


ANALÝZA PRERUŠENÝCH ČASOVÝCH RADOV MONITOROVANIA KVANTITY PODZEMNEJ VODY

Mgr. Ľudovít Molnár – SHMÚ, Slovensko
Prof. Peter Molnár - ETH Zürich, Švajčiarsko

(medzinárodná spolupráca pri hodnotení stavu podzemnej vody SHMÚ – ETH Zürich)

Tematické časti prezentácie:

- potreba analytických nástrojov v oblasti hodnotenia časových radov monitorovania podzemnej vody
 - vysvetlenie teoretického a matematického postupu hodnotenia
 - výber softvérového nástroja, jeho prostredie, výhody, vstupy a výstupy
 - konkrétne príklady a výsledky na 40 náhodne vybraných monitorovacích objektoch podzemnej vody (sondy)
 - výhody daného prístupu, uplatnenie a možnosti
- 

Potreba analytických nástrojov v oblasti hodnotenia časových radov monitorovania podzemnej vody a vysvetlenie problematiky

- v rámci monitorovania kvantity podzemnej vody máme k dispozícii dlhé časové rady a pravidelnú frekvenciu pozorovania ako dobrý podklad pre použitie štatistických metód
- dochádza však v niektorých prípadoch k prerušeniu časových radov (obnova, rekonštrukcia objektu, antropogénny, geogénny zásah)
- pre možné spojenie časových radov a ich ďalšie používanie s historickými údajmi je potrebné overiť možnosť ich spojenia, resp. overiť či je dlhodobý režim hladiny podzemnej vody pred prerušením podobný režimu hladiny podzemnej vody na novom, rekonštruovanom objekte po prerušení pozorovania
- riešenie problematiky vychádza z aktuálnej témy vyhodnotenia 489 objektov MS kvantity podzemnej vody, ktoré boli v rámci projektu na SHMÚ zrekonštruované

Aktuálna téma vyhodnotenia 489 objektov monitorovacej siete kvantity podzemnej vody rekonštruovaných v rámci projektu obnovy

V rámci projektu rekonštrukcie monitorovacích objektov podzemných vôd došlo v roku 2015 k vybudovaniu nových a nahradeniu starých 489 vrtov monitorovacej siete podzemných vôd.

- objekty boli vybudované v menšej ale aj väčšej vzdialenosti (niekoľko 100 metrov) od pôvodných vrtov
- predpokladalo sa nahradenie objektov s totožnými hydraulickými vlastnosťami a pokračovanie v kontinuálnom meraní zo starého objektu na novom objekte (spojenie nameraných radov údajov)
- vzhľadom na pestré geologické pomery, pôdne charakteristiky lokalít daných objektov môže byť však hydraulická konduktivita (priepustnosť) na starých a nových objektoch výrazne odlišná
- to má za následok zmenu režimu hladiny podzemnej vody

Navrhnutie, popísanie teoretického a matematického postupu hodnotenia

- vytvorenie metodiky pre objektívne porovnanie nových a starých údajov, resp. rozhodnúť či daná nová sonda s krátkodobými údajmi má štatisticky podobné merania k dlhodobým údajom zo starej sondy, alebo sú nové merania výrazne odlišné a bez prípadných korektúr nemôžu byť považované za pokračovanie starých
- výber vhodného softvérového nástroja Rstudio a vhodnej štatistickej metódy
- použitá štatistická metóda mesačného rozdelenia vo forme boxplotov a výber funkcií pre štatistické a grafické vyhodnotenie

Štatistika dlhodobých meraní

Rozdelíme všetky týždenné merania podľa mesiacov v ktorých boli vykonané

Dlhodobý rad popisujeme mesačným priemerom

$$\bar{H}_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_{i,m}$$

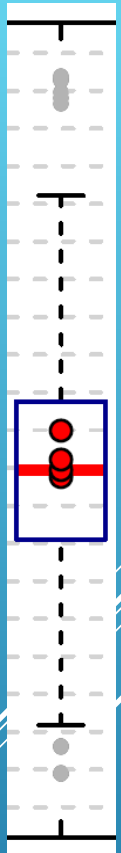
Smerodajnou odchýlkou

kde $m = 1, 12$ sú mesiace v roku a v každom máme n meraní a spolu N meraní hladiny podzemnej vody H v celom rade

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H_{i,m} - \bar{H}_m)^2}$$

Empirické rozdelenie pravdepodobnosti dlhodobých meraní v každom mesiaci kvantifikujeme vo forme mesačných boxplotov.

Boxploty uvádzajú medián, 25 – 75 % kvantily, 10 – 90 % kvantily a individuálne merania, ktoré sú považované za extrémny. Nové merania zobrazíme na týchto boxplotoch pre vizuálne spoznanie, či sú v očakávanom rozsahu dlhodobých meraní.



Výchyľky nových meraní a použitie funkcií

Výchyľky nových meraní kvantifikujeme z empirického rozdelenia dlhodobých meraní. Pre každý mesiac vypočítame empirické rozdelenie pravdepodobnosti dlhodobých meraní použitím funkcie `ecdf` v softvéri R, ktorá využíva Kaplan-Maierov odhad pravdepodobnosti

$$F_m(h_{i,m}) = \text{Pr}(H_{i,m} < h_{i,m})$$

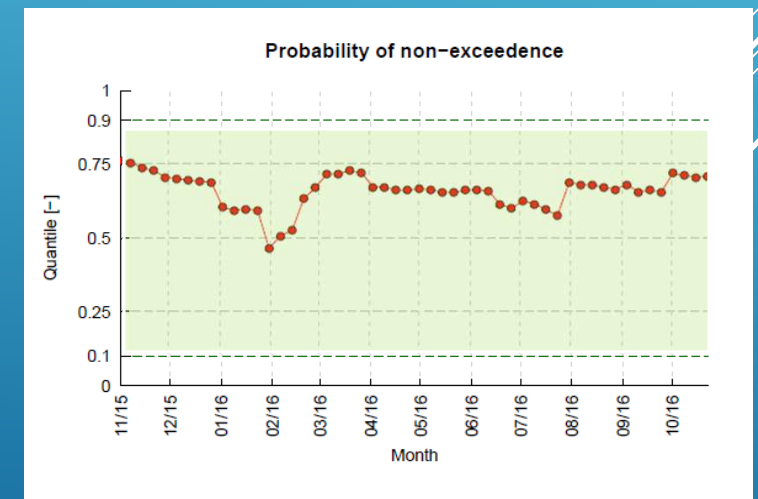
Z tohto rozdelenia pravdepodobnosti potom vypočítame pravdepodobnosti podkročenia (kvantil Q) pre každé nové meranie h^* , t.j. formálne

$$Q_m(h^*) = F_m(h^*) = \text{Pr}(H_{i,m} < h^*)$$

kde m je mesiac v ktorom bolo vykonaných h^* meraní

Tieto kvantily porovnáme s typickými hladinami významnosti 25-75 % a 10-90 %. Nové merania by sa nemali vymykať z rozsahu dlhodobých meraní (kvantily sa pohybujú v rozmedziach 10 – 90 % dlhodobých meraní)

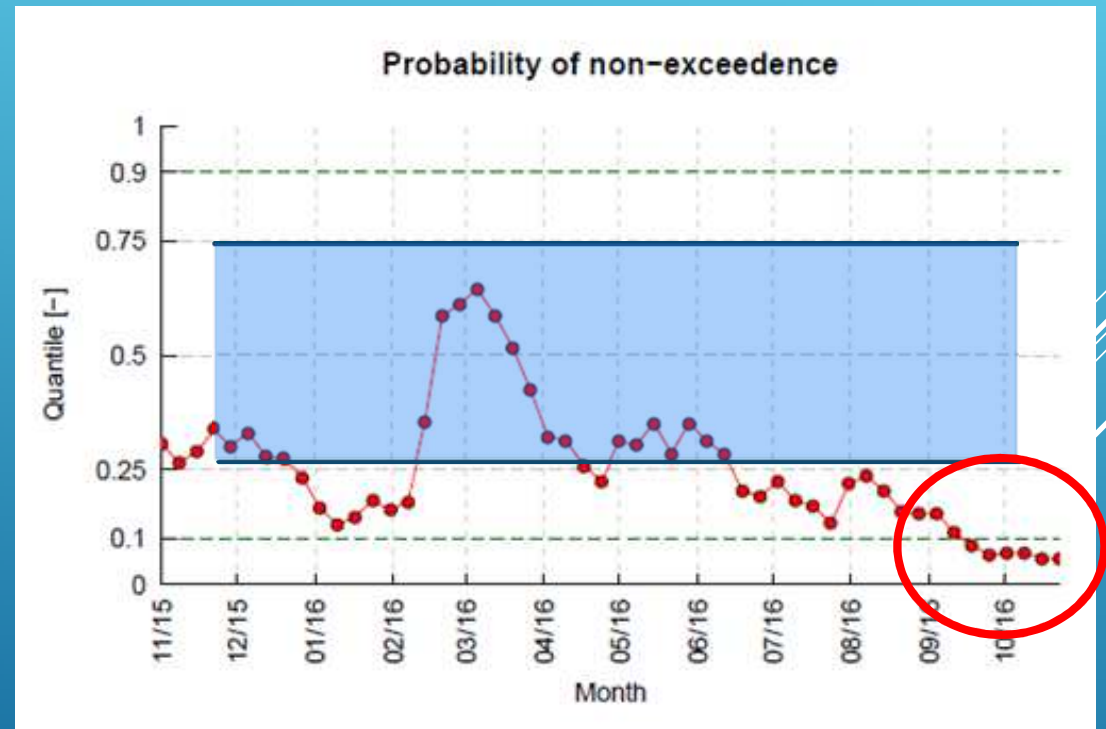
Je vhodné používať dlhšie rady nových meraní. Ich reprezentatívnosť, štatistická váha voči dlhodobým radom významne stúpa



Objektivizácia kritickými hodnotami

Nie všetky hodnoty sa musia nachádzať v rozmedzí hladín významnosti. Pre objektívne zhodnotenie, koľko nových meraní môžeme očakávať mimo hladín významnosti, sú preto vypočítané tzv. kritické hodnoty.

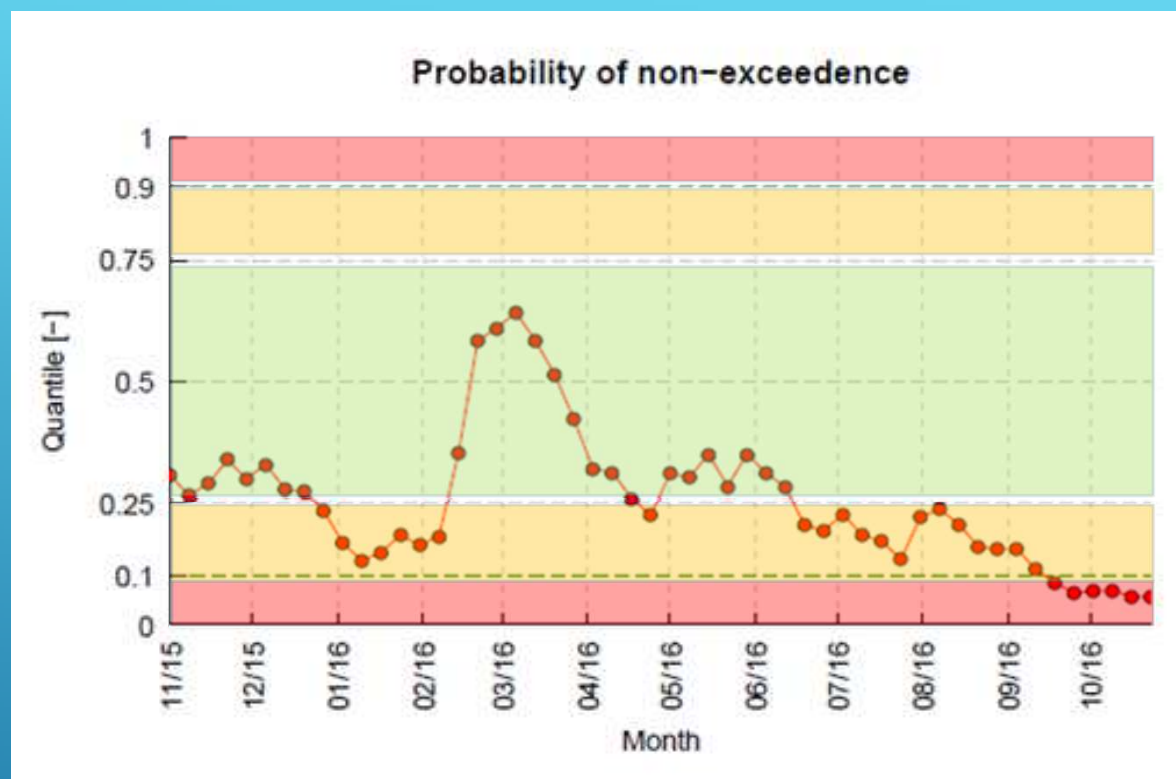
Počítajú sa z percentuálneho podielu celkového počtu nových meraní ako počet možných prekročení, resp. podkročení hladín významnosti 10%, 25%, 75%, 90%. Ideálny prípad tak je, keď sa nám nové údaje nachádzajú v rozsahu hladín významnosti 25% - 75% a prislúchajúce počty k ďalším hladinám významnosti. V prípade, že máme oveľa väčší počet meraní mimo kvantilov, je veľká pravdepodobnosť, že nové merania nie sú homogénne t.j. nepochádzajú z rovnakého rozdelenia ako staré merania.



Klasifikácia:

Pre zaradenie vyhodnotenia režimu hladiny a vyhodnotenia samotných objektov sme vytvorili klasifikáciu 3 tried (na základe počtu prekročení resp. podkročení kritických hodnôt)

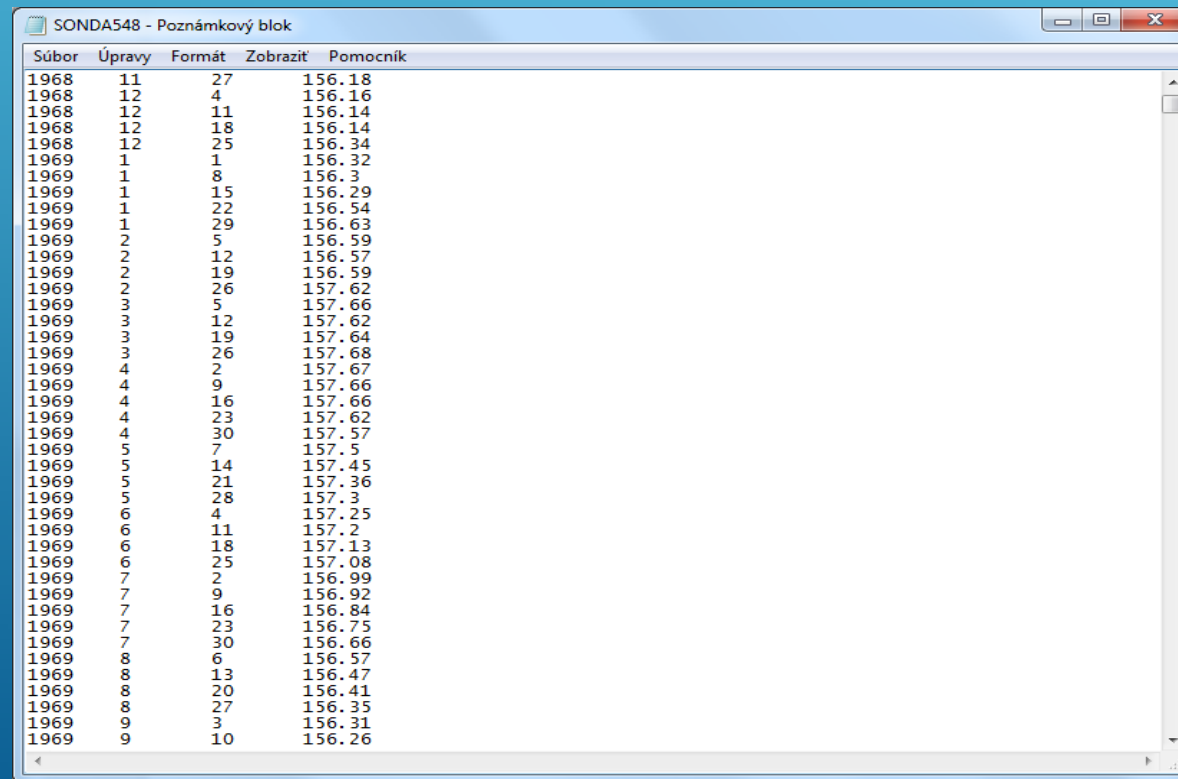
Stupne klasifikácie:



LEVEL RED - NÍZKY STUPEŇ HOMOGENITY	Očakávané hodnoty $n > 0,9$ a $n > 0,75$ boli prekročené: lokalita je pravdepodobne nehomogénna s VYŠŠÍMI hodnotami v novom vrte
	Očakávané hodnoty $n < 0,1$ a $n < 0,25$ boli prekročené: lokalita je pravdepodobne nehomogénna s NIŽŠÍMI hodnotami v novom vrte
LEVEL ORANGE - STREDNÝ STUPEŇ HOMOGENITY	Očakávané hodnoty $n > 0,9$ alebo $n > 0,75$ boli prekročené: existuje indikácia nehomogenity s VYŠŠÍMI hodnotami v novom vrte
	Očakávané hodnoty $n < 0,1$ alebo $n < 0,25$ boli prekročené: existuje indikácia nehomogenity s NIŽŠÍMI hodnotami v novom vrte
LEVEL GREEN - VYSOKÝ STUPEŇ HOMOGENITY	Všetky očakávané hodnoty sú v norme: lokalita je pravdepodobne homogénna

Použité údaje a ich forma spracovania

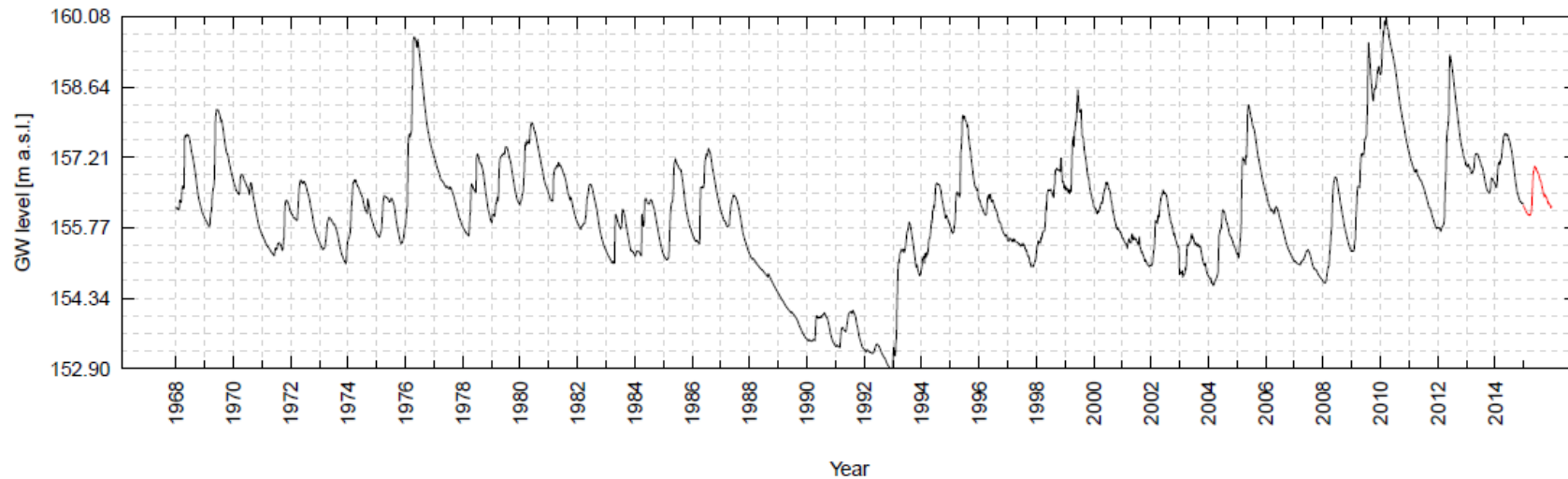
Údaje boli použité z databázy Ingres a upravené do textového formátu v požadovanej forme (rok, mesiac, deň, údaj). Pre všetky objekty boli použité celé rady nameraných údajov **aj s prerušeniami** v týždennom intervale merania, pretože daná štatistická analýza pracuje s mesačnou formou vyhodnotenia, v ktorej je to možné.



Súbor	Úpravy	Formát	Zobraziť	Pomocník
1968	11	27	156.18	
1968	12	4	156.16	
1968	12	11	156.14	
1968	12	18	156.14	
1968	12	25	156.34	
1969	1	1	156.32	
1969	1	8	156.3	
1969	1	15	156.29	
1969	1	22	156.54	
1969	1	29	156.63	
1969	2	5	156.59	
1969	2	12	156.57	
1969	2	19	156.59	
1969	2	26	157.62	
1969	3	5	157.66	
1969	3	12	157.62	
1969	3	19	157.64	
1969	3	26	157.68	
1969	4	2	157.67	
1969	4	9	157.66	
1969	4	16	157.66	
1969	4	23	157.62	
1969	4	30	157.57	
1969	5	7	157.5	
1969	5	14	157.45	
1969	5	21	157.36	
1969	5	28	157.3	
1969	6	4	157.25	
1969	6	11	157.2	
1969	6	18	157.13	
1969	6	25	157.08	
1969	7	2	156.99	
1969	7	9	156.92	
1969	7	16	156.84	
1969	7	23	156.75	
1969	7	30	156.66	
1969	8	6	156.57	
1969	8	13	156.47	
1969	8	20	156.41	
1969	8	27	156.35	
1969	9	3	156.31	
1969	9	10	156.26	

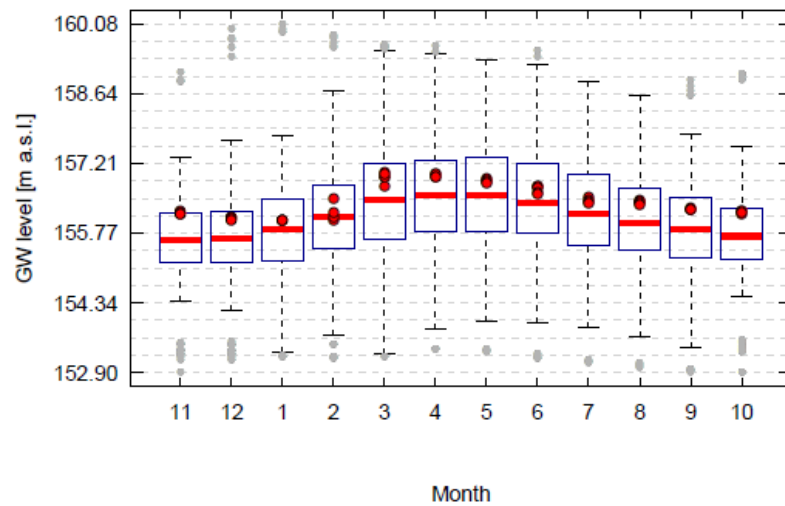
Hydrogram nameraných údajov

Station Number: 548



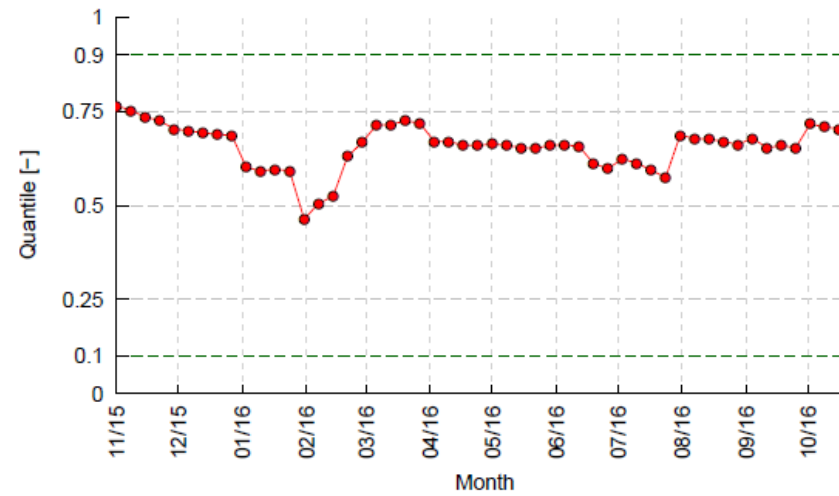
Graf mesačných boxplotov

Monthly Boxplots of GW Levels



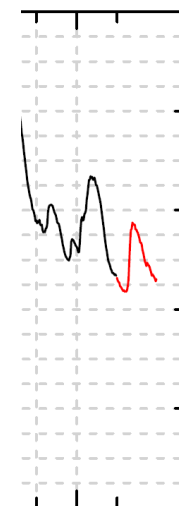
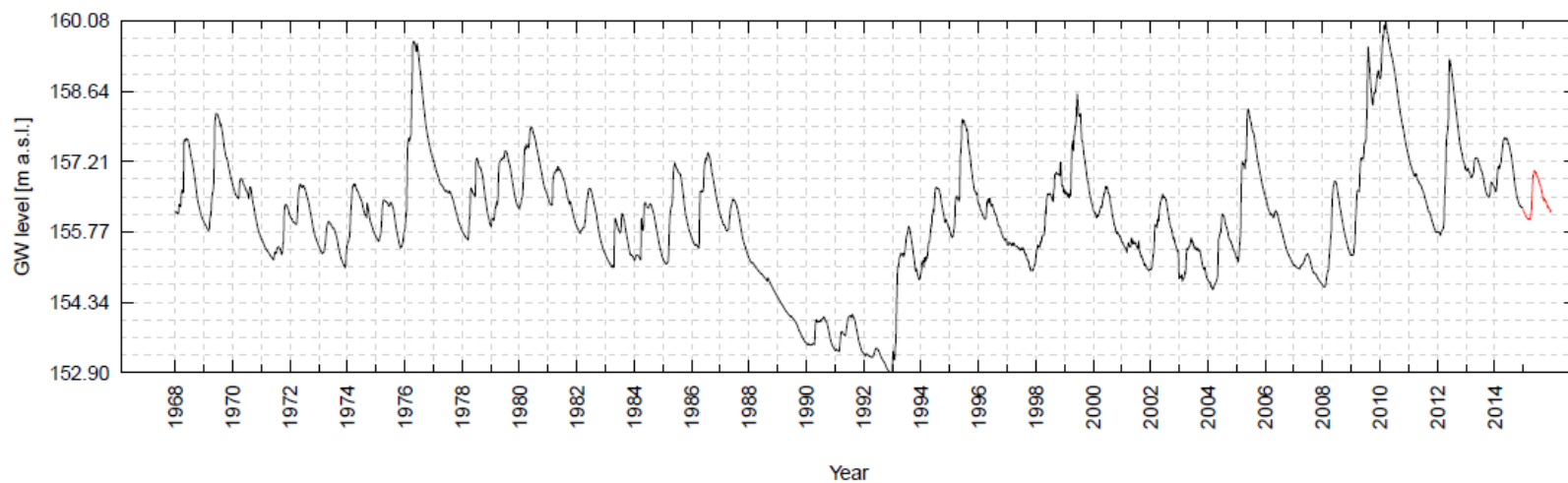
Graf vypočítaných kvantilov a hladín významnosti

Probability of non-exceedence



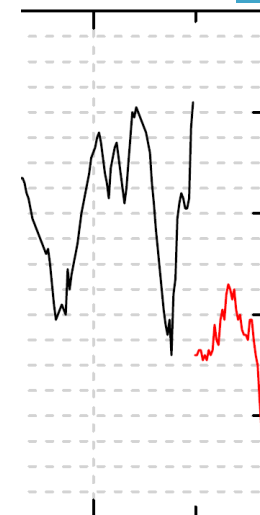
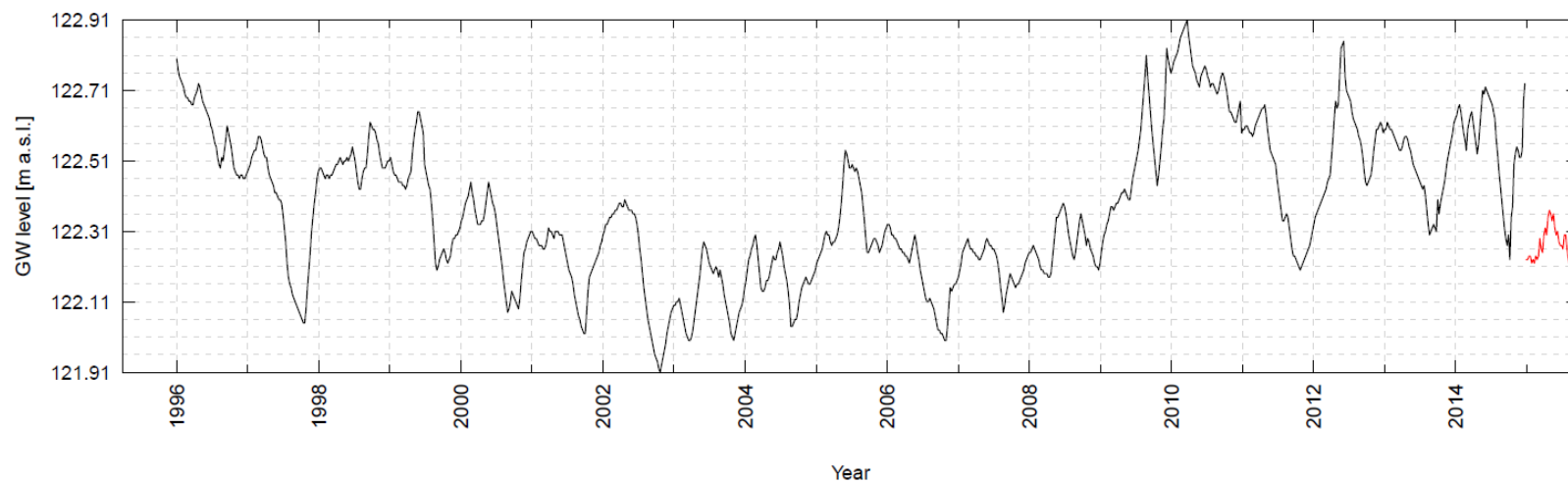
Hydrogram z programu R a viditeľné zmeny na novom objekte

Station Number: 548



2014

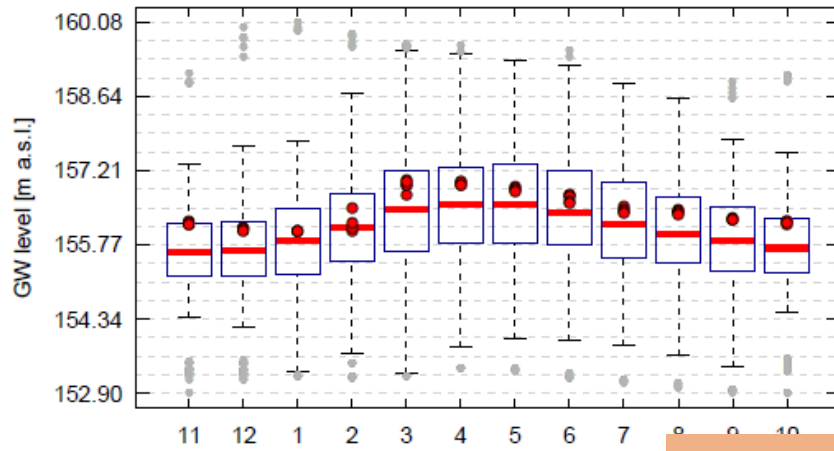
Station Number: 052



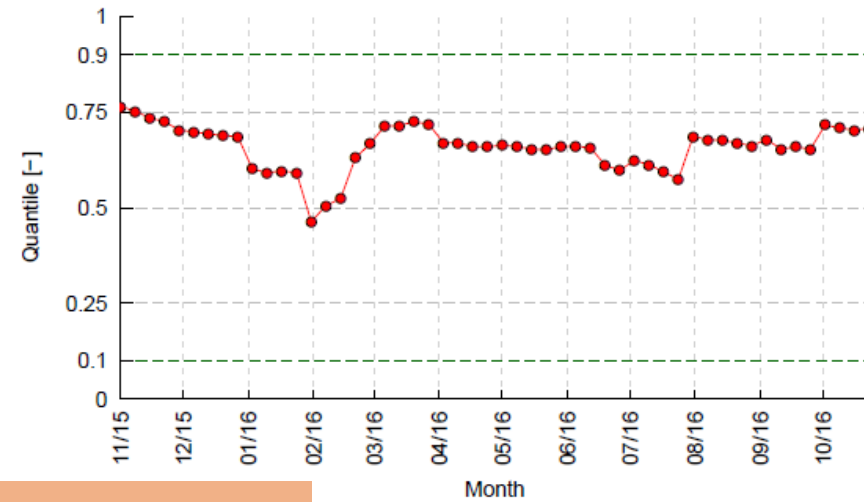
2014

Homogénny rad údajov

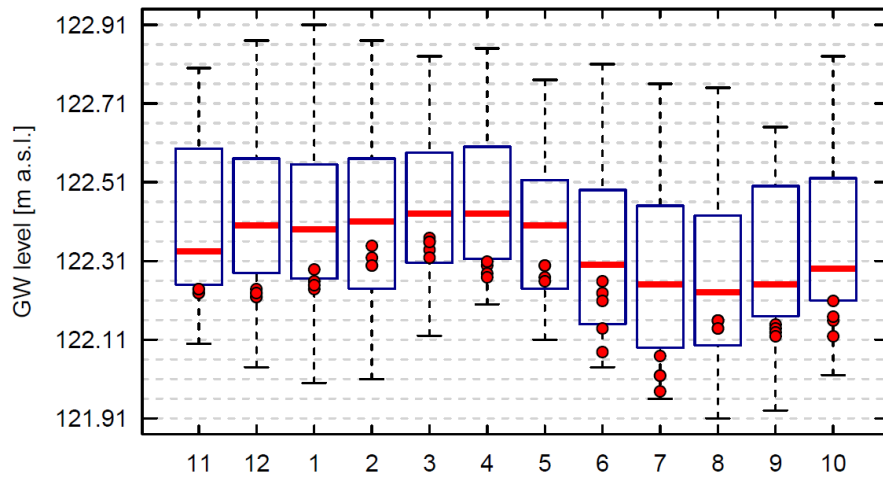
Monthly Boxplots of GW Levels



Probability of non-exceedence

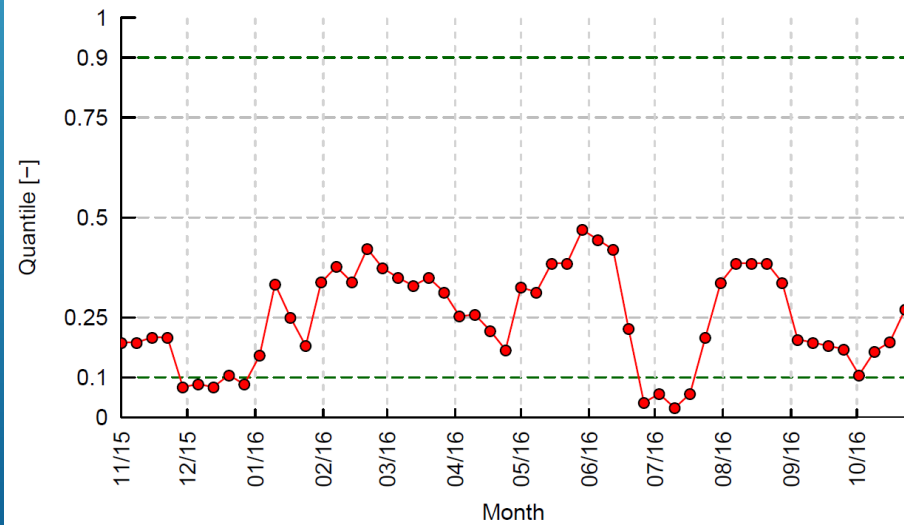


Monthly Boxplots of GW Level



Nehomogénny rad údajov

Probability of non-exceedence



WELL ID: 548

Textový výstup hodnotenia

LEVEL GREEN. All expected values are within norm: likely homogeneous.

Long term data:

from 1968-11-06
to 2015-10-28
sample size: 2452

všetky očakávané hodnoty sú v norme: lokalita je pravdepodobne homogénna
(výsledok podľa zadanej klasifikácie)

New data:

from 2015-11-04
to 2016-10-26
sample size: 52

informácie o dlhodobých údajoch (starom objekte) a nových údajoch (novom objekte)
(dátum od kedy do kedy meranie, počet údajov)

Table 1: Data record length (n) and number of values from the new data outside percentiles of the long term data, with critical amount in brackets.

	n	n<0.1	n>0.9	n<0.25	n>0.75
[-]	52	0 (5)	0 (5)	0 (13)	2 (13)
[%]	100	0	0	0	4

dĺžka záznamu údajov (n) a počet hodnôt z nových údajov mimo percentilov dlhodobých údajov s kritickým množstvom v zátvorkách.

Table 2: Yearly statistics showing sample size (n), mean and standard deviation for long term data (old) and new data.

	n	mean [m a.s.l.]	std[m]
old	47	156.07	1.1
new	1	156.45	NA

ročné štatistiky zobrazujúce veľkosť vzorky (počet rokov), priemernú hodnotu (m n. m.) a štandardnú odchýlku pre dlhodobé údaje (staré) a nové údaje (v metroch)

Table 3: Average long term GW levels (Havg, m a.s.l.), corresponding standard deviations (Hstd) and sample sizes (n) per month.

Month	Havg	Hstd	n
1	155.83	1.13	208
2	156.12	1.22	190
3	156.4	1.29	207
4	156.56	1.31	203
5	156.51	1.28	207
6	156.44	1.27	201
7	156.21	1.16	209
8	155.99	1.1	207
9	155.83	1.13	202
10	155.68	1.08	209
11	155.64	1.04	200
12	155.68	1.14	209

priemerné dlhodobé hladiny podzemnej vody (Havg, m n. m.), zodpovedajúce štandardné odchýlky (Hstd) a veľkosti vzoriek (počet) za mesiace

WELL ID: 548

 LEVEL GREEN. All expected values are within norm: likely homogeneous.

Long term data:
 from 1968-11-06
 to 2015-10-28
 sample size: 2452

New data:
 from 2015-11-04
 to 2016-10-26
 sample size: 52

Table 1: Data record length (n) and number of values from the new data outside percentiles of the long term data, with critical amount in brackets.

	n	n<0.1	n>0.9	n<0.25	n>0.75
[-]	52	0 (5)	0 (5)	0 (13)	2 (13)
[%]	100	0	0	0	4

Table 2: Yearly statistics showing sample size (n), mean and standard deviation for long term data (old) and new data.

	n	mean [m a.s.l.]	std[m]
old	47	156.07	1.1
new	1	156.45	NA

Table 3: Average long term GW levels (Havg, m a.s.l.), corresponding standard deviations (Hstd) and sample sizes (n) per month.

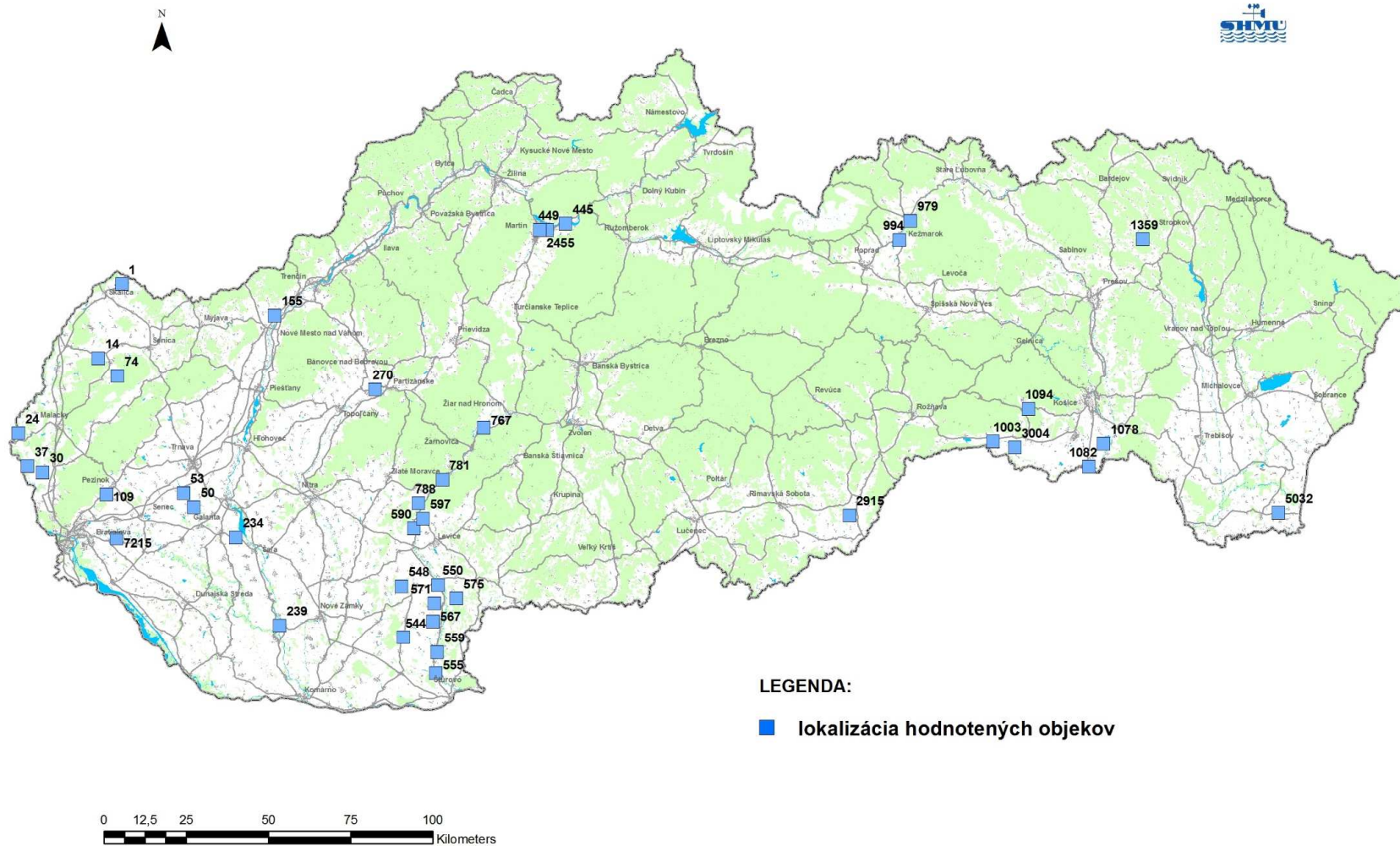
Month	Havg	Hstd	n
1	155.83	1.13	208
2	156.12	1.22	190
3	156.4	1.29	207
4	156.56	1.31	203
5	156.51	1.28	207
6	156.44	1.27	201
7	156.21	1.16	209
8	155.99	1.1	207
9	155.83	1.13	202
10	155.68	1.08	209
11	155.64	1.04	200
12	155.68	1.14	209

Vyhodnotenie podľa klasifikácie

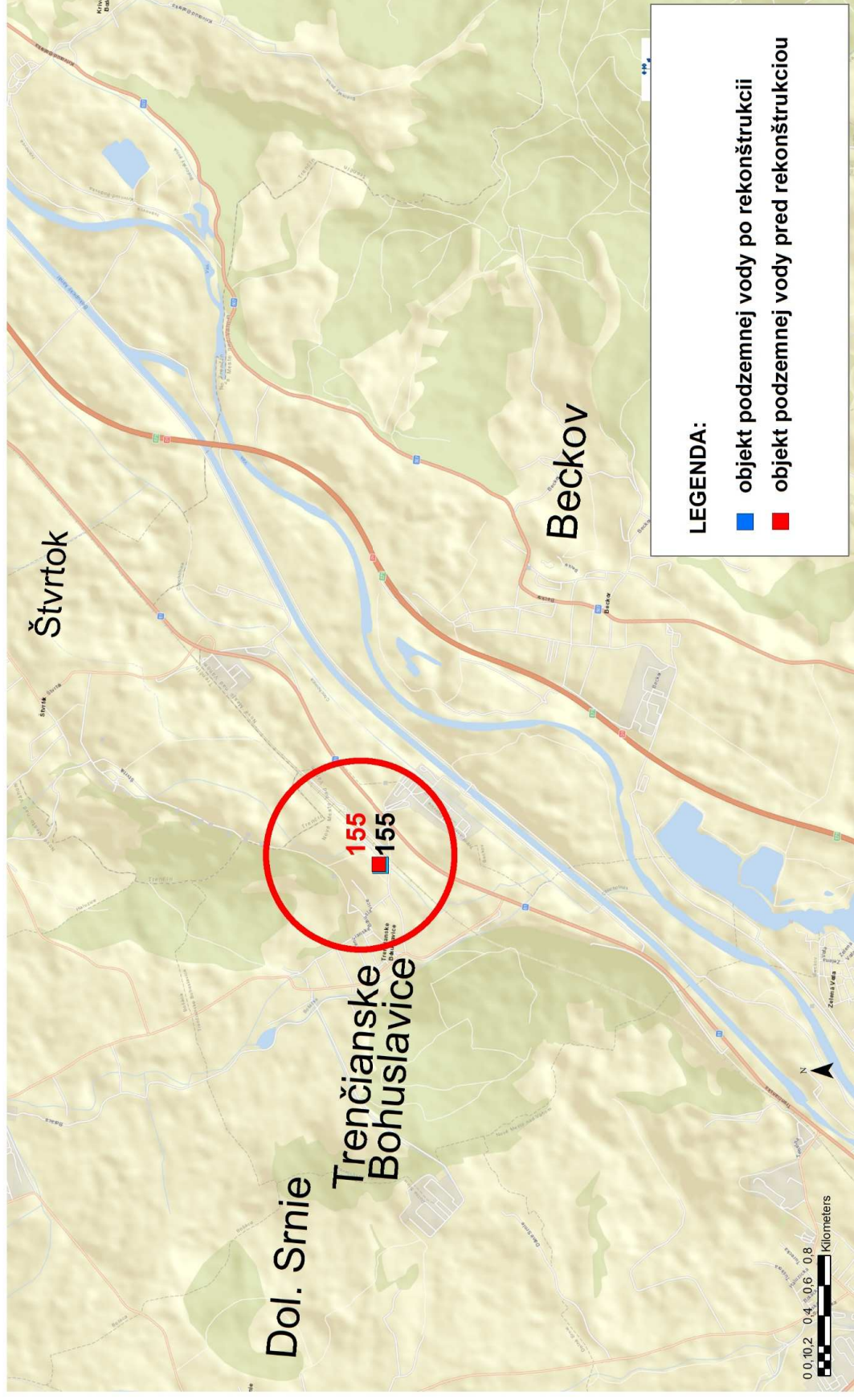
Vypočítané množstvo kritických hodnôt pre jednotlivé hladiny významnosti

Príklad a výsledky na 40 náhodne vybraných monitorovacích objektoch podzemnej vody

Vybraných 40 objektov pre hodnotenie režimu pred a po preruší merania



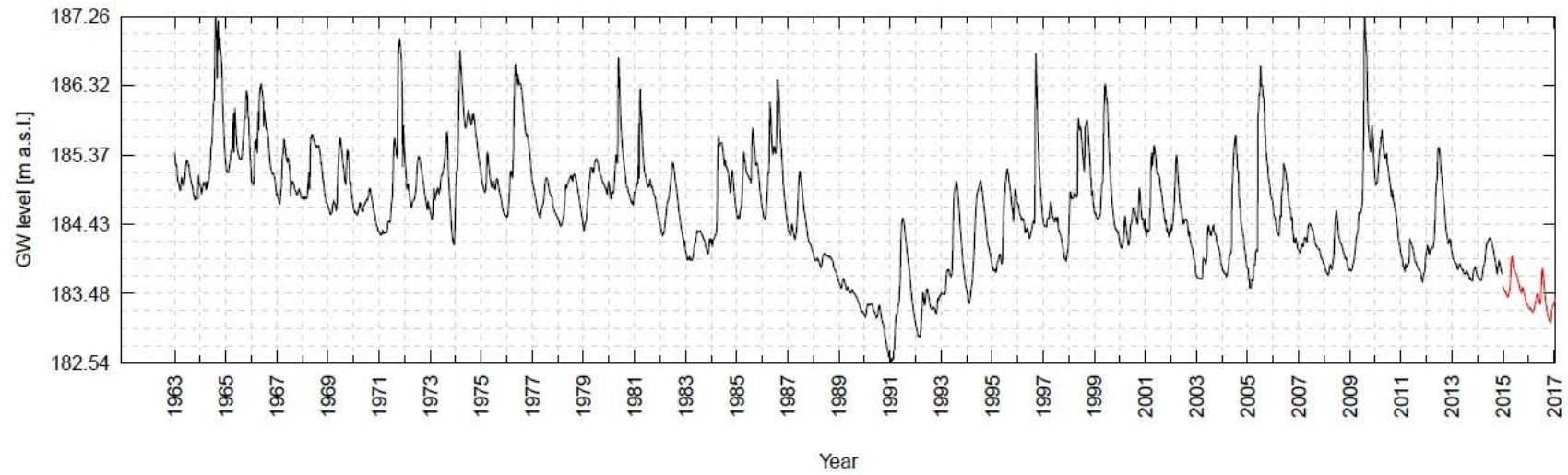
**LOKALIZÁCIA HODNOTENÝCH OBJEKTOV
objekt - 155 - TRENČIANSKE BOHUSLAVICE (VZÁJOMNÁ VZDIALENOSŤ 13 METROV)**



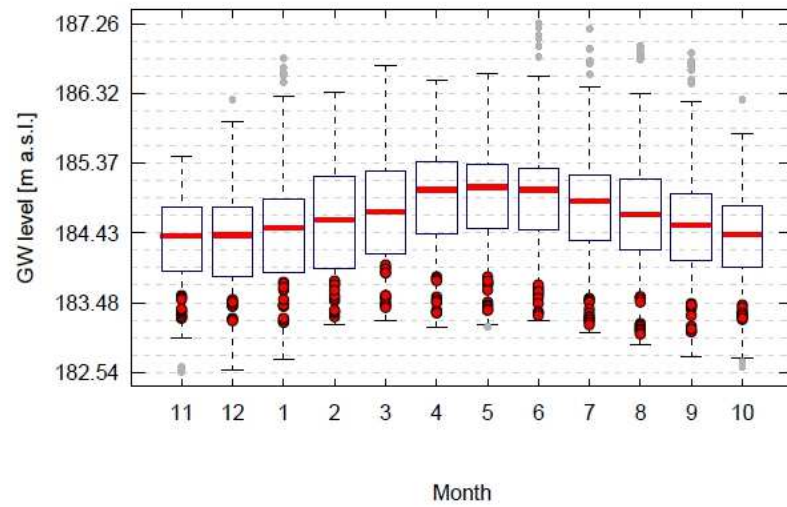
Station Number: 155

Sonda 155 – Trenčianske Bohuslavice – vzdialenosť 13 m

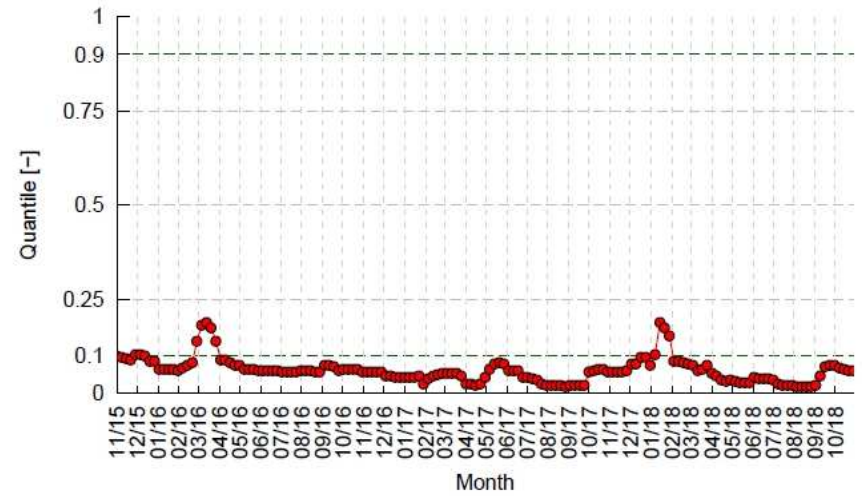
NÍZKY STUPEŇ
HOMOGENITY



Monthly Boxplots of GW Levels



Probability of non-exceedence



WELL ID: 155

LEVEL RED. Expected values $n < 0.1$ and $n < 0.25$ exceeded: the site is likely non-homogeneous with LOWER values in the new borehole.

NÍZKY STUPEŇ
HOMOGENITY

Long term data:

from 1963-11-06
to 2015-10-28
sample size: 2713

očekávané hodnoty n menej ako 0,1 a 0,25 boli prekročené: lokalita je pravdepodobne nehomogénna s NIŽŠÍMI hodnotami v novom vrte (výsledok podľa zadanej klasifikácie)

New data:

from 2015-11-04
to 2018-10-31
sample size: 157

Table 1: Data record length (n) and number of values from the new data outside percentiles of the long term data, with critical amount in brackets.

	n	$n < 0.1$	$n > 1.9$	$n < 0.25$	$n > 0.75$	
[-]	157	146 (16)	0	0 (1)	157 (39)	0 (39)
[%]	100	93	0	100	0	

počet hodnôt z nových údajov mimo percentilov dlhodobých údajov s kritickým množstvom v zátvorkách

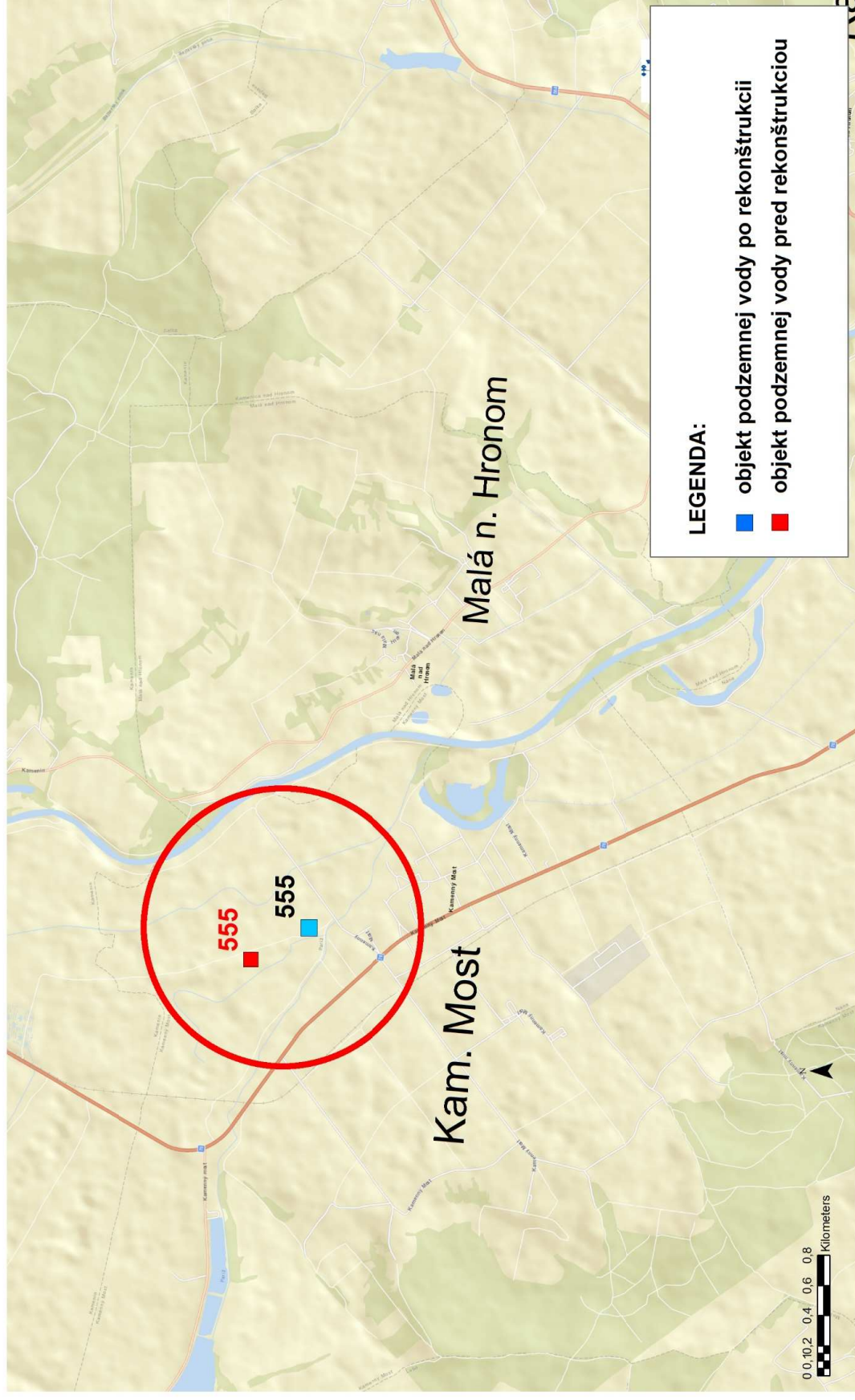
Table 2: Yearly statistics showing sample size (n), mean and standard deviation for long term data (old) and new data.

	n	mean [m a.s.l.]	std[m]
old	52	184.64	0.62
new	3	183.46	0.12

Table 3: Average long term GW levels (Havg, m a.s.l.), corresponding standard deviations (Hstd) and sample sizes (n) per month.

Month	Havg	Hstd	n
1	184.45	0.72	230
2	184.6	0.73	210
3	184.73	0.77	230
4	184.91	0.73	224
5	184.95	0.7	229
6	184.98	0.8	223
7	184.83	0.76	231
8	184.7	0.79	229
9	184.54	0.75	224
10	184.38	0.62	230
11	184.31	0.59	222
12	184.31	0.62	231

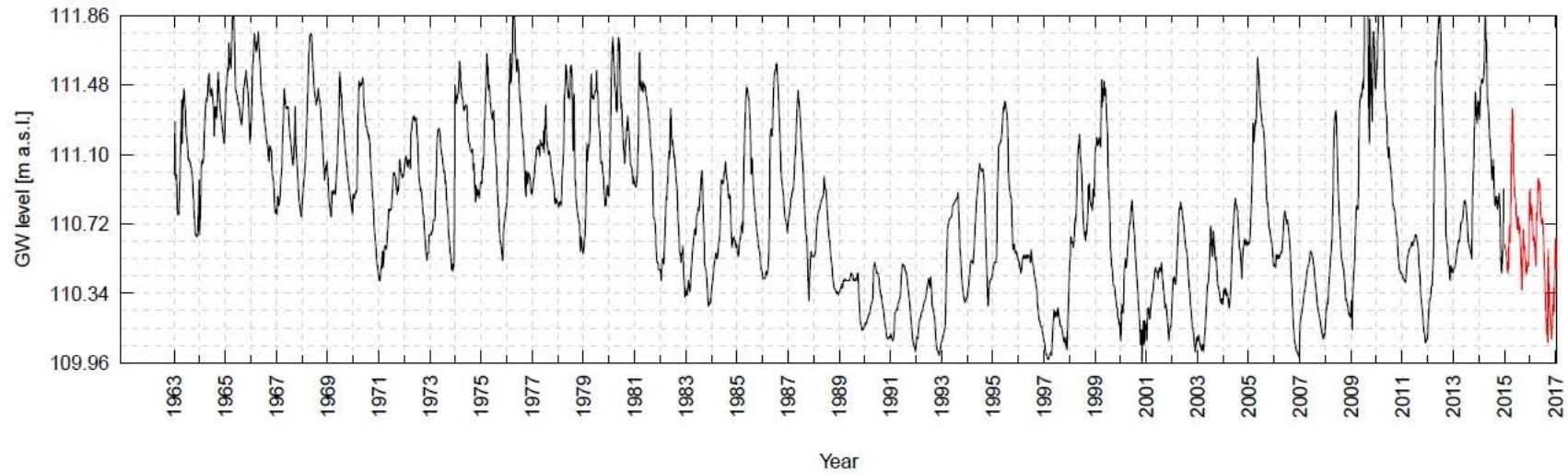
LOKALIZÁCIA HODNOTENÝCH OBJEKTOV objekt - 555 - KAMENNÝ MOST (VZÁJOMNÁ VZDIALENOSŤ 437 METROV)



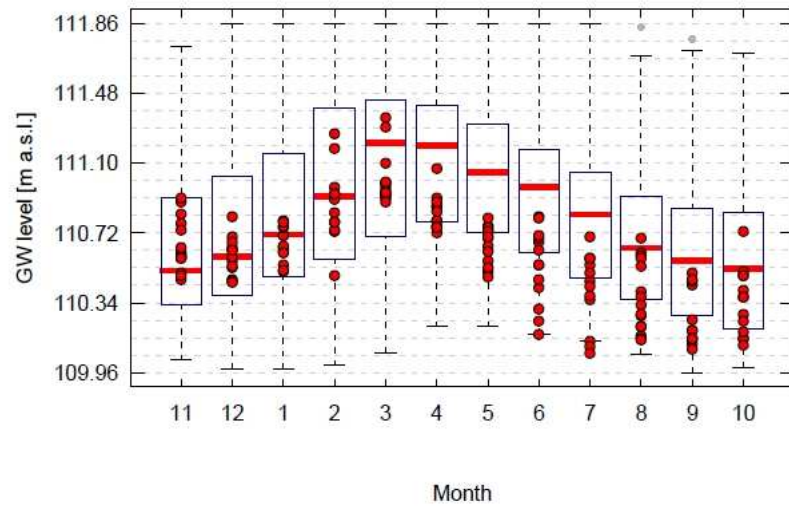
Station Number: 555

Sonda 555 – Kamenný Most – vzdialenosť m 437

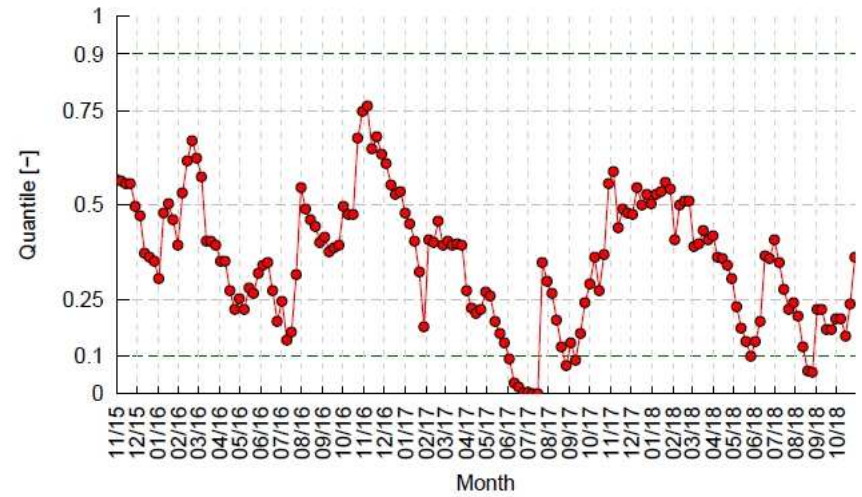
STREDNÝ STUPEŇ
HOMOGENITY



Monthly Boxplots of GW Levels



Probability of non-exceedence



WELL ID: 555

LEVEL ORANGE. Expected values $n < 0.1$ or $n < 0.25$ exceeded: there is an indication of non-homogeneity with LOWER values in new borehole.

STREDNÝ STUPEŇ
HOMOGENITY

Long term data:
from 1963-11-06
to 2015-10-28
sample size: 2713

očakávané hodnoty n menej ako 0,1 alebo 0,25 boli prekročené: existuje indikácia nehomogenity s NIŽŠÍMI hodnotami v novom vrte (výsledok podľa zadanej klasifikácie)

New data:
from 2015-11-04
to 2018-10-31
sample size: 157

Table 1: Data record length (n) and number of values from the new data outside percentiles of the long term data, with critical amount in brackets.

	n	$n < 0.1$	$n < 0.9$	$n < 0.25$	$n < 0.75$
[-]	157	11 (16)	0 (16)	47 (39)	1 (9)
[%]	100	7	0	30	1

počet hodnôt z nových údajov mimo percentilov dlhodobých údajov s kritickým množstvom v zátvorkách

Table 2: Yearly statistics showing sample size (n), mean and standard deviation for long term data (old) and new data.

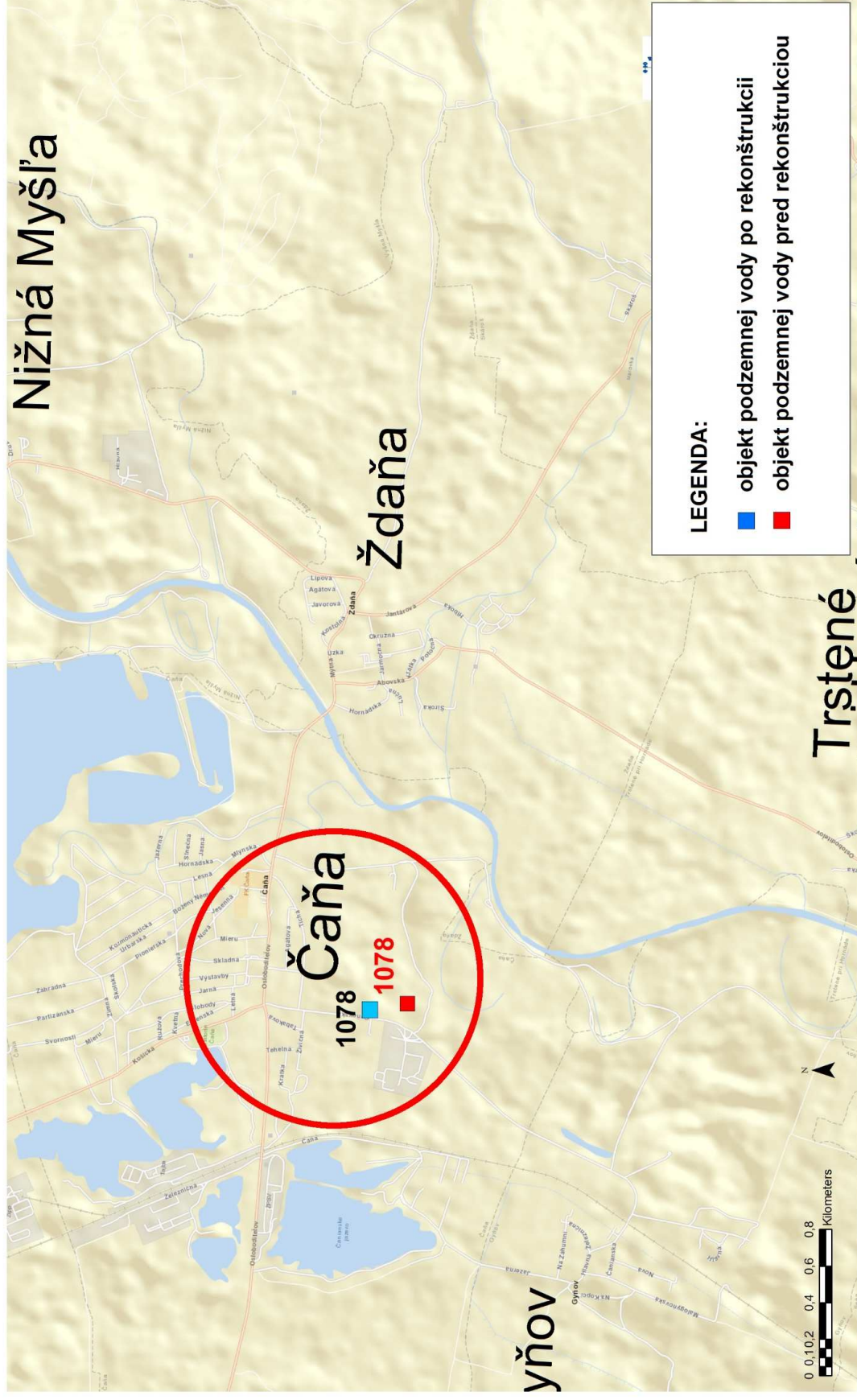
	n	mean [m a.s.l.]	std[m]
old	52	110.82	0.35
new	3	110.6	0.07

Table 3: Average long term GW levels (Havg, m a.s.l.), corresponding standard deviations (Hstd) and sample sizes (n) per month.

Month	Havg	Hstd	n
1	110.82	0.47	230
2	110.97	0.5	210
3	111.08	0.45	230
4	111.08	0.4	224
5	111.02	0.37	229
6	110.92	0.35	223
7	110.78	0.35	231
8	110.66	0.38	229
9	110.59	0.39	224
10	110.55	0.38	230
11	110.62	0.4	222
12	110.72	0.47	231

LOKALIZÁCIA HODNOTENÝCH OBJEKTŮV

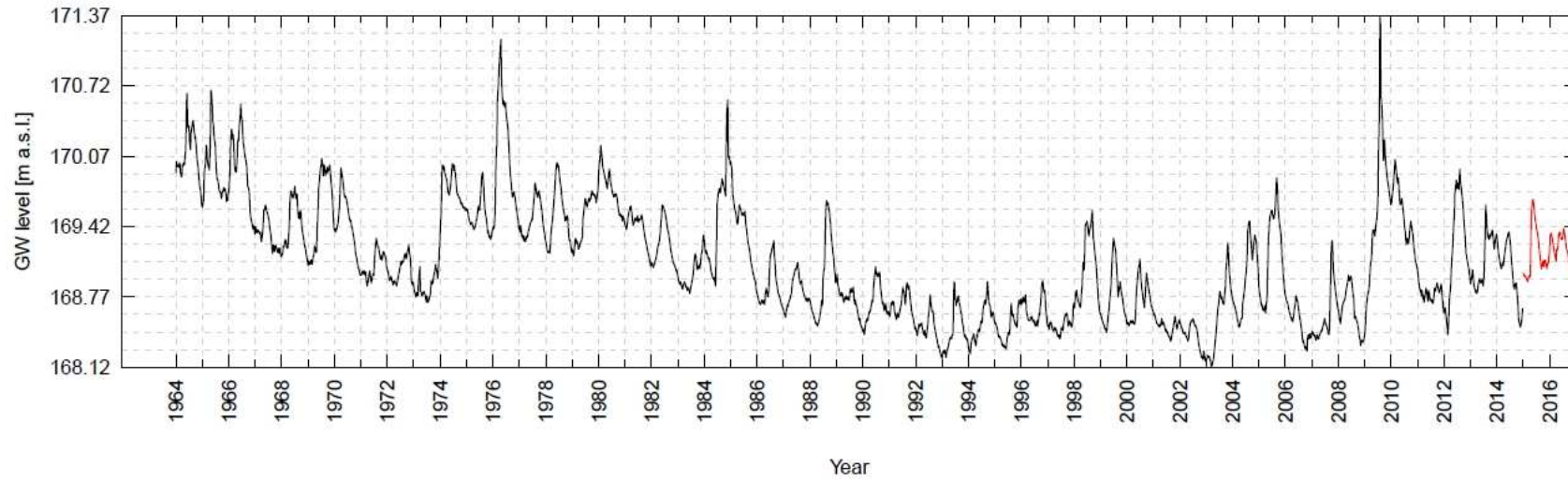
objekt - 1078 - ČAŇA (VZÁJOMNÁ VZDIALENOSŤ 210 METROV)



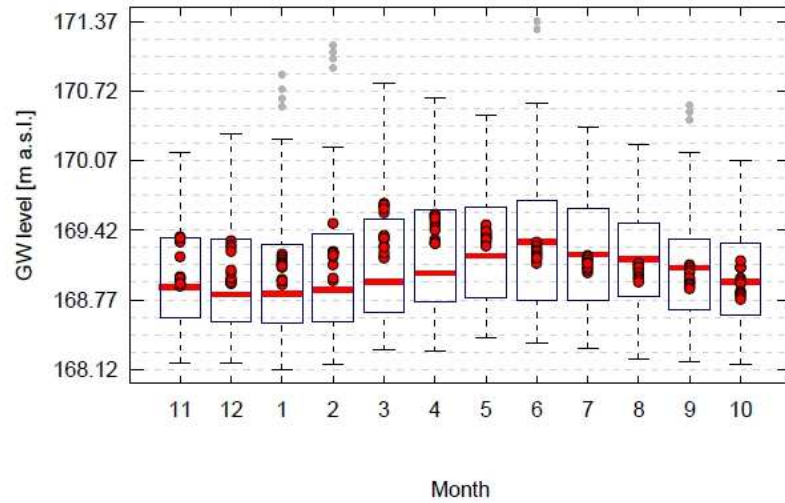
Station Number: 1078

Sonda 1078 – Čaňa – vzdialenosť od starého 210 m

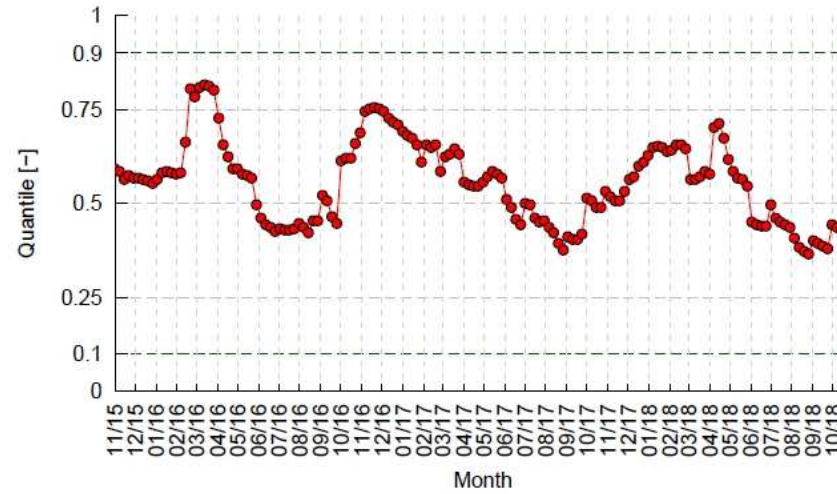
VYSOKÝ STUPEŇ
HOMOGENITY



Monthly Boxplots of GW Levels



Probability of non-exceedence



WELL ID: 1078

LEVEL GREEN. All expected values are within norm: likely homogeneous.

Long term data:
from 1964-11-04
to 2015-10-28
sample size: 2661

**všetky očakávané hodnoty sú v norme: lokalita je pravdepodobne homogénna
(výsledok podľa zadanej klasifikácie)**

VYSOKÝ STUPEŇ
HOMOGENITY

New data:
from 2015-11-04
to 2018-10-31
sample size: 157

Table 1: Data record length (n) and number of values from the new data outside percentiles of the long term data, with critical amount in brackets.

	n	n<0.1	n>0.9	n<0.25	n>0.75
[-]	157	0 (16)	0 (16)	0 (39)	9 (39)
[%]	100	0	0	0	6

**počet hodnôt z nových údajov mimo percentilov dlhodobých údajov s
kritickým množstvom v zátvorkách**

Table 2: Yearly statistics showing sample size (n), mean and standard deviation for long term data (old) and new data.

	n	mean [m a.s.l.]	std[m]
old	51	169.1	0.48
new	3	169.16	0.05

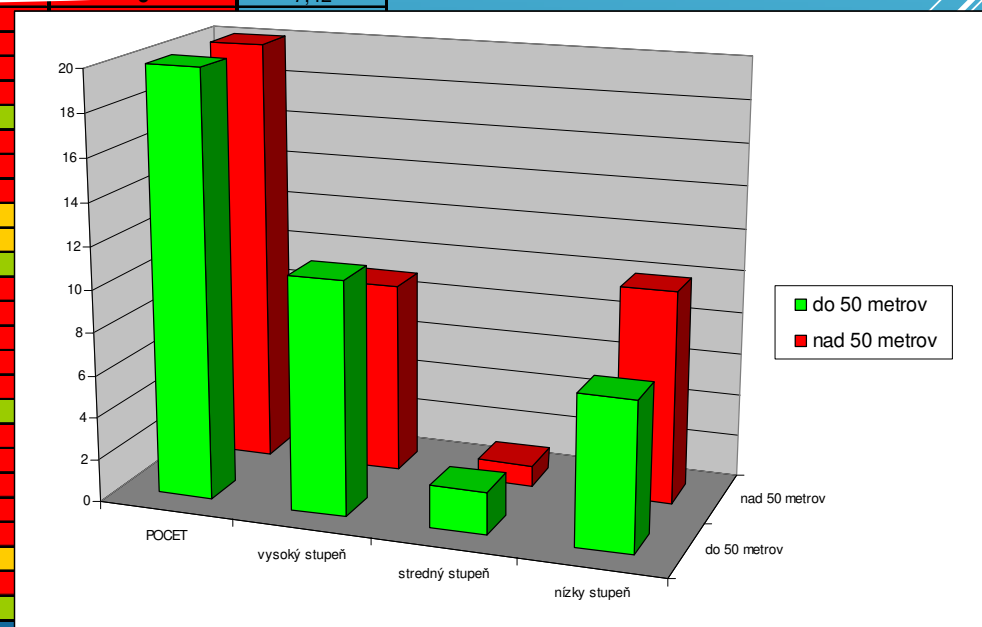
Table 3: Average long term GW levels (Havg, m a.s.l.), corresponding standard deviations (Hstd) and sample sizes (n) per month.

Month	Havg	Hstd	n
1	168.99	0.55	225
2	169.02	0.58	206
3	169.13	0.6	226
4	169.21	0.58	219
5	169.24	0.54	225
6	169.28	0.57	219
7	169.19	0.5	226
8	169.14	0.46	225
9	169.07	0.48	219
10	168.98	0.44	226
11	168.97	0.47	218
12	169	0.54	227

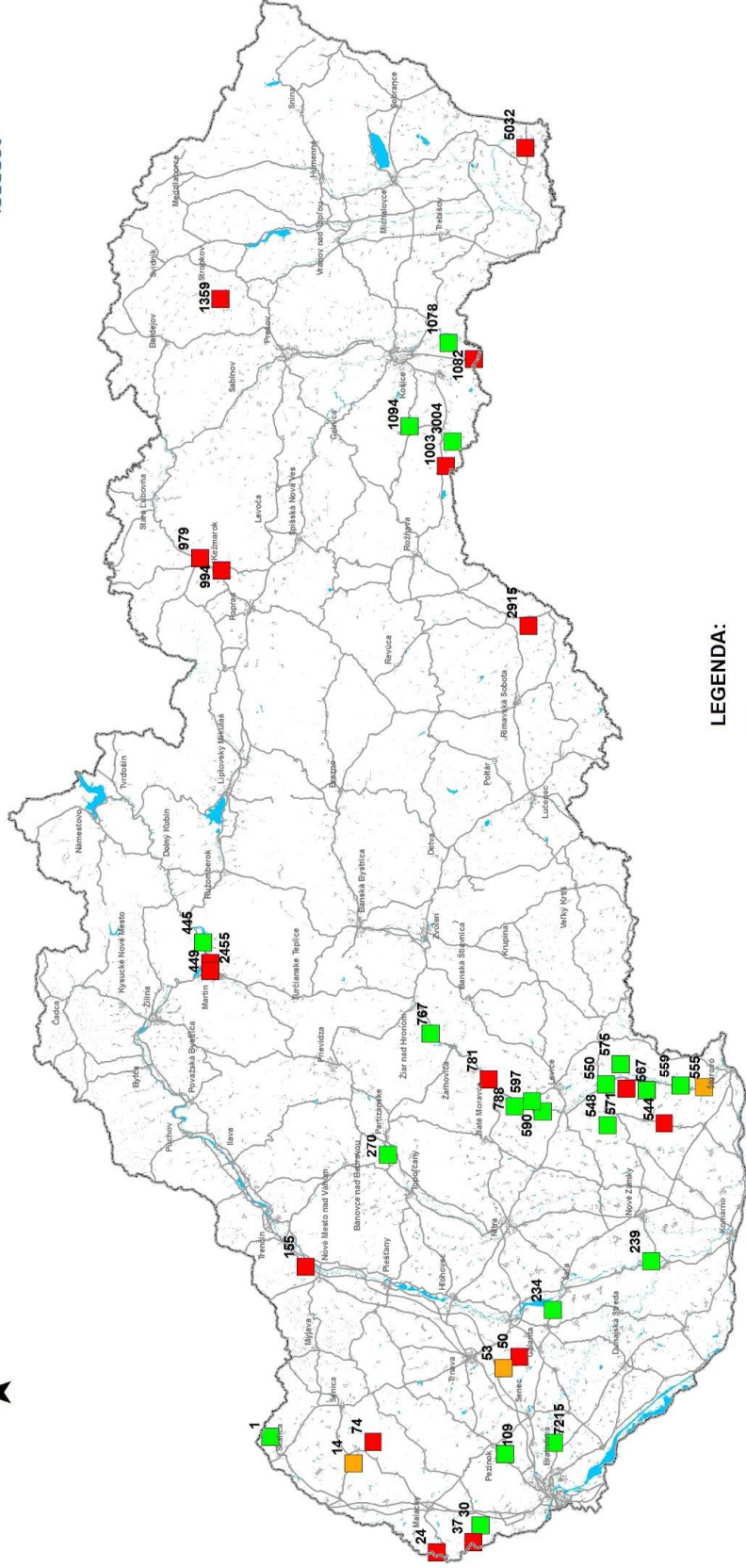
Vyhodnotenie homogenity na 40 vybraných objektoch (rôzne dlhé historické rady voči posledným 3 rokom nových meraní)

ČÍSLO STANICE	NAZOV STANICE	RAD POZOROVANI			VYHODNOTENIE	VZDIALENOSŤ
		CELY RAD POZOROVANIA	10 ROKOV POZOROVANIA	5 ROKOV POZOROVANIA		
1	SKALICA	1	2	3	1	5,81
14	ŠAŠTÍN	2	3	3	2	7,37
24	SUCHOHRAD	3	3	3	3	4,93
30	ZOHOR	1	1	1	1	6,87
37	VYSOKÁ PRI MOPNE	3	3	3	3	44,26
50	ABRAHÁM	3	3	3	3	105,79
53	VODERADY	2	1	2	2	4,46
74	BÍLKOVE HUMENCE	3	3	3	3	5,47
109	PEZINOK-GRINAVA	3	1	1	1	4,14
155	TRENČIANSKE BOHUSLAVICE	3	3	3	3	13,62
234	KAJAL	1	3	3	1	651,99
239	DEDINA MLÁDEŽE	3	1	2	2	489,90
270	ŽABOKREKY NAD NITROU	1	2	3	1	260,61
445	TURANY-OBEC	2	1	3	1	107,74
449	SUČANY	3	3	3	3	7,42
544	VEĽKÉ LUDINCE	3	3	3	3	
548	MEDVECKÉ	1	2	3	3	
550	ŠAROVCE	1	1	3	3	
555	KAMENNÝ MOST	2	1	3	3	
559	BÍŇA-HRON	3	1	1	1	
567	DOMAŠA-ZÁPAD	1	2	3	3	
571	ŽELIEZOVCE	3	3	3	3	
575	SÍKENICA-TRHYNA-V. PESEK	1	3	3	3	
590	NOVÝ TEKOV	1	1	2	2	
597	VEĽKÉ KOZMÁLOVCE-STANICA	1	1	2	2	
767	DOLNA ŽDAŇA-HLINÍK N. H.	3	3	1	1	
781	TEKOVSKÁ BREZNICA-OBEC	3	3	3	3	
788	KOZÁROVCE-PRI KOSTOLE	1	3	3	3	
979	SPIŠSKÁ BELÁ	3	3	3	3	
994	KEŽMAROK	3	3	3	3	
1003	TURŇA NAD BODVOU	3	3	3	3	
1078	ČAŇA	1	2	1	1	
1082	MILHOŠŤ	3	3	3	3	
1094	RUDNÍK	1	1	3	3	
1359	MARHAN	3	3	3	3	
2455	MARTIN-PRIEKOPA	3	3	3	3	
2915	RUMINCE	3	3	3	3	
3004	PEDER	1	1	2	2	
5032	BAČKA N-32	3	3	3	3	
7215	MALINOVO	2	2	1	1	

- vzdialenosť objektov nemusí byť hlavným dôvodom zmeny
- je pravdepodobný prejav sucha na režim hladín podzemnej vody



Vyhodnotenie homogenity radov údajov (nových voči starým) na vybraných 40 objektoch monitorovacej siete kvantitvy podzemnej vody



Vyhodnotenie vybraných objektov, výhody daného prístupu hodnotenia a jeho uplatnenie

Pri vyhodnotených objektoch sme identifikovali:

- prejavujúci sa vplyv suchého obdobia (hydrologické sucho) v posledných rokoch s anomálnym režimom voči dlhodobým meraniam
- pri použití rôznych dĺžok radov historických údajov sme eliminovali antropogénny vplyv, ktorý mení režim a možnú homogenitu údajov
- identifikovali sme čiastočný súvis zmeny režimu na základe vzdialenosti nového objektu voči starému objektu

Výhody daného prístupu hodnotenia a jeho uplatnenie:

- analyzovanie veľkého počtu objektov pri uplatnení rôznych kritérií a veľkom počte údajov
- možnosť využitia pre korektné spravovanie databázových údajov kvantity podzemnej vody (identifikácia homogenity časových radov údajov s prerušením a ich klasifikácia)
- možnosť zachytenia antropogénnych anomálií v časových radoch údajov v rôznych obdobiach a prejavy hydrologického sucha na monitorovaciu sieť kvantity podzemnej vody

Ďakujem za pozornosť.

