.00 hod. do 1. března v 8.00 hod., tj. během 11 hodin, zvýšil o 355 cm, tzn. zvyšoval se v průměru o 32 cm za hodinu, a 1. března 1784 dosáhl v místě nynější vodoměrné stanice maximální hodnoty 857 cm. Při této ledové povodni byl mimo jiné zničen i jeden pilíř Karlova mostu v Praze a jeden pilíř drážďanského mostu byl velmi poškozen. Již v následující zimě 1784/85 mělo Labe v Drážďanech zámru po dobu 108 dní.

Ze zkušeností minulých ledových povodní byla vyvozena první opatření preventivní ochrany před povodněmi. Podle kurfiřtského nařízení z února 1785 měli jízdní poslové od saských hranic u Bad Schandau hlásit pukání ledu a záplavy vo-

dy přicházející z Česka. Později byla v exponovaných místech podél českého a německého Labe až do Barby postavena signální děla, která svými výstřely varovala před rozrušováním ledu (*obr. 5.3-11*). Poprvé tak oznámila pukání a příchod ledu při ledové povodni v lednu 1789. První stanoviště signálního děla na saském území, které se nacházelo na pevnosti Königstein, mělo při pukání ledu vystřelit třikrát.

Pro zabránění ledovým povodním a v zájmu plavby se dnes souvislá ledová pokrývka a ledové zácpy na Labi v Německu rozrušují ledoborci (*obr. 5.3-12*). Vodní a plavební ředitelství Východ (Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost) má svůj vlastní předpis pro službu sledující ledové jevy. Zahrnuje pozorování a hlášení ledových jevů, varování před ledovými jevy, bezpečnostní opatření pro plavbu a zdolávání ledových



Obr. 5.3-11: Stanoviště signálních děl k varování před ledem a povodní na Labi od pevnosti Königstein až po město Wittenberg v roce 1799

jevů pro umožnění dopravy. Varování před ledovými jevy se vyhlašuje, jestliže je nutno počítat s místním nebo regionálním ohrožením osob a majetku následkem tvorby ledu.

Varování před ledovými jevy bude mít i do budoucna velký význam. Odstavením provozu průmyslových podniků a elektráren a zlepšenou likvidací odpadních vod došlo v povodí Labe od roku 1991 k obratu v trendu antropogenního vnosu tepla do labských vod. V budoucnu lze tedy počítat s tím, že

při dlouhotrvajícím mrazivém počasí bude znovu větší mírou docházet k tvorbě ledu na Středním Labi. Horní hranice zámruzu se tím bude opět častěji posouvat dále proti proudu.

Při chodu ledu mohou ledové kry svou abrazivní a dynamickou silou způsobit velké poškození na ochranných hrázích a březích a na stavebních objektech v řece nebo v její blízkosti. Abraze travního drnu na návodních svazích ochranných hrází může mít za následek ohrožení jejich stability. Při po-

vodni v lednu 2003 způsobila velká rychlost proudění, že pod ústím Havoly došlo vlivem ledové abraze v celé řadě oblouků ke značným škodám na svazích ochranných hrází se značnými objemovými ztrátami v hrázním tělese (obr. 5.3-13.).



Obr. 5.3-12: Skupina ledoborců při nasazení na Labi nad městem Tangermünde (ř. km 392) dne 26. února 1996



Obr. 5.3-13: Poškození na pravostranné labské hrázi s dlážděným opevněním návodní strany způsobená chodem ledu v lednu 2003 nad obcí Müggendorf (ř. km 464)

*Ten, komu voda sabá po krk,
by neměl věšet hlavu.
(Ulrich Steger)*

Velká voda a s ní spojené záplavy jsou následkem meteorologických jevů, mají přirozenou příčinu a jsou nedílnou součástí koloběhu vody v přírodě. Tyto přírodní jevy se stávají katastrofou, jestliže s sebou přinášejí závažné následky pro člověka a životní prostředí.

K povodním docházelo již od pravěku a bude k nim docházet i v budoucnu. Zdrojem povodní jsou dešťové srážky a voda z tání sněhové pokrývky. Pro velikost povodní jsou vedle rozložení srážek co do jejich množství, trvání a prostoru také významné jímací schopnosti porostu, půdy, terénu a sítě vodních toků. Teprve když dojde k přetížení tohoto akumulačního účinku, odtoková situace se výrazně zhorší.

Podle příčin vzniku lze v povodí Labe identifikovat tyto důležité typy povodní:

- zimní a jarní povodně, vyvolávané táním sněhové pokrývky, převážně v kombinaci s deštěm,
- letní povodně, vyvolávané dlouhotrvajícím regionálním deštěm,
- letní povodně, které jsou vyvolávané krátkodobými přivalovými srážkami vyskytujícími se pouze na poměrně malém území.

Vysoké vodní stavy mohou vznikat i následkem ledových jevů (viz kap. 5.3), naplavovaného materiálu a říčního štěrku.

Povodním nelze zabránit, ale možné škody lze ve spojitosti s včasným varováním a předpovídáním průběhu povodně omezit vhodnými technickými opatřeními, zejména u malých a středních povodní. Proto jsou a nadále zůstanou technická protipovodňová opatření důležitým prvkem ochrany před povodněmi. Přitom je však třeba si uvědomit, že absolutní ochrana před povodněmi neexistuje. Z toho důvodu se technická opatření provádějí na zvolenou míru ochrany, která se stanovuje na základě návrhové povodně.

Je nepochybné, že člověk zasáhl do přírodního režimu a koloběhu vody a v mnoha případech povodňovou situaci pozitivně nebo negativně ovlivnil. Zásahy do přirozených akumulačních vlastností porostu, půdy, terénu a sítě vodních toků mají nezřídka negativní vliv na průběh povodní. Vodní nádrže mohou naproti tomu, v závislosti na velikosti povodně, způsobit zmenšení povodňové vlny (viz kap. 3.3). Extrémní případy povodní jsou však antropogenními vlivy v povodí ovlivňovány téměř zanedbatelně.

Ochrana před povodněmi nabývala v posledních desetiletích stále větší váhy, neboť hodnota národohospodářského majetku se v územích vyžadujících ochranu neustále zvyšovala. V hustě osídlených územích mohou povodně v krátké době

způsobit milionové škody, což se jednoznačně potvrdilo na Rýně v prosinci 1993 a lednu 1995, v povodí Sávy v dubnu 1994, na Odře a Moravě v červenci 1997, v podhorských částech povodí Horního Labe v červenci 1997 a červenci 1998 a na Vltavě a na Labi v srpnu 2002.

Zkušenosti z povodní v posledních letech ukázaly, že:

- posuzování ochrany před povodněmi je nutno provádět zásadně ve vztahu k povodí, nezávisle na politických a státních hranicích,
- v daném povodí je průběh povodně níže po toku ovlivňován opatřeními učiněnými na horním toku,
- zájmy v oblasti ochrany před povodněmi na vodách přesahujících státní hranice je nezbytné koordinovat mezinárodně a preventivní ochrana před povodněmi by měla být realizována podle dohodnutých kritérií.

5.4.1 Povodňový režim Labe

Vzhledem k výškovému uspořádání povodí je odtokový režim Labe podstatně ovlivňován akumulací vody ve sněhu a táním sněhové pokrývky. Labe se proto řadí mezi vodní toky dešťo-sněhového typu. Pro odtokový režim jsou tudíž charakteristické převážně zimní a jarní povodně. Podíl odtoku za hydrologické zimní pololetí činí proto více než 60 % průměrného ročního odtoku a méně než 40 % připadá na letní pololetí (viz kap. 5.6.2). Převážný počet významných povodní na Labi

vzniká zejména následkem intenzivního tání sněhové pokrývky, zasahujícího až do hřebenových oblastí středohoří, ve spojení s regionálními vydatnými dešti. Objem takových povodní je velký. Samotné tání sněhu nevyvolává na Labi velké povodně.

Z období pozorování 1890 - 2002 je zřejmé, že se na Horním Labi vyskytlo 70 až 75 % povodní v zimním hydrologickém

pololetí, na Středním Labi dokonce 80 % a více. Podrobnosti jsou zřejmé z *tab. 5.4-1*. Březen se projevuje se svými 25 % a více jako měsíc nejbohatší na povodně. Nejsušším měsícem v zimním hydrologickém pololetí je listopad s 0,9 % až 1,8 % ročních povodní.

Na letní hydrologické pololetí připadá na Horním Labi 25 až 30 % všech ročních povodní za období pozorování 1890 - 2002, zatímco na Středním Labi to je necelých 20 % (*tab. 5.4-1*). Nejsuššími měsíci letního pololetí jsou září a říjen. Odchytky se vyskytují pouze ve stanici Brandýs n. L. v červnu a září.

Všechny významné případy povodní na Labi v letních měsících vznikají následkem regionálních několikadenních vydatných srážek. Letní přivalové srážky, které jsou plošně omezené, vedou často k extrémním povodním na malých i větších přítocích Labe, avšak na vlastním Labi vyvolávají pouze povodně menšího rozsahu.

Největší roční zimní a letní povodně ve vodoměrné stanici Drážďany jsou zřejmé z přehledu v *tab. 5.4-2* a z přehledu všech ročních povodní na *obr. 5.4-1*.

Velké povodně na Labi začínají obvykle na území České republiky, na němž se rozprostírá 33,7 % povodí Labe. Rozsah a průběh povodní na saském Labi jsou určovány procesem jejich vzniku v Čechách. I extrémní povodně v německých povodích, jako červencová povodeň v roce 1927 nebo srpnová povodeň v roce 2002 z Krušných hor a dubnová povodeň v roce 1994 na Sále, způsobují pouze krátkodobé zvýšení hladiny Labe.

Z toho plyne, že bez velké vody z Horního Labe nedochází ani při velmi velkých průtocích z přítoků Středního Labe, jako Černého Halštrovu, Mulde, Sály a Havoly, na Středním Labi ke vzniku významných povodňových vln. V závislosti na

Tab. 5.4-1: Sezonalita ročních maximálních průtoků v Labi za období 1890 - 2002 (113 let)

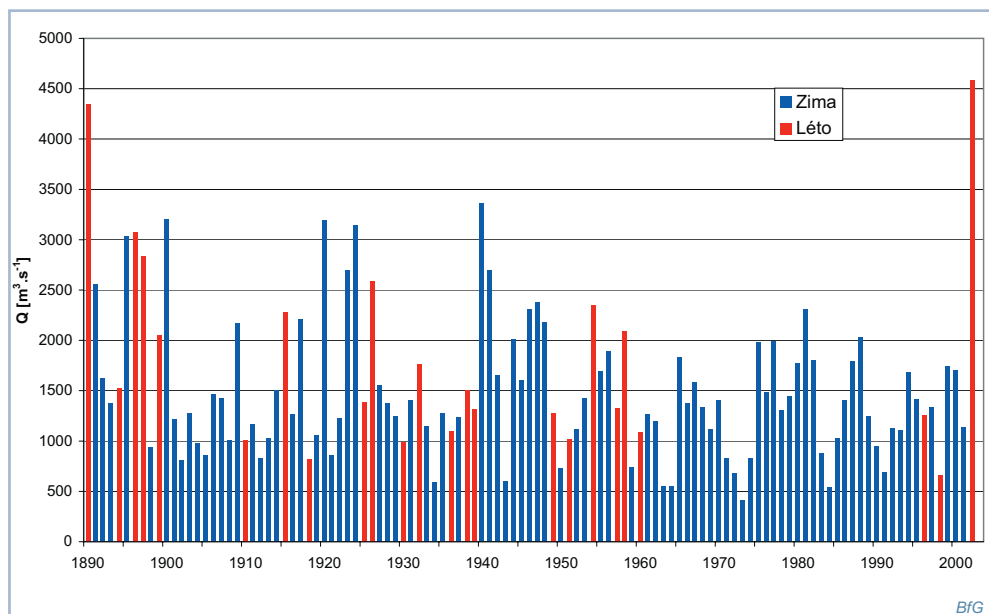
Vodoměrná stanice	Počet povodní v jednotlivých měsících a jejich procentuální rozdělení												Zimní pololetí [počet] [%]	Letní pololetí [počet] [%]
	Zimní hydrologické pololetí						Letní hydrologické pololetí							
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
Brandýs n. L.	1	7	16	21	29	11	8	2	5	5	6	2	85	28
	0,9 %	6,2 %	14,1 %	18,6 %	25,7 %	9,7 %	7,1 %	1,8 %	4,4 %	4,4 %	5,3 %	1,8 %	75,2 %	24,8 %
Ústí n. L.	1	4	8	27	32	8	8	7	6	7	3	2	80	33
	0,9 %	3,5 %	7,1 %	23,9 %	28,3 %	7,1 %	7,1 %	6,2 %	5,3 %	6,2 %	2,6 %	1,8 %	70,8 %	29,2 %
Děčín	1	6	7	26	32	9	7	6	6	7	4	2	81	32
	0,9 %	5,3 %	6,2 %	23,0 %	28,3 %	8,0 %	6,2 %	5,3 %	5,3 %	6,2 %	3,5 %	1,8 %	71,7 %	28,3 %
Drážďany	1	3	10	25	32	9	7	6	7	6	4	3	80	33
	0,9 %	2,7 %	8,8 %	22,1 %	28,3 %	8,0 %	6,2 %	5,3 %	6,2 %	5,3 %	3,5 %	2,7 %	70,8 %	29,2 %
Barby	2	2	17	20	30	20	9	4	2	3	2	2	91	22
	1,8 %	1,8 %	15,0 %	17,7 %	26,5 %	17,7 %	8,0 %	3,5 %	1,8 %	2,6 %	1,8 %	1,8 %	80,5 %	19,5 %
Wittenberge	1	3	17	16	30	24	7	5	2	2	3	3	91	22
	0,9 %	2,7 %	15,0 %	14,2 %	26,5 %	21,2 %	6,2 %	4,4 %	1,8 %	1,8 %	2,7 %	2,6 %	80,5 %	19,5 %
Neu Darchau	1	3	18	15	30	24	8	5	2	1	3	3	91	22
	0,9 %	2,7 %	15,9 %	13,3 %	26,5 %	21,2 %	7,1 %	4,4 %	1,8 %	0,9 %	2,7 %	2,6 %	80,5 %	19,5 %

Tab. 5.4-2: Přehled největších ročních zimních a letních povodní (1890 - 2002) s průtokem větším než $2\,100\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (Q_j) ve vodoměrné stanici Drážďany

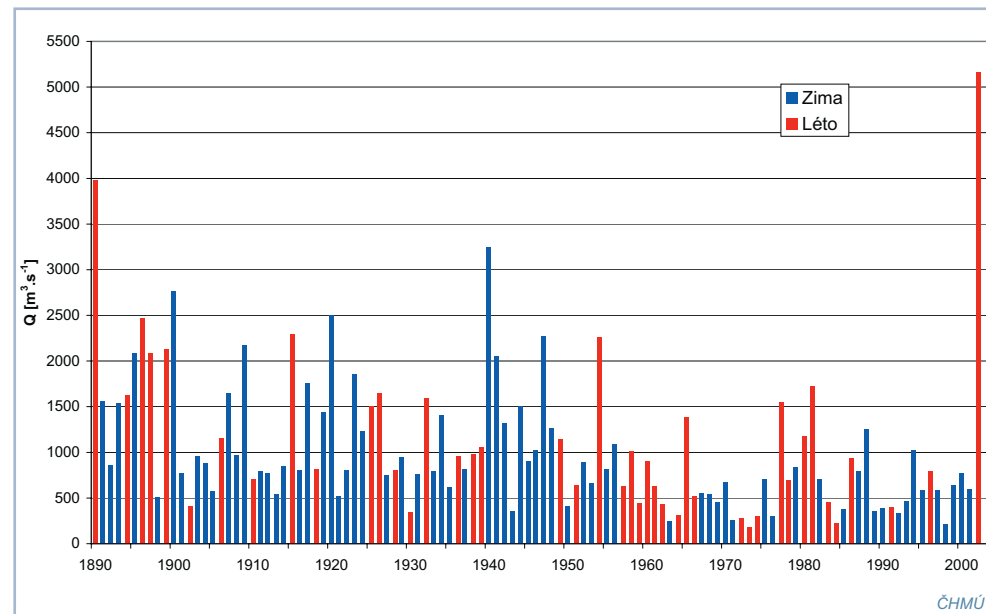
Poř. čís.	Zimní povodeň			Letní povodeň		
	Datum	Vodní stav [cm]	Průtok [$\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$]	Datum	Vodní stav [cm]	Průtok [$\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$]
1.	17. 3. 1940	778	3 360	17. 8. 2002	940	4 580
2.	11. 4. 1900	773	3 200	6. 9. 1890	837	4 350
3.	17. 1. 1920	772	3 190	7. 5. 1896	732	3 070
4.	27. 3. 1895	734	3 040	2. 8. 1897	708	2 840
5.	10. 4. 1941	715	2 700	22. 6. 1926	698	2 591
6.	5. 2. 1923	717	2 695	12. 7. 1954	674	2 350
7.	9. 3. 1891	692	2 560	23. 7. 1981	663	2 310
8.	17. 3. 1947	667	2 380	10. 10. 1915	670	2 280
9.	12. 2. 1946	668	2 310			
10.	19. 4. 1917	660	2 210			
11.	12. 2. 1948	650	2 180			
12.	7. 2. 1909	658	2 170			
13.	15. 3. 1981	652	2 220			
14.	30. 3. 1924	638	2 140			

časovém průběhu odtávání sněhové pokrývky a nástupu vydatného deště v povodích přítoků s velkým podílem středohoří (Mulde a Sála) odtékají povodňové vlny z přítoků do Labe před průchodem nebo po průchodu labské povodňové vlny. Jen velmi vzácně se kulminační průtoky vzájemně střetávají.

Vznik povodně na Horním Labi je rozhodujícím způsobem určen průtokem Vltavy, jejíž povodí je při ústí do Labe více než dvakrát větší než povodí Labe. Je to zřejmé i z porovnání historických povodní na Vltavě ve vodoměrné stanici Praha a na Labi ve vodoměrných stanicích Děčín a Drážďany (obr. 5.4-1 až obr. 5.4-3). Pro sedm velkých povodní od roku 1890 v Drážďanech ($> 3\,000\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$) a šest velkých povodní v Děčíně ($> 3\,000\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$) lze v šesti případech nalézt odpovídající povodně v Praze. Z toho lze vyvodit, že největší povodně na Labi v Drážďanech se začínají zpravidla tvořit v povodí Vltavy.



Obr. 5.4-1: Roční maximální průtoky ve vodoměrné stanici Drážďany (za období 1890 - 2002)



Obr. 5.4-2: Roční maximální průtoky ve vodoměrné stanici Praha (za období 1890 - 2002)

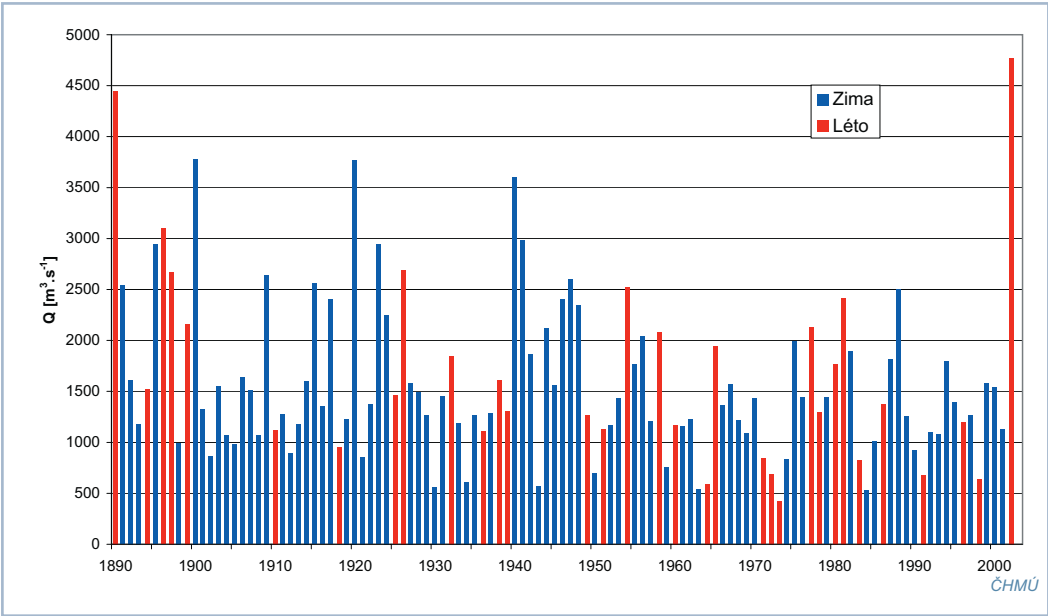
V závislosti na vodnosti přítoků v oblasti Středního Labe může dojít k dalšímu zesílení velkých povodňových vln, které přicházejí z Horního Labe. Povodňové vlny Horního Labe s malým objemem se pod Drážďanami stále více zplošťují. Vzhledem k tomu, že na německém území podél Labe až k jezu Geesthacht ještě existují přirozené záplavové plochy o rozloze 1 015 km², mohou se kulminace povodňové vlny časově zpozdit a v omezeném rozsahu i snížit.

Velikost dosud existujících přirozených zaplavovaných území na Labi představující šířku zaplavovaných ploch me-

zi ochrannými hrázemi (resp. hrází a vysokým břehem) na vybraných profilech Labe je zřejmá z tab. 5.4-3.

Obrázek 5.4-4 území zaplaveného za povodně a území při normální vodnosti pořízený ze stejného místa ukazuje dosud poměrně velké plochy podél Labe, které jsou při povodni zaplavovány. Tyto plochy je třeba zachovat a ve vhodných lokalitách posunutím ochranných hrází dále od toku zvětšit. S tímto opatřením se počítá na 15 místech.

Znatelné redukce povodňových kulminací na Labi lze však dosáhnout pouze řízeným zaplavitím poldrů, jak ukázalo zaplavení Havoly s jejími poldry, stejně jako i celá řada protřazených ochranných hrází při povodni v srpnu 2002. Proto má být také v následujících letech podél Labe na německém území prozkoumáno 16 lokalit z hlediska možnosti snížení kulminace povodňové vlny za využití odlehčovacích poldrů.



Obr. 5.4-3: Roční maximální průtoky ve vodoměrné stanici Děčín (za období 1890 - 2002)

Tab. 5.4-3: Šířka přirozených záplavových území podél Labe ve vybraných profilech

Vybraný profil Labe		Šířka přirozeného záplavového území [m]
Lokalita	Říční km	
nad obcí Klöden-Bösewig	191	3 400
ústí Černého Halštrovu	198,5	3 450
Wittenberg/L.	214	2 000
nad obcí Coswig	229	5 200
Roßlau nad ústím Mulde	256	4 100
pod obcí Aken	277	2 950
pod ústím Sály	291	4 200
pod obcí Barby (železniční trať)	294	2 800
odbočení Starého Labe k jezu v Pretzienu	300,7	3 000
Magdeburk-Rothensee/Gerwisch	332	3 350
Labe sestupný kanál – Lostau (Staré Labe)	337	3 200
dálniční most Hohenwarthe	338,5	1 200
pod obcí Rogätz (pískovna)	354	3 000
Buch-Jerichow	383	3 300
Arneburg	404	850
nad obcí Werben (až k Havole)	427	2 900
Beuster	446	3 700
silniční most Wittenberge	456,3	1 400
Cumlosen	469	2 700



M. Simon

Obr. 5.4-4: Labe u obce Apollensdorf pod městem Wittenberg/L. (ř. km 224) za povodně 7. března 1999 při průtoku $1\,900\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (nahoře) a pro srovnání snímek z 29. května 1999 při průtoku $215\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (dole) ve vodoměrné stanici Wittenberg/L.



M. Simon

5.4.2 Historické povodně

Pro posouzení výskytu historických povodní na Labi byly vybrány vodoměrné stanice, jejichž průměrné hydrologické charakteristiky jsou uvedeny v tab. 5.4-4.

V následující tab. 5.4-5 jsou ve vybraných vodoměrných stanicích uvedeny všechny významné povodně od roku 1845. Vodoměrná stanice Drážďany byla přitom zvolena jako referenční stanice, u které jsou uvedeny všechny povodně s vodním stavem větším než 650 cm. V ostatních vodoměrných stanicích byly uvedeny vodní stavy a průtoky příslušející těmto případům povodně v Drážďanech. Na tomto podkladě je možné posouzení v podélném profilu Labe. Pořadí povodní v ostatních vodoměrných stanicích přitom však často neodpovídá zařazení podle velikosti dané povodně.

Snížení nulových bodů vodočtu byla u údajů vodních stavů uvažována takto:

- stanice Ústí n. L. 1. listopadu 1939 o 2,00 m;
- stanice Děčín 1. listopadu 1939 o 2,00 m;
- stanice Drážďany 1. prosince 1935 o 3,00 m;
- stanice Barby 1. listopadu 1935 o 1,00 m;
- stanice Wittenberge 1. listopadu 1935 o 1,00 m a
- stanice Darchau 1. listopadu 1935 o 2,00 m.

Vodní stavy naměřené před uvedenými daty byly přepočteny na současný nulový bod vodočtu. V Brandýse n. L. jsou vodní stavy ovlivňovány zdrží zdymadla a v Praze přemísťováním vodočtu.

Z tabulky je zřejmé, že ve vodoměrné stanici Drážďany byla povodeň v březnu 1845 největší v 19. století, povodeň v březnu 1940 největší ve 20. století a povodeň v srpnu 2002 zatím největší povodeň v 21. století.

Grafické znázornění maximálních ročních průtoků ve vodoměrných stanicích Praha, Děčín a Drážďany bylo uvedeno již

Tab. 5.4-4: Přehled vybraných vodoměrných stanic pro posouzení historických povodní

Vodoměrná stanice/ vodní tok	Povodí [km ²]	Řiční km ¹⁾	Začátek pravidelného pozorování [rok]		Průměrný minimální průtok ²⁾ [m ³ .s ⁻¹]	Průměrný minimální vodní stav ²⁾ [cm]	Průměrný průtok ²⁾ [m ³ .s ⁻¹]	Průměrný vodní stav ²⁾ [cm]	Průměrný maximální průtok ²⁾ [m ³ .s ⁻¹]	Průměrný maximální vodní stav ²⁾ [cm]
			Vodní stav	Průtok						
Brandýs n. L./Labe	13 111	137,1	1883	1911	27,5	⁵⁾	101	⁵⁾	557	⁵⁾
Praha ³⁾ -Chuchle/ Vltava	26 720	61,6 ⁴⁾	1827	1827	44,8	39 ³⁾	143	65 ³⁾	841	188 ³⁾
Ústí n. L./Labe	48 557	38,7	1851	1941	91,6	146	292	247	1 390	610
Drážďany/Labe	53 096	55,6	1776	1806	106	81	324	189	1 410	503
Barby/Labe	94 060	294,8	1883	1841	202	101	554	237	2 020	514
Wittenberge/Labe	123 532	453,9	1899	1848	273	139	678	282	1 910	521
Darchau, resp.	131 950	535,8	1869	1874	276	151	711	296	1 920	551
Neu Darchau/Labe		536,4	1945	1945						

1) zvlášť podle české a německé kilometráže

2) období pozorování 1931 - 2000

3) Stanoviště vodoměrné stanice v Praze bylo několikrát změněno.

4) nad soutokem s Labem

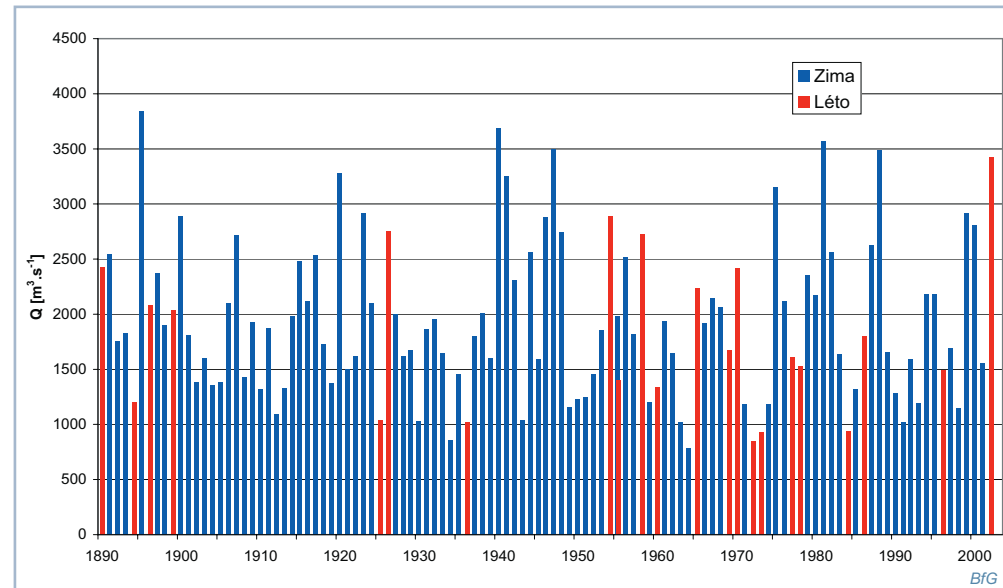
5) Vodní stav je ovlivňován zdrží zdymadla Brandýs n. L.

v úvodu této kapitoly. Pro doplnění a vysvětlení předchozí tabulky slouží následující obr. 5.4-5, na kterém jsou znázorněny roční maximální průtoky ve vodoměrné stanici Neu Darchau.

Při posuzování průběhu povodní na Labi v podélném profilu je třeba vzít v úvahu, že mnohé povodně v 19. století byly ovlivněny protržením ochranných hrází a silnými ledovými jevy.

U povodně v březnu/dubnu 1845 se např. jen na úseku Labe od obce Mühlberg (ř. km 127) po Wittenberg/L. (ř. km 214) protrhly ochranné hráze celkem 70krát. Další protržení hrází bylo zaznamenáno u obcí Rehsen, Dellnau, Dessau a Kühnau v době od 31. března do 2. dubna 1845, u obcí Aken a Grieben dne 3. dubna 1845, při obcích Ferchland, Fisch-

beck, Hohengören a Lübars 4. dubna 1845 a u obcí Jogel a Lüttgenwisch 6. dubna 1845. Vzhledem k tomu, že na celé řadě úseků Labe bránily odtoku povodně ledy, je tato



Obr. 5.4-5: Roční maximální průtoky ve vodoměrné stanici Neu Darchau (za období 1890 - 2002)

Tab. 5.4-5: Přehled největších povodní ve vybraných vodoměrných stanicích od roku 1845. Pořadí se řídí podle vodního stavu vyššího než 650 cm ve vodoměrné stanici Drážďany

Stanice Brandýs n. L.			Stanice Praha			Stanice Ústí n. L.			Stanice Drážďany			Stanice Barby			Stanice Wittenberge			Stanice Darchau		
Datum	Q [m³.s⁻¹]		Datum	Q [m³.s⁻¹]		Datum	H [cm]	Q [m³.s⁻¹]	Datum	H [cm]	Q [m³.s⁻¹]	Datum	H [cm]	Q [m³.s⁻¹]	Datum	H [cm]	Q [m³.s⁻¹]	Datum	H [cm]	Q [m³.s⁻¹]
15. 8. 2002	529		14. 8. 2002	5 160		16. 8. 2002	1 196	4 700	17. 8. 2002	940	4 580	19. 8. 2002	701	4 320	20. 8. 2002	734	3 830	23. 8. 2002	732	3 420
30. 3. 1845	1 560		29. 3. 1845	4 500		30. 3. 1845	1 119	5 350	31. 3. 1845	877	5 700	3. 4. 1845	733	5 020	4. 4. 1845	707		1845	694	
7. 9. 1890	469		4. 9. 1890	3 975		6. 9. 1890	1 005	4 400	6. 9. 1890	837	4 350	9. 9. 1890	652	3 710	14. 9. 1890	642		17. 9. 1890	617	2 430
1862			2. 2. 1862	3 950		3. 2. 1862 ¹⁾	1 101 ¹⁾	4 820 ¹⁾	3. 2. 1862	824	4 490	9. 2. 1862	678	4 140	13. 2. 1862	730		1862	714	
15. 3. 1940	832		15. 3. 1940	3 245		16. 3. 1940	923	3 560	17. 3. 1940	778	3 360	19. 3. 1940	659	4 070	21. 3. 1940	701	3 430	1. 4. 1940	700	3 620
1876			19. 2. 1876	2 674		20. 2. 1876 ¹⁾	1 006 ¹⁾	4 210 ¹⁾	20. 2. 1876	776	3 290	23. 2. 1876	703	4 550	1. 3. 1876	714		3. 3. 1876	698	3 490
09. 4. 1900	518		9. 4. 1900	2 770		10. 4. 1900	922	3 600	11. 4. 1900	773	3 200	13. 4. 1900	658	3 990	16. 4. 1900	656	2 920	19. 4. 1900	645	2 890
16. 1. 1920	1 410		15. 1. 1920	2 503		16. 1. 1920	928	3 650	17. 1. 1920	772	3 190	19. 1. 1920	683	4 650	23. 1. 1920	715	3 590	26. 1. 1920	701	3 290
1865			8. 4. 1865	2 370		10. 4. 1865 ¹⁾	880 ¹⁾	3 390 ¹⁾	12. 4. 1865	748	3 300	13. 4. 1865	675	4 090	17. 4. 1865	704		... 4. 1865	683	
2. 4. 1895	572		26. 3. 1895	2 090		28. 3. 1895	826	2 790	27. 3. 1895	734	3 040	31. 3. 1895	678	4 140	2. 4. 1895	730		7. 4. 1895	724	3 840
8. 5. 1896	456		6. 5. 1896	2 470		6. 5. 1896	841	2 950	7. 5. 1896	732	3 070	10. 5. 1896	627	3 310	13. 5. 1896	595		17. 5. 1896	584	2 080
3. 4. 1886	425		23. 3. 1886	2 002		24. 3. 1886	826	2 790	25. 3. 1886	727	2 930	28. 3. 1886	654	3 740	31. 3. 1886	654		04. 4. 1886	644	2 730
1881			8. 3. 1881	1 708		13. 3. 1881	768	2 480	10. 3. 1881	726	3 090	15. 3. 1881	696	4 430	17. 3. 1881	725		21. 3. 1881	701	3 540
4. 1. 1883	510		29. 12. 1882	2 260		3. 1. 1883	810	2 670	4. 1. 1883	724	2 900	7. 1. 1883	662	3 870	09. 1. 1883	692		12. 1. 1883	678	3 180
4. 2. 1923	780		5. 2. 1923	1 852		5. 2. 1923	816	2 700	5. 2. 1923	717	2 700	8. 2. 1923	652	3 840	11. 2. 1923	663	3 010	13. 2. 1923	658	2 920
15. 3. 1888	563		12. 3. 1888	1 820		13. 3. 1888	796	2 600	14. 3. 1888	716	2 820	16. 3. 1888	662	3 870	20. 3. 1888	649		25. 3. 1888	825	4 400
12. 3. 1941	975		8. 4. 1941	2 050		10. 4. 1941	824	2 910	10. 4. 1941	715	2 700	12. 4. 1941	635	3 510	18. 3. 1941	676	3 150	19. 3. 1941	674	3 260
1846			23. 1. 1846	920		1846			29. 1. 1846	713	2 660	1846	655	3 730	5. 2. 1846	670		... 2. 1846	651	
1867			29. 1. 1867	2 160		31. 1. 1867 ¹⁾	801 ¹⁾	2 840 ¹⁾	31. 1. 1867	711	2 850	... 2. 1867	621	3 190	19. 4. 1867	607		... 4. 1867	614	
4. 8. 1897	577		31. 7. 1897	2 070		2. 8. 1897	767	2 400	2. 8. 1897	708	2 840	6. 8. 1897	640	3 510	9. 8. 1897	618		11. 8. 1897		2 040
1850			1850			1850			5. 2. 1850	706	2 580	8. 2. 1850	665	3 890	13. 2. 1850	652		... 2. 1850	633	
20. 6. 1926	1 170		17. 6. 1926	1 652		21. 6. 1926	786	2 490	22. 6. 1926	698	2 590	22. 6. 1926	639	3 580	27. 6. 1926	660	2 960	30. 6. 1926	648	2 750
1860			31. 3. 1860	1 960		2. 4. 1860 ¹⁾	703 ¹⁾	2 320 ¹⁾	2. 4. 1860	694	2 570	5. 4. 1860	623	3 220	9. 4. 1860	639		... 4. 1860	626	
9. 3. 1891	1 090		7. 3. 1891	1 540		8. 3. 1891	765	2 400	9. 3. 1891	692	2 560	... 3. 1891	616	3 110	15. 3. 1891	623		14. 4. 1891	557	1 810
1855			2. 3. 1855	2 220		3. 3. 1855 ¹⁾	853 ¹⁾	3 170 ¹⁾	3. 3. 1855	692	2 500	7. 3. 1855	644	3 570	21. 3. 1855	737		... 3. 1855	706	
22. 3. 1947	635		15. 3. 1947	2 272		17. 3. 1947	784	2 550	17. 3. 1947	677	2 380	20. 3. 1947	649	3 830	24. 3. 1947	690	3 310	27. 3. 1947	690	3 500
19. 7. 1954	259		10. 7. 1954	2 265		11. 7. 1954	771	2 410	12. 7. 1954	674	2 350	15. 7. 1954	650	3 940	18. 7. 1954	666	3 180	21. 7. 1954	653	2 890
13. 10. 1915	513		8. 10. 1915	2 290		10. 10. 1915	762	2 320	10. 10. 1915	670	2 280	13. 10. 1915	586	2 460	18. 10. 1915	531	1 820	20. 10. 1915	577	1 720
6. 1. 2003	772		6. 1. 2003	1 030		6. 1. 2003	574	1 945	7. 1. 2003	669	2 010	9. 1. 2003	637	3 030	12. 1. 2003	674	3 210	13. 1. 2003	692	3 030
1877			14. 2. 1877	1 219		15. 2. 1877	716	2 080	16. 2. 1877	669	2 200	... 2. 1877	623	3 230	... 2. 1877			24. 2. 1877	637	2 640
12. 2. 1946	872		10. 2. 1946	1 028		11. 2. 1946	738	2 280	12. 2. 1946	668	2 310	12. 2. 1946	667	4 270	17. 2. 1946	652	2 870	20. 2. 1946	650	2 790
22. 7. 1981	718		21. 7. 1981	1 730		22. 7. 1981	757	2 310	23. 7. 1981	663	2 310	27. 7. 1981	565	2 230	30. 7. 1981	531	1 960	31. 7. 1981	550	1 810
2. 1856			10. 2. 1856	1 660		11. 2. 1856 ¹⁾	719 ¹⁾	2 370 ¹⁾	11. 2. 1856	661	2 200	... 2. 1856	589	2 650	18. 2. 1856			... 2. 1856	550	
20. 4. 1917	868		17. 4. 1917	1 762		19. 4. 1917	751	2 250	19. 4. 1917	660	2 210	22. 4. 1917	596	2 650	26. 4. 1917	589	2 250	29. 4. 1917	598	2 190
14. 2. 1909	534		5. 2. 1909	2 170		2. 1909			17. 2. 1909	658	2 170	11. 2. 1909	608	2 880	14. 2. 1909	616		... 2. 1909		
29. 3. 1988	706		28. 3. 1988	1 260		29. 3. 1988	757	2 380	30. 3. 1988	655	2 030	2. 4. 1988	632	3 220	4. 4. 1988	674	3 250	5. 4. 1988	693	3 490
14. 3. 1981	1 140		13. 3. 1981	652		15. 3. 1981	740	2 190	15. 3. 1981	652	2 220	17. 3. 1981	628	3 220	10. 3. 1981	674	3 280	21. 3. 1981	689	3 570
2. 1948	—		10. 2. 1948	1 266		2. 1948			12. 2. 1948	650	2 180	15. 2. 1948	625	3 290	18. 2. 1948	638	2 910	21. 2. 1948	640	2 740

1) vodoměrná stanice Děčín

povodeň na německém území vhodná pro porovnávání pouze orientačně.

K četným protržením ochranných hrází, která ovlivnila výšku vodních stavů a průtoků v podélném profilu Labe na německém území, došlo také při povodních v únoru 1850 (10 lokalit), březnu 1855 (8 lokalit), únoru 1862 (12 lokalit), dubnu 1865 (1 lokalita), únoru 1876 (3 lokality), březnu 1881 (2 lokality), březnu 1888 (10 lokalit) a září 1890 (8 lokalit).

Zvláště při porovnávání případů povodní je rok 1987. Již na počátku ledna se vyskytla mimořádná povodňová situace s průtoky o hodnotách 2 600 až 2 700 m³.s⁻¹ na Středním Labi (vodoměrná stanice Barby až Neu Darchau). Extrémní mrazivé počasí vedlo od poloviny ledna k vytvoření souvislé ledové pokrývky od Tangermünde (ř. km 392) po proudu (obr. 5.3-5). Tato ledová celina vedla ke zvýšení vodních stavů v oblasti kolem Havelbergu až o dva metry. Další srážky a

začínající tání vyvolaly v polovině února a na přelomu března a dubna dvě další povodňové vlny, přičemž v dubnu byly opět zaznamenány průtoky o hodnotě až 2 700 m³.s⁻¹ (vodoměrné stanice Barby a Wittenberge). Podrobné údaje o této povodni jsou zřejmé z tab. 5.4-6.

Povodně v roce 1987 se čtyřmi kulminacemi, při kterých se průtoky, mimo ledové povodně, pohybovaly většinou výrazně nad dlouhodobými maximálními průměry, a mimořádně dlouhé trvání povodňové situace od konce prosince 1986 až do poloviny dubna 1987 nenacházejí žádný jiný srovnatelný případ mezi dosud pozorovanými povodněmi.

Podrobné posouzení extrémní povodně v srpnu 2002 obsahuje „Dokumentace povodně v srpnu 2002 v povodí Labe“, kterou vydala MKOL v roce 2004.

5.4.3 Pravděpodobnost výskytu povodně

Pro vyhodnocení kulminačního průtoku, k navrhování hydrotechnických zařízení a staveb na vodních tocích nebo v jejich blízkosti a jako základ územně-plánovacích rozhodnutí (např. stanovování záplavových území) se extrémnost průtoku v určitém profilu vodního toku vyjadřuje pravděpodobností překročení popř. dobou opakování. Kulminační průtok s dobou opakování např. 100 let je takový průtok, který je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen jednou za 100 let.

Doba opakování se zjistí tak, že se z časové řady maximálních ročních průtoků za celé období pozorování stanoví empirická čára překročení, která se vyrovnává teoretickým rozdělením. Tímto teoretickým rozdělením je umožněno provést extrapolaci i mimo rozsah pozorování a stanovit tak pravděpodobnosti překročení i extrémních kulminačních průtoků. Doba opakování je tedy teoretickým, statisticky stanoveným časovým intervalem.

Nejčastěji používané doby opakování jsou 2, 5, 10, 20, 50 a 100 let. Pro dimenzování bezpečnostních přelivů přehrad a pro posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních se jako návrhové a kontrolní povodňové vlny používají i teoretické povodňové vlny s dobou opakování kulminačního průtoku $N = 1\,000$ nebo $10\,000$ let.

Hodnoty N -letých průtoků jsou závislé na délce pozorování vstupních řad, na použitém teoretickém rozdělení a na metodě pro odhad parametrů, přičemž délka pozorování má rozhodující vliv.

Tab. 5.4-6: Maximální vodní stavy ($H_{\max}$) a průtoky ($Q_{\max}$) povodně v průběhu zimy a jara 1987 ve vybraných vodoměrných stanicích

Vodoměrná stanice/ Vodní tok	Povodňová vlna leden 1987		Ledová povodeň leden 1987		Povodňová vlna únor 1987		Povodňová vlna březen/duben 1987	
	$H_{\max}$ [cm] Datum	$Q_{\max}$ [m ³ .s ⁻¹] Datum	$H_{\max}$ [cm] Datum	$Q_{\max}$ [m ³ .s ⁻¹] Datum	$H_{\max}$ [cm] Datum	$Q_{\max}$ [m ³ .s ⁻¹] Datum	$H_{\max}$ [cm] Datum	$Q_{\max}$ [m ³ .s ⁻¹] Datum
Ústí n. L./Labe	665 4. 1. 87	1 716 4. 1. 87	—	—	546 17. 2. 87	1 171 17. 2. 87	660 30. 3. 87	1 750 30. 3. 87
Drážďany/Labe	583 5. 1. 87	1 760 5. 1. 87	—	—	489 17. 2. 87	1 270 17. 2. 87	587 31. 3. 87	1 790 31. 3. 87
Barby/Labe	588 5. 1. 87	2 630 5. 1. 87	—	—	533 14. 2. 87	1 830 14. 2. 87	592 2. 4. 87	2 706 2. 4. 87
Wittenberge/Labe	620 9. 1. 87	2 740 9. 1. 87	613 29. 1. 87	1 254 29. 1. 87	543 17. 2. 87	2 059 17. 2. 87	615 16. 4. 87	2 697 16. 4. 87
Neu Darchau/ Labe	647 10. 1. 87	2 630 10. 1. 87	688 16. 1. 87	917 16. 1. 87	586 19. 2. 87	2 030 19. 2. 87	633 17. 4. 87	2 610 17. 4. 87
Boizenburg/Labe	545 10. 1. 87	—	570 16. 1. 87	—	486 19. 2. 87	—	549 18. 4. 87	—

5.4.4 Předpověď povodní

Počátky předpovědí vodních stavů za povodně v povodí Labe sahají až do 19. století. Někdejší Hydrografická komise v Praze od roku 1882 předpovídala vodní stavy Labe v Děčíně a Drážďanech s dobou předstihu předpovědi 36 hodin. V roce 1888 byla v Sasku zřízena pro Labe varovná, hlásná a předpovědní služba. V té době se i na některých přítocích Labe předávala hlášení obcím, které byly ohrožené chodem ledu a povodní, prostřednictvím posílů, telegramů nebo telefonu. V roce 1890 byl počet předpovědních vodoměrných stanic na Labi zvýšen a byly vydávány předpovědi i pro Mělník, Litoměřice, Ústí n. L. a Torgau.

Postupové doby povodňových vln a vztahy kulminačních vodních stavů mezi jednotlivými vodoměrnými stanicemi na Labi, odvozené z historických povodní, později i se zohledněním vodních stavů ve vodoměrných stanicích na důležitých přítocích, vytvářely základ pro předpovědi až do roku 1980 pro německou část Labe. Dosahovalo se tím nezdědky vysoké přesnosti, předpovědi se však omezovaly na kulminační vodní stav a dobu nástupu kulminace. Později se začalo s vydáváním každodenních předpovědí vodních stavů i mimo povodňové situace, což mělo velký význam zejména pro plavbu.

Rostoucí společenské nároky si vyžádaly předpovídání celého průběhu povodňové vlny. V roce 1981 byl uveden do provozu model průběhu povodňové vlny Labe vyvinutý v Německé demokratické republice, zvaný „Ústřední model Labe“, který vyhovoval těmto požadavkům. Umožňoval povodňové předpovědi pro 570 km Labe a pro dolní toky Černého Halštrovu, Mulde, Sály a Havoly. Pro Labe se vydávala kontinuální 24hodinová předpověď průtoků pro vodoměrnou stanicí Drážďany a až pětidenní pro vodoměrnou stanicí Boizenburg, v případě povodně umožňoval model také předpovědi pro stanicí Ústí n. L. V zájmu zvýšení přesnosti předpovědi byl model v následujících letech vícekrát kalibrován. Na základě „Ústředního modelu Labe“ byl zpracován

předpovědní systém „ELBA“, který se používal od roku 1995.

V České republice zpracovává a vydává hydrologické předpovědi pro Labe a jeho přítoky Český hydrometeorologický ústav ve spolupráci se správci povodí. Klasická termínová předpověď je počítána manuálně metodou odpovídajících si průtoků a jejich postupových dob. V české části povodí Labe se takto každodenně zpracovávají předpovědi pro 14 vodoměrných stanic s dobou předstihu předpovědi 6 až 27 hodin, za povodně se počet profilů zvyšuje.

Po povodních v roce 1997 byl pro Labe a povodí jeho hlavních přítoků v České republice vyvinut a postupně uváděn do provozu hydrologický předpovědní systém AQUALOG, kombinující modely akumulace a tání sněhové pokrývky, srážko-odtokový model, model nádrží a modely postupu vody v korytě.

Předpovědní systém AQUALOG v současnosti pokrývá rozhodující většinu české části povodí Labe a je nadále rozvíjen a rozšiřován. Počet předpovědních vodoměrných stanic byl v roce 2003 zvýšen, doba předstihu předpovědi je závislá na délce vstupních řad předpovídaných veličin. Po úplném kompletování systému modelu bude možno dosáhnout prodloužení doby předstihu předpovědi. Veličiny vstupující do modelu jsou vodní stavy a průtoky ve vodních tocích, manipulace na přehradách, srážkové a teplotní údaje, údaje o sněhové pokrývce a také kvantifikované předpovědi srážek a teploty. V současné době je používaná doba předstihu předpovědi 48 hodin.

V české části povodí Labe fungovaly předpovědní systémy během povodně v srpnu 2002 dobře, i když v extrémní fázi povodně s jistými omezeními. Tato byla způsobena omezeným rozsahem vstupních dat následkem výpadku části měřicí sítě a za druhé vzhledem k tomu, že parametry hydrologických předpovědních modelů nebyly kalibrovány pro tak extrémní situace. Přesnost předpovědi pro vodoměrnou

stanicí Ústí n. L. byla ovlivněna výpadkem vodoměrných stanic v Mělníku a Vraňanech, a rovněž nepřesnou extrapolací měrné křivky pro Vltavu v Praze. Zkušenosti z povodně v srpnu 2002 byly mimo jiné zohledněny v novém odhadu parametrů pro model říční transformace na dolním Labi, který tak je nyní schopen úspěšněji simulovat transformaci povodně při průchodu tímto úsekem.

Zkušenosti ukazují, že pro kvalitu předpovědi podle hydrologických (srážko-odtokových) modelů má nejzásadnější vliv kvalita kvantifikované předpovědi srážek, v zimním období pak i teploty vzduchu.

Rovněž v německé části povodí Labe se na 9 vodních tocích zpracovávají povodňové předpovědi pro 113 vodoměrných stanic s dobou předstihu předpovědi šesti hodin až pěti dní. Z nich se 14 vodoměrných stanic nachází na Labi. Vstupní data pro vypracování povodňových předpovědí jsou v některých povodích analogická se vstupními údaji na českém území.

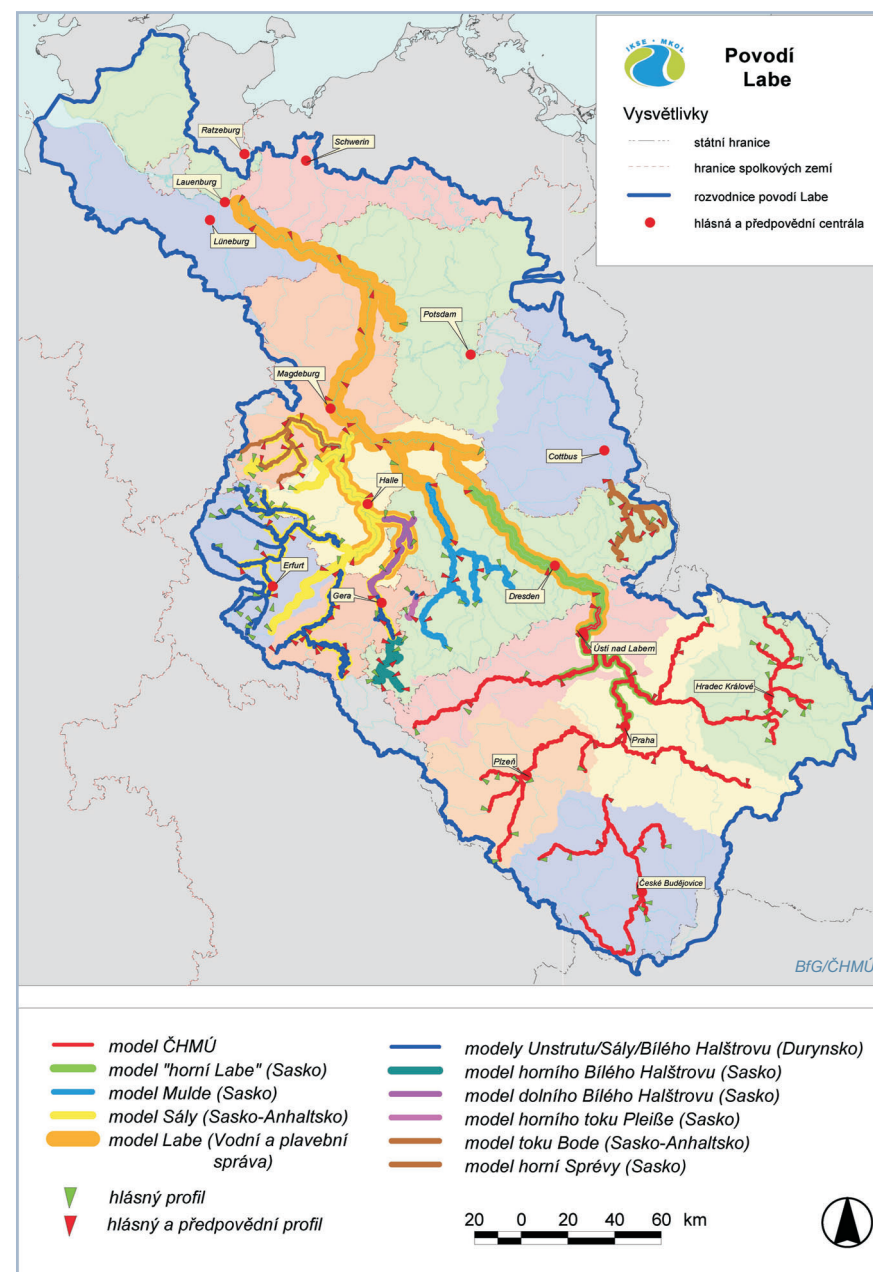
V německé části povodí Labe fungoval předpovědní systém v průběhu povodně v srpnu 2002 až po dosažení katastrofálního stavu dobře a ve stanovených termínech. Optimální časový okamžik pro zploštění vrcholu povodňové vlny na Labi u ústí Havoly pomocí cílově orientovaného ovládní havolských jezů byl stanoven na základě předpovědi.

Určitá omezení se vyskytla u předpovědi v oblasti kulminace povodňové vlny, neboť důsledkem přívalu vody selhal přenos dat z celé řady vodoměrných stanic na přítocích nebo byly stanice zničeny. V některých případech nebyly předpovědní modely dimenzovány a kalibrovány pro extrémní povodně. Tak mohly být např. změny průtoků, které byly vyvolány protržením ochranných hrází, zaznamenány předpovědním systémem jen částečně. Jako nedostatečné se ukázaly i doby předstihu předpovědi, zejména pro labský model v oblasti státní hranice.

Přehled předpovědních povodňových modelů používaných v povodí Labe ukazuje obr. 5.4-6.

Z vyhodnocení povodně v srpnu 2002 vyplývá, že je třeba realizovat mimo jiné tato opatření:

- doplnění srážkoměrné sítě pro potřebu srážko-odtokových modelů jak v české části, tak i v německé části povodí Labe,
- další automatizace hlásných vodoměrných stanic a modernizace zastaralých systémů dálkového přenosu dat,
- zvýšení počtu předpovědních vodoměrných stanic na Labi a jeho přítocích (bez zřizování dalších vodoměrných profilů),
- zdokonalení a další vývoj povodňových předpovědních modelů pro Labe, včetně jeho přítoků, s cílem prodloužení doby předstihu předpovědi, širší využití srážko-odtokových modelů, které by využívaly kvantifikované předpovědi srážek, a modelů simulujících procesy tání sněhové pokrývky,
- Vyvinutí nového předpovědního povodňového modelu pro německou část Labe (WAVOS) na základě hydrodynamického modelu do roku 2006. Kromě předpovědi v daných vodoměrných stanicích bude tímto modelem možná i předpověď v libovolných příčných profilech Labe. Tím bude možné zohlednit i vliv protržení ochranných hrází a řízení manipulovatelných odlehčovacích poldrů.
- Zajištění dokonalejšího propojení hlásných a předpovědních povodňových centrál České republiky a Německa v zájmu zvýšení bezpečnosti předávaných dat, informací a předpovědí při povodni.



Obr. 5.4-6: Povodňové předpovědní modely v povodí Labe

5.5 Malé vody

*Příroda je neúprosná a nezměnitelná.
Je jí jedno, zda jsou či nejsou
srozumitelné člověku
příčiny a úmysly jejího konání.
(Galileo Galilei)*

5.5.1 Výskyt a důsledky

Období malých vod jsou periody s vodními stavy a průtoky výrazně nižšími než dlouhodobý průměr a nejsou v povodí Labe ničím neobvyklým. I malé vysychající potůčky nebo zastavení lodní dopravy kvůli příliš nízkým vodním stavům na velkých řekách s širokými suchými břehovými okraji, jak tomu bylo v létě 2003, náleží k pravidelně se vyskytujícím jevům. Intenzita a rozsah malých vod jsou rok od roku rozdílné, stejně jako i dopady, které z nich vyplývají.

Následky suchých období v přírodě, zemědělství, sídelních oblastech, dopravě a průmyslu jsou různé. Právě období malých vod jsou často příčinou nedostatku vody. Ten ovšem zase co do svého rozsahu vyplývá ze struktury závislosti doby výskytu, konkrétní velikosti disponibilních zásob vod za nízkých vodních stavů a z rozdílné potřeby vody podle daného využití. Například malá voda na počátku léta může vzhledem k nedostatečné možnosti zavlažování v zemědělských oblastech (zelinářství, ovocnářství) způsobit vysoké ztráty výnosů. Výskyt sucha na konci podzimu je však bezvýznamný, neboť úroda je v té době již sklizena. Nízké vodní stavy a průtoky, přestože již vedly k zastavení vodní dopravy, mohou i nadále umožňovat odběry chladicí vody pro elektrárny až do té doby, pokud nebude podkročena prahová hodnota stanovená podle ekologických hledisek.

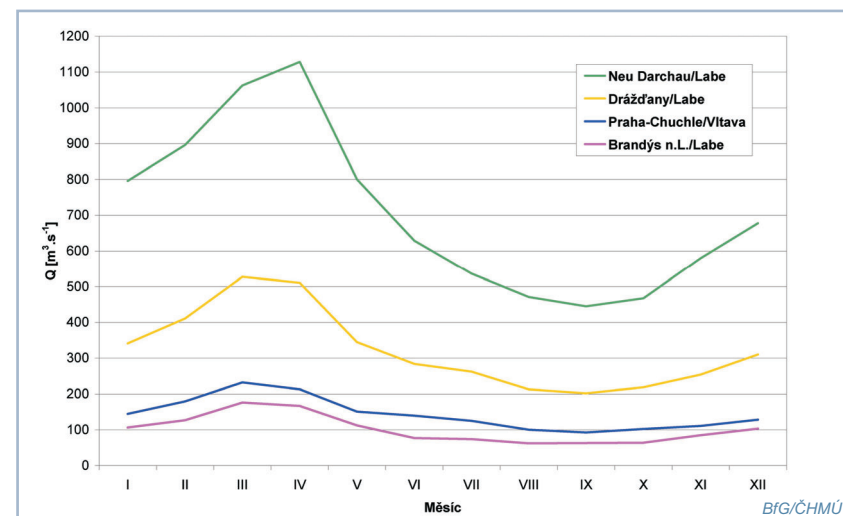
Na základě známé potřeby vody a jejího časového rozložení

v regionu lze různými opatřeními v řízení vodních zdrojů (např. výstavbou vodních nádrží, odběry podzemních vod, převody vody z jiných vodních systémů atd.) redukovat vznik nedostatkových situací. Jak je dále zmíněno, jsou takovéto antropogenní vlivy prokazatelné i v hydrologickém režimu Labe.

Období malých vod v povodí Labe má dva přírodou podmíněné důvody. Nízké vodní stavy se mohou vyskytovat buď z nedostatku srážek spojeného s vysokým podílem výparu, což je v našem kontinentálně ovlivňovaném klimatickém prostoru typické pro pozdní léto a časný podzim, nebo může dojít ke vzniku zimních nízkých vodních stavů vyvolaných mrazem. V tomto případě je za nízkých teplot velká část srážek a půdní a povrchové vody vázána ve formě sněhu a ledu, takže se po omezenou dobu nemohou podílet na odtoku.

Z obr. 5.5-1, který demonstruje dlouhodobý roční průběh průměrných měsíčních průtoků ve vodoměrných stanicích Brandýs na Labi, Praha na Vltavě, Drážďany (uzavírající horní povodí Labe) a Neu Darchau (v dolním po-

vodí), je ovšem jednoznačně zřejmé, že malé vody na Labi jsou většinou jevem pozdního léta. V průměru se roční minimální průtoky v Drážďanech dostávají kolem 5. září, což je asi deset dní dříve než v Neu Darchau. Tento zpožděný nástup je způsoben vlivem mezilehlých přítoků.



Obr. 5.5-1: Roční průběh průměrných měsíčních průtoků za období pozorování 1931 - 2000 ve vodoměrných stanicích Brandýs n. L., Praha, Drážďany a Neu Darchau

5.5.2 Dlouhodobé aspekty období malých vod v povodí Labe

Na základě vhodných hydrologických veličin lze blíže objasnit základní charakteristiky a dlouhodobý vývoj období malých průtoků v povodí Labe. Byly přitom vzaty na zřetel tyto veličiny:

- $Q_{\min}$ nejmenší denní průtok daného období udávaný v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
- $\overline{Q}_{\min}$ aritmetický průměr nejmenších denních průtoků daného období udávaný v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
- $Q_{\min 7d}$ nejmenší aritmetický průměr průtoků v sedmi po sobě následujících dnech udávaný v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
- sumD suma trvání nedostoupení určité prahové hodnoty Q_s (udávaná ve dnech za rok); za prahovou hodnotu se většinou dosazuje $\overline{Q}_{\min}$.

Absolutní minima malých průtoků za období pozorování 1931 - 2000 u uvedených veličin ve vodoměrných stanicích Brandýs n. L., Praha, Drážďany a Neu Darchau jsou zřejmá z tab. 5.5-1. Pro hodnocení minimálních průtoků se uvažuje hydrologicky zdůvodněný rok, který začíná 1. dubna a končí 31. března (např. rok 1947 zahrnuje období od 1. dubna 1947 do 31. března 1948). Je zřejmé, že téměř všechna dlouhodobá minima pocházejí ze situací, které se udály v letech 1947 nebo 1953.

Dlouhodobý vývoj malých průtoků za období 1931 - 2000 ukazuje obr. 5.5-2 na základě analýzy trendu veličiny $Q_{\min 7d}$. Parametr $Q_{\min 7d}$ je v této souvislosti třeba preferovat (spolehlivý průtokový parametr nevykazující citlivost na singularitu) oproti zohlednění absolutních nejmenších průtoků ($Q_{\min}$), neboť nejmenší průtoky mohou být často zkreslené různými krátkodobými příčinami (např. odběrem, ledovou zácpou, provozem vodní elektrárny) nebo i chybami měření. Statistická spoleh-

livost výpočtů trendu byla dvojnásobně zajištěna dvěma tzv. testy signifikace. Spolehlivost byla konstatována pouze tehdy, jestliže byla potvrzena oběma metodami zároveň.

Výsledky ve vodoměrné stanici Neu Darchau se svými signifikantně narůstajícími minimálními průtoky v zimě a klesajícími, avšak statisticky nezajištěnými hodnotami $Q_{\min 7d}$ v letním období ukazují totéž, co bylo zjištěno současnými aktuálními klimatologickými analýzami pro druhou polovinu 20. století v povodí Labe – letní období mírně chudší na srážky, výrazně bohatší srážky v zimních pololetích.

Ve vodoměrných stanicích Praha a Drážďany je tento vývoj ovlivněn manipulacemi na vodních dílech. Od poloviny 20. století lze především v povodí Vltavy zaznamenat rozsáhlou výstavbu přehrad. Tyto vodní nádrže nalepšují průtoky v obdobích nízkých vodních stavů. Průběh křivek ve stanici Praha a Drážďany na obr. 5.5-3 a 5.5-4 názorně dokládá, že minimální průtoky dosahované před výstavbou vodních děl nebyly již za posledních 35 let zaznamenány. Všechny stoupající trendy mají dobrou statistickou spolehlivost.

Tab. 5.5-1: Extrémní minimální průtoky za období pozorování 1931 - 2000

Vodoměrná stanice/ Vodní tok	$Q_{\min}$		$\overline{Q}_{\min}$	$Q_{\min 7d}$		sumD ($Q_s = \overline{Q}_{\min}$)	
	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	datum	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	datum	dni	rok
Brandýs n. L./Labe	11,4	23. 9. 1947	28,0	13,9	17. - 23. 9. 1947	173	1953
Praha-Chuchle/Vltava	15,0	10. 1. 1954	46,0	15,9	5. - 11. 1. 1954	177	1953
Drážďany/Labe	22,5	09. 1. 1954	108	26,0	7. - 13. 1. 1954	187	1953
Neu Darchau/Labe	145	02. 10. 1947	281	149	2. - 08. 10. 1947	179	1953

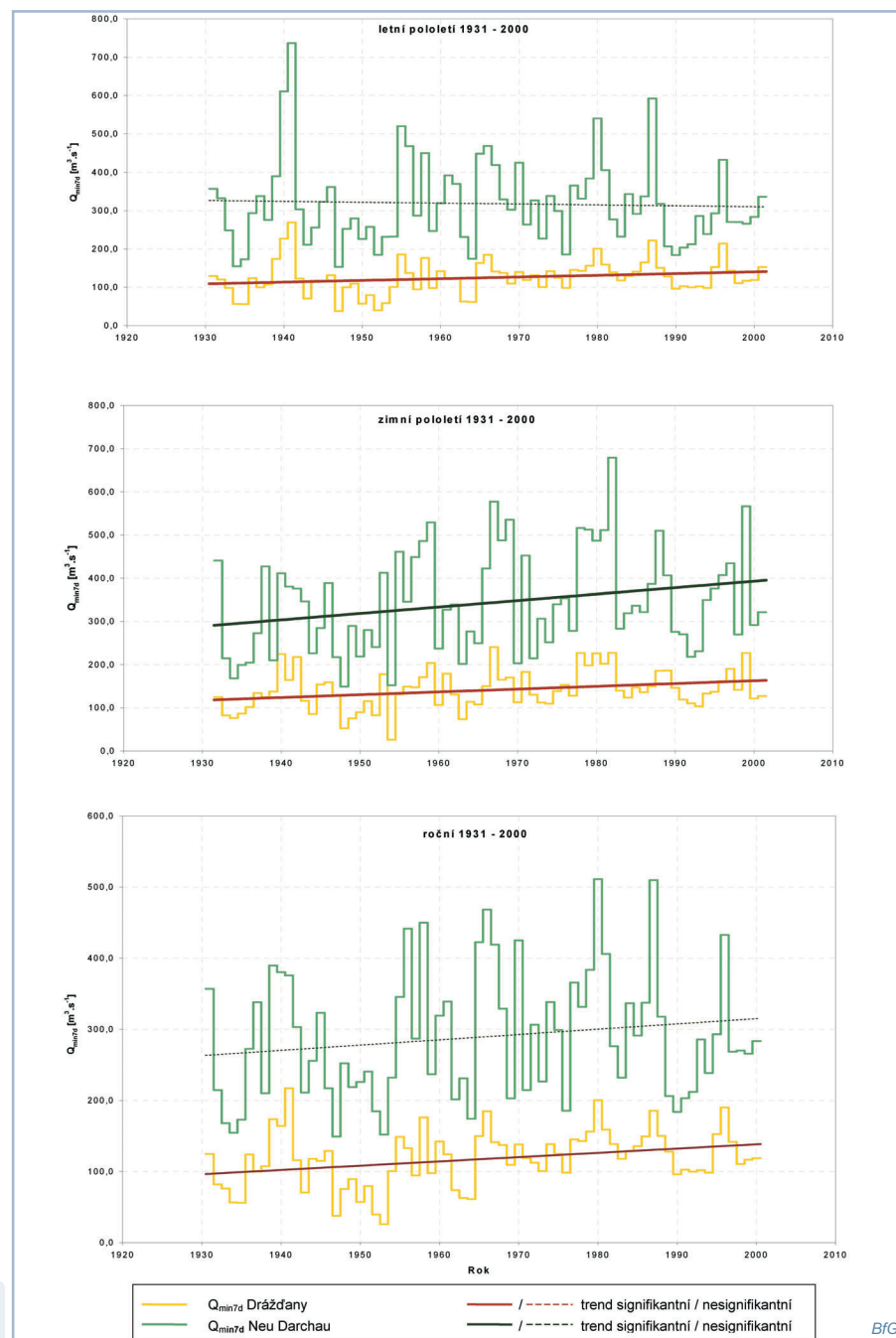
5.5.3 Pravděpodobnost výskytu malých vod

V kapitole 5.4 byl při pojednání pravděpodobnosti výskytu povodní objasněn princip výpočtu jejich dob opakování. V souvislosti s problematikou hydrotechnických staveb a jejich dimenzováním se analogicky určují i doby opakování malých vod. Využívá se k tomu většinou charakteristické hodnoty $Q_{\min 7d}$, která již byla výše popsána. Na rozdíl od velkých vod se však zde vypočítávají pravděpodobnosti nedostoupení. Podle těchto výpočtů je např. malou vodou s dobou opakování 100 let takový průtok, který je dosažen nebo nedostoupen průměrně jednou za 100 let. Z následující tab. 5.5-2 jsou zřejmé vypočtené hodnoty $Q_{\min 7d}$ pro vodoměrné stanice Brandýs n. L., Praha, Drážďany a Neu Darchau.

Tab. 5.5-2: Doby opakování extrémních minimálních průtoků $Q_{\min 7d}$ za období pozorování 1931 - 2000

Vodměrná stanice/ Vodní tok	Doby opakování [roky] minimálních průtoků $Q_{\min 7d}$ [$m^3 \cdot s^{-1}$]					
	2	5	10	20	50	100
Brandýs n. L./ Labe	30,2	22,8	19,5	17,1	14,5	12,9
Praha-Chuchle/ Vltava	48,8	35,0	28,5	23,4	18,1	14,6
Drážďany/ Labe	121	83,2	64,7	50,9	37,6	30,0
Neu Darchau/ Labe	277	213	186	166	146	134

Obr. 5.5-2: Analýza trendu sedmidenních průtoků ($Q_{\min 7d}$) v období 1931 - 2000



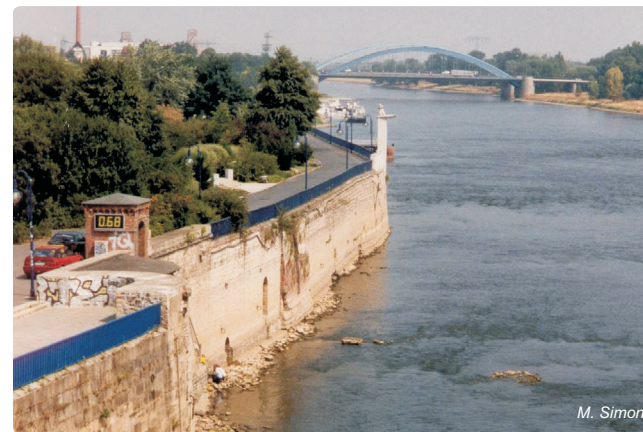
5.5.4 Extrémní malá voda v povodí Labe v roce 2003

V únoru 2003 celou střední Evropu ovládla setrvalá suchá povětrnostní situace, která panovala po dobu deseti měsíců. V povodí Labe byly za tohoto období srážky znatelně pod dlouhodobým průměrem, pouze v měsících září a říjnu byl průměr mírně překročen.

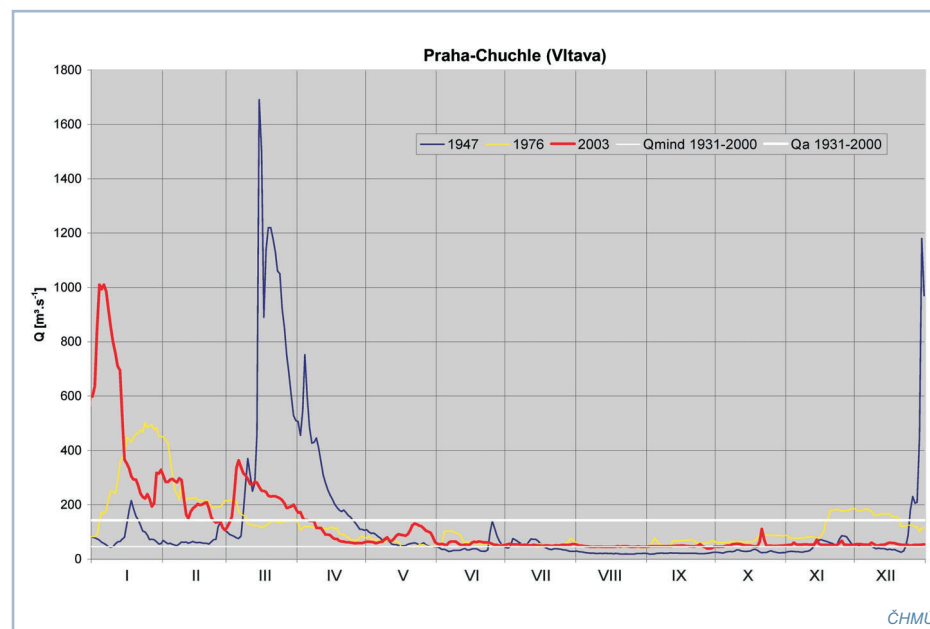
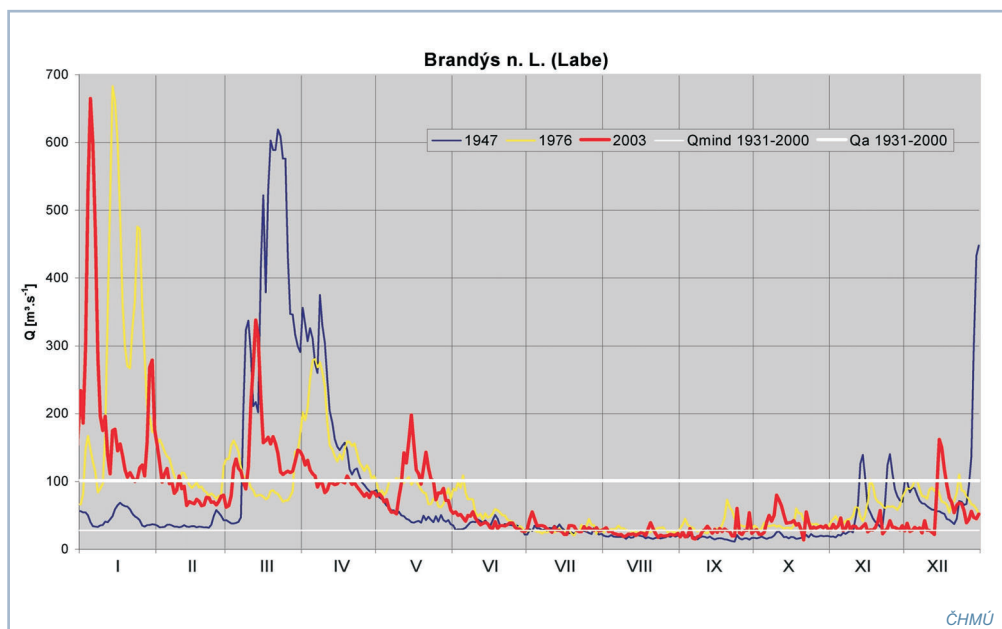
Na obr. 5.5-3 a 5.5-4 je zobrazen průběh průtoků v suchých letech 1947, 1976 a 2003 a porovnání s dlouhodobými průměrnými hodnotami průtoků a minimálních ročních průtoků. Z průběhu průtoků je zřejmé, že v suchém období roku 2003 se vyskytly menší průtoky než v roce 1976. Pouze průtoky v roce 1947 byly po delší dobu na výrazně nižší úrovni.

Zařazení průtoků roku 2003 na Labi (obr. 5.5-5) do celkového hydrologického kontextu ukazuje tab. 5.5-3. Výrazně přitom vyniká zvláštní postavení extrémní malé vody v roce 1947, která ve všech německých povodích, s výjimkou nejvýchodnější části země, vykazuje mimořádné hodnoty dob opakování.

Výskyt sucha v roce 2003 je z hlediska dob opakování průměrně zajímavý. Nápadné jsou přitom regionální zvláštnosti:



Obr. 5.5-5: Malé průtoky na Labi v Magdeburku v srpnu 2003



Obr. 5.5-3: Vodoměrné stanice Brandýs n. L. (Labe) a Praha (Vltava): Průběh průtoků v suchých letech 1947, 1976 a 2003

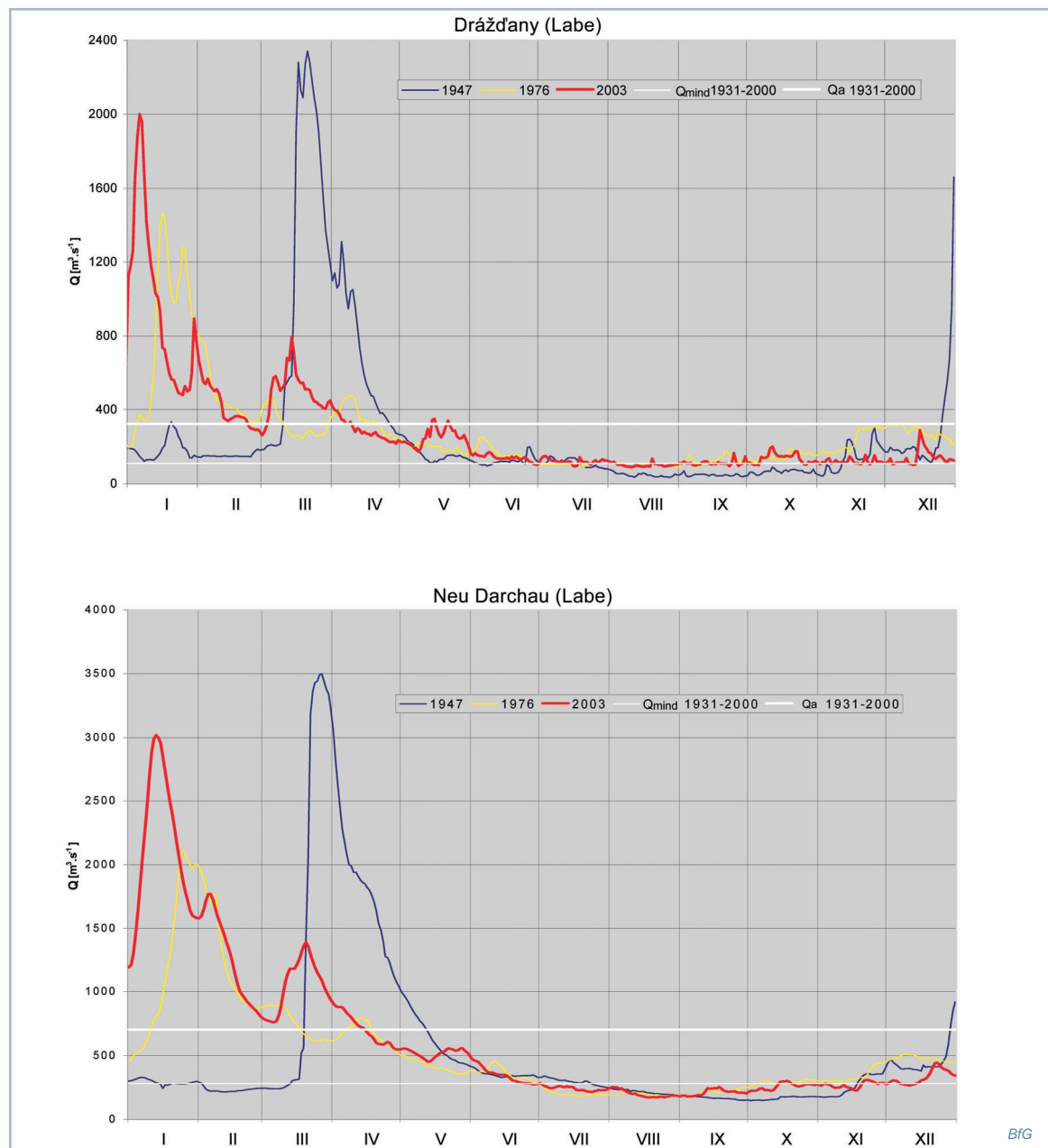
Na jihu Německa byla vodnost Dunaje i přes dlouho chybějící srážky způsobena přítoky dotovanými z tání sněhové pokrývky v Alpách. K tomu se ještě vyskytly v říjnu v povodí bohatší srážky.

Severozápad Německa byl na rozdíl od ostatního území Německa v průběhu léta opakovaně zasahován atlantickými výběžky nízkého tlaku. To vedlo spolu s velkoplošnými bohatými zásobami podzemních vod v povodí k méně extrémním minimálním průtokům ve Vezeře.

Z výsledků v *tab. 5.5-3* je opět zřetelně vidět výše popsany vliv nalepšování minimálních průtoků nádržemi naplněnými ve velmi vodném roce 2002 v povodí horního Labe (po Drážďany). Tento vliv směrem po proudu ubývá.

Tab. 5.5-3: Porovnání malých vod v letech 1947, 1976 a 2003 na základě pravděpodobnosti výskytu (vyjádřené dobou opakování N) charakteristické hodnoty $Q_{\min 7d}$

Vodoměrná stanice/ Vodní tok	1947		1976		2003	
	$Q_{\min 7d}$ [m ³ ·s ⁻¹]	N (vztaženo na: 1931 - 2000)	$Q_{\min 7d}$ [m ³ ·s ⁻¹]	N (vztaženo na: 1931 - 2000)	$Q_{\min 7d}$ [m ³ ·s ⁻¹]	N (vztaženo na: 1931 - 2000)
Drážďany/ Labe	37,6	50	98,4	3	93,7	4
Neu Darchau/ Labe	149,0	40	186,0	10	174,0	14
Hofkirchen/ Dunaj	202,0	70	285,0	4	259,0	8
Kolín/Rýn	546,0	200	796,0	5	659,0	24
Intschede/ Vezera	72,9	25	75,7	20	99,2	4
Hohensaaten- Finow/Odra	216,0	4	224,0	3	163,0	29



Obr. 5.5-4: Vodoměrné stanice Drážďany (Labe) a Neu Darchau (Labe): Průběh průtoků v suchých letech 1947, 1976 a 2003

5.6 Porovnání hydrologické situace v povodí Labe

5.6.1 Porovnání situace v povodí Labe

V kapitole 4 jsou na základě dat z cca 500 vodoměrných stanic charakterizovány hydrologické poměry v 11 dílčích povodích Labe. Pro 124 vybraných stanic jsou základní hydrologické charakteristiky průtoků a charakteristika hydrologického režimu obsaženy v kapitolách 4.1 až 4.11. Uvedené informace, které byly podkladem pro níže provedené porovnání, jsou doplněny grafickým zobrazením ročního průběhu dlouhodobých průměrných průtoků ve 115 vodoměrných stanicích.

Průměrný specifický odtok činí na většině povodí Labe 5 až 6 l.s⁻¹.km⁻². Největší hodnoty 30 až 40 l.s⁻¹.km⁻² jsou zaznamenávány na vrcholech a hřebenech Krkonoš a Jizerských hor. Na hřebenech Orlických hor, Šumavy, Krušných hor, Durynského lesa a Harcu dosahují 20 až 30 l.s⁻¹.km⁻². Specifické odtoky 10 až 15, v ojedinělých případech do 20 l.s⁻¹.km⁻², jsou charakteristické pro nadmořské výšky 400 až 600 m a pro největší část povodí slapového úseku Labe, kde se vyskytují stejné roční úhrny srážek jako v horských oblastech.

V oblastech s dlouhodobým průměrným ročním úhrnem srážek pod 550 mm nedosahují průměrné specifické odtoky většinou ani 4 l.s⁻¹.km⁻². Sem patří povodí dolní Vltavy, dolní Berounky, dolní Ohře, Mulde a některé z oblastí v povodí Sály a Havoly. Specifické odtoky pouhých cca 2 l.s⁻¹.km⁻² se vyskytují v Žatecké pánvi (povodí Ohře), v Durynské pánvi a ve východním podhůří Harcu (povodí Sály), kde dlouhodobé

roční úhrny srážek dosahují ve srážkovém stínu horských oblastí pouze kolem 450 mm.

Vlivem malého přítoku z mezipovodí křídové pánve **specifický odtok** na Labi po Brandýs n. L. značně klesá a pod soutokem s Vltavou po Drážďany má hodnotu pouze 6,1 l.s⁻¹.km⁻². Malé přítoky z Havoly a dalších toků na dolním úseku Středního Labe zmenšují specifický odtok Labe ve stanicích Neu Darchau na 5,4 l.s⁻¹.km⁻². Pod stanicí Neu Darchau jsou zaznamenány opět větší přítoky a v místě ústí Labe do moře je specifický odtok 5,8 l.s⁻¹.km⁻².

S výjimkou Ohře nevykazuje **poměr odtoku v zimním a letním hydrologickém pololetí** žádné velké rozdíly. Poměr 59 : 41 % ve stanicích Jaroměř a Praha-Chuchle je způsoben pozdním táním sněhové pokrývky v Krkonoších a na Šumavě a také zadržováním vody v nádržích povodí Vltavy. Výrazně rozdílný poměr 67 : 33 % ve stanici Louny se vyskytuje také v horní části povodí Ohře.

Dlouhodobý průměrný průtok v zimním hydrologickém pololetí představuje v povodí Labe převážně 61 až 63 % dlouhodobého průměrného ročního průtoku a **dlouhodobý průměrný průtok v letním hydrologickém pololetí** tudíž většinou 37 až 39 %. Výrazně menší je zimní odtok ve vysokých partiích Krkonoš a Jizerských hor a v západní části Šumavy (povodí horní Otavy), kde činí 51 až 53 %, protože

*Včerejší sníh je konec konců
dnešní voda.
(Johann Wolfgang von Goethe)*

zde taje značná část sněhové pokrývky až v květnu (letní hydrologické pololetí). V menší míře to platí i pro hřebeny střední a východní Šumavy (povodí Teplé a Studené Vltavy) a západních Krušných hor (povodí toku Zwickauer Mulde), kde v zimě odtéká 56 až 58 % vody.

V horských oblastech, kde je podíl zimních srážek na dlouhodobých ročních srážkách poměrně velký a sněhová pokrývka kompletně roztává v březnu/dubnu, činí odtok v zimním hydrologickém pololetí 64 až 70 % dlouhodobého ročního průtoku, na Teplé, přítoku Ohře, a na Loquitz a Schwarza, přítocích Sály, převyšuje dokonce 70 %.

Vysoký podíl odtoku v zimním hydrologickém pololetí, který v nížinách překračuje 70 %, je způsoben jednak rozsáhlými odvodňovacími opatřeními a jednak tím, že řada vzdouvacích objektů a odběrů vody pro potřeby zemědělských závlah vede ke klesání odtoku v letním hydrologickém pololetí. Tato skutečnost se projevuje zejména na labských přítocích Ehle, Ohre, Biese-Aland, Löcknitz, Jeetzel a Sude a na přítocích Havoly.

Následkem poměrně vysokých zimních srážek, které v důsledku mořského vlivu téměř okamžitě odtékají, je podíl odtoku v zimním hydrologickém pololetí v povodí slapového úseku Labe rovněž vysoký, dosahuje 67 až 74 %.

Poměr dlouhodobého průměrného minimálního a dlouhodobého průměrného ročního průtoku $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ činí většinou 1 : 3 až 1 : 5, v povodí Mulde a Sály 1 : 6. Větší rozdíly 1 : 7 až 1 : 11 jsou zaznamenávány na horských tocích Teplá, Müglitz, Striegis, Loquitz a Schwarza, kde je přirozená retenční schopnost velmi malá. Poměr pod 1 : 2 existuje pouze na tocích Ilmenau a Seeve, protože v jejich povodích je ve vřesovištích kolem města Lüneburg zvlášť vysoká přirozená akumulační schopnost.

Poměr dlouhodobého průměrného ročního a dlouhodobého průměrného maximálního průtoku $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ činí v nížinách a pahorkatinách většinou 1 : 4 až 1 : 7, ve velmi rovinatých dílčích povodích Havoly pouze 1 : 3. V horských oblastech dosahují hodnoty většinou 1 : 9 až 1 : 13. Ze všech vybraných vodoměrných stanic se největší rozdíly projevují ve stanicích Janov-Harrachov na Mumlavě (1 : 15,2), Teplička na Teplé (1 : 17,1) a Dohna na toku Müglitz (1 : 15,3). Na menších horských tocích, především v Krkonoších, v Jizerských a Orlických horách a v Krušných horách včetně severního podhůří, ale i ve vrchovině Lausitzer Bergland způsobují časté vydatné srážky v letním období poměry přesahující 1 : 20.

Roční průběh dlouhodobého průměrného průtoku:

V listopadu, kdy začíná zimní hydrologické pololetí, je odtok značně větší než v říjnu, je však s výjimkou přítoků slapového úseku Labe menší než dlouhodobý průměrný roční průtok. Až na hřebeny Krkonoš a Jizerských hor, kde se již vytvořila stabilní sněhová pokrývka, průtok většinou v horských oblastech v prosinci stoupá a dosahuje hodnot kolem dlouhodobého průměrného ročního průtoku. V horních částech povodí Ohře, Sály a Sprévy je dlouhodobý průměrný roční průtok stejně jako v nížinách a pahorkatinách značně překročen, na přítocích slapového úseku Labe až o 1,5násobek.

V lednu roste na horách (Krkonoše, Jizerské hory, Šumava, Krušné hory) sněhová pokrývka a odtok dále klesá. Ve všech

dalších oblastech přibývá odtok, na přítocích slapového úseku Labe jsou zaznamenávány největší dlouhodobé průměrné měsíční průtoky celého roku. Odtok na výše zmíněných horách většinou při déle trvajícím mrazivém počasí během suchého února dále klesá a dosahuje téměř nejmenších hodnot za celý rok. Ve výše položených partiích Smrčin a Durynského lesa a na přítocích slapového úseku Labe vedou nízké srážky v únoru také k poklesu průtoků, avšak pouze na hodnoty značně větší než roční průměr. Ve všech ostatních oblastech průtok stoupá.

V převážné části povodí Labe je březen nejvodnějším měsícem. Také ve vyšších partiích horských oblastí vedou dešťové srážky a tání sněhu k výraznému zvětšení průtoků, ale nejedná se o největší dlouhodobý průměrný měsíční průtok. V povodí Labe pod soutokem s Havolou odpovídá březnový odtok přibližně lednu nebo je dokonce menší.

V dubnu se na horských tocích vyskytuje největší dlouhodobý průměrný měsíční průtok. Na hřebenech Krkonoš a Jizerských hor bývá překročen dlouhodobý průměrný roční průtok o 2- až 2,5násobek, v dalších horských oblastech o 1,5- až 2násobek. Na většině řek v povodí Labe však průtoky již více nebo méně výrazně klesají, na několika přítocích slapového úseku Labe dokonce i pod dlouhodobý roční průměr.

V květnu, kdy začíná letní hydrologické pololetí, není ve většině povodí Labe dosahováno dlouhodobého průměrného ročního průtoku. Zvlášť velký je pokles průtoku vůči dubnu na tocích Teplá, Müglitz, Loquitz a Schwarza, tj. na horských tocích vyznačujících se velmi malou přirozenou akumulační schopností. V Krkonoších a v Jizerských horách, kde sněhová pokrývka kompletně roztaje až v květnu, představuje odtok ještě 1,5- až 2násobek dlouhodobého průměrného ročního průtoku, a také na Šumavě a v západní části Krušných hor převyšuje dlouhodobý roční průměr.

Od června se dlouhodobé měsíční průtoky pohybují v celém povodí Labe pod ročními průměry a do srpna/září více nebo

méně trvale klesají. Na horských tocích s malou přirozenou akumulační schopností a na několika přítocích slapového úseku Labe klesají průtoky pod 50 % dlouhodobého průměrného ročního průtoku. V oblasti slapového úseku Labe začíná opětový vzestup na podzim od září, ale hlavně od října.

Na některých z horských toků je dlouhodobý červencový průtok poměrně velký, čímž přerušuje převážně kontinuální pokles průtoků v letním hydrologickém pololetí. Sem se řadí zejména Orlice, Müglitz, Weißeritz a menší řeky v horních povodích Mulde a Sprévy. Příčinou jsou letní velmi vysoké srážky, které většinou v červenci, ojediněle i v srpnu jako v roce 2002, vedou k extrémním povodním. Na příkladě dvou vodoměrných stanic jsou v *tab. 5.6.-1* uvedeny specifické odtoky největších povodní pozorovaných do roku 2002.

Tab. 5.6-1: Největší specifické odtoky při povodni ve dvou vybraných vodoměrných stanicích

Vodoměrná stanice	Dohna		Berthelsdorf	
Vodní tok	Müglitz		Moldavský potok	
Plocha povodí [km ²]	198		244	
Období pozorování	1912 - 2000		1936 - 2000	
Specifický odtok [l.s ⁻¹ .km ⁻²] při Q_a při $\bar{Q}_{\max}$				
	12,7		14,5	
	194		125	
	Datum		Datum	
Specifický odtok [l.s ⁻¹ .km ⁻²] při největších pozorovaných povodních	9. 7. 1927	1 660	6. 7. 1992	499
	6. 7. 1958	822	5. 7. 1958	491
	23. 7. 1957	741	9. 7. 1954	297
	10. 7. 1954	706		
	13. 8. 2002	2 020	13. 8. 2002	1 475

5.6.2 Hydrologická situace toku Labe

Pro analýzu zaměřenou na tok Labe jsou v tab. 5.6-3 a 5.6-4 uvedeny základní hydrologické charakteristiky průtoků a dlouhodobé průměrné průtoky za měsíc a pololetí pro 16 vodoměrných stanic na Labi, 15 stanic na dolních úsecích přítoků Labe a pro hraniční profil Labe mezi Českou republikou a Spolkovou republikou Německo. Umístění vybraných vodoměrných stanic je znázorněno na obr. 5.6-1.

Pro 6 vodoměrných stanic na Labi a stanice na dolních úsecích 6 hlavních přítoků jsou charakteristiky zimního a letního hydrologického pololetí zapsány do tab. 5.6-2. Grafy ročního průběhu průtoků, které vycházejí z dlouhodobých měsíčních průměrů uvedených v tab. 5.6-4, jsou pro těchto 12 vodoměrných stanic znázorněny na obr. 5.6.2. Obdobné hydrologické charakteristiky jsou navíc uvedeny v kapitolách pojednávajících dílčí povodí (viz kap. 4.1 až 4.11).

Poměr dlouhodobého průměrného minimálního ($\bar{Q}_{\min}$) a dlouhodobého průměrného ročního průtoku (Q_a) se zmenšuje z více než 1 : 4 nad Jaroměří na 1 : 3,6 nad soutokem s Vltavou. Přirozeně a nalepšováním minimálních průtoků vodními díly na Vltavě a Sále klesá poměr $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ směrem po proudu Labe, v dolním úseku Středního Labe činí pouze 1 : 2,5.

V poměru dlouhodobého průměrného ročního (Q_a) a dlouhodobého průměrného maximálního průtoku ($\bar{Q}_{\max}$) se ještě výrazněji projevuje, že vyrovnanost přibývá směrem po proudu Labe. Poměr $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ činí v nejhornějším úseku Labe 1 : 12 a po Brandýs n. L. klesá na 1 : 5,5. Protože se povodňové vlny z horního toku Labe a z Vltavy jen velmi zřídka střetávají, klesá poměr $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ pod soutokem s Vltavou na méně než 1 : 5, dále po proudu průběžně klesá a ve stanici Neu Darchau dosahuje 1 : 2,7. Tuto tendenci podporuje zadržování povodňových průtoků v řadě nádrží, které se nacházejí především v povodích Vltavy a Sály, a značná vyrovnanost průtoků na nížinné řece Havola, kde poměr $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ činí pouhých 1 : 1,8.



Obr. 5.6-1: Vybrané vodoměrné stanice v povodí Labe

Poměr mezi nejmenším a největším dlouhodobým měsíčním průtokem (tab. 5.6-4) potvrzuje, že vyrovnanost přibývá směrem po proudu Labe. Od Jaroměře po Neu Darchau poměr průběžně klesá z 1 : 3,1 na 1 : 2,5. Také na dolních úsecích Vltavy, Černého Halštrovu, Sály a Havoly činí poměr 1 : 2,5, na Vltavě a Sále je však nepřírozně malý z důvodu vlivu vodních děl. Naopak na dolních úsecích Ohře a Mulde dosahuje 1 : 3,5, resp. 1 : 3,0.

Roční průběh dlouhodobých průměrných průtoků na Labi (obr. 5.6-2) ukazuje, že v důsledku pozdního tání sněhu v Krkonoších převyšuje průtok ve stanici Jaroměř až v březnu dlouhodobý roční průměr, maxima dosahuje v dubnu. V dalších stanicích na Labi je dlouhodobý roční průtok

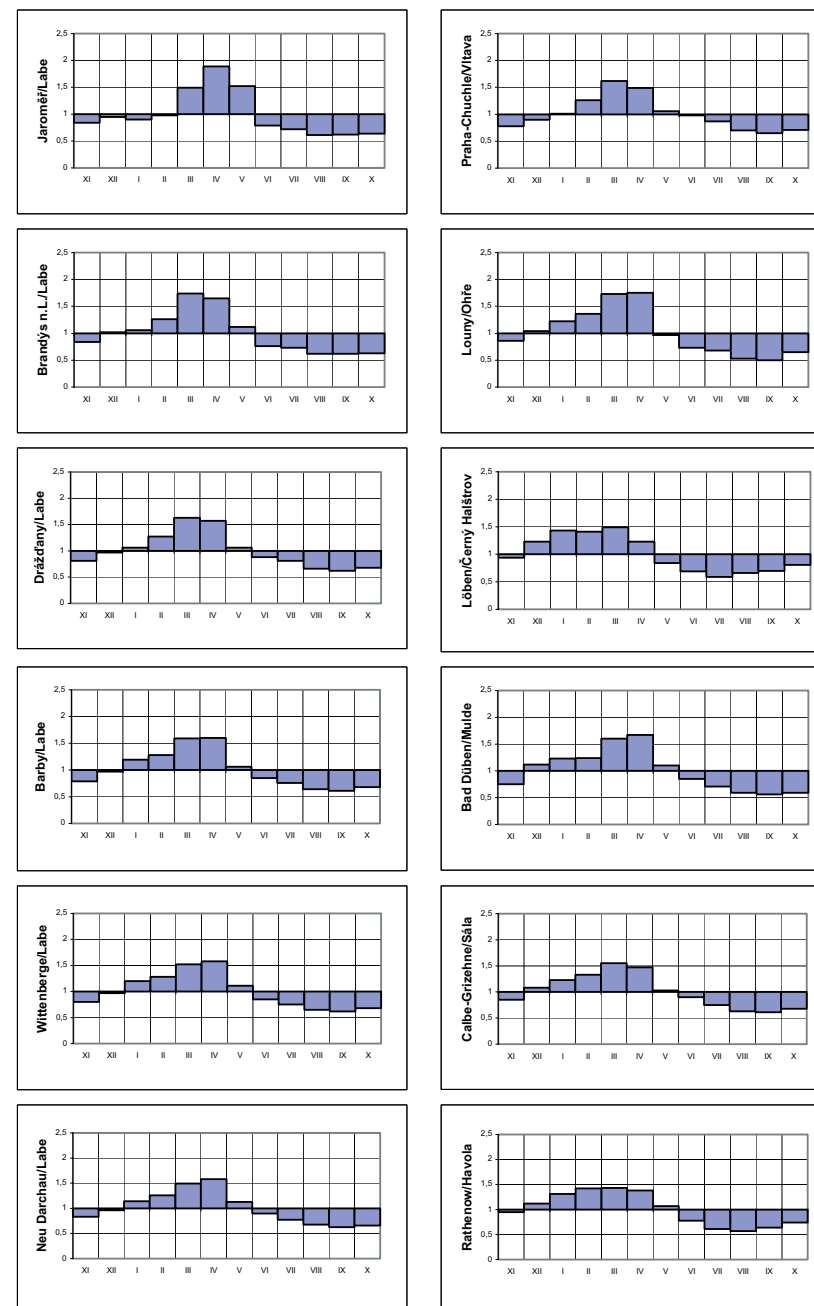
překročen již v lednu a největší průtok se vyskytuje v labském úseku od Němčic, tj. pouhých 35 km pod Jaroměří, po Wittenberg/L. v březnu. Pod soutokem s řekou Mulde je průtok v dubnu větší než v březnu. Což je více způsobeno spíše dlouhou postupovou dobou z Horního Labe než velikostí dubnového přítoku z Mulde. Od června klesá průtok pod dlouhodobý roční průměr a minima dosahuje nad soutokem s Vltavou v srpnu a pod soutokem v září.

Tab. 5.6-2: Charakteristika hydrologického režimu vybraných vodoměrných stanic na Labi a na dolních úsecích jeho hlavních přítoků

Čís. ¹⁾	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Průměrný specifický odtok [l.s ⁻¹ .km ⁻²]	Dlouhodobý průměrný průtok				$\overline{Q}_{\min} : Q_a$	$Q_a : \overline{Q}_{\max}$
				Zimní hydrologické pololetí		Letní hydrologické pololetí			
				[m ³ .s ⁻¹]	[%]	[m ³ .s ⁻¹]	[%]		
1.	Labe	Jaroměř	13,9	20,0	59	13,9	41	1 : 3,5	1 : 8,1
7.	Labe	Brandýs n. L.	7,7	127	63	75,7	37	1 : 3,6	1 : 5,5
15.	Labe	Drážďany	6,1	395	61	254	39	1 : 3,1	1 : 4,4
22.	Labe	Barby	5,9	686	62	433	38	1 : 2,7	1 : 3,6
27.	Labe	Wittenberge	5,5	842	62	539	38	1 : 2,5	1 : 2,8
30.	Labe	Neu Darchau	5,4	863	61	558	39	1 : 2,6	1 : 2,7
8.	Vltava	Praha-Chuchle	5,4	168	59	119	41	1 : 3,2	1 : 5,9
10.	Ohře	Louny	7,4	48,7	67	24,8	33	1 : 4,0	1 : 6,2
17.	Černý Halštrov	Löben	4,5	25,3	64	14,0	36	1 : 3,0	1 : 3,4
19.	Mulde	Bad Döben	10,3	81,1	63	46,9	37	1 : 4,2	1 : 7,1
21.	Sála	Calbe-Grizelne	4,8	143	62	87,9	38	1 : 2,6	1 : 3,3
25.	Havola	Rathenow, d. p.	4,6	113	63	65,3	37	1 : 3,9	1 : 1,8

1) Čísla vodoměrných stanic odpovídají očíslování v tab. 5.6-3 a 5.6-4 a na obr. 5.6-1.

Obr. 5.6-2: Roční průběh průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích na Labi a na dolních úsecích jeho hlavních přítoků, vyjádřený jako podíl dlouhodobých měsíčních a ročních průměrů ($Q_{\text{měsíc}}/Q_a$)



Na dolních úsecích 6 hlavních přítoků vykazuje roční průběh dlouhodobých průměrných průtoků větší rozdíly, které jsou způsobeny jak odlišnými přirozenými poměry v jejich povodích, tak i intenzivními antropogenními zásahy do hydrologického režimu. Ve stanici Praha-Chuchle, která se vyznačuje poměrně malým průtokem v březnu a dubnu a pozvolným po-

klesem průtoků v letních měsících, se projevuje vliv Vltavské kaskády a dalších velkých vodních děl v povodí Vltavy (viz kap. 4.2).

Také stanice Louny je ovlivňována různorodým užíváním vody v povodí Ohře, což se odráží zejména v nepřirozeně

velkém dlouhodobém dubnovém průtokem a výrazném poklesu průtokem v květnu (viz kap. 4.3).

Pro Černý Halštrov, jehož povodí je převážně nížinného charakteru, není neobvyklé, aby průtoky stoupaly již od prosince. Příčinou nepřirozeného zvýšení odtoku od srpna jsou důlní

Tab. 5.6-3: Základní hydrologické charakteristiky průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích na Labi a na dolních úsecích jeho přítoků (umístění vodoměrných stanic je patrné z obr. 5.6-1)

Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Říční km [km]	Plocha povodí [km ²]	Období pozorování	Dlouhodobý průměrný průtok $\bar{Q}_a$ [m ³ .s ⁻¹]	Dlouhodobý průměrný minimální průtok $\bar{Q}_{\min}$ [m ³ .s ⁻¹]	Dlouhodobý průměrný maximální průtok $\bar{Q}_{\max}$ [m ³ .s ⁻¹]
1.	Labe	Jaroměř	287,5	1 226	1931 - 2000	17,0	4,80	138
2.	Orlice	Týniště n. O.	30,9 ¹⁾	1 591	1931 - 2000	19,1	4,90	175
3.	Labe	Němčice	252,6	4 301	1931 - 2000	45,5	11,8	308
4.	Labe	Přelouč	223,5	6 432	1931 - 2000	57,3	15,9	349
5.	Labe	Nymburk	167,6	9 724	1931 - 2000	72,7	19,5	419
6.	Jizera	Předměřice n. J.	10,8 ¹⁾	2 158	1931 - 2000	25,7	7,18	229
7.	Labe	Brandýs n. L.	137,1	13 111	1931 - 2000	101	27,5	557
8.	Vltava	Praha-Chuchle	61,6 ¹⁾	26 720	1931 - 2000	143	44,8	841
9.	Vltava	Vraňany	11,3 ¹⁾	28 048	1931 - 2000	154	48,6	866
10.	Ohře	Louny	54,3 ¹⁾	4 983	1931 - 2000	36,7	9,24	226
11.	Labe	Ústí n. L.	38,7	48 557	1931 - 2000	292	91,6	1 390
12.	Ploučnice	Benešov n. P.	11,0	1 156	1931 - 2000	8,89	4,18	57,8
13.	Labe	Děčín	13,8	51 104	1931 - 2000	309	102	1 440
14.	Labe	státní hranice	0,0 ČR/3,4 SRN	51 394	1931 - 2000	311	102	1 440
15.	Labe	Drážďany	55,6	53 096	1931 - 2000	324	106	1 410
16.	Labe	Torgau	154,2	55 211	1936 - 2000	341	117	1 370
17.	Černý Halštrov	Löben	21,6 ¹⁾	4 328	1974 - 2000	19,6	6,49	67,0
18.	Labe	Wittenberg/L.	214,1	61 879	1931 - 2000	357	128	1 450
19.	Mulde	Bad Dübén	68,1 ¹⁾	6 171	1961 - 2000	63,9	15,2	450
20.	Labe	Aken	274,7	70 093	1931 - 2000	431	158	1 650
21.	Sála	Calbe-Grizéhne	17,4 ¹⁾	23 719	1932 - 2000	115	44,0	377
22.	Labe	Barby	294,8	94 260	1931 - 2000	554	202	2 020
23.	Labe	Magdeburk-Strombrücke	326,6	94 942	1931 - 2000	559	225	1 730
24.	Labe	Tangermünde	388,2	97 780	1961 - 2000	571	239	1 720
25.	Havola	Rathenow, d. p.	62,2 ¹⁾	19 116	1952 - 2000	88,8	22,8	161
26.	Havola	Havelberg-Stadt	20,8 ¹⁾	23 804	1946 - 2000	114	24,6	225
27.	Labe	Wittenberge	453,9	123 532	1931 - 2000	678	273	1 910
28.	Elde	Malliß, h. p.	9,5 ¹⁾	2 920	1970 - 2000	10,2	1,23	26,7
29.	Jeetzel	Lüchow	26,0 ¹⁾	1 300	1967 - 2000	6,25	1,32	31,2
30.	Labe	Neu Darchau	536,4	131 950	1931 - 2000	711	276	1 920
31.	Sude	Garlitz	24,0 ¹⁾	735	1955 - 2000	4,54	1,05	15,2
32.	Ilmenau	Bienenbüttel	45,0 ¹⁾	1 434	1956 - 2000	9,17	4,97	36,3

1) říční km nad soutokem s Labem

vody, které byly po dobu mnoha let čerpány a vypouštěny z dolů hnědého uhlí (viz kap. 4.5).

Pro celkem přirozený roční průběh dlouhodobých průtoků ve stanici Bad Dübén je určující hydrologický režim na tocích Moldavský potok a Zwickauer Mulde, které odvodňují největší část Krušných hor (viz kap. 4.6).

Ve stanici Calbe-Grizehne se projevují velmi odlišné hydrologické poměry ve vodních horských oblastech a na rozsáhlých suchých územích. Vliv přehrad na Sále a dalších vodních děl na jejich přítocích je viditelný především v prodlužovaném poklesu průtoků v letních měsících (viz kap. 4.7).

Roční průběh dlouhodobých průtoků ve stanici Rathenow je typický pro nížinnou řeku vyznačující se malou přirozenou průtokovou dynamikou, která je navíc zmenšena výstavbou kanálů a řadou vzdouvacích objektů v povodí Havoly (viz kap. 4.9).

Tab. 5.6-4: Dlouhodobé měsíční a sezónní průměrné průtoky [$m^3 \cdot s^{-1}$] ve vybraných vodoměrných stanicích na Labi a na dolních úsecích jeho přítoků (umístění vodoměrných stanic je patrné z obr. 5.6-1)

Čís.	Vodní tok	Vodoměrná stanice	Období pozorování	Měsíc												Zimní hydr. pololetí	Letní hydr. pololetí
				XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
1.	Labe	Jaroměř	1931 - 2000	14,3	16,2	15,3	16,7	25,4	32,2	25,9	13,4	12,3	10,3	10,5	10,8	20,0	13,9
2.	Orlice	Týniště n. O.	1931 - 2000	16,5	20,5	20,4	23,9	32,8	31,5	18,5	13,0	14,9	12,9	12,6	12,6	24,3	14,1
3.	Labe	Němčice	1931 - 2000	37,6	45,2	46,6	56,1	77,3	75,7	51,6	34,1	34,2	29,3	29,4	28,4	56,4	34,5
4.	Labe	Přelouč	1931 - 2000	47,7	57,1	58,7	70,5	96,7	94,7	65,0	43,2	43,4	37,3	37,5	36,2	70,9	43,8
5.	Labe	Nymburk	1931 - 2000	60,1	73,4	77,4	95,3	129	114	78,9	55,5	53,2	45,6	46,3	45,0	91,5	54,1
6.	Jizera	Předměřice n. J.	1931 - 2000	22,7	27,0	25,4	27,1	40,6	48,4	30,8	18,9	19,0	15,7	15,5	17,5	31,8	19,6
7.	Labe	Brandýs n. L.	1931 - 2000	85,1	103	107	127	176	167	113	77,2	74,2	62,6	63,3	64,0	127	75,7
8.	Vltava	Praha-Chuchle	1931 - 2000	111	129	145	180	232	213	151	140	125	100	92,8	102	168	119
9.	Vltava	Vraňany	1931 - 2000	120	139	156	193	248	228	162	150	135	109	101	111	181	128
10.	Ohře	Louny	1931 - 2000	31,4	38,3	44,7	50,0	63,4	64,4	35,5	26,7	24,8	19,5	18,4	23,8	48,7	24,8
11.	Labe	Ústí n. L.	1931 - 2000	237	281	306	370	486	461	310	254	232	189	180	197	357	227
12.	Ploučnice	Benešov n. P.	1931 - 2000	8,88	9,93	10,0	11,2	13,1	10,3	7,48	6,69	7,39	6,67	6,88	8,25	10,6	7,23
13.	Labe	Děčín	1931 - 2000	252	298	324	391	512	486	329	270	247	202	193	210	377	242
14.	Labe	státní hranice	1931 - 2000	254	301	327	394	515	489	331	272	249	203	194	211	380	243
15.	Labe	Drážďany	1931 - 2000	264	314	344	412	529	510	345	284	262	213	202	219	395	254
16.	Labe	Torgau	1936 - 2000	266	323	359	430	554	541	370	301	277	227	213	226	412	269
17.	Černý Halštrov	Löben	1974 - 2000	18,4	24,2	28,1	27,6	29,2	24,1	16,5	13,6	11,5	12,9	13,8	15,8	25,3	14,0
18.	Labe	Wittenberg/L.	1931 - 2000	291	345	377	450	575	555	378	313	289	237	225	243	432	281
19.	Mulde	Bad Dübén	1961 - 2000	48,0	71,4	78,9	79,1	102	107	70,0	54,5	45,1	38,0	36,0	37,4	81,1	46,9
20.	Labe	Aken	1931 - 2000	357	418	485	558	674	680	460	381	337	280	265	285	528	335
21.	Sála	Calbe-Grizehne	1932 - 2000	97,2	117	141	153	178	169	118	104	86,1	73,0	70,0	77,8	143	87,9
22.	Labe	Barby	1931 - 2000	462	542	629	724	876	883	596	493	436	362	342	368	686	433
23.	Labe	Magdeburk-Strombrücke	1931 - 2000	466	541	624	711	849	869	604	499	441	376	356	382	676	443
24.	Labe	Tangermünde	1961 - 2000	451	574	681	735	841	906	646	529	420	368	348	363	698	446
25.	Havola	Rathenow, d. p.	1952 - 2000	84,7	100	116	126	127	123	94,8	69,3	54,5	50,6	56,7	65,8	113	65,3
26.	Havola	Havelberg-Stadt	1946 - 2000	104	126	153	165	165	160	122	89,5	69,0	62,7	70,5	80,1	145	82,3
27.	Labe	Wittenberge	1931 - 2000	576	672	793	883	1040	1090	762	608	523	452	432	457	842	539
28.	Elde	Malliß, h. p.	1970 - 2000	10,3	12,6	14,3	14,7	14,0	13,0	8,41	6,98	5,98	6,03	7,61	9,33	13,1	7,39
29.	Jeetzel	Lüchow	1967 - 2000	5,98	7,59	9,72	9,37	10,5	8,53	4,70	3,95	3,30	3,08	3,69	4,73	8,62	3,91
30.	Labe	Neu Darchau	1931 - 2000	592	690	803	900	1070	1130	800	629	536	471	445	467	863	558
31.	Sude	Garlitz	1955 - 2000	4,43	6,26	7,14	7,16	6,99	6,02	3,76	2,67	2,33	2,32	2,51	3,06	6,33	2,78
32.	Ilmenau	Bienenbüttel	1956 - 2000	8,98	10,7	11,8	12,0	12,4	10,6	8,17	7,35	6,80	6,75	7,08	7,61	11,1	7,30

5.7 Labe a jeho povodí ve srovnání s dalšími evropskými řekami

Pro porovnání hydrologických poměrů povodí Labe a dalších evropských řek byly vybrány jednak vodoměrné stanice s přibližně stejně velkou plochou povodí na tocích ve střední Evropě, jednak vodoměrné stanice, ležící na 19 evropských řekách nedaleko jejich ústí do moře (obr. 1-1).

*Naše vědění je jako kapka v moři,
to, co nevíme, však vydá za celý oceán.
(Izák Newton)*

5.7.1 Odtokové poměry ve vodoměrných stanicích na řekách ve střední Evropě s přibližně stejně velkou plochou povodí

Pro 12 vodoměrných stanic s plochou povodí **řádově kolem 10 000 km²** uvádí *tab. 5.7-1* informace o poloze, *tab. 5.7-2* základní hydrologické údaje průtoků a *tab. 5.7-3* charakteristiku hydrologického režimu. Roční průběh průtoků je znázorněn na *obr. 5.7-1*.

V uvedených 12 vodoměrných stanicích vykazují charakteristiky hydrologického režimu a ročního průběhu průtoků velké rozdíly.

Specifické odtoky ve stanicích v povodí Labe (Brandýs n. L. a Naumburg-Grochlitz) jsou, přes velký podíl horských oblastí a vysoké srážky (v porovnání s průměrným úhrnem srážek na povodí Labe), značně menší než ve všech dalších stanicích na jiných evropských řekách. Podstatně vyšší srážky vedou v povodích, ležících západně od povodí Labe, a v Alpách k větším specifickým odtokům, které představují na horním toku Mosely dvojnásobek a na alpských tocích čtyř- až pětinašobek specifických odtoků obou výše uvedených vodoměrných stanic v povodí Labe.

Tab. 5.7-1: Popis polohy 12 vybraných vodoměrných stanic s plochou povodí cca 10 000 km² na tocích ve střední Evropě

Vodní tok	Vodoměrná stanice	Popis polohy
Labe	Brandýs n. L.	27 km nad ústím Vltavy
Sála	Naumburg-Grochlitz	158 km nad ústím Sály; cca 121 km pod soustavou údolních nádrží na Sále
Vezera	Hannover-Münden	0,7 km pod soutokem Werry a Fuldý
Emže	Versen	235 km pod pramenem, na středním toku
Rýn	Neuhausen	Vysoký Rýn (Hochrhein), 46 km pod Rýnským mostem v Kostnici (Konstanz), pod Bodamským jezerem, nedaleko Rýnského vodopádu u Schaffhausenu
Aare	Brugg (Švýcarsko)	Aare se vlévá do Vysokého Rýna mezi Schaffhausenem a Basilejí, průměrná nadmořská výška povodí po vodoměrnou stanici Brugg 1 010 m, 2 % ve formě ledovců
Neckar	Rockenau	61 km nad ústím Neckaru
Mohan	Schweinfurt	331 km nad ústím Mohanu, na středním toku
Mosela	Perl	242 km nad ústím Mosely, přímo na hranici mezi Francií, Lucemburskem a Německem
Dunaj	Dillingen	mezi Ulmem a městem Donauwörth, pod ústím řeky Iller
Inn	Wasserburg	159 km nad ústím Innu
Rhône	Chancy (Švýcarsko)	pod Ženevským jezerem, průměrná nadmořská výška povodí po vodoměrnou stanici Chancy 1 580 m, 8,4 % ve formě ledovců

Tab. 5.7-2: Základní hydrologické charakteristiky průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích s plochou povodí cca 10 000 km² na tocích ve střední Evropě

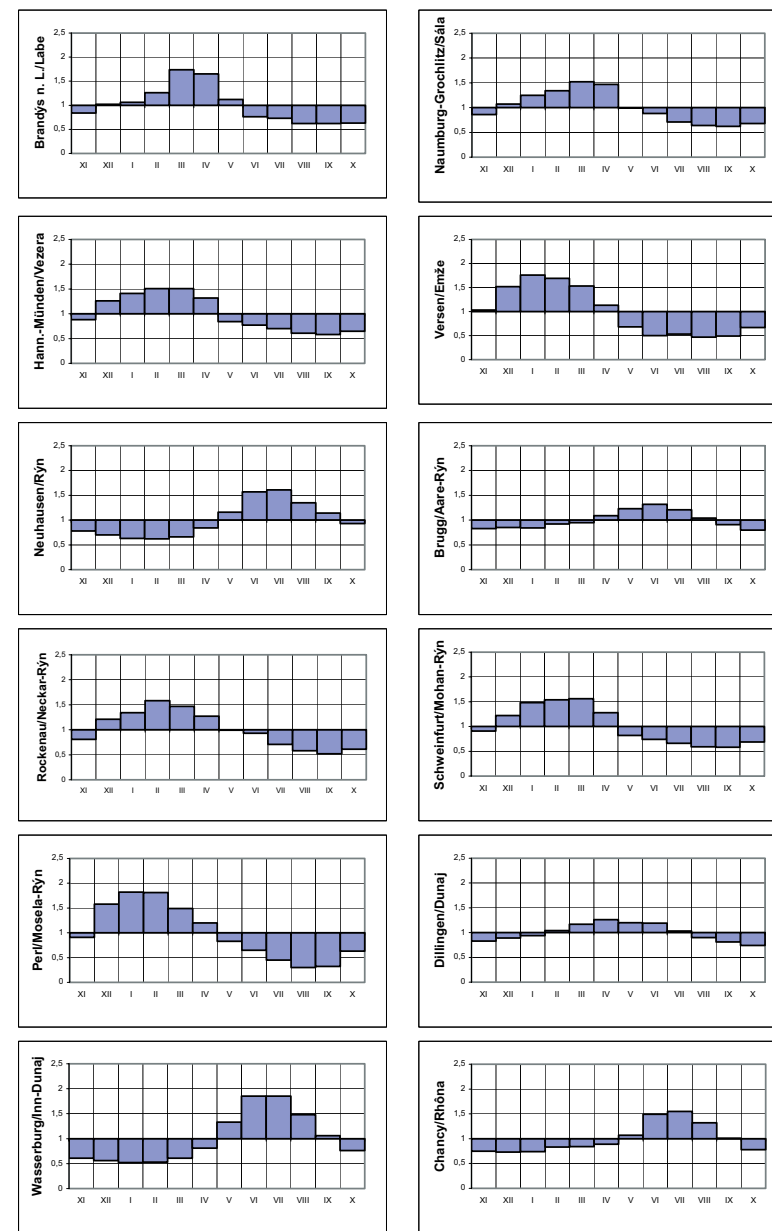
Vodní tok	Vodoměrná stanice	Nulový bod vodočtu ¹⁾	Plocha povodí (A) [km ²]	Dlouhodobý průměrný průtok ($\bar{Q}_a$) [m ³ .s ⁻¹]	Dlouhodobý průměrný minimální průtok ($\bar{Q}_{min}$) [m ³ .s ⁻¹]	Dlouhodobý průměrný maximální průtok ($\bar{Q}_{max}$) [m ³ .s ⁻¹]	Období
		[m n. m.]					
Labe	Brandýs n. L.	164	13 111	101	27,5	557	1931 - 2000
Sála-Labe	Naumburg-Grochlitz	98	11 449	67,8	26,0	245	1934 - 2000
Vezera	Hannover-Münden	115	12 442	114	36,1	630	1941 - 1999
Emže	Versen	7	8 375	80,3	15,2	378	1941 - 1999
Rýn	Neuhausen	380	11 887	369	178	719	1931 - 1999
Aare-Rýn	Brugg	332	11 750	316	2)	2)	1935 - 2001
Neckar-Rýn	Rockenau	120	12 710	135	35,5	1 180	1951 - 1999
Mohan-Rýn	Schweinfurt	201	12 715	104	33,8	644	1911 - 1998
Mosela-Rýn	Perl	138	11 522	162	21,8	1 210	1976 - 1999
Dunaj	Dillingen	415	11 315	160	66,2	687	1924 - 1998
Inn-Dunaj	Wasserburg	420	11 983	355	131	1 420	1965 - 1998
Rhône	Chancy	336	10 299	343	2)	2)	1935 - 2001

1) zaokrouhleno na celé metry

2) hodnota se ve Švýcarsku nezjišťuje

 Tab. 5.7-3: Charakteristika hydrologického režimu ve vybraných vodoměrných stanicích s plochou povodí cca 10 000 km² na tocích ve střední Evropě

Vodní tok	Vodoměrná stanice	Průměrný specifický odtok [l.s ⁻¹ .km ⁻²]	Dlouhodobý průměrný průtok				$\overline{Q}_{\min} : Q_a$	$Q_a : \overline{Q}_{\max}$
			Zimní hydrologické pololetí		Letní hydrologické pololetí			
			[m ³ .s ⁻¹]	[%]	[m ³ .s ⁻¹]	[%]		
Labe	Brandýs n. L.	7,7	127	63	75,7	37	1 : 3,6	1 : 5,5
Sála-Labe	Naumburg-Grochlitz	5,9	85,0	63	51,0	37	1 : 2,6	1 : 3,6
Vezera	Hannover-Münden	9,2	150	66	78,9	34	1 : 3,2	1 : 5,5
Emže	Versen	9,6	116	72	44,7	28	1 : 5,3	1 : 4,7
Rýn	Neuhausen	31,0	261	35	475	65	1 : 2,1	1 : 1,9
Aare-Rýn	Brugg	26,9	289	46	343	54	-	-
Neckar-Rýn	Rockenau	10,6	173	64	97,7	36	1 : 3,8	1 : 8,7
Mohan-Rýn	Schweinfurt	8,2	139	66	71,0	34	1 : 3,1	1 : 6,2
Mosela-Rýn	Perl	14,1	238	73	86,2	27	1 : 7,4	1 : 7,5
Dunaj	Dillingen	14,1	163	51	157	49	1 : 2,4	1 : 4,3
Inn-Dunaj	Wasserburg	29,6	216	30	493	70	1 : 2,7	1 : 4,0
Rhône	Chancy	33,1	273	40	412	60	-	-


 Obr. 5.7-1: Roční průběh průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích s plochou povodí cca 10 000 km² na tocích ve střední Evropě, vyjádřený jako podíl dlouhodobých měsíčních a ročních průměrů ($Q_{měsíc}/\bar{Q}_a$)

Procentuální podíl průměrných průtoků v zimním a letním hydrologickém pololetí, který činí ve stanicích Brandýs n. L. a Naumburg-Grochlitz 63 : 37 %, vykazuje v západně položených povodích větší rozdíly. Na horním toku Mosely, kde se téměř nikdy nevytváří sněhová pokrývka, dosahuje 73 : 27 %. Na alpských tocích, kde se největší část zimních srážek akumuluje ve formě sněhu a místy přispívá k tvorbě ledovců, je rozdělení odtoku opačné, např. na toku Inn dosahuje tento poměr 30 : 70 %.

Vlivem velmi pomalu tajícího sněhu a ledu jsou **poměry** $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ a $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ na alpských tocích malé a na Horním Rýně představují pouze 1 : 2,1, resp. 1 : 1,9. Naopak na horním toku Mosely dosahuje poměr $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ vlivem malé přirozené retenční schopnosti hodnoty 1 : 7,4. Zde je stejně jako na toku Neckar a na Mohaně zaznamenán také největší poměr $Q_a : \bar{Q}_{\max}$.

Z ročního průběhu průtoků je patrné, že vlivem přímořského podnebí průtok ve vodoměrných stanicích na Vezeře, Emži a přítocích Rýna Neckar, Mohan a Mosela značně přesahuje dlouhodobý průměrný roční průtok již v prosinci, přičemž maxima dosahuje převážně v lednu a únoru. Již v květnu zde průtok klesá pod dlouhodobý roční průměr. Ve vodoměrné stanici Versen na Emži a zejména ve vodoměrné stanici Perl na Mosele je roční průběh podstatně vyrovnanější než ve stanicích Brandýs n. L. a Naumburg-Grochlitz. Na alpských tocích převyšuje průtok dlouhodobý roční průměr až v dubnu/květnu a maximum se vyskytuje v červnu/červenci. Vedle horního toku Dunaje vykazuje mezi alpskými řekami tok Aare zvlášť vyrovnaný roční průběh.

Celkem 10 vodoměrných stanic s plochou povodí **řádově kolem 50 000 km², resp. ≥ 100 000 km²** (tab. 5.7-4 až 5.7-6 a obr. 5.7-2) umožňuje jak přímé porovnání hydrologických poměrů mezi sebou, tak i porovnání průtokových poměrů v podélném profilu Labe, Rýna a Dunaje, přičemž jsou zohledněny jejich vodoměrné stanice s plochou povodí řádově 10 000 km².

Specifický odtok klesá v říčním úseku Labe od Brandýsa n. L. (7,7 l.s⁻¹.km⁻²) po Neu Darchau na 5,4 l.s⁻¹.km⁻², a tím je

Tab. 5.7-4: Popis polohy vybraných vodoměrných stanic s plochou povodí kolem 50 000 km², resp. 100 000 km² na tocích ve střední Evropě

Vodní tok	Vodoměrná stanice	Popis polohy
Vodoměrné stanice s plochou povodí ≥ 50 000 km²		
Labe	Drážďany	56 km pod česko-německou hranicí
Odra	Eisenhüttenstadt	253 km nad ústím Odry, cca 15 km pod ústím Lužické Nisy, kde tvoří Odra hranici mezi Polskem a Německem
Rýn	Maxau	Horní Rýn, mezi Karlsruhe a Mannheimem, 362 km pod Rýnským mostem v Kostnici
Dunaj	Hofkirchen	mezi ústím Isaru a ústím Innu
Vodoměrné stanice s plochou povodí ≥ 100 000 km²		
Labe	Barby	cca 4 km pod ústím Sály, 295 km pod česko-německou hranicí
Labe	Neu Darchau	cca 50 km nad jezem Geesthacht, 536 km pod česko-německou hranicí
Odra	Hohensaaten-Finow závěrový profil	142 km nad ústím Odry, téměř 50 km pod ústím Warty přitékající z Polska, která svým tokem v délce 762 km zdvojnásobuje plochu povodí Odry
Rýn	Kaub	Střední Rýn, nad skálou Loreley, 546 km pod Rýnským mostem v Kostnici
Rýn	Kolín nad Rýnem	Dolní Rýn, 688 km pod Rýnským mostem v Kostnici
Dunaj	Kienstock (Rakousko)	nad Vídní

nepatrně vyšší než na Odře. Na Rýně postupně od Vysokého Rýna po Kolín nad Rýnem ubývá o více než polovinu, hodnotou 14,6 l.s⁻¹.km⁻² je zde ale více než dvojnásobný než na Středním Labi. Na Dunaji specifický odtok značně stoupá pod soutokem s řekou Inn a nad Vídní přesahuje 18 l.s⁻¹.km⁻².

Procentuální podíl průměrných průtoků v zimním a letním hydrologickém pololetí se na Labi pouze nepatrně mění a na přechodu do slapového úseku činí 61 : 39 %. Pozdější tání sněhu v horní části povodí Odry vede na hraničním úseku Odry k poměru 57 : 43 %. Na Rýně zimní odtok velmi značně stoupá, a to z pouhých 35 % na Vysokém Rýně na 55 % ve vodoměrné stanici Kolín nad Rýnem. Na Dunaji je průběh opět jiný, zimní odtok klesá z 51 na 46 %.

Na Labi a Odře **poměry** $\bar{Q}_{\min} : Q_a$ a $Q_a : \bar{Q}_{\max}$ značně ubývají směrem po proudu, na Rýně průběžně stoupají. Na Dunaji nejdříve klesají, ale pod soutokem s řekou Inn se znovu nepatrně zvětšují.

Roční průběh průtoků na Labi vykazuje od Brandýsa n. L. po Neu Darchau velmi jednotný obraz. Vlivem dlouhé postu-

pové doby z Krkonoš po přechod do slapového úseku Labe se pod stanicí Barby pouze posunuje maximum průtoků z března do dubna. Velmi obdobné jsou poměry na Odře. Letní maximum v Neuhausenu na Vysokém Rýně se v oslabené podobě projevuje ve stanici Maxau na Horním Rýně a při vesměs velmi vyrovnaném ročním průběhu průtoků i ve stanici Kaub na Středním Rýně. Vlivem hydrologického režimu přítoků, především Mosely, se maximum v Kolíně na Dolním Rýně vyskytuje v únoru a roční průběh již není tak vyrovnaný jako na Středním Rýně. Při značné vyrovnanosti ročního průběhu zůstává maximum průtoků v dubnu zachováno na horním Dunaji nad Hofkirchenem. Pod soutokem s řekou Inn se největší dlouhodobý měsíční průtok posunuje ve stanici Kienstock do června a roční průběh je méně vyrovnaný.

Přesto je roční průběh dlouhodobého průměrného průtoků na Rýně a na Dunaji po Vídeň podstatně vyrovnanější než na Labi a Odře, což je především pro plavbu na Rýně a Dunaji velkým přínosem.

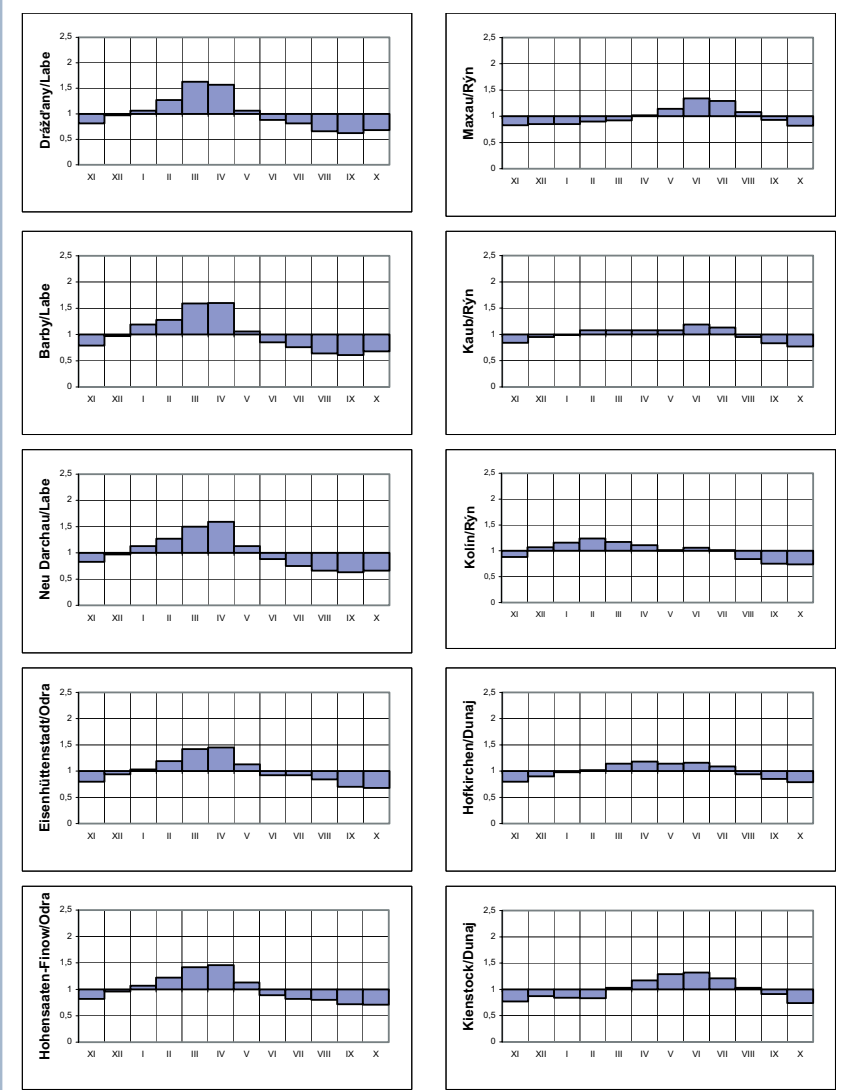
Tab. 5.7-5: Základní hydrologické charakteristiky průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích s plochou povodí kolem 50 000 km², resp. ≥ 100 000 km² na tocích ve střední Evropě

Vodní tok	Vodoměrná stanice	Nulový bod vodočtu ¹⁾	Plocha povodí (A)	Dlouhodobý průměrný průtok ($\bar{Q}_a$)	Dlouhodobý průměrný minimální průtok ($\bar{Q}_{min}$)	Dlouhodobý průměrný maximální průtok ($\bar{Q}_{max}$)	Období
		[m n. m.]		[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	
Labe	Drážďany	103	53 096	324	106	1 410	1931 - 2000
Odra	Eisenhüttenstadt	25	52 033	307	128	968	1941 - 2000 (bez r. 1945)
Rýn	Maxau	98	50 196	1 260	585	3 100	1931 - 1999
Dunaj	Hofkirchen	300	47 496	634	299	1 830	1901 - 1998
Labe	Barby	46	94 260	554	202	2 020	1931 - 2000
Labe	Neu Darchau	6	131 950	711	276	1 920	1931 - 2000
Odra	Hohensaaten-Finow závěrový profil	0,2	109 564	525	251	1 228	1941 - 2000 (bez r. 1945)
Rýn	Kaub	68	103 488	1 650	758	4 220	1931 - 1999
Rýn	Kolín nad Rýnem	35	144 232	2 100	932	6 390	1931 - 1999
Dunaj	Kienstock	n. n.	95 970	1 770	823	6 110	1981 - 1999

1) zaokrouhleno na celé metry (s výjimkou č. 7)

Tab. 5.7-6: Charakteristika hydrologického režimu ve vybraných vodoměrných stanicích s plochou povodí kolem 50 000 km², resp. ≥ 100 000 km² na tocích ve střední Evropě

Vodní tok	Vodoměrná stanice	Průměrný specifický odtok [l.s ⁻¹ .km ⁻²]	Dlouhodobý průměrný průtok				$\bar{Q}_{\min} : Q_a$	$Q_a : \bar{Q}_{\max}$
			Zimní hydrologické pololetí		Letní hydrologické pololetí			
			[m ³ .s ⁻¹]	[%]	[m ³ .s ⁻¹]	[%]		
Labe	Drážďany	6,1	395	61	254	39	1 : 3,1	1 : 4,4
Odra	Eisenhüttenstadt	5,9	349	57	266	43	1 : 2,4	1 : 3,2
Rýn	Maxau	25,1	1 120	45	1 390	55	1 : 2,2	1 : 2,5
Dunaj	Hofkirchen	13,3	636	50	631	50	1 : 2,1	1 : 2,9
Labe	Barby	5,9	686	62	424	38	1 : 2,7	1 : 3,6
Labe	Neu Darchau	5,4	863	61	558	39	1 : 2,6	1 : 2,7
Odra	Hohensaaten-Finow závěrový profil	4,8	608	58	443	42	1 : 2,1	1 : 2,3
Rýn	Kaub	15,9	1 660	51	1 630	49	1 : 2,2	1 : 2,6
Rýn	Kolín nad Rýnem	14,6	2 320	55	1 890	45	1 : 2,3	1 : 3,0
Dunaj	Kienstock	18,4	1 630	46	1 920	54	1 : 2,2	1 : 3,4



Obr. 5.7-2: Roční průběh průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích s plochou povodí kolem 50 000 km², resp. ≥ 100 000 km² na tocích ve střední Evropě, vyjádřený jako podíl dlouhodobých měsíčních a ročních průměrů ($Q_{měsíc}/Q_a$)

5.7.2 Porovnání hydrologického režimu 19 evropských toků

Tabulky 5.7-7 a 5.7-8 uvádějí základní hydrologické charakteristiky a charakteristiku hydrologického režimu ve vodoměrných stanicích, ležících na 19 tocích Evropy nedaleko jejich ústí do moře. Řeky jsou seřazeny od Labe, nejdříve západním, pak jižním a jihovýchodním směrem a poté východním a severovýchodním směrem. Stejně pořadí bylo zvoleno pro zobrazení ročního průběhu dlouhodobých průměrných průtoků na obr. 5.7-3.

Kromě plochy povodí vodoměrných stanic, ležících v blízkosti ústí do moře, jsou v tab. 5.7-7 uvedeny i plochy povodí po ústí řek tak, aby bylo možné odhadnout vzdálenost těchto vodoměrných stanic od ústí, u kterých většinou nebyly k dispozici přesné údaje o jejich umístění. Období pozorování pro průtoky mají různou délku a zčásti jsou neúplná. Počet pozorovaných let je od 20 po 179. Přesto tato data poskytují dostatečný podklad pro porovnání hydrologických poměrů ve stanici Neu Darchau na Labi s vodoměrnými stanicemi ležícími na dalších evropských tocích v blízkosti jejich ústí do moře. Nebylo však možné provést přesnou analýzu průtokových poměrů v každé jednotlivé vodoměrné stanici.

V porovnání s Labem ($5,4 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$) je **průměrný specifický odtok** na většině dalších řek větší, pouze na Dněpru, Donu a Odře nižší. Největší specifické odtoky jsou zaznamenávány na Pádě ($21,7 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$) a na Rhôně ($17,7 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$).

Poměr průměrných průtoků v zimním a letním hydrologickém pololetí, který činí na Labi 61 : 39 %, se pohybuje na této úrovni i na Němenu a Západní Dvině, ovšem se značně většími rozdíly především během zimního hydrologického pololetí. V zimních průtocích, přesahujících ve vodoměrných stanicích ležících v blízkosti ústí toků Emže a Loiry 70 %, se projevuje vliv přímořského podnebí. Naopak na Severní Dvině, Mezenu a Pečoru na severu východní Evropy, které jsou ovlivňovány kontinentálním podnebím a které se řadí

Tab. 5.7-7: Základní hydrologické charakteristiky 19 toků v Evropě a vodoměrných stanic v blízkosti ústí těchto toků do moře

Vodní tok	Ústí do moře	Délka toku [km]	Plocha povodí [tis. km ²]	Vodoměrná stanice v blízkosti ústí do moře		Období	Počet let	Dlouhodobý průměrný průtok (Q_m) [m ³ .s ⁻¹]
				Název	Plocha povodí [tis. km ²]			
Labe	Severní moře	1 094	148	Neu Darchau	132	1874 - 2000	126	709
Vezera	Severní moře	730 ¹⁾	46,3	Intschede	37,7	1857 - 2000	143	324
Emže	Severní moře	371	14,4	Versen	8,37	1940 - 1999	60	80,3
Rýn	Severní moře	1 326	184	Rees	159	1814 - 2000	172	2 250
Loira	Atlantický oceán	1 012	121	Montjean	110	1863 - 1979	117	838
Rhóna	Středozemní moře	812	98	Beucaire	95,6	1920 - 1979	59	1 690
Pád	Středozemní moře/Jadranské moře	676	75	Pontelagoscuro	70,1	1918 - 1985	68	1 520
Dunaj	Černé moře	2 857	817	Ceatal Izmail	807	1921 - 1999	79	6 410
Dněpr	Černé moře	2 285	503	Dněpr-elektrárna	463	1952 - 1984	33	1 480
Don	Černé moře/Azovské moře	1 970	442	Razdorskaja	378	1891 - 1990	98	779
Volha	Kaspické moře	3 688	1 380	Volgograd-elektrárna	1 360	1879 - 1990	93	8 100
Odra	Baltské moře	855	119	Hohensaaten-Finow závěrový profil	110	1920 - 2000	79	526
Visla	Baltské moře	1 095	198	Tczew	194	1900 - 1994	94	1 040
Němen	Baltské moře	990	98,1	Smalininkaj	81,2	1812 - 1993	179	538
Západní Dvina	Baltské moře	1 020	84,4	Daugavpils	64,5	1965 - 1984	20	391
Něva	Baltské moře/Finský záliv	74	282	Novosaratovka	281	1859 - 1988	127	2 510
Severní Dvina	Barentsovo moře/Bílé moře	1 302	360	Ust'-Pinega	348	1881 - 1998	117	3 330
Mezen	Barentsovo moře/Bílé moře	857	76,5	Malonisogorskaja	56,4	1920 - 1998	78	642
Pečora	Barentsovo moře	1 809	327	Oksino	312	1916 - 1998	37	4 380

1) délka toku Vezery (432 km) plus délka pramenného toku Werra (298 km)

Tab. 5.7-8: Charakteristika hydrologického režimu ve vodoměrných stanicích na 19 tocích v blízkosti jejich ústí do moře

Vodoměrná stanice v blízkosti ústí do moře	Průměrný specifický odtok [l.s ⁻¹ .km ⁻²]	Dlouhodobý průměrný průtok				Q _{min} ¹⁾ Q _{max} ²⁾		Q _{min} : Q _{max}	Q _{min/més} ³⁾ Q _{max/més} ⁴⁾	Q _{min/més} : Q _{max/més}	
		Zimní hydrologické pololetí		Letní hydrologické pololetí							
		[m ³ .s ⁻¹]	[%]	[m ³ .s ⁻¹]	[%]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]		
Neu Darchau	5,4	870	61	548	39	380	1 370	1 : 3,6	143	2 900	1 : 20
Intschede	8,6	440	68	208	32	150	559	1 : 3,7	65,3	1 440	1 : 22
Versen	9,6	116	72	44,7	28	38,4	131	1 : 3,4	8,69	389	1 : 45
Rees	14,2	2 470	55	2 030	45	1 080	3 280	1 : 3,0	675	7 280	1 : 11
Montjean	7,6	1 230	73	447	27	282	1 970	1 : 7,0	60,0	4 200	1 : 70
Beucaire	17,7	1 930	57	1 460	43	723	2 470	1 : 3,4	420	5 080	1 : 12
Pontelagoscuro	21,7	1 520	50	1 510	50	905	2 620	1 : 2,9	330	5 180	1 : 16
Ceatal Izmail	7,9	6 420	50	6 410	50	4 020	9 370	1 : 2,3	1 890	14 500	1 : 7,7
Dněpr-elektrárna	3,2	1 580	53	1 390	47	801	2 660	1 : 3,3	362	8 040	1 : 22
Razdorskaja	2,1	737	47	823	53	300	1 670	1 : 5,6	103	9 390	1 : 91
Volgograd- elektrárna	6,0	4 920	30	11 300	70	5 180	12 400	1 : 2,4	1 140	39 400	1 : 35
Hohensaaten-Finow závěrový profil	4,8	613	58	438	42	290	911	1 : 3,1	121	1 760	1 : 15
Tczew	5,4	1 200	58	882	42	600	1 780	1 : 3,0	254	4 390	1 : 17
Smalininkaj	6,6	654	61	422	39	350	799	1 : 2,3	174	3 430	1 : 20
Daugavpils	6,1	486	62	296	38	281	584	1 : 2,1	84	2 630	1 : 31
Novosaratovka	8,9	2 050	41	2 960	59	1 340	3 670	1 : 2,7	183	4 450	1 : 24
Ust'-Pinega	9,6	1 470	22	5 200	78	1 800	5 250	1 : 2,9	319	20 800	1 : 65
Malonisogorskaja	11,4	253	20	1 030	80	350	904	1 : 2,6	88,4	4 400	1 : 50
Oksino	14,0	1 210	14	7 540	86	3 120	5 550	1 : 1,8	269	30 200	1 : 112

1) nejmenší průměrný roční průtok

2) největší průměrný roční průtok

3) nejmenší průměrný měsíční průtok

4) největší průměrný měsíční průtok

- vždy v rámci sledovaného období -

již k subpolárnímu klimatickému pásmu, činí odtok v zimě pouhých 14 až 22 % dlouhodobého ročního průtoku.

Na většině vodoměrných stanic je **poměr mezi nejmenším a největším průměrným ročním průtokem** v daném období pozorování menší než ve stanici Neu Darchau (1 : 3,6) a nejmenší je ve stanici Oksino na Pečore (1 : 1,8). Výrazně větší rozdíly jsou zaznamenány na Loire (1 : 7,0) a na Donu (1 : 5,6).

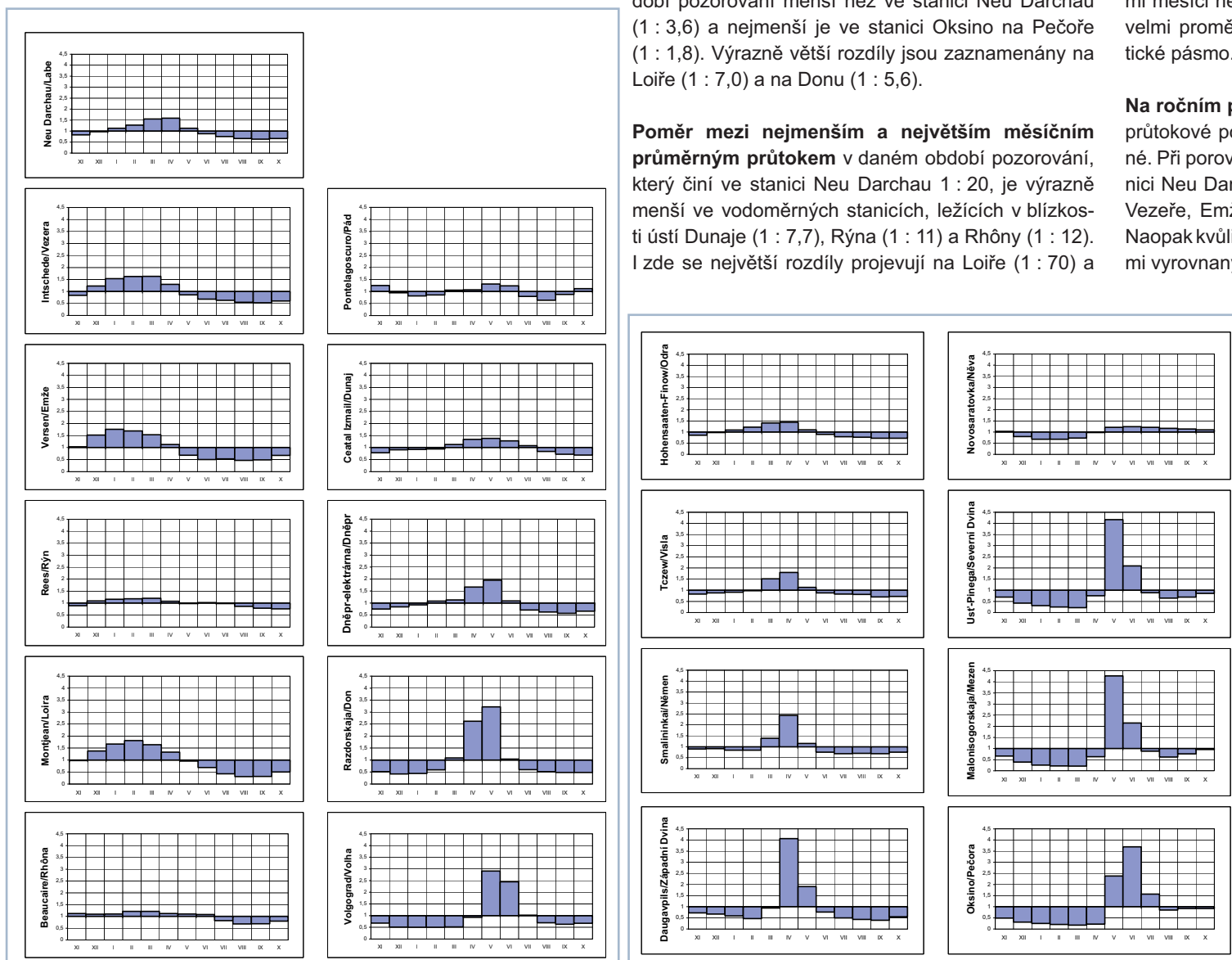
Poměr mezi nejmenším a největším měsíčním průměrným průtokem v daném období pozorování, který činí ve stanici Neu Darchau 1 : 20, je výrazně menší ve vodoměrných stanicích, ležících v blízkosti ústí Dunaje (1 : 7,7), Rýna (1 : 11) a Rhôny (1 : 12). I zde se největší rozdíly projevují na Loire (1 : 70) a

Donu (1 : 91). Na stanici Oksino na Pečore, kde činí průtokový poměr jednotlivých let pouze 1 : 1,8, existuje mezi jednotlivými měsíci největší rozdíl průtoků (1 : 112), což je způsobeno velmi proměnlivým počasím typickým pro subpolární klimatické pásmo.

Na ročním průběhu průtoků se velmi výrazně projevuje, že průtokové poměry na evropských tocích jsou značně rozdílné. Při porovnání ročního průběhu průtoků ve vodoměrné stanici Neu Darchau na Labi se maximální průtoky vyskytují na Vezeře, Emži a Loire dříve a roční průběh je vyrovnanější. Naopak kvůli alpskému původu vykazují Rýn, Rhône a Pád velmi vyrovnaný roční průběh průtoků. Od Dunaje po Volhu jsou

maximální průtoky zaznamenávány v květnu, nevyrovnanost v ročním průběhu neustále přibývá a na Volze je průtok pouze ve třech měsících větší než dlouhodobý průměrný roční průtok. Stejně jako ve vodoměrné stanici Neu Darchau se maximální průtoky ve vodoměrných stanicích ležících v blízkosti ústí Odry, Visly, Němenu a Západní Dviny do moře vyskytují v dubnu a směrem na severovýchod jsou stále výraznější. Na západní Dvině převyšuje průtok dlouhodobý průměrný roční průtok pouze v dubnu a květnu. Zcela odlišný roční průběh na Něvě je podmíněn vyrovnávacím účinkem Oněžského jezera (necelých 10 000 km²) a Ladožského jezera (více než 18 000 km²).

Na Severní Dvině, Mezenu a Pečore se projevují největší rozdíly v ročním průběhu průtoků. Ve velmi krátkém letním období dosahuje průtok v květnu, resp. červnu čtyřnásobku dlouhodobého průměrného ročního průtoku a ve velmi dlouhém zimním období klesá pod hodnotu 25 %, na Pečore na 17 % dlouhodobého průměrného ročního průtoku.



Obr. 5.7-3: Roční průběh průtoků na 19 evropských vodních tocích, vyjádřený jako podíl dlouhodobých měsíčních a ročních průměrů ve vodoměrných stanicích v blízkosti ústí do moře ($Q_{\text{měsíc}}/Q_r$)

6 Shrnutí

Labe je čtvrtou největší řekou ve střední Evropě po Dunaji, Visle a Rýně. Měří 1 094 km, jeho povodí se rozkládá na ploše 148 268 km².

Největšími přítoky Labe jsou Vltava, Sála a Havola, které zaujímají přes 51 % rozlohy povodí. Na Ohři, Černý Halštrov, Mulde a dalších pět přítoků (vodní cesta Müritz-Elde, Ilmenau, Sude, Jizera a Orlice) s povodím o rozloze nad 2 000 km² připadá 21 % plochy povodí.

Labe se od pramene v Krkonoších po ústí do Severního moře dělí na tři úseky (Horní, Střední a Dolní Labe).

Horní Labe má délku 463 km a končí pod Míšní (Meißen). Plocha povodí měří přes 54 000 km² a rozkládá se převážně v oblastech pahorkatin (200 až 500 m n. m.) a vysočin. Pouze v nejvyšších polohách na horských vrcholech a hřebenech dosahuje nadmořská výška přes 1 000 m. Nejvyšším vrcholem je Sněžka v Krkonoších (1 602 m n. m.). V průběhu roku jsou průměrné průtoky na Horním Labi a jeho přítocích nejvyšší v březnu a dubnu, kdy se projevuje tání sněhu, a nejnižší od srpna do října.

Střední Labe v úseku po jez Geesthacht nad Hamburkem měří 489 km. Jeho povodí o ploše téměř 81 000 km² se rozkládá převážně v nížinách (pod 200 m n. m.), pouze malé části připadají na vysočiny (nad 500 m n. m.). Nadmořskou výšku

přes 1 000 m má jen několik málo horských vrcholů. Rozdělení průtoků během roku je na Středním Labi obdobné jako na horním úseku toku. Jejich průběh podporuje i rovnoměrný průtokový režim Mulde a Sály. Vyrovnané průtoky Havoly a další přítoky s vysokými průměrnými měsíčními průtoky již od prosince a ledna, na této skutečnosti nic nemění.

Dolní Labe až po ústí do Severního moře měří 142 km. Jeho povodí o rozloze přes 13 000 km² se rozkládá v nížině, kde výšky většinou nedosahují ani 75 m n. m. Hladiny a průtoky jsou ovlivňovány mořským přílivem a odlivem. Proto se tento úsek nazývá také slapový úsek Labe.

Povodí Horního a Středního Labe leží v pásmu přechodu mezi přímořským a kontinentálním podnebím střední Evropy. Pro kontinentální podnebí jsou charakteristické větší teplotní rozdíly mezi zimou a létem a poměrně malé množství srážek. Povodí slapového úseku Labe je naproti tomu výrazně ovlivňováno přímořským podnebím s mírnými zimami a vyššími srážkami, málokdy však sněhovými. Průměrný roční úhrn srážek se pohybuje v rozmezí od 1 700 mm na hřebenech Krkonoš, Jizerských hor a ve vyšších polohách Harcu a do 450 mm v oblastech, ležících ve srážkovém stínu hor. V povodí slapového úseku Labe spadne ročně v průměru 750 až 900 mm srážek, tj. o 200 až 300 mm více než ve většině zbývajících částí povodí Labe. Průměrný roční úhrn srážek v celém povodí Labe je 628 mm, a tudíž výrazně nižší

*A fonte puro pura defluit aqua. –
Z čistého pramene plyne čistá voda.
(latinské přísloví)*

než např. v povodí Rýna (950 mm). V zimním hydrologickém pololetí (od listopadu do dubna) vypadne 43 % srážek a v letním hydrologickém pololetí (od května do října) 57 %.

Dlouhodobý průměrný průtok Labe na hranici s mořem činí 861 m³.s⁻¹, resp. 27,2 mld. m³ za rok, což odpovídá roční odtokové výšce 183 mm. Územní výpar tedy dosahuje 445 mm, což představuje 71 % průměrného srážkového úhrnu na povodí.

V závislosti na výšce srážek a orografických podmínkách dosahuje průměrný specifický odtok na hřebenech hor 30 až 40 l.s⁻¹.km⁻² a necelé 2 l.s⁻¹.km⁻² ve zvlášť suchých oblastech. Vzátaženo k vodoměrnému profilu Neu Darchau, který reprezentuje 89 % celé plochy povodí Labe, činí průměrný specifický odtok 5,4 l.s⁻¹.km⁻². To dokládá, že Labe patří k odtokově nejchudším velkým povodím v Evropě. Porovnání s průměrnými specifickými odtoky 18 velkých evropských řek ve vodoměrných profilech v blízkosti jejich ústí do moře ukazuje, že jen povodí Odry, Dněpru a Donu mají nižší odtoky. Rýn, Rhôna a Pád mají naproti tomu specifické odtoky trojnásobně až čtyřnásobně vyšší.

V průběhu staletí přeměnil člověk výrazným způsobem přírodu i vodní režim a ovlivnil tak průtokový režim téměř na celé ploše povodí Labe. K nejvýraznějším zásahům, které se projevují na průtokovém režimu na téměř celé ploše povodí

dí, patří stavba hrází, stavební úpravy na toku, napřimování koryta, stavba jezů, plavebních stupňů a údolních přehrad, převody vody, zavlažování a odvodňování zemědělských ploch.

Od samých počátků osídlení byly podél toku Labe a řady jeho přítoků budovány ochranné hráze, které byly později zvyšovány a zpevňovány, aby tak chránily města a vesnice, silnice a železnice, ale i zemědělské pozemky před povodněmi. Tento vývoj pokračuje až do současnosti.

Na Dolním Labi dnes chrání 335 km hrází a 17 uzavíracích jezů na ústích přítoků ve slapovém úseku Labe plochu přes 2 400 km², včetně intravilánu města Hamburku. V důsledku toho se však snížil objem přirozeného retenčního prostoru na území kolem Labe o 8 mld. m³.

Podél Středního Labe je 730 km ochranných hrází a dalších 500 km hrází proti zpětnému vzduť na dolních úsecích jeho přítoků, které tak chrání téměř 3 300 km² ploch před povodněmi. Výstavba hrází na Středním Labi měla za následek nejen ztrátu 2,3 miliard m³ přirozeného retenčního objemu, ale i rychlejší průběh povodňových vln s vyšší kulminací.

Již od středověku se v povodí Labe upravovaly a napřimovaly toky řek v zájmu urychlení odtoku vody a odvodňování zemědělsky využívaných území. To mělo za následek úbytek

meandrů, mokřadů a slatin, což znamenalo nejen ztrátu retenčních ploch v případě povodní, ale v důsledku menší akumulace vody v půdě i prodloužení období malých průtoků v řekách.

Tento vývoj, zejména na Labi, Vltavě, Sále a Havole, podpořily výraznou měrou úpravy provedené v zájmu lodní dopravy. K největším úpravám patří výstavba kanálů a plavebních stupňů. Např. úsek Labe od Chvaletic po Ústí n. L. v délce 170 km byl pro účely plavby zkanalizován a je zde postaveno 21 zdymadel, které udržují požadovanou plavební hloubku. Povodí Rýna, Vezery, Labe a Odry propojuje síť umělých vodních cest, která zabezpečuje také lodní dopravu k Severnímu a Baltskému moři.

Tok Labe je dnes oproti původní délce o 120 km kratší. Důsledkem zkracování toku je vedle zvýšení sklonu a vyšší rychlosti proudění také zvýšená eroze dna. Na Labi je největší eroze dna v úseku mezi městy Mühlberg a Wittenberg/L. v délce 110 km. V okolí města Torgau dnes dosahuje 1 až 2 cm za rok. Opatření na její zpomalení byla již zahájena a bude zapotřebí v nich i nadále intenzivně pokračovat.

Do roku 1930 existovalo v povodí Labe 95 údolních nádrží s ovladatelným objemem nad 0,3 mil. m³. Celkový ovladatelný objem dosahoval 249 mil. m³, z toho bylo 36 mil. m³ vyčleněno jako ochranný objem. Zvýšená potřeba pitné a

užitkové vody, rostoucí potřeba ochrany před povodněmi, vyšší nároky na dostupnost vody v obdobích sucha a rostoucí potřeba energie vedly v následujících desetiletích k výstavbě dalších přehrad. V hlavní fázi výstavby v letech 1955 - 1980 vzrostl celkový ovladatelný objem nádrží na 4,5násobek a ovladatelný ochranný objem na 4,7násobek oproti stavu z roku 1955.

Dnes existuje v povodí Labe 292 údolních nádrží, z toho 72 v povodí Vltavy a 86 v povodí Sály, s ovladatelným objemem 4,08 mld. m³, z toho je 573 mil. m³ vyčleněno jako ochranný objem. Takové množství přehrad, jako je tomu v povodí Horního Labe, Mulde a Sály, neexistuje na žádné jiné velké evropské řece.

Řada těchto nádrží je víceúčelových. Výlučně nebo z velké části k vodárenským účelům slouží 76 nádrží, přičemž více než polovina těchto nádrží má z ovladatelného objemu vymezen také malý ochranný objem. Mezi největší vodárenské nádrže patří Švihov (266,6 mil. m³) v povodí Sázavy a Rappbode (109,1 mil. m³) v povodí Bode.

Největší nádrže (pokud jde o ovladatelný objem a plochu zátopy) jsou Orlik (716,5 mil. m³ a 27,30 km²) a Lipno I (309,5 mil. m³ a 48,7 km²). Spolu s dalšími sedmi přehradami tvoří Vltavskou kaskádu, která je největší souvisle řízenou soustavou údolních nádrží (celkový ovladatelný objem

1,35 mld. m³) ve střední Evropě. Vltavská kaskáda umožňuje výrazně navyšovat minimální průtoky na Vltavě i na Labi.

Mnoho přehrad slouží také k výrobě elektrické energie. Samotná Vltavská kaskáda má při plném vytížení výkon až 760 MW. Vedle toho je v povodí Labe – převážně v horských oblastech – dalších deset přečerpávacích elektráren o výkonu 2 940 MW.

Ochranný účinek vodních nádrží je závislý na poměru objemu volného prostoru k objemu povodňové vlny. Významně se projevuje při menších a středních povodních na úseku toku pod nádrží. Nakolik jsou údolní nádrže účinné při katastrofální povodni, se ukázalo v srpnu 2002. I když měly povodňové vlny mimořádně velký objem, podařilo se alespoň průtoky snížit nebo časově posunout natolik, aby pod nádržemi většinou nedošlo ke střetu kulminací povodní a mohla být provedena nezbytná opatření.

Tato povodeň byla podnětem k tomu, aby byla vedle průzkumů výstavby nových retenčních nádrží prověřena stanovená velikost ovladatelného ochranného objemu ve stávajících vodních nádržích. Na některých nádržích byl tento ochranný objem zvýšen, jelikož potřeba pitné a užitkové vody má klesající tendenci.

První převody vody z jednoho povodí do druhého, což s se-

bou nese změny průtokového režimu, se prováděly v povodí Labe již v pozdním středověku. Některé ztratily na významu, k nim však přišly převody nové. Patrné je to zejména v povodí Havoly, pro které je charakteristické propojení četných kanálů v rámci povodí a převody vody z Labe, Elde a Odry.

K nejdůležitějším převaděčům vody, které se budovaly především ve druhé polovině minulého století, patří převody užitkové vody z Ohře do povodí Bíliny a převody vody za účelem zásobování velkých měst a aglomerací pitnou vodou. V roce 2005 dokončený převaděč vody z Lužické Nisy do povodí Sprévy slouží k zatápění bývalých povrchových hnědouhelných dolů. Také v budoucnu budou převody vody nepostradatelné. Na významu získají při zatápění jam zbylých po vytěžených povrchových dolech v Severočeské pánvi a ve Středoněmeckém a Lužickém hnědouhelném revíru.

Řada opatření, která se prováděla za účelem odvodňování a zavlažování velkých zemědělských ploch hlavně v 60. až 80. letech minulého století, vedla k rozsáhlým změnám průtokových poměrů. Na jedné straně došlo následkem odvodňování ke snížení obsahu vody v půdě a poklesu svrchních vrstev podzemní vody, ale na druhé straně se odebíralo z řek a jezer obrovské množství vody pro zavlažování. V období, kdy se závlahy prováděly velmi často, klesala vodní hladina v řekách a jezerech hluboko pod přirozený nízký stav vody. Od začátku 90. let má tento vývoj klesající trend.

Na mnoha místech se odvodňovací a zavlažovací zařízení již nevyužívají, část jich byla demontována a vedle toho byla zahájena opatření na revitalizaci ekologicky narušených oblastí.

Labe patří k významným evropským tokům, jejichž povodí se působením člověka změnilo na intenzivně využívanou kulturní krajinu. Příroda málo ovlivněná lidskými zásahy je zde spíše vzácností. Proto ES přijalo směrnici, která vytváří jednotný rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (tzv. Rámcovou směrnicí). Cílem je dosažení dobrého ekologického a chemického stavu povrchových vod a dobrého kvantitativního a chemického stavu podzemních vod. Politické rozhodovací sféře v povodí Labe byl uložen závazek, aby učinila v oblasti vodní politiky všechno potřebné s cílem zachovat a utvářet budoucím generacím intaktní kulturní a přírodní krajinu.

- Baumgartner, A.: Liebscher, H.-J. (1996): Allgemeine Hydrologie – Quantitative Hydrologie. Gebrüder Borntraegerverlag, Berlin/Stuttgart
- Benešová, J. (2002): Krajina důlních oblastí severních Čech. Vodní hospodářství, 6/2002, s. 167 - 168
- Bezirksfischereiverband Oberfranken e.V. (2000): Analyse der biologischen Durchgängigkeit der Fließgewässer im oberfränkischen Elbeinzugsgebiet.
- Bjarsch, B. (2001): Beeinflussung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse im Spreegebiet durch den Braunkohlenabbau und die Errichtung von Talsperren vor 1994. In: Band 8 (2001) Vom Teichbau zum Talsperrenbau in der Lausitz, Fachhochschule Lausitz, Fachbereich Bauingenieurwesen, Cottbus, S. 7 - 18
- Brundiers, K. Utecht, H. (1992): Elbe-Handbuch 2, mit Saale. DSV-Verlag, Hamburg
- Brundiers, K. Utecht, H. (1993): Elbe-Handbuch 1, mit Moldau. DSV-Verlag, Hamburg
- Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz (1994): Mittlere Fließzeiten der Elbe auf der Strecke (Ústí) Dresden – Wittenberge (Dömitz) auf der Grundlage von Profilberechnungen. BfG-Bericht Nr. 0840
- Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz (1996): Wasserbewirtschaftung der Bundeswasserstraßen im Bereich der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost. BfG-Bericht Nr. 1057
- Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz (1999): Untersuchungen zum Abflussregime der Elbe. BfG-Bericht Nr. 1228
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2000): Hydrologischer Atlas von Deutschland.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2004): Wasserstraßenkreuz Magdeburg.
- Burkhardt, P. (1983): Eisbildung auf der Elbe. Nicht veröffentlichtes Material der Wasserwirtschaftsdirektion Untere Elbe Magdeburg
- Burkhardt, P.; Fröhlich, W. (1995): Hochwasservorhersage an der Elbe in Deutschland. Sborník odborného semináře „Povodňová ochrana na Labi“ ve dnech 30./31. 3. 1995 v Ústí n. L., s. 327 - 338
- Büttner, M.; Krippendorf, W.; Thiele, W. (1990): Rechnergestützte Bewirtschaftung der Oberen Saale und Unstrut. Wasser & Boden, Heft 12, S. 814 - 818
- Christiansen, H.; Elsholz, M. (1988): Das Eishochwasser der Elbe im Januar 1987. Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen Heft 4, S. 94 - 102
- DEBRIV Bundesverband Braunkohle (2001): Braunkohle – Ein Industriezweig stellt sich vor.
- Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. - DVWK (1991): Historische Talsperren. Konrad-Wittwer-Verlag, Stuttgart
- DVWK (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen, DVWK-Merkblatt zur Wasserbewirtschaftung 238/1996
- DVWK (1999): Wasserwirtschaftlich-ökologische Forderungen für den Braunkohlenabbau. Materialien 2/1999
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch für das Elbegebiet (verschiedene Jahrgänge): Teil I: Von der Grenze bis zur Havelmündung; Teil II: Havel mit deutschem Odergebiet; Teil III: Untere Elbe ab der Havelmündung
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch der Jahre 1999 bzw. 2000 für die Flussgebiete Oder, Weser, Ems, Rhein und Donau
- Dyck, S.; Peschke, G. (1995): Grundlagen der Hydrologie. Verlag für Bauwesen, Berlin
- Eckoldt, M. (1998): Flüsse und Kanäle – Die Geschichte der deutschen Wasserstraßen. DSV-Verlag GmbH, Hamburg
- Elbestrombauverwaltung Magdeburg (1898): Der Elbestrom, sein Stromgebiet und seine wichtigsten Nebenflüsse – Band I, II und III sowie Tabellen und Kartenwerke. Verlag von Dietrich Reimer, Berlin
- Elbestrombauverwaltung Magdeburg (1909): Denkschrift über den Verlauf des Hochwassers und Eisganges auf der Elbe im Winter 1908/09. Druckerei E. Baensch
- Fachhochschule Lausitz, Cottbus, Fachbereich Bauingenieurwesen (2001): Vom Teichbau zum Talsperrenbau in der Lausitz. Band 8
- Faist, H. (1967): Die jährlichen Hochwasserabflüsse der Elbe bei Magdeburg im Zeitraum 1870 - 1960. Wasserwirtschaftsdirektion Magdeburg
- Faist, H. (1968): Die jährlichen Hochwasserabflüsse der Elbe bei Magdeburg im Zeitraum 1727 - 1870. Wasserwirtschaftsdirektion Magdeburg
- Faist, H. (1969): Zur Geschichte der Abflussmessungen in der Elbe. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 7/8, S. 260 - 262
- Faist, H. (1991): Die Schifffahrtsbedingungen auf der Wasserstraße Saale. Binnenschifffahrt, Nr. 22, S. 1128 - 1132
- Faist, H. (1992): Zur Sohlenerosion der Elbe. Binnenschifffahrt, Heft 6, S. 240
- Faist, H. (2002): Zur Geschichte der Magdeburger Elbestrecke. Elbe-Saale-Schifffahrtskalender 2003, S. 232 - 238
- Faulhaber, P. (1998): Entwicklung der Wasserspiegel- und Sohlenhöhen in der deutschen Binnenelbe innerhalb der letzten 100 Jahre. Tagungsband des 8. Magdeburger Gewässerschutzseminars in Karlovy Vary, S. 217 - 220
- Faulhaber, P. (2001): Maßnahmen gegen die Sohleneintiefung der Elbe. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 7, S. 17 - 22
- Freie und Hansestadt Hamburg, Wirtschaftsbetriebe Strom- und Hafenbau (1995): Die Entwicklung des Hamburger Stromspaltungsgebietes der Elbe von 1950 bis 1994. Statusbericht
- Freistaat Sachsen, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2000): Entstehung und Entwicklung der Oberlausitzer Teichwirtschaft. Sonderheft
- Freistaat Sachsen, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2000): Entstehung und Entwicklung der Teichwirtschaft Moritzburg. Sonderheft
- Fügner, D. (1982): Über die „Chronologische Geschichte der großen Wasserfluten des Elbestromes seit tausend und mehr Jahren“ von Christian Gottlieb Pötzsch anlässlich seines 250. Geburtstages. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 6, S. 203 - 205
- Fügner, D. (1984): Neue Ergebnisse der Hochwasserberechnungen für den Elbestrom in Dresden. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 8, S. 189
- Fügner, D. (1990): Die historische Entwicklung des hydrologischen Messwesens in Sachsen. Sonderdruck aus Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, Heft 5/6, S. 156
- Fügner, D. (1994): Die größten Hochwasser des Elbestromes am Pegel Dresden. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung
- Fügner, D. (2003): Hochwasserkatastrophen in Sachsen. Tauchaer Verlag
- Fügner, D. (2004): Hochwasserkatastrophen in Sachsen – ein historischer Überblick. Mitteilungen des Landesvereins Sächsischer Heimatschutz e.V., Heft 1, S. 23 - 31
- Glazik, G. (1964): Veränderungen der Wasserspiegel- und Sohlenlage der Elbe. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 11, S. 332
- Glazik, G. (1964): Die Sohlenerosion der Elbe. (Teil 1). Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 7, S. 32 - 35; (Teil 2). Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 8, S. 36 - 42

- Global Runoff Data Centre Koblenz (2003): Hydrologische Daten von 19 mündungsnahen Pegeln großer europäischer Flüsse
- Gönnert, G.; Ferk, U. (1996): Natürliche und anthropogen beeinflusste Entwicklung von Sturmfluten in der Deutschen Bucht und der Unterelbe. Vechtaer Studien zur Angewandten Geographie und Regionalwissenschaft, Band 18, S. 13 - 31
- Görtz, M.; Buchheister, M. (1900): Das Eisbrechewesen im Deutschen Reich. Verlag von A. Asher & Co, Berlin
- Götze, H. (1993): 398 Kilometer Spree – von den Quellen in der Oberlausitz bis zur Mündung in Spandau. Stapp Verlag, Berlin
- Grünwald, U. (1999): Einzugsgebietsbezogene Wasserbewirtschaftung als fach- und länderübergreifende Herausforderung, Hydrologie und Wasserwirtschaft 43, Heft 6, S. 292 ff.
- Grünwald, U. (2000): Zum aktuellen Stand und zu Entwicklungsbedingungen der Wasserbeschaffenheit im Lausitzer Revier. 35. Sitzung der Bund/Länder-Arbeitsgruppe „Wasserwirtschaftliche Planung“ Berlin 19.2.2000
- Grüttner, H. (1974): Anlass und Konzeption von Sturmflutsperrwerken und ihr Einfluss auf die Wasserwirtschaft. Wasser & Boden, Heft 10, S. 283 - 288
- Hamburger Deichverbände und Wasser- und Bodenverbände (1987?): Sturmfluten und Hochwasserschutz in Hamburg.
- Heinrich, F. (1991): Aus der 1000-jährigen Elbschiffahrtsgeschichte. Urania-Vortragszentrum e.V., Dresden
- Horn, A.; Hoop, W. (1996): Nebenflüsse der Elbe, Edition Maritim Verlag, Hamburg
- Hydrologický ústav, Praha (1965): Hydrologické poměry Československé Socialistické Republiky
Díl I: Text; Díl II: Mapy
- Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz für das Jahr 2001
- Hydrologisches Jahrbuch von Österreich für das Jahr 1999
- Jeschke, K. (2004): Wasser für Sachsen – in Vergangenheit und Gegenwart. Mitteilungen des Landesvereins Sächsischer Heimatschutz e.V., Heft 1, S. 3 - 22
- Jirásek, V. (2000): Pilotprojekt an der Orlice. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 7, S. 20 - 25
- Jüngel, K. (1993): Die Elbe – Geschichte um einen Fluss. Anita Tykve Verlag, Böblingen
- Kanowski, H. (1995): Hochwasserschutzmaßnahmen im Bereich der Mittleren Elbe im Land Sachsen-Anhalt. Sborník odborného semináře „Povodňová ochrana na Labi“ ve dnech 30./31. 3. 1995 v Ústí n. L., s. 238 - 249
- Kögel, U.; Siebke J. (1993) Der Ausbau der Havel-Oder-Wasserstraße. Binnenschifffahrt, Nr. 21, S. 18 - 23
- Köhler, J.; Gelbrecht, J.; Pusch M. (2002): Die Spree – Zustand, Probleme, Entwicklungsmöglichkeiten. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller)
- Kubát, J. (1996): Hydrologie Labe – obecné a specifické aspekty. Seminář 5 let MKOL - Praha dne 19. 10. 1995. Sborník, s. 37 - 44
- Kunkel, R.; Wendland F. (1998): Der Landschaftshaushalt im Flusseinzugsgebiet der Elbe. Forschungszentrum Jülich, Band 12
- Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (1988): Einfluss von Baumaßnahmen in und an der Tideelbe auf die Höhe hoher Sturmfluten. Sonderdruck aus Heft 47/1988
- Kuřa, K. (1995): Chlumecká rybníční soustava.
- Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (1995): Das Frühjahrshochwasser vom April 1994. Heft 15
- Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (1996): Das vorläufige Flächenverzeichnis und die Verschlüsselung von oberirdischen Gewässern entsprechend LAWA-Richtlinien in Sachsen-Anhalt. Sonderheft 1/1996
- Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (2001): Arten- und Biotopschutzprogramm Sachsen-Anhalt – Landschaftsraum Elbe. Sonderheft Teil 1
- Landesamt für Umwelt und Geologie des Freistaates Sachsen (2001): Gewässerstrukturbericht 2001.
- Landesamt für Umwelt und Geologie des Freistaates Sachsen (2002): Stauanlagenverzeichnis 2002.
- Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (1992): Talsperren in Sachsen. Sebald Sachsendruck GmbH, Plauen
- Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (1996 - 2003): Geschäftsberichte der Landestalsperrenverwaltung.
- Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (2002): 10 Jahre Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen. Tagungsband des Fachkolloquiums vom 11.04.2002
- Landesumweltamt Brandenburg (1995): Die Havel. Studien und Tagungsberichte, Band 8
- Landesumweltamt Brandenburg (1997): Schwarze Elster, ökologischer Zustand und Entwicklungsgebiete. Reihe: Fachbeiträge des Landesumweltamtes
- Landesumweltamt Brandenburg (1999): Berichte aus der Arbeit 1998.
- Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH / LMBV (1996): Sichere Gestaltung setzungsfließgefährdeter Kippenrandbereiche.
- LMVB (1997 - 2003): Jährliche Sanierungsberichte.
- LMVB (2003): Flutungszentrale Lausitz.
- LMVB (2004): Nach der Kohle kommt das Wasser.
- LMVB (2004): Sanierungsgebiet Goitzsche – Bericht zum Hochwasserereignis im August 2002.
- LAWA (1995): Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz.
- Liedtke, H.; Marcinek, J. (1995): Physikalische Geographie Deutschlands. Justus Perthes Verlag, Gotha
- Luckner, L. et al. (1995): Durchführbarkeitsstudie zur Rehabilitation des Wasserhaushaltes der Niederlausitz auf der Grundlage vorhandener Lösungsansätze. Hrsg.: Lausitzer Bergbauverwaltungsgesellschaft mbH
- Luckner, L. et al. (1996a): Rehabilitation des Wasserhaushaltes im Braunkohlenrevier Mitteldeutschland. Hrsg.: LMVB
- Luckner, L. et al. (1996b): Sanierungskonzept der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse in den Bergbaufolgelandschaften der Niederlausitz. Hrsg.: LMVB
- Luckner, L.; Gockel, G.; Seidel, K.-H. (1997): Restlochflutung. Hrsg.: LMVB
- Luckner, L. et al. (2003): Restlochflutung. Hrsg.: LMVB
- Mack, J. (1976): Der Rückgang der Eisbildung auf der Elbe als Folge anthropogener Einflüsse. Ingenieurabschlussarbeit, Ingenieurschule für Wasserwirtschaft, Magdeburg
- Martin, H.; Carstensen, D. (1993): Ergebnisse der Untersuchungen zur hydraulischen Wirksamkeit der Dresdner Flutrinnen. Wasserbauliche Mitteilungen der TU Dresden, Heft 5, S. 145 - 159
- Maul, C.; Ziegenhardt, W. (1994a): Grundwassersanierung in den Braunkohlegebieten der Lausitz und Mitteldeutschlands. IWS-Schriftenreihe 23, S. 163 - 175
- Maul, C.; Ziegenhardt, W. (1994b): Rahmenkonzept zur Wiederherstellung eines ausgeglichenen Wasserhaushalts in den vom Braunkohlenbergbau beeinträchtigten Flusseinzugsgebieten in der Lausitz und in Mitteldeutschland. TU Cottbus Aktuelle Reihe 11, S. 19 - 25

- Maul, C. (1996): Die Sanierung des Wasserhaushalts im Lausitzer und im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier – ein Überblick. In: Grundwasser guteentwicklung in den Braunkohlegebieten der neuen Länder. GBL-Gemeinschaftsvorhaben, Vorträge des 2. GBL-Kolloquiums, 6. - 8. März 1996, Stuttgart: 13 - 15.
- Meteorologischer Dienst der Deutschen Demokratischen Republik (1966): Hydrographisches Kartenwerk der DDR. Band I und II.
- Meteorologischer Dienst der Deutschen Demokratischen Republik (1968): Flächenverzeichnis der Flussgebiete in der DDR.
- Meusel, G. (1988): Sachstandsinformation über Aufgabenstellungen zur Gewährleistung des vorbeugenden Katastrophenschutzes gegen Eis und Hochwasser im Bereich der Unteren Elbe. Vortrag anlässlich einer Bereisung der Elbe am 08.09.1988
- Ministerstvo životního prostředí (1999): Povodňová katastrofa 20. století na území České republiky.
- MKOL (1994): Ekologická studie k ochraně a utváření vodních struktur a břehových zón Labe.
- MKOL (1995): Labe a jeho povodí.
- MKOL (1996): Seminář 5 let MKOL - Praha dne 19. 10. 1995. Sborník
- MKOL (1999): Labe - cenný přírodní klenot Evropy. 2. vydání
- MKOL (2000): Labe v letech 1990 až 2000 - 10 let úspěšné spolupráce v MKOL.
- MKOL (2000): Souhrn analýz hydrologických aspektů vzniku povodní a jejich předpovědi na Labi a jeho hlavních přítocích Vltavě, Ohři, Černém Halštrovu, Mulde, Sále a Havole. Sedm samostatných analýz z let 1996 až 1999
- MKOL (2001): Zmapování stávající úrovně povodňové ochrany v povodí Labe.
- MKOL (2003): Akční plán povodňové ochrany v povodí Labe.
- MKOL (2004): Dokumentace povodně v srpnu 2002 v povodí Labe.
- Möbs, H.; Maul, C. (1994): Sanierung der Braunkohlegebiete in Mitteldeutschland und in der Lausitz. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 3, S. 12 - 18
- Müller, A. (2002): Die Mürzt – Geschichte einer Landschaft und ihrer Bewohner rund um Deutschlands größten Binnensee. CITY-DRUCK Hoffmann GmbH
- Müller, B. (2002): Von Berlin zur Mürzt. Verlag Edition Maritim GmbH
- Nestmann, F.; Büchele, B. (2000): Ergebnisse des Verbundvorhabens „Morphodynamik der Elbe“. Tagungsband des BMBF-Symposiums Elbeforschung, ATV-DVWK-Schriftenreihe, Heft 21, S. 203 ff.
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft und Küstenschutz – Betriebsstellen Lüneburg und Stade (2001): Gewässergütebericht ELBE 2000.
- Niedersächsischer Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1983): Flächenverzeichnis der hydrographischen Karten Niedersachsens.
- Niedersächsisches Umweltministerium (1992): Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Obere Elbe; Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Untere Elbe
- Nixdorf, B. et al. (2001): Tagebauseen in Deutschland. Texte 35/01 des Umweltbundesamtes
- Novák, J. a kolektiv (1998 - 2001): Vodácký průvodce. Lužnice - 1998, Vltava - 1999, Otava - 1999, Berounka - 2001, SHOCart, Zlín
- Novák, L. (1998): Wasserwirtschaftliche Systeme an der Eger. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 7, S. 53 - 56
- Okresní úřad Pardubice (1999): Opatovický kanál, stavebně-historický, technický a přírodní klenot Pardubicka.
- Peschke-Verlag (1998): Die Elbe von Helgoland bis Magdeburg.
- Podzimek, J. a kolektiv (1970): Povodí Vltavy. 1. část: Historie, 2. část: Objekty, Nakladatelství ČTK
- Podzimek, J. a kolektiv (1973): Povodí Vltavy. Dolní Vltava 1969 - 1970, Nakladatelství ČTK
- Podzimek, J. a kolektiv (1976): Dolní Labe. Státní zemědělské nakladatelství, Praha
- Podzimek, J. a kolektiv (1980): Povodí Berounky. Nakladatelství Polygrafie 1, Praha
- Pondělíček, V. (1998): Vliv antropogenní činnosti na říční systémy Krušných hor. Vodní hospodářství, 10/1998, s. 265 - 268
- Povodí Labe (1992): Distribuční řád (současné vodohospodářské poměry Opatovického kanálu).
- Povodí Labe (1996): 80. výročí protřetí přehrady na Bílé Desné. Sborník
- Povodí Ohře (1986): Významná vodohospodářská díla Povodí Ohře.
- Povodí Ohře (1991): Čtvrt století Povodí Ohře.
- Povodí Ohře (1995): Povodí Ohře, a. s.
- Povodí Vltavy (1992): Povodí Vltavy. Vydáno u příležitosti 25 let činnosti organizace Povodí Vltavy
- Püttner, A. (1990): Hochwasserschutz der Elbe unter besonderer Berücksichtigung der Mittleren Elbe. DVWK-Schriften Nr. 94, S.155 - 176. Verlag Paul Parey
- Rommel, J. (2000): Laufentwicklung der deutschen Elbe bis Geesthacht seit ca. 1600. Studie im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
- Ruchay, D. (1996): Labe spojuje národy ve střední Evropě. Seminář 5 let MKOL - Praha dne 19. 10. 1995. Sborník, s. 7 - 10
- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2004): Ereignisanalyse – Hochwasser August 2002 in den Osterzgebirgsflüssen.
- Schirmer, P. (1998): Erster deutscher übergreifender Rahmenplan für Berlin und Umgebung. DVWK-Schriften Nr. 122, S. 33 - 49
- Schlenker, G.; Laubner, J. (1996): Die Saale – Porträt einer Kulturlandschaft. Koehler & Amelung, Verlagsgesellschaft mbH, München/Berlin
- Schmidt, A.; Faulhaber, P. (1998): Geschiebezugabe in der Erosionsstrecke der Elbe. Binnenschiffahrt, Nr. 23, S. 41 - 45
- Schulz, O. (2002): Die Spree – von der Quelle bis zur Mündung. Oberlausitzer Verlag Spitzenkundersdorf
- Schüler, O.; August, O. (1957): Mitteldeutscher Heimatatlas, 2. Auflage. Verlag Enzyklopädie Leipzig
- Schwarz, B.; Faist, H. (1993): Historisches vom Strom – Schifffahrt auf Saale und Unstrut, Personenschifffahrt-Güterschifffahrt. Band VIII. Verlag Krüpfanz, Duisburg
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin (1993): Der große Müggelsee und sein Einzugsgebiet. Besondere Mitteilungen zum Gewässerkundlichen Jahresbericht für Berlin und Umland
- Sieber, H.-U.; Glasebach, H.-J. (2001): Die Bedeutung von Stauanlagen für die Infrastruktur und die Kulturlandschaft in Sachsen. Wasserwirtschaft, Heft 7/8, S. 394 - 403
- Simon, M. (1993): Wasserbauliche Maßnahmen an der Elbe aus Sicht der IKSE. Wasserbauliche Mitteilungen der TU Dresden, Heft 5, S. 47 - 66
- Simon, M. (1993): Die Elbe und ihr Einzugsgebiet. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 7, S. 15 - 23
- Simon, M. (1994): Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Elbe. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 7, S. 25 - 31
- Simon, M. (1996): Povodňová ochrana v povodí Labe (nepublikováno).

- Simon, M. (1996): Anthropogene Einflüsse auf das Hochwasserabflussverhalten im Einzugsgebiet der Elbe. Wasser & Boden, Heft 2, S. 19 - 23
- Simon, M. (2001): Die IKSE – 10 Jahre erfolgreiche grenzüberschreitende Zusammenarbeit. Der Ingenieur (Wasser- und Schifffahrtsverwaltung), Heft 2, S. 16 - 21
- Simon, M. (2004): Die Elbe und ihr Einzugsgebiet. Schriften der Deutschen Wasserhistorischen Gesellschaft, Band 4, S. 31 - 49
- Staatliches Amt für Umweltschutz Halle/Saale (1997): Untere Unstrut – ein Fluss und seine Landschaft.
- Staatliches Amt für Umweltschutz Magdeburg (2000): 125 Jahre Pretziener Wehr.
- Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung des Freistaates Sachsen (1996): Materialien zur Wasserwirtschaft 3/1996 „Merkblatt Eisgefahren“.
- Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft des Freistaates Sachsen (1999): Materialien zur Wasserwirtschaft 3/1999 „Hochwasserschutz in Sachsen“.
- Státní plavební správa (1977): Plavební mapa Labe – Chvalatice-Mělník.
- Státní plavební správa (1978): Plavební mapa Labe – Mělník-Hřensko.
- Státní plavební správa (1981): Plavební mapa Vltavy – Slapy-Mělník.
- Steuerungs- und Budgetausschuss für die Braunkohlesanierung (2003): Protokoll Braunkohlesanierung 1992 - 2002.
- Stiftung Schlösser und Gärten Potsdam-Sanssouci (1994): Die „Moschee“ von Sanssouci.
- Straßburger, J. (1993) Die Elbe mit Saale. Edition Maritim, Hamburg
- Šámalová, Z. (1995): Ekonomické a sociální aspekty soustavné úpravy středního Labe na přelomu století. Sborník „Povodňová ochrana na Labi“ odborného semináře dne 30. 3. 1995 v Ústí n. L., s. 213 - 223
- Talsperrenmeisterei des Landes Sachsen-Anhalt (1994): Talsperren in Sachsen-Anhalt. Weimardruck GmbH
- Thüringer Landesamt für Umwelt (1998): Gebiets- und Gewässerkennzahlen (Flächenverzeichnis). Schriftenreihe Nr. 32
- Thüringer Talsperrenverwaltung (1993): Talsperren in Thüringen. Verlag und Druckerei Fortschritt Erfurt GmbH
- Trejtner, K. a kolektiv (1978): Střední Labe. Státní zemědělské nakladatelství, Praha
- Treuhandanstalt (1992, 1994): Braunkohlenbergbau und Wasserwirtschaft in Mitteldeutschland und in der Lausitz. Berlin
- Uhlemann, H.-J. (1998): Die Kammerschleusen wurden nicht an der Stecknitzfahrt erfunden. Binnenschifffahrt, Nr. 15/16, S. 31
- Uhlemann, H.-J. (1999): Die Geschichte der Schiffshebewerke, DSV-Verlag
- Uhlemann, H.-J. (2000): Zwischen Elbe und Ostsee, zur Entstehung der Schleswig-Holsteinischen und Mecklenburg-Vorpommerschen Wasserstraßen. DSV-Verlag
- Umweltministerium Mecklenburg-Vorpommern (1999): Hochwasserschutz Elbe in Mecklenburg-Vorpommern.
- Vaněk, T. (2002): Hochwasserschutz an der Oberen Elbe. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 7, S. 16 - 19
- Verkehrsnachrichten (1985): Der Kampf gegen das Eis am Beispiel der Oberelbe. Verkehrsnachrichten, Heft 4, S. 13 - 16
- Vollrath, H.; Lammel, B. (1993): Die Havel – Geschichten eines Flusses. Ullsteinverlag
- Wasserstraßenaufsichtsamt der DDR (1985): Schifffahrtskarten der Binnenwasserstraßen der DDR.
- Band 1: Elbe, von der Mündung der Saale bis Boizenburg; Saale, von der Mündung bis Halle-Trotha (1985)
- Band 2: Elbe, von Schöna bis zur Mündung der Saale (1986)
- Wasser- und Schifffahrtsamt Brandenburg (1999): Bereisung von Potsdam bis Bahnitz am 12.05.1999
- Wasser- und Schifffahrtsamt Brandenburg (1999): Bereisung am 01.10.1999 von Schollene nach Havelberg
- Wasser- und Schifffahrtsamt Brandenburg (2003): Wasserbauprojekte an der Havel.
- Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost (1998, 2003 und 2004): Informationen über Bundeswasserstraßen und Hinweise für die Sportschifffahrt.
- Wasserwirtschaftsdirektion Untere Elbe, Magdeburg (1983): Auswirkungen wasserbaulicher Maßnahmen auf den Hochwasserverlauf der Elbe.
- Wasserwirtschaftsdirektion Untere Elbe, Magdeburg (1987): Abschlussbericht zur Einschätzung der Erfahrungen aus dem Hochwasserereignis Dezember 1986 bis April 1987.
- Wasserwirtschaftsdirektion Untere Elbe, Magdeburg (1989): Dokumentation über die Harzteiche im Selke- und Bodegebiet vom 13.04.1989
- Wasserwirtschaftsdirektion Küste, Stralsund (1987): Abschlussbericht Elbe-Hochwasser / Eis 1987.
- Wehlmann, E.-W. (1991): Chronik über die tausendjährige Geschichte der Saaleschifffahrt.
- Wilke, F. L. (1991): Beeinflussung der Grundwassersituation durch den Braunkohlenbergbau. Gutachten für das Büro für Technikfolgen-Abschätzung des Deutschen Bundestages (TAB)
- Winkler, U. (1999): Wasserkraftnutzung an Talsperren, Speichern und Kunstteichen in Sachsen. Wasser und Abfall, Heft 12, S. 48 - 53
- Žák, L. (1996): Katastrofa na Bílé Desné. Městský úřad v Desné v Jizerských horách/Povodí Labe
- Zeman, V. (1948): Umělé kanály a náhony v českém vodním hospodářství. OBZOR, 11/1948, s. 151 - 156 a 12/1948, s. 168 - 174
- Ziegenhardt, W.; Trogisch, R. (1996): Bedeutung des Speichersystems Lohsa II für die wasserwirtschaftliche Sanierung im Spreegebiet. Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie 3-4/96

