



# VODNÍ ZDROJE, a.s.

Jindřicha Plachty 535/16, 150 00 Praha 5, Česká republika

HYDROGEOLOGY - REMEDIATION -  
ENVIRONMENT

HYDROGEOLOGIE - SANACE - ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



NÁRODNÍ  
CENA KVALITY  
ČESKÉ REPUBLIKY



**EFQM**  
Committed to Excellence  
2016

NATIONAL QUALITY AWARD OF THE CZECH REPUBLIC 2016

[www.vodnizdroje.cz](http://www.vodnizdroje.cz)



# PRODUKČNÍ ANALÝZA VODÁRENSKÝCH VRTŮ

RNDr. František Pastuszek, VODNÍ ZDROJE, a.s.  
Mgr. Ivo Černý, VODNÍ ZDROJE, a.s.

## CO JE PRODUKČNÍ ANALÝZA ?

Pojem produkční analýza hydrogeologických vrtů/objektů (dále jen PA) zahrnuje celou řadu výpočetních postupů, pomocí nichž lze na základě režimních měření hladin a vydatností sledovat a predikovat chování těchto objektů především z hlediska jejich stárnutí případně technických změn. Predikcí těchto změn můžeme následně provádět odhady budoucího rozvoje např. procesů stárnutí, zvyšování vstupních hydraulických odporů apod. Lze tak provádět odhady, kdy bude třeba na vrtech naplánovat jejich regeneraci nebo počítat s potřebou vybudovat náhradní zdroj (pokud by regenerace již nebyla dostatečně účinná či ekonomická).

## HISTORIE

Postupy **PA** byly a doposud jsou používány při těžbě nafty a plynu. První použití **PA** se datuje do 20.-tých let minulého století (R.J.Johnson, A.L.Bolens, 1928; H.N.Marsh, 1928). Jednalo se o semiempirické hodnocení produktivity naftových vrtů. V roce 1945 přichází J.J.Arps (J.J.Arps, 1945) s postupy, které umožňují kvantifikaci a časovou predikci použitím specifické analýzy. Od 60.-tých let minulého století jsou tyto postupy dále rozvíjeny (Fetkovich, 1984; Horner, 1987; T.Blasingame, 2007), jsou však orientovány čistě na naftovou a plynovou problematiku. Avšak žádný z těchto postupů nebyl použit pro vodohospodářskou potřebu. Teprve v roce 2016 (F.Pastuzek, 2016, 2017) byly prezentovány první výsledky kvantitativního sledování vlivu regenerace na změnu hydraulických odporů hydrogeologických vrtů pomocí analýzy úvodních částí čerpacích zkoušek. V současné době byla zpracována první produkční analýza exploatačních vrtů v jímacím území Řepín – Mělnická Vrutice (F.Pastuszek, 2018).

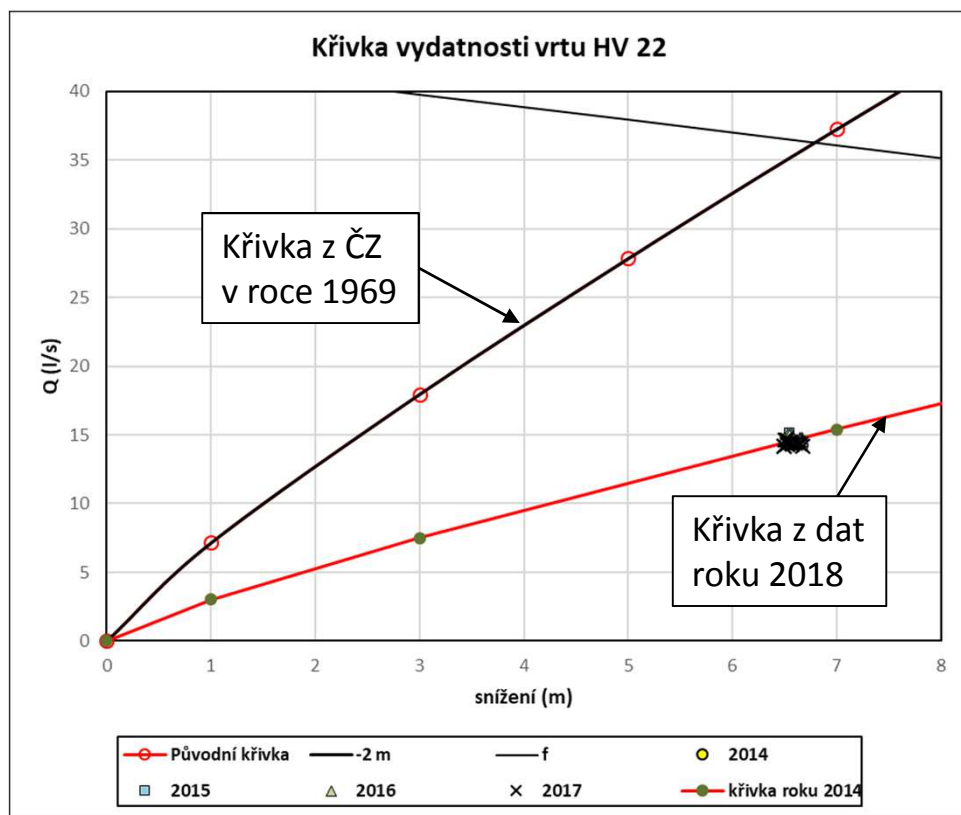
## TEORIE

Použití PA je postaveno na následujících předpokladech:

- Odporové hydraulické vlastnosti exploatované zvodně jsou v čase stálé
- ke změnám hydraulických vlastností zvodně dochází pouze na plášti vrtu a v jeho nejbližším okolí (reaktorová část, kolmatační zóna).

V důsledku probíhajících procesů kolmatace v těsné blízkosti vrtu dochází k zvětšování vstupních hydraulických odporů, což se projevuje poklesem čerpaného množství vody při konstantní hladině nebo snižováním hladiny vody při čerpání konstantního množství vody. V obou případech se mění hodnota specifické vydatnosti  $q(l/s/m)$ . Hodnota  $q$  postupně klesá. PA je pak založena na matematické analýze těchto poklesových křivek a jejich extrapolaci do budoucnosti.

## ZMĚNA KŘIVEK VYDATNOSTI



Křivka vydatnosti vrtu HV 22 (napjatá hladina) – porovnání mezi původní křivkou a hodnotami z roku 2018. Při napjaté hladině se změna zásob na křivce neprojevuje.

## TEORIE

Poklesovou rychlost  $\lambda$  můžeme vyjádřit jako:

$$\lambda = -\frac{\frac{dq}{dt}}{q} = Cq^\beta$$

Arps (1945) definoval tři základní vlastnosti exponentu  $\beta$  a tomu odpovídající typy křivek:

1.  $\beta = 0$   $q(t) = q_0 e^{-\lambda(t-t_0)}$  *exponenciální typ* )

2.  $0 < \beta < 1$   $q(t) = q_0 [1 + \lambda\beta(t - t_0)]^{(-\frac{1}{\beta})}$  *hyperbolický typ*

3.  $\beta = 1$   $q(t) = q_0 [1 + \lambda\beta(t - t_0)]^{-1}$  *harmonický typ*

Tyto funkce doplňuje ještě od roku 2018 racionální funkce ve tvaru:

4.  $\frac{q(t)}{q_0} = \frac{a+b \cdot (t-t_0)}{1+c \cdot (t-t_0)+d(t-t_0)^2}$  *racionální typ*

Arpsova funkce (3) se většinou používá v případech, kdy přírodní zdroje můžeme považovat za trvale doplňované.

## CO PRO PA POTŘEBUJEME ?

1. Údaje z čerpacích a stoupacích zkoušek z doby vybudování jímacích objektů
2. Pravidelný monitoring hladin a čerpaných množství na jednotlivých jímacích objektech
3. Doplnkem mohou být specializované čerpací zkoušky



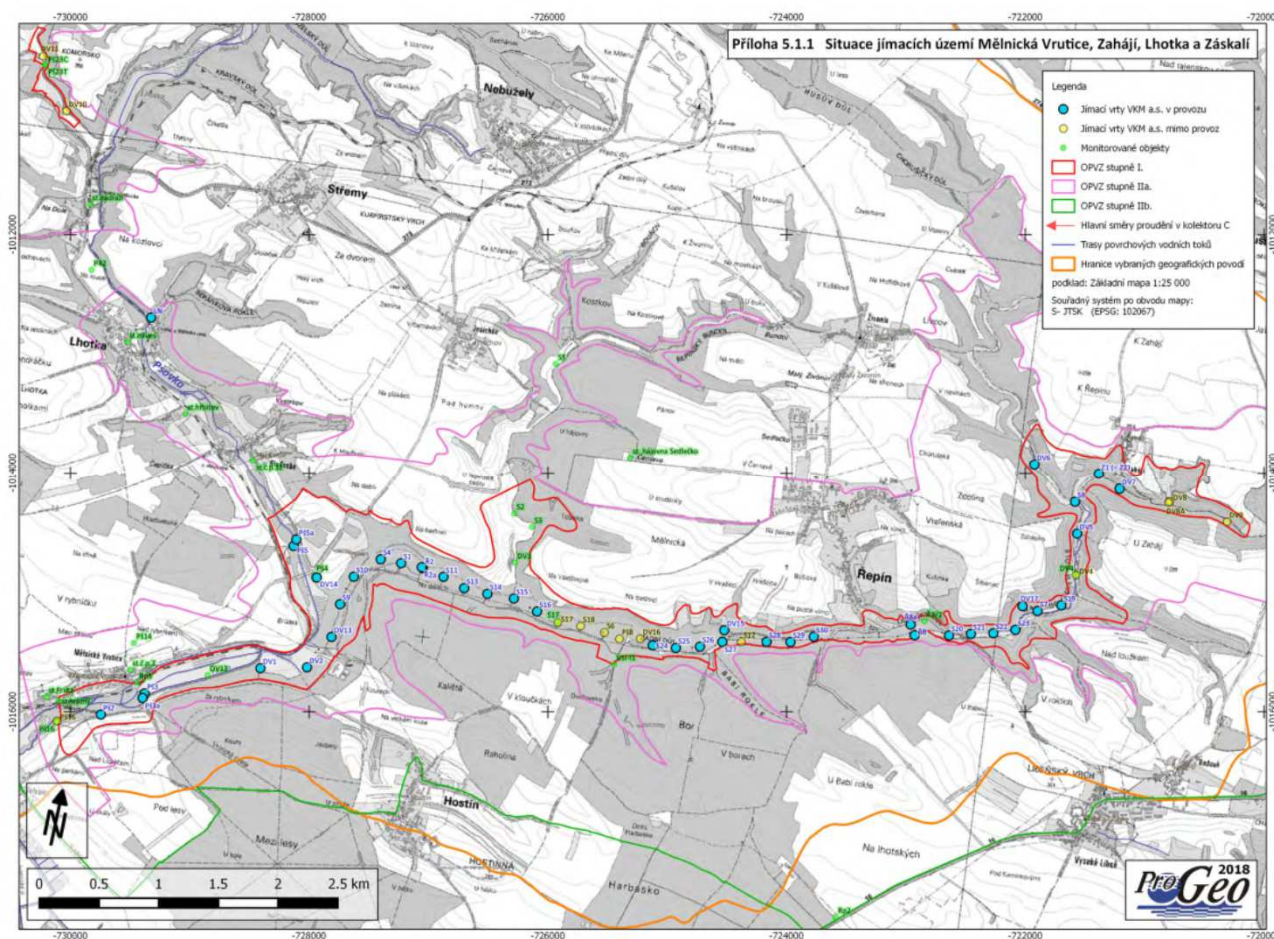
## CO JE DŮLEŽITÉ

Při zpracovávání PA musíme odlišit od sebe dva přírodní jevy ovlivňující jímané množství podzemní vody:

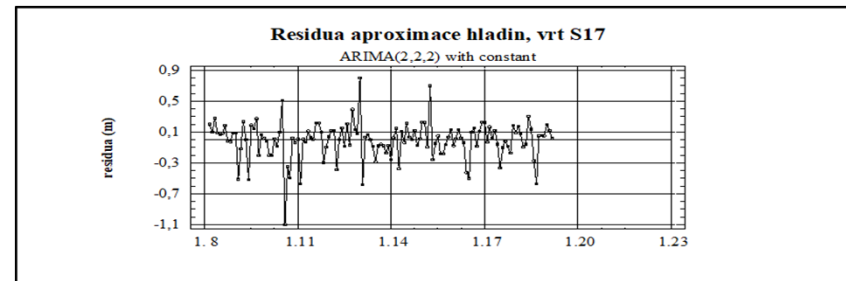
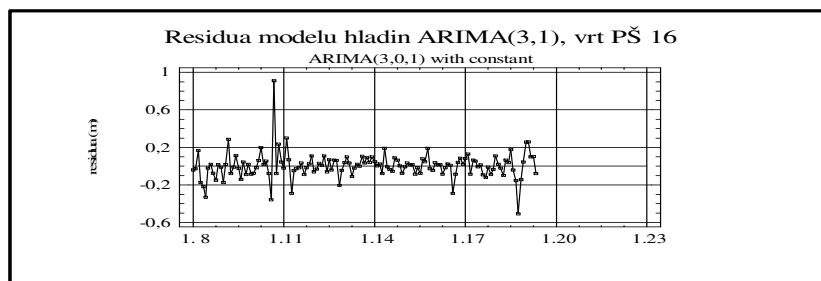
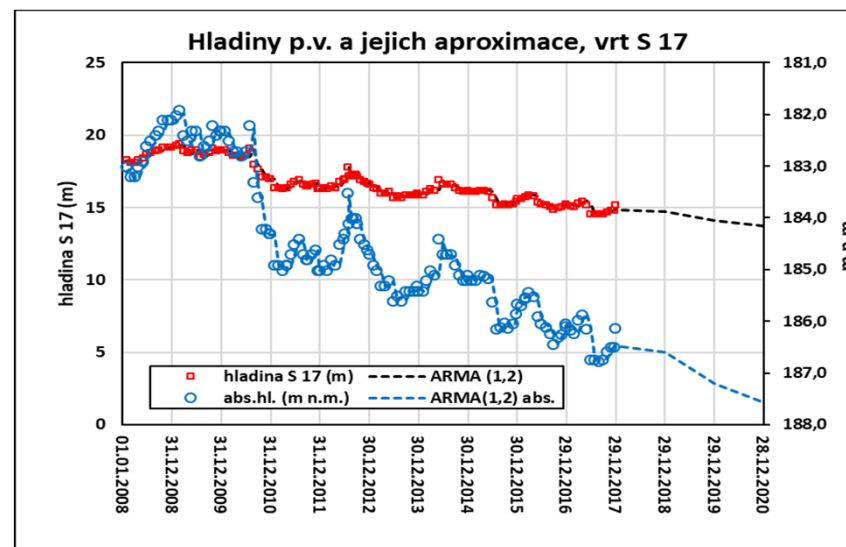
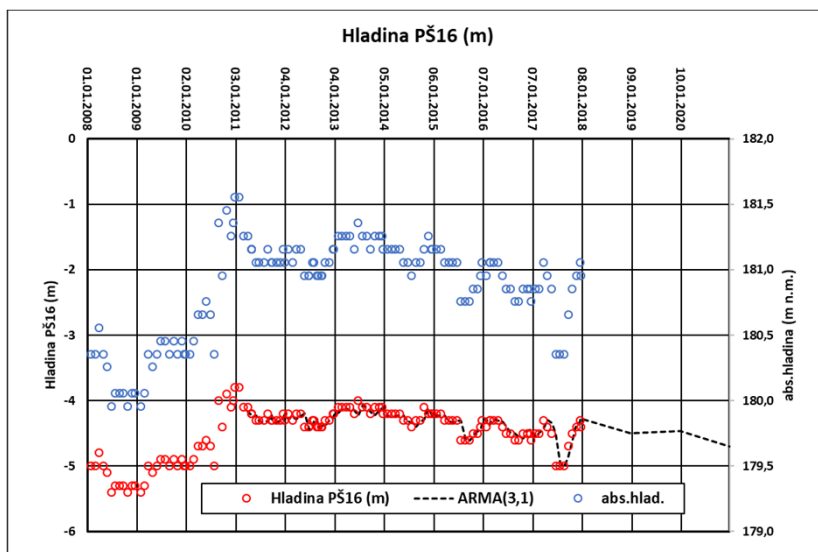
1. Změnu úrovní neovlivněných hladin podzemní vody (změna velikosti přírodních zdrojů)
2. Rozvoj procesů kolmatace, který se projevuje vzrůstem hydraulických odporů na plášti a v nejbližším okolí vrtu (v reaktorové zóně).

**Odporové a kapacitní hydraulické parametry zvodně mimo nejbližší okolí vrtu se v čase nemění !!!!**

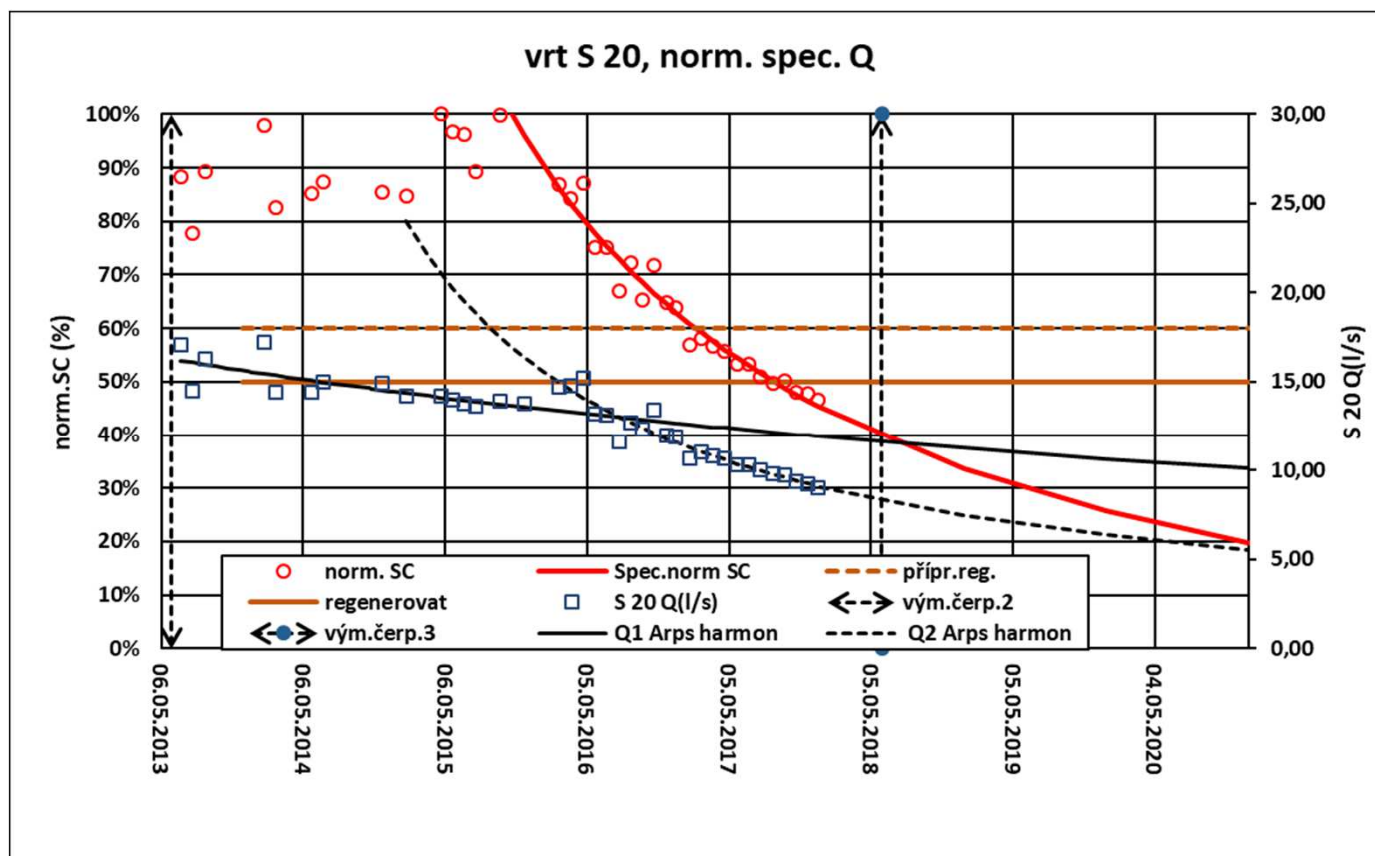
# SITUACE JÍMACÍHO ÚZEMÍ ŘEPÍN – MĚLNICKÁ VRUTICE



# MONITORING HLADIN P.V., POZOROVACÍ VRTY



## VÝSLEDKY MONITORINGU Z LET 2013 - 2017



## MONITORING VRTŮ

Při provozním monitoringu vrtů je důležité sledovat hodnoty normované SC. Pro normalizaci by měly být použity hodnoty z doby vybudování vrtu.

Při dosažení hodnoty **normalizované SC cca 0,5** dochází ve většině případů ke kolmatačnímu kolapsu vrtu.

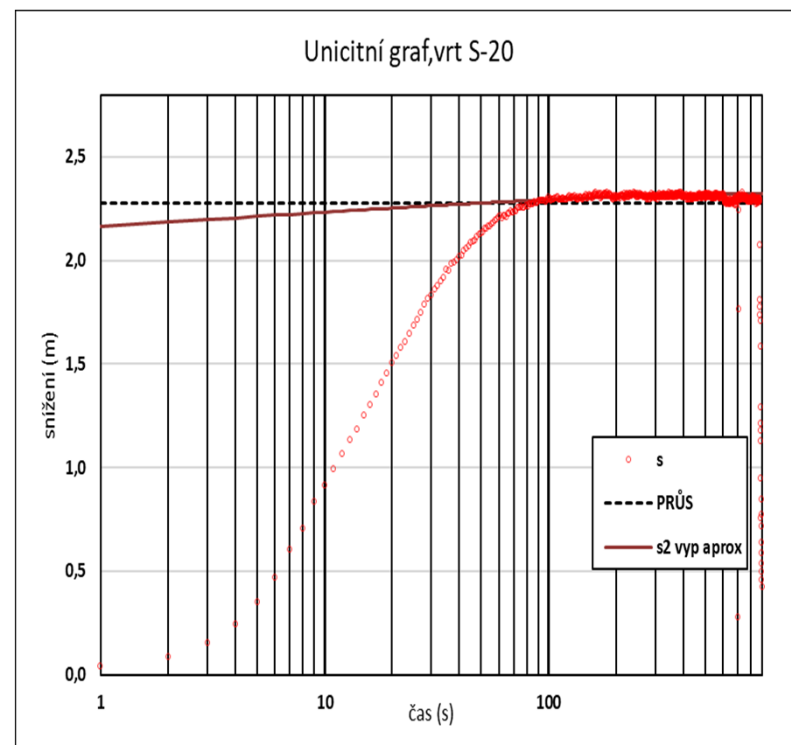
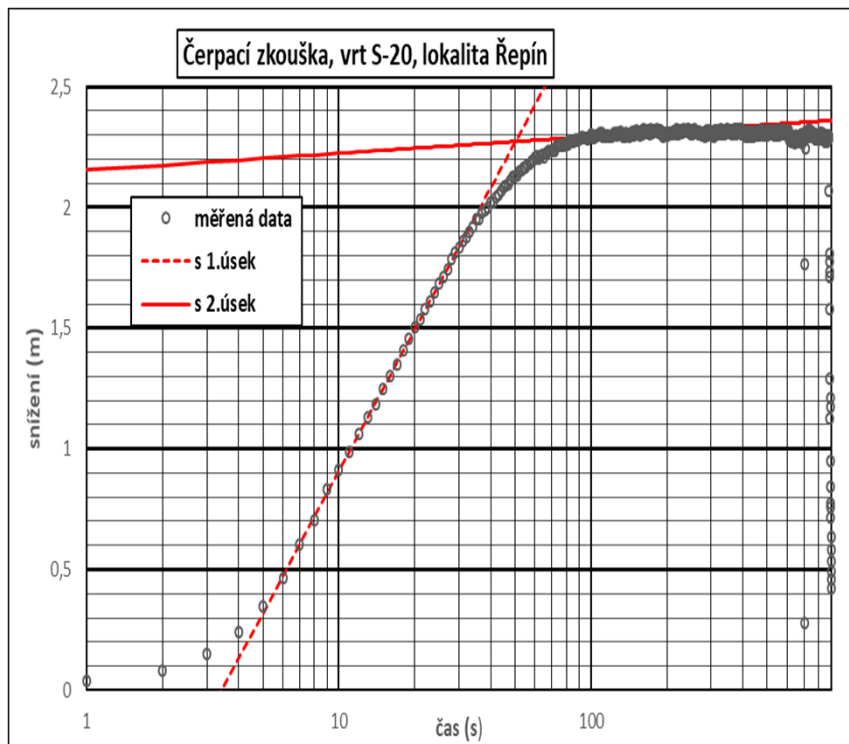
Dosažení hodnot **normalizované SC cca 0,6** indikuje potřebu regenerace vrtu, aby se předešlo kolmatačnímu kolapsu.

## ČÁST VÝSLEDKŮ PA ŘEPÍNSKÝ DŮL

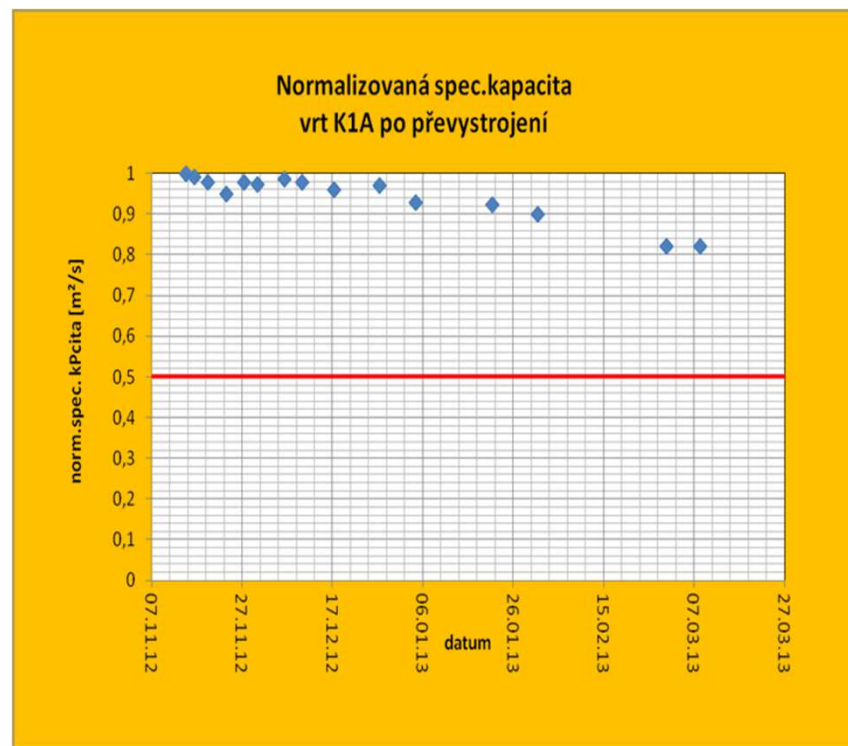
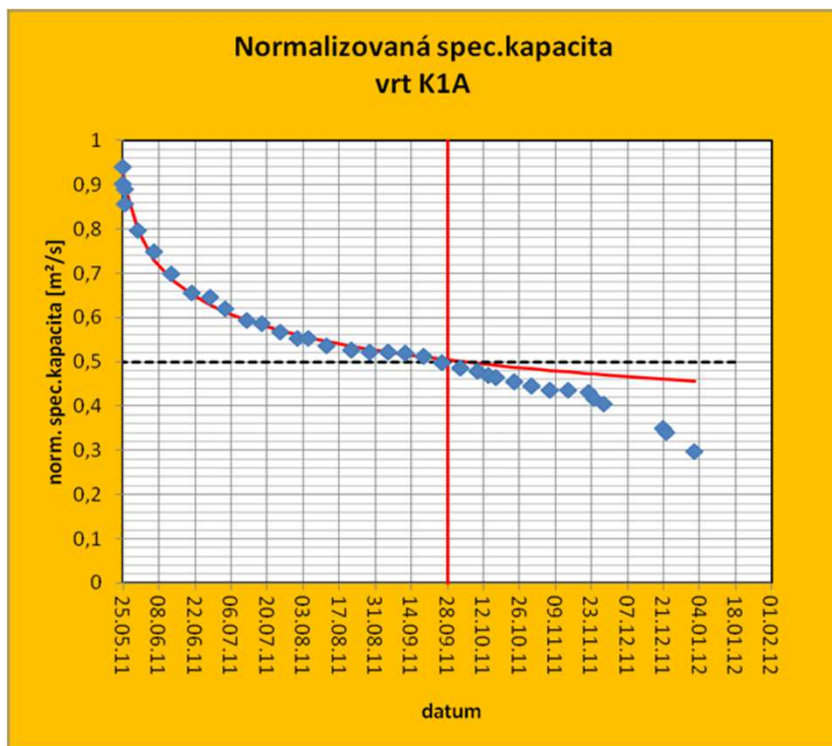
vrť	O.B. m.n.m.	hloubka vrťu	r vrťu (mm)	výstroj	komplex .ČZ 1973 Q(l/s)	střední Q 2017 (l/s)	prognóza Q (l/s) k 31.12.201 9	prognóza Q (l/s) k 31.12.20 20	prognóza rel. hlad. 31.12.20 20	norm.SC k 31.12.2019	norm.SC k 31.12.2020
PŠ 8	207,230	50	207,23	ocel	4,55	0,00				mimo provoz	mimo provoz
S 24	208,430	52	208,43	ocel	5,74	0,00				mimo provoz	mimo provoz
S 25	206,660	50	206,66	ocel	19,2	8,60	7,45	7,10	19,79	0,31	0,27
S 26	207,491	52	207,49	ocel	11,5	10,30	9,81	9,67	21,73	0,87	0,86
S 27	210,408	53	210,41	ocel	11,4	3,60	1,82	1,54	16,38	0,23	0,07
DV 15	209,854	60	209,85	překlička		11,60	9,35	9,25	14,34	0,99	0,98
S 12	211,600	60,6	211,60	ocel	6,41	0,00				mimo provoz	mimo provoz
S 28	212,090	51	212,09	PE	15,8	5,55	6,83	5,86	15,85	0,46	0,39
S 29	210,319	60	210,32	ocel	15,8	14,10	7,30	4,91	13,36	0,53	0,41
S 30	210,647	65,5	210,65	ocel	11,3	6,95	3,88	3,29	16,71	0,31	0,24
Ř 8A	218,078	70	218,08	překlička		11,65	5,63	4,88	21,91	0,30	0,19
Ř 8	216,345	80,1	216,35	ocel	19,23	3,90	3,59	3,56	12,54	0,61	0,60
S 20	217,299	50	217,30	ocel	22,72	10,80	6,36	5,53	16,25	0,26	0,20
S 21	219,337	50	219,34	ocel	9,6	9,10	7,44	6,87	23,10	0,44	0,39
S 22	220,022	50	220,02	ocel	10,86	8,90	6,71	6,25	23,40	0,33	0,25
S 23	221,572	50	221,57	ocel	4,25	4,70	3,69	3,35	19,75	0,48	0,42
DV 17	224,719	70	224,72	překlička		11,50	8,98	8,24	8,93	0,61	0,56
S 7	224,760	60	224,76	ocel	4,4	4,75	3,20	2,66	22,04	0,50	0,48
S 19	223,237	70	223,24	ocel	11,76	4,50	2,35	2,02	15,51	0,39	0,34
DV 5	225,025	58	225,03	překlička		6,95	3,88	2,47	19,77	0,40	0,38
S 8	227,059	60	227,06	ocel		5,55	4,40	4,03	16,46	0,61	0,59
DV 6	229,906	70	229,91	překlička		3,75				0,22	0,07
Z 2	231,456	31	231,46	ocel		1,20					
DV 7	231,379	65	231,38	ocel		2,70	1,36	1,17		0,29	0,24
DV 8	237,900	71	237,90	ocel		0,00	0,00	0,00		mimo provoz	mimo provoz
DV 8A	237,900	71	237,90	ocel		0,00	0,00	0,00		mimo provoz	mimo provoz
DV 9	244,490	73	244,49	ocel		0,00	0,00	0,00		mimo provoz	mimo provoz
				Celkem	389,03	332,10	269,27	253,43			

W=4,08

## ČERPACÍ ZKOUŠKA V ROCE 2019

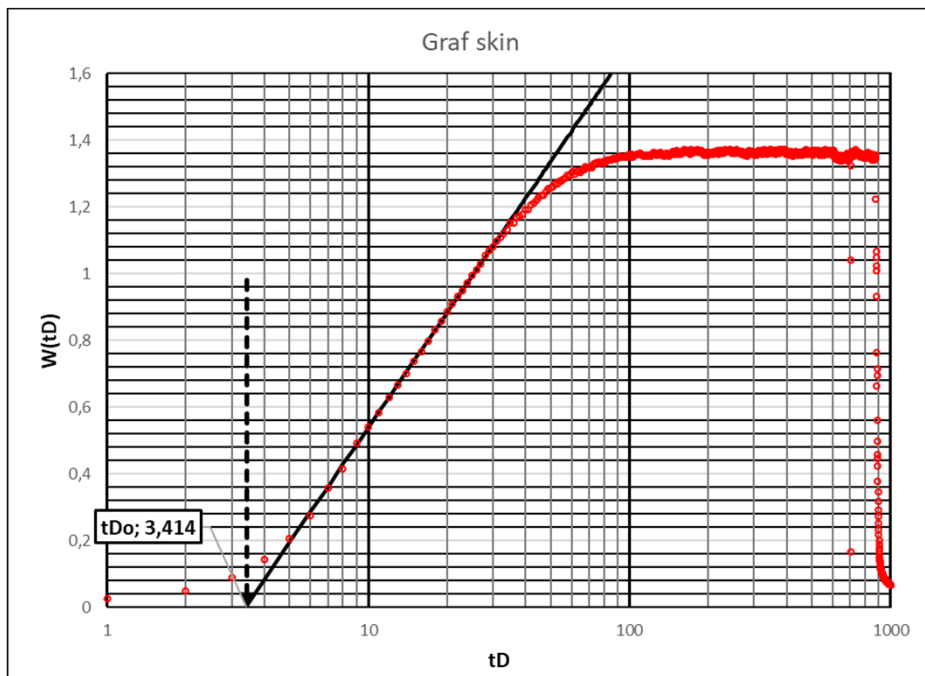


**NORMALIZOVANÉ KAPACITY VRTU K1A  
PŘÍKLAD Vlivu Vhodnosti TYPu VÝSTROJE  
S OHLEDEM NA CHYRAKTER ZVODNĚNĚA ROZVOJ KOLMATAČE**



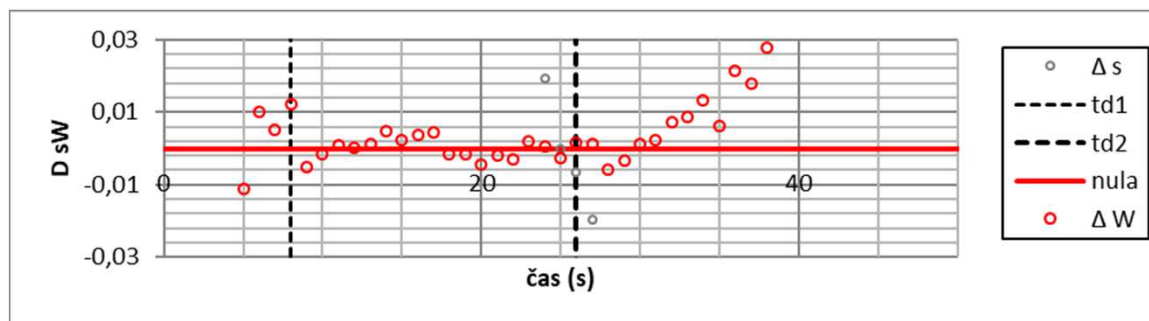


## VÝPOČET SKIN FAKTORU W



Hodnota W	charakteristika
0	vrt bez hydraulických odporů
1 - 3	s rostoucí hodnotou roste hydraulický odpor
3-4	nezbytná regenerace
nad 4	extrémní kolmatace

Skin faktor  $W = 4,08$   
Poloměr kolm.zóny = 0,31 m



## PROHLÍDKA VRTU S 20 TV KAMEROU



## ZÁVĚR

Produkční analýza představuje celou řadu výpočetních postupů, pomocí nichž lze na základě režimních měření hladin a vydatností sledovat a predikovat chování těchto objektů především z hlediska jejich stárnutí případně technických změn. Podává velké množství informací, které umožňují efektivněji a objektivněji řídit a plánovat údržbu jímacích objektů. Současně s ostatními hydrogeologickými metodami lze s její pomocí rozlišit skutečné příčiny poklesu jímání množství podzemní vody jednotlivými objekty.

**PRO APLIKACI PA JE VŠAK NEZBYTNÉ PROVÁDĚT PRAVIDELNÉ SLEDOVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH OBJEKTŮ A PŘEDEVŠÍM PAK TATO DATA DLOUHODOBĚ ARCHIVOVAT.**



**DĚKUJEME ZA POZORNOST.**