



Výzkumný ústav
lesního hospodářství
a myslivosti, v. v. i.

LESNICKÁ
hydrologie

2022

věda
a praxe



Lesnická hydrologie věda a praxe



MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ

Průvodce exkurzí
15. – 16. září 2022, Kouty

Terénní exkurze na experimentální povodí

Pekelského potoka 16. 9. 2022

Exkurzí průvodce

Povodí Pekelského potoka, pravostranného přítoku přírodní nádrže na Želivce, se nachází v oblasti Středočeské pahorkatiny nedaleko obce Kožlív. Celková rozloha povodí je 124 ha s nadmořskou výškou 360 – 460 m n. m. Převládající podložní horninou je zde biotitická pararula, místy se sprašovými překryvy, na části povodí se pak vyskytují štěrkopísky a jílovité materiály. Půdním typem jsou zde především kambizemě (typické, pseudoglejové, podzolové), na jílovitém podloží pak pseudogleje, příp. kambizemě pelické. Typologicky je povodí tvořeno převážně soubory lesních typů 3S, 4S, 4K, méně pak 4Q a 4D.

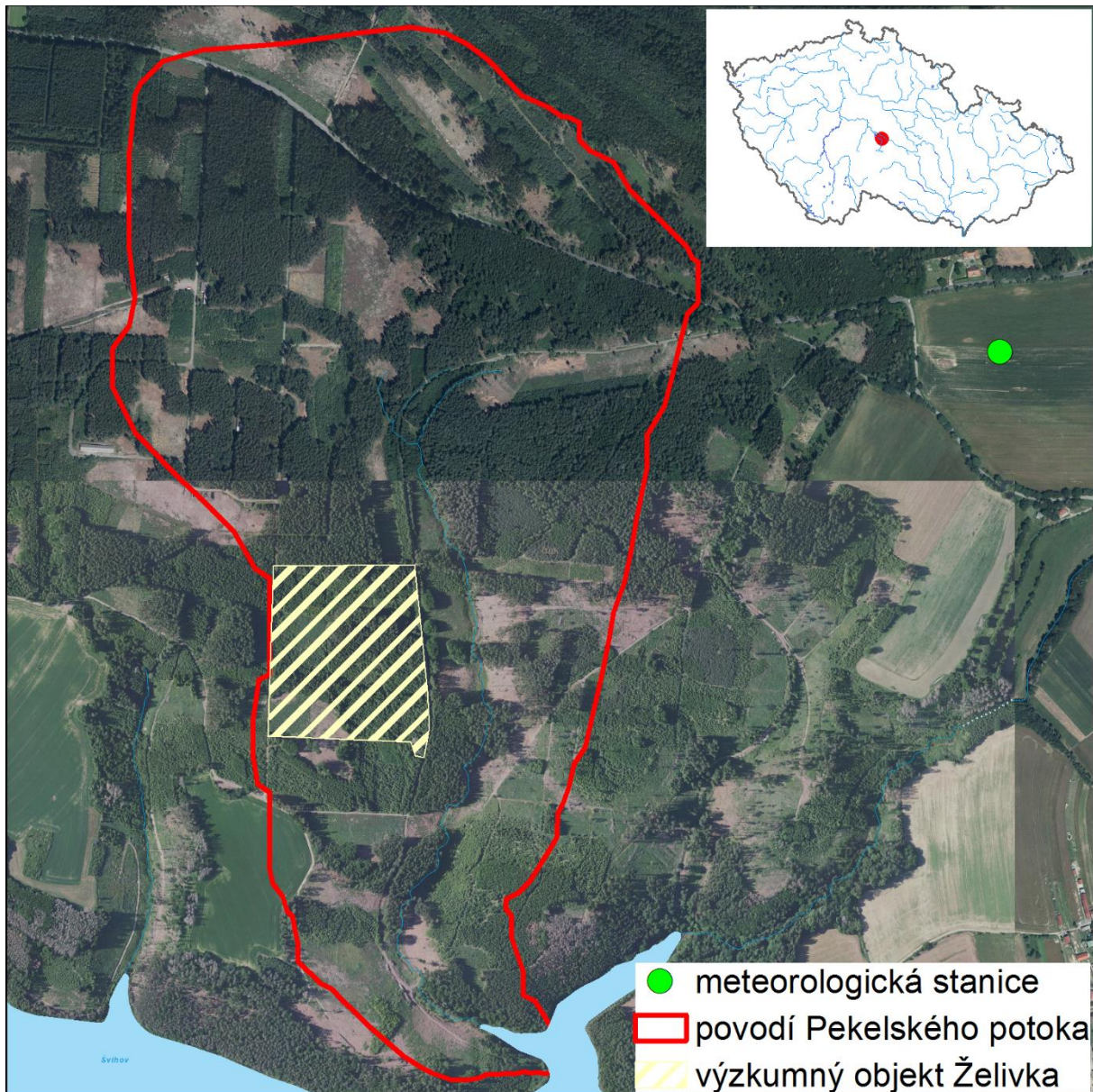
Tabulka 1: Charakteristika experimentálního povodí Pekelského potoka

Východní zeměpisná délka	15°14'
Severní zeměpisná šířka	49°40'
Rozloha (ha)	124,5
Lesní půda (ha)	119,34
Nadmořská výška (m.n.m)	375 - 470
Prům. plošná sklonitost v %	8,7
Převládající expozice toku	jih
Délka toku (m)	1300
Pramen v nadm. výšce (m n. m.)	440
Průměrný spád toku v %	4,9
Lesnatost povodí v %	96
Geologický podklad	biotitická pararula
Půdní typ	kambizem
Průměrné roční srážky (mm)	628
Průměrný roční odtok (mm)	106,4

Historie objektu Želivka

Výzkumný objekt Želivka je jeden z nejdéle sledovaných výzkumných objektů VÚLHM. Povodí bylo vybráno pro studium vodohospodářských funkcí lesů ve vazbě k produkci dřeva a výzkum zaměřený na koloběh vody ve smrkových ekosystémech, s ohledem na množství a kvalitu vody odtékající do zdrojů. Rozhodnutí o založení detašovaného pracoviště v roce 1971 iniciovalo další potřebné průzkumy pro charakteristiku půdních a půdně-biologických poměrů povodí. V roce 1973 bylo zahájeno pravidelné měření srážek a teplot na stanici u

myslivny Pekelsko a měření průtoku vody v potoce na provizorním přepadu. Později byla u myslivny vybudována standardní meteorologická stanice vyhovujícím parametrům stanic ČHMÚ, kde bylo pravidelné měření zahájeno v roce 1985.



Během sedmdesátých let byla vybudována výzkumná zařízení a objekty, výstavba měrného přepadu s limnigrafem byla ukončena v roce 1975, stavba měrné gradientové věže, rozmístění přístrojů a jejich napojení na registrační ústřednu byla dokončena v roce 1977.

V centrální části povodí bylo oploceno cca 6 ha lesa a v dospívajícím smrkovém porostu byla provedena střídavě holá seč a clonná seč s 50% snížením zakmenění s odstraněním silnějších a slabších dimenzí. V přehoustlém smrkovém porostu II. věkové třídy byla na části provedena silná probírka. Současně bylo na těchto plochách provedeno taxační měření. Na deseti plochách se smrkovými porosty

různých taxačních veličin byly instalovány srážkoměry, na holé seči, na clonných sečích a ve smrkovém porostu byly instalovány tenzometry pro měření sacího tlaku v půdě. Ve starším smrkovém porostu, v mladém porostu a na clonné a holé seči byla umístěna koryta pro zachycování srážkové vody a gravitační lyzometry pro zachycování půdní vody určené pro chemické analýzy. Měření srážek a teplot na pruhové seči započalo již v roce 1974, nejprve pouze v teplém období roku a od roku 1976 i v chladném období (XI – III). Tato měření byla součástí stanovení intercepce srážek smrkových porostů v závislosti na porostních (taxačních) veličinách, především biomase korun stromů.

Od roku 1974 probíhal v porostu smrku, na holé seči a na clonné seči výzkum vodního režimu půdy, vztahu k přírůstu dřevní hmoty a odtoku vody do podloží. V další etapě výzkumu byl sledován vodní režim půdy ve smrkových porostech rozdílných bonit, v letech 1991 až 1994 se pak uskutečnil výzkum vodního režimu půd v mladém porostu smrku a v mladém porostu buku (II. věkové třídy)

Pravidelné měření průtoku vody na měrném přepadu bylo zahájeno v hydrologickém roce 1975-1976. Současně byla sledována hladina podzemní vody v jednom z průzkumných vrtů, které ověřily shodnost hydrogeologické a geografické rozvodnice (hranice povodí). Chemismus srážkové a půdní gravitační vody a vody v potoce a prameni byl pravidelně sledován od roku 1973 ve dvou smrkových porostech (dospělém a mladém) a na holé a clonné seči; v roce 1989 byly stromy na clonné seči domýceny. Měření započalo také v porostní skupině mladého buku.

Výzkumný objekt Želivka dnes

V oplocené části výzkumného objektu byla v roce 1986 založena plocha I. úrovně mezinárodního monitoringu zdravotního stavu lesů ICP Forests, v roce 1995 bylo měření na ploše rozšířeno na úroveň II (intenzivní monitoring).

V současné době probíhají na Želivce kromě monitoringu zdravotního stavu lesa na již zmíněné ploše II. úrovně a sledování srážkoodtokových poměrů další bioklimatická měření (obr. 1, tab. 2).

V roce 2018 bylo zahájeno řešení projektu QK 1810415 „Vliv dřevinné skladby a struktury lesních porostů na mikroklima a hydrologické poměry v krajině“. Pro účely tohoto projektu byly v areálu objektu založeny ve smrkových porostech různého věku a ve skupině buku plochy se sledováním množství podkorunových srážek, přírůstu, teploty a vlhkosti půdy, SWP v několika hloubkách a stokem po kmenech (v bukovém porostu). Později bylo v porostu smrku a buku doplněno také měření transpirace (SAP flow).



Obr. 1: Lokality s měřením bioklimatických a půdních parametrů na povodí Pekelského potoka (nejsou zahrnuty lokality s totalizátory)

1. meteorologická stanice
2. plocha intenzivního monitoringu ICP Forests I140, Želivka (120 let) - **zastávka č. 1**
3. smrková mlazina (13 let)
4. smrková tyčovina (52 let) - **zastávka č. 2**
5. čerstvá paseka (do roku 2019 porost smrku 74 let)
6. bukový kotlík (68 let) - **zastávka č. 3**
7. výsadba buku
8. mlazina dub
9. výsadba smrku (do roku 2020 porost smrku 55 let)
10. přepad - **zastávka č. 4**

Tabulka 2: Přehled měřených parametrů na jednotlivých plochách

č. plochy	srážky	radiace (GR/PAR)	porostní srážky	vlhkost půdy	půdní potenciál	teplota půdy	stok po kmeni	transpirace (sapflow)	radiální přírůst
1	x	x							
2			x	x	x	x			x
3			x	x	x	x			
4			x	x	x	x		x	x
5	x			x	x	x			
6		x	x	x	x	x	x	x	x
7					x	x			
8					x	x			
9					x	x			

Plocha II. úrovně I140 Želiva – zastávka č. 1

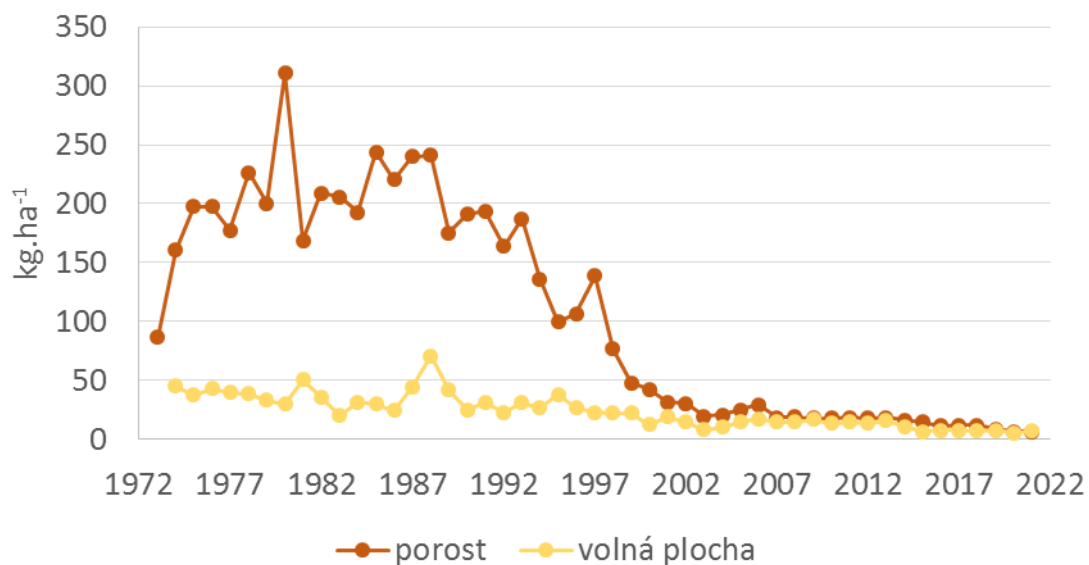
V současné době má VÚLHM 16 ploch II. úrovně, na 7 z nich, včetně plochy Želivka, která je rovněž zahrnuta do čtyř tzv. „core plots“, se provádí podrobná šetření – meteorologická měření (teplota a vlhkost vzduchu, úhrn srážek), půdní charakteristiky (chemismus půd, teplota a vlhkost půdy, půdní vodní potenciál, chemismus gravitační půdní vody), listové analýzy, analýzy opadu, fenologická pozorování, přírůst, chemické složení srážek - depozice prvků v porostu (throughfall) a na volné ploše (bulk) a chemismus vody v potoce na přepadu.



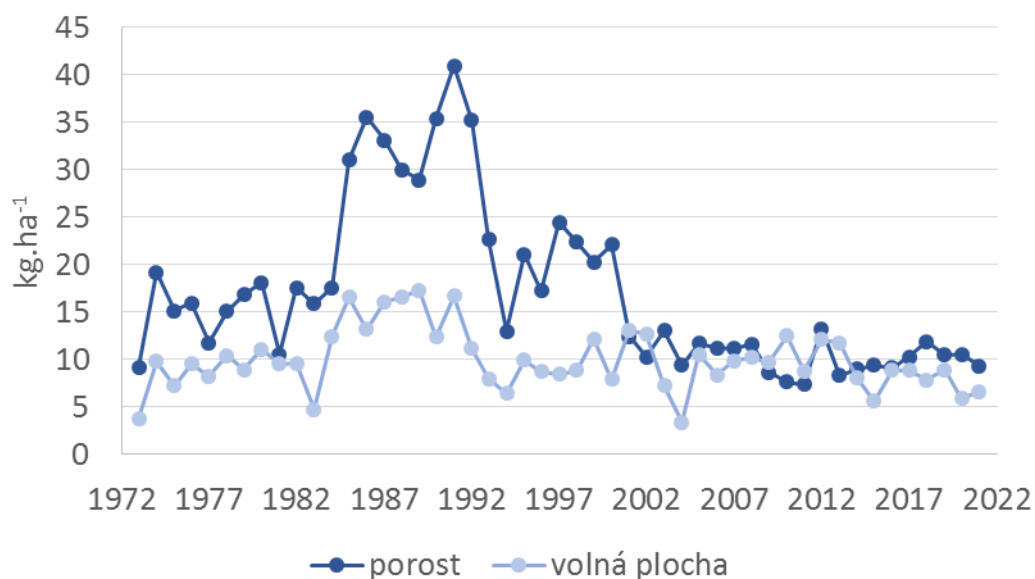
V roce 2009 byla část plochy smýcena v důsledku napadení kůrovcem, a protože dále hrozilo, že kůrovcová těžba bude na ploše pokračovat, byla v roce 2010 založena druhá plocha v nedalekém dospělém porostu smrku, kde paralelně probíhalo sledování depozice, půdních parametrů, přírůstu a hodnocení zdravotního stavu. Postupující kůrovcová kalamita však způsobila další těžbu na této ploše a na počátku roku 2020 byl porost domýcen úplně.

Meteorologické parametry a přírůst se sledují kontinuálně, plocha je vybavena přístroji a dataloggery firmy EMS Brno. Vzorky srážek a půdní vody se odebírají třikrát měsíčně (10denní interval), vzorky opadu se odebírají vždy na konci měsíce, vzorky asimilačního aparátu (jehličí) se analyzují jednou za dva roky a

půdy se analyzují každých pět let. Fenologická pozorování se provádějí jednou měsíčně, v době rašení častěji, nejméně třikrát měsíčně v termínech odběru vzorků srážek.



Obr. 2: Vývoj ročních depozic SO₄²⁻ v porostu a na volné ploše

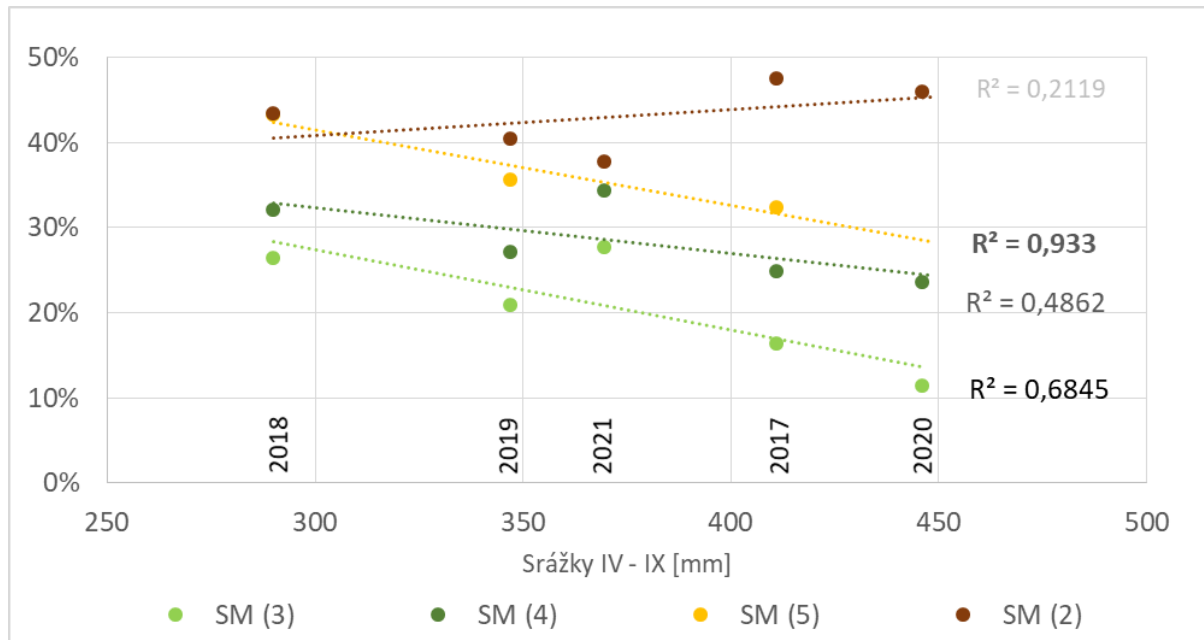


Obr. 3: Vývoj ročních depozic N(NO₃⁻ + NH₄⁺) v porostu a na volné ploše

Bioklimatické charakteristiky lesních porostů – zastávka č. 2 a 3

Na plochách jsou měřeny porostní srážky, teplota půdy (PT100), objemová vlhkost půdy (Campbell 616) a půdní vodní potenciál (gypsum block) v hloubkách 10 cm, 30 cm, 50 cm a 80 cm). Výsledky měření srážek formou součtové čáry za

vegetační období jsou pro plochy na povodí Pekelského potoka prezentovány na obr. 5. Intercepci smrkových porostů za vegetační období 2017 – 2021 ve vztahu k celkovému úhrnu srážek pak znázorňuje graf na obrázku 4.



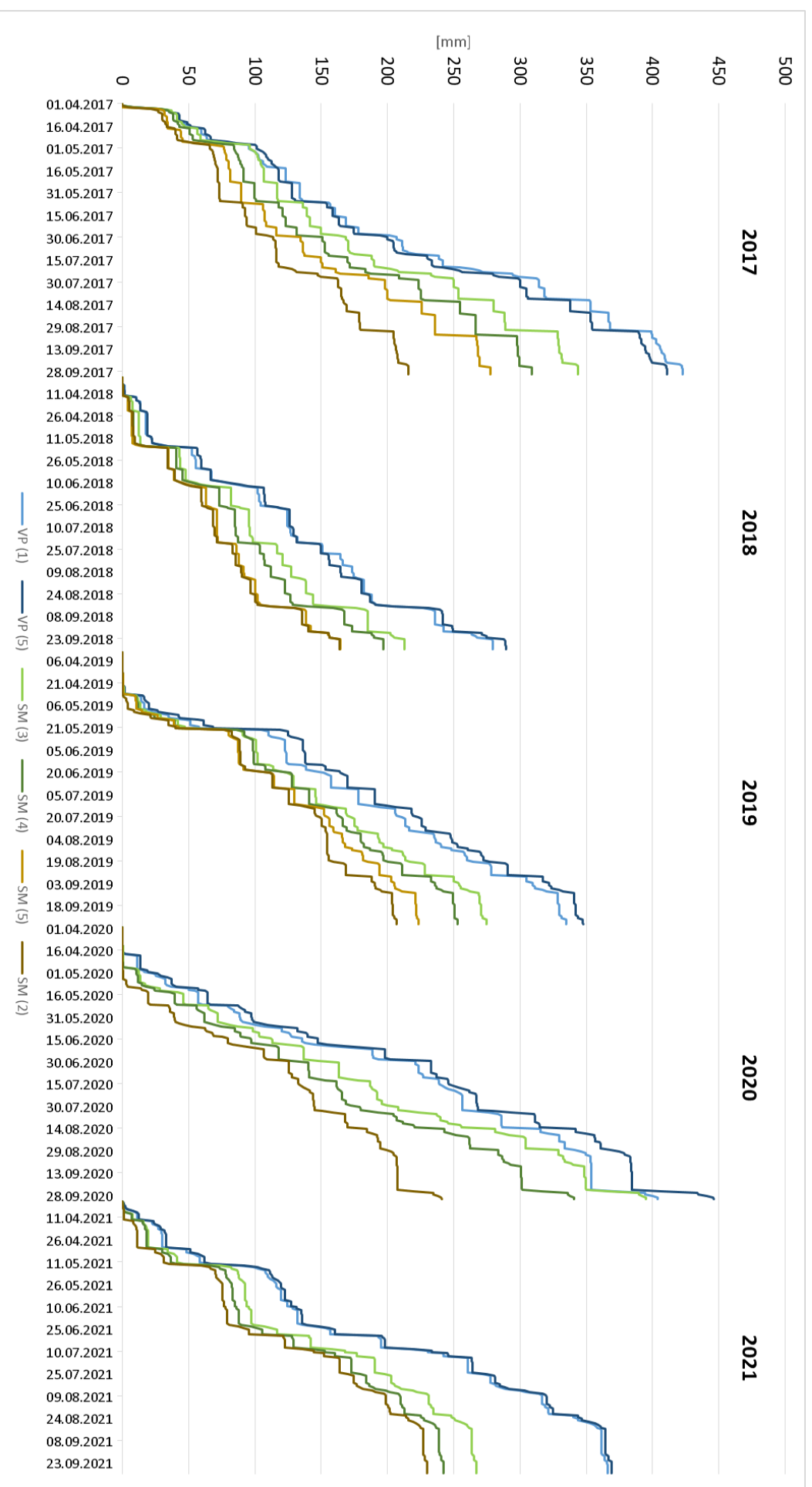
Obr. 4: Intercepce smrkových porostů za vegetační období 2017 – 2021 ve vztahu k celkovému úhrnu srážek

Při porovnání jednotlivých let je patrný velmi nízký srážkový úhrn v roce 2018. V roce 2020 byl srážkový úhrn za vegetační období nižší než v letech 2017 a 2021, byl však vyvážen nadstandardními srážkami v průběhu zimního období. Srážky byly poměrně rovnoměrně rozděleny se suššími obdobími na přelomu května a června a poté hlavně v průběhu září.

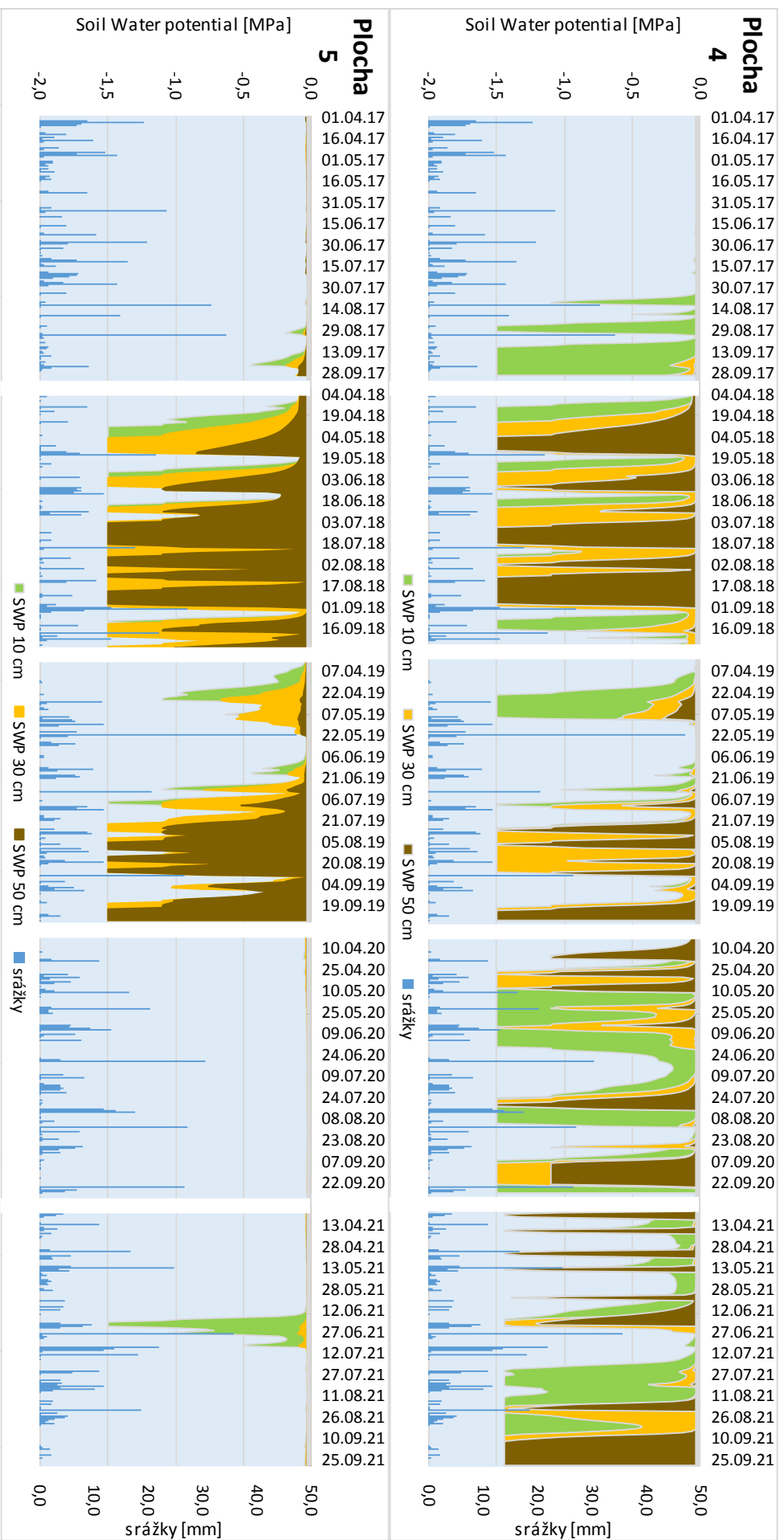
Vývoj půdního vodního potenciálu období 2017 – 2021 na ploše 4 (smrkový porost 52 let) a na ploše 5 (do roku 2019 smrkový porost (74 let), poté smýcen kvůli napadení kůrovcem) (obr. 6) opět dokumentuje skutečnost, že v roce 2018 byla dostupnost vody pro lesní porosty snížena v průběhu téměř celé vegetační sezóny. V roce 2021 se výrazný stres suchem s poklesem SWP pod hodnotu -1,4 MPa vyskytoval na ploše 4 zejména v nejsvrchnější vrstvě půdy. V průběhu září a června však došlo k proschnutí celého půdního profilu. Na ploše 5 se smýceným porostem se projevil krátký pokles SWP v nejsvrchnější vrstvě půdy v průběhu června.

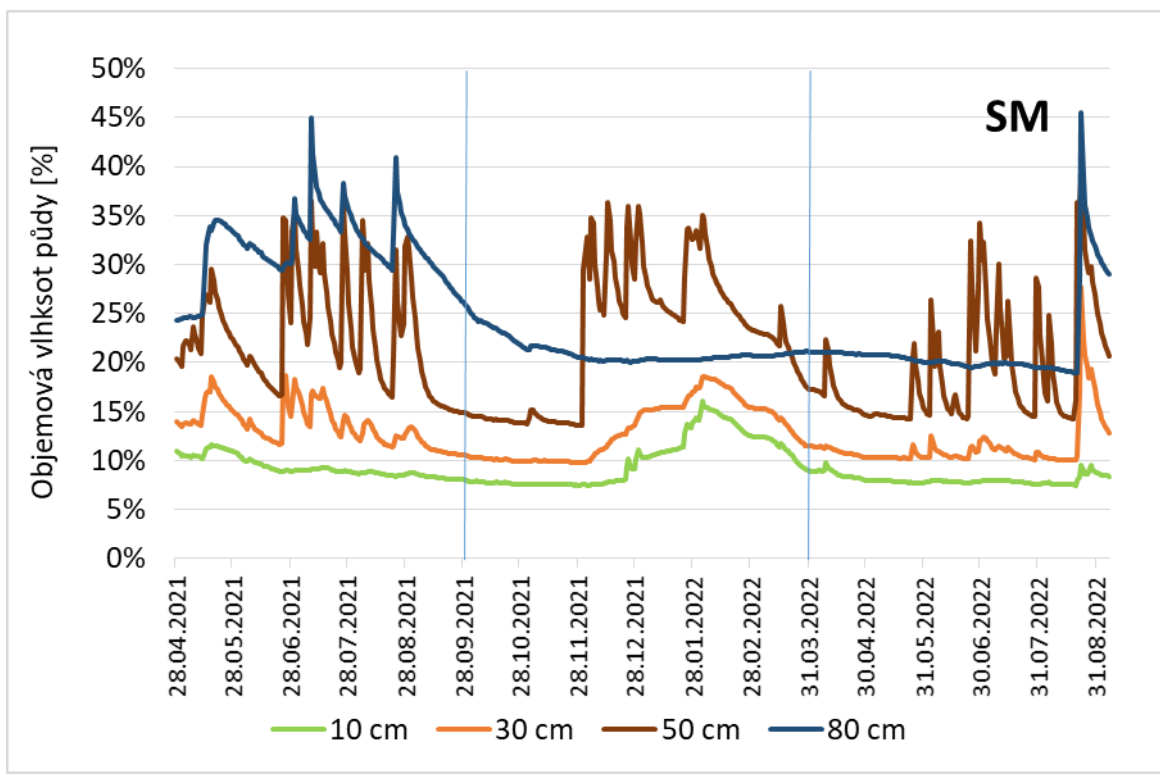
Vývoj SWP v různých typech porostu a v různých hloubkách půdy je zaznamenán v grafech na obr. 7 – 13.

Obr. 5: Vývoj intercepce srážek smrkových porostů ve vegetačních obdobích 2017 – 2021
(VP – srážky volné plochy; SM porostní srážky ve smrku; v zátorce číslo plochy)

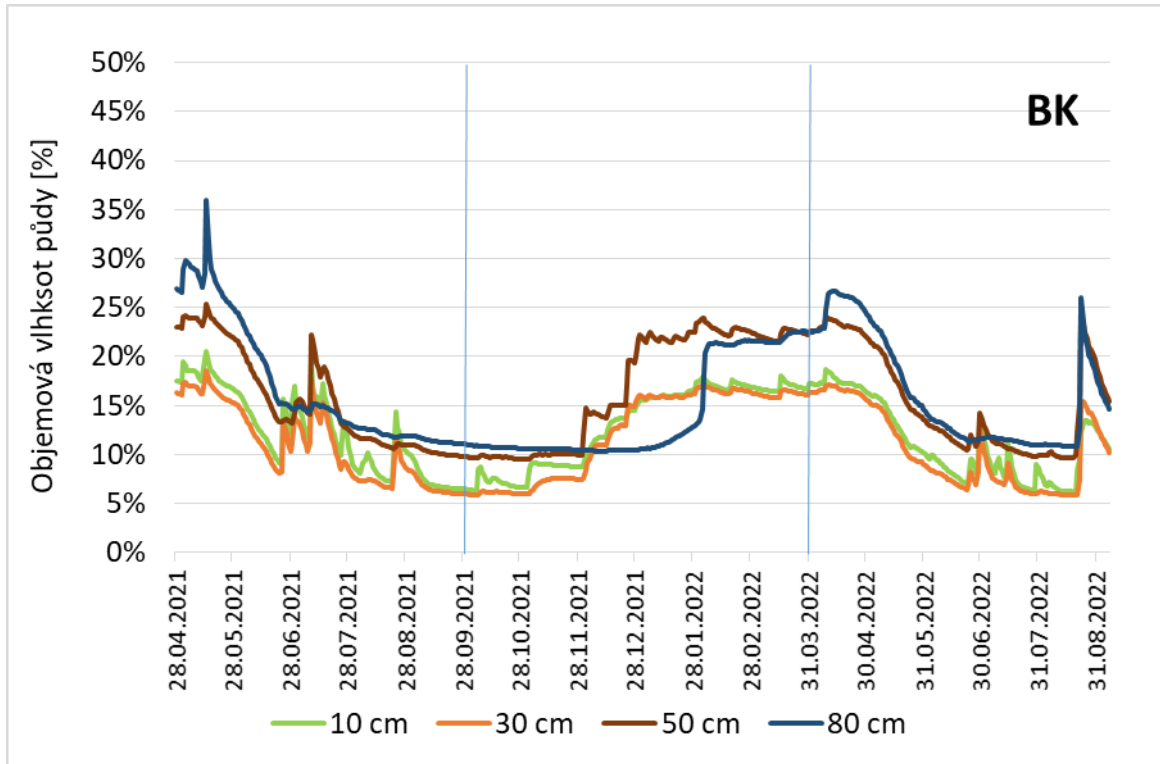


Obr. 6: Vývoj půdního vodního potenciálu obdobíh 2017 – 2021 na ploše 4 (smrkový porost 74 let) a na ploše 5 (do roku 2019 smrkový porost (74 let), poté smýcen kvůli napadení kůrovcem)

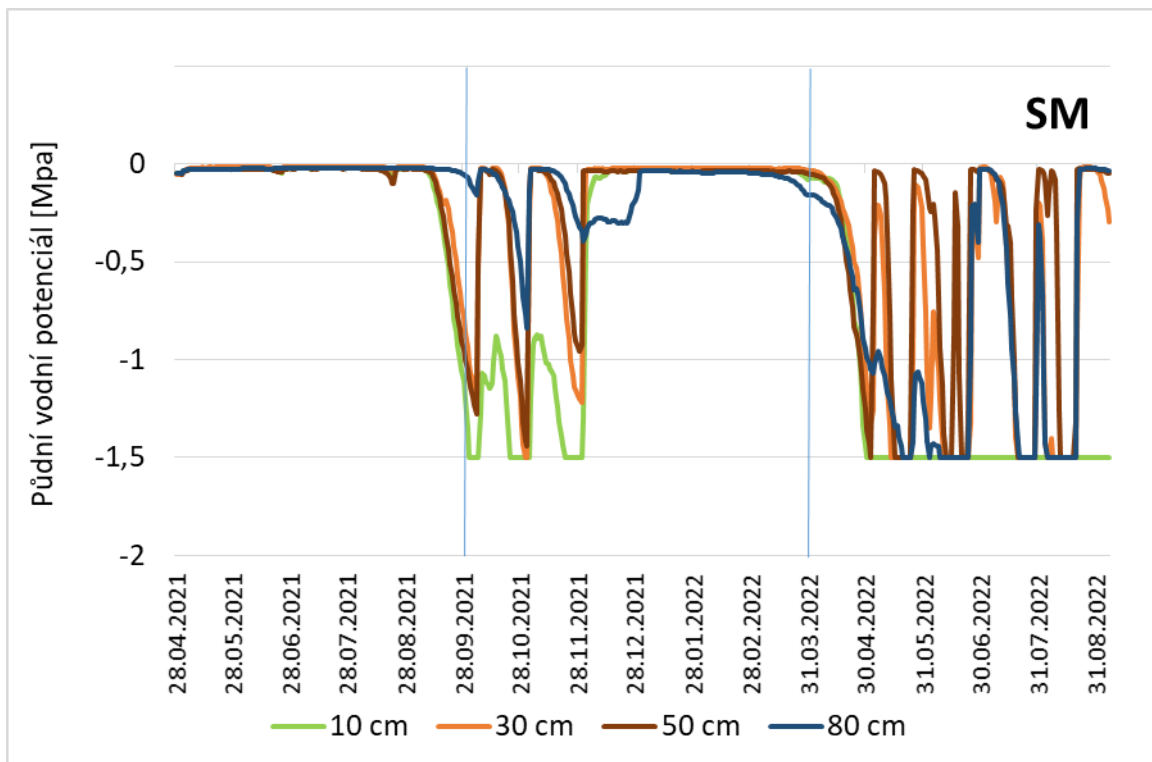




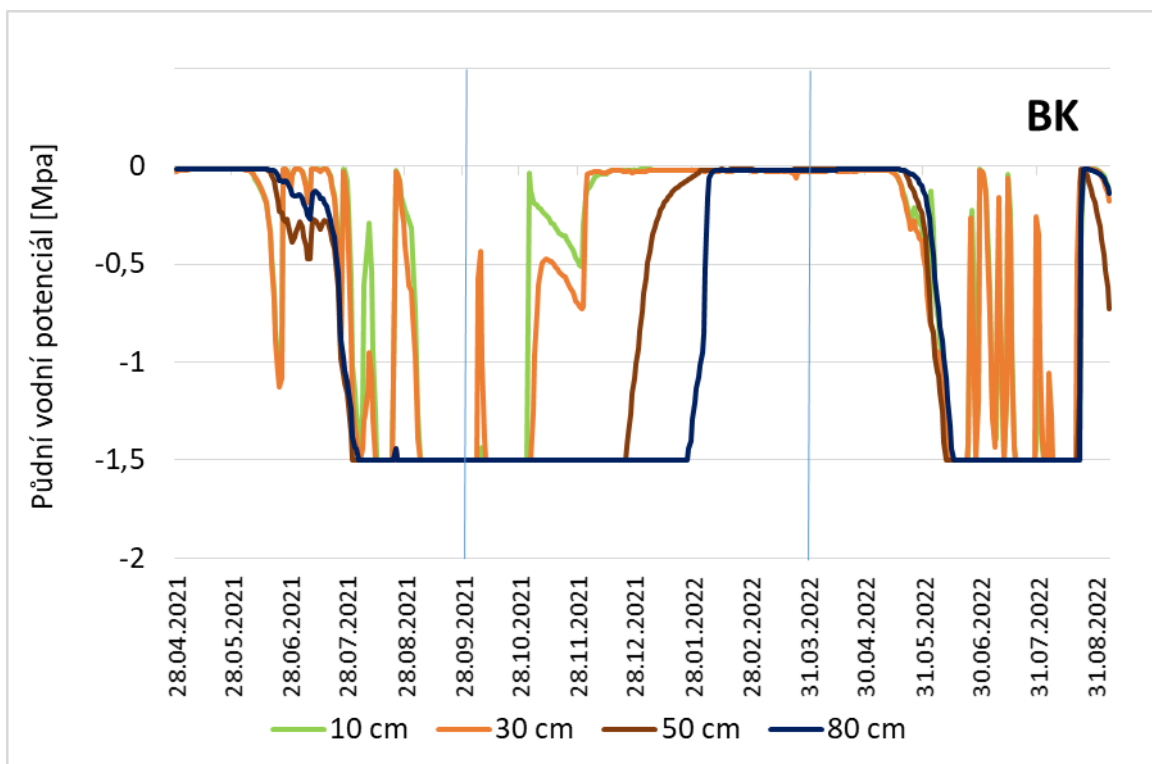
Obr. 7: Vývoj vlhkosti půdy od května 2021 do srpna 2022 v porostu smrku (plocha 4)



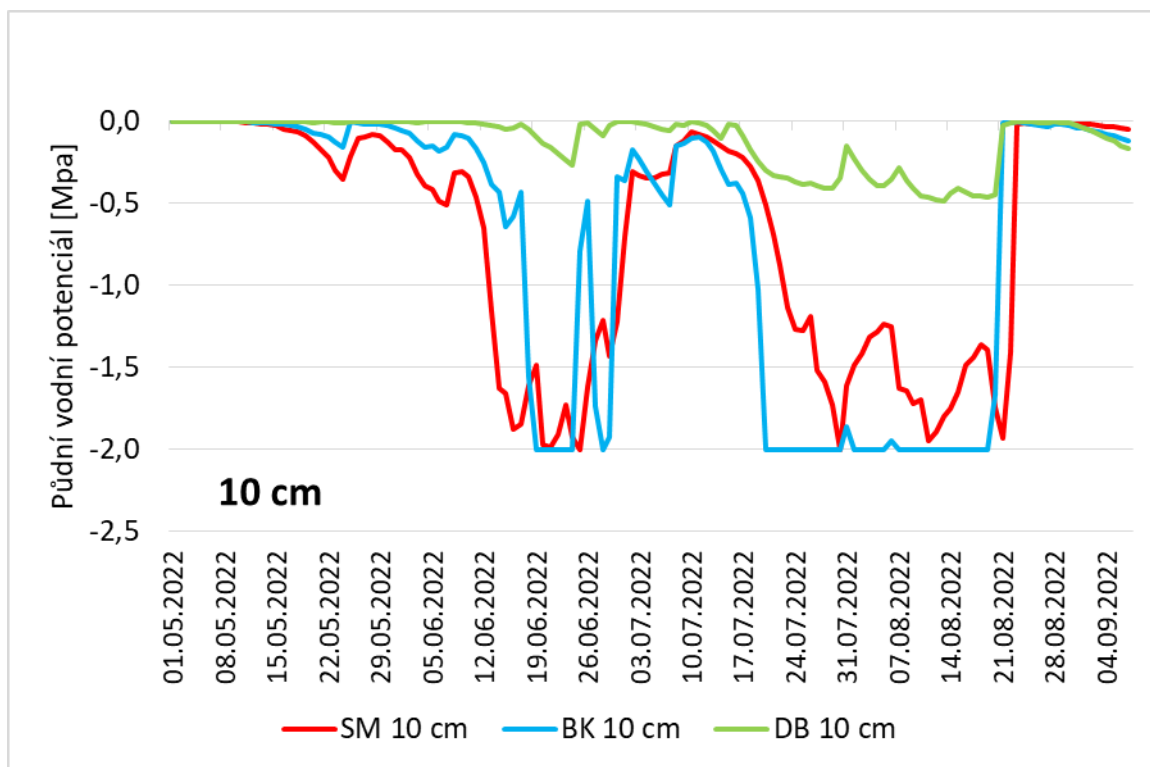
Obr. 8: Vývoj vlhkosti půdy od května 2021 do srpna 2022 v porostu buku (plocha 6)



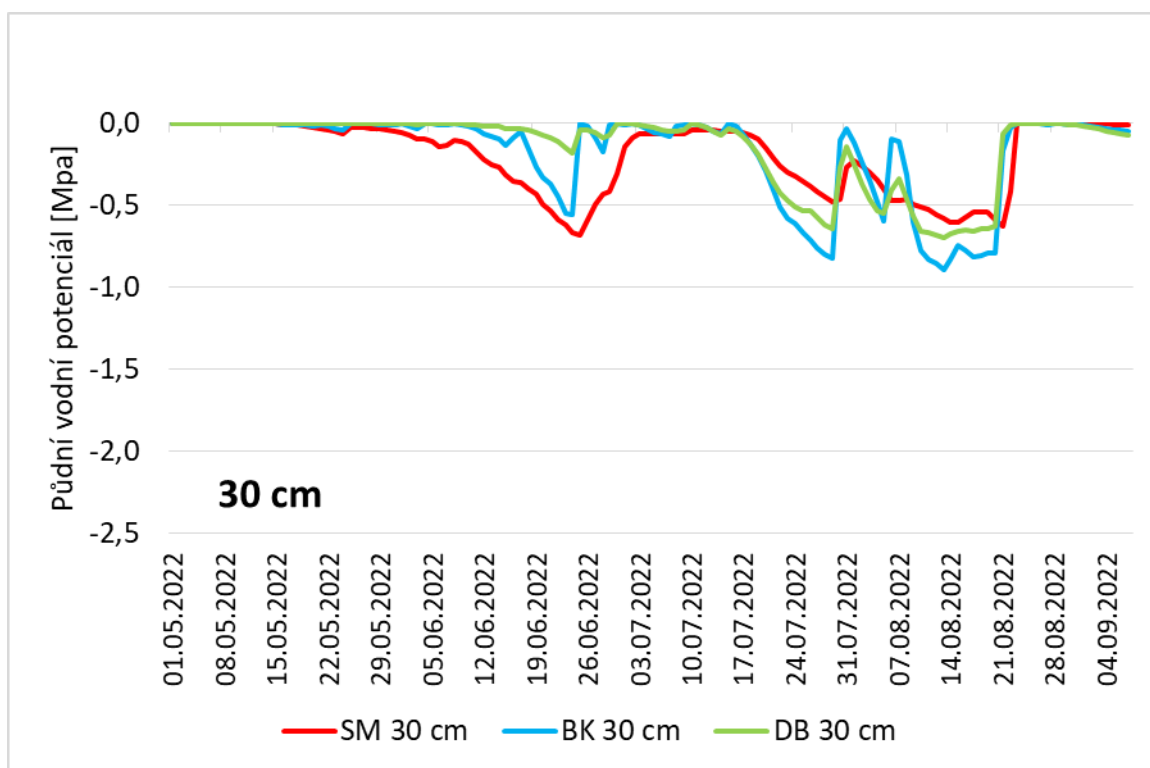
Obr. 9: Vývoj půdního vodního potenciálu od května 2021 do srpna 2022 v porostu smrku (plocha 4)



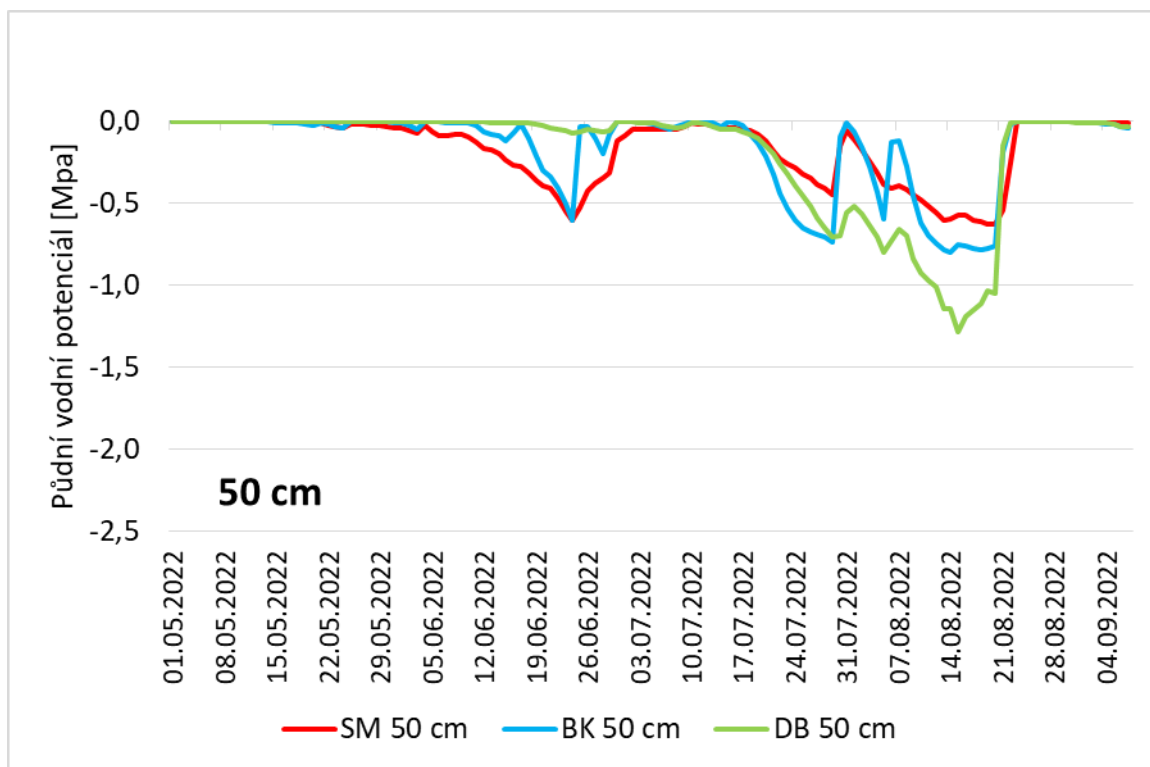
Obr. 10: Vývoj půdního vodního potenciálu od května 2021 do srpna 2022 v porostu buku (plocha 6)



Obr. 11: Vývoj půdního vodního potenciálu ve vegetační sezóně 2022 ve výsadbách smrku a buku a mlazině dubu (plochy 7, 8, 9) v hloubce půdy 10 cm



Obr. 12: Vývoj půdního vodního potenciálu ve vegetační sezóně 2022 ve výsadbách smrku a buku a mlazině dubu (plochy 7, 8, 9) v hloubce půdy 30 cm



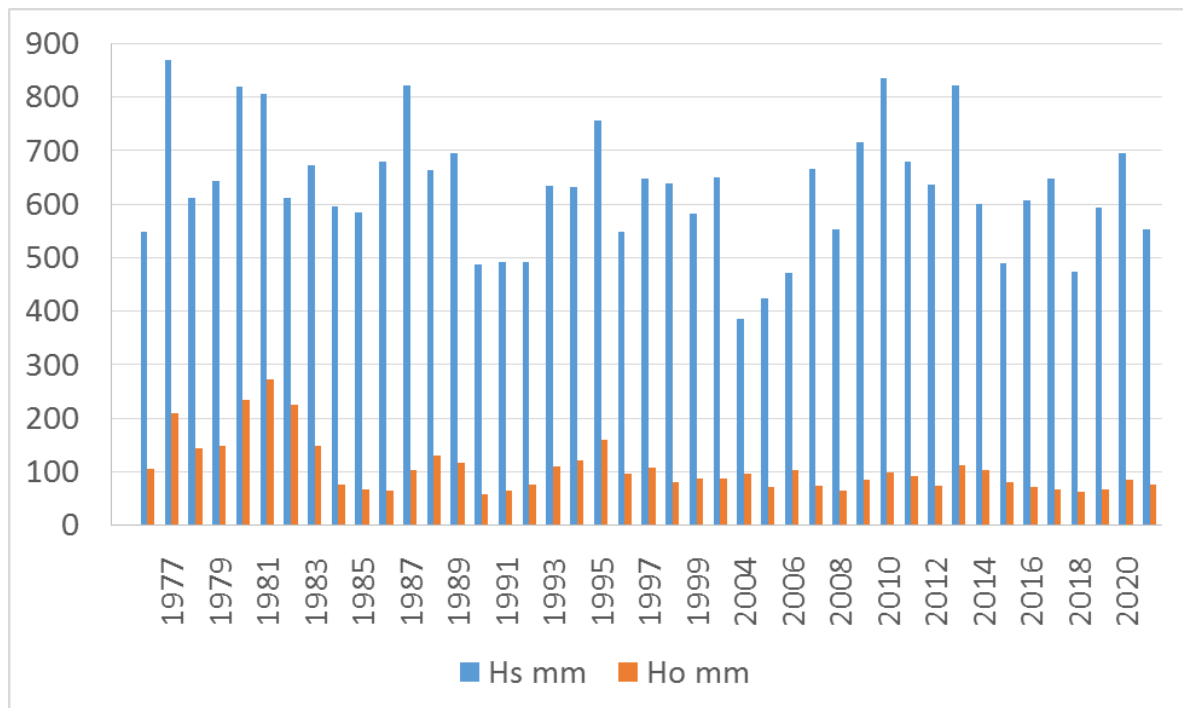
Obr. 13: Vývoj půdního vodního potenciálu ve vegetační sezóně 2022 ve výsadbách smrku a buku a mlazině dubu (plochy 7, 8, 9) v hloubce půdy 50 cm

Přepad - Zastávka č. 4

Odtok vody z povodí je měřen v otevřeném měrném žlabu s obdélníkovým profilem. V něm se měří výška hladiny, ze které je poté dle konzumpční křivky vypočten objem odtoku. K měření výšky hladiny slouží plovákový kontinuální hladinoměr PSH-30, ultrazvuková sonda a ponorný tlakový hladinoměr. Provoz čidel a přístup k archivovaným datům je zajištěn prostřednictvím řídicí a registrační jednotky Fiedler M4016. Průměrná roční výška odtoku z povodí je 106,4 mm. Průměrný průtok je 3,4 l/s.km².

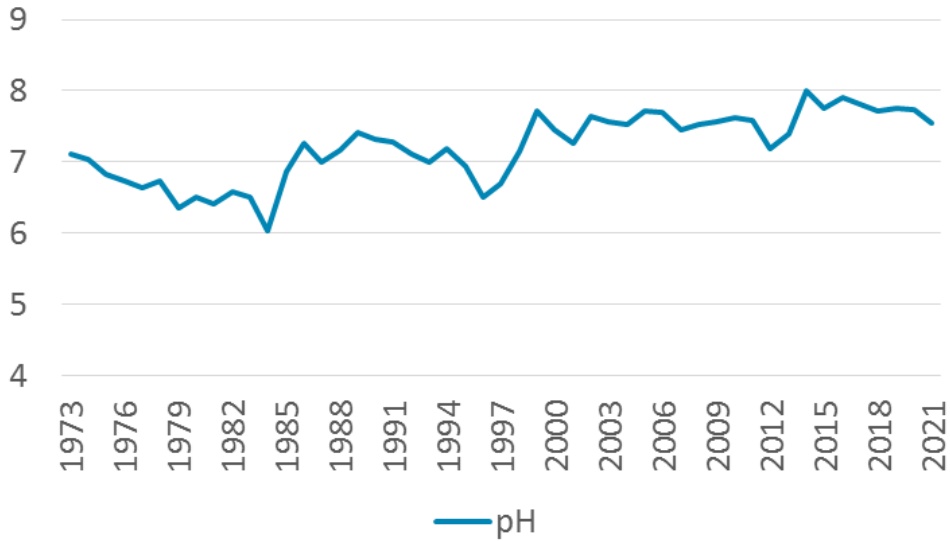
Na stanici u Kožlí jsou měřena rovněž základní klimatická data (teploty vzduchu, vlhkost vzduchu, doba a intenzita slunečního záření). Tato měření jsou prováděna čidly připojenými k automatické jednotce. Pro kontrolu měření slouží standardně vybavená meteorologická budka.

Vývoj množství srážek a výšky odtoku v povodí je uvedena v následujícím grafu na obrázku 14.

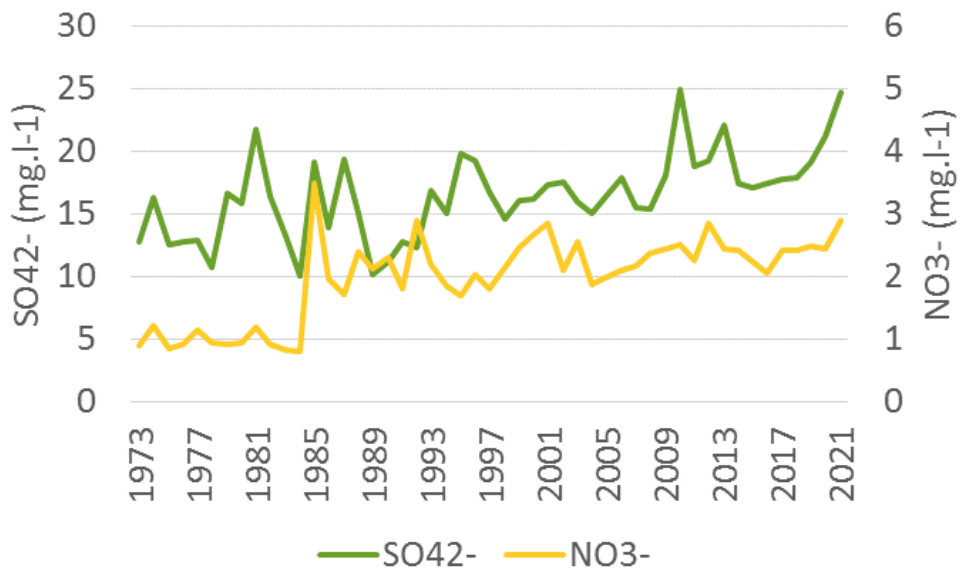


Obr. 14: Vývoj množství srážek a výšky odtoku v povodí Pekelského potoka za celou dobu sledování

Grafy na obrázcích 15 a 16 dokumentují změny v chemismu povrchové vody, odtékající z povodí. Hodnoty pH i koncentrace síranů a dusičnanů vykazují vzrůstající trend, který je statisticky významný.



Obr. 15: Vývoj hodnot pH v Pekelském potoce



Obr. 14: Průměrné roční koncentrace SO_4^{2-} a NO_3^- v Pekelském potoce.

Pro dlouhé chvíle v autobusu

				1		6		8
2				5				
		6	4					
5			3			7		6
		9		4		3	1	
7		4	2	6		8	5	9
		3	5					
8				2				
9						2	7	

			8				2	3
		5	7			1		
	1			6	5			
	2	3				9		
7				8				4
	8					3	1	
1		6			8			
			9	5		8		
	7				4		5	