

ČESKÝ
HYDROMETEOROLOGICKÝ
ÚSTAV

Hydrologické sucho v podzemních a povrchových vodách

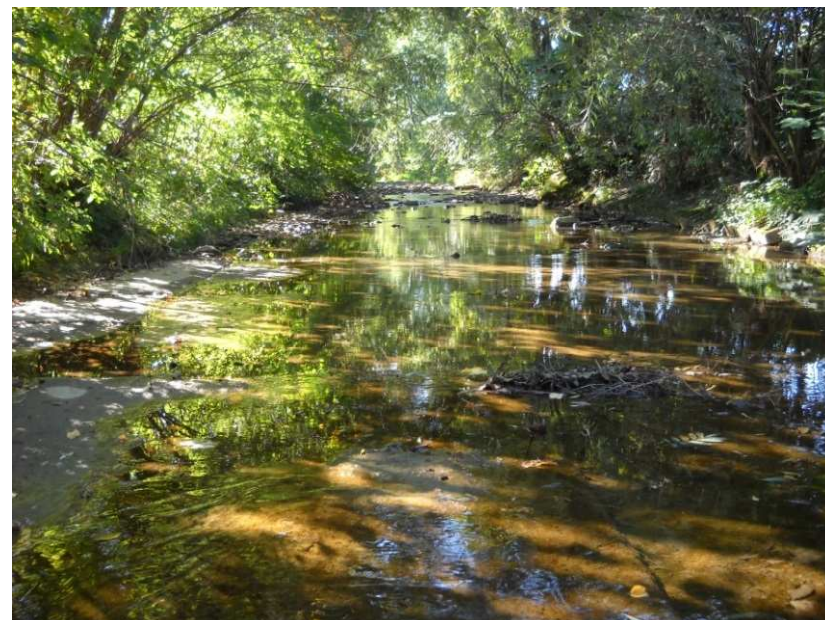
Ing. Eva Soukalová, CSc.

Brno 13. dubna 2016

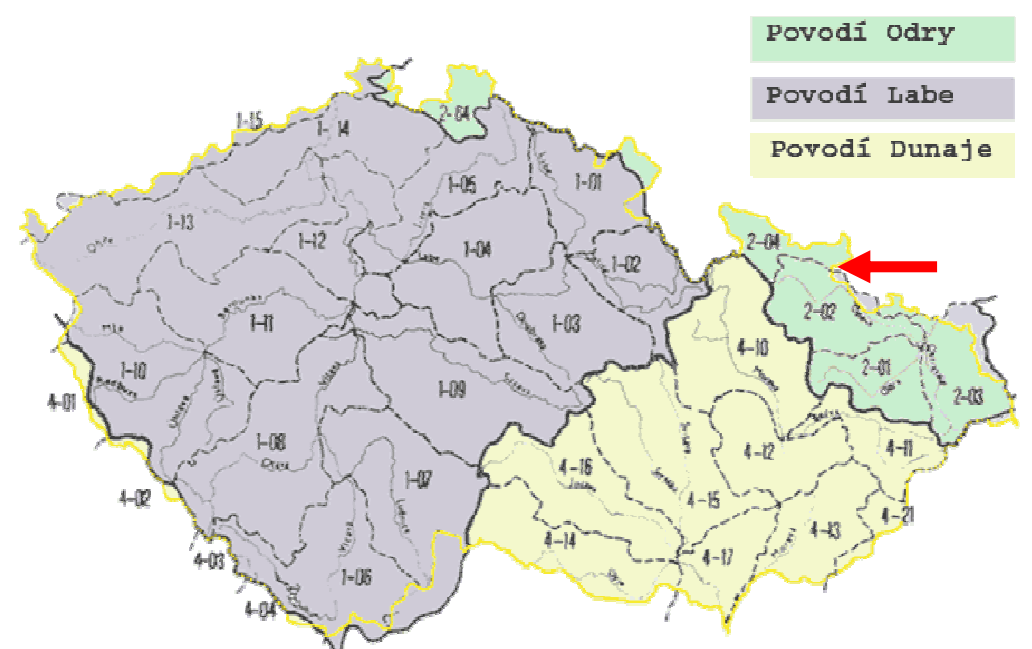


Obsah přednášky

- Sucho v ČR v roce 2015
- Hydrologické sucho
- Pozorování podzemních vod
- Periodicita časových řad PZV
- Hydrologické sucho v PV
- Historické sucho

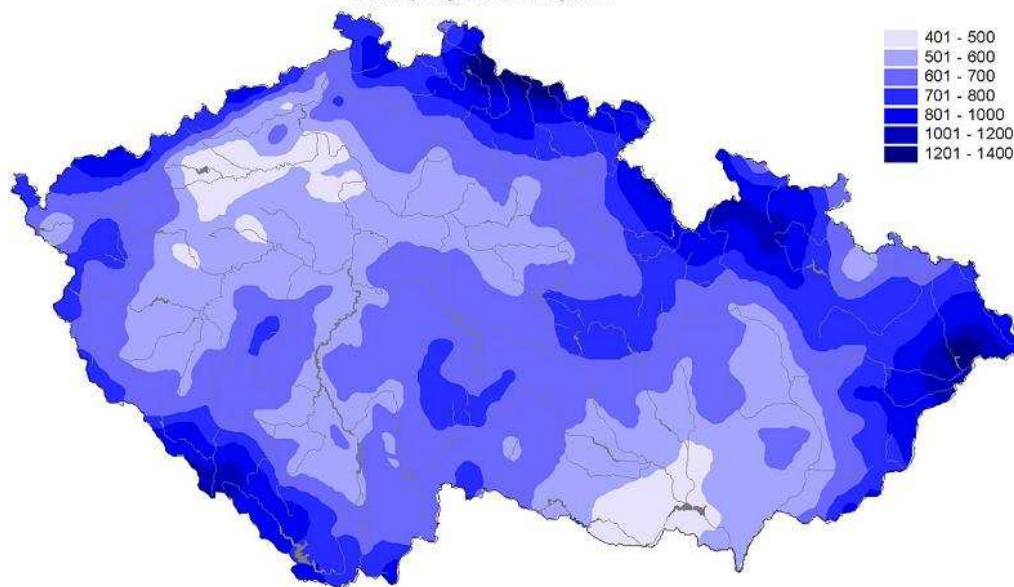


Vodopis České republiky



Normály ročních srážkových úhrnů 1961 - 90 [mm]

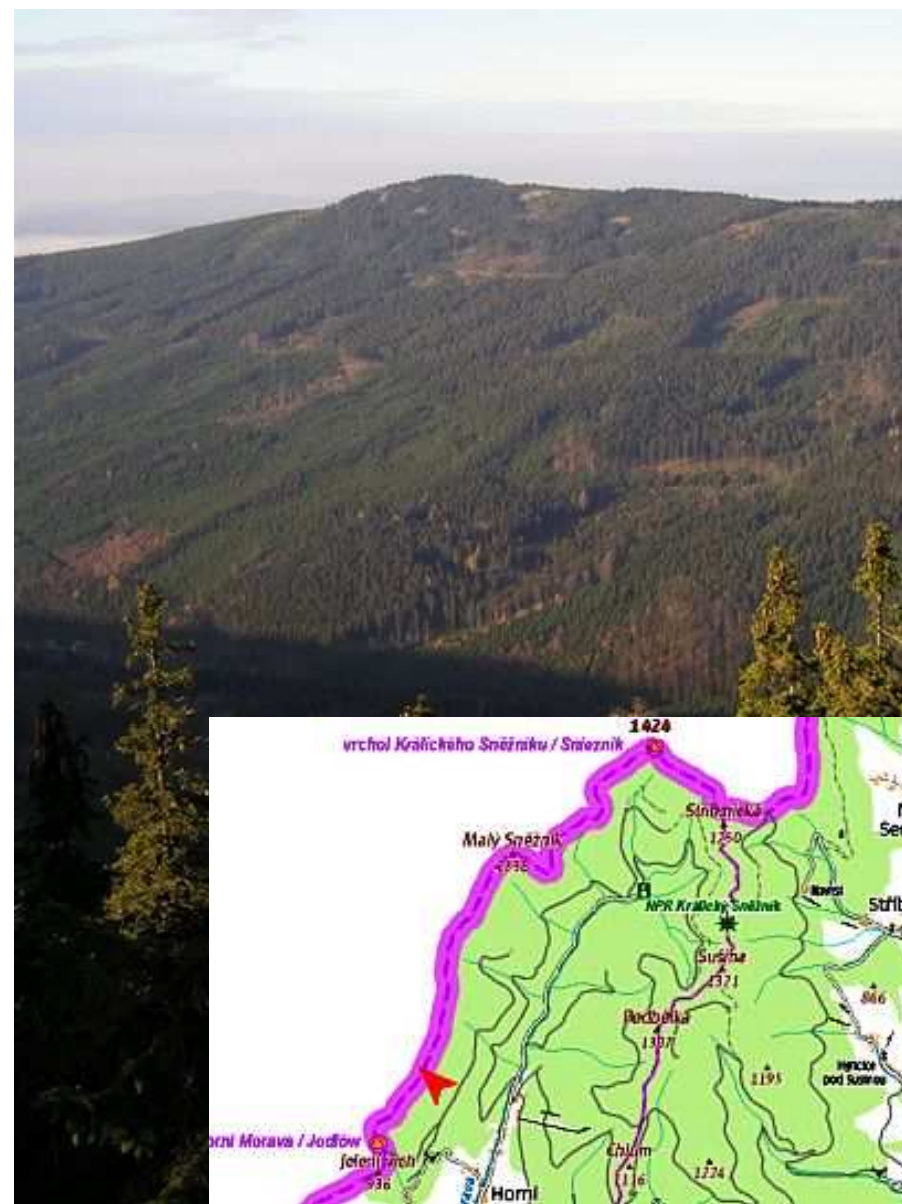
(Metoda splňování dr. Koželová a ing. Retta)

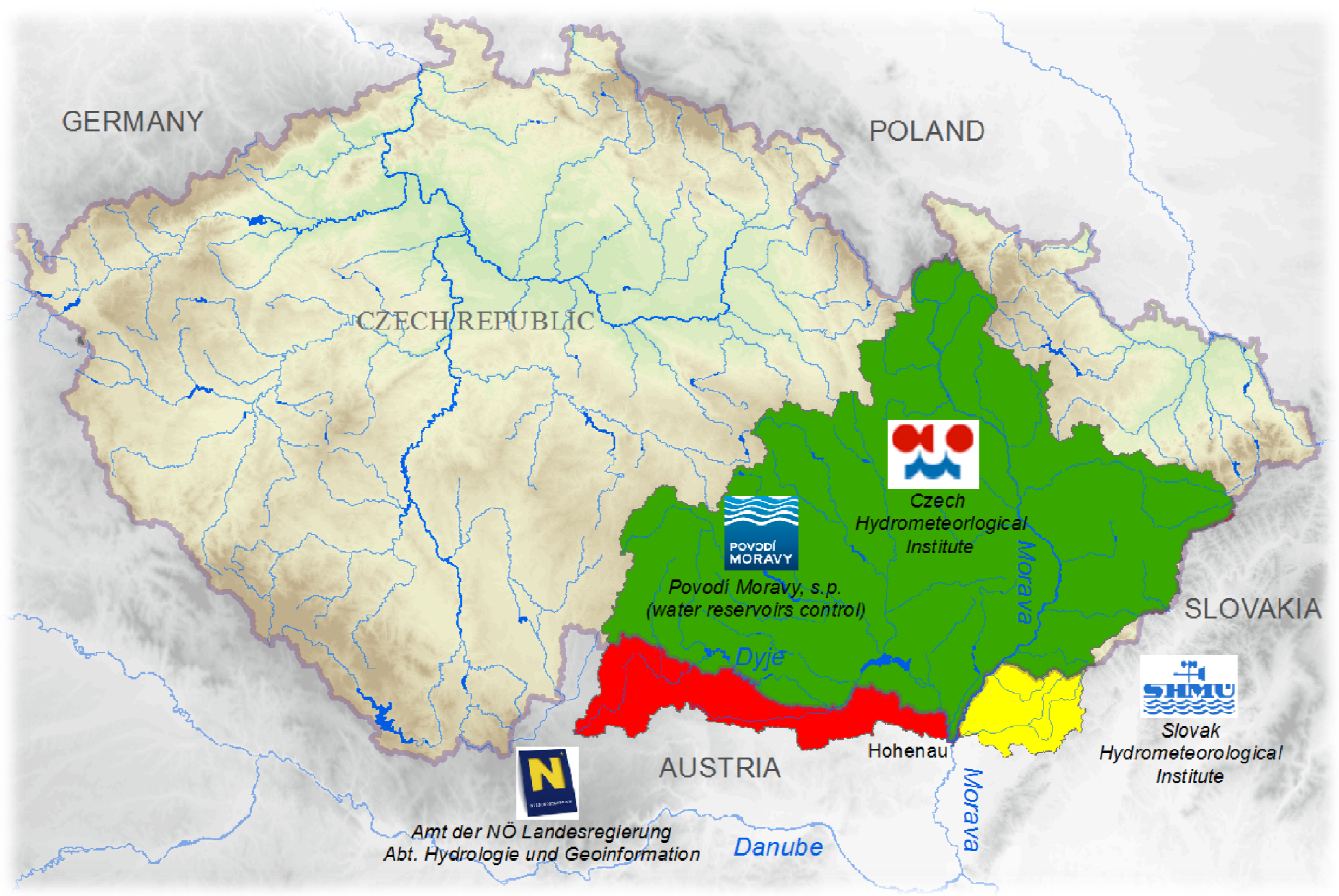


| Povodí | Roční úhrn srážek mm | Odtoková výška mm | Specifický odtok $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ | Odtokový součinitel % |
|--------|----------------------|-------------------|---|-----------------------|
| Labe | 659 | 194 | 6,2 | 29,6 |
| Odra | 825 | 313 | 9,9 | 37,9 |
| Morava | 641 | 149 | 4,7 | 23,2 |
| ČR | 668 | 192 | 6,1 | 28,8 |

Vrchol Klepý (1144 m – Kralický Sněžník)

- Českou republikou procházejí hranice povodí významných evropských řek Labe, Odry a Dunaje. Území je proto rozděleno podle odtoku vod do příslušných moří: Severního, Baltského a Černého moře. Rozvodnice mezi povodími Labe, Odry a Dunaje se setkávají v jediném bodě. Tento hydrograficky významný bod leží na vrchu Klepý v pohoří Kralického Sněžníku. Páteřními toky jsou Labe s Vltavou v Čechách, Morava s Dyjí na jižní Moravě a Odra s Opavou na severu Moravy a ve Slezsku.





GERMANY

POLAND

CZECH REPUBLIC

SLOVAKIA

AUSTRIA

Danube

Hohenau

Morava

Dyje

Morava



Amt der NÖ Landesregierung
Abt. Hydrologie und Geoinformation



Povodí Moravy, s.p.
(water reservoirs control)



Czech
Hydrometeorological
Institute



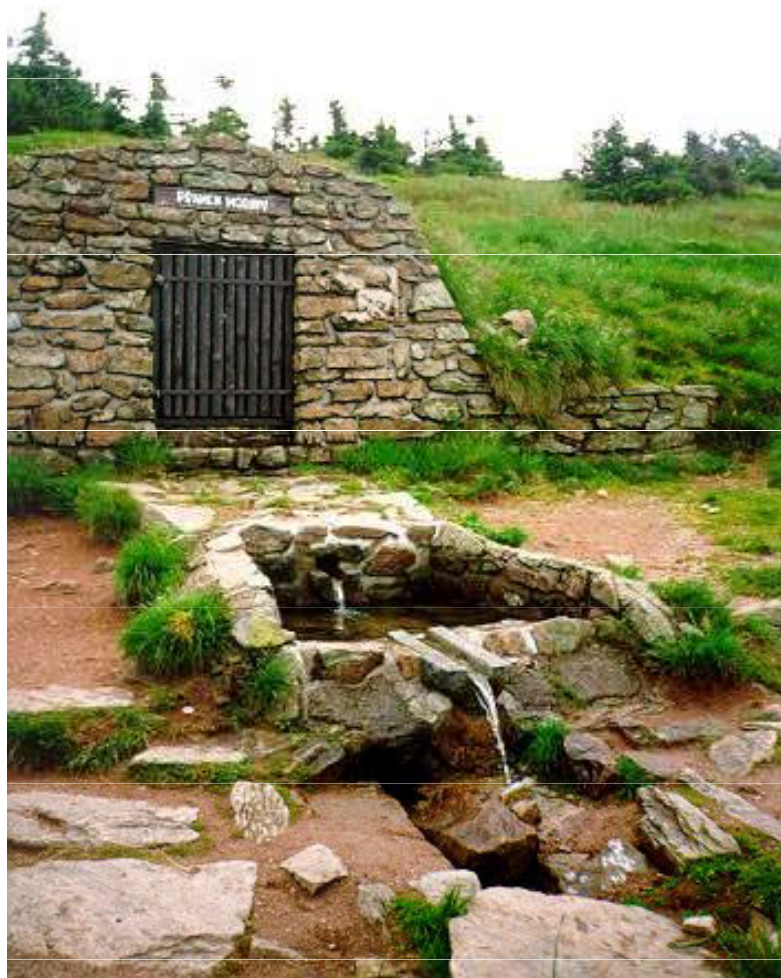
Slovak
Hydrometeorological
Institute

Pramen Dunaje Furtwagen-Německo

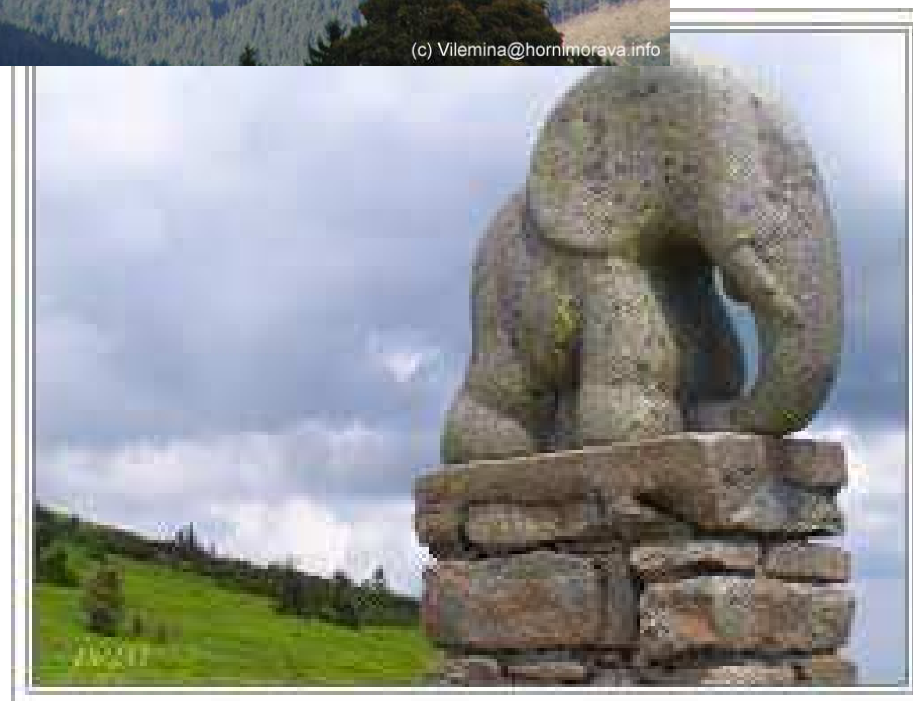
Danube River Basin



Pramen Moravy



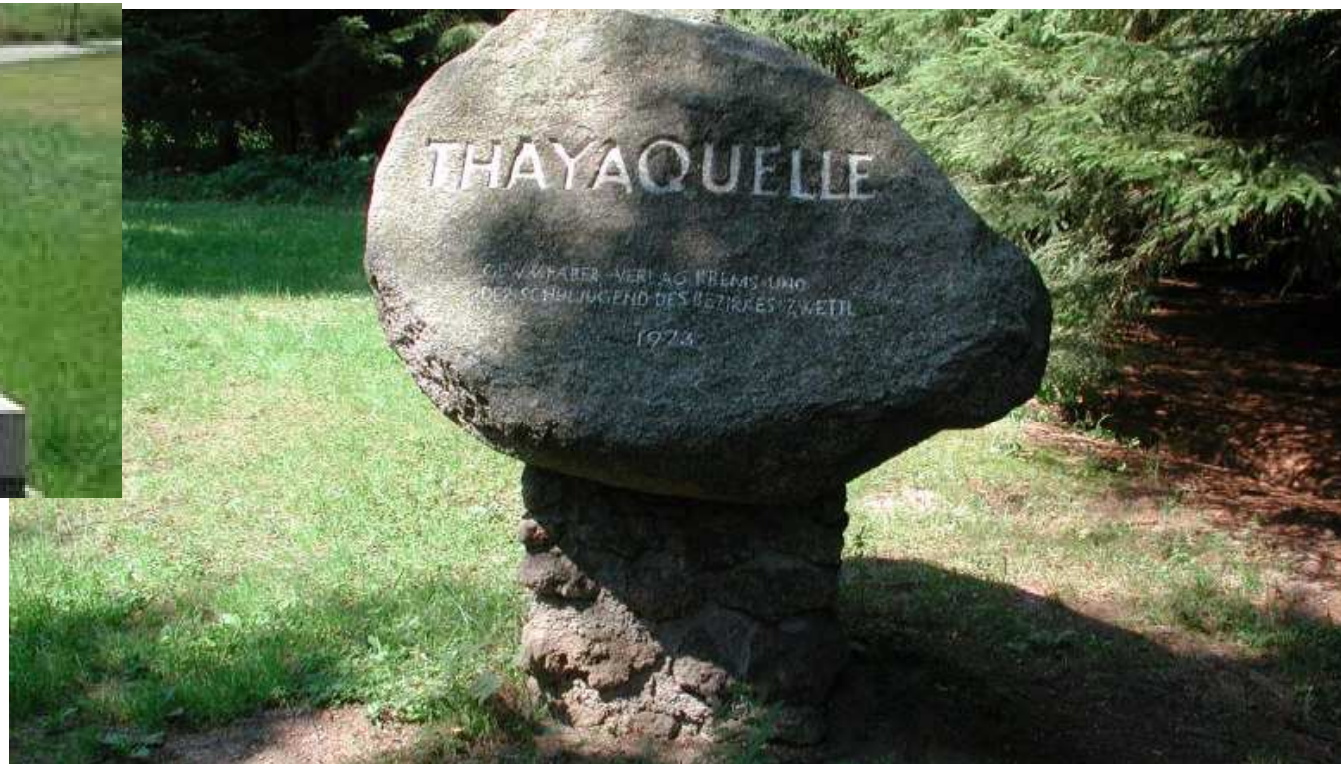
(c) Vilemina@hornimorava.info



Pramen Německé Dyje



Dyjská nymfa



Pramen Deutsche Thaya u Schweiggers ve výšce 657 m n.m.

Pramen Moravské Dyje



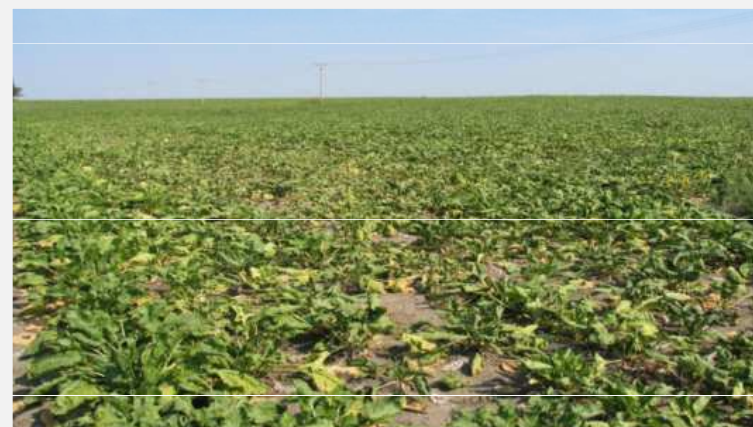
Raabs an der Thaya



Pramen Svitavy, pramen Svratky



SUCHO v ČR v roce 2015



SUCHO definice

sucho je velmi neurčitý, avšak v různých oborech často užívaný pojem, znamenající v zásadě nedostatek vody v půdě, řekách, jezerech, rostlinách nebo i v atmosféře.

Jednotná kritéria pro kvantitativní vymezení neexistují s ohledem na rozmanitá hlediska:

meteorologické

hydrologické

agronomické

pedologické (půdní)

fyziologické

socioekonomické



SUCHO v ČR

Ve střední Evropě se sucho vyskytuje **NAHODILE** jako důsledek nepravidelně se vyskytujících období podnormálních srážek, trvajících několik týdnů, měsíců i roků.

Ve vegetačním období bývá **srážkový deficit** doprovázen často i

- **nadnormálními teplotami,**
- **nižší poměrnou vlhkostí vzduchu,**
- **zmenšenou oblačností**
- **větším počtem hodin slunečního svitu**

Pozn. Tyto meteorologické prvky mají pak za následek vyšší evapotranspiraci (výpar), čímž se dále zvyšuje nedostatek vody (vláhy).



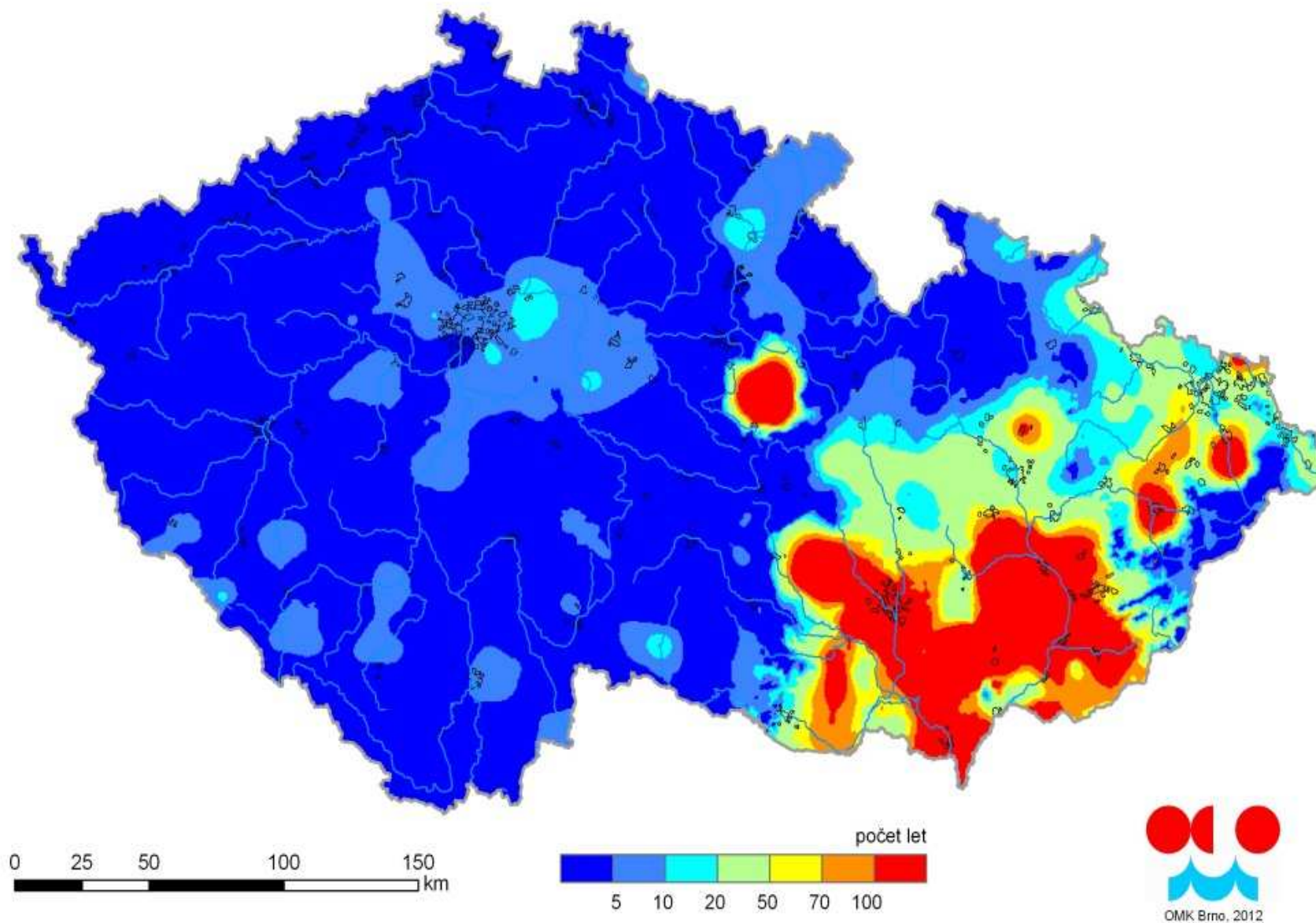
Nejvýznamnější sucha

Tab. 10.2 Nejvýznamnější sucha od roku 1900 podle SPI3 a DMPI3 v chronologickém pořadí (5 nejhorších let). Silně jsou vyznačena sucha, která byla větší než v roce 2015, podtržena jsou sucha mnohem větší, ostatní jsou přibližně srovnatelná s rokem 2015.

| Stanice | SPI3 | DMPI3 |
|------------------|-------------------------------------|--|
| Klementinum | 1900, 1904, 1947, 1976, 1990 | 1911, 1943 , 1976, 1990, 2003 |
| Brno | 1904, 1917, 1921, 1976 | 1917, <u>1921</u> , <u>1947</u> , 1976, 2003 |
| České Budějovice | 1904, 1911, 1923, 1947 | 1904, 1911, 1981 , 2003 |
| Čáslav | 1904, 1911, 1976, 1994 | 1921, 1947, 1976, 1982 |
| Opava | 1904, 1921, 1992 | 1921, 1932, 2003 |

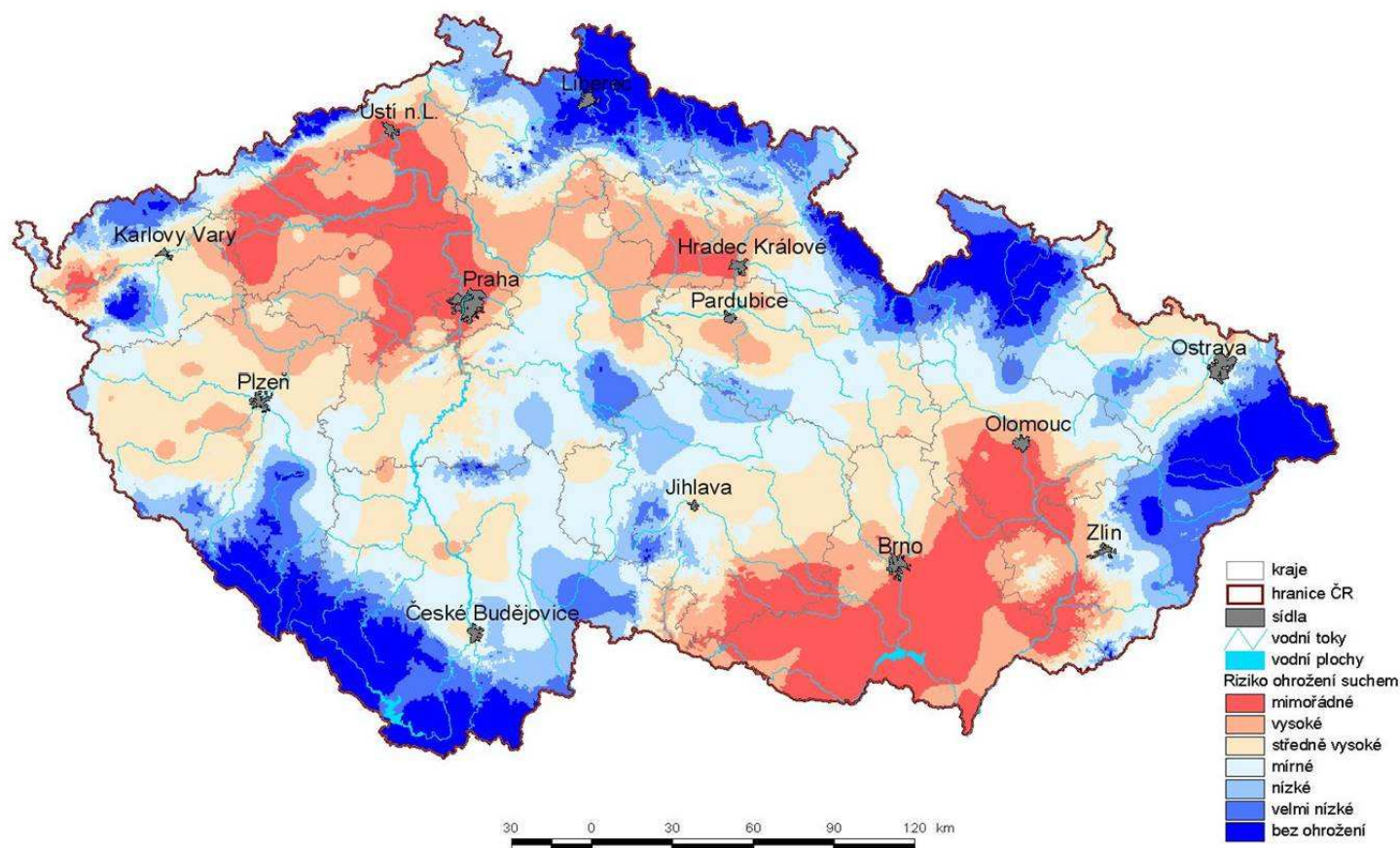
Doba opakování

Doba opakování suché periody pro období srpen 2011 až květen 2012

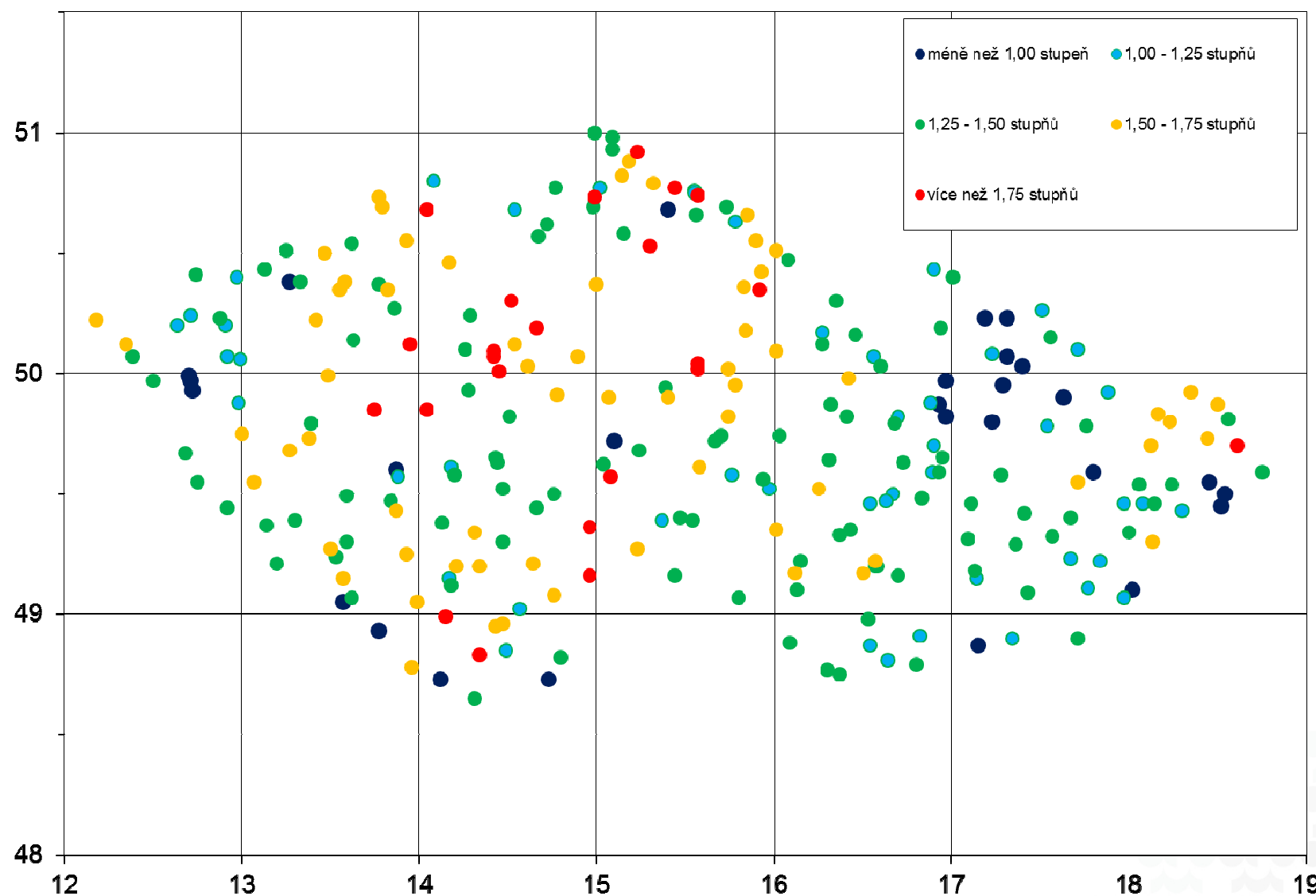


Zemědělské sucho 1961 - 2000

Zemědělské sucho na území ČR ve vegetačním období
(míra ohrožení na základě analýzy aktuální vláhové bilance za období 1961 - 2000, metoda indexů)



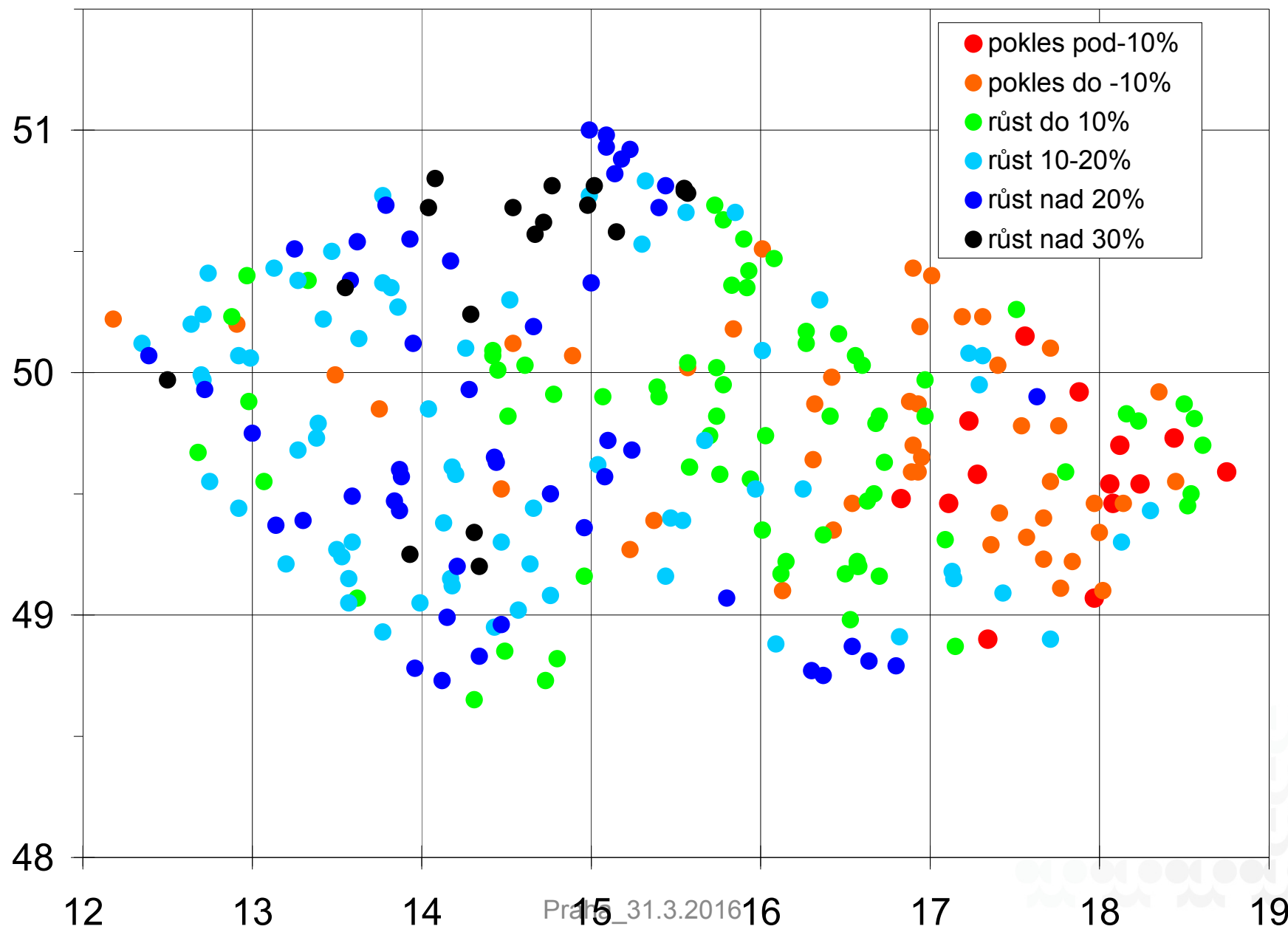
Změna průměrné teploty vzduchu na území České republiky v letech 1961 až 2010



Průměrné teploty vzduchu v jednotlivých obdobích na území České republiky v letech 1961 až 2010

| | | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1961-1970 | 1971-1980 | 1981-1990 | 1991-2000 | 2001-2010 |
| 7.1 | 7.3 | 7.6 | 8.0 | 8.2 |
| | | | | |
| 1961-1980 | 1971-1990 | 1981-2000 | 1991-2010 | |
| 7.2 | 7.4 | 7.8 | 8.1 | |
| | | | | |
| 1961-1990 | 1971-2000 | 1981-2010 | | |
| 7.3 | 7.60 | 7.9 | | |

Změna úhrnů srážek na území České republiky v letech 1961 až 2010



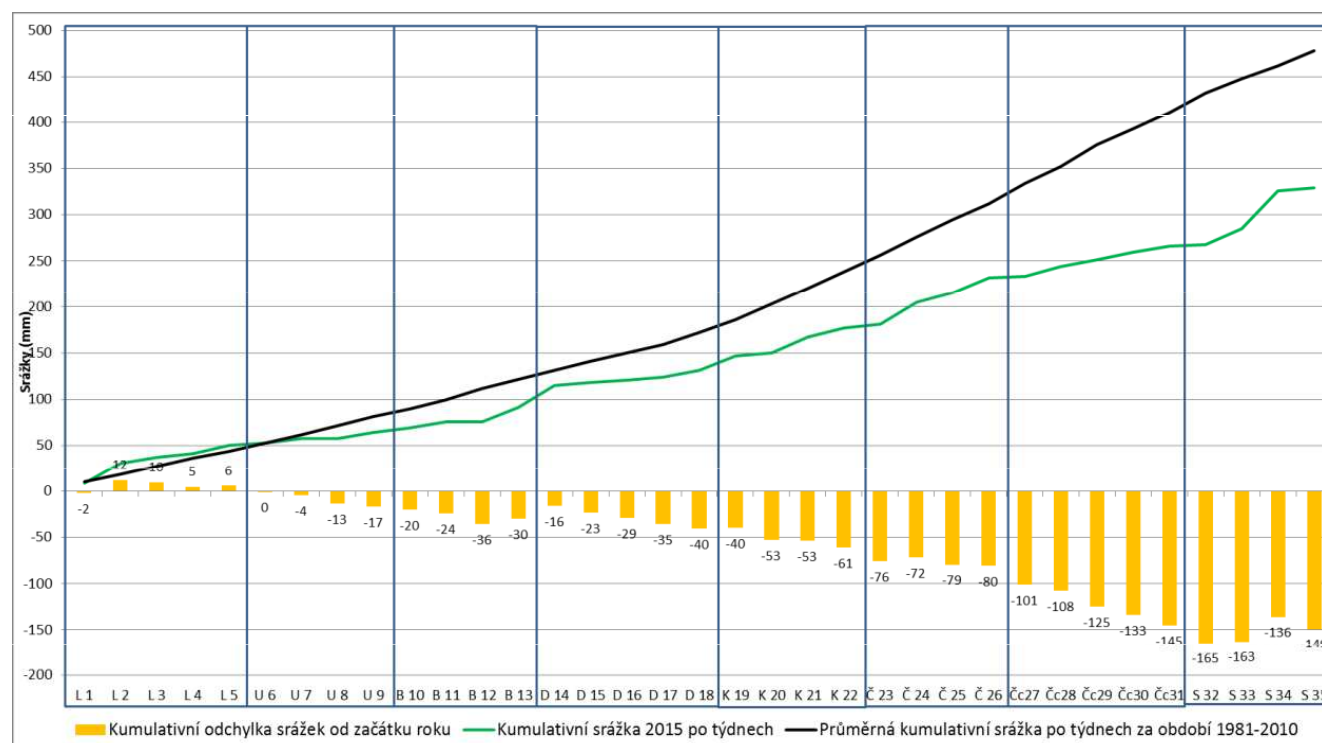
Průměrné úhrny srážek v jednotlivých obdobích na území
České republiky v letech 1961 až 2010

| | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1961-1970 | 1971-1980 | 1981-1990 | 1991-2000 | 2001-2010 |
| 702 | 673 | 673 | 693 | 736 |
| | | | | |
| 1961-1980 | 1971-1990 | 1981-2000 | 1991-2010 | |
| 687 | 673 | 683 | 715 | |
| | | | | |
| 1961-1990 | 1971-2000 | 1981-2010 | | |
| 683 | 680 | 701 | | |

Rok 2015 - srážky

V průměru spadlo za období od 1. 1. do 31. 8. 2015 na území ČR **353 mm** srážek, což je od roku 1961 druhý nejnižší srážkový úhrn za uvedené období, nižší úhrn 335 mm byl zaznamenán v roce **2003**.

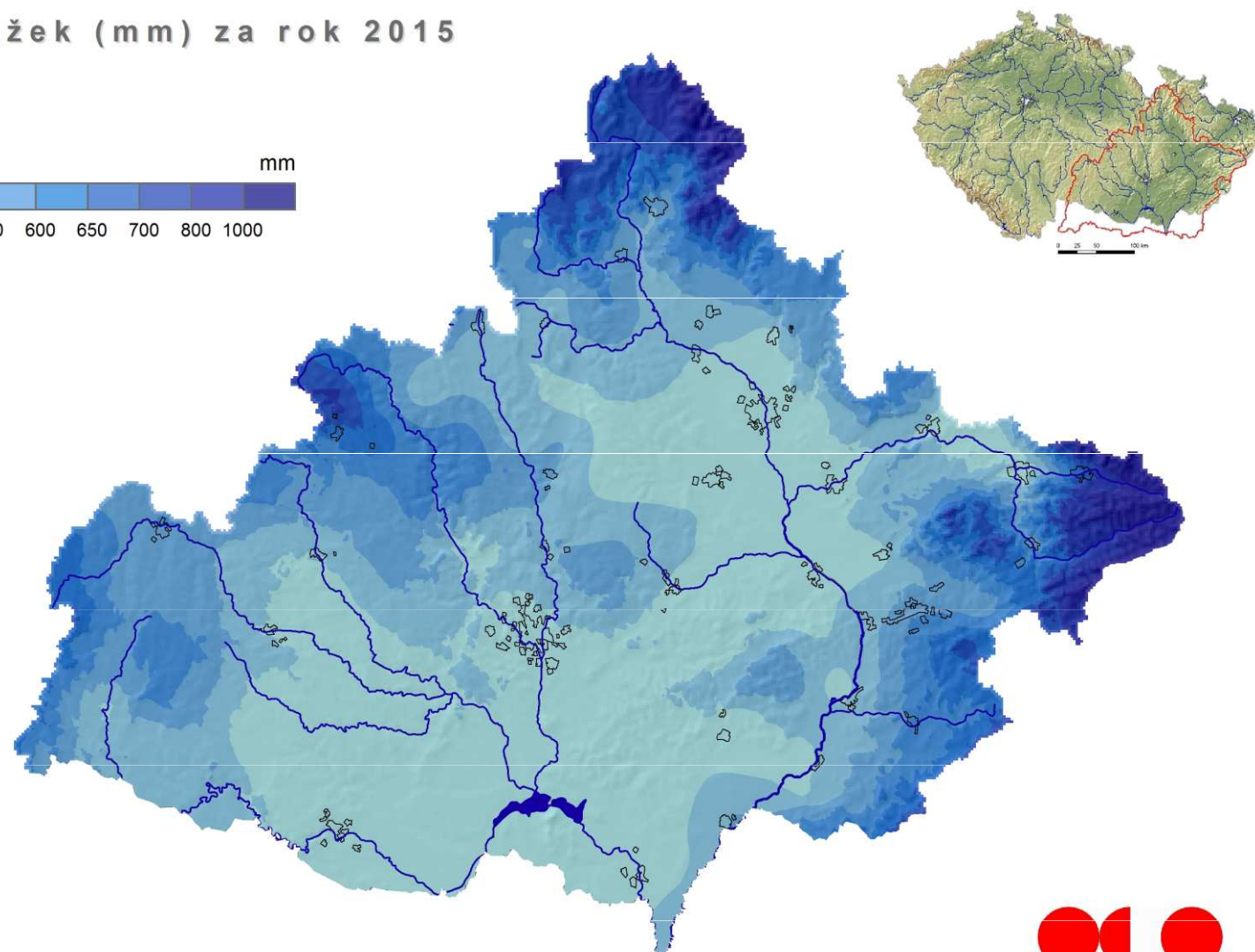
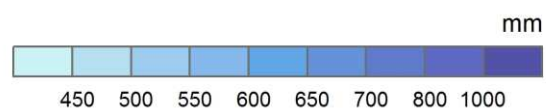
Nejnižší srážkové úhrny (méně než 250 mm) byly zaznamenány na jižní Moravě v jižní části povodí Dyje, lokálně na severní Moravě, místy v západních, jižních, středních a východních Čechách. Méně než 75 % normálu srážkového úhrnu za období 1981-2010 bylo zaznamenáno téměř na celém území Čech s výjimkou Krušných hor a Podkrušnohoří.



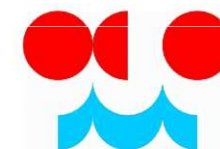
Povodí Moravy

r. 2015: 497 mm, (normál 617 mm)

Úhrn srážek (mm) za rok 2015

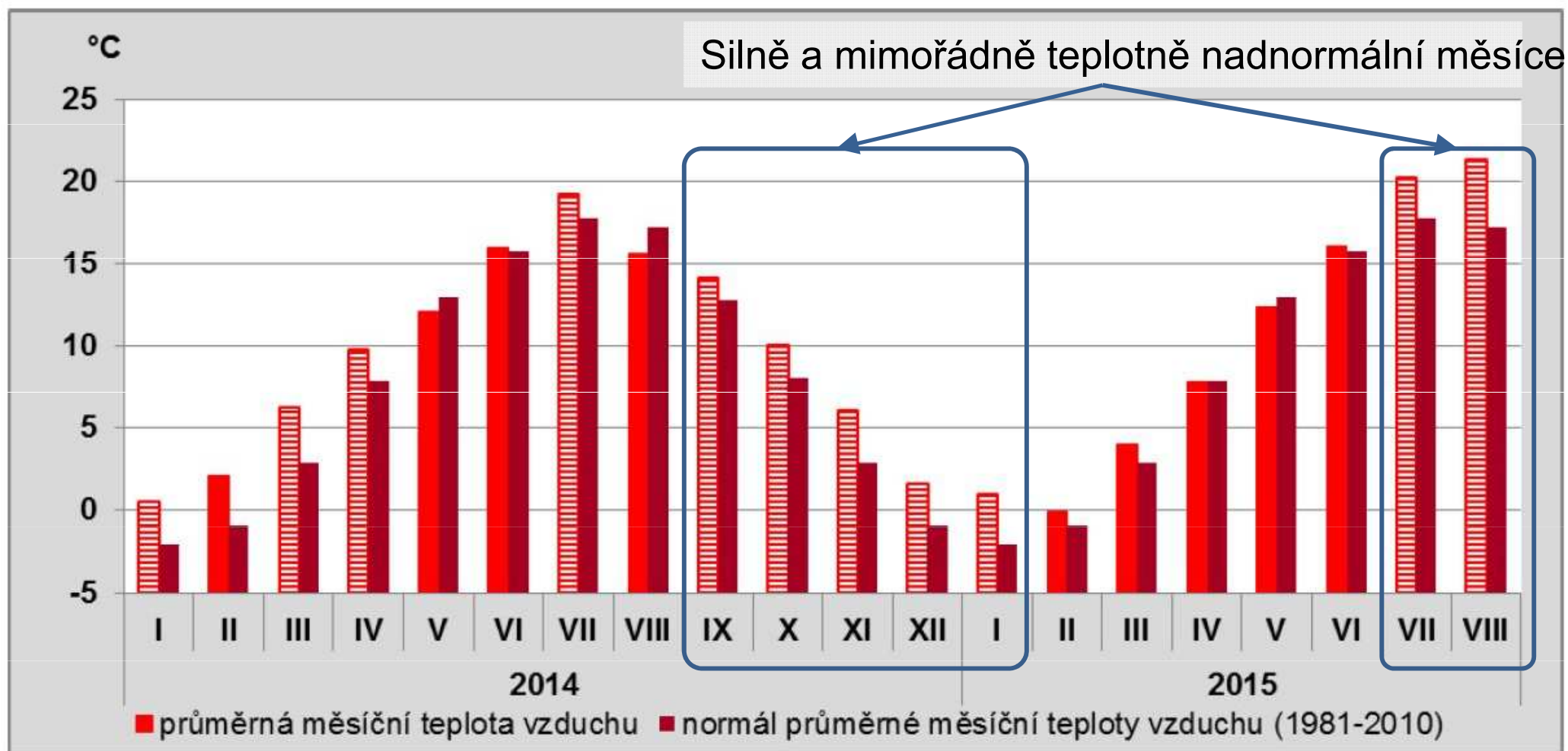


0 12,5 25 50 km



SUCHO 2015 příčiny

Extrémní teploty během letních měsíců 2015

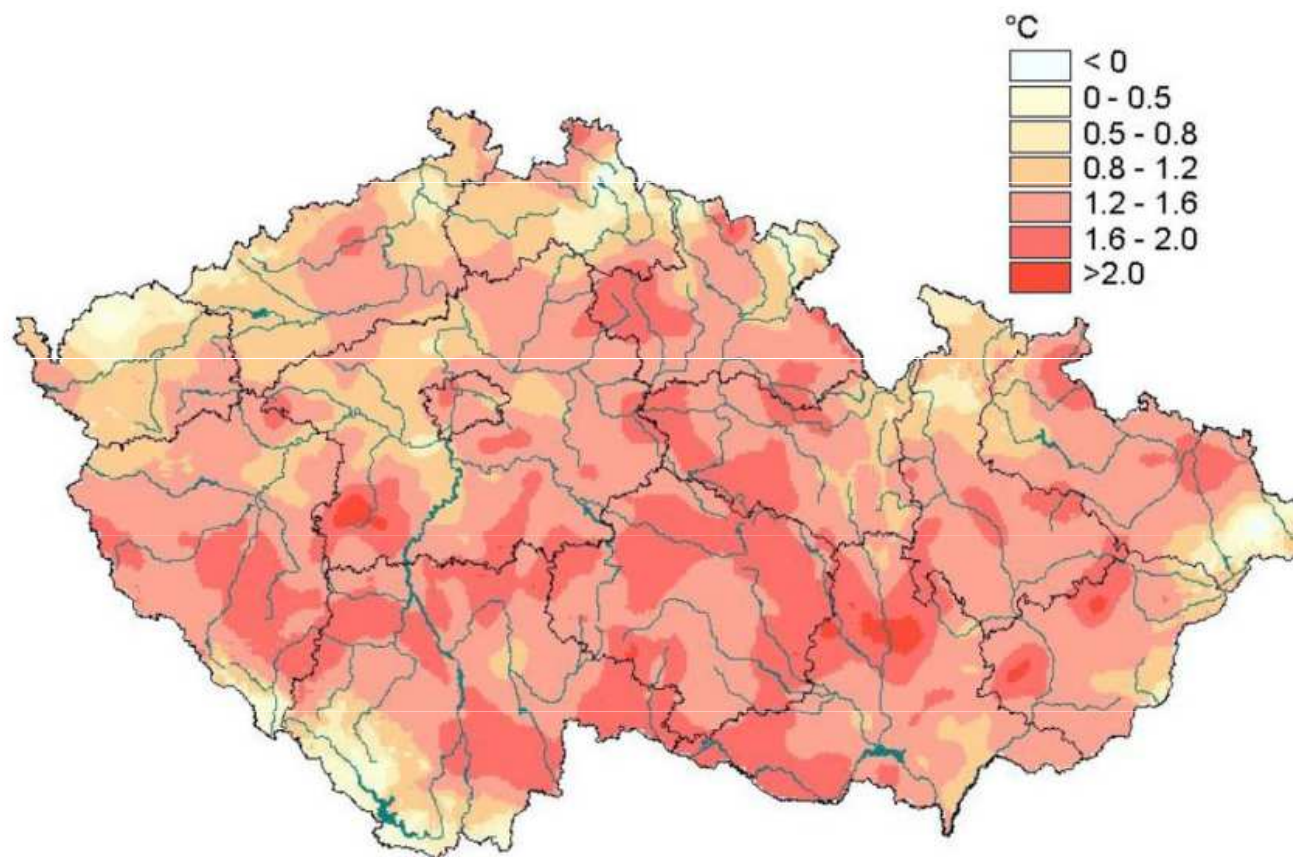


Obr. 3.1 – Průběh průměrných měsíčních teplot na území ČR v období od ledna 2014 do srpna 2015. Šrafované jsou měsíce, kdy byla měsíční teplota nadnormální, silně nadnormální nebo mimořádně nadnormální.

SUCHO 2015 příčiny

Extrémní teploty během letních měsíců 2015

Průměrná teplota letních měsíců (červen až srpen) dosáhla pro území ČR hodnotu 19,2 °C, jde o druhé nejteplejší léto od roku 1961, dosud nejvyšší průměrná letní teplota 19,3 °C byla zaznamenána v roce 2003.



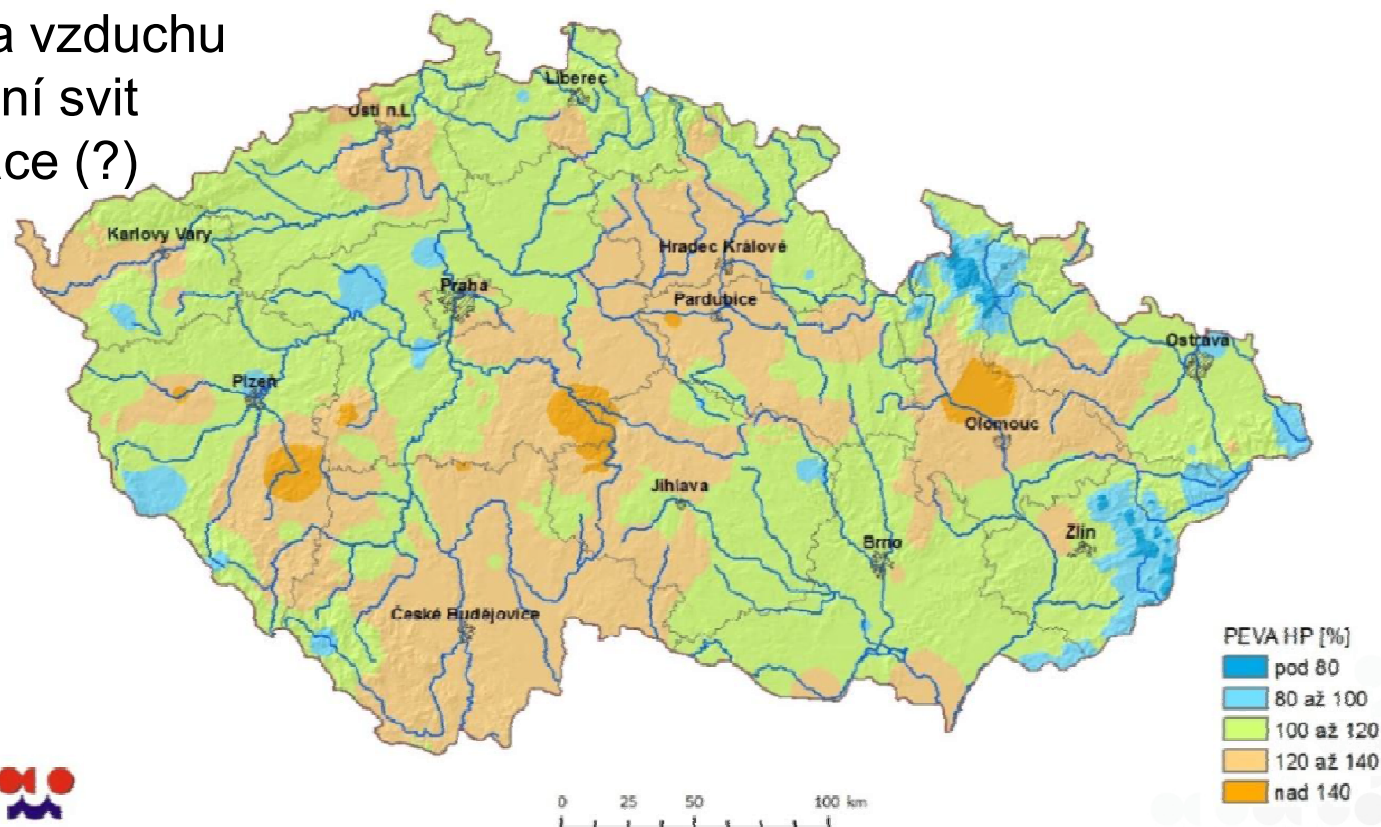
Obr. 3.4 – Odchylka průměrné teploty vzduchu od normálu 1981-2010 za období od 1. 1. 2015 do 31. 8. 2015.

SUCHO 2015 příčiny

Extrémní sucho vzniklo kombinací deficitu srážek, a velkého výparu

Odčerpávání vody z půdy (výpar + transpirace rostlinami) zesiluje:

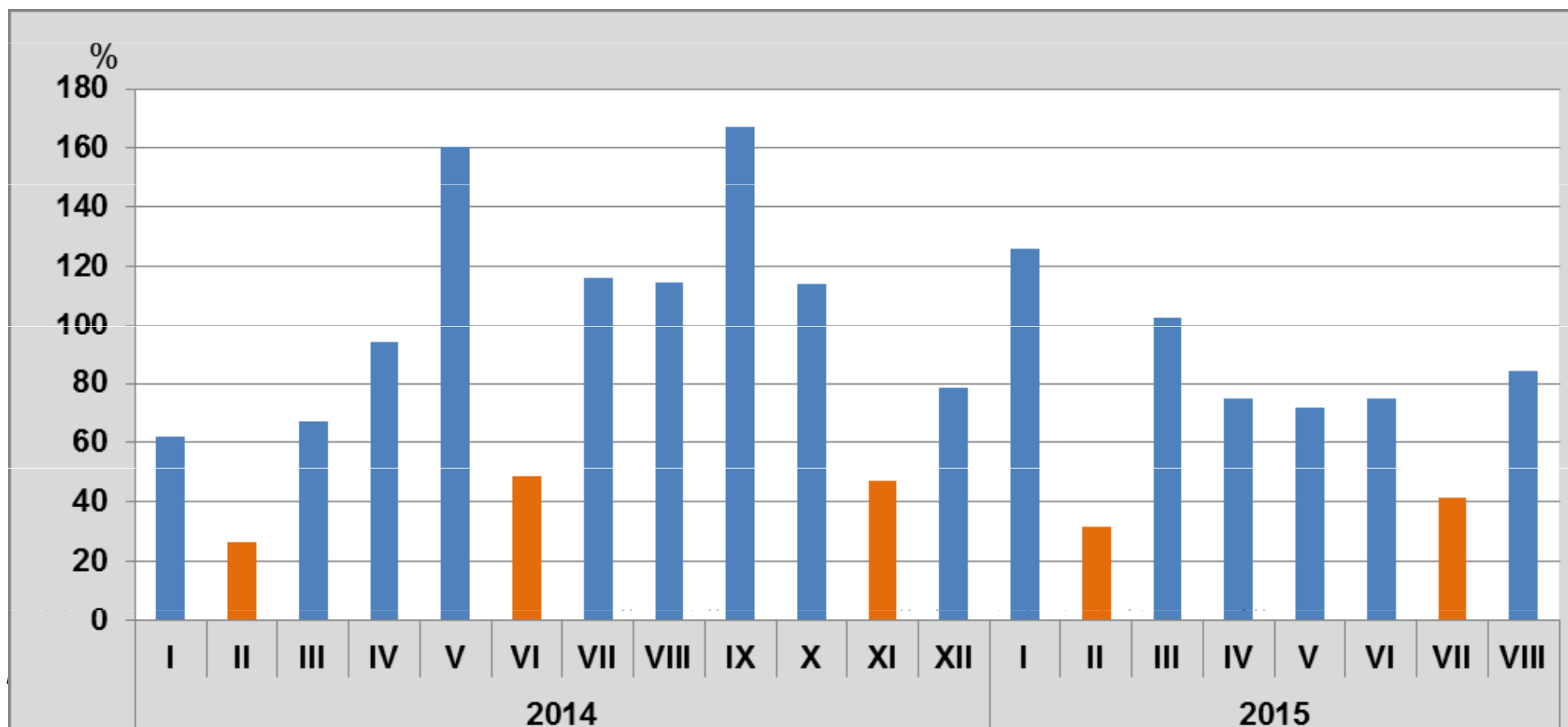
- nízká vlhkost vzduchu
- vysoká teplota vzduchu
- dlouhý sluneční svit
- aktivní vegetace (?)



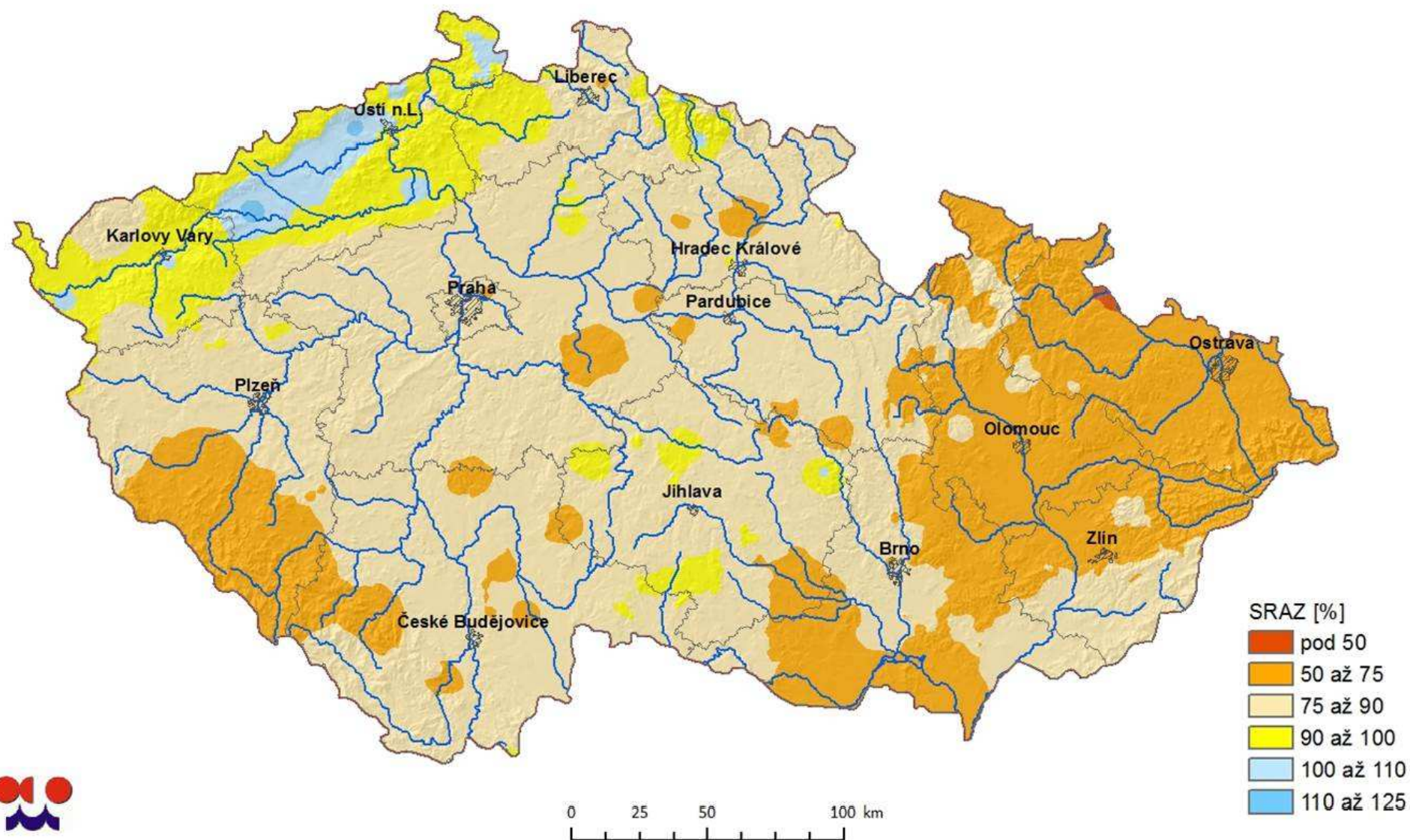
Pozn.: potenciální evaporace představuje výpar z dokonale nasycené půdy při daných atmosférických podmínkách

Obr. 4.2 – Potenciální evaporace holé půdy na území ČR, srovnání úhrnu od 1.3. s dlouhodobým průměrem 1961-2010 k neděli 16.8.2015.

Měsíční úhrny srážek



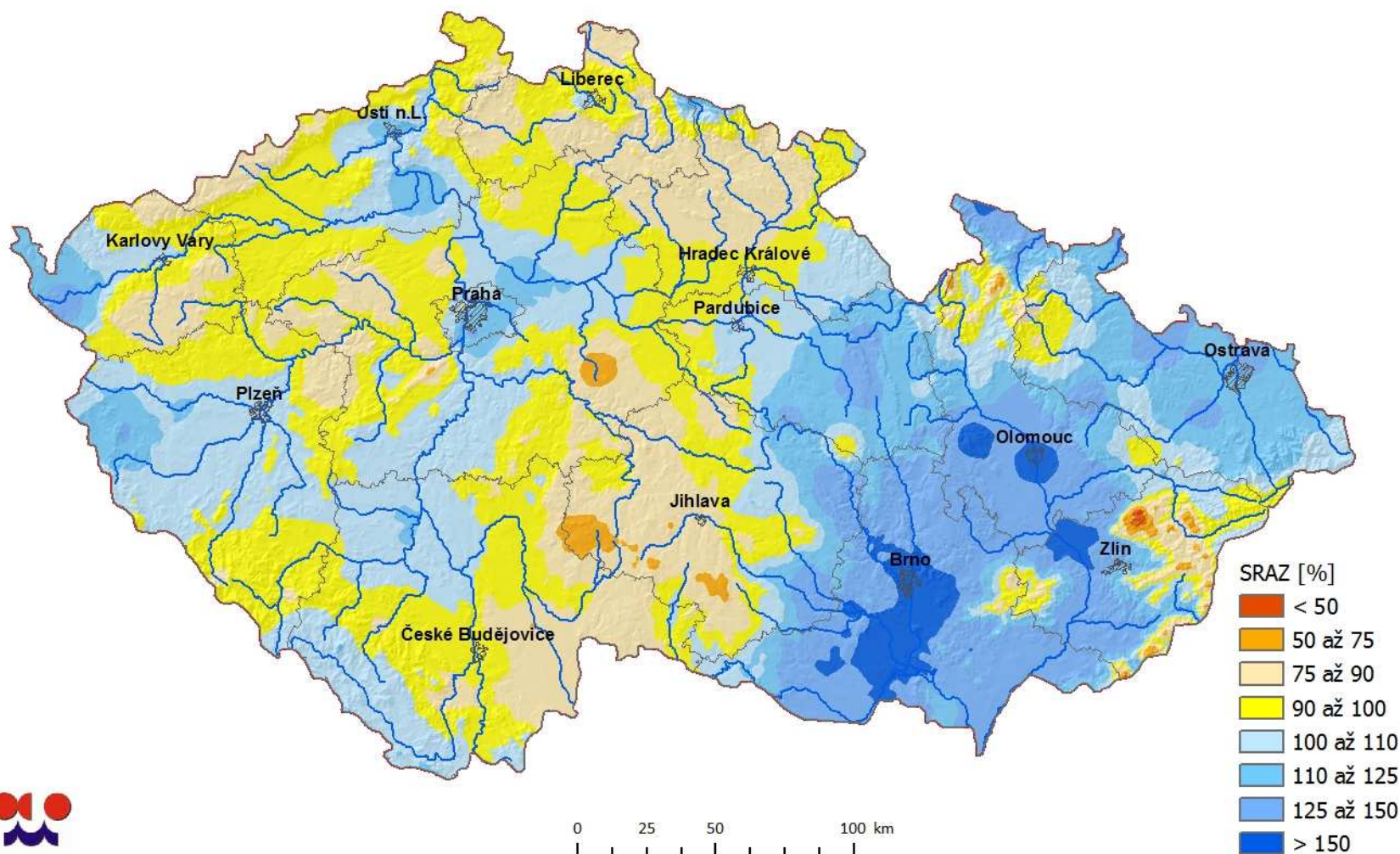
Srovnání úhrnu srážek na území ČR s dlouhodobým průměrem 1961-2010 za období od 1. 1. do 13. 12. 2015
Comparison of the precipitation amount from 1st January to 13th December 2015 with the long-term average (1961-2010)



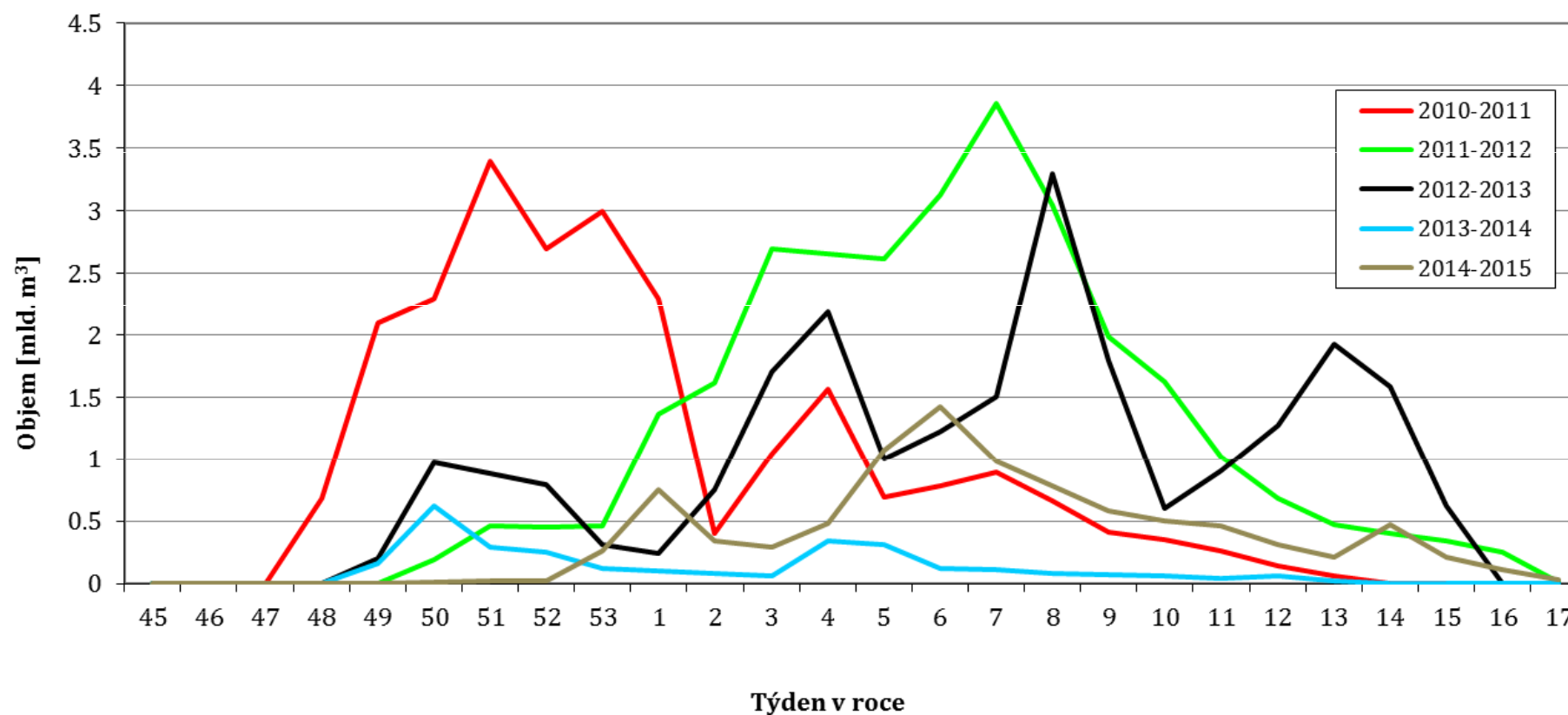
Srovnání úhrnu srážek

Srážky na území České republiky
srovnání úhrnu za období od 1. 1. do 10. 4. 2016 s dlouhodobým průměrem 1961-2010

*Precipitation total in the Czech Republic
comparison of the amount during the period from 1st January to 10th April 2016 with the long-term average 1961-2010*



Vývoj zásob sněhu v zimách od roku 2010 na území České republiky



SUCHO 2015 následky

Sucho se projevilo v různých částech přírodních i socio-ekonomických sfér.

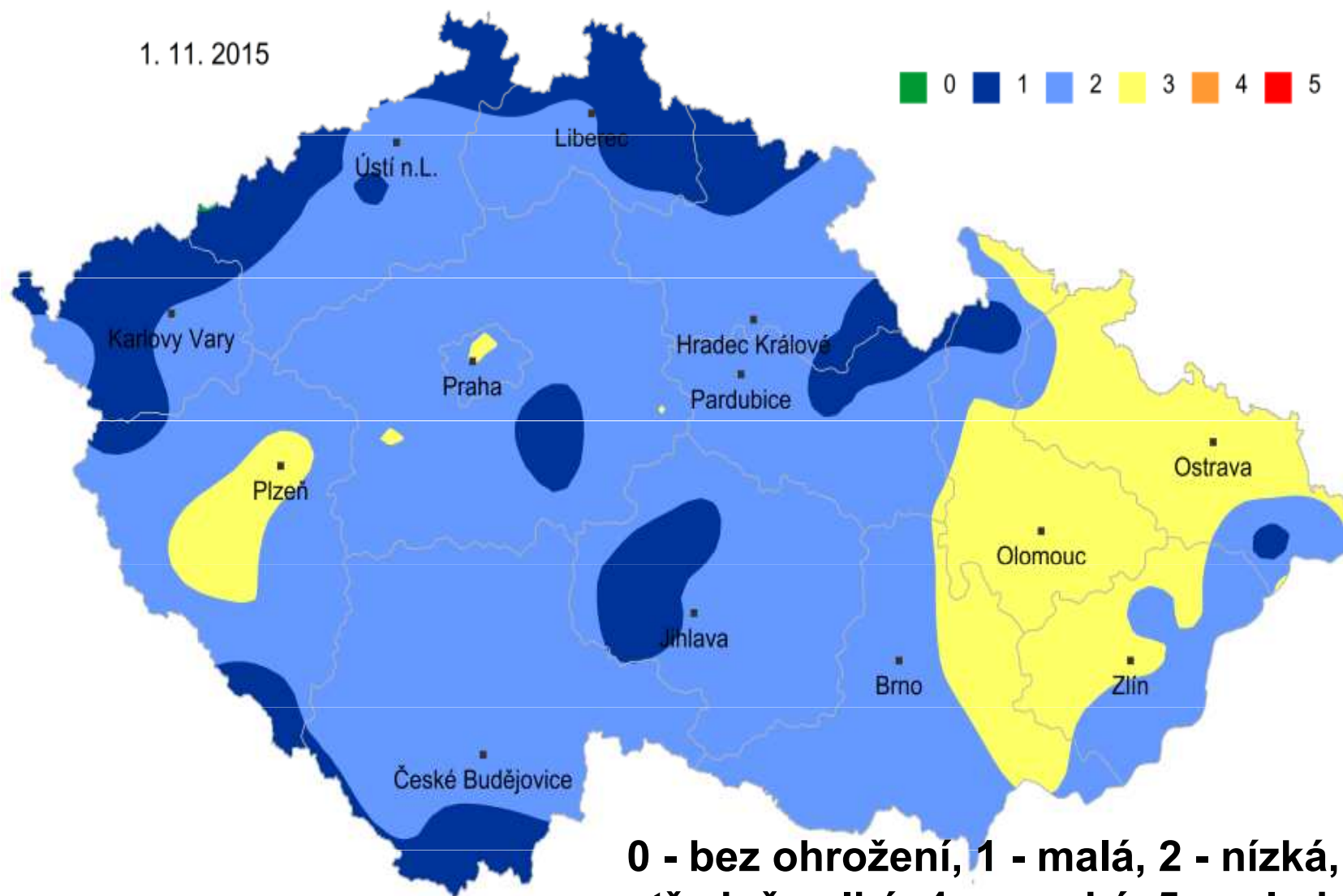
- 1) Sucho v půdě.
- 2) Sucho v podzemních vodách, na řekách a v nádržích.
- 3) Sucho v hospodářství.



Klimatické a půdní sucho

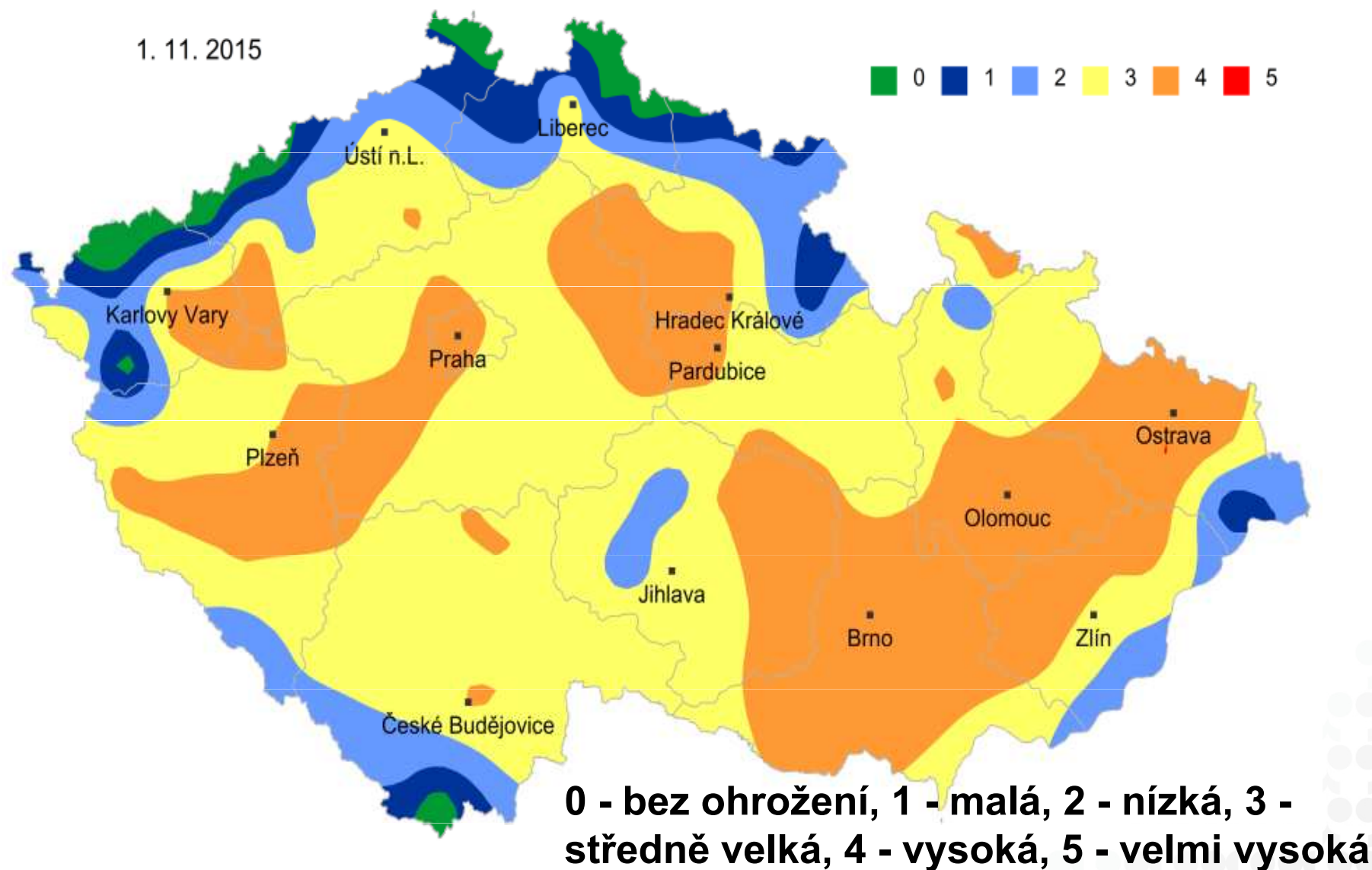
Míra ohrožení půdním suchem ve vrstvě 0 až 20 cm

1. 11. 2015



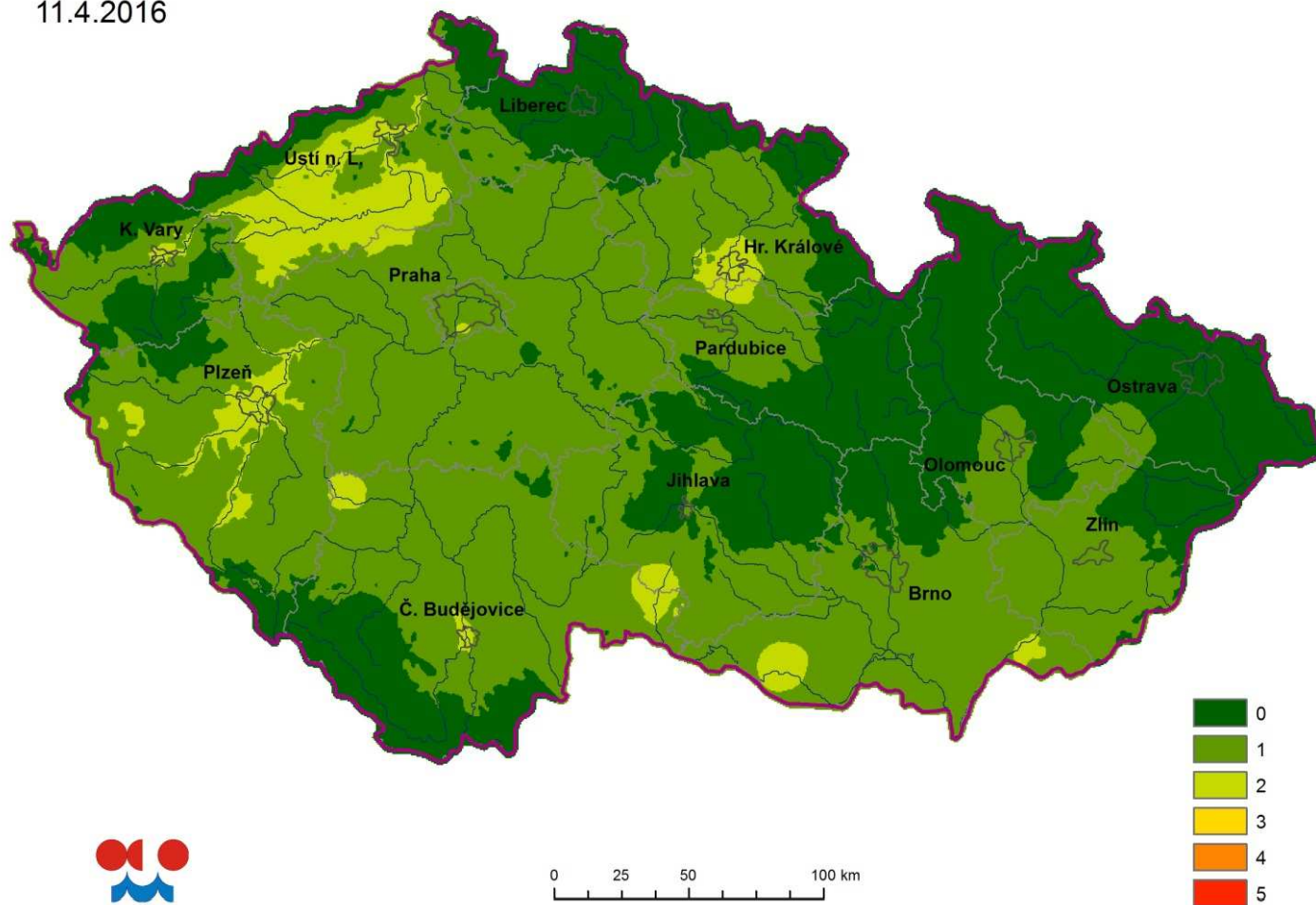
0 - bez ohrožení, 1 - malá, 2 - nízká, 3 - středně velká, 4 - vysoká, 5 - velmi vysoká

Půdní sucho v hloubce do 100 cm



Půdní sucho v hloubce do 100 cm

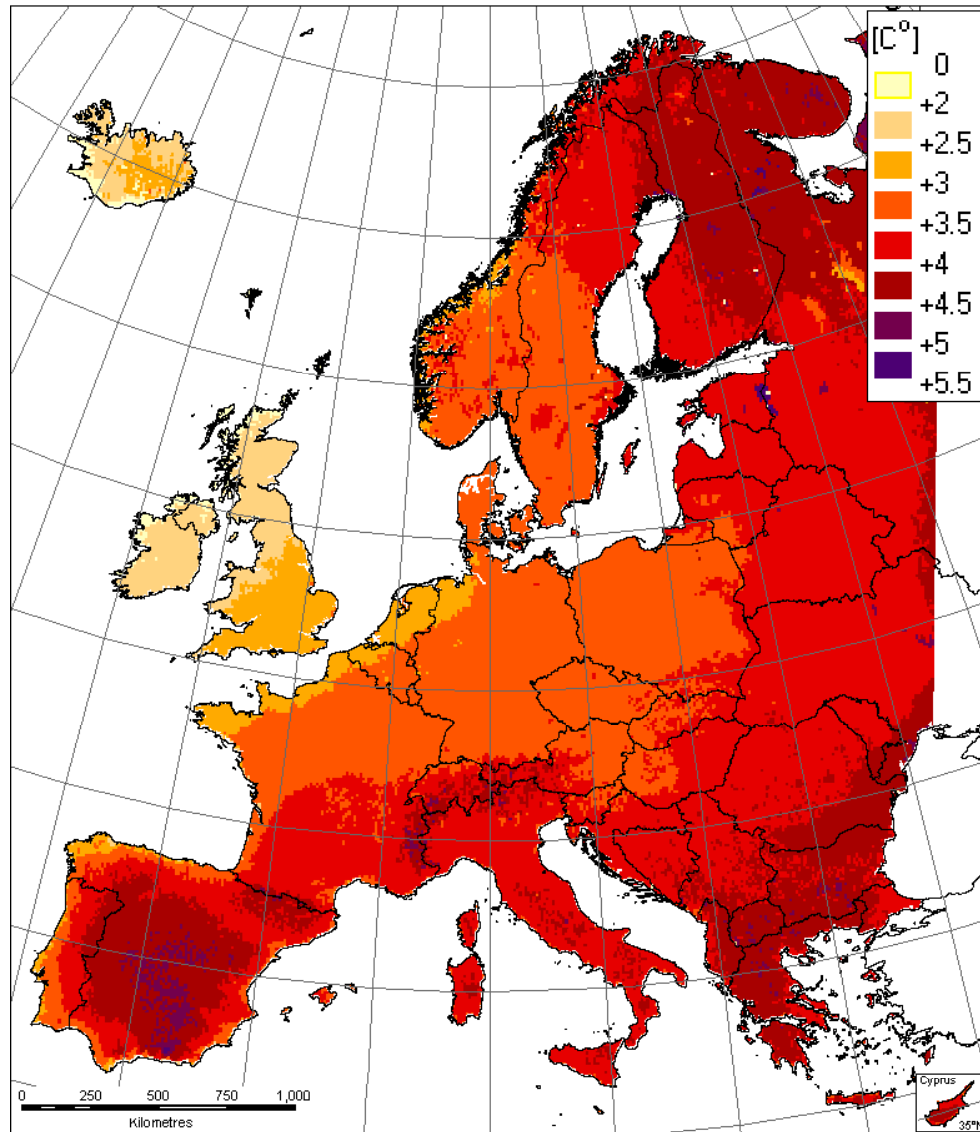
11.4.2016



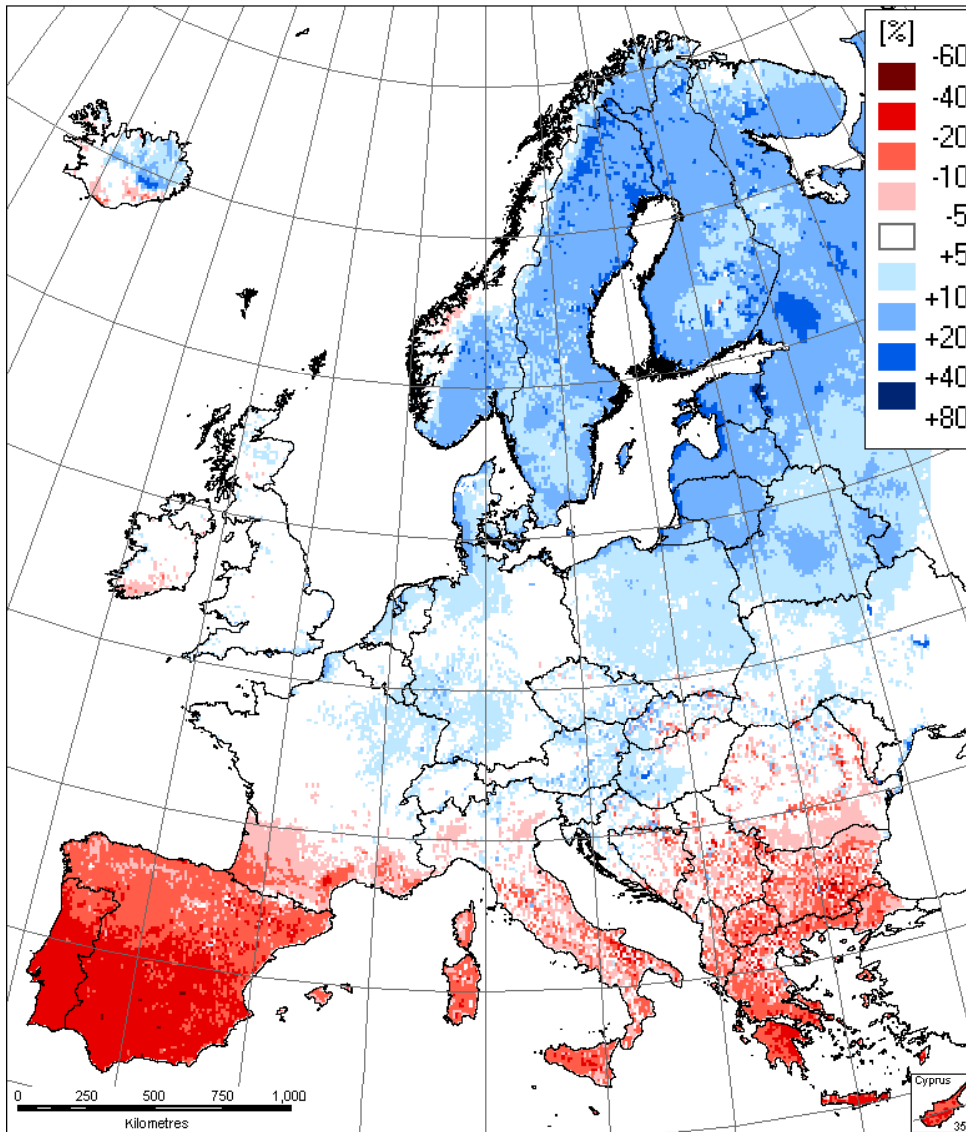
0 25 50 100 km



Temperature: change in mean annual temperature [C°]



Precipitation: change in annual amount [%]



Hydrologické sucho

Hydrologické sucho vzniká následkem nedostatku srážek a projevuje se jako nedostatek zdrojů povrchových a podzemních vod (průtoky ve vodních tocích, hladiny jezer a nádrží, podzemní vody). Přitom vznik hydrologického sucha je ovlivněn i způsobem lidského užívání vody, proto je nutno na hydrologické sucho pohlížet jako na přírodní fenomén, který však může být prohlouben lidským působením.

Nedostatek srážek se v komponentách podzemní části hydrologického cyklu projevuje s určitým zpožděním. Hydrologické sucho je pak nezbytné pojímat jako výsledek působení procesů hydrologického cyklu a antropogenního ovlivnění v rámci celého povodí

Podzemní vody



Pozorovací síť PZV

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) provozuje jedinou státní celoplošnou pozorovací síť podzemních vod na území ČR, která zahrnuje asi **2000** objektů.

Pro účely sledování stavu podzemních vod se objekty pozorovací sítě dělí na

- **prameny**
- **vrty v mělkých a hlubinných zvodních**
- **hydropedologické profily**

V síti pramenů se sledují vydatnosti a teploty vody, zatímco ve vrtech se měří výšky hladiny podzemní vody.

Vrty v mělkých zvodních jsou zpravidla umístěny v pořéčných zónách a přilehlých terasových stupních, většina z nich je umístěna v kvartéru.

Hlubinné vrty jsou situovány tak, aby charakterizovaly různé hydrogeologické struktury.

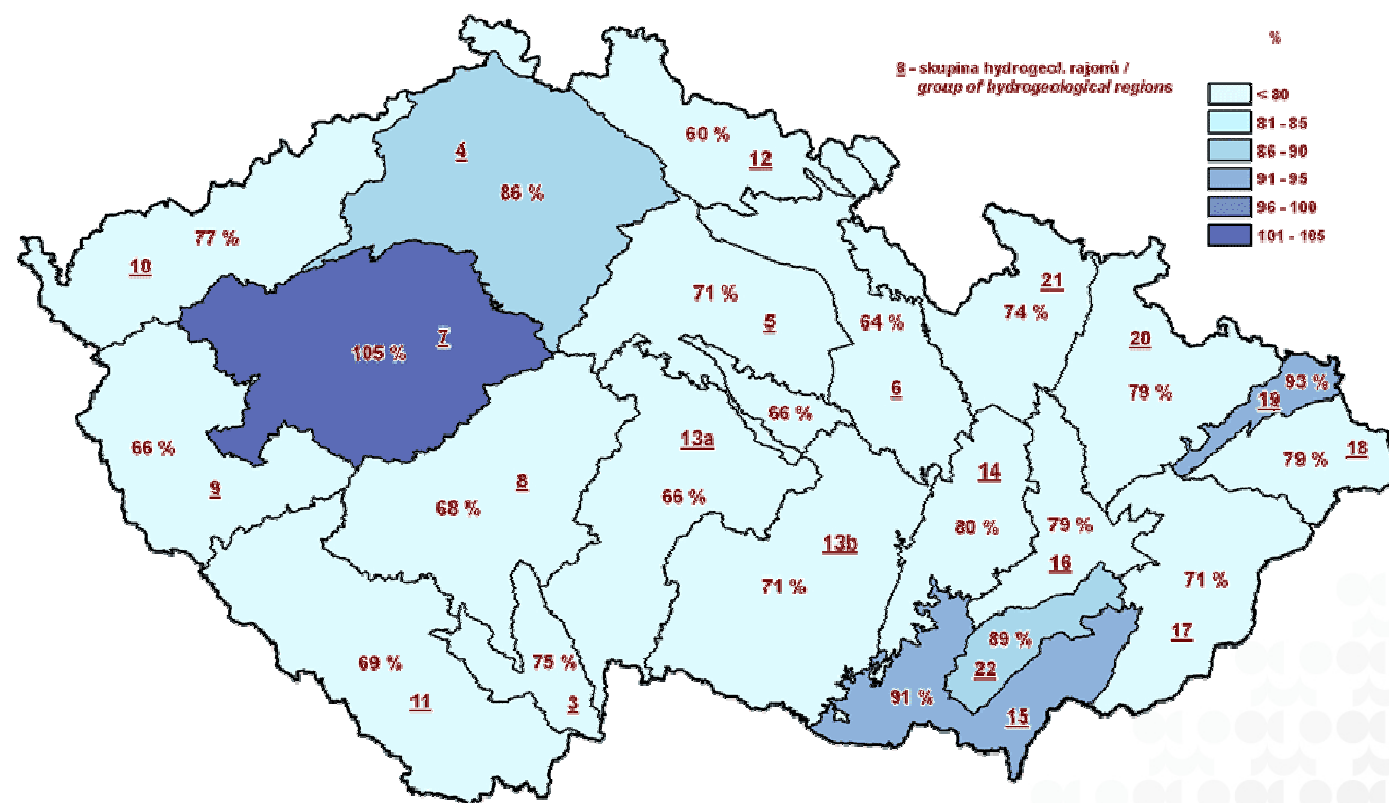


Základní odtok

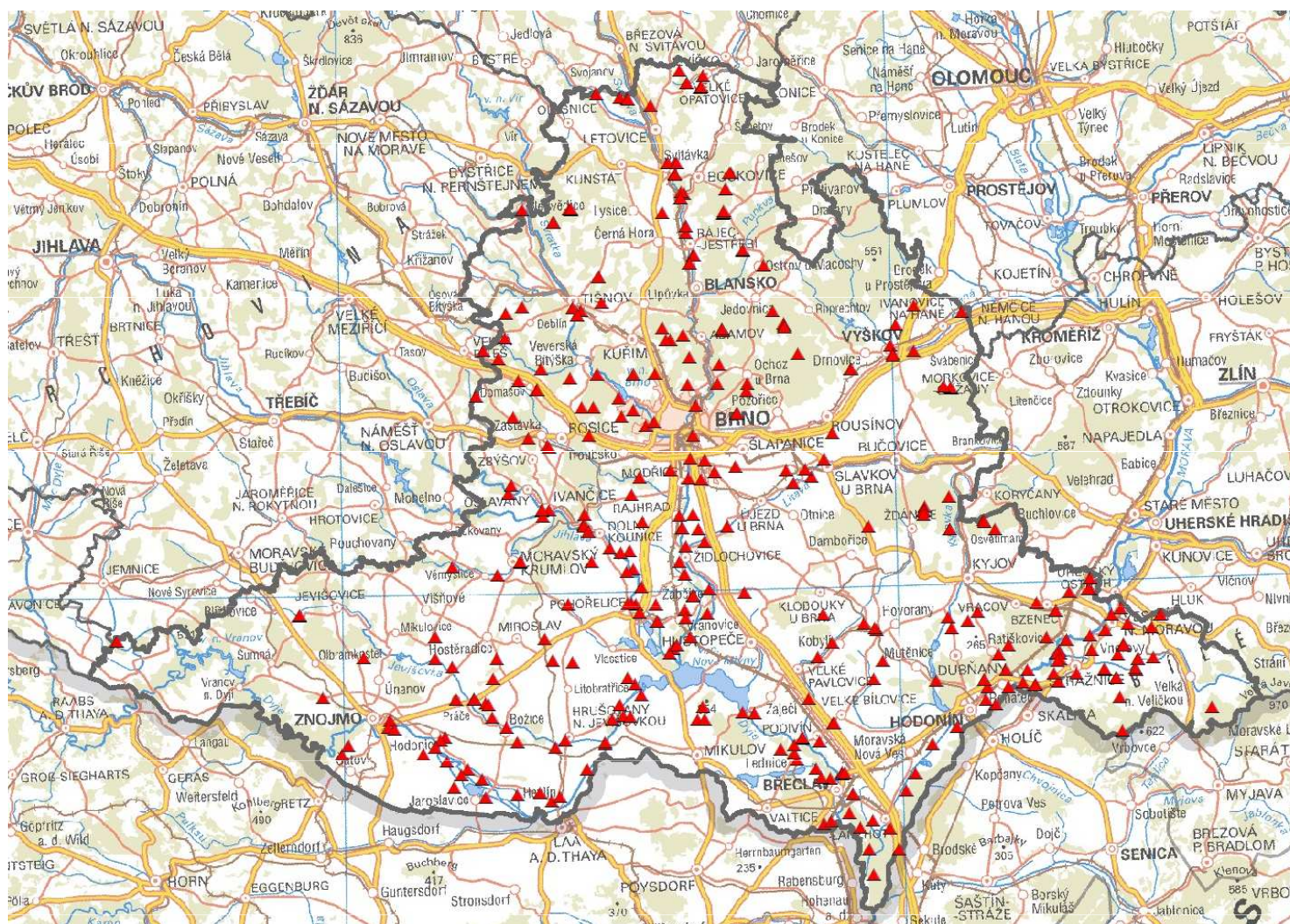
Základní odtok v roce 2014 v % dlouhodobého průměru (1981 - 2010)

Ze znalosti hladin podzemních vod a vydatností pramenů lze vypočítat množství podzemních vod, které je k dispozici v půdě a tvoří součást průtoku v povrchovém toku.

Tento údaj se nazývá **základní odtok**.



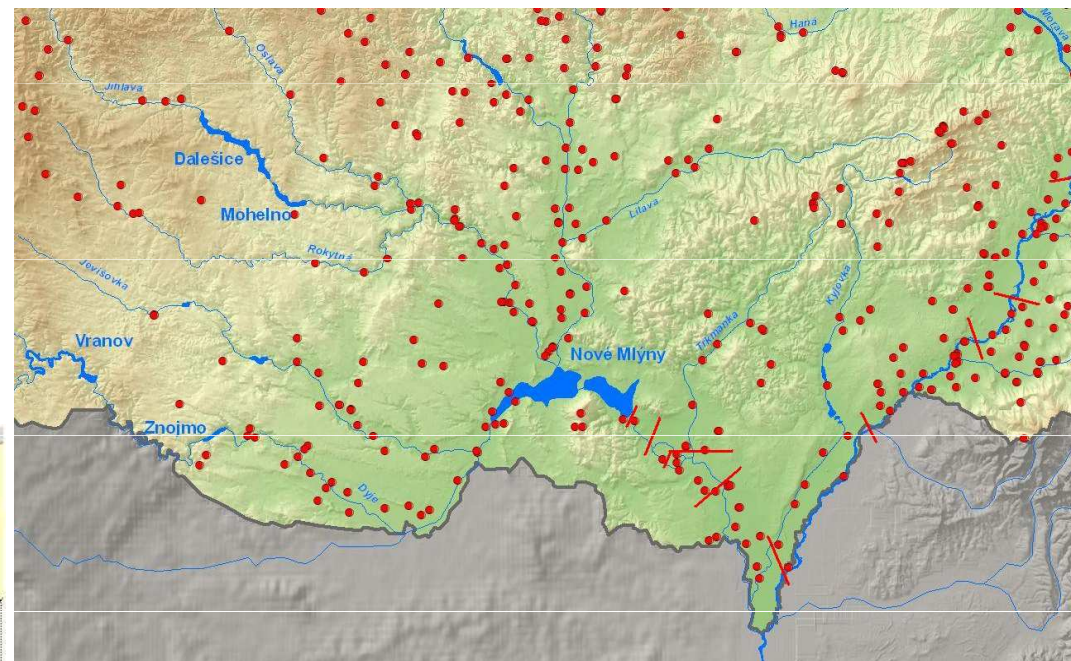
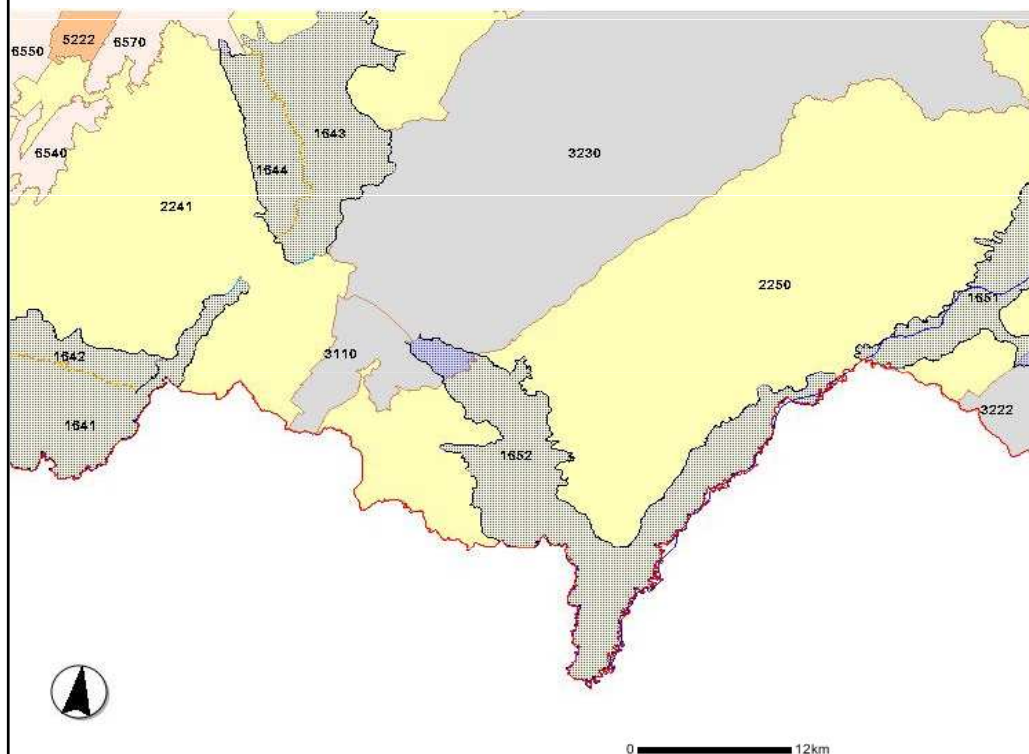
JMK – pozorovací objekty podzemních vod



Státní pozorovací síť mělké a sekundární sítě PZV

Hydrogeologická rajonizace

3230 Středomoravské Karpaty
 2250 Dolnomoravský úval
 1652 Kvarter soutokové oblasti Moravy a Dyje
 3110 Pavlovské vrchy a okolí



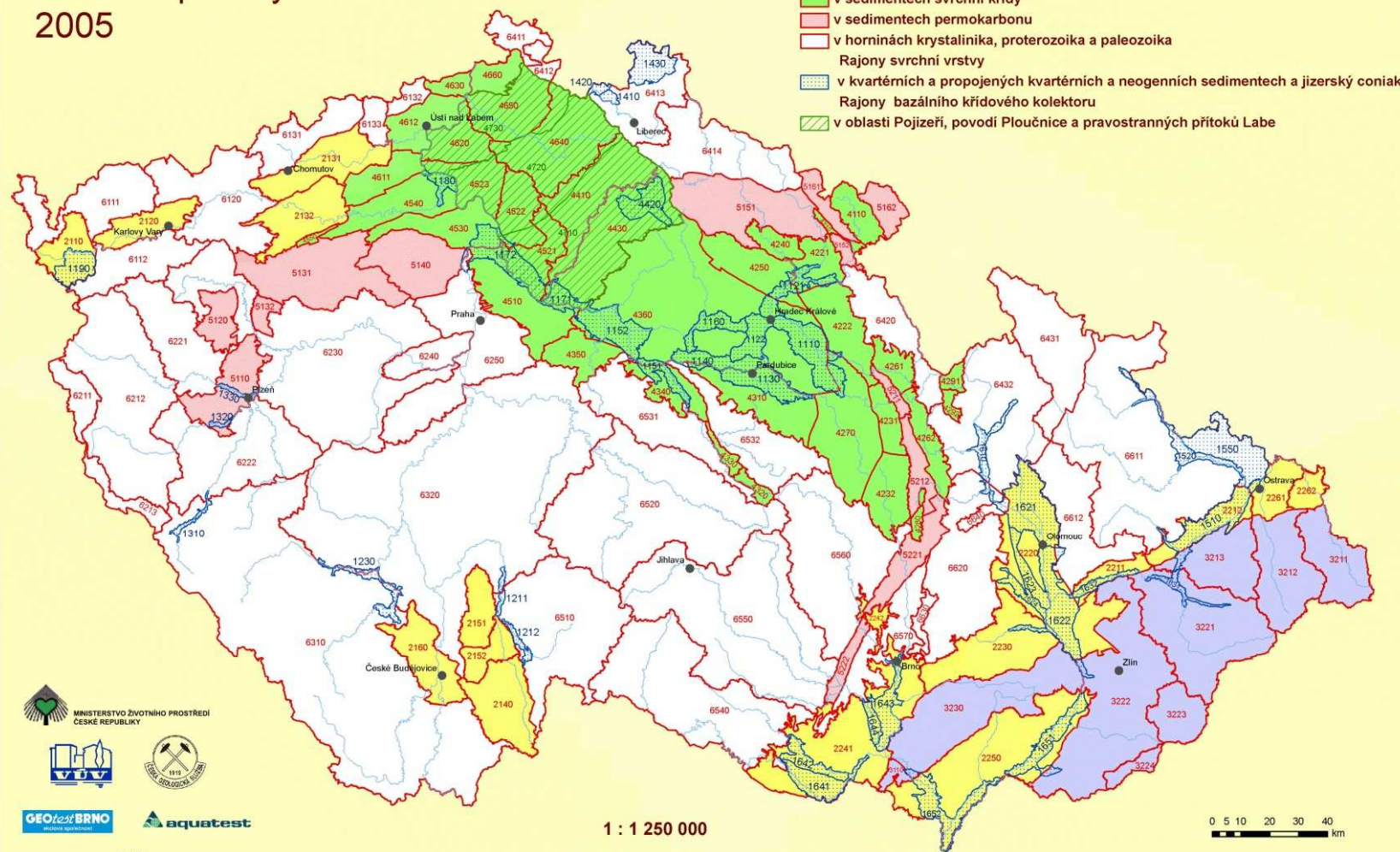
Státní pozorovací síť mělké základní a sekundární sítě podzemních vod

● vrt — hydrogeologický profil



Hydrogeologická rajonizace

Hydrogeologická rajonizace České republiky 2005



Pozorovací síť podzemních vod ČHMÚ

| POBOČKA | PRAMENY | | | HLUBOKÉ VRTY | | | MĚLKÉ VRTY | | | HP PROFILY | VRTY CELKEM | OBJEKTY CELKEM |
|---------------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|-------------|----------------|
| | CEL. | HS | JAK. | CEL. | HS | JAK. | CEL. | HS | JAK. | | | |
| PRAHA | 63 | 19 | 21 | 24 | - | 21 | 138 | 21 | 37 | - | 162 | 225 |
| Č. BUDĚJOVICE | 30 | 10 | 20 | 35 | - | 32 | 69 | 19 | 8 | - | 104 | 134 |
| H. KRÁLOVÉ | 68 | 20 | 17 | 45 | - | 39 | 190 | 29 | 25 | - | 235 | 303 |
| PLZEŇ | 34 | 12 | 14 | 8 | - | - | 44 | 12 | 9 | - | 52 | 86 |
| ÚSTÍ N. LABEM | 32 | 8 | 22 | 69 | - | 49 | 109 | 12 | 22 | - | 178 | 210 |
| BRNO | 67 | 26 | 21 | 27 | - | 30 | 211 | 35 | 25 | 159 | 252 | 464 |
| OSTRAVA | 70 | 16 | 22 | 13 | - | 7 | 221 | 31 | 21 | 156 | 234 | 460 |
| CELKEM | 381 | 111 | 137 | 225 | - | 178 | 992 | 159 | 147 | 423 | 1 217 | 1 882 |



Pozorovací síť podzemních vod



- Základní pozorovací síť podzemních vod tvoří **211** pozorovacích vrtů. Těmito vrty se sleduje režim mělkých podzemních vod. podzemní vody. Pozorovací síť vznikala od konce padesátých let a dokončena byla v druhé polovině šedesátých let. Hloubky vrtů jsou od 5 do 37 metrů, převážná většina vrtů však má hloubku 10 - 12 metrů. Do hlásné sítě je zařazeno 37 vrtů, do sítě sledování jakosti 25 vrtů. V rámci projektu Monitorování a hodnocení hydrosféry v ČR v souladu se směrnicemi Evropské komise o životním prostředí byla z prostředků EU rekonstruována asi třetina vrtů.

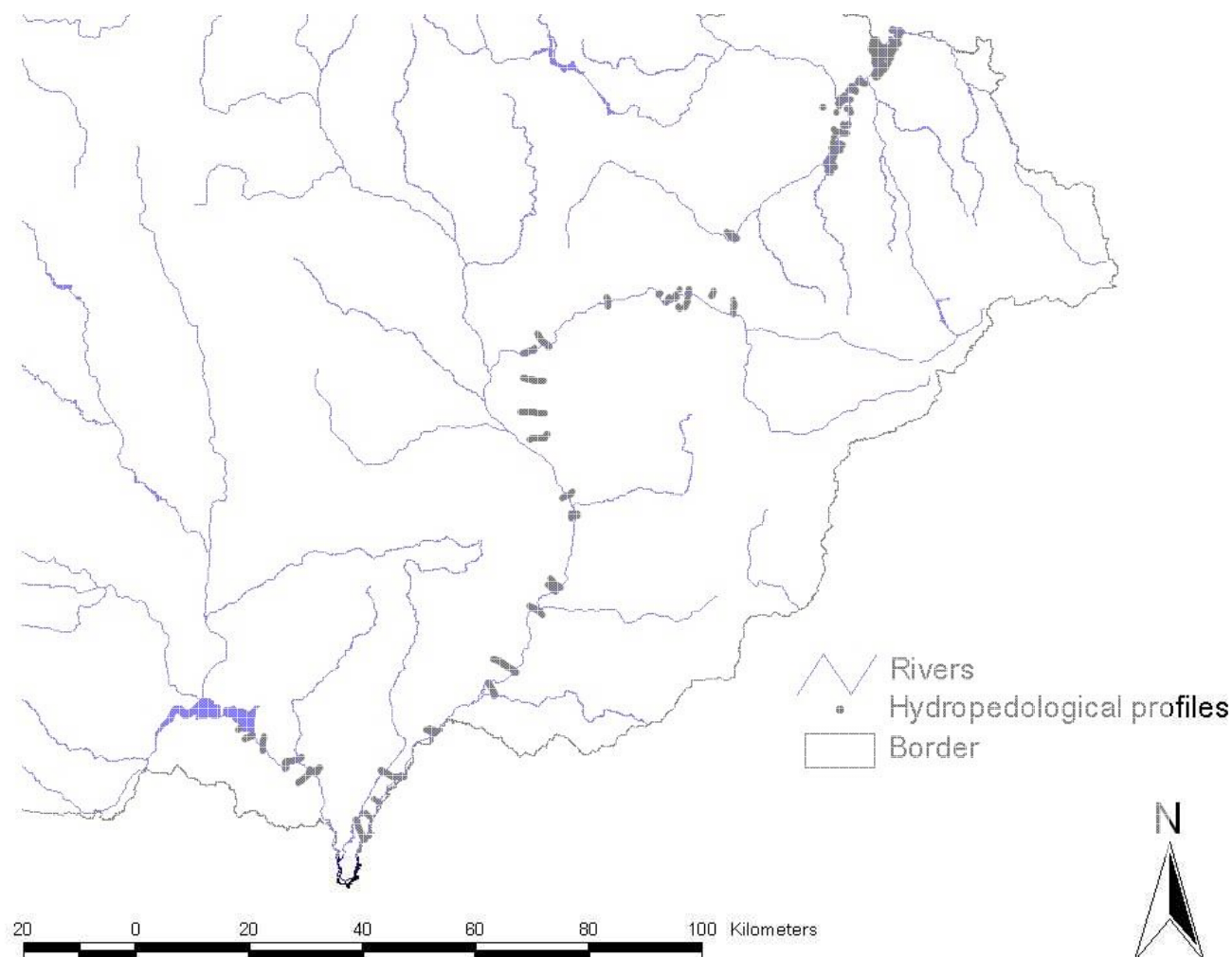
Monitorování a hodnocení hydrosféry v souladu se směrnici Evropské komise o životním prostředí v České republice“

- Účelem projektu bylo rekonstruovat státní monitorovací síť podzemních vod, část monitorovací síť povrchových vod a dovybavit ústav výpočetní technikou tak, aby monitorování a hodnocení splňovalo požadavky dané směrnici ES zejména Směrnice 2000/600/ES ustanovující rámec pro činnosti v oblasti vodní politiky.
- Projekt obsahoval vybudování **403 nových vrtů, 16 pramenů, 9 nových komplexních stanic** pro sledování jakosti vod a 13 rekonstrukcí stávajících stanic. Dále obsahuje dodávky přístrojové techniky do stanic a mobilní techniky pro měření průtoku v tocích
- Podpora z Fondu soudržnosti EU činí 12 642 450 EUR a pokrývá 75% nákladů
- Projekt probíhal v letech 2005 - 2007



Hydropedologické profily

- Hydropedological profiles – across river valley lines, Odra-Dunaj river channel (1930), connected with stream water level measurement



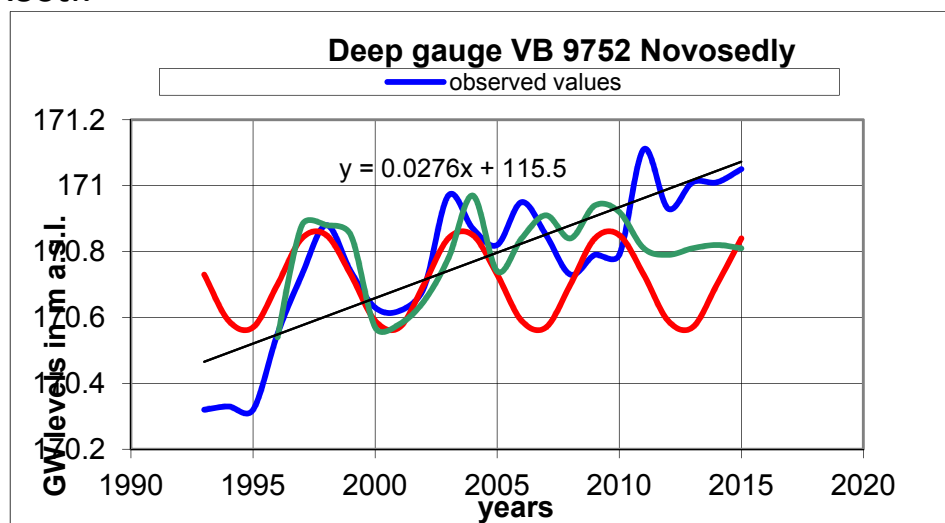
Hydrologické profily



- Pro plánovanou výstavbu průplavu **Dunaj - Odra - Labe** se začaly v třicátých letech budovat v povodí úzkoprofilové zarážené sondy, situované do profilů a vedoucí napříč přes povrchový tok, který byl osazen vodočtem. Tímto způsobem jsou získávány z hydrologického hlediska velmi cenné informace o vztazích podzemní a povrchové vody. V současné době se pozoruje 15 profilů se **159** objekty. Hloubky těchto neúplných vrtů jsou do 10 metrů, většinou však 5 - 7 metrů.

Hlubinné vrty

- Pozorovací síť hlubinných vrtů je tvořena 27 vrtů situovanými do hydrogeologických struktur s hlubším oběhem podzemních vod - převážně do neogenních, křídových a devonských sedimentů. Pozorovací síť vznikala koncem osmdesátých a začátkem devadesátých let. Všechny vrty jsou osazeny automatickými měřicími systémy s 24 hodinovým intervalem záznamu. Hloubky vrtů jsou od 45 do 711 metrů. Všechny vrty jsou zařazeny do sítě sledování jakosti.



Pozorovací síť pramenů – 67 pramenů

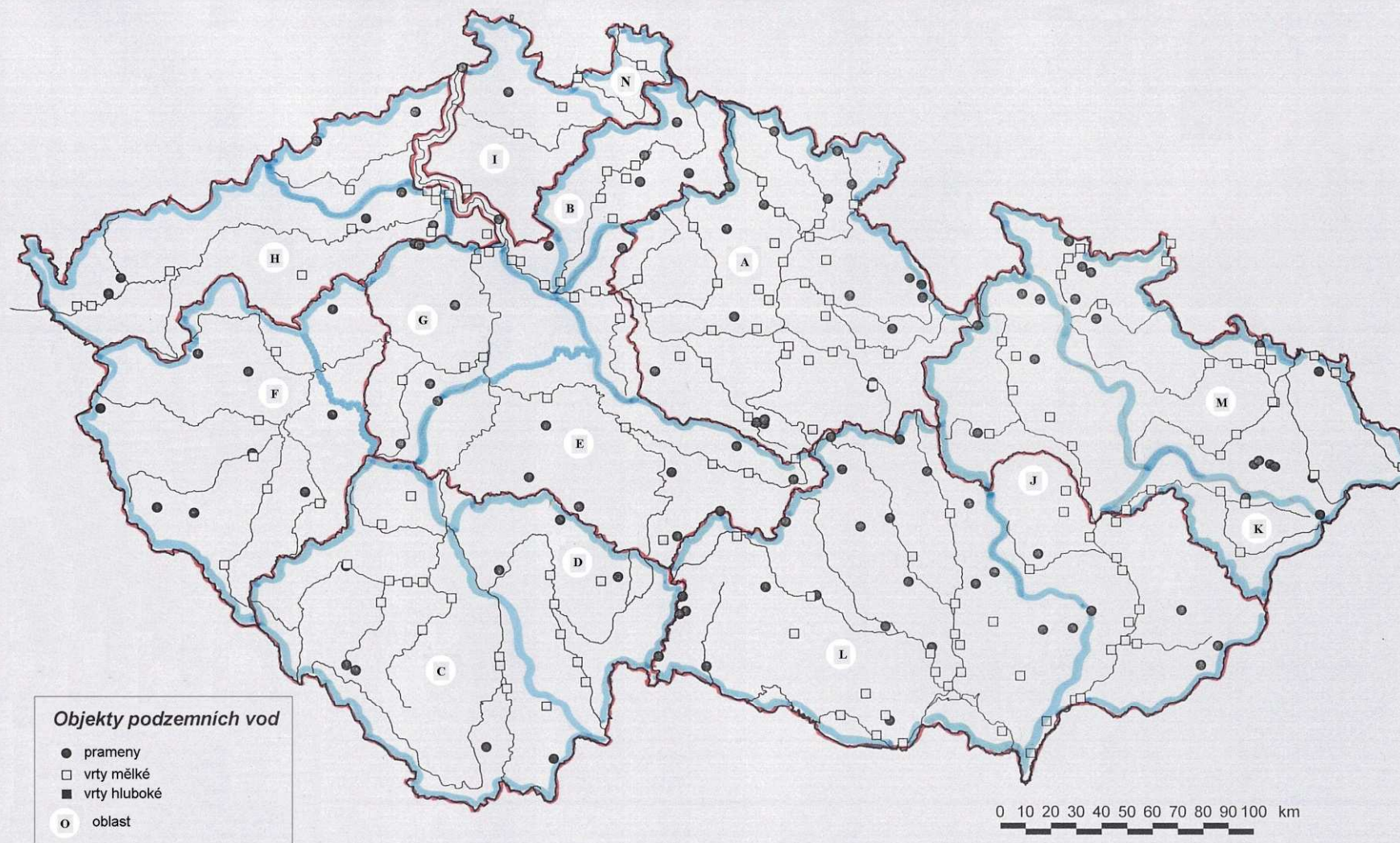
Pramen Koryčany



Hlásná síť podzemních vod

Objekty hlásné sítě podzemních vod ČHMÚ

Územní působnost poboček a oblasti pro operativní měsíční hodnocení vývoje - návrh

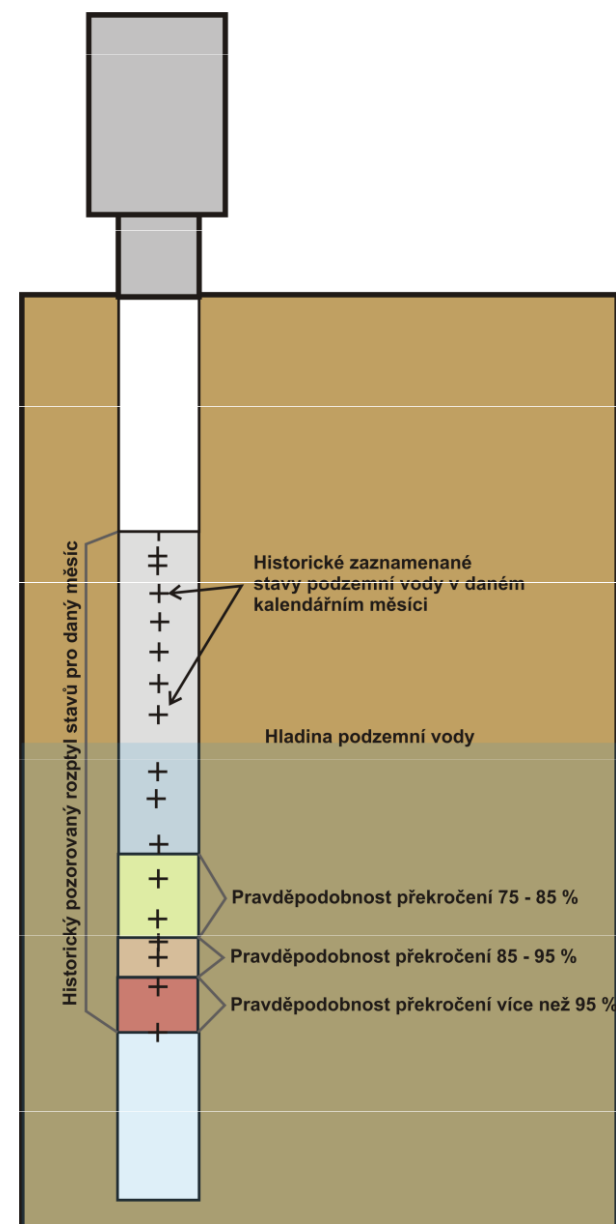


PZV – stav sucha

- Charakterizován třemi kategoriemi závažnosti podle pravděpodobnosti výskytu odvozené za referenční období **1981–2010**
- **Mírné sucho** jsou označeny stavy pod hodnotou spodního kvartilu (tj. pravděpodobnosti překročení 75–85%)
- **Silné sucho** je hodnoceno jako pravděpodobnost překročení 85–95 %
- **Mimořádné sucho** jsou označeny stavy, které odpovídají nejnižším 5 % historických pozorování (tj. pravděpodobnost překročení 95%).

Hodnocení je prováděno

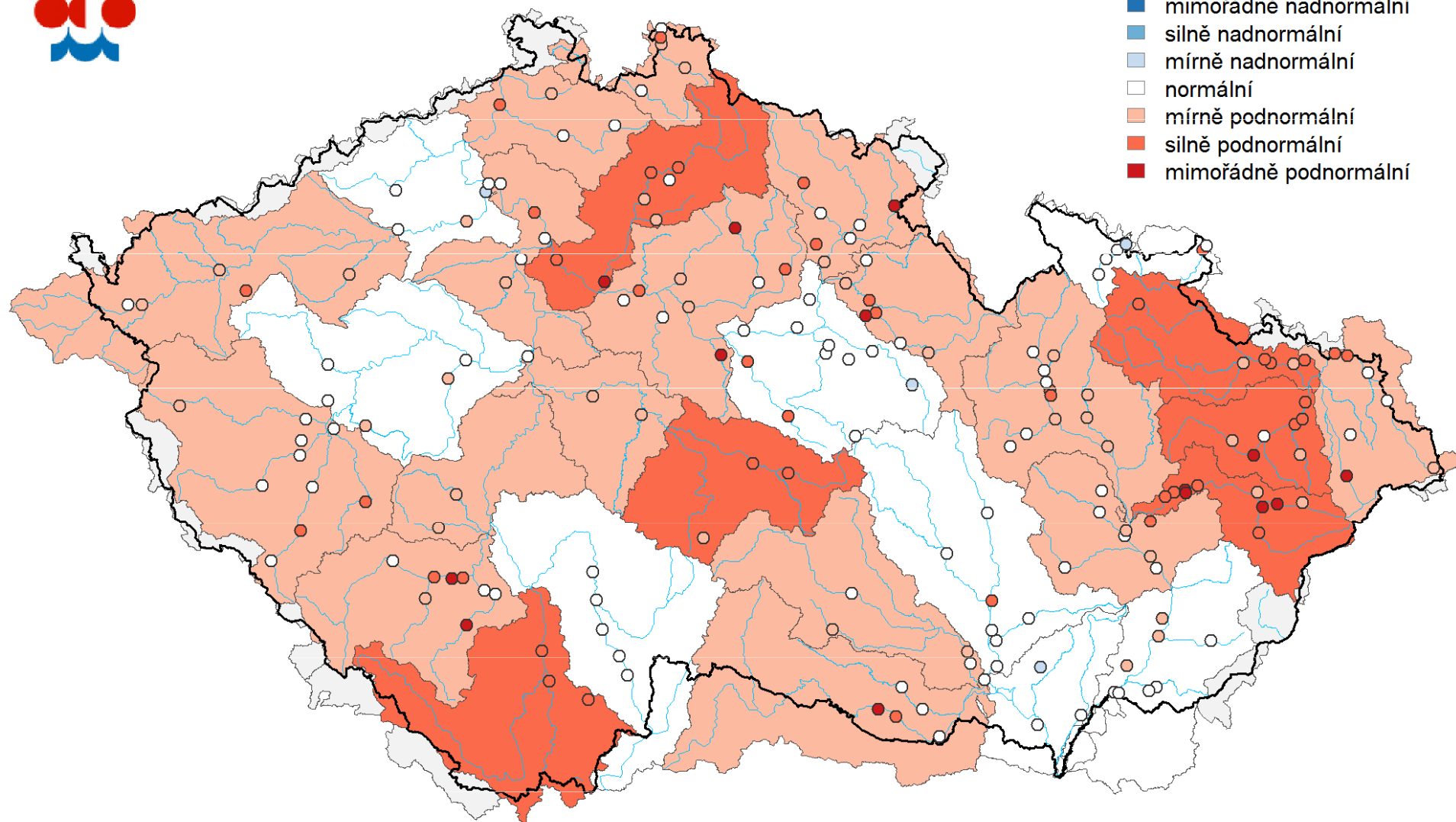
jak pro jednotlivé objekty, tak souhrnně pro definované oblasti povodí.



Mapa vyhodnocení kategorií sucha

Stav hladiny podzemní vody v mělkých vrtech

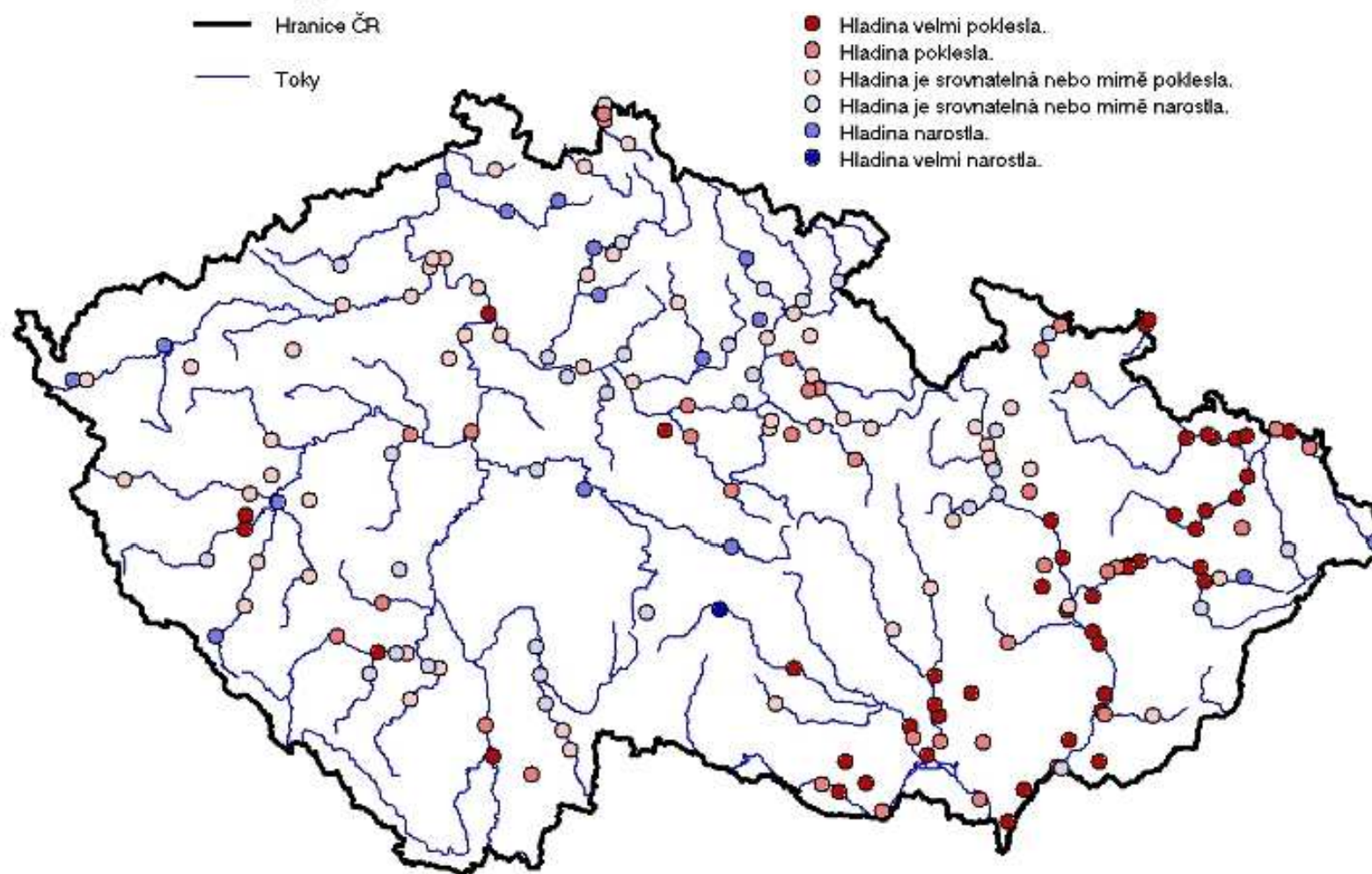
28. 03. – 03. 04. 2016



Stav PZV – únor 2016

Nárůst nebo pokles hladiny ve vrtech v měsíci: 02/2016

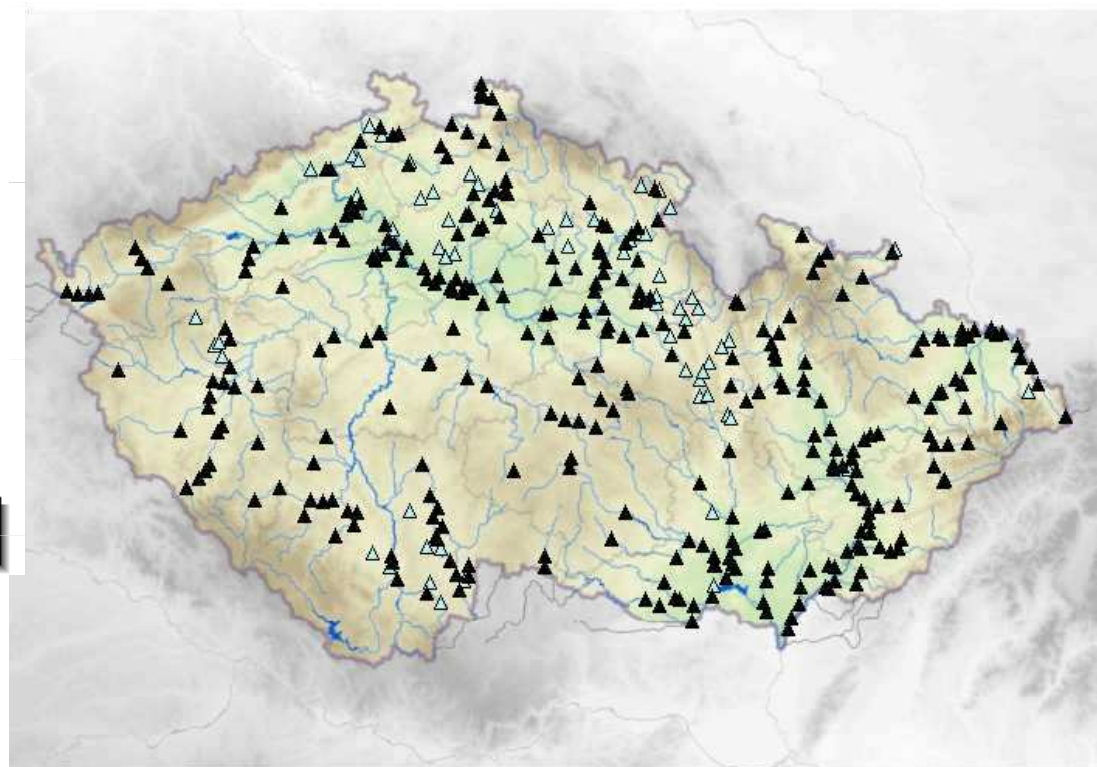
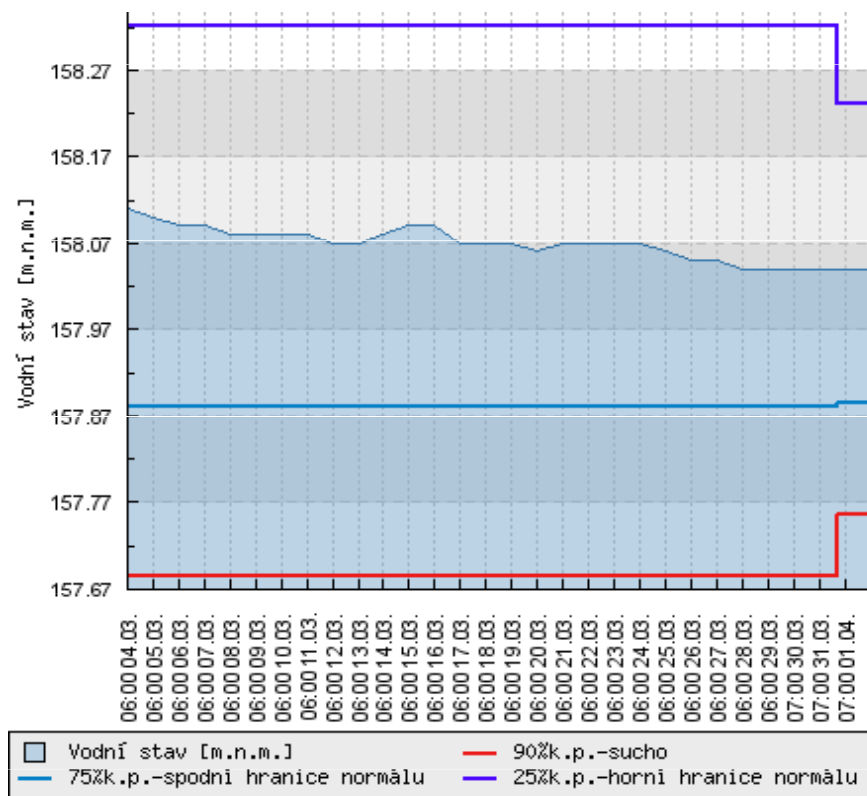
Srovnání se stejným měsícem předchozího roku.



Aktuální informace PZV

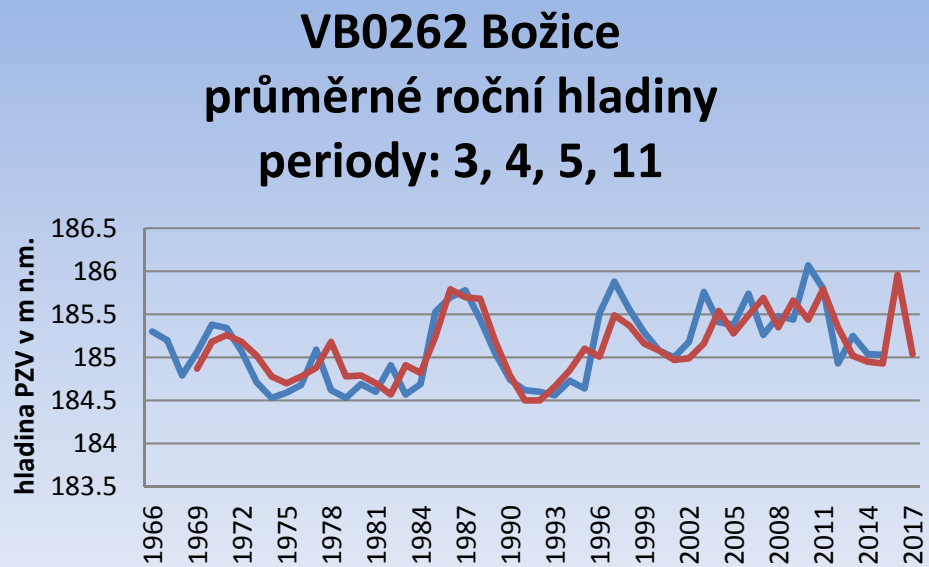
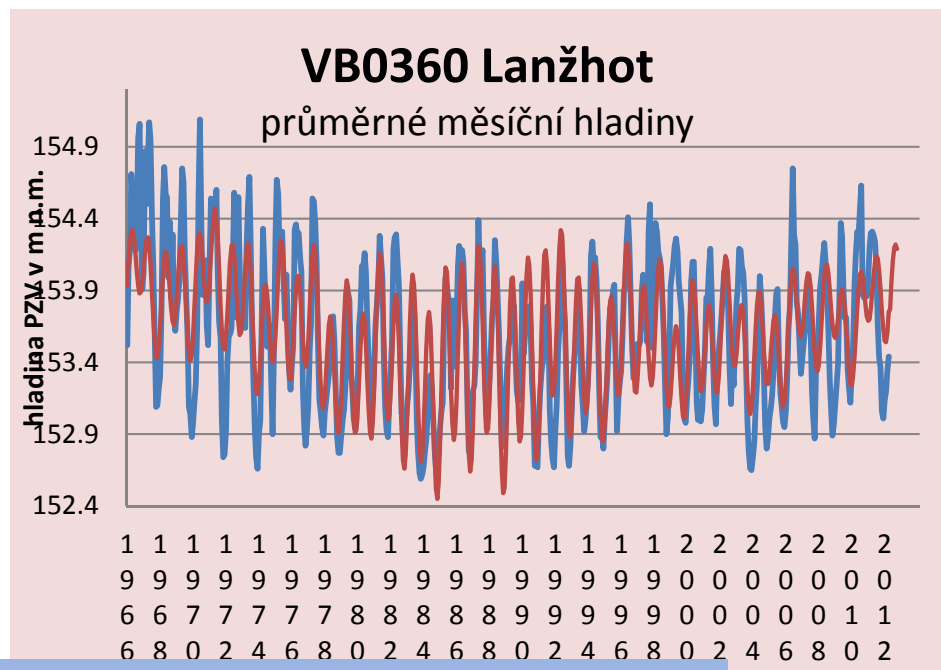
http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_pzv.php

- VB0349 Charvatská Nová Ves



Předpovědi hladin PZV

- ***Doba předpovědi***
- ***Středně dlouhé předpovědi***
hladin PZV
zpracovávají se řady průměrných
měsíčních hladin
- ***Dlouhodobé předpovědi***
zpracovávají se časové
řady ročních
průměrných hladin



Korelační analýza

- Prognózy se stanoví korelační analýzou na základě koeficientu korelace mezi měsíčními stavy
- Koeficienty korelace mezi sousedními měsíci jsou poměrně vysoké

$$r = 0,7 - 0,99$$

klesají s délkou předpovědi



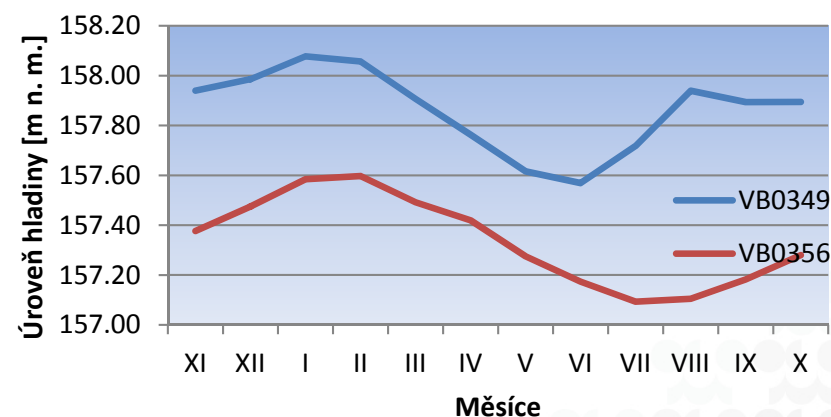
Harmonická analýza

- V hydrologických časových řadách je možno vyčlenit: **trend, sezonní složku, cyklickou složku víceletou, složku náhodnou a složku katastrofální.**
- **Trend** představuje systematickou změnu v časové řadě. Projevuje se jako dlouhodobý vzestup nebo pokles hladiny podzemní vody. Po identifikaci trendu se přistoupí k jeho aproximaci matematickými křivkami. Nejvhodnější je trend lineární. Je-li statisticky významný (určíme podle koeficientu korelace), provede se eliminace trendu, což je první krok dekompozice časové řady.
- Dalším krokem dekompozice časové řady je určení **krátkodobých a dlouhodobých periodických kolísání** podle periodogramu.
- Vybraný časový úsek by měl být homogenní (např. po odečtení trendu). Podle periodogramu vybereme podle délky časové řady 4 – 8 maximálních hodnot a pomocí těchto frekvencí se spočítá prognoza pro následující měsíce. Významnost periody se posuzuje **Fisherovým testem**. Protože většina period je statisticky nevýznamná, uvažuje se o tendenci

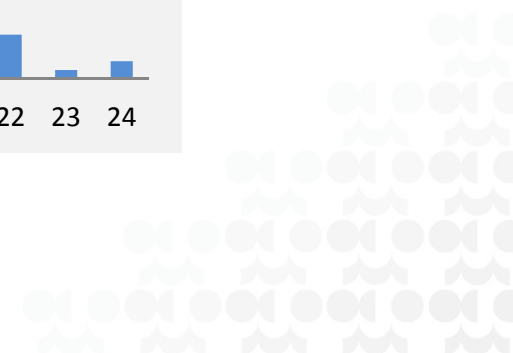
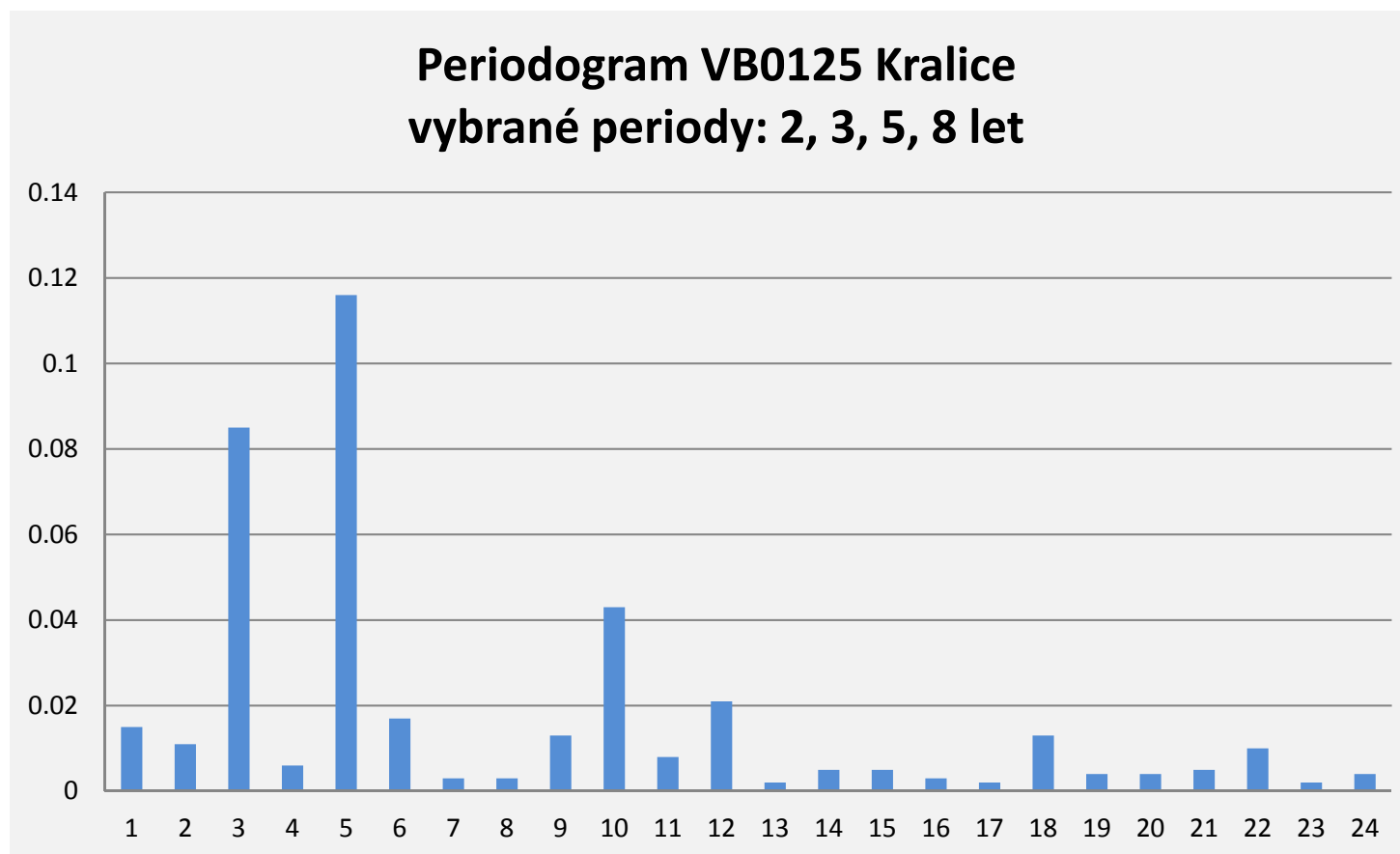
k **periodicitě** nebo **kvaziperiodicitě**.

Nejvýznamnější u většiny vrtů je

12 měsíční perioda, která koresponduje se sezóním doplňováním podzemní vody.

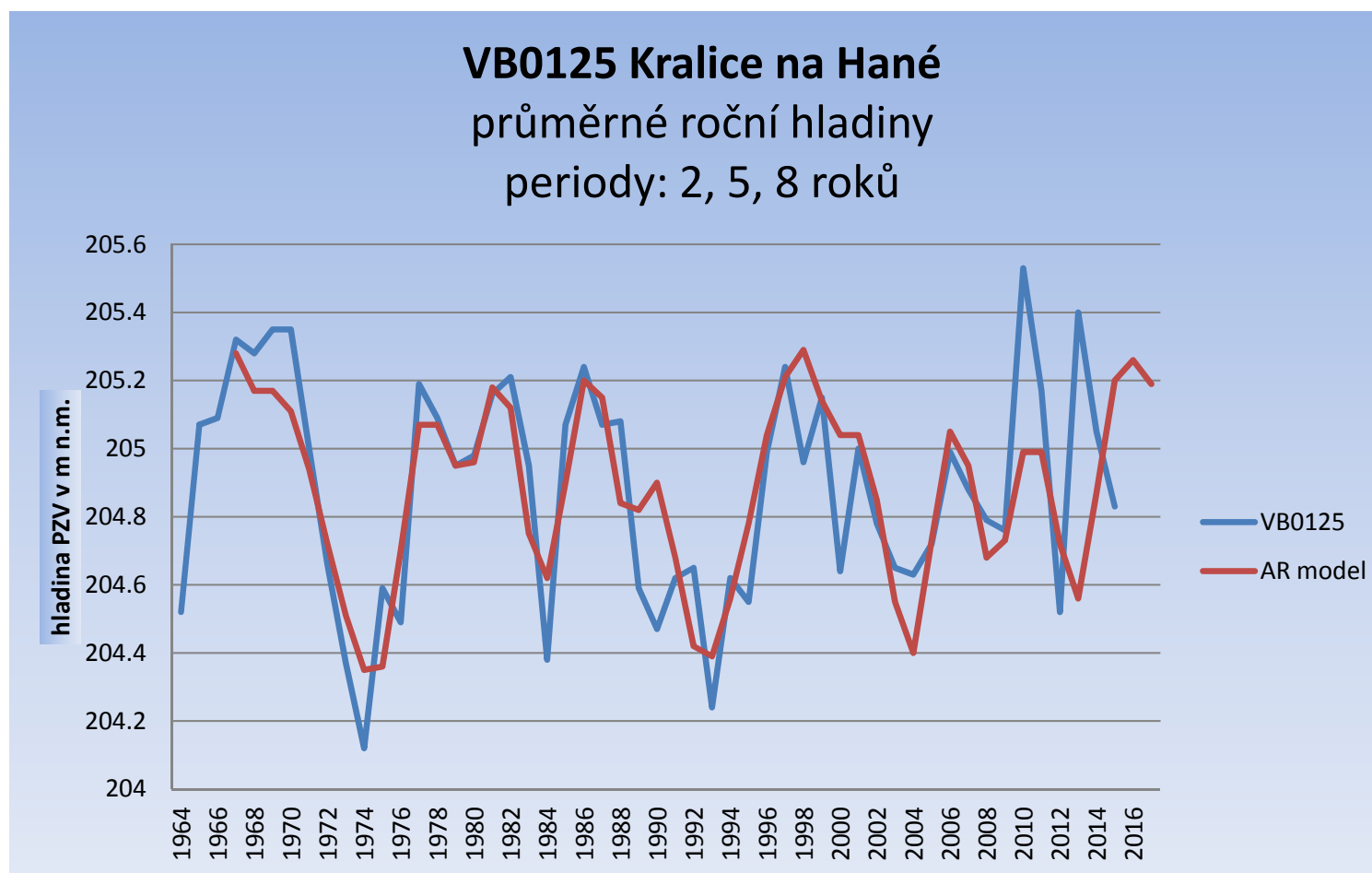


Periodogram

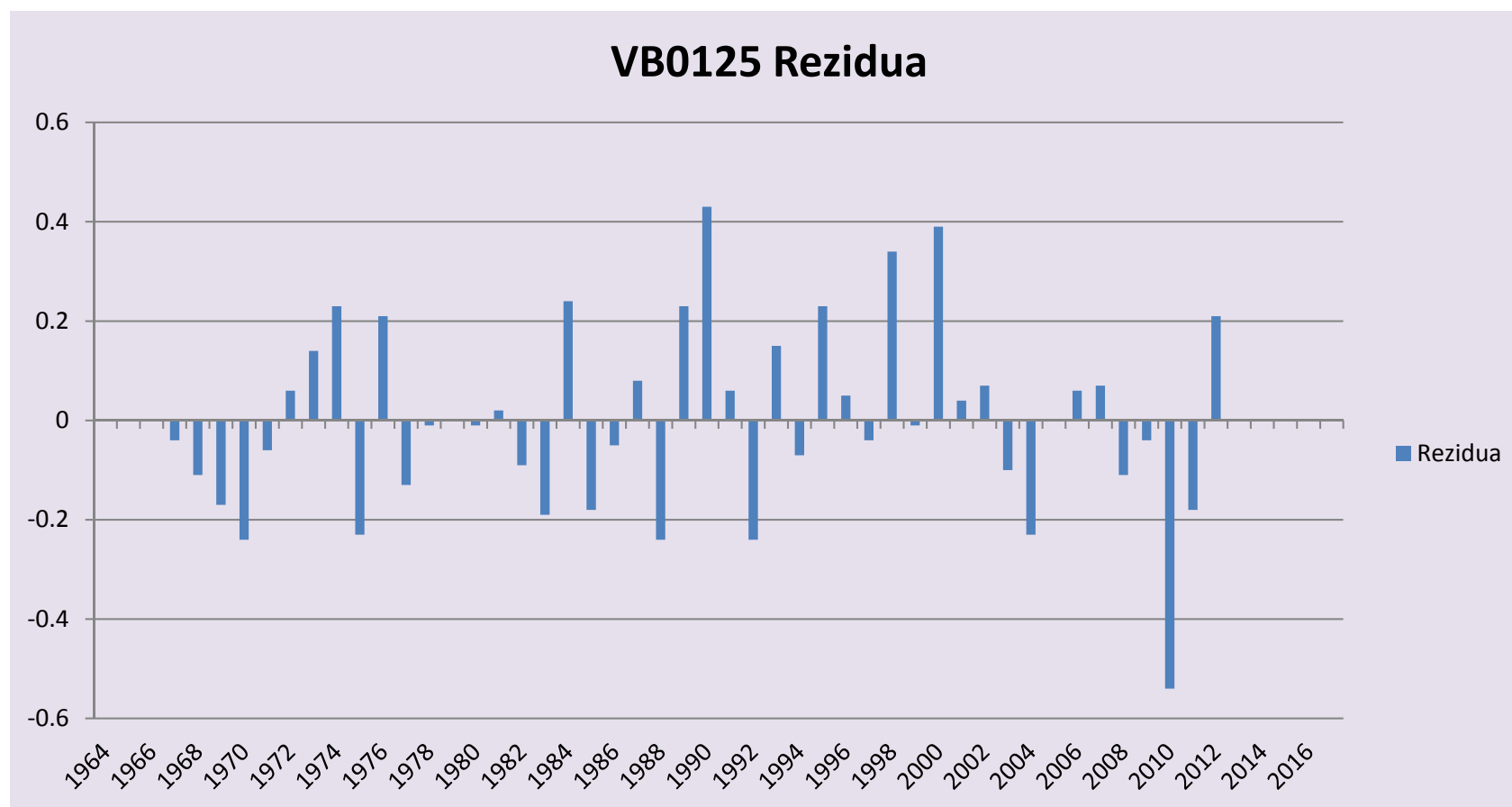


Roční předpovědi hladiny PZV

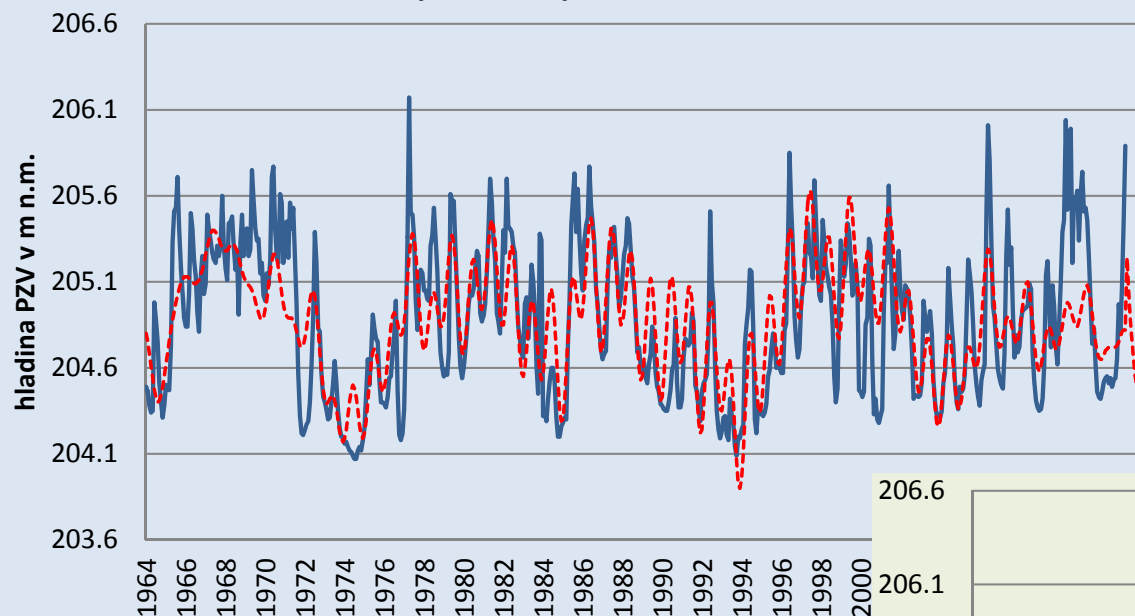
$$\hat{y}_t = \bar{y} + \sum_{j=1}^p (A_j \cos \omega_j t + B_j \sin \omega_j t)$$



Reziduální složka



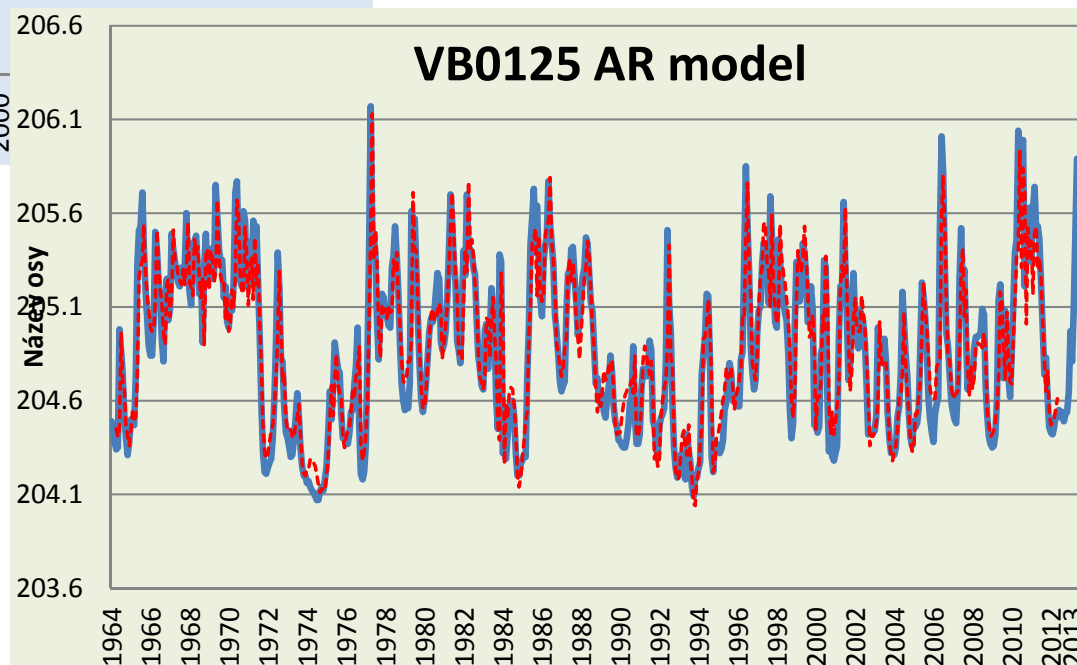
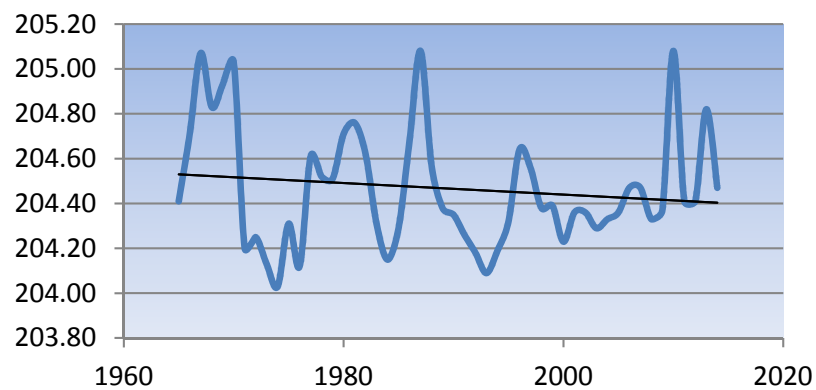
VB0125 Kralice na Hané průměrné měsíční hladiny periody: 1, 5, 8 let



Měsíční předpovědi

Použití autoregresní analýza třetího řádu

$$\tilde{r}_t = a_0 + a_1 r_{t-1} + a_2 r_{t-2} + a_3 r_{t-3}$$



Hodnocení prognóz

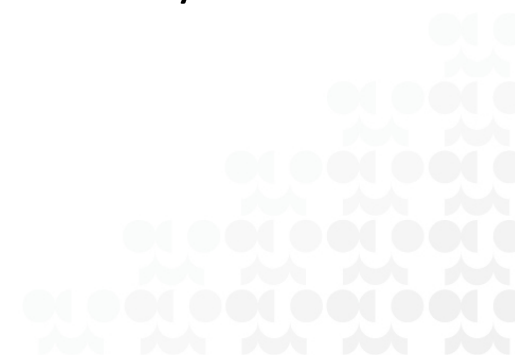
- Klasifikace efektivity předpovědního modelu se posuzuje podle podílu směrodatných odchylek předpovídaných hodnot a směrodatných odchylek pozorovaných hodnot

| $\frac{S_p}{s}$ | Hodnocení prognózy |
|-----------------|--------------------|
| 0.4 | dobrá |
| 0.6 | Uspokojivá |
| 0.8 | slabá |

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

$$S_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{y}_i - y_i)^2}{n-1}}$$

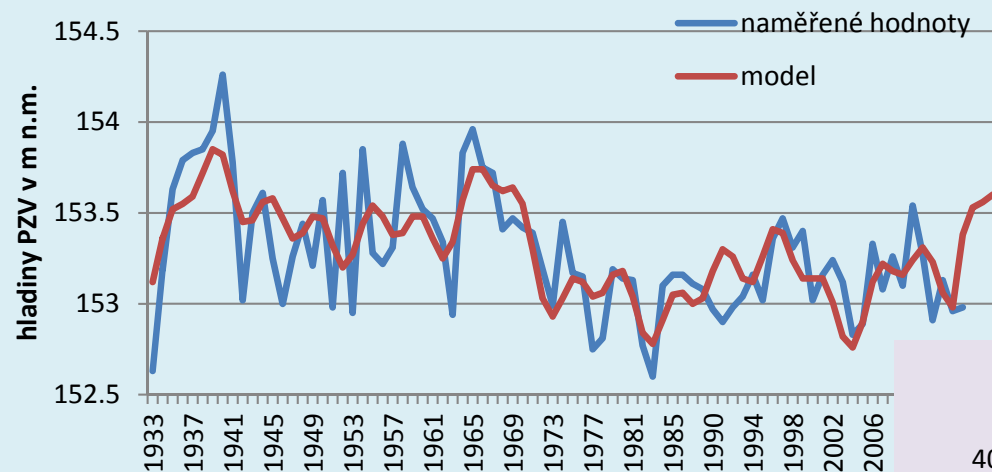
Velikost rozdílu mezi skutečnou a předpovídanou hodnotou posoudíme přípustnou chybou: $F = 0,674 s$, kde s je směrodatná odchylka naměřených hodnot



KB0527 Lanžhot, vrt V 12 Banín

KB0527 Lanžhot

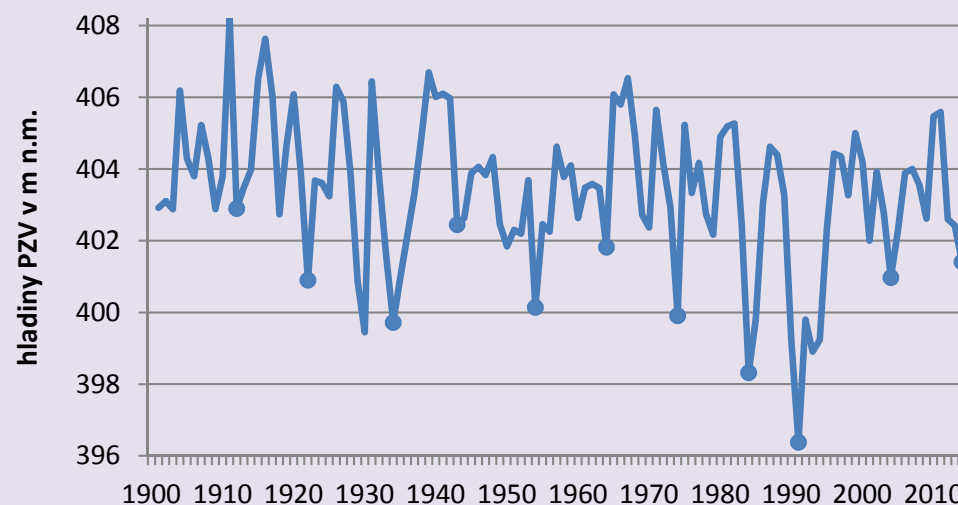
průměrné roční hladiny 1933 - 2015



Výskyt minimálních hladin:

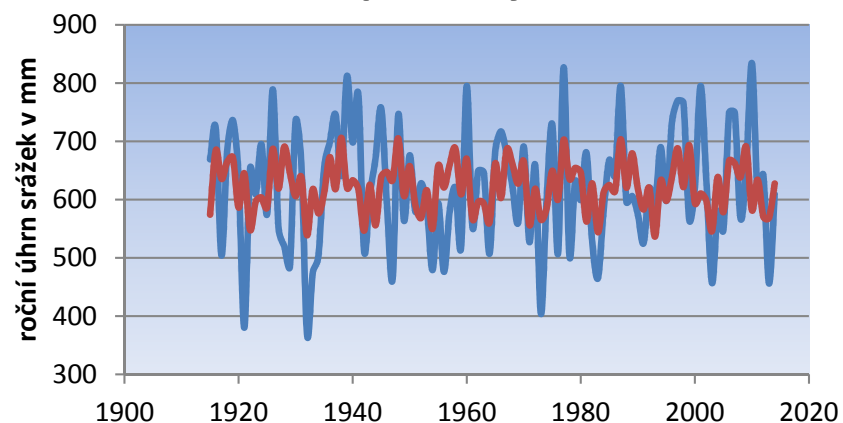
1922, 1930, 1934, 1943, 1952,
1964, 1974, 1984, 1993, 2003, 2014

Banín - průměrné roční hladiny 1900 - 2015

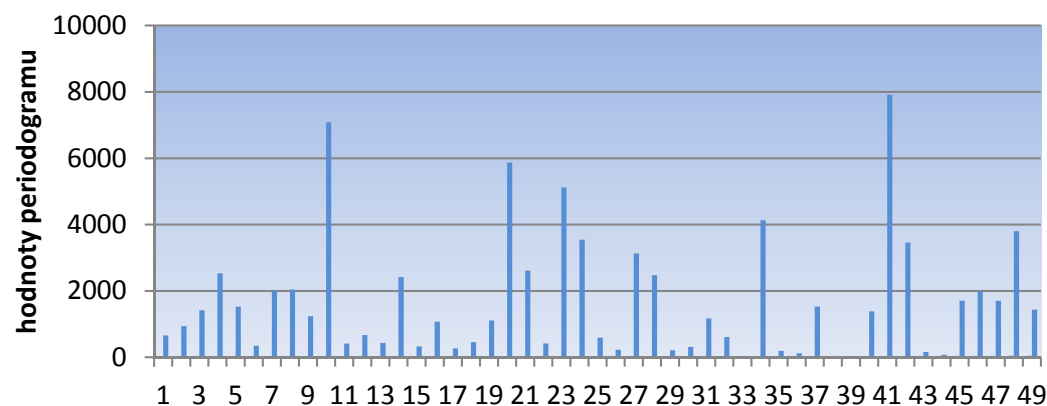


Periody - srážky

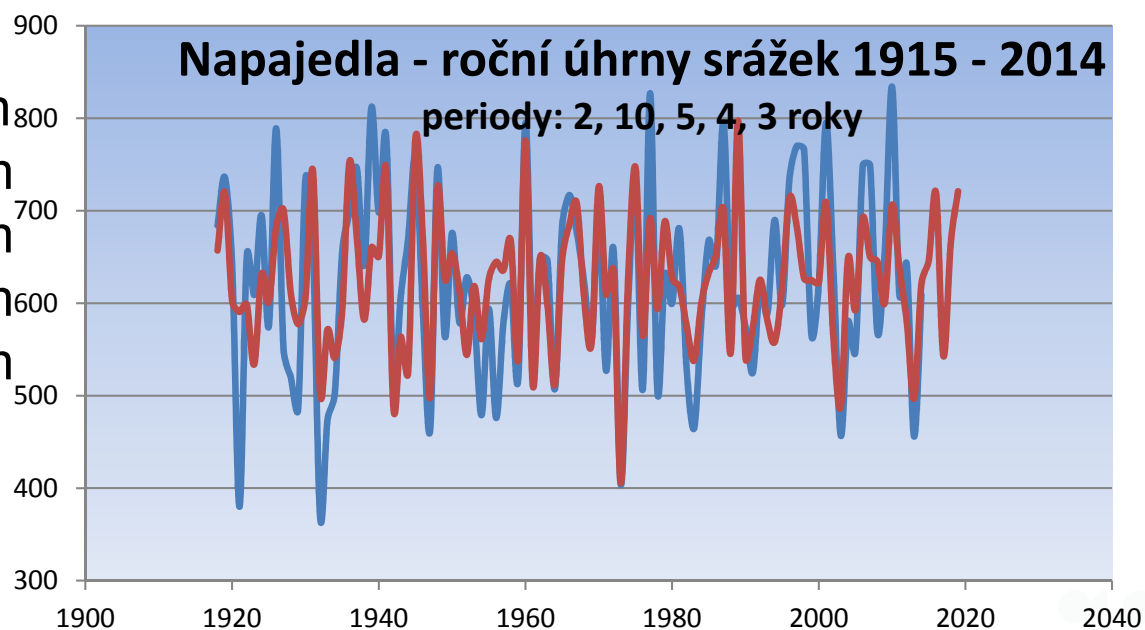
**Napajedla - roční úhrny srážek
model: periody 2, 10 roků**



**Peridogram
roční úhrny srážek Napajedla 1915 -2014
nejvýznamnější periody: 2, 10, 5 let**

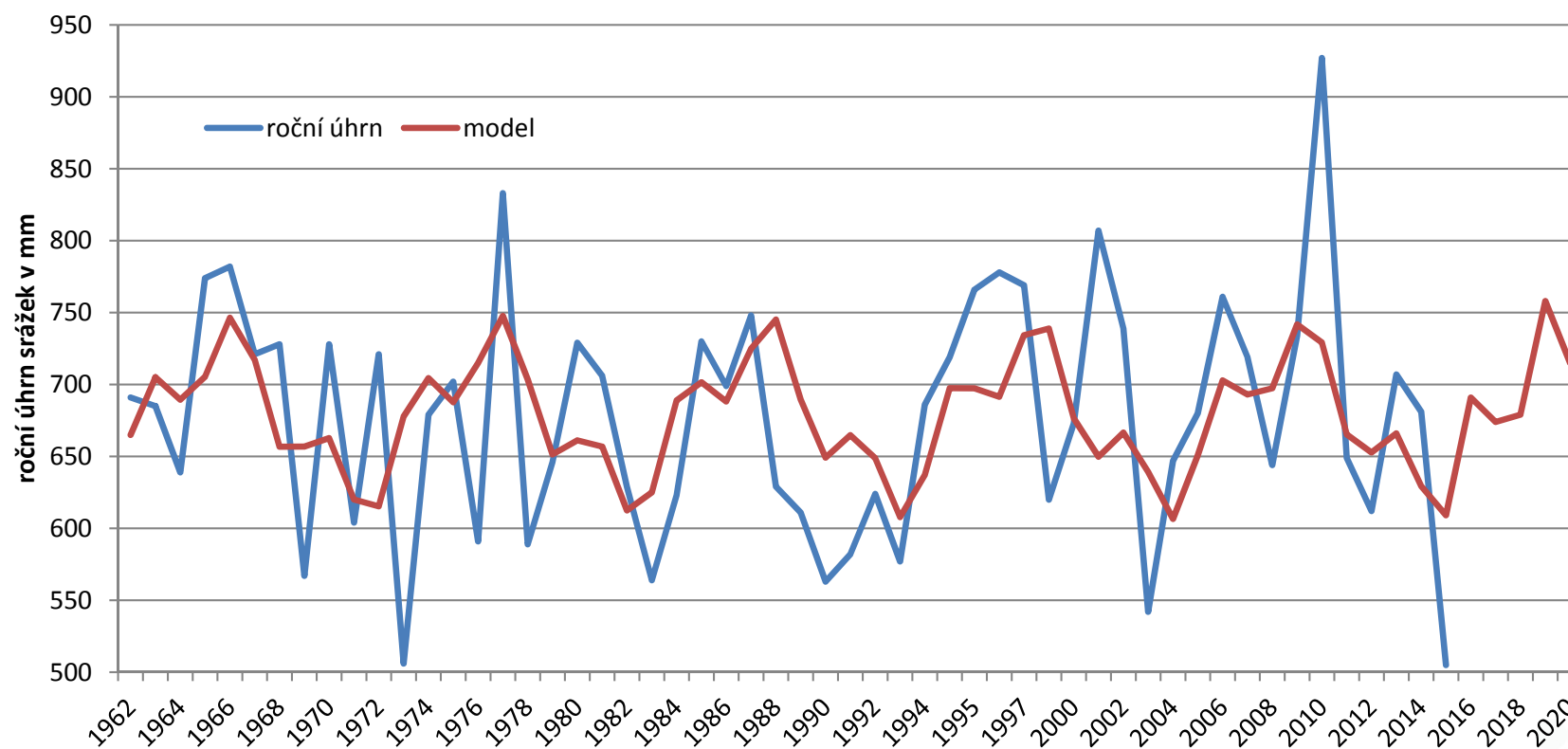


Min. 1932: 368 mm
1921 380 mm
1973 404 mm
1983 465 mm
2003 457 mm



Roční úhrny srážek

Roční úhrny srážek - Morava
periody 5, 2 roky



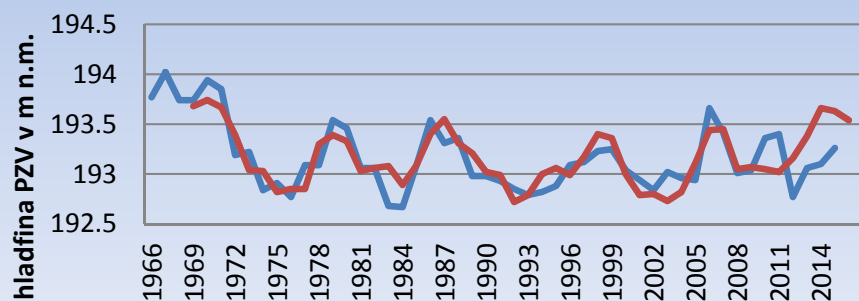
Výskyt minimálních hladin podzemní vody

- Jako málo vodné se z hlediska podzemních vod jeví roky 1934, 1944, 1954, 1964, 1974, 1984 ,1993, 2003 a 2012.
- **V povodí Moravy** byly dosaženy minimální hladiny převážně v letech **1974**, 1993 a **1984**,
- **v povodí Jihlavy** většinou v letech 1995 a **1983**,
- **v povodí Svatky** v letech **1973 – 74**
- **v povodí Dyje** v letech **1974**, **1983** a 2003.
- V roce 2012 se hladiny podzemních vod přiblížily nebo překročily absolutní minimální hladiny v horním povodí Jihlavy a v povodí Dyje.

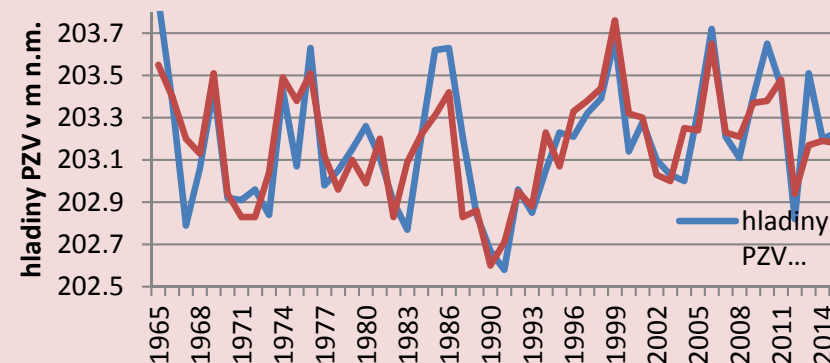
Významné periody

- Nejvýznamnější u většiny vrtů se jeví **dvanactiměsíční** perioda, která koresponduje se sezónním doplňováním podzemní vody.
- Jako druhá nejvýznamnější ze směřodatně prokázaných je perioda přibližně **pětiletá**.
- **Dvouletá perioda** je třetí nejvýznamnější.
- U řad s šedesátiletou řadou pozorování se vyskytují rovněž statisticky významné **30-leté periody**

VB0291 Šaratice
průměrné roční hladiny
periody: 3, 4, 7, 11 let

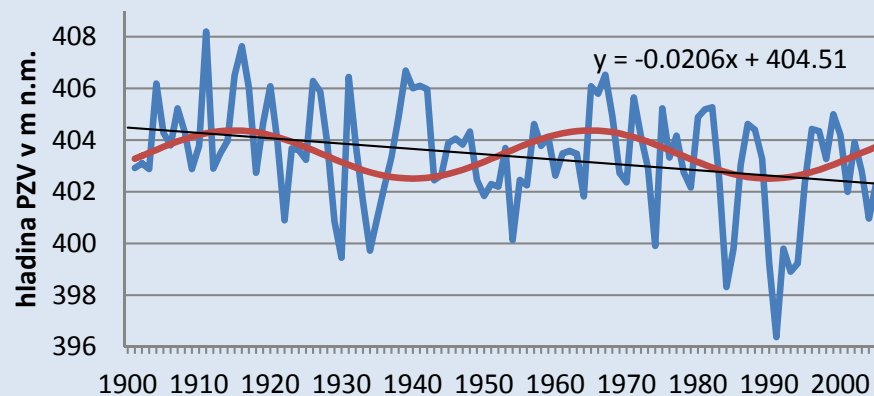


VB0200 Blatnice
průměrné roční hladiny PZV

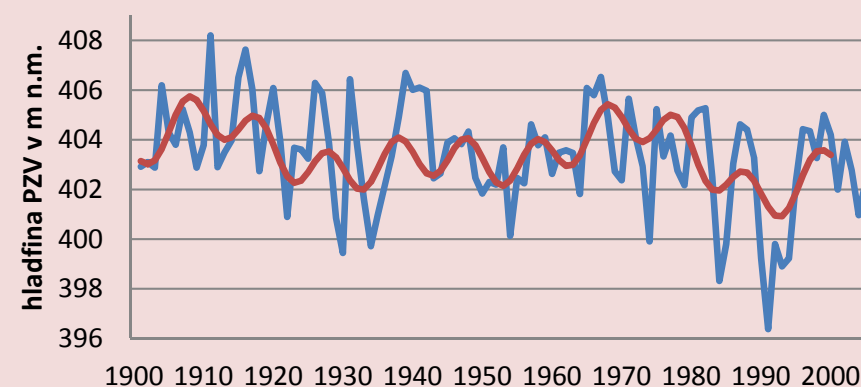


Vrt Banín 1901 – 2015

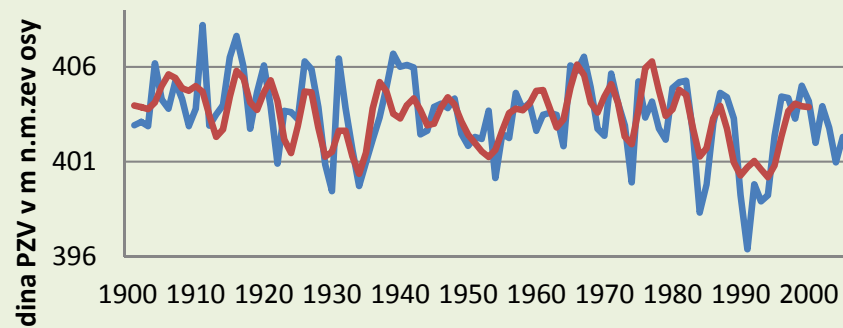
Banín - 25letá perioda



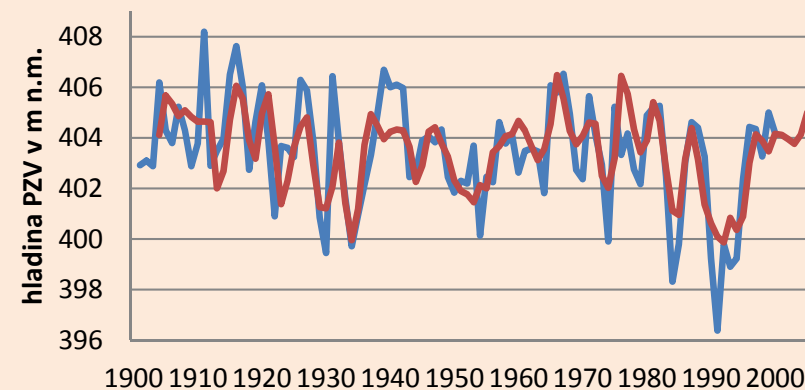
Banín- periody 5, 16, 25 let



Banín - periody 2, 5, 10, 16, 25 let

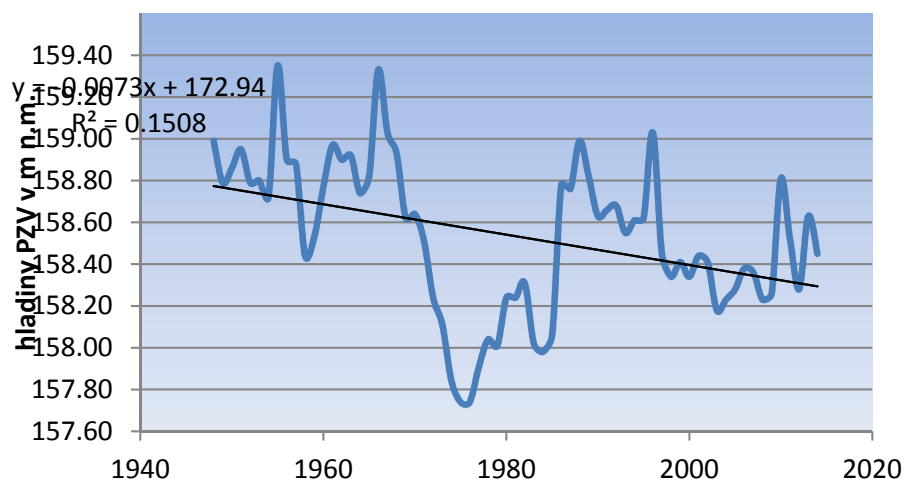


Banín - AR model

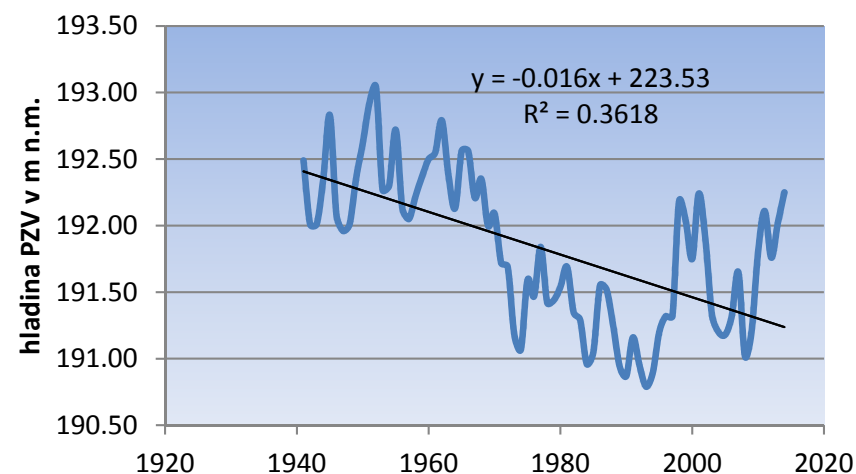


Trendy – minimální roční hladiny

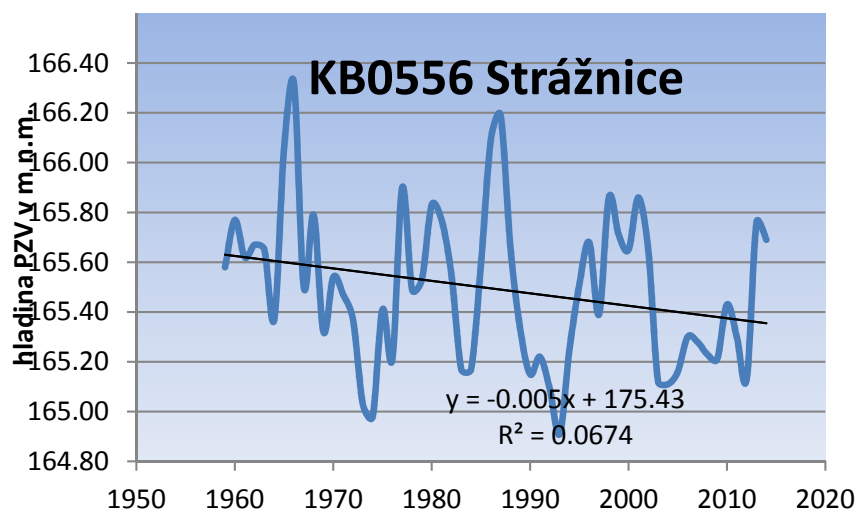
KB0690 Ladrná



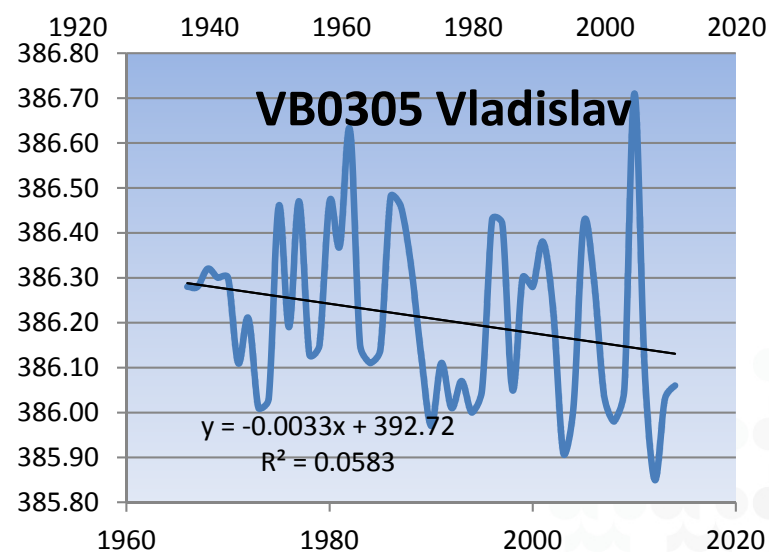
KB0189 Břest-Kyselovice



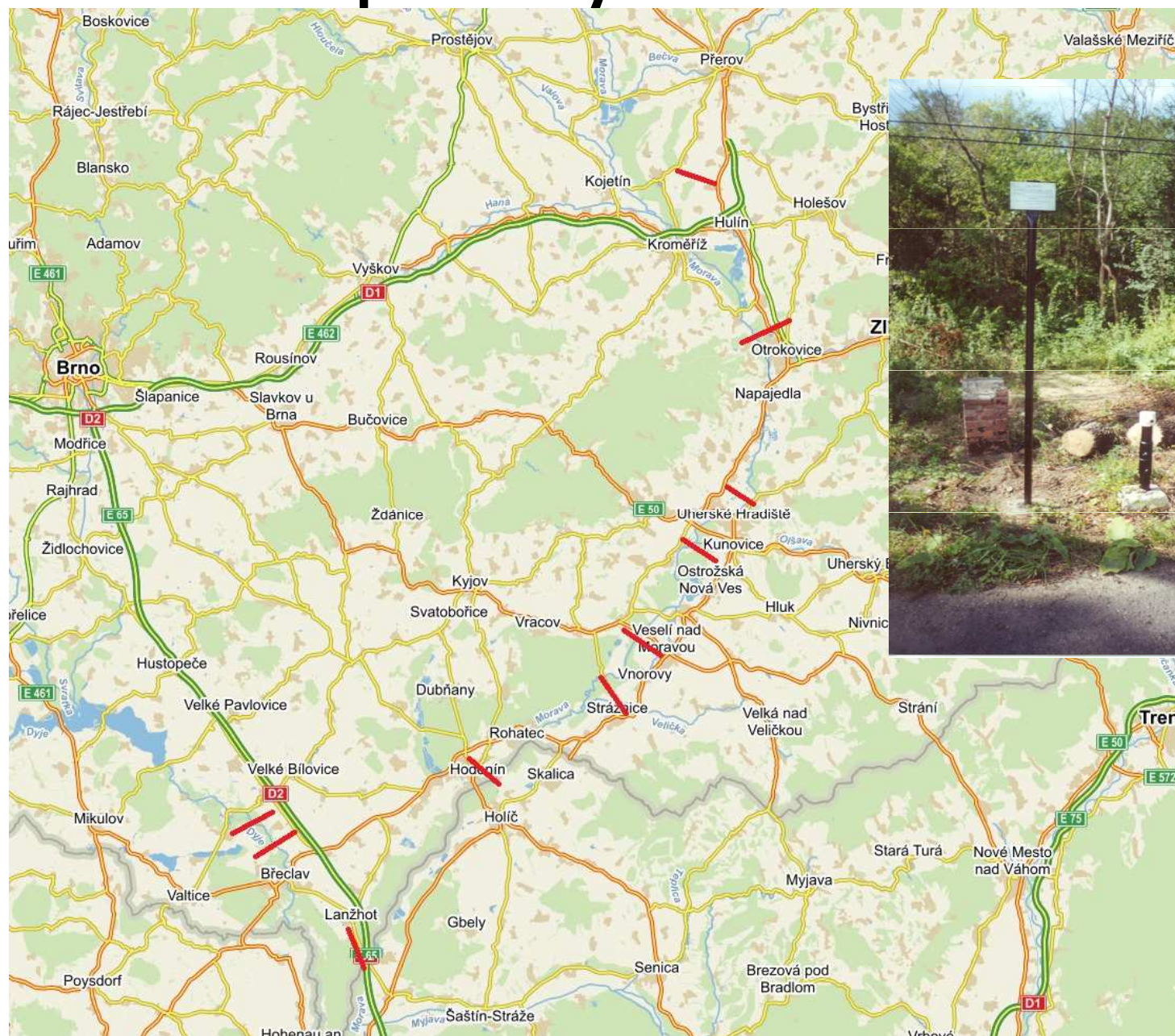
KB0556 Strážnice



VB0305 Vladislav

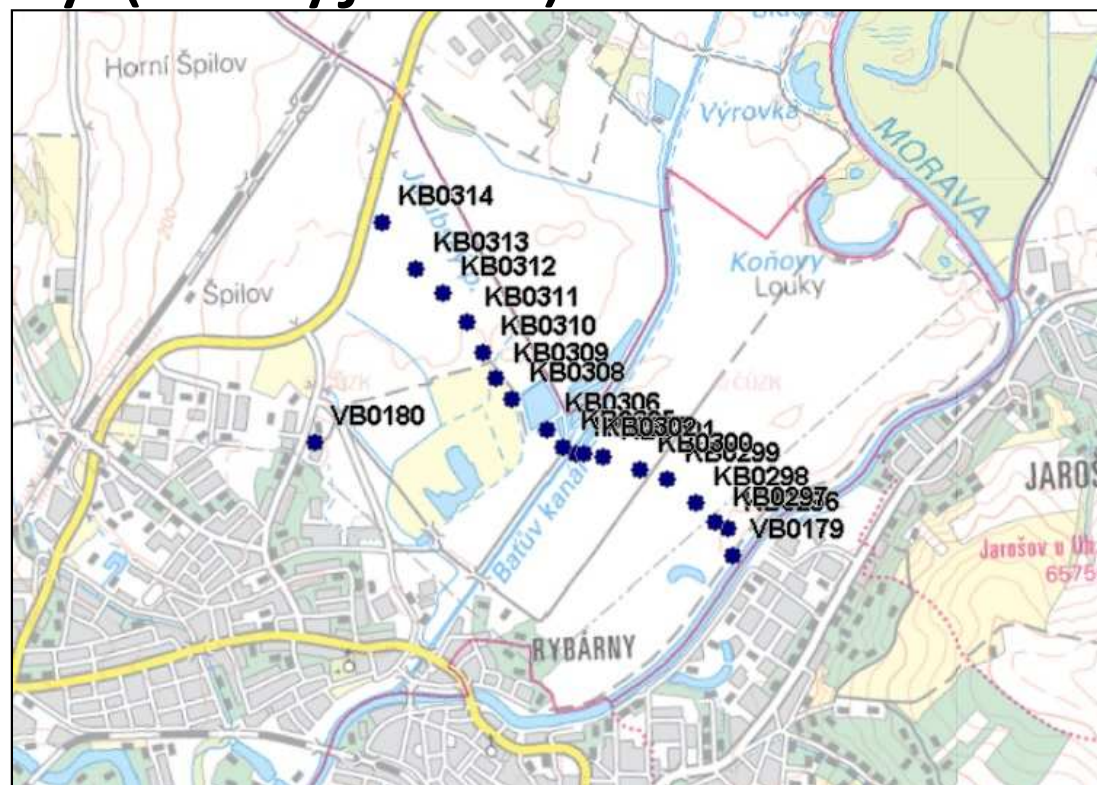


HP profily - situace

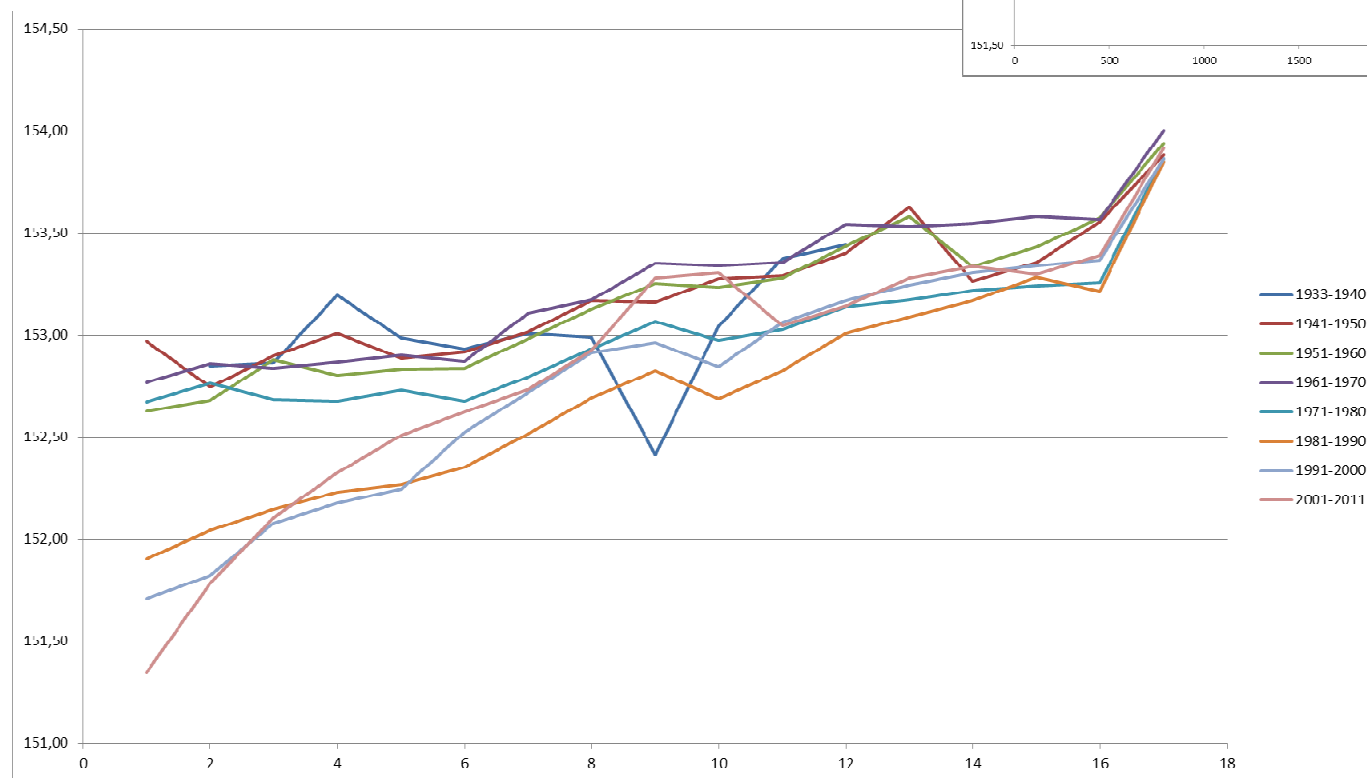
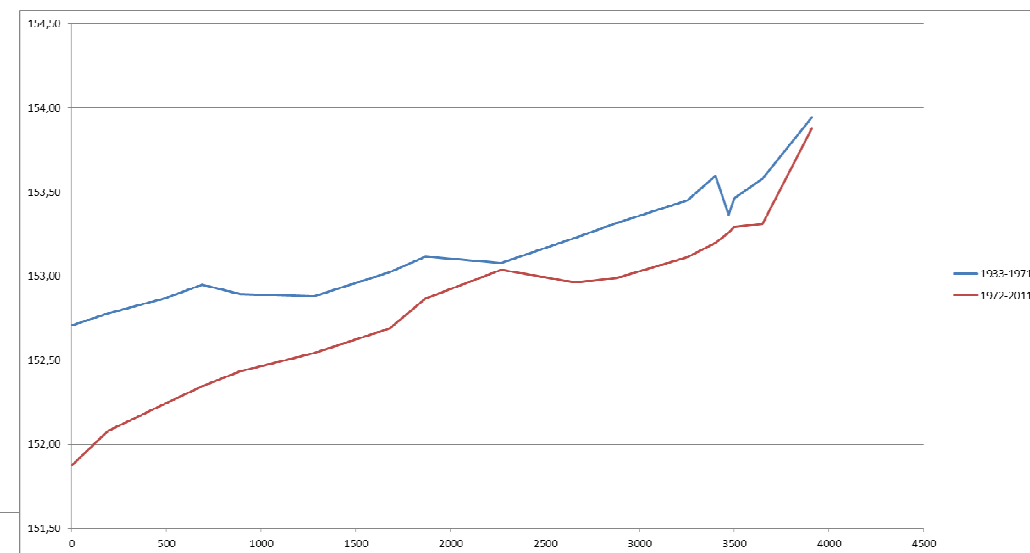


Lanžhot

- 17 vrtů (KB0505 – KB0537)
- od r. 1933 (některé vrty přidány později)
- tok: pravý břeh Moravy (ke Kyjovce)

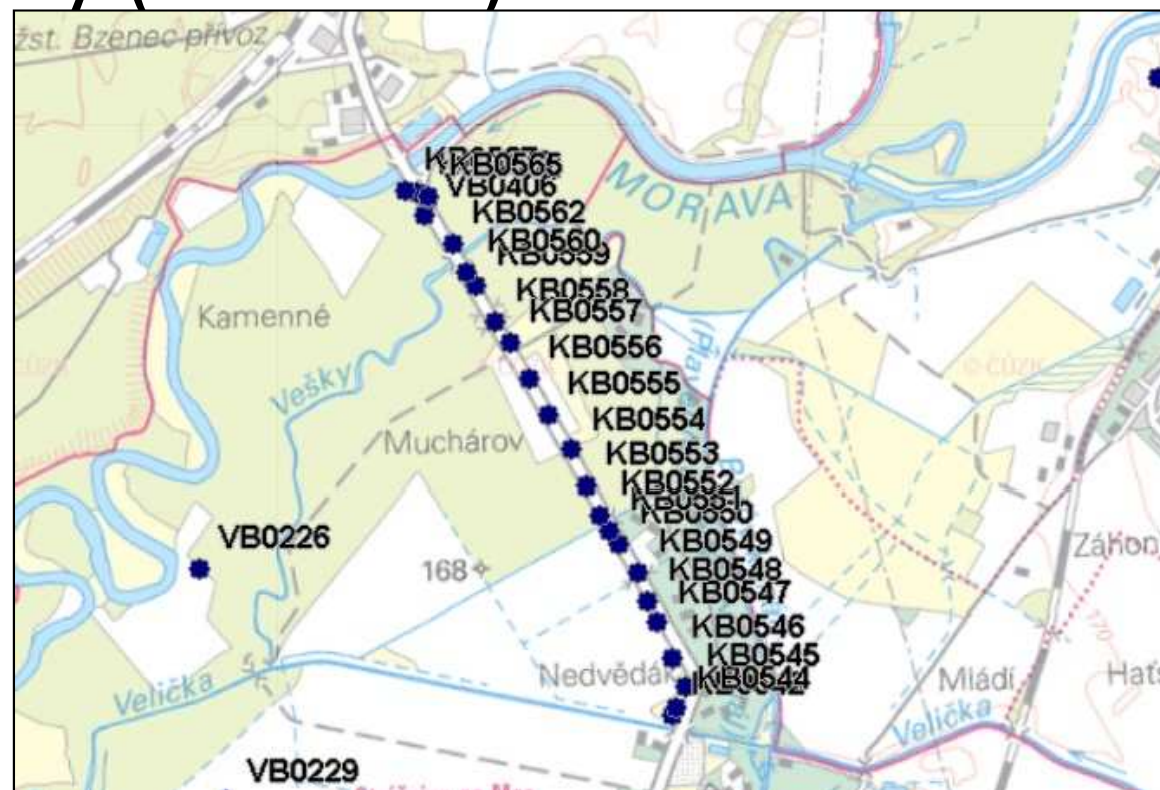


HP 222 Lanžhot

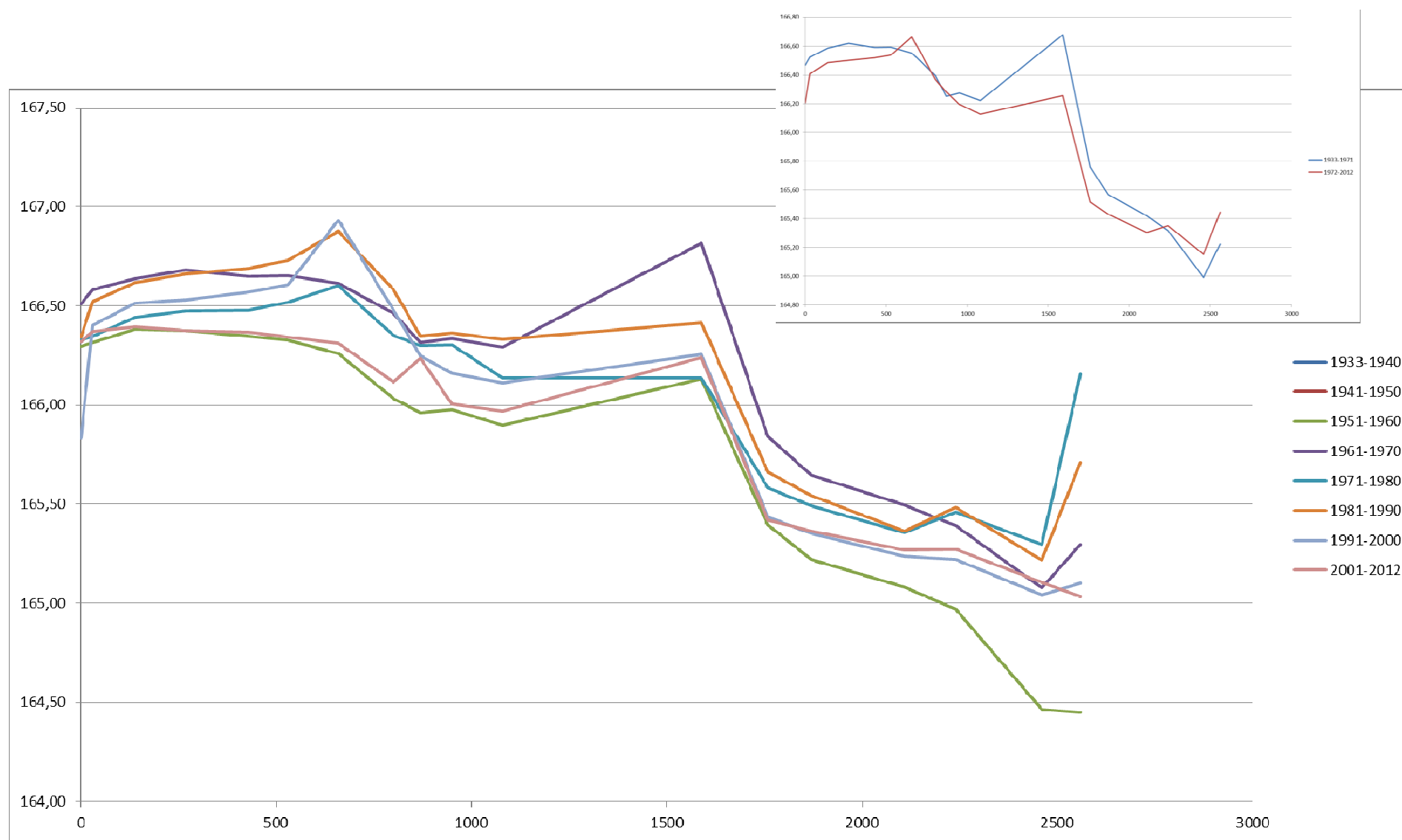


Strážnice

- 18 vrtů (KB0542 – KB0567)
- od r. 1959
- tok: levý břeh Moravy (k Veličce)

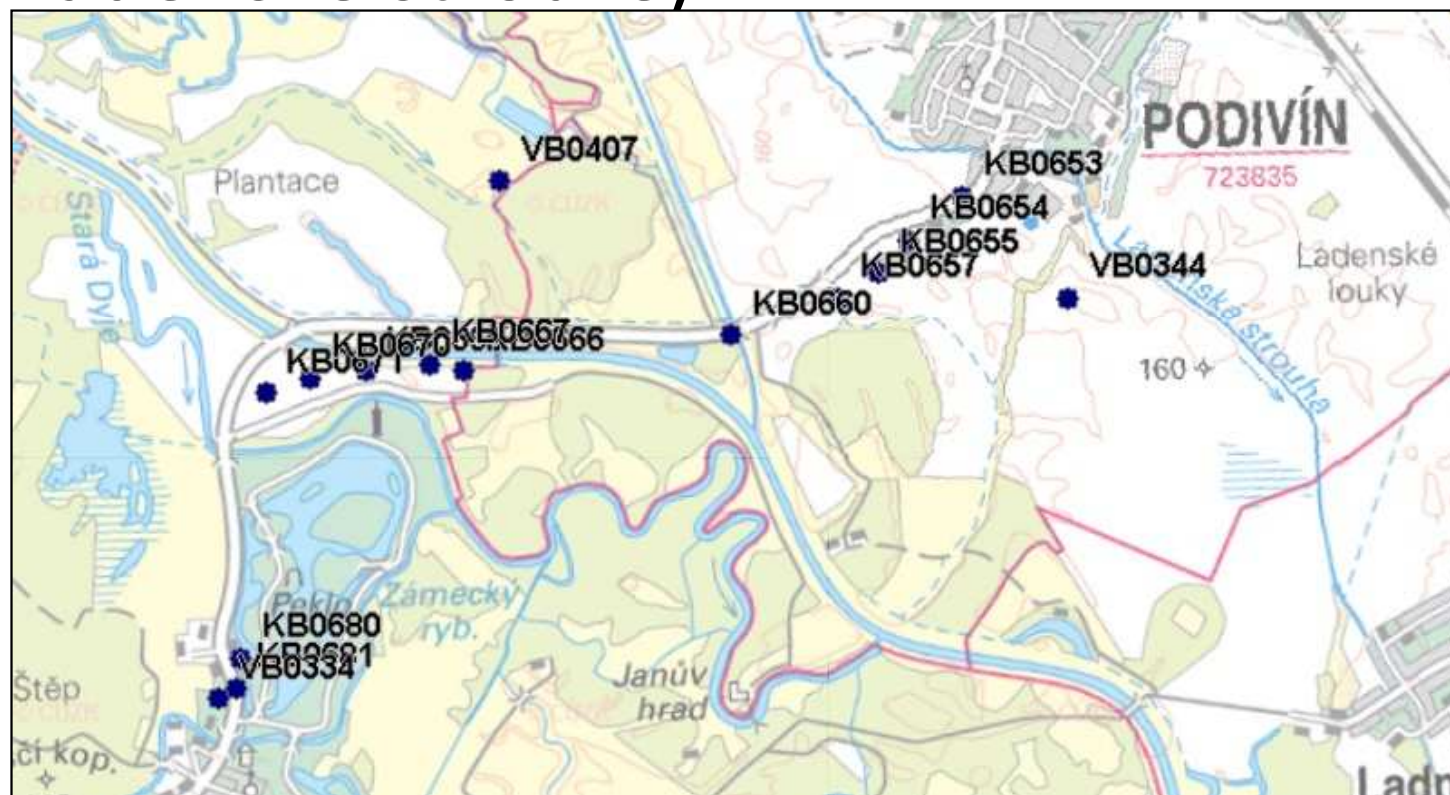


HP 223 Strážnice



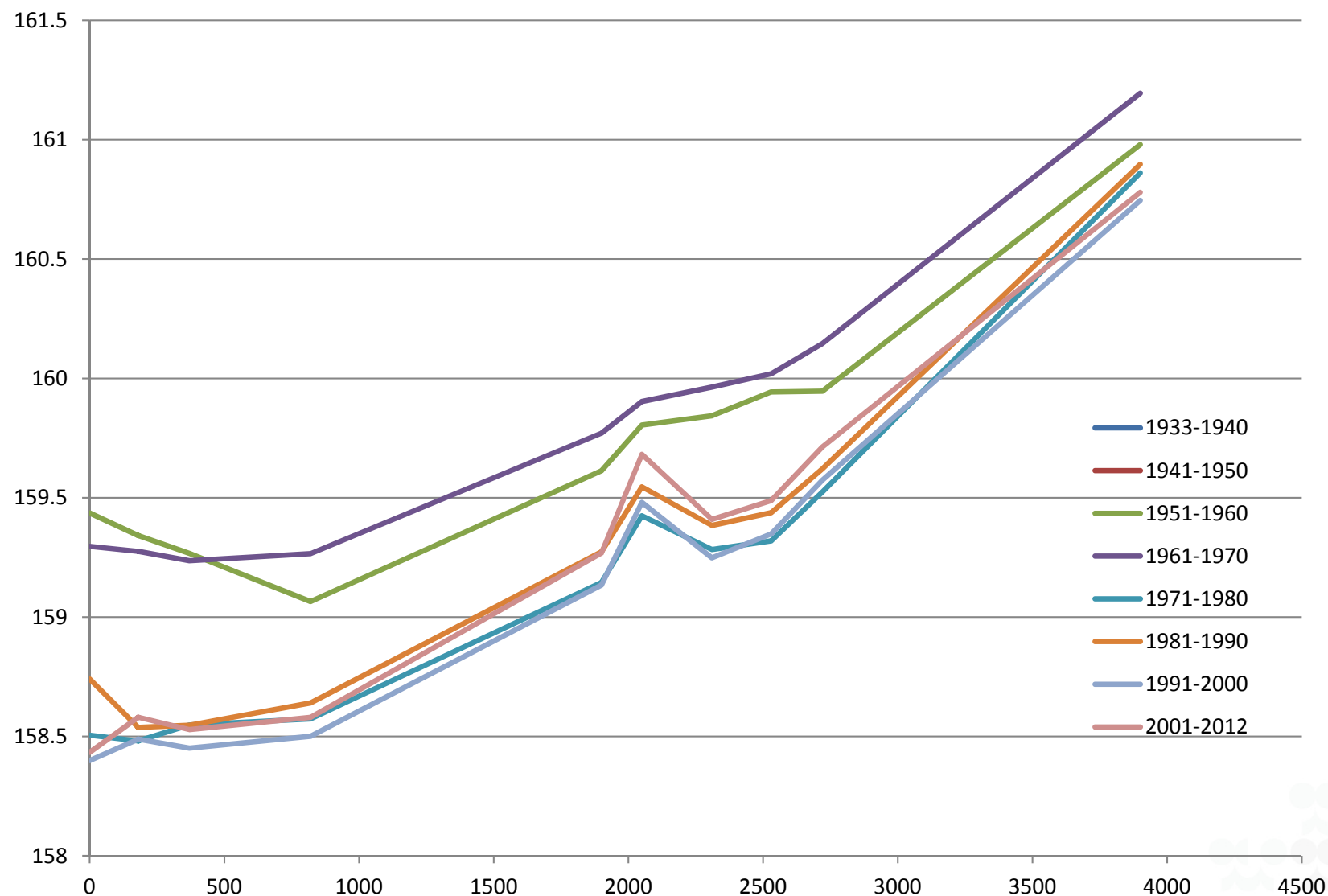
HP 262 Podivín - Lednice

- 10 vrtů (KB0654 – KB0681)
- od r. 1948
- tok: Dyje (k Ladenské strouze)

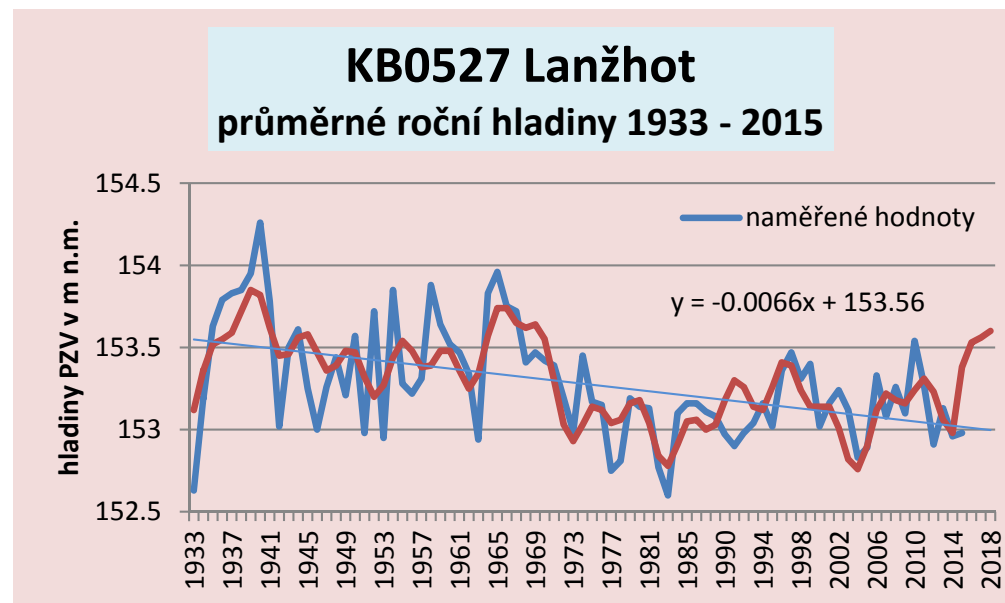


Podivín - Lednice

- příčný profil po desetiletích



Charakteristika režimu PZV



- Hladina pozemní vody vykazuje v dlouhodobém období u všech vrtů prakticky stejný chod kolísání hladiny podzemní vody s minimy v říjnu a maximy v dubnu, mezi nimiž dochází k pozvolnému pohybu podzemní vody.
- Hladina podzemní vody je ve vrtech ovlivňována průtoky v řece, minimálně srážkami.
- Hladina podzemní vody neleží hluboko pod úrovní terénu. Nejhlouběji zaklesává až 8 m pod terén, maximální hladiny vystupují ve vrtech v blízkosti řeky nad terén.
- Všeobecně lze říci, že ve většině vrtů dochází k poklesu ročních minimálních hladin podzemní vody
 - V některých vrtech dochází k vzestupu hladiny podzemní vody
- Rozkolísanost hladiny podzemní vody je vzhledem k celkové mocnosti zvodní velká. Rozdíl maximálních a minimálních hladin je v průměru okolo 3 m. Největších hodnot dosahuje ve vrtech v blízkosti řeky, kde to může být až 5 m. Směrodatná odchylka má průměrnou hodnotu 0,5.

Opatření v PZV

- Ministerstvo životního prostředí doporučuje pro řešení problematiky sucha kromě dlouhodobějších opatření i opatření operativní obdobně jako u povodní: zavedení **tří stupňů aktivit – bdělost, pohotovost a nebezpečí**. Zpracovává se návrh indikátorů pro sucho a typové plány pro „dlouhodobé sucho“. Pro přípravu opatření při stavech bdělosti, pohotovosti a nebezpečí bude nutno zpracovávat prognózy minimálních hladin podzemní vody. Z pohledu dlouhodobých poklesů hladin podzemních vod a jejich dopadu na využívané zdroje podzemních vod zastihuje stav „**pohotovost**“ pravděpodobně **10 % obyvatel**. Mezi opatření při mimořádných situacích mohou vodoprávní úřady omezit nebo zakázat na nezbytně nutnou dobu nakládání s vodami podle platného povolení k odběru vody z vodního zdroje. Opatření pro zmírnění dopadů sucha v podzemní vodě zahrnují rovněž zlepšení retenčních schopností krajiny spojené s revitalizací krajiny a efektivnější hospodaření se srážkovými vodami.

Opatření pro řešení problematiky sucha

- MŽP doporučilo za vedení tří stupňů aktivit – bdělost pohotovost a nebezpečí. Pohotovost zastihuje v současné době asi 10 % obyvatelstva.

- **Příklad pro jímací území Litá**

- **Normální stav:** 60 % překročení hladiny
- **Bdělost:** 80 %
- **Pohotovost:** 90 %



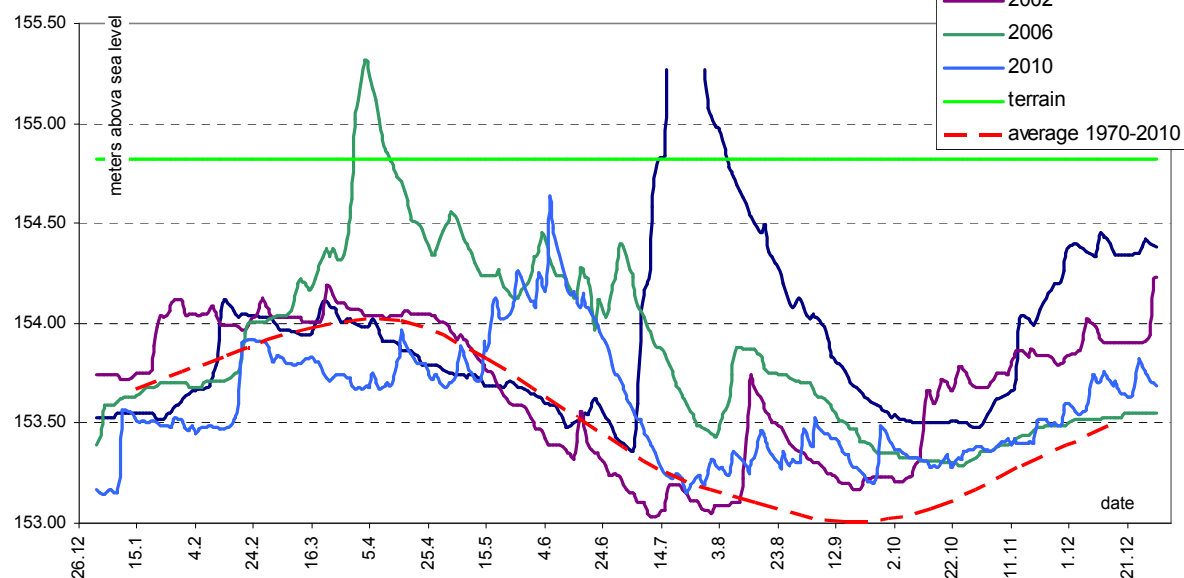
částečné omezení spotřebitelů, aktivace komise pro řešení nedostatku vody a příprava nouzového stavu

- **Nouze** informování krizových složek, omezení spotřebitelů, neplatí omezení čerpání uvedená v rozhodnutí o nakládání s vodami z hlediska ochrany přírody
- **Dne 29. července 2015** schválila vláda České republiky usnesení k přípravě realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody. V rámci tohoto usnesení vláda uložila ministrům životního prostředí, zemědělství, průmyslu a obchodu, 1. místopředsedovi vlády pro ekonomiku a ministru financí, ministryni pro místní rozvoj a vedoucímu Úřadu vlády realizovat opatření k naplnění cílů ochrany před negativními dopady sucha.

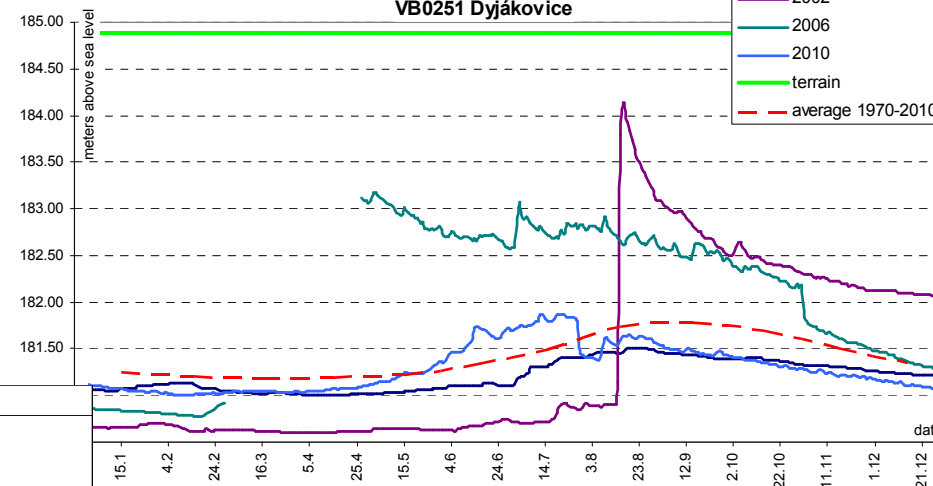
Pohyb PZV za povodní

Povodeň v červenci 1997 měla vliv na hladiny podzemní vody v okolí řeky Moravy. V oblasti kolem Kroměříže ještě v říjnu 1997 byly hladiny PZV průměrně o 0,74 m nad dlouhodobým říjnovým průměrem, níže po toku v oblasti kolem Uherského Hradiště o 0,46 m. Na jaře v roce 1999 se pohybovaly hladiny podzemní vody v povodí řeky Moravy kolem 0,30 m nad dlouhodobým průměrem, naopak v povodí Dyje, které povodeň nezasáhla se hladiny pohybovaly asi 0,15 m pod dlouhodobým průměrem. Podobná situace byla i v roce 2010 po velkých povodních na Moravě v květnu a červnu.

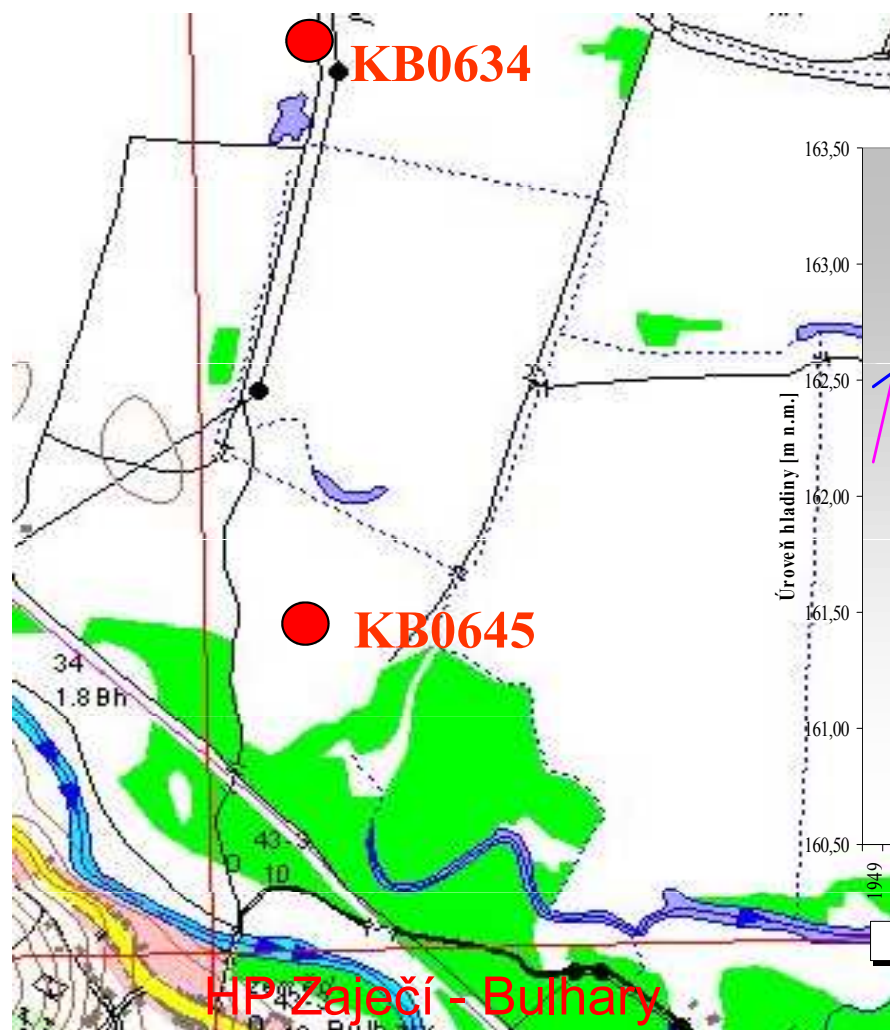
VB0360 Lanžhot



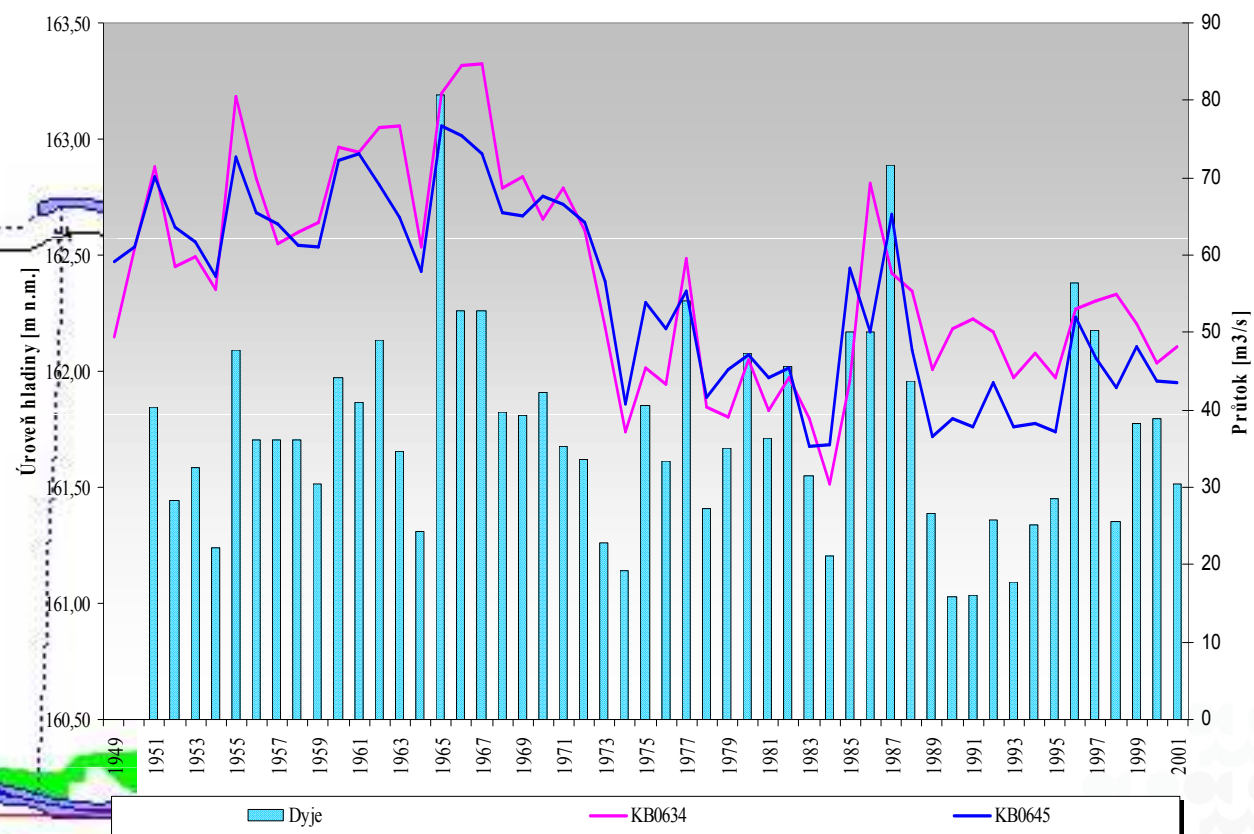
VB0251 Dyjákovice



Vztah mezi PZV a PV

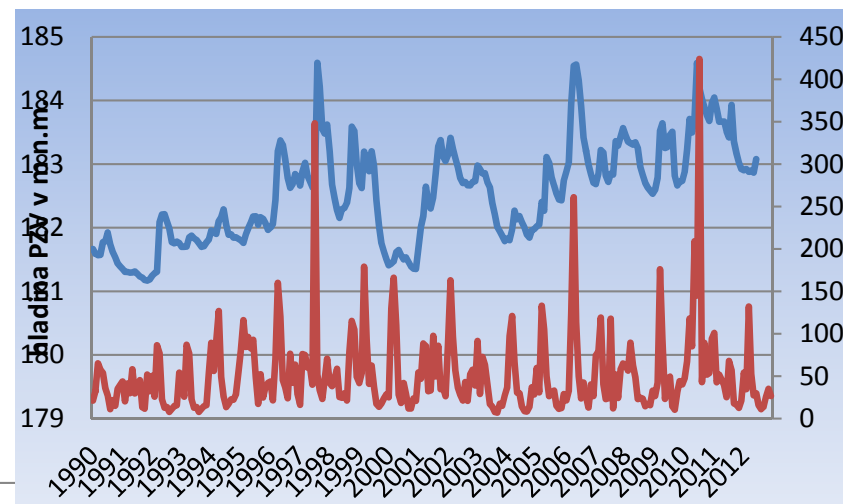
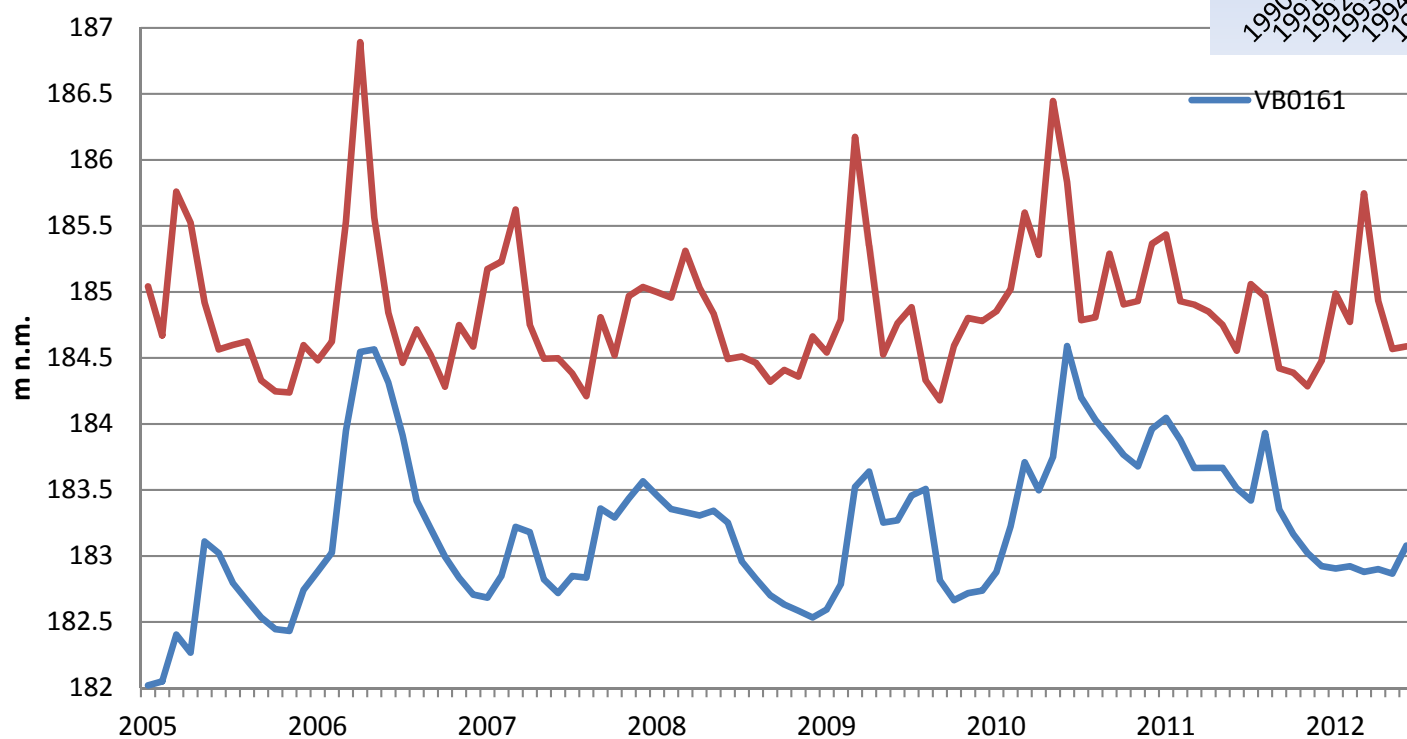


Graf 2: Průměrné roční průtoky v Dyji a průměrné roční úrovně hladiny podzemní vody ve vrtech KB0634 a KB0645



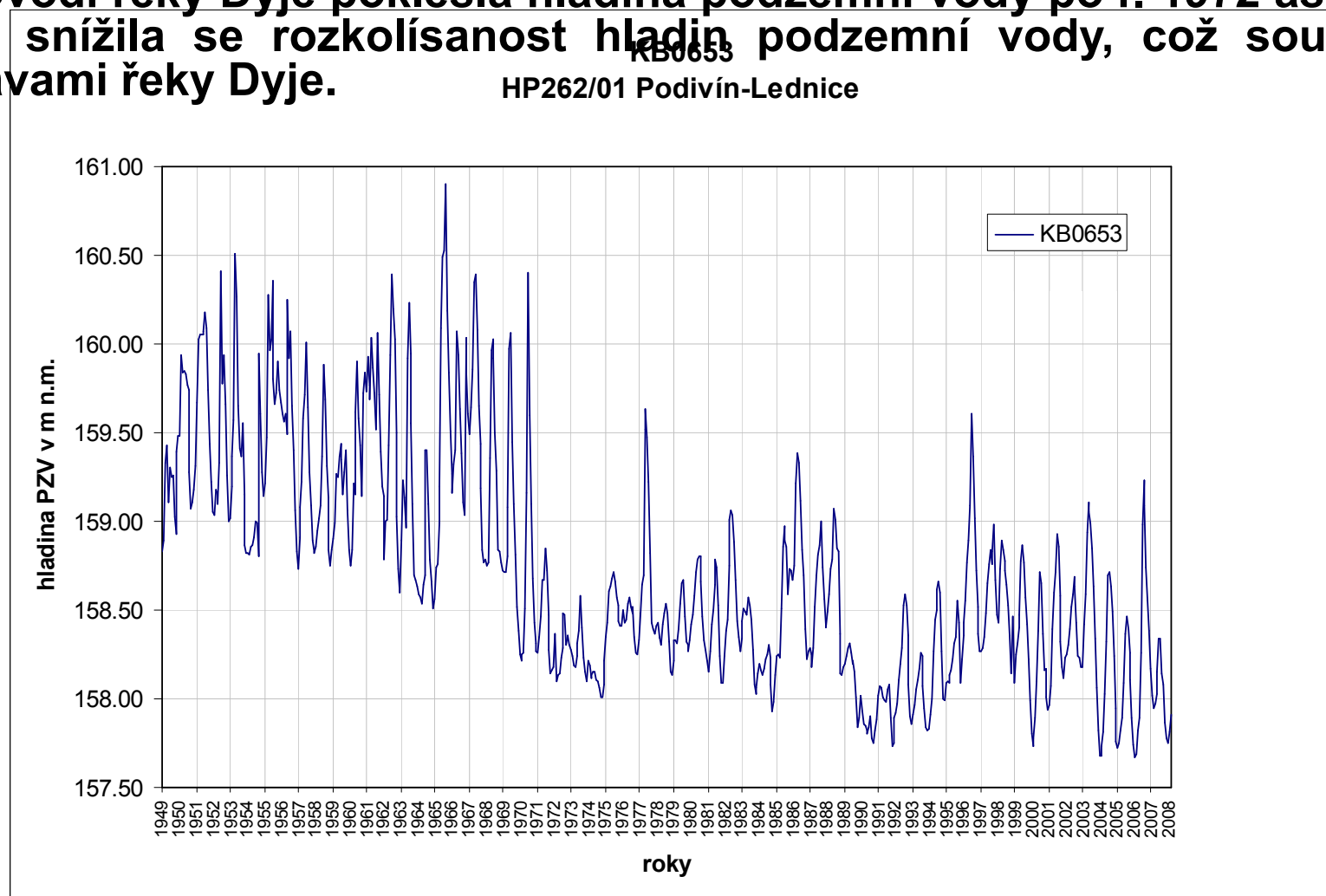
Vztah mezi podzemní a povrchovou vodou

Vztah mezi hladinou PZV a vodními stavy



Vliv prohloubení koryta řeky Dyje

V povodí řeky Dyje poklesla hladina podzemní vody po r. 1972 asi o 0,5 m a snížila se rozkolísanost hladin podzemní vody, což souvisí s úpravami řeky Dyje.

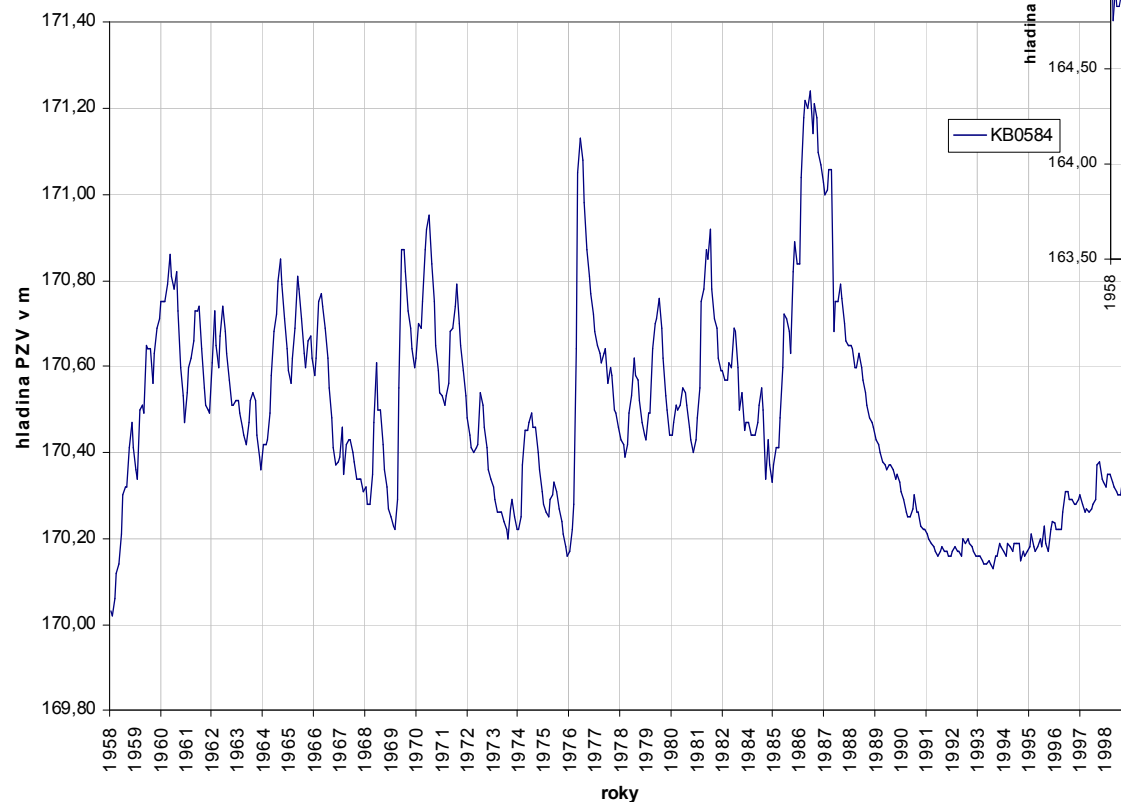


Vliv VD Nové Mlýny na PZV

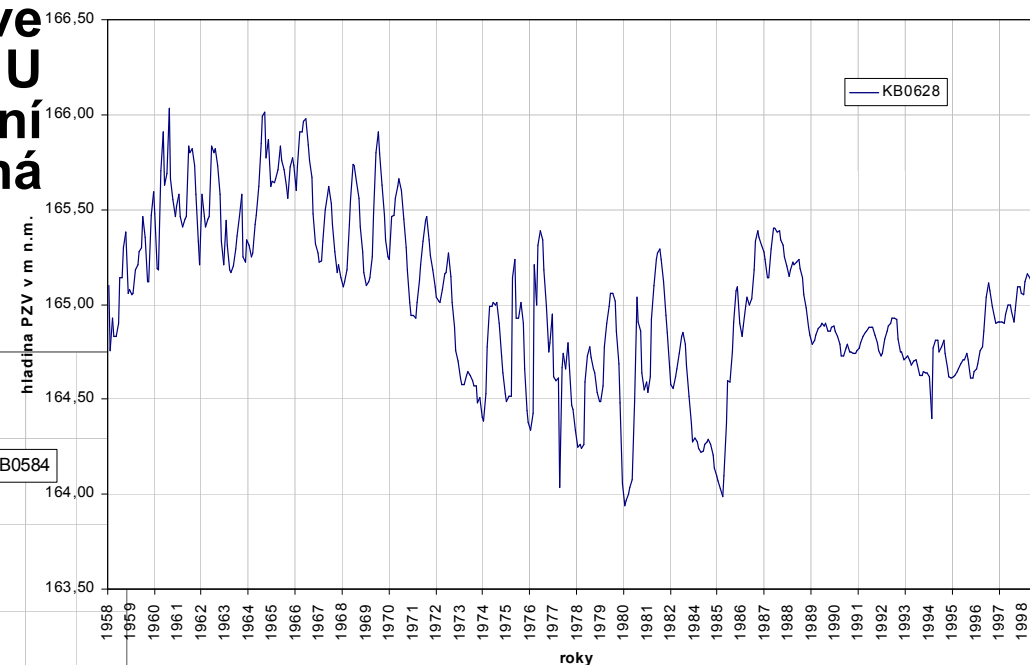
Výstavba VD Nové Mlýny měla vliv hlavně na režim podzemní vody ve vrtech v jejím bezprostředním okolí. U těchto objektů dochází ke snížení rozkolísanosti hladin PZV, směrodatná odchylka klesla na polovinu.

KB0584

HP 267/01 Šakvice-Pavlov

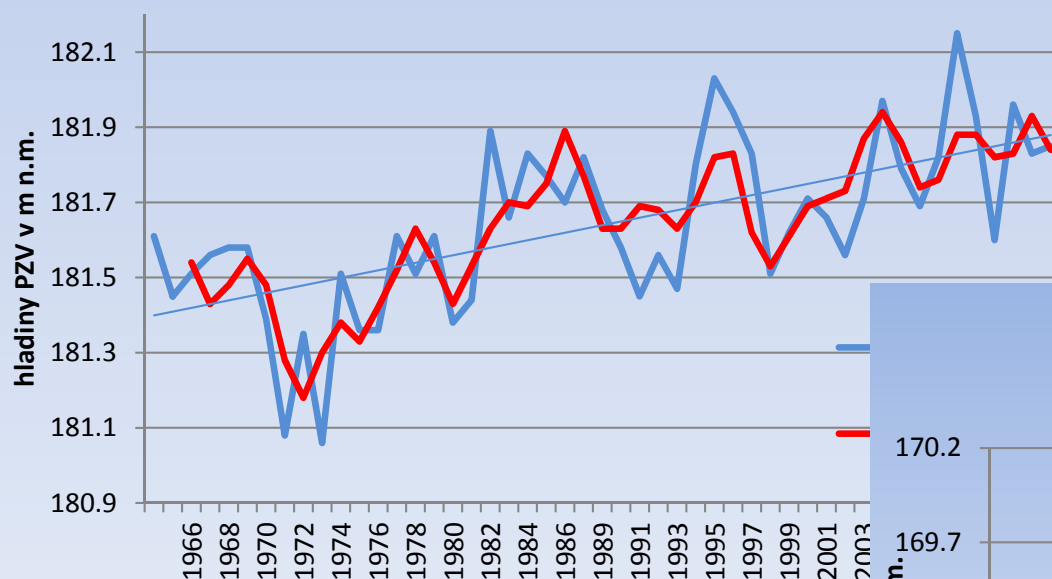


KB0628
HP 266/20 Nové Mlýny

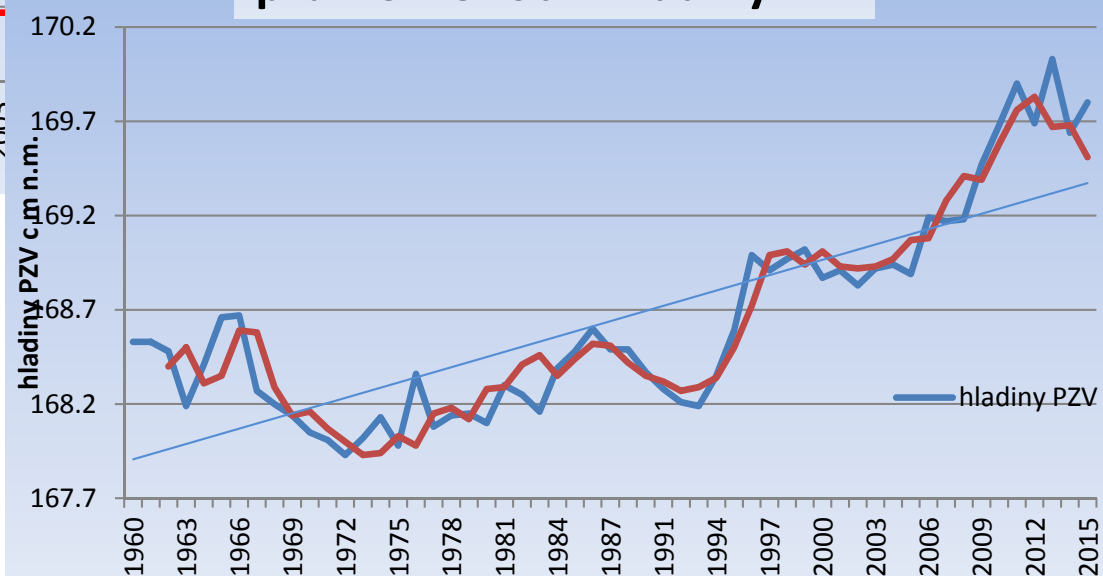


PZV – vzestupné lineární trendy

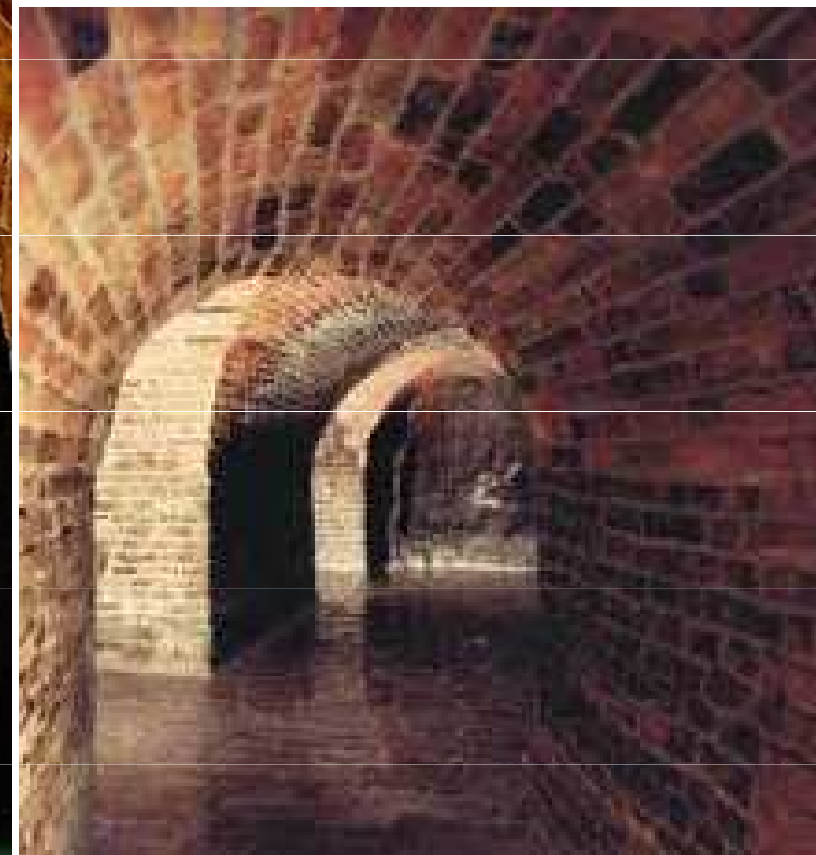
VB0193 Blučina
průměrné roční hladiny PZV



VB0340 Bořetice
průměrné roční hladiny PZV



Jezero pod Petrovem – nádrž 150 m²

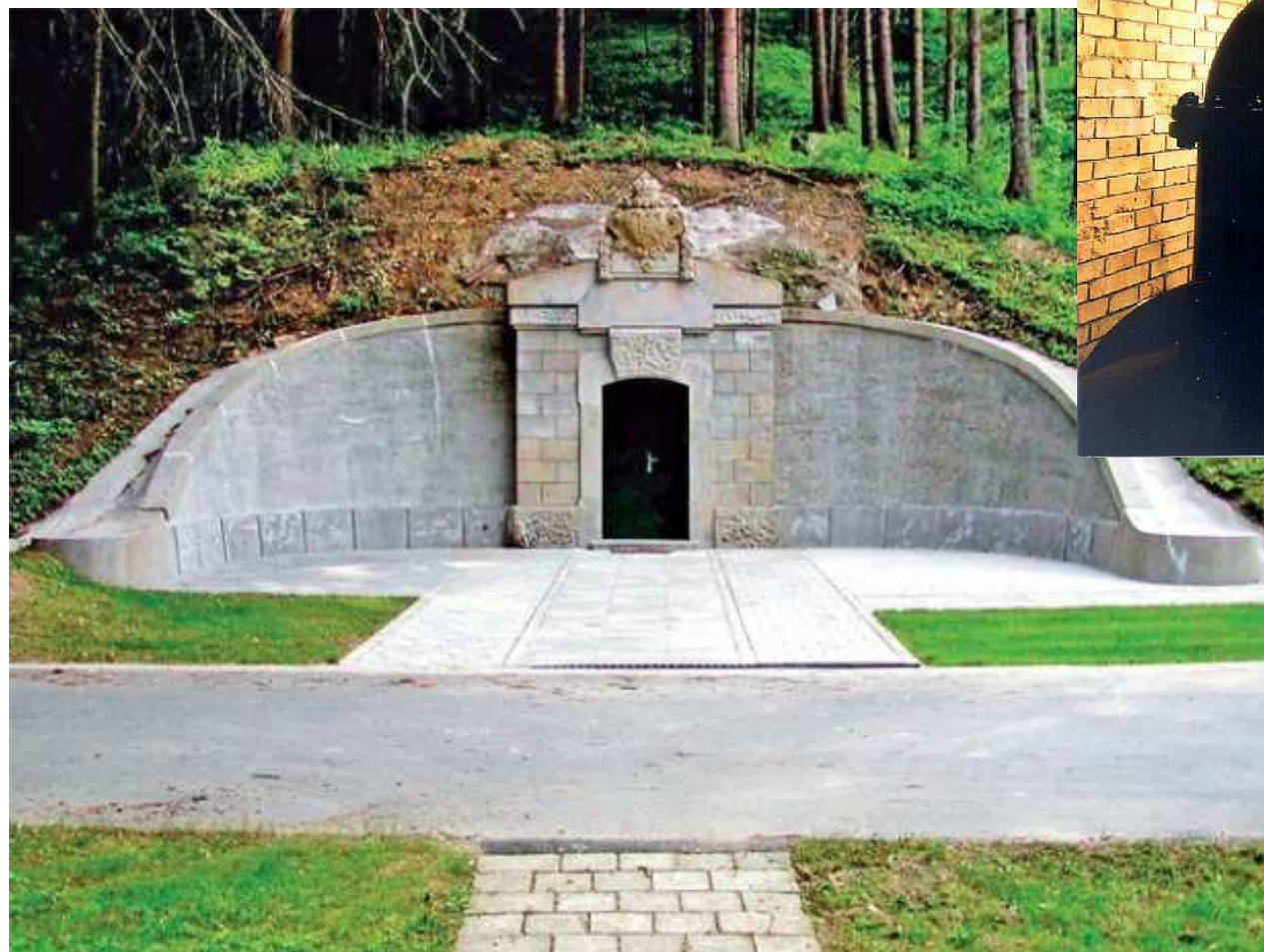


Velký pramen - Mělnická Vrutice

Vydatnost 140 l/s – křídové sedimenty České tabule

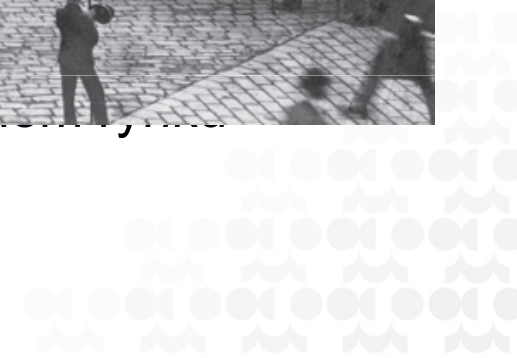


Březovský vodovod





v Brně dne 10. října 1913



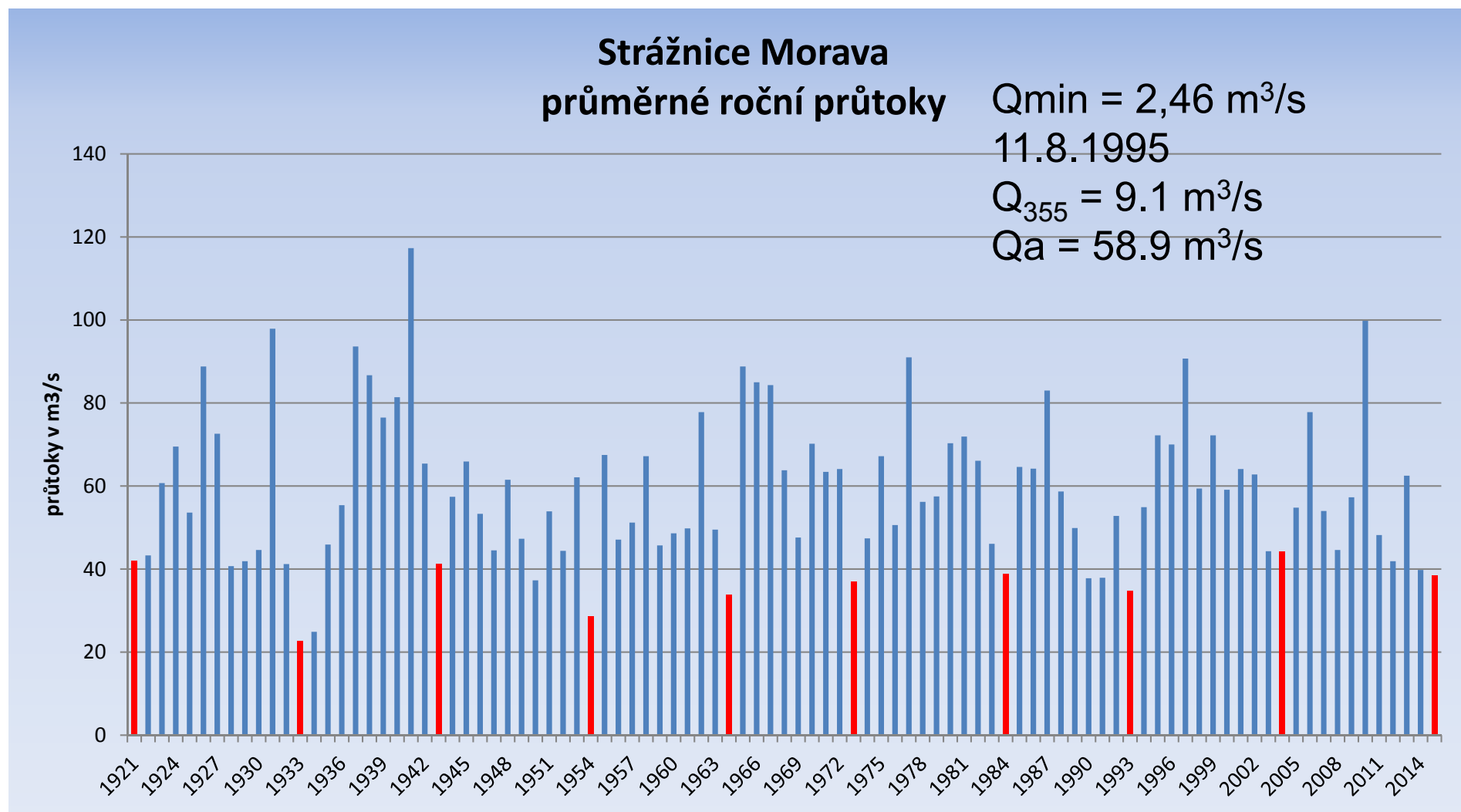
Povrchové vody

hydrologické sucho



- V případě **povrchových vod**, vodních toků, je za sucho považována situace, kdy průtok poklesne pod určitou kritickou mez. V České republice je za tuto mez považována hodnota tzv. **355denního průtoku Q_{355d}** . Q_{355d} označuje průtok, který je v dlouhodobém průměru dosažen či překročen po dobu 355 dní v roce, za stav sucha jsou tedy označena přibližně 3 % nejsušších dní.

Vodoměrná stanice Strážnice



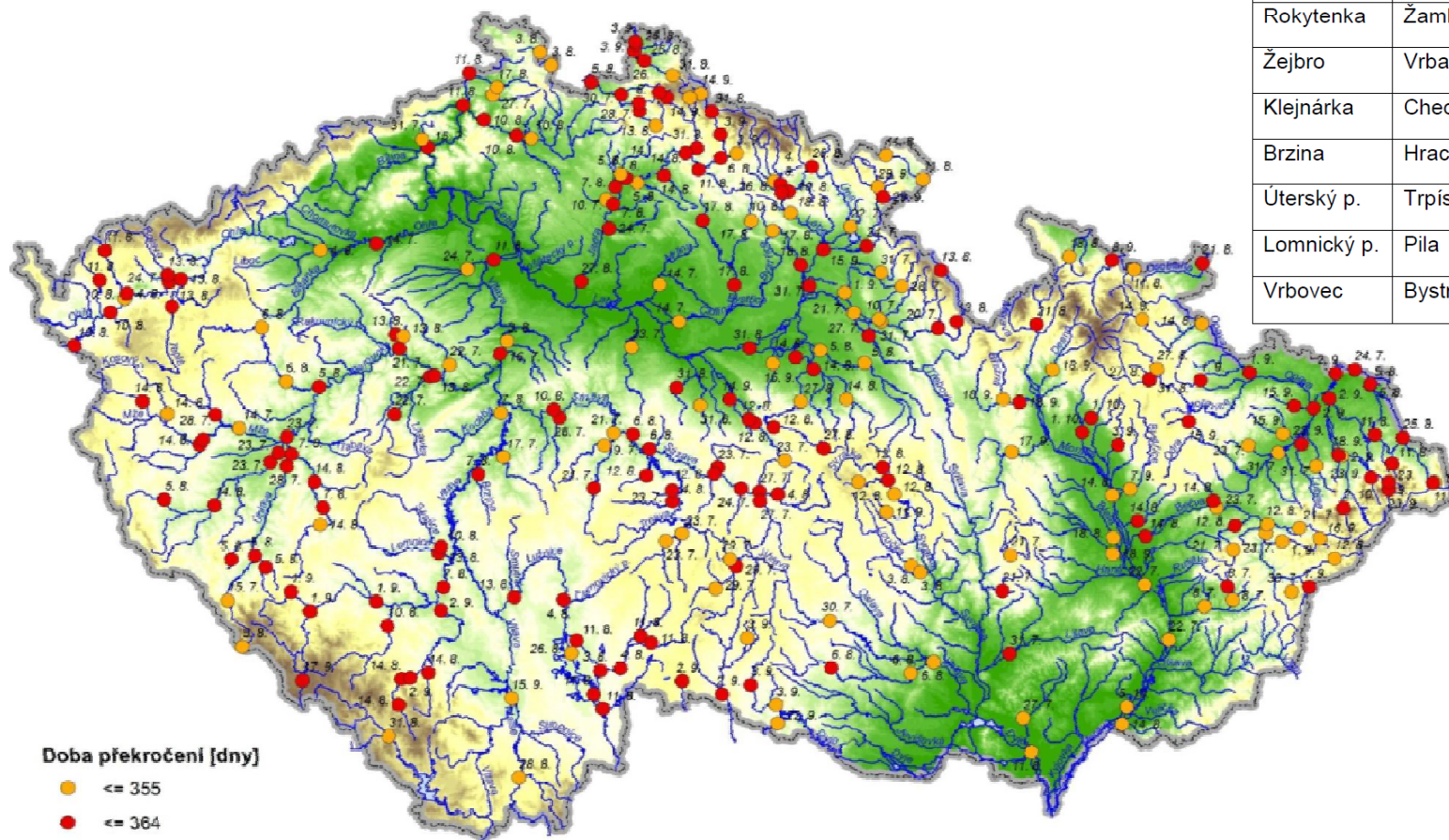
SUCHO 2015 následky

Sucho v podzemních vodách, na řekách a v nádržích.

Kritériem pro hydrologické sucho na řekách je 355 denní průtok. Pod tuto limitu se dostal průtok prakticky na všech sledovaných tocích.

Tab. 6.2 – Přehled profilů, kde bylo detekováno vyschnutí toku

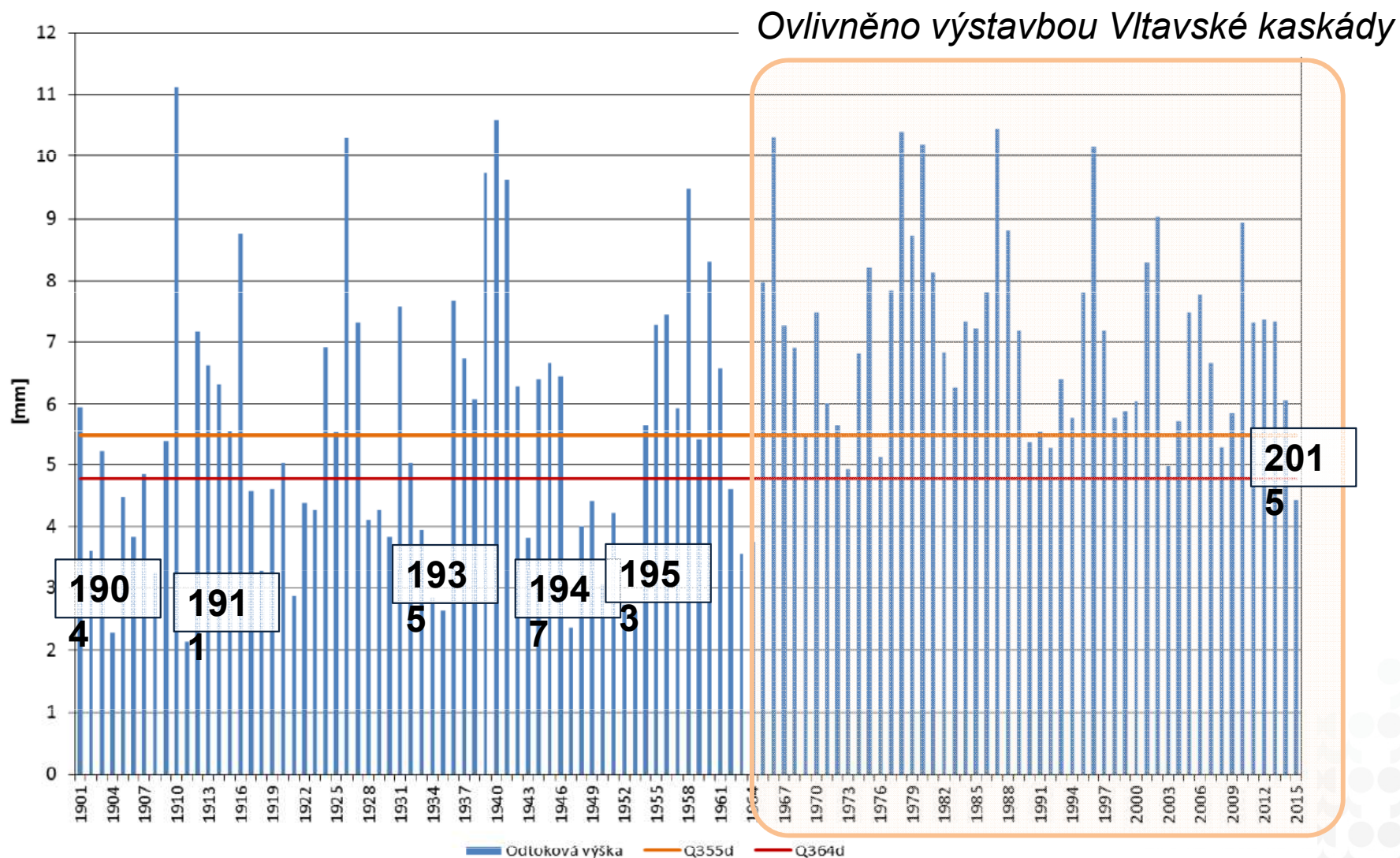
| Tok | Profil | Plocha povodí [km ²] | Datum | Průtok Q [m ³ .s ⁻¹] |
|-------------|------------------|----------------------------------|--------|---|
| Rokytenka | Žamberk | 59,7 | 13. 8. | 0 |
| Žejbro | Vrbatův Kostelec | 49,1 | 14. 8. | 0 |
| Klejnárka | Chedrbí | 63,7 | 11. 8. | 0 |
| Brzina | Hrachov | 133,3 | 10. 8. | 0 |
| Úterský p. | Trpísty | 297,2 | 14. 8. | 0 |
| Lomnický p. | Píla | 60,2 | 13. 8. | 0 |
| Vrbovec | Bystrc | 15,1 | 31. 7. | 0,0001 |



Přehled vodoměrných profilů ve kterých byl změřen průtok 355denní a menší

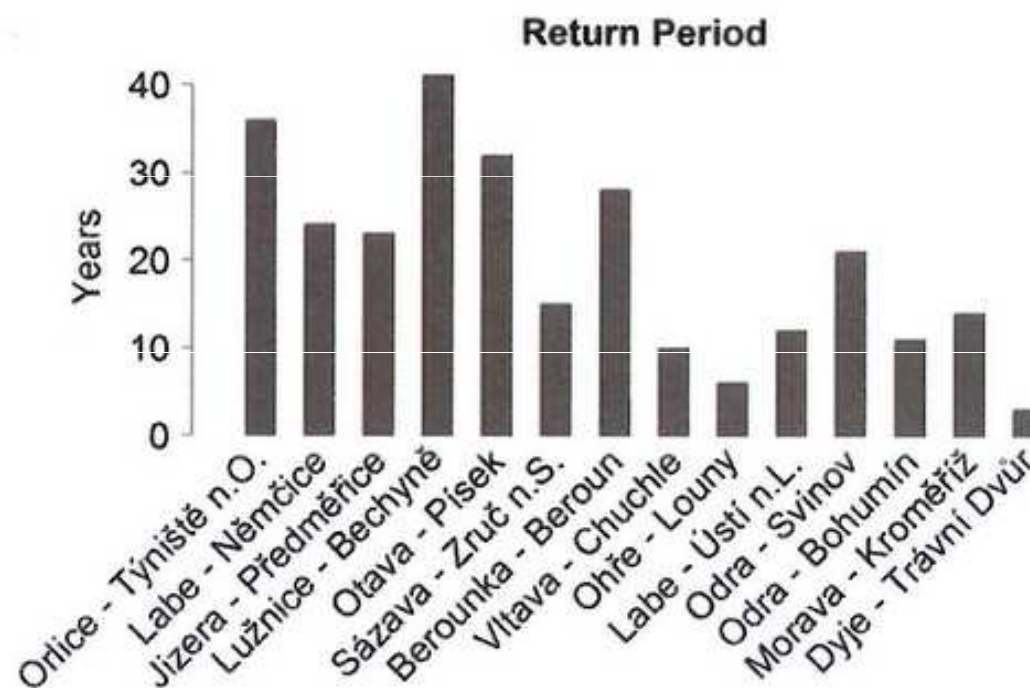
SUCHO 2015 následky

Sucho v podzemních vodách, na řekách a v nádržích.

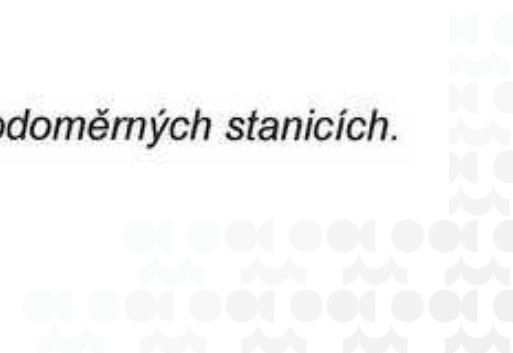


Obr. 6.10 – 30denní minimální roční odtokové výšky na Labi v profilu Děčín

Sucho 2015



Obr. 10.36 Doba opakování nedostatkových objemů roku 2015 ve vodoměrných stanicích.



Neivýznamnější sucha

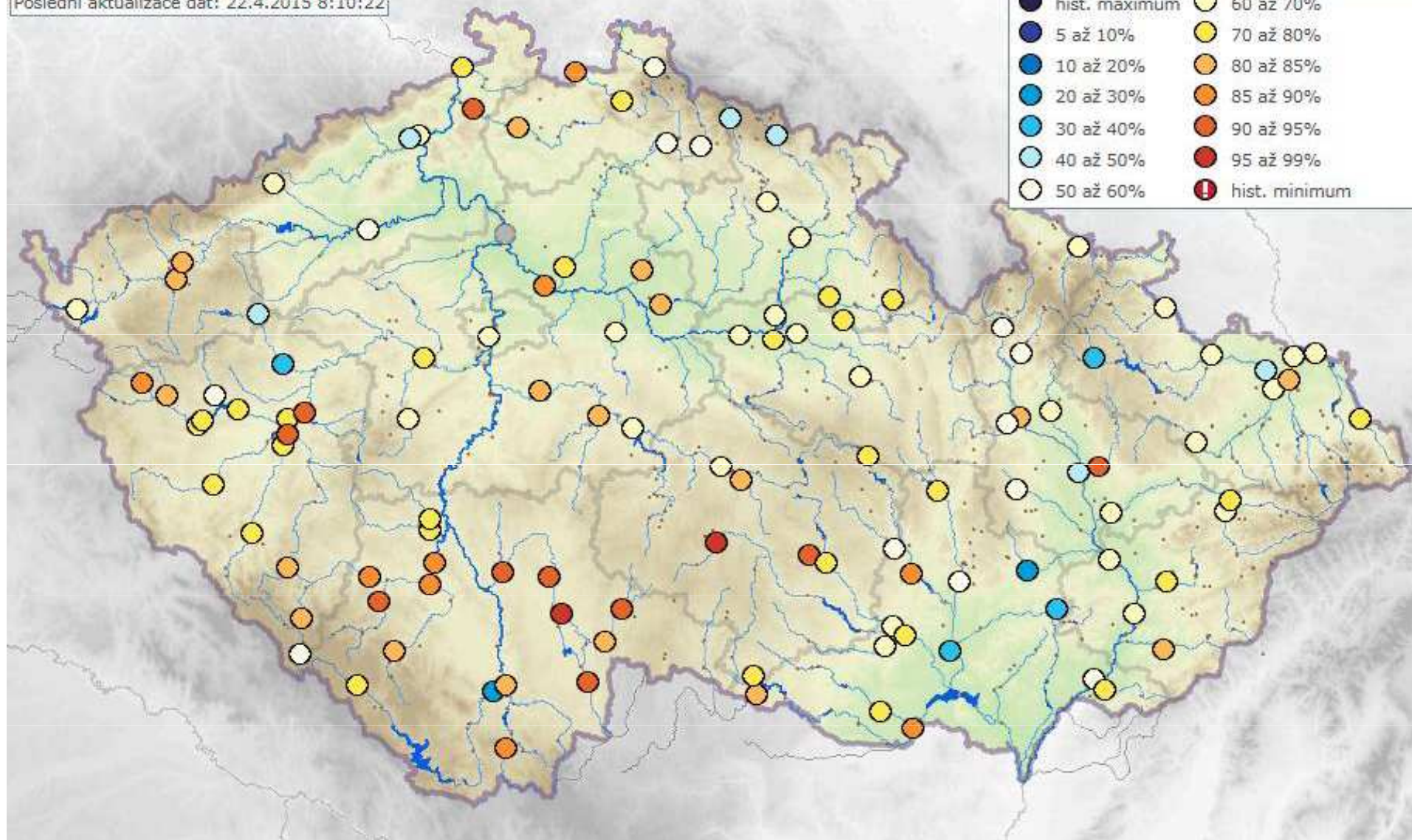
Tab. 10.3 Nejvýznamnější sucha (nejvýše 5 nejhorších roků) podle SRI a DMRI v chronologickém pořadí.

| Stanice | SRI | DMRI |
|--|---|---|
| 037000 – Orlice Týniště n.O. (1911) | 1918, 1921 , 1922, 1930, 1994 | 1918, 1921 , 1947 |
| 042000 – Labe Němčice (1947) | <u>1947</u> , 1950, 1952, 1953, 1992 | <u>1947</u> , 1950, 1953 |
| 101800 – Jizera, Předměřice (1911) | 1911 , 1921, 1929, 1930, 1934 | <u>1911</u> , 1947, 1929 |
| 133000 – Lužnice Bechyně (1911) | 1918, 1947 , 1950, 1990, 2003 | 1950 , 1947, 1990, 2003 |
| 151000 – Otava Písek (1911) | 1918, 1947, 1950, 2003 | 1934 , 1947, 1950 , 2003 |
| 161000 – Sázava Zruč n.S. (1944) | 1947 , 1950, 1952, 1991, 1994 | 1947 , 1950, 1976, 1990 |
| 198000 – Berounka Beroun (1951) | 1918, <u>1952</u> , 1953, 1960, 1964 | 1918 , 1960, 1964 , 1998 |
| 200100 – Vltava Chuchle (1900) | <u>1904</u> , <u>1918</u> , <u>1934</u> , <u>1935</u> , <u>1947</u> | <u>1904</u> , 1911, <u>1947</u> , <u>1950</u> , <u>1964</u> |
| 219000 – Ohře Louny (1922) | <u>1934</u> , <u>1935</u> , <u>1947</u> , <u>1949</u> , <u>1964</u> | <u>1935</u> , <u>1947</u> , <u>1949</u> , <u>1964</u> , <u>2014</u> |
| 240000 – Labe, Ústí n.L. (1900) | <u>1911</u> , <u>1918</u> , <u>1921</u> , <u>1934</u> , <u>1947</u> | 1904, <u>1911</u> , <u>1921</u> , <u>1947</u> , 1950 |
| 257000 – Odra Svinov (1923) | 1928, 1931, 1947 , 1950, 1952 | 1928, <u>1947</u> , 1950, 1951, 1992 |
| 294000 – Odra Bohumín (1920) | 1925, <u>1928</u> , <u>1930</u> , 1947 , <u>1950</u> | <u>1921</u> , 1928, 1950, <u>1951</u> , <u>1992</u> |
| 403000 – Morava Kroměříž (1916) | 1918 , <u>1922</u> , <u>1930</u> , <u>1947</u> , <u>1950</u> | 1917, <u>1921</u> , <u>1947</u> , 1950, 1993 |
| 437000 – Dyje Trávní Dvůr (1926) | <u>1927</u> , <u>1928</u> , <u>1929</u> , <u>1932</u> , <u>1934</u> | <u>1928</u> , <u>1930</u> , <u>1932</u> , <u>1933</u> , <u>1934</u> |

Pozn.: Tučně jsou vyznačena sucha, která byla větší než v roce 2015, podtržena jsou sucha mnohem větší, ostatní jsou přibližně srovnatelná s rokem 2015. Stanice zvýrazněné šedě jsou ovlivněné převážně hospodařením vodních nádrží. V závorce je uveden počátek pozorování. V Berouně probíhalo měření krátce také v letech 1912–1920.

Aktuální denní průtokové hodnoty

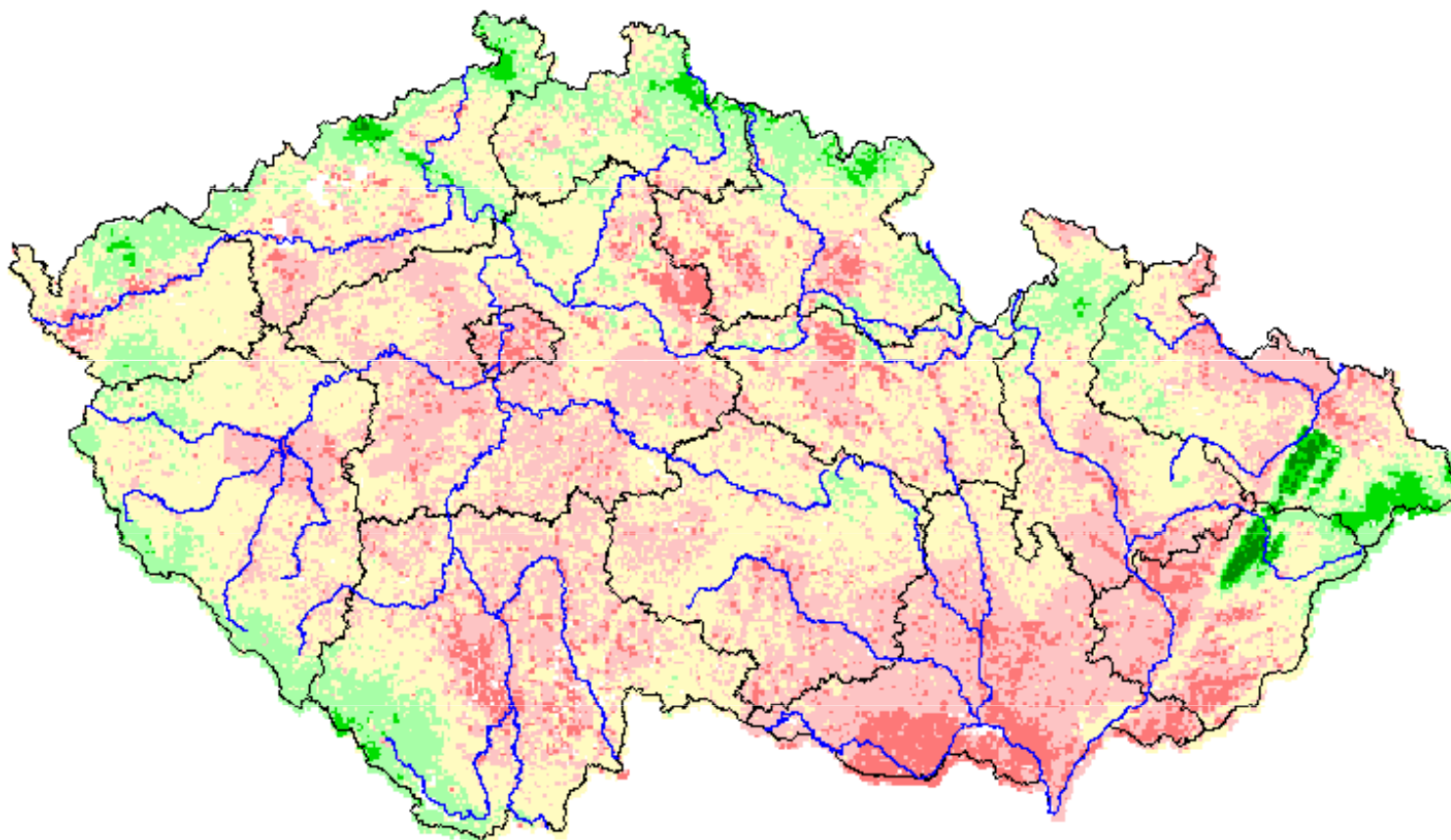
Poslední aktualizace dat: 22.4.2015 8:10:22





<http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/vodnosti/vodnosti.html>

Indikátor přívalových povodní

Datum/date : 12.05.2015 08:45

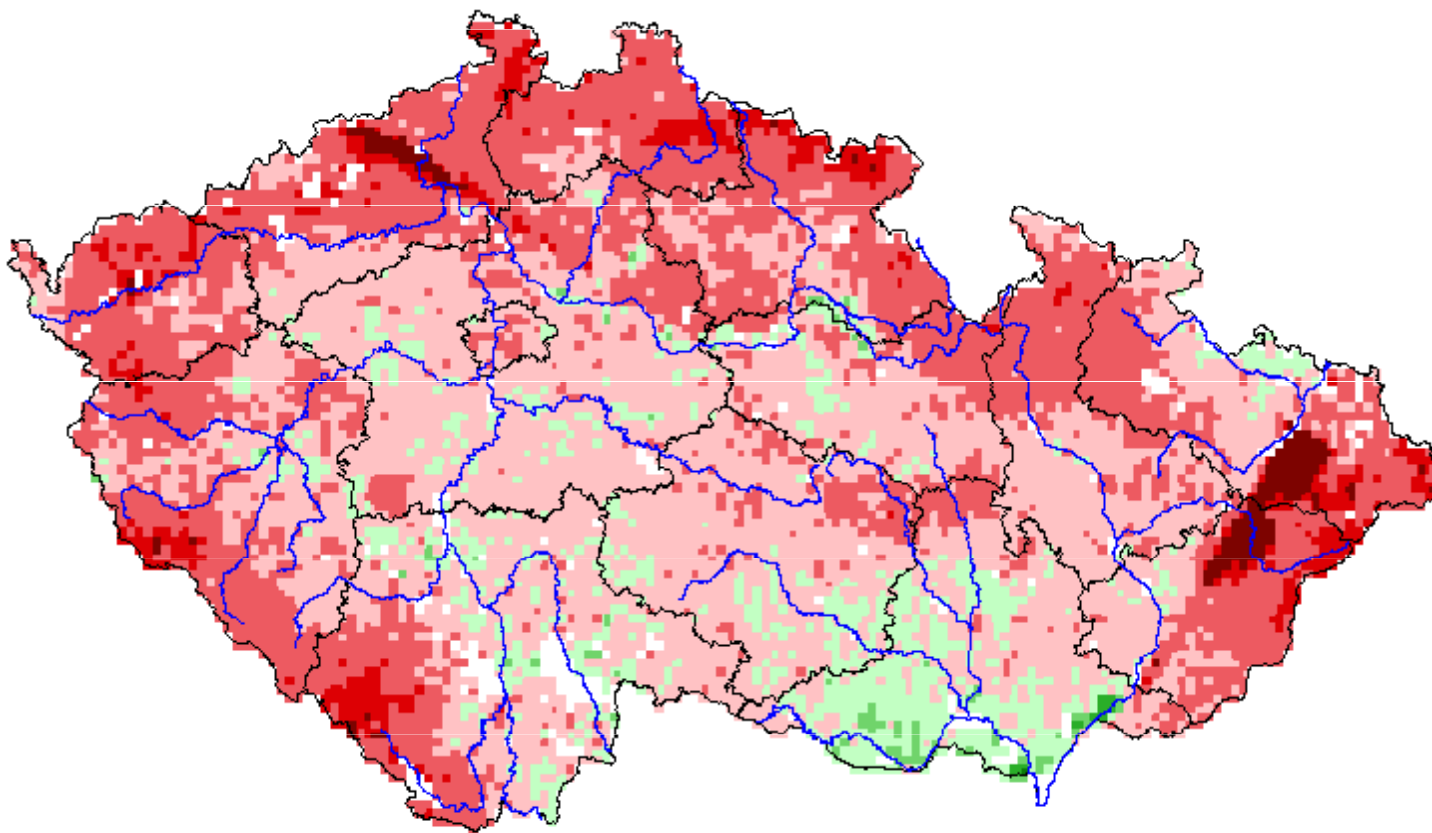









| | |
|---|-------------------------|
|  | velmi slabé nasycení |
|  | slabé nasycení |
|  | nasycení na RVK* |
|  | silné nasycení |
|  | velmi silné nasycení |
|  | extrémně silné nasycení |

http://hydro.chmi.cz/hpps/main_rain.php?mt=ffg

Potenciálně rizikový úhrn srážek za 1 hodinu

Datum/date : 12.05.2015 08:47



| | |
|---|----------|
|  | <=15 mm |
|  | 15-20 mm |
|  | 20-30 mm |
|  | 30-40 mm |
|  | 40-50 mm |
|  | 50-60 mm |
|  | 60-80mm |
|  | >80 mm |

Odhad vlivu klimatické změny na průtoky

☐ Pro horizont **2010–2039**: nevýrazné nárůsty nebo poklesy

- průměr Q_a = do 5% **teplota** **+1 st. C**
- Q_{355d} = do 5%
- průměr Q_{min7d} = + 0.2%
- $Q_{100min7d}$ = - 2.0%

☐ Pro horizont **2040–2069**: výraznější poklesy

- průměr Q_a = cca - 5% **teplota: jaro, léto** **+3,9 st. C**
- Q_{355d} = cca - 13% **podzim, zima** **+ 2,1 st. C**
- průměr Q_{min7d} = - 7,9%
- $Q_{100min7d}$ = - 11,0%

☐ Pro horizont **2070–2099**: ještě výraznější poklesy

- průměr Q_a = cca - 13% **teplota: léto** **až + 4,7 st. C**
- Q_{355d} = cca - 23%
- průměr Q_{min7d} = - 15,5%
- $Q_{100min7d}$ = - 18,2%



Výsledky porovnání charakteristik minimálních průtoků ukazují na vliv klimatické změny ve druhém a zejména v třetím časovém horizontu.

Hladový kámen v Děčíně

jedna z nejstarších hydrologických památek v Evropě



Nejstarší čitelný nápis
je z roku 1616

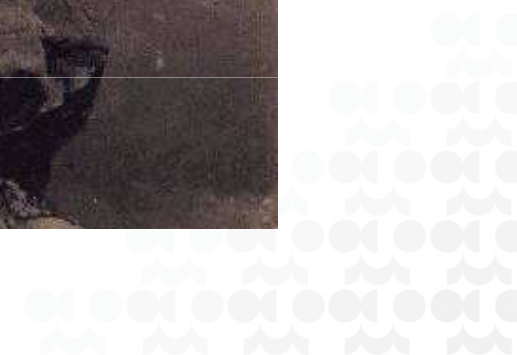


Částečně viditelný kámen
na konci července 2013

$$Q_{1904} = 39 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{1947} = 40,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Hladový kámen 21. srpna 1904



Ústí nad Labem 1. srpen 1904



Die Elbe bei Aussig am 1. August 1904.

E. Kennert, A



Dobkovice – hladový kámen



Povodeň 1501 - Znoymo

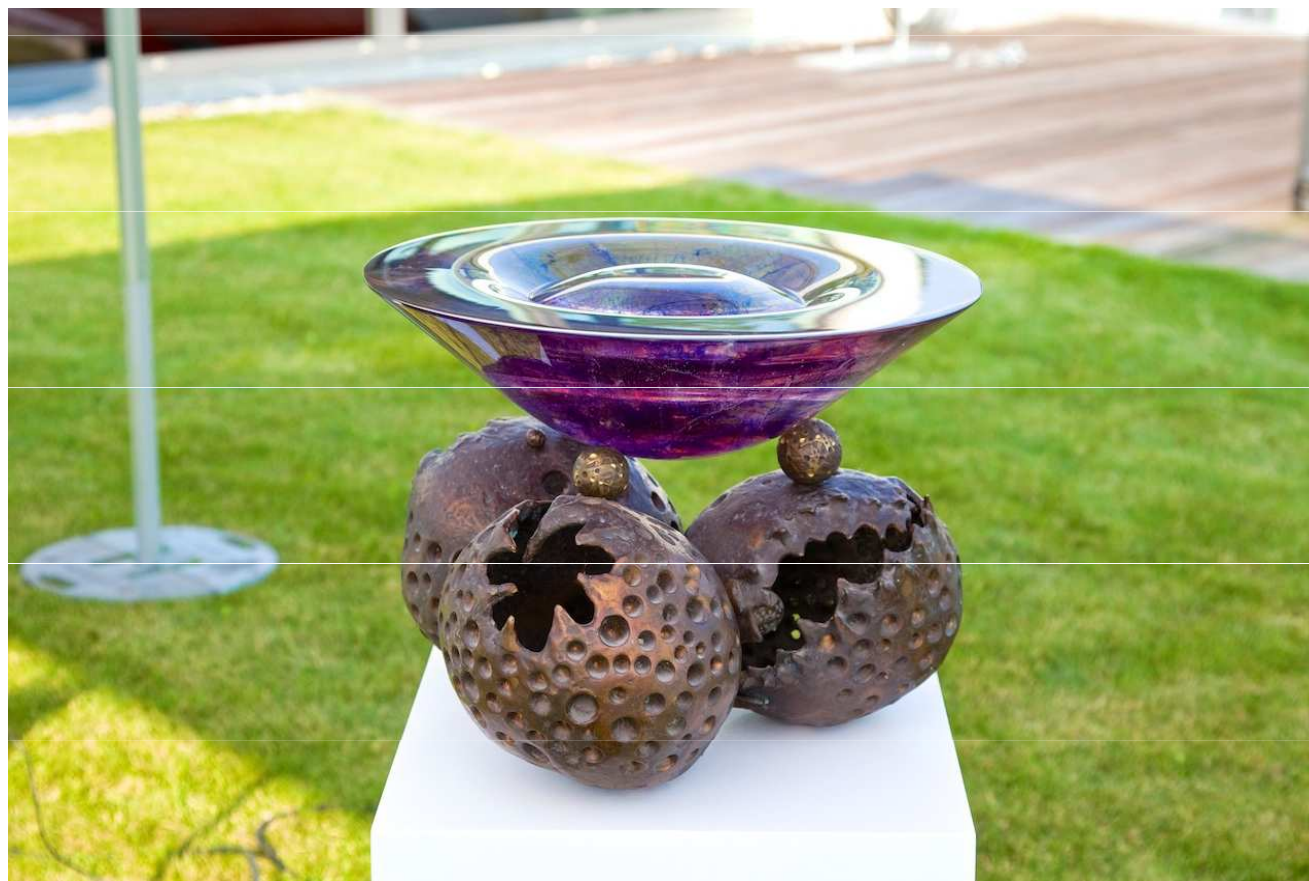


| Rok | Vodní stav | Přepoččet | Q [m ³ .s ⁻¹] | Zaměření značky |
|---------------|------------|-----------|--------------------------------------|-----------------|
| 1501 13.8. | 732 | - | 750 | 217,551 |
| 1965 7.6. | | 214,03 | 200 | - |
| 2002 | 462 | 214,85 | 375 | 214,851 |
| 2006 30.3. | 412 | 214,35 | 324 | 214,341 |
| 2006 30.6. | 366 | 213,89 | 256 | - |

souřadnice GPS: 48.8540839N, 16.0436756E

rozměry tabule 80x20 cm, materiál vápnitý pískovec
nápís „So hoch die Teya (Taja)“ - tak vysoko Dyje

Děkuji za pozornost



Hladové kameny s ametystovým jezerem

Eva Soukalová
eva.soukalova@chmi.cz

