

Vyhodnotenie významných trvalo vzostupných trendov v štátnej hydrologickej sieti kvality podzemných vôd



SLOVENSKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
RÓBERT CHRIAŠTEL,



Hodnotenie trendov v podzemných vodách v povodí Dunaja

Účel hodnotenia:

- Získanie informácií o vývoji kvality podzemných vôd na území SR;
- Získanie podkladov k optimalizácii programu monitorovania kvality podzemných vôd;
- Získanie podkladov k identifikácii významných trvalo vzostupných trendov na úrovni útvarov podzemných vôd (požiadavka vyplývajúca z RSV).

Prípravné práce:

- Stanovenie vhodnej dĺžky hodnotených časových radov a minimálnych požiadaviek na časové rady;
- Definovanie vhodného systému substitúcie výsledkov chemických analýz pod LOQ číselnou hodnotou (cenzorovanie štatistických údajov);
- Určenie vhodného spôsobu agregácie údajov na úrovni MM;
- Definovanie vhodných metód identifikácie štatistickej významnosti trendu;
- Určenie kritérií pre vyhodnotenie významných trvalo vzostupných trendov.



Použité metódy a prístupy

Stanovenie vhodnej dĺžky hodnotených časových radov:

- Dostatočný počet údajov pre štatistické hodnotenie;
- Výkon analytických prác rovnakými metódami;
- Zachytenie aktuálnych trendov;
- Zvolené obdobie – 9 rokov **(2007-2015)**.

Minimálne požiadavky na časové rady:

- Minimálny rozsah časových radov je 6 rokov;
- Medzera medzi pozorovaniami v rámci časového radu nesmie presiahnuť 1 rok;
- Posledné pozorovania musia byť vykonávané minimálne v roku 2014;
- Podiel meraní pod LOQ nesmie presiahnuť 50%;
- Podiel unikátnych hodnôt v časovom rade po substitúcii LOQ musí tvoriť minimálne 50 % z jeho rozsahu.



Použité metódy a prístupy

System substitúcie výsledkov chemických analýz pod LOQ číselnou hodnotou (cenzorovanie štatistických údajov):

- Potreba nahradenia meraní pod LOQ číselnou hodnotou;
- Možnosť vnášania umelých trendov zmenou LOQ použitých metód;
- Zvolená metóda – **LOQ Max.**

Spôsob agregácie údajov

- Nerovnaká frekvencia monitorovania (1-4/rok);
- Eliminácia vplyvu odľahlých hodnôt na celkové hodnotenie trendov;
- Zvolená metóda – **Medián / rok.**

Testovania štatistickej významnosti trendu;

- Zvolená hladina významnosti $\alpha=0,05$:
 - Štatistický súbor vykazuje normálne rozdelenie údajov – **ANOVA;**
 - Štatistický súbor nevykazuje normálne rozdelenie údajov – **Mann-Kendall.**
 - Testovanie rozdelenia hodnôt časových radoch
 - Shapiro-Wilkov test, Lillieforsova varianta Kolmogorov-Smirnovovho testu.

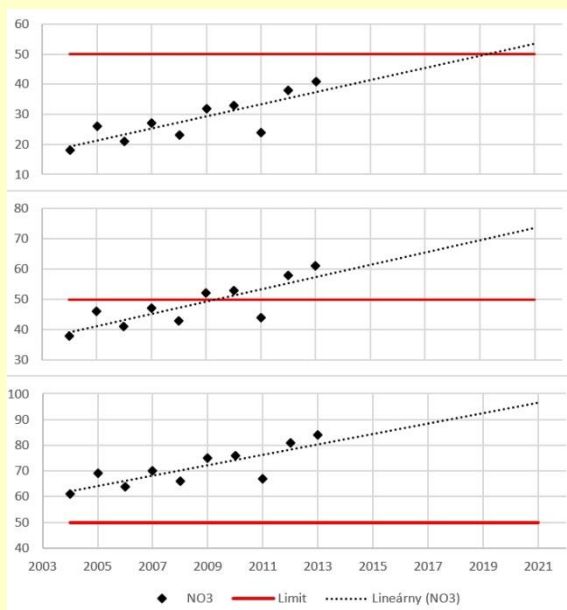


Použité metódy a prístupy

Určenie smeru trendu:

- **ANOVA** - Smernica regresnej priamky lineárneho trendu;
- **Mann-Kendall** – Hodnota vypočítanej štatistiky S

Určenie kritérií pre vyhodnotenie významných trvalo vzostupných trendov.



- v časovom rade je na hladine významnosti $\alpha=0,05$ identifikovaný stúpajúci štatistický významný trend a súčasne,
- prognózovaná hodnota lineárneho trendu pre rok 2021 je vyššia ako príslušná limitná hodnota.

Prognózovanie hodnoty lineárneho trendu pre rok 2021

- Senova metóda určenia sklonu lineárneho trendu – časový rad nevykazuje normálne rozdelenie
- Lineárna regresia - časový rad vykazuje normálne rozdelenie

Príprava údajov

- Vyraďovanie údajov nespĺňajúcich limitné kritériá.
- Transformácia údajov pod LOQ podľa stanovených kritérií.
- Kalkulácia agregovaných ročných koncentrácií hodnotených ukazovateľov.

Hodnotenie trendov

1) Vyhodnotenie trendov na úrovni monitorovacích miest

- Testovanie rozdelenia údajov a štatistickej významnosti trendov ($\alpha=0,05$);
- Identifikácia št. význ. trendov (Regresná analýza: sklon; ANOVA : p-hodnota; Mann-Kendall: hodnota S);
- Vizuálne posúdenie grafov z časových radov, v ktorých bol identifikovaný štatisticky významný trend.
- Výpočet parametrov priamky lineárneho trendu a hodnoty s priemetom do roku 2021 pomocou regresného modelu alebo Senovej neparametrickej metódy (X_{21}) pri stúpajúcich trendoch;
- Identifikácia významných trvalo vzostupných trendov - porovnanie hodnoty X_{21} s príslušnými limitnými hodnotami ;
- Spracovanie výstupných tabuliek a grafov.

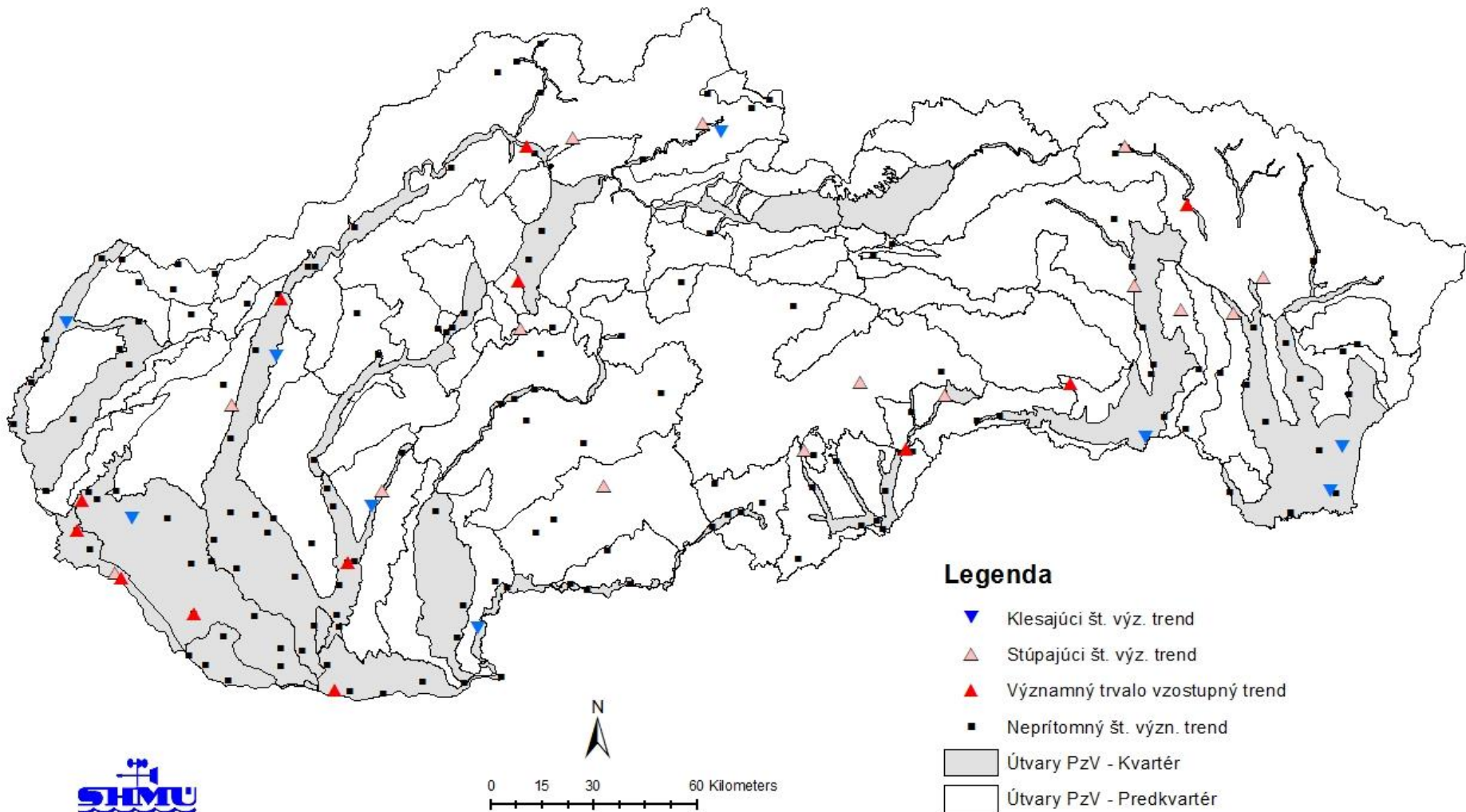


Výsledky hodnotenia trendov

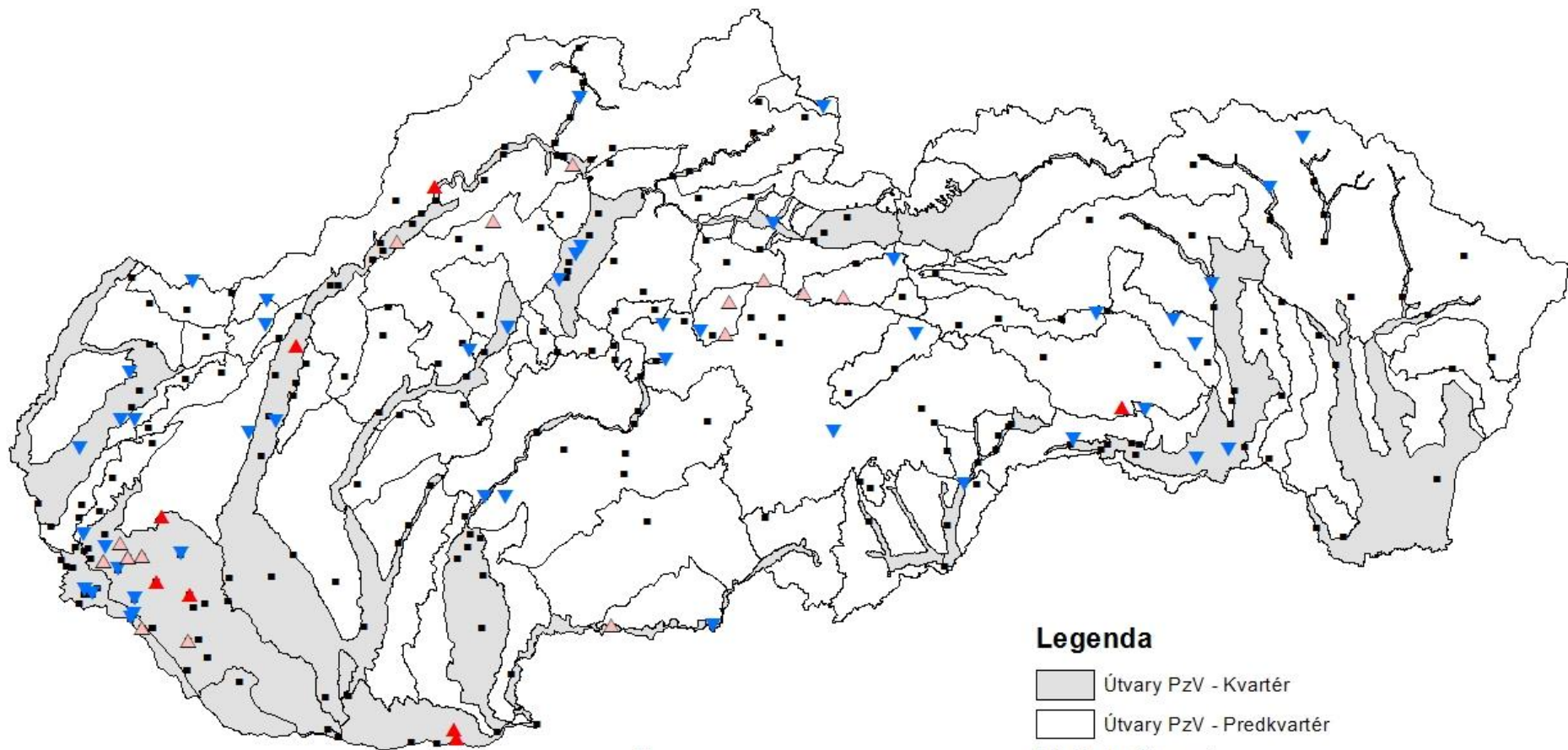
Prehľad počtu časových radov vstupujúcich do hodnotenia trendov a počtov štatisticky významných trendov vyhodnotených na úrovni MM.

Ukazovateľ	Celkový počet časových radov	Stúpajúci št. výz. trend	Klesajúci št. výz. trend	Neprítomný št. význ. trend
SO4	421	36	122	263
Cl	403	45	69	289
NO3	315	26	48	241
Zn	219	5	10	204
NH4	187	27	9	151
TOC	181	9	17	155
CHSK-Mn	149	10	1	138
As	22	2	4	16
NO2	21	1	2	18
1,1,2,2-tetrachlóretén	18	2	9	7
1,1,2-trichlóretén	18		7	11
Atrazín	15		4	11
Cd	9		1	8
Al	8			8
Cu	6	1		5
Ni	4			4
1,2-dichlórbenzén	1			1
1,3-dichlórbenzén	1			1
Benzén	1		1	
Hg	1			1
Chlórbenzén	1			1
Celkový súčet	2001	164	304	1533

Vyhodnotenie trendov v podzemných vodách za roky 2007-2015 - NH4



Vyhodnotenie trendov v podzemných vodách za roky 2007-2015 - NO3

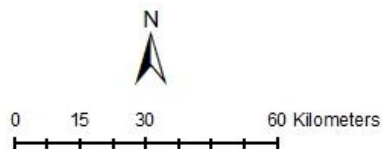


Legenda

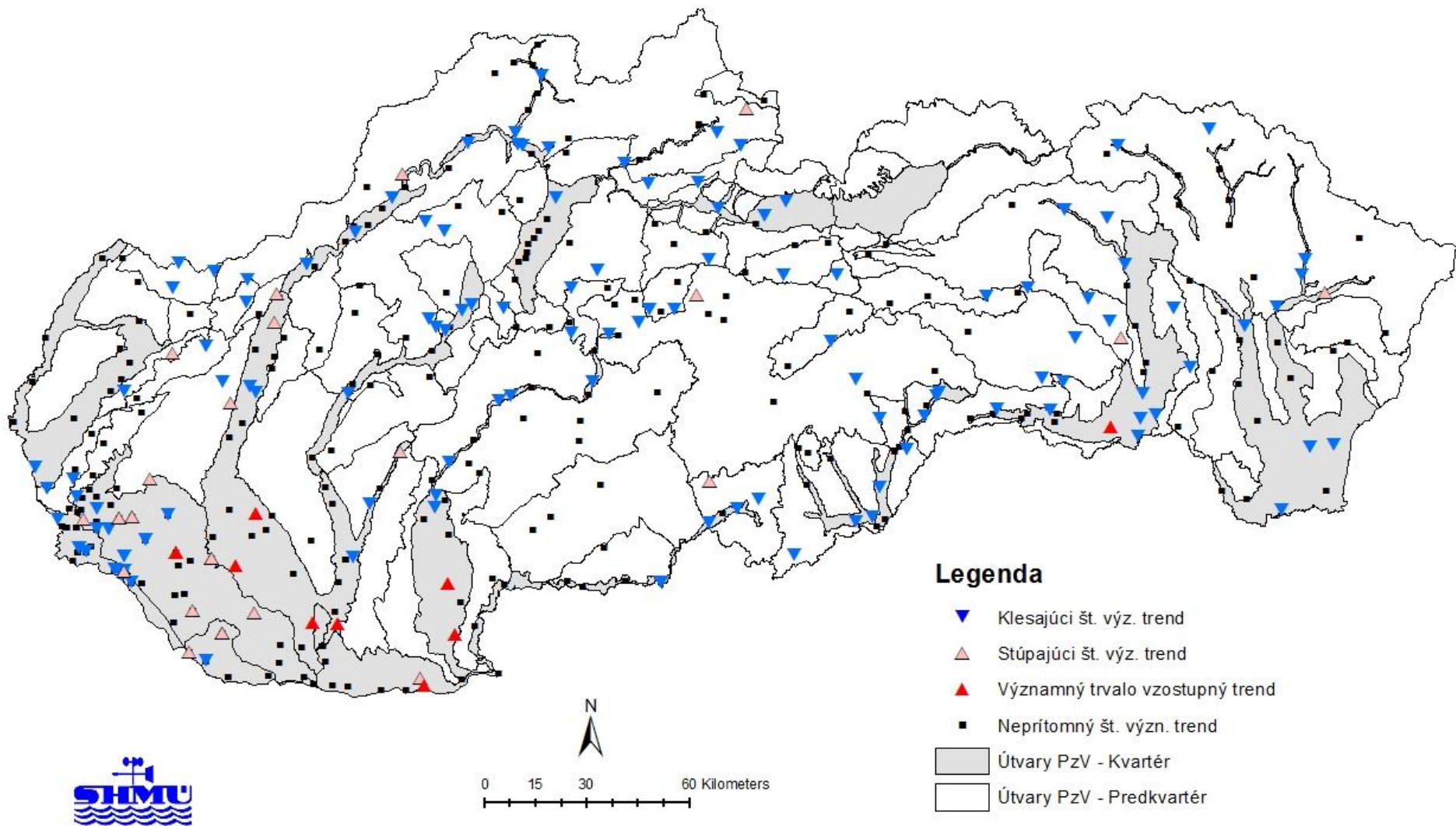
- Útvary PzV - Kvartér
- Útvary PzV - Predkvartér

Výsledný trend

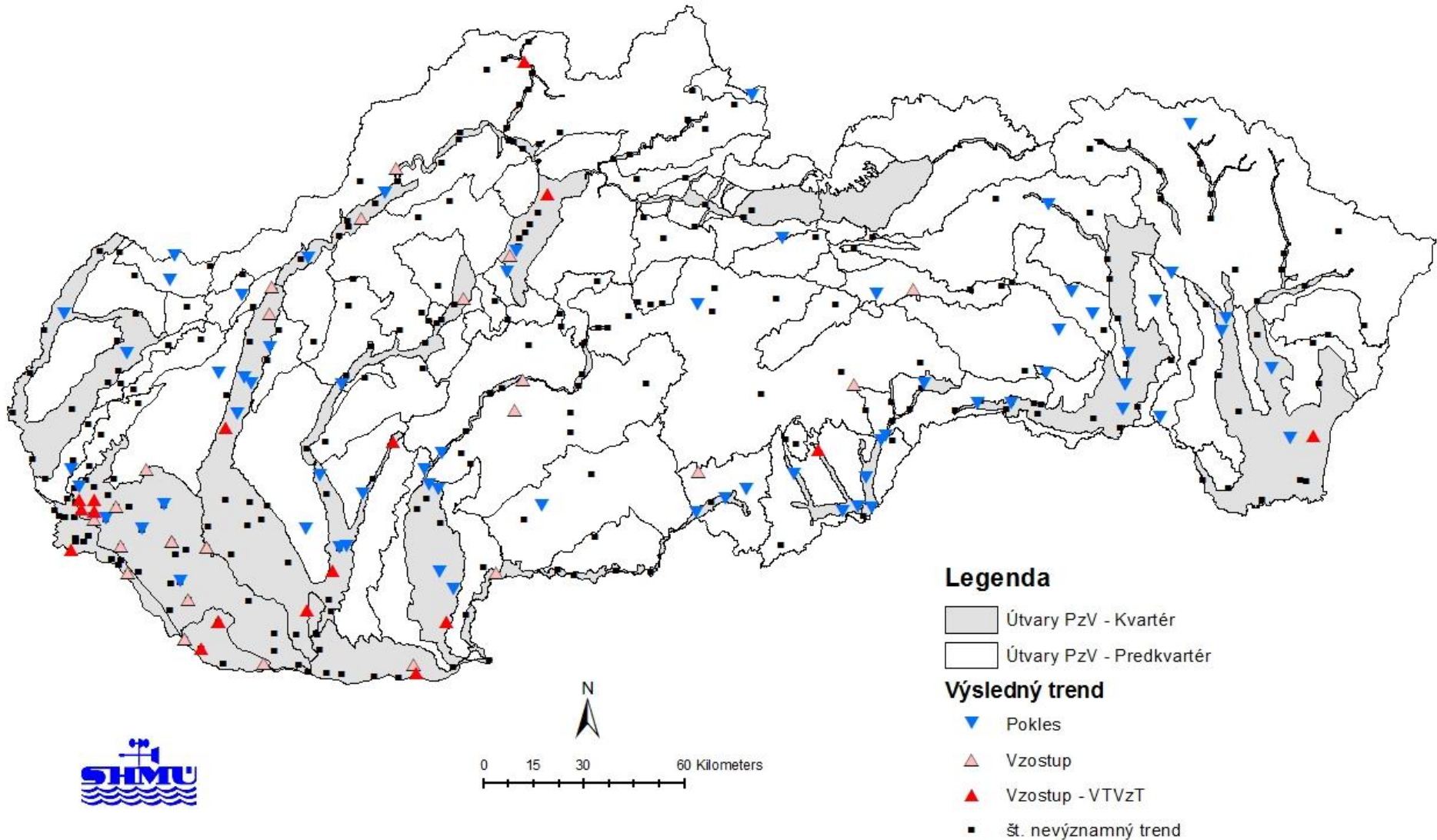
- Pokles
- Vzostup
- Vzostup - VTVzT
- št. nevýznamný trend



Vyhodnotenie trendov v podzemných vodách za roky 2007-2015 - SO4



Vyhodnotenie trendov v podzemných vodách za roky 2007-2015 - CI





Výsledky hodnotenia trendov

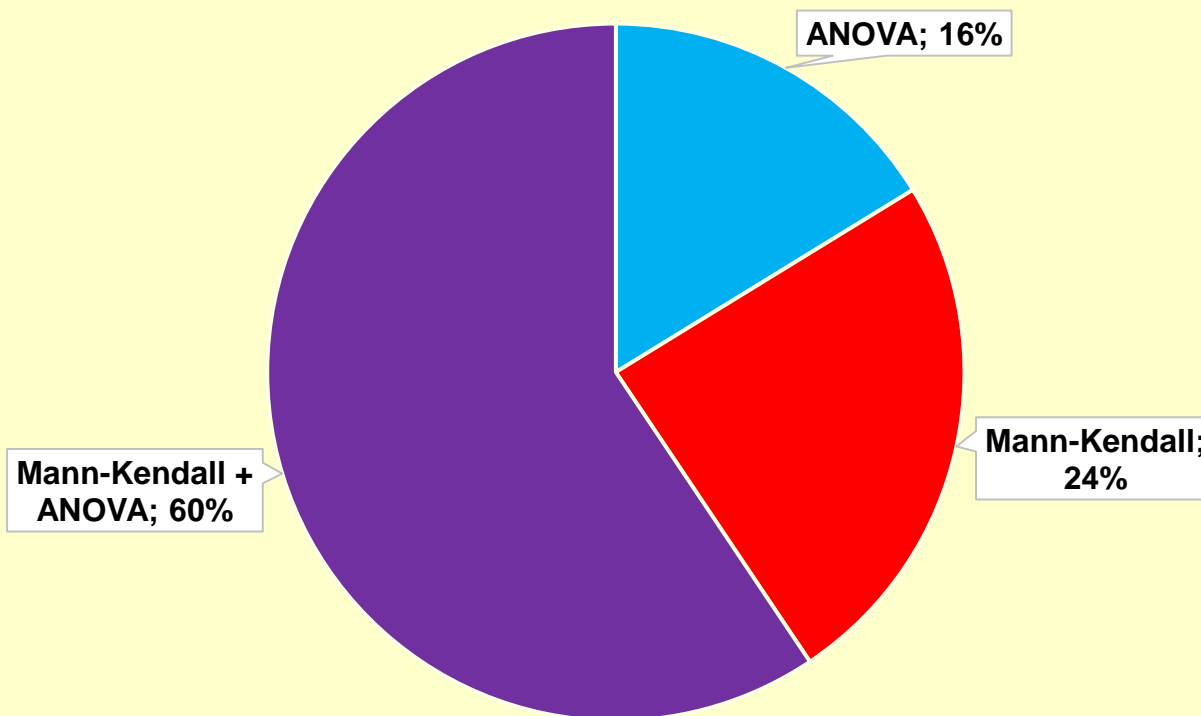
Prehľad počtu časových radov vykazujúcich normálne rozdelenie údajov.

Ukazovateľ	ÁNO	NIE	Spolu	Áno v %
SO4	365	56	421	87%
Cl	348	55	403	86%
NO3	263	52	315	83%
Zn	109	110	219	50%
NH4	133	54	187	71%
TOC	122	59	181	67%
CHSK-Mn	99	50	149	66%
As	19	3	22	86%
NO2	15	6	21	71%
1,1,2,2-tetrachlóretén	15	3	18	83%
1,1,2-trichlóretén	7	11	18	39%
Atrazín	7	8	15	47%
Cd	7	2	9	78%
Al	2	6	8	25%
Cu	3	3	6	50%
Ni	2	2	4	50%
1,2-dichlórbenzén	1		1	100%
1,3-dichlórbenzén	1		1	100%
Benzén	1		1	100%
Hg		1	1	0%
Chlórbenzén	1		1	100%
Celkový súčet	1520	481	2001	76%



Výsledky hodnotenia trendov

Percentuálny podiel identifikovaných štatisticky významných trendov v závislosti od použitej metódy



Pozn.: Počet všetkých št. významných trendov 468



Výsledky hodnotenie trendov

Prehľad počtu monitorovacích miest s výskytom významných a trvalo vzostupných trendov

Útvar PzV	Cl	NH4	SO4	NO3	As	CHSK-Mn	PCE	TOC	Spolu
SK1000300P	5	2	1	3					11
SK1000400P	4	2	3	1					10
SK1000200P	3	2			1				6
SK1000500P	2	2		1		1			6
SK1000600P	1	1	1	1					4
SK1000700P	1		2					1	4
SK1001200P			1				1		2
SK1000100P						1			1
SK1000900P	1								1
SK1001100P		1							1
SK1001300P		1							1
SK1001500P	1								1
SK2000500P				1					1
SK2001000P			1						1
SK200280FK					1				1
SK200500FK				1					1
SK2005300P		1							1
Spolu	18	12	9	8	2	2	1	1	53

Vyhodnotenie trendov v podzemných vodách za roky 2007-2015 - VTVzT

