

Statistika malých průtoků na Labi a jeho významných přítocích

Analýza trendů

(stav: 31. 3. 2009)

Skupina expertů Hy pokračovala v dalších analýzách týkajících se malých průtoků na Labi a jeho významných přítocích v souladu s usnesením 21-4b-3, odst. 3 z 21. zasedání MKOL. Poté co bylo v roce 2008 dokončeno zpracování základních hydrologických charakteristik vztahujících se k malým průtokům, zaměřila se skupina expertů Hy na analýzu trendů vybraných charakteristik v období 1961-2005.

1. Úvod

Byly zpracovány **trendy** vybraných charakteristik průtoků **za období 1961 – 2005**, a to ročních minimálních 7-denních průtoků¹, navíc i rozdělených na zimní a letní pololetí, průměrných ročních průtoků, rovněž rozdělených na zimní a letní pololetí, chronologických měsíčních průtoků, průměrných měsíčních průtoků po jednotlivých měsících a průtoků Q_{355} ² (z čáry překročení denních průtoků). Zpracování ročních minimálních 7-denních průtoků se provádí za rok začínající 1. 4. a končící 31. 3. následujícího roku. Trendy byly zpracovány ve vybraných 31 vodoměrných stanicích v povodí Labe (tab. 1.)

Trendy časových řad ve vodoměrných stanicích byly testovány Mann-Kendallovým testem. Pro české stanice byla použita modifikovaná verze, která odstraňuje vliv autokorelace ve vstupních datech. U všech testů byla zvolena hladina významnosti 95 %. Pokud je trend detekován na hladině 95 % jako statisticky významný, používáme pojem rostoucí nebo klesající trend, pokud není trend na hladině 95 % identifikován jako významný, nazýváme ho rostoucí nebo klesající tendencí. V ojedinělých případech s vyhodnocenou nulovou směrnici používáme pojem bez tendence. Tímto postupem byly vypočítané trendy a tendence rozděleny do pěti skupin a následně pro vybrané charakteristiky průtoků znázorněny příslušným symbolem v mapách (obr. 1 až 13).

Dále bylo provedeno porovnání hodnot dlouhodobých průměrných a průměrných minimálních průtoků za období 1931-1960 a 1961-2005 (tab. 2).

2. Trendy vybraných charakteristik průtoků za období 1961-2005

Pro řešené řady průměrných ročních průtoků za období 1961-2005 v povodí Labe až po Torgau (obr. 1) převažují rostoucí tendence průtoků, v povodí pod stanicí Wittenberg se vyskytují klesající tendence. Většinou nejsou tyto tendence statisticky významné, ovšem směrem od jihu na sever se dají čím dál lépe prokázat jako trend. Výraznější poklesy průtoků se vyskytují na některých přítocích, v povodí Černého Halštrovu, Havoly a toku Ilmenau převládají statisticky dobře prokázané klesající trendy průtoků.

¹ nejmenší průměrný průtok za sedm po sobě následujících dnů v referenčním období – spolehlivá charakteristika minimálních průtoků, která není citlivá ke zkreslujícím singularitám (krátkodobé rušivé vlivy nebo chybná měření)

² průměrný denní průtok, který je dosažen nebo překročen průměrně 355 dní v roce

Průměrné roční průtoky na Labi vykazují v zimním pololetí téměř všude rostoucí tendence (obr. 3), které jsou podmíněny především měsíci leden až březen. Naopak u průměrů za letní pololetí dominují klesající tendence. Pod soutokem Labe s Havolou se zmenšování průtoků v letním pololetí dále zesiluje (obr. 2).

V rámci minimálních průtoků byly analyzovány charakteristiky minimálních 7-denních průtoků za celý rok, za zimní a letní pololetí a dále roční řady průtoků Q_{355} , obr. 4 až 7. U ročních 7-denních minimálních průtoků na horním a středním Labi po Wittenberg se střídají klesající a rostoucí tendence. V úseku Labe mezi soutokem s Vltavou a stanicí Wittenberg lze konstatovat převážně stoupající tendence minimálních průtoků (vliv Vltavské kaskády a vodního díla Nechranice), ovšem bez prokazatelných trendů, které by doložily tento vývoj. Pod stanicí Wittenberg se vyskytují klesající tendence nebo dokonce trendy minimálních průtoků.

V letním pololetí převládají klesající tendence, které lze pod soutokem Havoly s Labem prokázat dokonce jako trend. Tato skutečnost znamená, že se v průběhu sledovaného období 1961-2005 zesiluje charakteristický jev na Labi, kterým jsou extrémní minima průtoků vyskytující se v létě a na počátku podzimu. Naopak v zimním pololetí většinou převládá nárůst minimálních průtoků, který lze klasifikovat jako tendence.

U průtoků Q_{355} převažují klesající tendence, na přítocích Černý Halštrov, Havola, Elde a Ilmenau se jedná dokonce o klesající trend. Rostoucí tendence se většinou objevují u stanic ovlivněných vodními díly.

Hodnocení měsíčních průtoků po jednotlivých měsících přineslo též zajímavé výsledky. V období leden až březen (obr. 8 až 10) je u všech stanic na Labi patrná rostoucí tendence průtoků (významný rostoucí trend byl objeven pouze pro březen ve stanicích Drážďany a Torgau). Jednou z příčin rostoucích tendencí, příp. trendů průtoků, jsou pravděpodobně zvyšující se teploty v zimním období. Za vyšších teplot srážky častěji dopadají ve formě deště, méně vody je zadržováno ve sněhové pokrývce a odtok se zvyšuje. V dubnu se situace obrací (obr. 11). Ve většině stanic pak nastupují v květnu a v červnu výrazné poklesy průtoků, u nichž lze prokázat statisticky významný trend (obr. 12 a 13). V druhé polovině roku statisticky významné trendy nezaznamenáváme (kromě některých přítoků Středního Labe) a vyskytují se proměnlivé tendence. Nicméně v červenci ještě dominují poklesy. V období srpen až prosinec je zastoupení klesajících a rostoucích tendencí (příp. trendů na některých přítocích Středního Labe) přibližně rovnocenné, příčiny lze však jen obtížně vysvětlit.

K interpretaci výsledků zjištěných v rámci analýzy trendů vybraných charakteristik průtoků byly zpracovány i trendy ročních srážkových úhrnů, resp. za zimní a letní pololetí, odvozených k analyzovaným vodoměrným stanicím. V celém povodí Labe nebyl prokázán žádný významný trend. Převážně se vyskytují rostoucí tendence úhrnů srážek, klesající tendence byly zjištěny pouze v částech České pánve a na povodí Havoly v letním pololetí.

V německé části Labe je srážkový režim často v rozporu s hydrologickým režimem. Výjimku tvoří úsek Labe do počátku Středního Labe v oblasti Torgau, kde vyrovnávající vliv nalepšování minimálních průtoků Vltavskou kaskádou navíc zesiluje rostoucí tendence průtoků téměř ve všech sledovaných stanicích.

Určité jevy, zejména zjištěné stabilní trendy průměrných měsíčních průtoků v květnu a červnu, naznačují významný vliv vývoje teploty vzduchu, která zde ale nebyla analyzována. Tento vývoj vede v létě ke zvýšené evapotranspiraci s následkem zmírnění povrchového odtoku. Proto by bylo možné interpretovat klesající trendy průměrných měsíčních průtoků v květnu a v červnu jako následek nárůstu teploty, který způsobuje výrazné zmenšení vodnosti povrchových vod menší počáteční jarní akumulací zásob podzemních vod (vlivem teplejších zim) a předsunem horkého ročního období s intenzivním výparem.

Zmenšení průměrných a minimálních průtoků se zesiluje po toku Labe, samozřejmě reaguje na příslušné odtoky z přítoků. S výjimkou toku Mulde všechny přítoky v úseku Středního Labe přispívají k minimálním a průměrným průtokům značně menšími objemy vody. Lze předpokládat, že je to způsobeno antropogenními vlivy, jako jsou manipulace na vodních dílech, klesající objem důlních vod vyčerpaných z lomů a odběry vody za účelem napouštění zbytkových jam po těžbě.

3. Porovnání průtoků za období 1931-1960 a 1961-2005

V osmi vodoměrných stanicích na Labi (Přelouč, Nymburk, Brandýs n. L., Děčín, Drážďany, Barby, Wittenberge a Neu Darchau), které pozorovaly v období 1931-2005, byly odvozeny a následně porovnány hodnoty průměrných a průměrných minimálních průtoků za období 1931-1960 a 1961-2005 (tab. 2).

Ve všech stanicích se průtoky v novém období (1961-2005) oproti staršímu období (1931-1960) zvětšují. Průměrné průtoky narůstají relativně málo, o 2-8 %, průměrné minimální průtoky narůstají více, o 8-36 %, což je způsobeno i antropogenním ovlivněním (nalepšováním minimálních průtoků). Proto jsou z pohledu minimálních průtoků velmi důležité výsledky výše uvedené analýzy trendů pro období 1961-2005.

Přílohy:

Příloha 1: Tabulky 1 a 2

Příloha 2: Obrázky 1 až 13

Příloha 3: Návrh usnesení

Statistika malých průtoků na Labi a jeho významných přítocích
Analýza trendů - TABULKY
(stav: 31. 3. 2009)

Tabulka 1: Analýza trendů za období 1961 – 2005 dle Mann-Kendallova testu

Tabulka 2: Porovnání dlouhodobých průměrných a průměrných minimálních průtoků dvou období (1931-1960 a 1961-2005)

Tabulka 1: Analýza trendů za období 1961 - 2005 dle Mann-Kendallova testu - návrh, stav 03/2009

Tabelle 1: Trendanalyse, Zeitraum 1961 -2005, Methode FQS mit Mann-Kendall-Signifikanztest - Entwurf, stand 03/2009

Číslo	Tok	Profil	Období	Qmin7d(R)	Qmin7d(Z)	Qmin7d(L)	Q355	Qr	Qzimní	Qletní	Qm	Qm(I)	Qm(II)	Qm(III)	Qm(IV)	Qm(V)	Qm(VI)	Qm(VII)	Qm(VIII)	Qm(IX)	Qm(X)	Qm(XI)	Qm(XII)
Nr.	Gewässer	Profil	Jahresreihe	NM7Q(J)	NM7Q(Wi)	NM7Q(So)	Q10	MQ(J)	MQ(Wi)	MQ(So)	MQ(m)	MQ(m,I)	MQ(m,II)	MQ(m,III)	MQ(m,IV)	MQ(m,V)	MQ(m,VI)	MQ(m,VII)	MQ(m,VIII)	MQ(m,IX)	MQ(m,X)	MQ(m,XI)	MQ(m,XII)
1	Labe	Jaroměř	1961-2005	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)		(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)
2	Orlice	Týniště n. O.	1961-2005	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)			(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
3	Labe	Němčice	1961-2005	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)		()	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)
4	Labe	Přelouč	1961-2005	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)		(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)
5	Labe	Nymburk	1961-2005	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)			(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)
6	Jizera	Tuřice - Předměřice	1961-2005	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)
7	Labe	Brandýs n. L.	1961-2005	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)			(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)
8	Vltava	Praha	1961-2005	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)		(-)	(+)	(-)	()	()	(-)
9	Labe	Mělník	1961-2005	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)			(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)
10	Ohře	Louny	1961-2005	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)		(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
11	Labe	Ústí n. L.	1961-2005	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)			(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	()
12	Ploučnice	Benešov n. P.	1961-2005	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	()	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
13	Labe	Děčín	1961-2005	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)			(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	()
14	Labe / Elbe	státní hranice / Staatsgrenze																					
15	Elbe	Dresden	1961-2005	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)		(-)			(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)
16	Elbe	Torgau	1961-2005	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)		(+)	(-)		(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)
17	Schwarze Elster	Löben	1974-2005						(-)				(-)	(-)									
18	Elbe	Wittenberg	1961-2005	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)		(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)
19	Mulde	Bad Dübén	1961-2005			(+)	(+)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)			(-)	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)
20	Elbe	Aken	1961-2005	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)			(-)	(+)	(+)	(-)	(+)	(-)
21	Saale	Calbe-Grizehne	1961-2005	(-)	(-)		(-)	(-)	(+)			(+)	(+)	(+)	(-)			(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)
22	Elbe	Barby	1961-2005	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)			(-)	(+)	(+)	(-)	(+)	(-)
23	Elbe	Magdeburg-Strombrücke	1961-2005	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(+)		(-)	(+)	(+)	(+)	(-)			(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	(-)
24	Elbe	Tangermünde	1961-2005	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)			(-)	(+)	(+)	(-)	(+)	(-)
25	Havel	Rathenow	1961-2005									(-)	(-)	(-)									
26	Havel	Havelberg	1961-2005																				
27	Elbe	Wittenberge	1961-2005	(-)	(-)		(-)	(-)	(-)			(+)	(+)	(+)	(-)				(-)	(-)	(-)	(+)	(-)
28	Elde	Malliß	1970-2005		(-)			(-)	(-)	(-)		(-)	(+)	(-)	(-)				(-)	(+)	(+)	(-)	(-)
29	Jeetzel	Lüchow	1967-2005	()	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)
30	Elbe	Neu Darchau	1961-2005	(-)	(+)		(-)	(-)	(+)			(+)	(+)	(+)	(-)				(-)	(-)	(-)	(+)	(-)
31	Sude	Garlitz	1961-2005	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)		(-)	(+)	(+)	(-)	(-)
32	Ilmenau	Bienenbüttel	1961-2005									(-)	(-)	(-)									(-)

Pozn.: analýzy průměrných průtoků a Q355 jsou vztaženy k hydrologickému roku, analýza Qmin7d je vztažena k roku začínajícímu 1. 4. a končícímu 31. 3. následujícího kalendářního roku

Anm.: bei Mittelwert-Analysen (und Q10): Bezug auf das Hydrologische Jahr, Monate XI-X / NM7Q Bezug auf das Wasserhaushaltsjahr, Monate IV-III

Vysvětlivky / Erläuterungen:

hladina významnosti / Signifikanzniveau

() bez tendence / ohne Tendenz

(-) klesající tendence / fallende Tendenz

 klesající trend / fallender Trend 95%

(+) rostoucí tendence / steigende Tendenz

 rostoucí trend / steigender Trend 95%

Tabulka 2: Porovnání dlouhodobých průměrných a průměrných minimálních průtoků dvou období (1931-1960 a 1961-2005) - návrh, stav 03/2009

Tabelle 2: Vieljähriges Mittel und vieljährig gemittelter Niedrigwasserabfluss im Vergleich zweier Zeitperioden (1931-1960 a 1961-2005) - Entwurf, Stand 03/2009

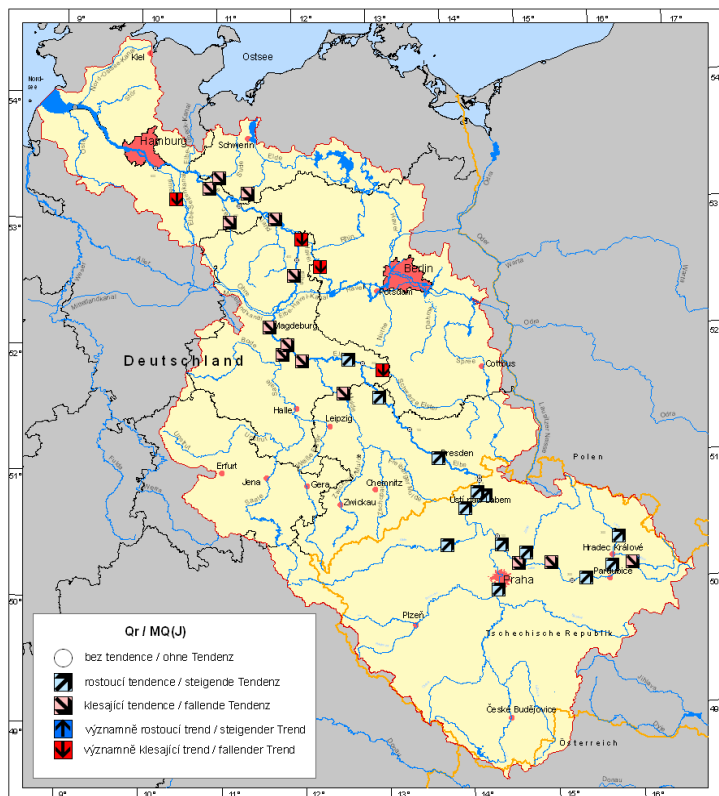
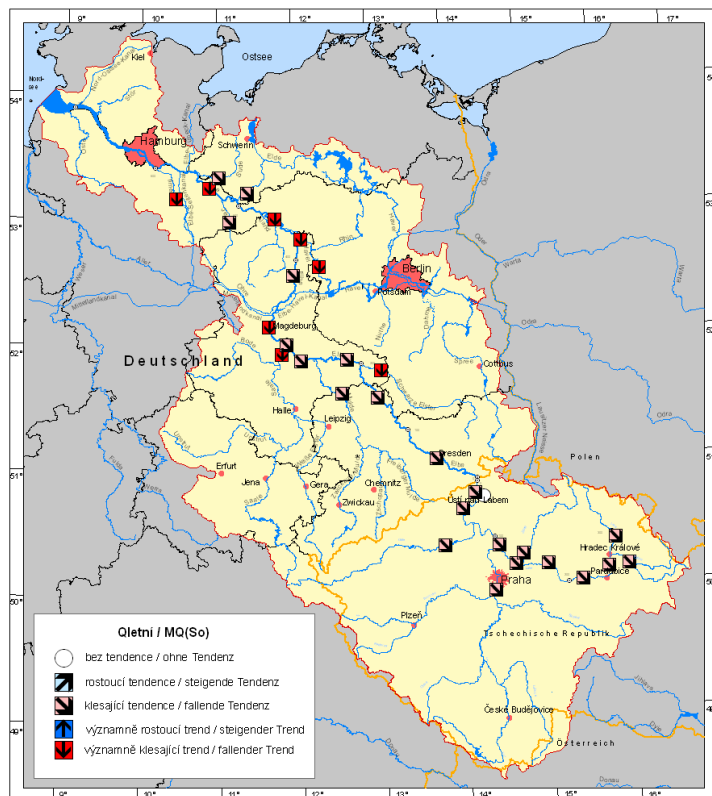
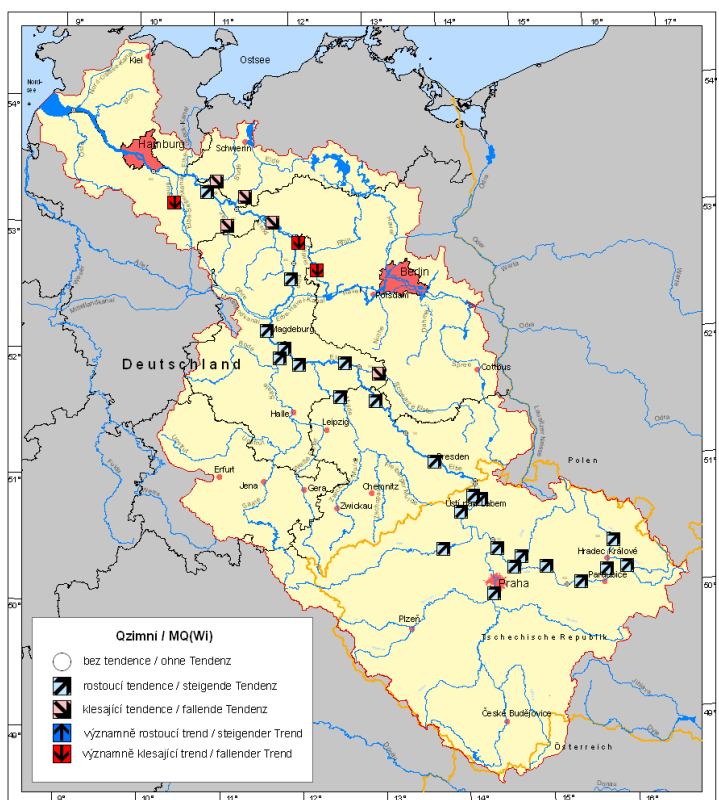
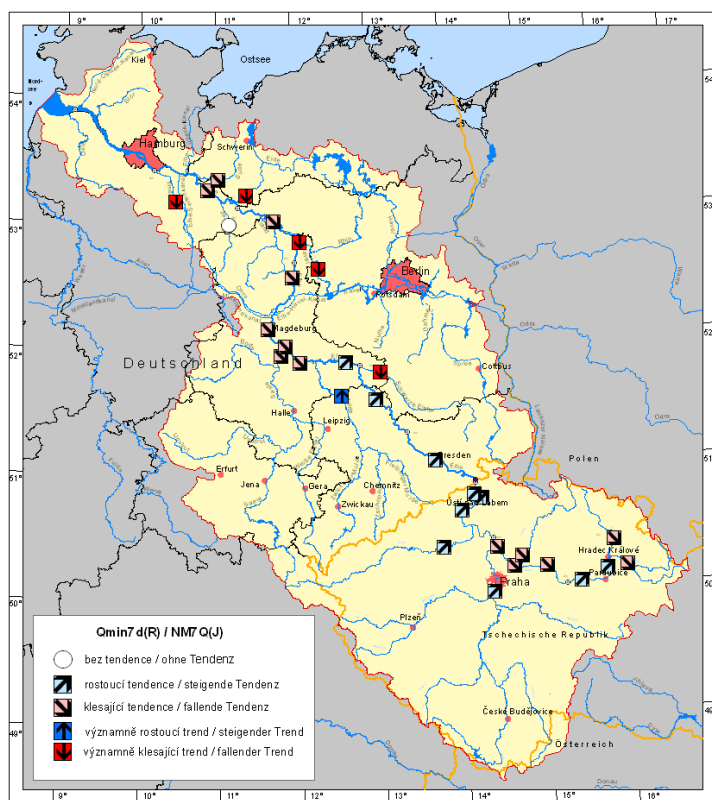
(analýzy průměrných a průměrných minimálních průtoků jsou vztaženy k hydrologickému roku, měsíce XI-X)

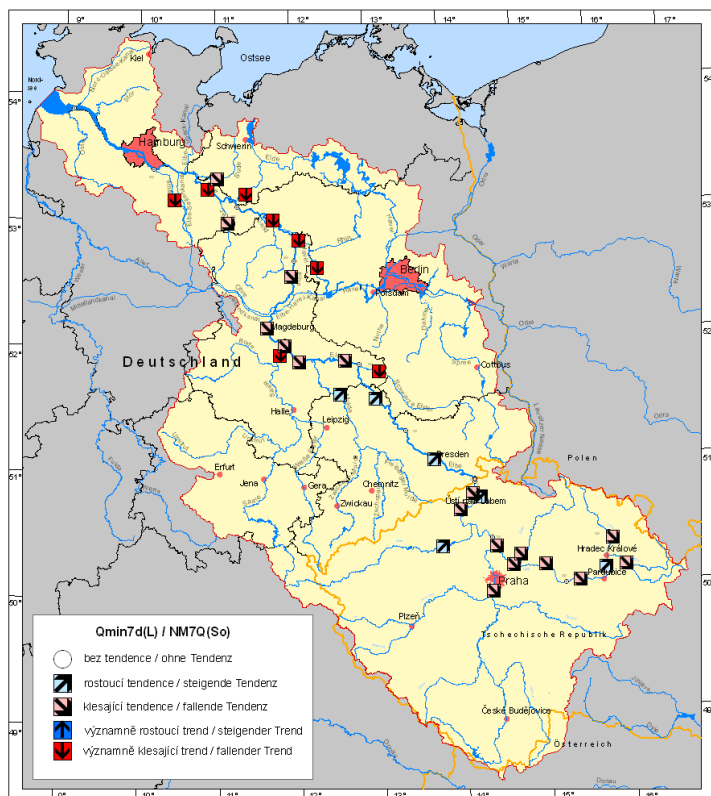
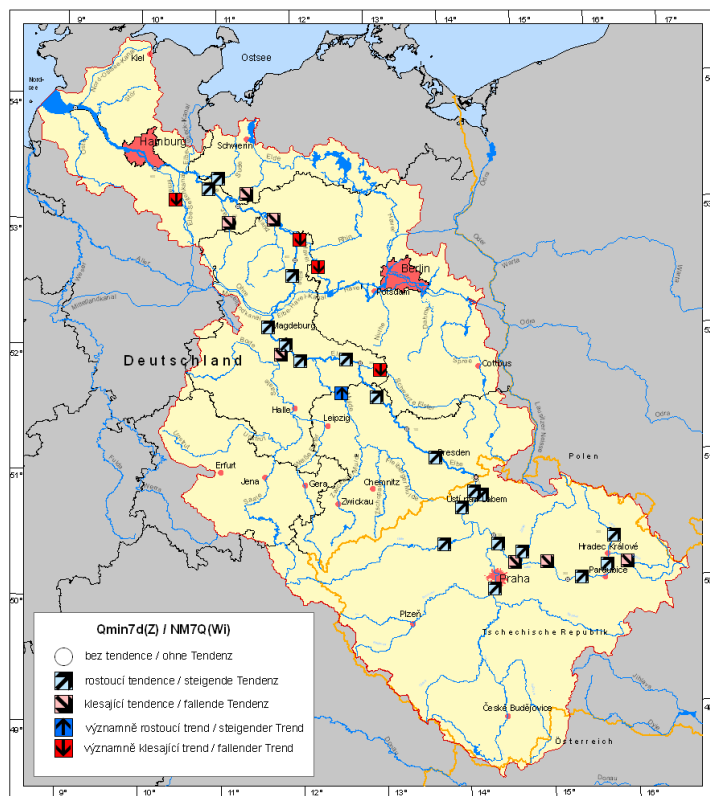
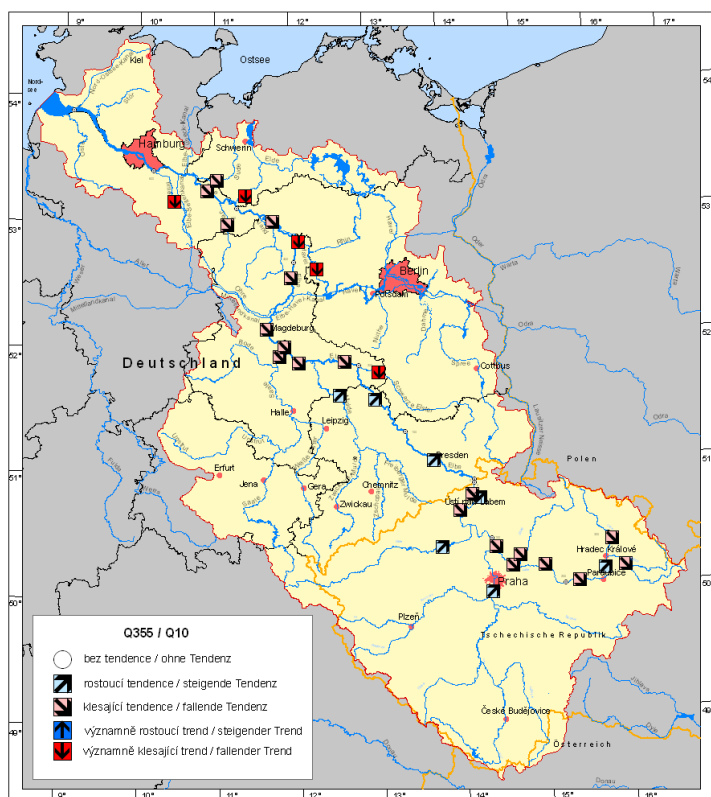
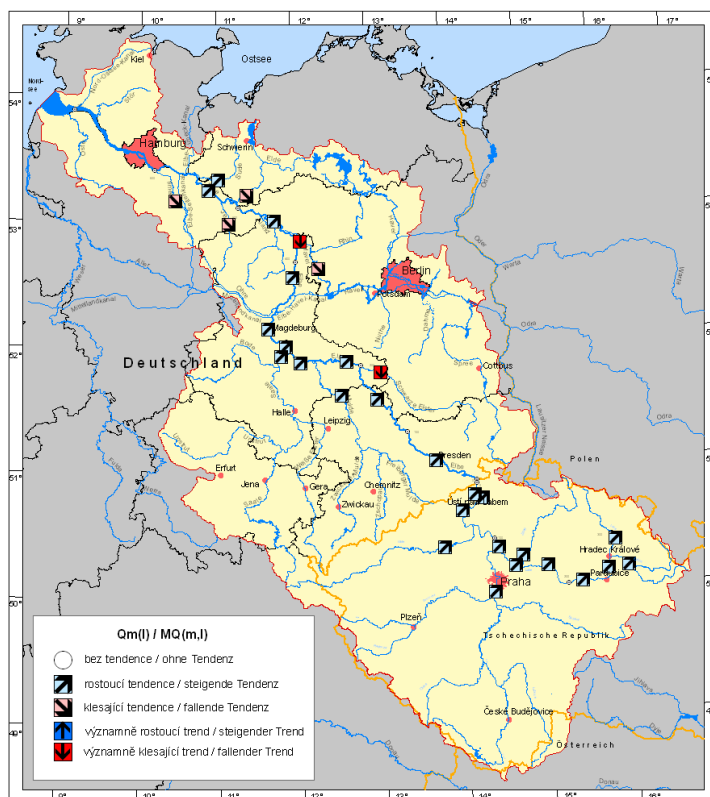
(bei Mittelwert-Analysen und Niedrigwasseranalysen: Bezug auf das Hydrologische Jahr, Monate XI-X)

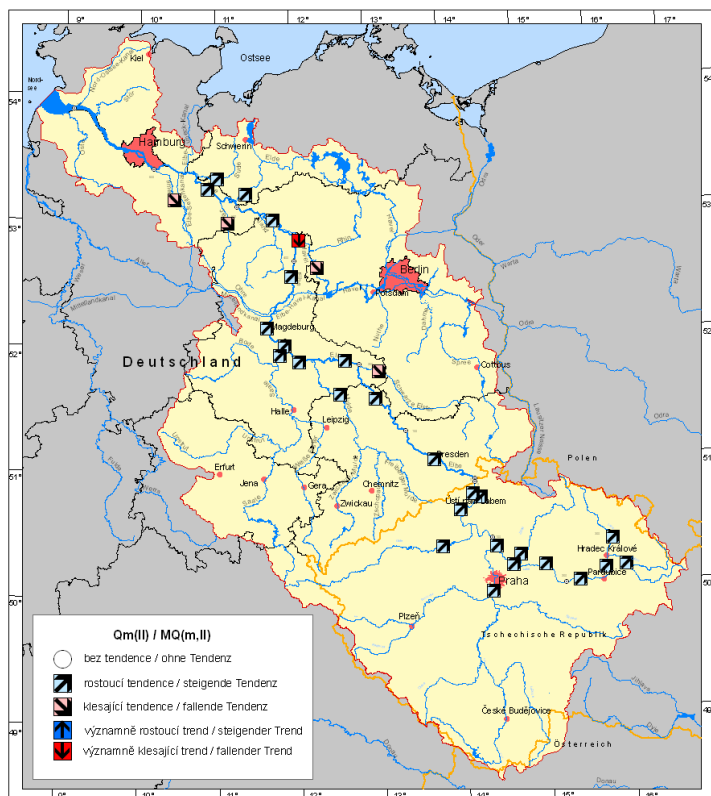
Číslo	Tok	Profil	Říční kilometr	Plocha povodí	Průměrný průtok [m ³ .s ⁻¹]		Porovnání	Průměrný minimální průtok [m ³ .s ⁻¹]		Porovnání
Nr.	Gewässer	Profil	Flußkilometer	Einzugsgebietfläche	MQ [m ³ .s ⁻¹]		Vergleich	MNQ [m ³ .s ⁻¹]		Vergleich
			[km]	[km ²]	1931-1960	1961-2005	1961-2005/1931-1960	1931-1960	1961-2005	1961-2005/1931-1960
4	Labe	Přelouč	224	6432	55,4	59,4	1,07	12,9	17,6	1,36
5	Labe	Nymburk	168	9724	69,2	74,8	1,08	17,7	20,4	1,15
7	Labe	Brandýs n. L.	137	13111	96,6	104	1,08	25,6	27,6	1,08
13	Labe	Děčín	14	51104	305	315	1,03	84,8	114	1,34
15	Elbe	Dresden	56	53096	319	331	1,04	90	118	1,31
22	Elbe	Barby	295	94260	552	562	1,02	202	220	1,09
27	Elbe	Wittenberge	454	123532	659	708	1,07	265	297	1,12
30	Elbe	Neu Darchau	536	131950	700	716	1,02	261	287	1,10

Statistika malých průtoků na Labi a jeho významných přítocích
Analýza trendů za období 1961 – 2005 - OBRÁZKY
(stav: 31. 3. 2009)

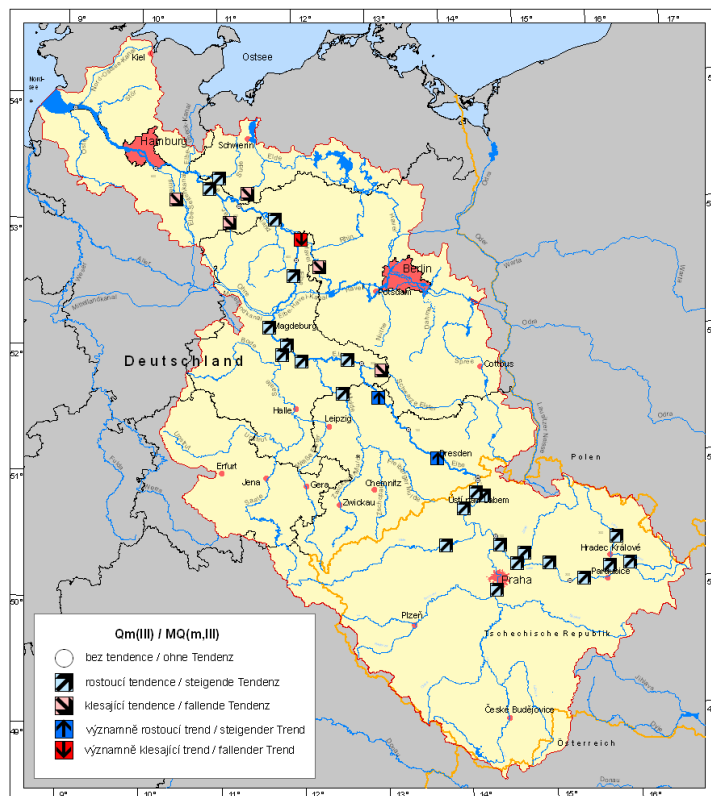
- Obrázek 1:** Průměrné roční průtoky - Q_r
- Obrázek 2:** Průměrné průtoky v letním pololetí - $Q_{\text{letní}}$
- Obrázek 3:** Průměrné průtoky v zimním pololetí - $Q_{\text{zimní}}$
- Obrázek 4:** Roční minimální 7-denní průtoky - $Q_{\text{min7d(R)}}$
- Obrázek 5:** Minimální 7-denní průtoky v letním pololetí - $Q_{\text{min7d(L)}}$
- Obrázek 6:** Minimální 7-denní průtoky v zimním pololetí - $Q_{\text{min7d(L)}}$
- Obrázek 7:** Průměrné denní průtoky, které jsou dosaženy nebo překročeny průměrně 355 dní v roce - Q_{355}
- Obrázek 8:** Průměrné měsíční průtoky pro leden - $Q_{m(I)}$
- Obrázek 9:** Průměrné měsíční průtoky pro únor - $Q_{m(II)}$
- Obrázek 10:** Průměrné měsíční průtoky pro březen - $Q_{m(III)}$
- Obrázek 11:** Průměrné měsíční průtoky pro duben - $Q_{m(IV)}$
- Obrázek 12:** Průměrné měsíční průtoky pro květen - $Q_{m(V)}$
- Obrázek 13:** Průměrné měsíční průtoky pro červen - $Q_{m(VI)}$


Obr. 1: Průměrné roční průtoky - Q_r

Obr. 2: Průměrné průtoky v letním pololetí - $Q_{\text{letní}}$

Obr. 3: Průměrné průtoky v zimním pololetí - $Q_{\text{zimní}}$

Obr. 4: Roční minimální 7-denní průtoky - $Q_{\text{min7d(R)}}$

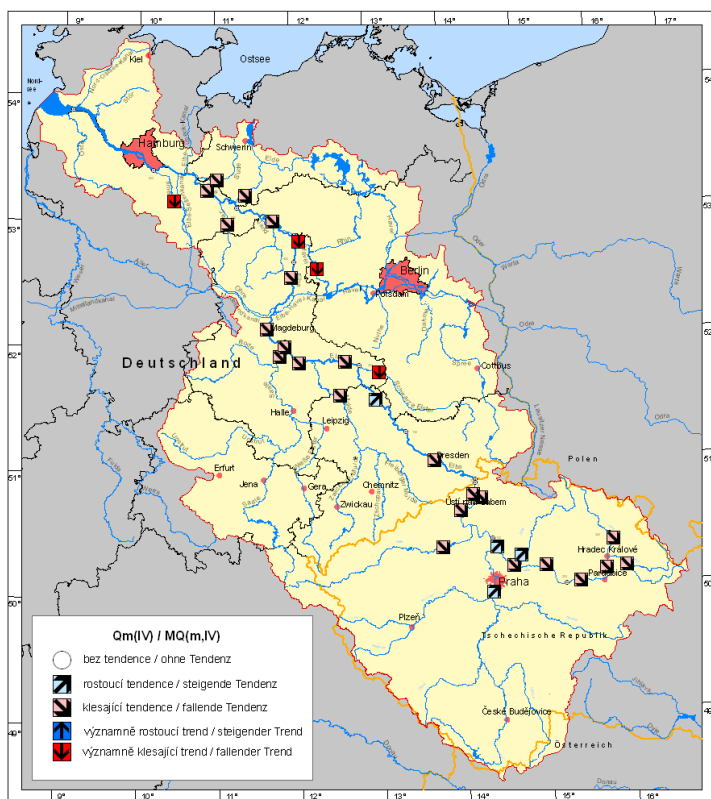

Obr. 5: Minimální 7-denní průtoky v letním pololetí - $Q_{min7d(L)}$

Obr. 6: Minimální 7-denní průtoky v zimním pololetí - $Q_{min7d(L)}$

Obr. 7: Průměrné denní průtoky, které jsou dosaženy nebo překročeny průměrně 355 dní v roce - Q_{355}

Obr. 8: Průměrné měsíční průtoky pro leden - $Q_{m(I)}$



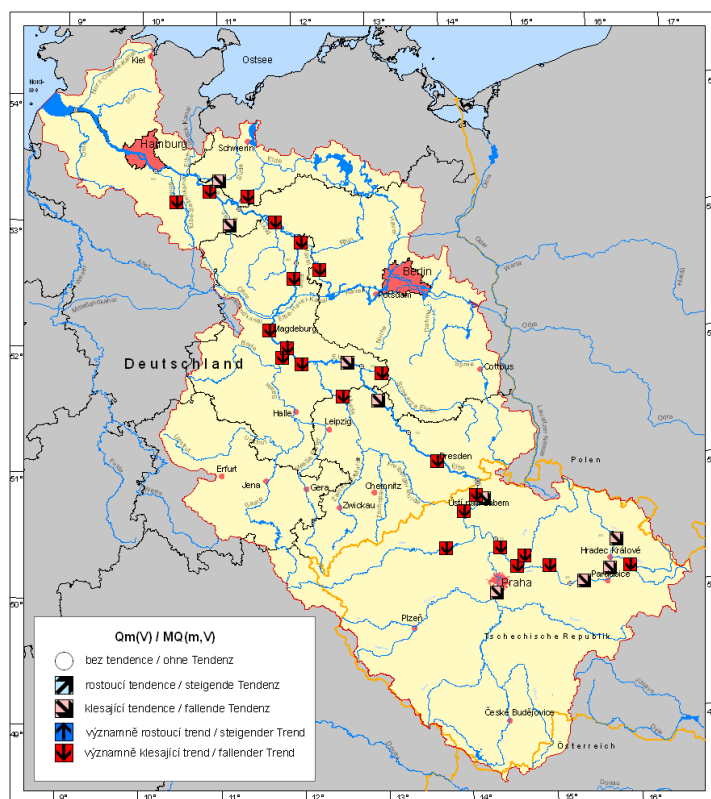
Obr. 9: Průměrné měsíční průtoky pro únor - $Q_m(II)$



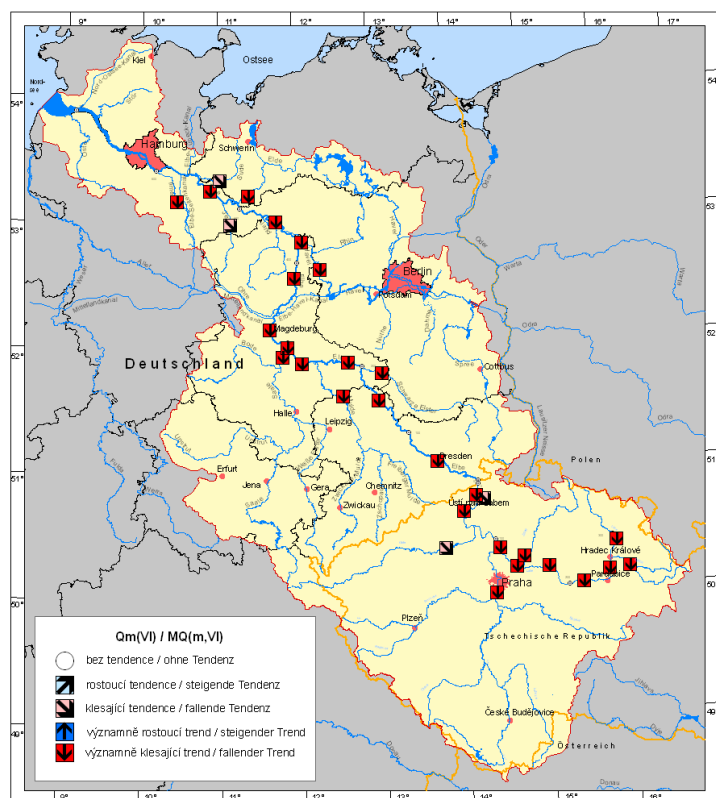
Obr. 10: Průměrné měsíční průtoky pro březen - $Q_m(III)$



Obr. 11: Průměrné měsíční průtoky pro duben - $Q_m(IV)$



Obr. 12: Průměrné měsíční průtoky pro květen - $Q_m(V)$



Obr. 13: Průměrné měsíční průtoky pro červen - $Q_{m(VI)}$

**Návrh usnesení
k informaci o stavu zpracování statistiky malých průtoků
na Labi a jeho významných přítocích
(stav: 31. 3. 2009)**

1. Vedoucí delegací MKOL berou na vědomí informaci k stavu zpracování statistiky malých průtoků na Labi a jeho významných přítocích.
2. Vedoucí delegací MKOL žádají pracovní skupinu FP, aby prostřednictvím skupiny expertů Hy dále pokračovala ve zpracování a vyhodnocování analýz trendů malých průtoků na Labi a jeho významných přítocích za období 1961 – 2005 a na 22. zasedání MKOL v říjnu 2009 informovala o stavu probíhajících odborných prací.