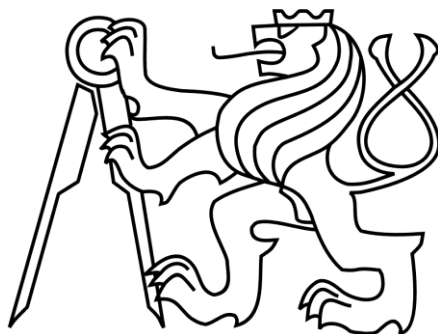


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ



**Vyhodnocení vodního režimu rašeliny na lokalitě
NPR Rašeliniště Jizery**

Evaluation of the water regime of peat at NNR Mires of Jizera

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autorka: Bc. Pavlína Sedlmaierová
Vedoucí práce: doc. Ing. Martin Šanda, Ph.D.
Katedra: Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

Praha 2017



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Sedlmaierová Jméno: Pavčina Osobní číslo: 396534

Zadávací katedra: Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vyhodnocení vodního režimu rašeliny na lokalitě NPR Rašeliniště Jizery

Název diplomové práce anglicky: Evaluation of the water regime of peat at NNR Mires of Jizera

Pokyny pro vypracování:

Zpracujte data z automatického pozorování půdní vlhkosti a ručního sledování půdních sacích tlaků na lokalitě A, NPR Rašeliniště Jizery (tzv. Velká jizerská louka) ve vegetačním období let 2009-2016. Pro vyhodnocení vodního režimu použijte model Hydrus_1D. Zaměřte se na vodní režim rašeliniště v bezprostřední blízkosti terénu.

Seznam doporučené literatury:

Kasper, Jan. Posouzení vodního režimu meliorovaných rašelinišť. Praha : České vysoké učení technické v Praze, vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Martin Šanda, Ph.D., 2008. bakalářská práce.

Jankovec, Jakub. Kalibrace vlhkostního čidla pro minerální a organické půdy. Praha : České vysoké učení technické v Praze, vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Martin Šanda, Ph.D., 2009. bakalářská práce.

J. Šimůnek, M. Šejna, H. Saito, M. Sakai, M. Th. van Genuchten. PC-Progress. The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media. 2008. http://www.pc-progress.com//Downloads/Pgm_Hydrus1D/HYDRUS1D_4.pdf.

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Martin Šanda, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 2.10.2016

Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

12.10.2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)



Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Vyhodnocení vodního režimu rašeliny na lokalitě NPR Rašeliníště Jizery* vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 8. 1. 2017

Podpis studenta



Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat především vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Martinovi Šandovi, Ph.D. za poskytnutí vstupních dat, odborné rady a za trpělivost a ochotu při zpracovávání diplomové práce.

Poděkování patří také doc. Ing. Michalovi Dohnalovi, Ph.D. za zprostředkování výpočtu potenciální evapotranspirace.



Anotace

Tato diplomová práce se zabývá vyhodnocením vodního režimu rašeliny v lokalitě Ochranného pásma Národní přírodní rezervace Rašeliniště Jizery (OP NPR Rašeliniště Jizery), konkrétně v dílčí lokalitě Velká jizerská louka – A (VJL-A). Práce se zaměřuje na vodní režim v bezprostřední blízkosti terénu.

Úvodní kapitoly jsou věnovány zájmové lokalitě v širším hydrologickém, klimatickém a vegetačním kontextu. Následuje charakteristika rašelinišť, jejich postupný vývoj, degradace a současná snaha o revitalizaci. Další kapitoly se zabývají teorií proudění půdní vody, hydraulickým charakteristikám půd, použitým statistickým metodám a teoretickému základu numerického modelování v softwaru Hydrus_1D.

Další část práce se věnuje sledovaným hydrologickým a meteorologickým veličinám, provedeným pedologickým průzkumům a stanovení hydraulických charakteristik v zájmové lokalitě, které vytváří soubor informací vstupujících do jednorozměrného vertikálního modelu proudění vody. Značný prostor je věnován konkrétní aplikaci modelu včetně výstupních dat a jejich výkladu. Součástí je i základní statistické vyhodnocení vybraných dat. Přílohová část obsahuje zejména výsledky simulace objemových vlhkostí v mělkém horizontu při různých variantách výpočtu.

Anotation

This diploma thesis deals with evaluation of the water regime of peat at Protective zone of National nature reservation Mires of Jizera (PZ NNR Mires of Jizera), focused on subsite Velká jizerská louka – A (VJL-A). The thesis is focused on water regime in immediate proximity to the soil surface.

Introductory chapters pay attention to location of interest in a broader hydrological, climatic and vegetation context. The characteristic of peats, their evolution, degradation and current effort to revitalize them follow. Next chapters are focused on the theory of soil water flow, soil hydraulic characteristics, used statistics methods and theoretical principle of numerical modelling in software called Hydrus_1D.

The next part of the thesis is devoted to the observed hydrological and meteorological variables, executed pedological surveys and evaluation of the hydraulic characteristics of the area of interest, which create a set of information entering the one-dimensional vertical model of water flow. Considerable attention is paid to a definite application of the model, including input data and their interpretation. The thesis also includes basic statistical evaluation of selected data. The attachment contains mainly the results of the volume moisture simulation in the shallow layer at different variants of calculation.



Obsah

1	Úvod	9
2	Zájmová lokalita	10
2.1	Chráněná krajinná oblast Jizerské hory	10
2.2	NPR Rašeliniště Jizery a rašelinná oblast Velká jizerská louka	11
2.3	OP NPR Rašeliniště Jizery - řešená lokalita VJL-A	12
3	Rašeliniště	15
3.1	Zmenšování a degradace rašelinišť	16
3.2	Revitalizace rašelinišť	17
3.3	Revitalizace rašeliniště v OP NPR Rašeliniště Jizery v lokalitě VLJ-A	18
4	Proudění vody v proměnlivě nasyceném pórovitém prostředí	19
4.1	Hydraulické charakteristiky	21
4.1.1	Retenční křivka	21
4.1.2	Hydraulická vodivost	22
5	Hydrus_1D a matematický popis proudění vody	24
5.1	Pohybová rovnice	24
5.2	Rovnice kontinuity	24
5.3	Řídící rovnice proudění vody	25
5.4	Zdroje a propady	26
5.5	Počáteční a okrajové podmínky	27
6	Statistické vyhodnocení měřených dat	29
6.1	Box-whisker plot	29
6.2	Nash-Sutcliffe koeficient – index dobré shody	29
7	Meliorační rýha v lokalitě VJL-A	31
7.1	Experimentální výzkum na lokalitě VJL-A, OP NPR Rašeliniště Jizery	31
7.1.1	Sací tlaková výška	31
7.1.2	Hladina podzemní vody	34
7.1.3	Objemová vlhkost	35
7.2	Hydraulické charakteristiky v lokalitě VJL-A	38
7.2.1	Nasycená hydraulická vodivost	38
7.2.2	Retenční křivky	38
8	Aplikace modelu Hydrus_1D na lokalitě VJL-A	41
8.1	Simulace a vstupní hodnoty	41
8.1.1	Geometrická aproximace	42



8.1.2	Časová diskretizace	42
8.1.3	Hydraulický model	42
8.1.4	Počáteční a okrajové podmínky	43
8.2	Výstupní veličiny	46
8.2.1	Objemová vlhkost	46
8.2.2	Sací tlakové výšky	58
9	Statistické vyhodnocení objemových vlhkostí	62
10	Závěr	65
11	Použitá literatura	68
12	Přílohová část	71
12.1	Horní a dolní tlakové okrajové podmínky	75
12.2	Průběhy HPV měřené v mělkých vrtech DV a průběhy vlhkostí měřené vlhkostními čidly FDR	78
12.3	Modelované a měřené objemové vlhkosti dle jednotlivých vegetačních sezón	86
12.3.1	Vegetační sezóna 2009 (lokalita čidel W1+2)	86
12.3.2	Vegetační sezóna 2009 (lokalita čidel W3+4)	87
12.3.3	Vegetační sezóna 2009 (lokalita čidel W5+6)	88
12.3.4	Vegetační sezóna 2010 (lokalita čidel W1+2)	89
12.3.5	Vegetační sezóna 2010 (lokalita čidel W3+4)	90
12.3.6	Vegetační sezóna 2010 (lokalita čidel W5+6)	91
12.3.7	Vegetační sezóna 2011 (lokalita čidel W1+2)	92
12.3.8	Vegetační sezóna 2011 (lokalita čidel W3+4)	93
12.3.9	Vegetační sezóna 2011 (lokalita čidel W5+6)	94
12.3.10	Vegetační sezóna 2012 (lokalita čidel W1+2)	95
12.3.11	Vegetační sezóna 2012 (lokalita čidel W3+4)	96
12.3.12	Vegetační sezóna 2012 (lokalita čidel W5+6)	97
12.3.13	Vegetační sezóna 2013 (lokalita čidel W1+2)	98
12.3.14	Vegetační sezóna 2013 (lokalita čidel W3+4)	99
12.3.15	Vegetační sezóna 2013 (lokalita čidel W5+6)	100
12.3.16	Vegetační sezóna 2014 (lokalita čidel W1+2)	101
12.3.17	Vegetační sezóna 2014 (lokalita čidel W3+4)	102
12.3.18	Vegetační sezóna 2014 (lokalita čidel W5+6)	103
12.3.19	Vegetační sezóna 2015 (lokalita čidel W1+2)	104
12.3.20	Vegetační sezóna 2015 (lokalita čidel W3+4)	105
12.3.21	Vegetační sezóna 2015 (lokalita čidel W5+6)	106
12.3.22	Vegetační sezóna 2016 (lokalita čidel W1+2)	107



12.3.23	Vegetační sezóna 2016 (lokalita čidel W3+4)	108
12.3.24	Vegetační sezóna 2016 (lokalita čidel W5+6)	109
12.4	Průběhy měřených a modelovaných objemových vlhkostí při použití retenční křivky z roku 2016 s kladným indexem dobré shody	110
12.5	Průběhy měřených a modelovaných objemových vlhkostí při použití retenční křivky z roku 2016 s velmi nízkým indexem dobré shody	115
12.6	Průběhy modelovaných vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm	118
12.7	Průběhy modelovaných sacích tlaků ve hloubkách 1 cm, 3 cm a 5 cm	121
12.8	Statistické vyhodnocení objemových vlhkostí	125
13	Fotodokumentace	131
14	Seznam obrázků	138
15	Seznam tabulek	146



1 Úvod

Tato práce se věnuje problematice rašelinišť, která byla na našem území v dřívějších dobách odlesňována za účelem využití krajiny pro těžbu dřeva. Poté měla být podmáčená krajina opět zalesněna, čehož nebylo možné docílit bez systematického odvodnění. Dopadem snahy o znovuzalesnění bylo pouze rozšíření nepůvodních dřevin, zejména kleče. Důsledkem toho došlo k poškození přírodního charakteru krajiny, změně hydrologických poměrů a změně vegetačního pokryvu.

Meliorační opatření, jakými byla výstavba odvodňovacích příkopů vybudovaných v místech původních lesů, ale i bezlesích oblastí, jíž je právě zájmová lokalita, měla za následek trvalý pokles hladiny podzemní vody (HPV), čímž se zásadně změnily podmínky pro růst původní vegetace. Vlhkomilný rašelíník byl nahrazen vyššími cévnatými rostlinami. V zájmové lokalitě se jedná především o velmi rozšířený bezkoleneček modrý.

V současné době nastala snaha o revitalizaci takto meliorovaných rašelinišť a tím navrácení do jejich původního, přírodě blízkého stavu. Revitalizace je v ČR realizována zejména výstavbou dřevěných přehrážek, které mají za účel zvednout HPV, zvýšit tím vlhkost půdy u terénu, v kořenové zóně obnovit vhodné podmínky pro původní rašelinnou vegetaci. Aby mohla být revitalizace navržena, bylo nutné provést v rašelinné oblasti průzkum, proto jsou od roku 2007 v lokalitě VJL-A sledovány hydrologické a meteorologické charakteristiky. Revitalizace zde byla realizována v průběhu podzimu 2011 a jara 2012.

Veškerá měření probíhají v lokalitě doposud a sloužila jako podklad pro tuto práci, jejímž cílem bylo vyhodnotit vodní režim v rašelinné oblasti OP NPR Rašeliniště Jizery v lokalitě VJL-A ve vegetačních sezónách během let 2009-2016 se zaměřením na oblast v bezprostřední blízkosti terénu. K vyhodnocení byl vytvořen jednorozměrný model vertikálního pohybu vody v proměnlivě nasyceném prostředí s využitím softwaru Hydrus_1D. Do modelu vstupovala měřená data (sací tlaková výška, úroveň HPV, objemová vlhkost a meteorologické veličiny) a stanovené materiálové charakteristiky (hydraulická vodivost a retenční křivky).



2 Zájmová lokalita

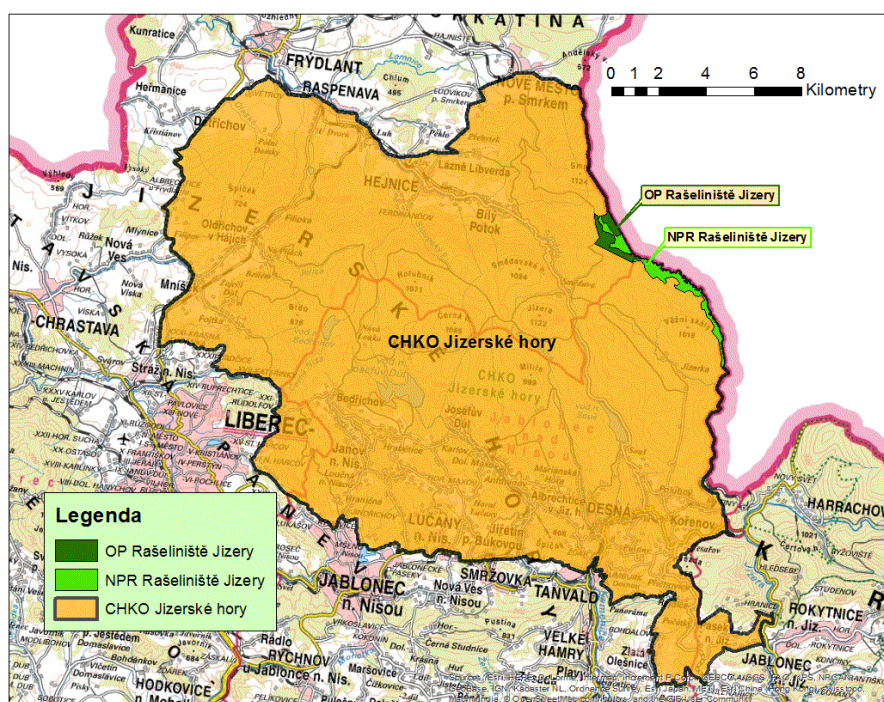
Práce se zabývá rašelinnou oblastí nesoucí název Velká jizerská louka (VJL), která se nachází v Národní přírodní rezervaci Rašeliniště Jizery ležící v Chráněné krajinné oblasti Jizerské hory. Experimentální plocha se nachází v Ochranném pásmu NPR Rašeliniště Jizery.

2.1 Chráněná krajinná oblast Jizerské hory

Chráněná krajinná oblast Jizerské hory (viz Obrázek 2-1) byla vyhlášena na přelomu let 1967 a 1968. Zahnuje oblast Jizerských hor a jejich podhůří, na východě území hraničí s Krkonošemi a Polskem, na západě s masivem Lužických hor [13].

Rozloha CHKO Jizerské hory činí 368 km², z toho 73% (269 km²) tvoří lesní porosty. Nejvyšším bodem je Smrk s nadmořskou výškou 1124 m n. m. Naopak nejnižší položený bod leží u Raspenavy ve výšce 235 m n. m [32].

V 70. a 80. letech minulého století zde došlo k tzv. ekologické katastrofě. Ekologickou katastrofou je označován výrazný pokles původního smrkového porostu, současně tedy vznik rozsáhlých holin, a to v důsledku dlouhodobé imisní zátěže způsobené rozvinutým průmyslem v Žitavské pánvi v kombinaci s invazí hmyzích škůdců a nevhodnou těžbou dřeva [32].

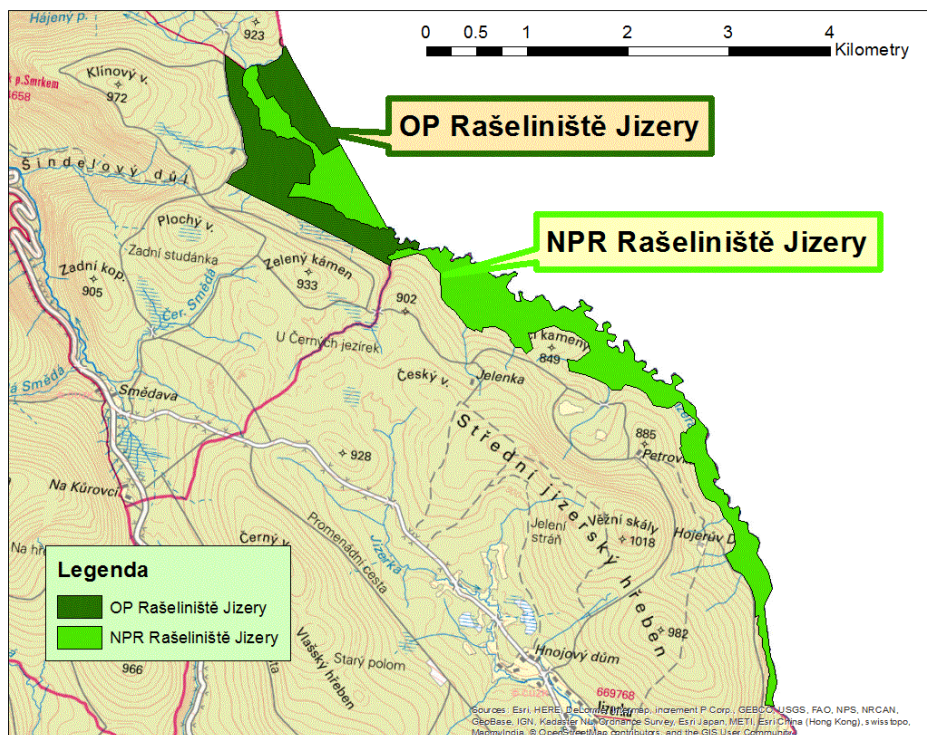


Obrázek 2-1 - CHKO Jizerské hory



2.2 NPR Rašeliniště Jizery a rašelinná oblast Velká jizerská louka

Rašelinná oblast Velká jizerská louka je jižní částí NPR Rašeliniště Jizery, leží na severovýchodním okraji CHKO Jizerské hory a je nejrozlehlejší rašeliništní soustavou v Jizerských horách (viz Obrázek 2-2). Oblast v severní části NPR Rašeliniště Jizery se nazývá V Močálech [14].



Obrázek 2-2 - Národní přírodní rezervace a Ochranné pásmo Rašeliniště Jizery

NPR Rašeliniště Jizery pokrývá území od úpatí Smrku (lokalita Na Píščinách) a kopíruje tok Jizery po jejím pravém břehu téměř až po soutok s Jizerkou. Levou hranici NPR Rašeliniště Jizery tvoří samotná řeka Jizera, která je rovněž hranicí mezi Českou republikou a Polskem. Z hlediska vegetačního zaujímá úzký pruh lesních porostů a přirozených bezlesí. Předmětem ochrany je komplex klečových porostů, rašelinišť, rašelinných a podmáčených smrčín, rašelinných luk a šterkopísčitých náplavů horního toku Jizery. NPR Rašeliniště Jizery je pouze geografické vymezení jedné z částí hodnotného přírodního území. Na levém břehu Jizery přírodní území navazuje na polskou chráněnou rezervaci Torfowiska Doliny Izery [14].

NPR Rašeliniště Jizery byla vyhlášena v červnu 1960 a rozkládá se na území o ploše 189 hektarů. Výškové rozdíly v této lokalitě jsou velmi malé, nadmořská výška se pohybuje v rozmezí 805 a 873 m n. m. V současné době se usiluje o získání mezinárodního statusu o ochraně mokřadů, jež by zahrnovaly několik rezervací na české i polské straně, které dohromady leží na ploše 840 hektarů [14].

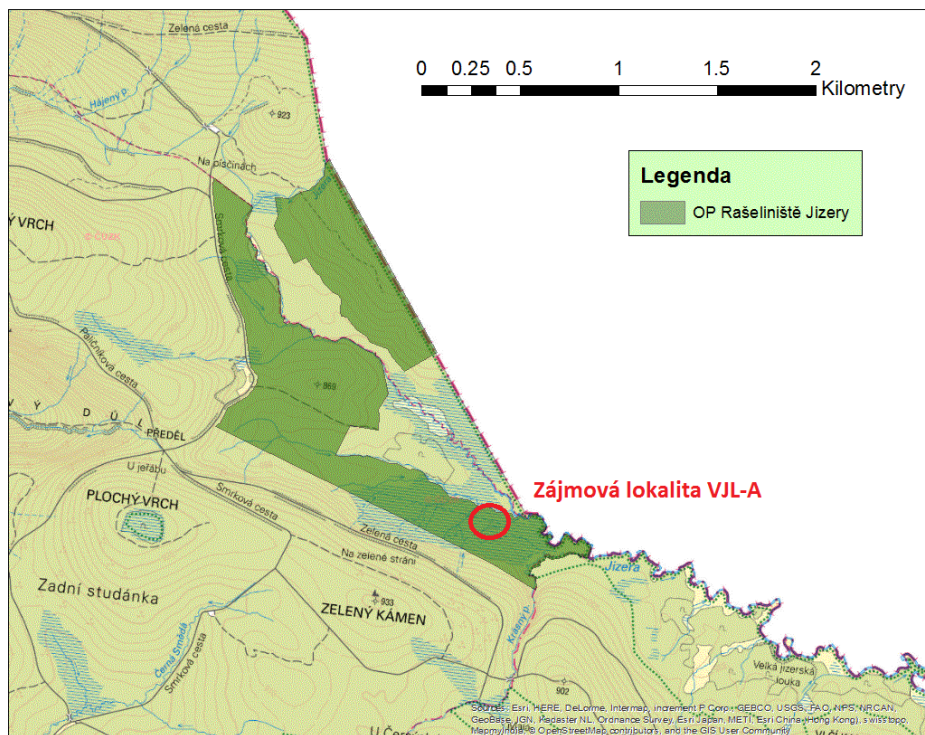


Z geomorfologického hlediska se jedná o území ploché pánve rozkládající se mezi Vysokým a Středním Jizerským hřbetem. Geologicky se lokalita skládá především z rašeliny a říčních štěrkopískových náplavů dosahujících hloubky až 50 m. Roční úhrn srážek přesahuje 1600 mm, v ploché pánvi dochází k akumulaci chladného vzduchu, a oblast se proto stala mrazovou kotlinou, teploty v zimě zde běžně klesají až k -30°C . Horní tok Jizery má jen malý sklon, a proto bohatě meandruje. Při periodických záplavách řeka mění svoji trasu, čímž přispívá k tvorbě slepých ramen, štěrkových lavic nebo k odtrhávání rašelinných stěn. Podloží je kyselé, proto zde vznikají půdy velmi chudé na živiny. V celé lokalitě převažují organozemě (rašeliny) a organozemní gleje [14].

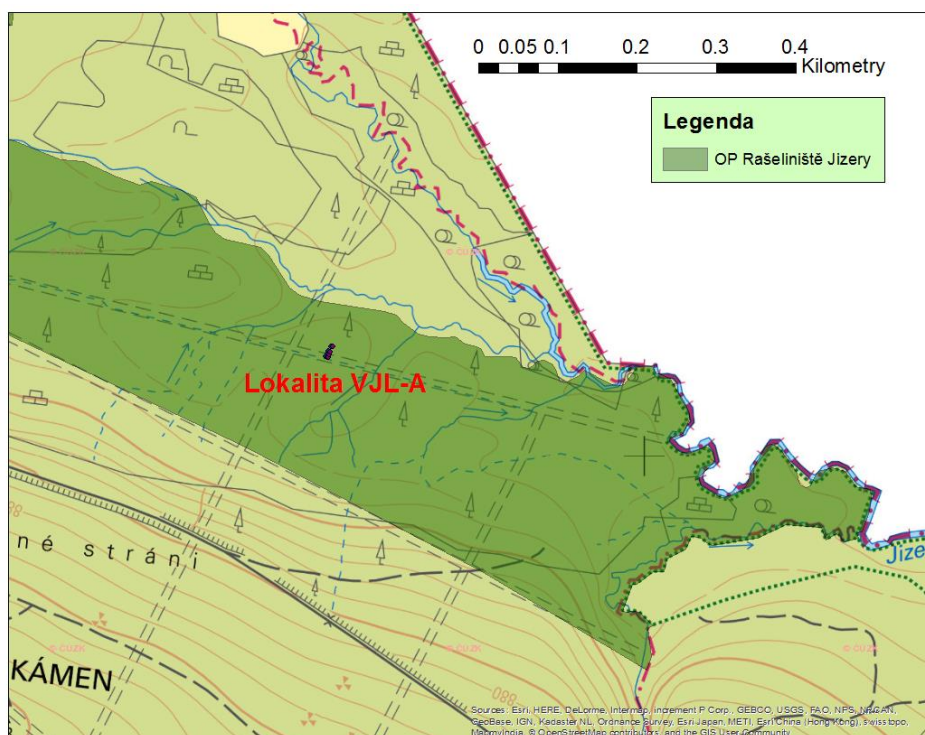
2.3 OP NPR Rašeliniště Jizery - řešená lokalita VJL-A

V severní části NPR Jizery se nachází její ochranné pásmo, které je protkané melioračními rýhami. V Ochranném pásmu NPR Rašeliniště Jizery byly ve spolupráci s botaniky v roce 2007 zvoleny čtyři lokality, jež se liší svým vegetačním krytem a zároveň se nachází v bezprostřední blízkosti melioračních rýh. Tyto lokality byly označeny písmeny A, B2, B3 a B4. Ke každé z nich byla přiřazena jedna srovnávací lokalita se stejným vegetačním pokryvem, ale mimo dosah vlivu odvodňovacích příkopů (AS, B2S, B3S a B4S) (viz Obrázek 2-5) [25].

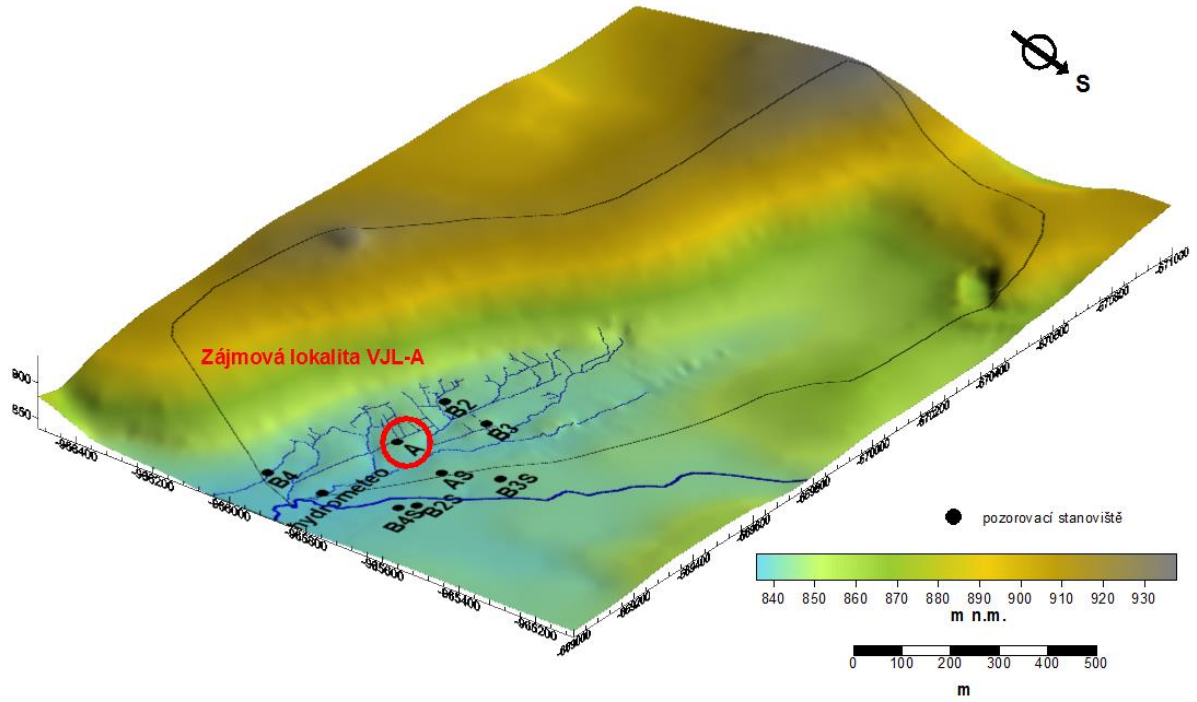
Zájmovou lokalitou je dílčí část ochranného pásma značená písmenem A (viz Obrázek 2-3 a Obrázek 2-4), nachází se v povodí bezejmenného pravostranného přítoku Jizery (č. hydrologického pořadí 1-05-01-001) [29]. Povodí zaujímá plochu cca $1,35 \text{ km}^2$, na jižní a západní straně jej ohraničují vrcholy Plochý (939,3 m n. m.) a Zelený kámen (932,8 m n. m), na severu a východě se rozprostírají pobřežní rašeliniště.



Obrázek 2-3 - Ochranné pásmo NPR Rašeliníště Jizery



Obrázek 2-4 - Zájmová lokalita VJL-A detail



OP NPR Rašeliniště Jizery - tzv. Velká jizerská louka - digitální model terénu povodí a melioračních rýh

Obrázek 2-5 - Velká jizerská louka - digitální model terénu a melioračních rýh (autor: M. Šanda)



3 Rašeliniště

Rašeliniště obecně vznikají na zamokřených místech, například v sedlech, různých terénních průhybech, prameništích atd. Jsou závislá na vodě a jejím zdroji, podle něhož lze rašeliniště členit na dva základní typy (minerogenní a ombrogenní) [15].

Podrobněji lze rašeliniště členit podle polohy v terénu a způsobu vzniku [11]:

a) Minerogenní (slatiny) – jsou vázána na podzemní a povrchovou vodu, vzniká zde slatina bohatá na minerální látky

- Topogenní – vyskytují se v terénních sníženinách naplněných stagnující spodní vodou; dle charakteru sníženin se dále dělí na:
 - Limnogenní – na dně jezer nebo v břehové zóně
 - Mokřadní – v nepropustných sníženinách, kde se hromadí srážková nebo spodní voda
 - Kotlíková – v krajině s morénymi po pevninských nebo horských ledovcích
 - Přeplavovaná – v nížinách, v plochých údolích pravidelně zaplavovaných řek
- Soligenní (rheogenní) – vznik je podmíněn mírně proudící podzemní vodou, často se vyskytují ve svahových polohách (svahová rašeliniště) [11]

b) Ombrogenní – jsou vázána na srážkovou vodu

- Vrchovištní – rašelinné těleso má čočkovitý tvar; vytváří zásobu vody ze srážek; hladina této vody leží nad úrovní hladiny podzemní vody v okolí; vážou se na oblast s nízkým výparem a vysokým srážkovým úhrnem během vegetační sezóny; vznikají nejčastěji na původně minerogenních rašeliništích
 - Koncentrická – vznik na topogenních rašeliništích; rovné vrcholové plošině se sušším nakloněným okrajovým stupněm, kde se vyskytuje zamokřené místo, tzv. lagg
 - Excentrická – vznik na svahových rašeliništích; vrcholová plošina je často nakloněná a vyskytují se na ni terasovitá jezírka
- Pokryvná (kobercová) – tvoří se přímo na minerálním podloží bez ohledu na tvar terénu, vhodné je pro ně oceánické klima s malým počtem dnů bez srážek [11]

Většina jizerskohorských rašelinišť jsou minerogenní nebo přechodné (kombinované). Krom toho se v nivě řeky Jizery nacházejí tzv. přeplavovaná rašeliniště [15].



Velkou jizerskou louku lze rozdělit na dvě části. První z nich je rozlehlé vrchoviště ležící v okolí Frýdlantského potoka. Vrchoviště je přibližně 1200 m dlouhé a 50-400 m široké, je protkané mnohými bezejmennými toky. V horní části vznikl lagg se společenstvy pramenišť a minerogenních rašelinišť. Rašelinné a podmáčené smrčiny spolu se souvislým klečovým porostem zde tvoří neprůchodnou oblast. Druhá, jižní, část VJL je tvořena méně početnými vrchovišti a klečovými porosty s otevřenými partiemi. Převažují zde svahová rašeliniště s prameništi a příznivějšími trofickými poměry, které zajišťují lepší přístupnost živin [14].

3.1 Zmenšování a degradace rašelinišť

Rašeliniště se v Jizerských horách vyskytovala již na konci poslední doby ledové, tedy přibližně před dvěma a půl milióny let. Rozloha se měnila spolu se změnami klimatu, v sušších obdobích vysychala, ale nikdy nezanikla. V současné době dochází k vysychání rašelinišť nejen z důvodu změny klimatu, ale rovněž kvůli lidským zásahům do jejich přírodního charakteru [15].

Již na počátku 19. století docházelo k velkoplošnému odvodňování lesních půd, které tak postupem času získaly charakter běžného hospodářského lesa. V sedmdesátých až devadesátých letech 20. století byly tyto lokality dotčeny těžbou dřeva a mnohé tak o stromový porost zcela přišly. V důsledku těžby došlo k narušení půdy a vodního režimu rašelinišť [15].

Oblasti zasažené těžbou měly být později znovu zalesněny, tomu ale bránilo zamokření půdy, pozdní mrazy a zvěř. Proto se přešlo k rozsáhlému odvodnění většiny území hlubokými příkopy a cestami se záchytnými příkopy. Přesto se zalesňování nedařilo, tudíž se začaly vysazovat nepůvodní kleče, břízy karpatské a jeřáby. Břízy a jeřáby podlehly zvěři, ale nepůvodní kleče postupně nahrazují dřívější smrčiny, zarůstají přirozená bezlesí a dochází ke zmenšování plochy rašelinných jezírek. V osmdesátých letech navíc v důsledku ekologické katastrofy (nárůst průmyslových exhalací) došlo k velkoplošnému usychání lesů. Tím nastala změna povětrnostních vlivů, jakými je například snížení ochrany před sluncem, větrem, sněhem a mrazem. V důsledku zvýšeného výparu došlo k vysychání rašelinišť, snížení hladiny podzemní vody, degradaci půdy a rozšíření vyšších cévnatých rostlin jako jsou například bezkolenec modrý, třtina chloupkatá nebo metlička křivolaká [15].

V současné době, kdy dochází k dlouhodobému nárůstu průměrných ročních teplot a relativnímu úbytku srážek lze předpokládat degradaci lokalit závislých převážně na srážkové



vodě. Naopak rašeliniště dotovaná svahovými prameny a údolní rašeliniště budou ovlivňována rostoucími teplotami a přírůstkem živin, které mohou způsobit rozvoj podhorských mezotrofních mokřadů [15].

V souvislosti s odlesněním vznikla řada zamokřených území vzdorujících zalesnění. Na těchto územích by mohla vzniknout trvalá bezlesí, ale vzhledem k tomu, že mají odlišný ekologický i vegetační charakter, nemohou vynahradit úbytek původních bezlesích oblastí vrchovištního typu. Vysychání by mohla zabránit výstavba přehrážek osazených do odvodňovacích příkopů. Většina drenážních příkopů se ale nachází mimo rezervaci, proto by bylo třeba schválení rozhodnutí Lesů České republiky k rozsáhlejší realizaci tohoto záměru [15].

3.2 Revitalizace rašelinišť

Výše uvedená metoda, tedy hrazení melioračních rýh, byla poprvé uplatněna v Národním parku Šumava. Po jejím vzoru byly následně stejným způsobem revitalizovány drenážní příkopy v NPR Rašeliniště Jizerky (revitalizace Klugeho louky dle návrhu P. Karase zpracovaného v rámci bakalářské práce v roce 2008 [12]) a v Ochranném pásmu NPR Rašeliniště Jizery (dle návrhu H. Martínkové zpracované v bakalářské práci – etapa A, rok 2009 [19] a diplomové práci – etapa B, rok 2010 [18]). V srpnu 2009 se stejným tématem zabývaly rovněž hydrologické studie řešící tři rašeliniště v Krušných horách (Cínovecký hřbet, U jezera a Velké tetřeví tokaniště) [7].

Principem metody je budování přehrážek v drenážních příkopech za účelem zvednutí a stabilizace hladiny podzemní vody, jež opětovně zamokří rašeliniště. Veškeré zmíněné revitalizace rašelinišť jsou založeny na konceptu cílové hladiny vody. To znamená snahu o navrácení hladiny podzemní vody na úroveň, která byla pro dané rašeliniště přirozená před jeho odvodněním. Cílová hladina podzemní vody je pro každé rašeliniště odlišná, například pro vrchoviště a přechodná rašeliniště se jedná zhruba o 5-10 cm pod terénem, pro rašelinné smrčiny nebo minerotrofní luční rašeliniště je příznivá hloubka přibližně 20-30 cm pod terénem [2]. Úroveň cílové hladiny vody také záleží na části rašeliniště (centrální nebo okrajová část), protože se zde nachází odlišná vegetace [20]. Cílovou hladinu lze jinak definovat jako maximální pokles vody pod čelem hráze. Přehrážky by měly být rozmístěny tak, aby bylo možno dosáhnout cílové hladiny i v oblasti mezi příkopy. Rozmístění by mělo být dostatečně blízké i s ohledem na svažitost terénu [1].



3.3 Revitalizace rašeliniště v OP NPR Rašeliniště Jizery v lokalitě VJL-A

V roce 2007 bylo v lokalitě VJL-A v OP NPR Rašeliniště Jizery na podnět AOPK ČR zahájeno podrobné sledování vodního režimu. Sledován je průběh hladiny mělké podzemní vody ve vrtech (piezometrech) a tenzometrech. Odtok z povodí je zaznamenáván v uzávěrovém profilu na přítoku Jizery automatickou limnigrafickou stanicí s Bazinovým přelivem. Limnigrafická stanice je doplněna pozorováním meteorologických prvků, jako jsou teplota a relativní vlhkost vzduchu, a měřením tekutých srážek překlopným srážkoměrem [25]. Podrobnému popisu sledovaných veličin v zájmové lokalitě je věnována kapitola 7.1. Sledované veličiny pak sloužily jako podklad pro návrh přehrážek.

Lokalita VJL v OP NPR Rašeliniště Jizery byla revitalizována dle návrhu H. Martínkové (2009, 2010) [19] [18] v období 06/2011-10/2013 postupně od severu k jihovýchodu. Zadavatelem byla Agentura ochrany přírody a krajiny ČR (AOPK ČR), Správa CHKO Jizerské hory. O realizaci se zasloužil Jizersko-ještědský horský spolek. Rýha „A“ nacházející se v zájmové lokalitě VJL-A byla pravděpodobně revitalizována v průběhu podzimu 2011 a jara 2012. Přehrážky byly navrženy dle výše zmíněného konceptu cílové hladiny, která byla určena na základě botanického průzkumu. Geodetické podklady pro návrh poskytl Ing. J. Loula, ovšem zaměření, ačkoliv obsahovalo několik set podrobně měřených bodů, nebylo ani tak dostatečně podrobné, aby postihlo členitost terénu. Na základě požadavku lesního správce byla nakonec úroveň přehrážek snížena o 20 cm [30].



4 Proudění vody v proměnlivě nasyceném pórovitém prostředí

Pórovité prostředí neboli půdní matrice je seskupení pevných částic, mezi nimiž se nacházejí póry, jež mohou být vyplněny kapalnou nebo plynnou fází, nejčastěji půdním vzduchem nebo vodou. Pórovité prostředí může být zkoumáno v různých měřítkách od molekulárního přes mikroskopické až po makroskopické, kterým se tato práce zabývá. Specifickým momentem této práce je sledování rašelinného půdního prostředí, které je na rozdíl od minerální půdy časoprostorově výrazně proměnným systémem.

Makroskopický neboli darcyovský přístup neuvažuje hranice mezi jednotlivými fázemi a spojuje je v tzv. makrokontinuum vyplňující celou oblast proudění [3].

Dle vyplnění půdních pórů vodou lze členit pórovité prostředí na nasycenou a nenasyčenou zónu. V nasycené zóně jsou všechny póry vyplněny vodou, v nenasyčené zóně je část pórů vyplněna vodou a část pórů je vyplněna půdním vzduchem.

Nasycená zóna je zdola ohraničena nepropustným podložím, shora hladinou podzemní vody. Nad hladinou podzemní vody se nachází pásmo kapilární vody. Výška tohoto pásma je závislá na půdních vlastnostech.

V nenasyčené zóně (zóně aerace, vadózní zóně) je spodní hranicí hladina podzemní vody nebo přímo nepropustné podloží. V této vrstvě převažuje vertikální pohyb vody způsobený zejména infiltrací dešťových vod nebo vztlínáním podzemní vody. Vadózní zóna je velmi důležitá nejen pro proudění vody, ale i pro transport různých látek, mezi něž patří zejména kontaminanty nebo stopovače, ať už přírodní nebo uměle dodané [31].

Na vodu v pórovitém prostředí působí několik sil, a sice síly gravitační, tlakové a retenční, které se dále dělí na kapilární a adsorpční. Kapilární síly působí pouze v nenasyčeném prostředí na fázovém rozhraní mezi plynnou, kapalnou a pevnou fází. Adsorpční síly se uplatňují jen při velmi malé vlhkosti, kdy molekuly vody vytváří okolo pevné částice velmi tenký film.

Výsledkem působení kapilárních sil je **kapilární tlaková výška h_c [m]**, tedy rozdíl tlakových výšek v kapiláře na rozhraní mezi vzduchem a vodou [5]:

$$h_c = h_a - h_w \quad (1)$$

h_a je tlaková výška vzduchu v pórech [m]

h_w je tlaková výška vody v pórech [m]



Při zavedení předpokladu, že tlak vzduchu v pórech je roven atmosférickému tlaku, lze psát:

$$h_c = -h_w \quad (2)$$

$$h_c = \frac{p_c}{\rho g} \quad (3)$$

K pohybu vody dochází vlivem rozdílného **potenciálu** ϕ [J/kg], který je tvořen především potenciálem gravitačním ψ_g a tlakovým ψ_p [17].

$$\phi = \psi_p + \psi_g \quad [J/kg] \quad (4)$$

Potenciál se pro jednodušší aplikaci převádí do výškového tvaru:

$$H = \frac{\phi}{g} = h + z \quad [m] \quad (5)$$

H je hydraulická výška [m],

h je tlaková výška [m],

z je poloha v gravitačním poli [m],

ρ je hustota vody [kg/m³],

p je tlak [Pa],

g je gravitační zrychlení [m/s²].

Vlhkostní potenciál nebo sací tlak či tlakovou výšku půdní vody lze měřit, jestliže je zachována hydraulická spojitost mezi půdou a referenční (srovnávací) hladinou volné vody. Tenzometry zaznamenávají kapilární tlakovou výšku v nasycené i nenasycené zóně. Tenzometr je zakončen porézním materiálem (například keramikou nebo porcelánem), jehož stěny umožňují hydraulické spojení mezi půdní vodou a manometrem nebo tlakovým čidlem. Tlak v tenzometru se mění se změnou objemu vody v tenzometru, která přitéká a odtéká přes porézní médium. Při vysoušení půdy proudí voda z tenzometru do půdy, naopak při zvlhčování proudí z půdy do tenzometru, dokud se tlaky nevyrovnají. Měření se provádí ručně nebo automaticky tlakovým čidlem [17].

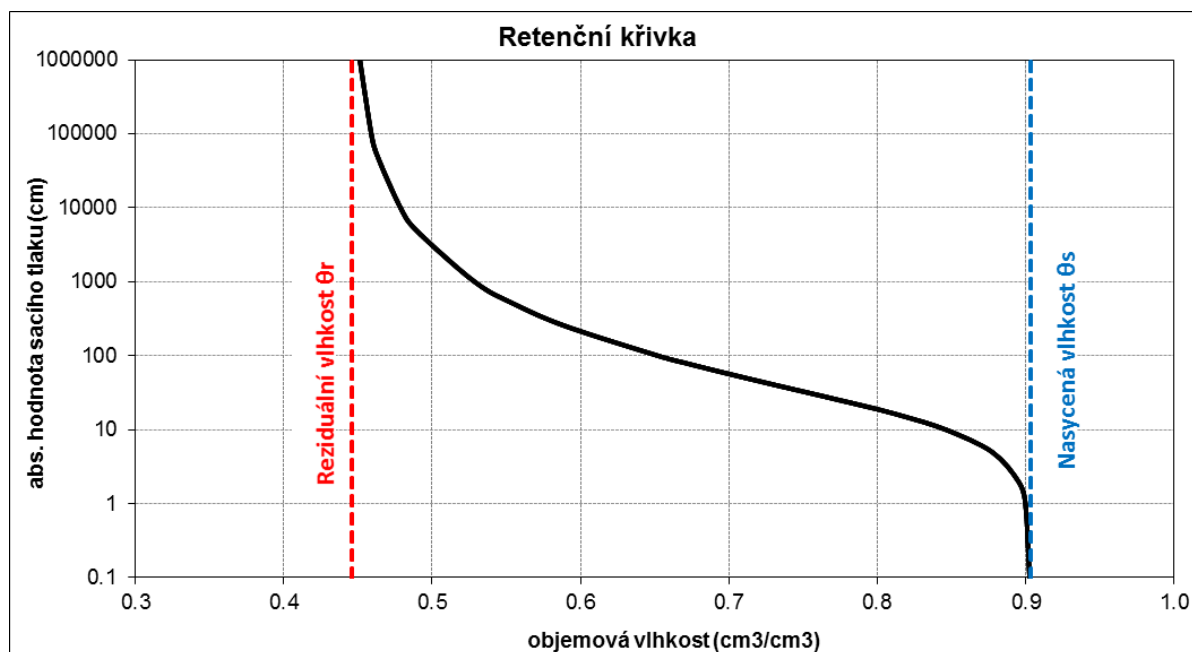


4.1 Hydraulické charakteristiky

Předpokladem pro popis průběhu plnění a prázdnění pórovitého prostředí je znalost jeho vlastností, které jsou dány geometrií (čarou zrnitosti, specifickou a objemovou hmotností a pórovitostí) a tzv. hydraulickými charakteristikami. Dvěma nejzákladnějšími charakteristikami jsou retenční křivka půdní vlhkosti a funkce hydraulické vodivosti [4].

4.1.1 Retenční křivka

Retenční křivka (viz Obrázek 4-1) vyjadřuje rovnovážnou závislost mezi objemovou půdní vlhkostí θ a kapilární tlakovou výškou h_c , která v nenasyceném prostředí nabývá vždy záporných hodnot. Kapilární tlaková výška se často vyjadřuje v absolutní hodnotě, tzv. sací tlakovou výškou. Tvar retenční křivky závisí především na geometrických vlastnostech pórového prostředí.



Obrázek 4-1 - Retenční křivka

Retenční křivka charakterizuje průběh plnění a prázdnění pórů, přičemž se zavádí tzv. **kapilární model pórovitého prostředí**. Předpokladem tohoto modelu je prostředí tvořené pouze kapilárními póry, které tvoří navzájem dokonale propojené síť. Při zvlhčování dochází k plnění pórů od nejmenších po největší a naopak. Každé vlhkosti náleží konkrétní zakřivení kapilárních menisků, tedy i hodnota kapilárního tlaku. Retenční křivka má různý tvar při plnění a prázdnění pórů, tento neidentický průběh se nazývá hystereze.



Z retenční křivky lze odvodit specifickou storativitu (neboli retenční vodní kapacitu), která je rovna derivaci vlhkosti podle kapilární tlakové výšky. Vyjadřuje sklon retenční čáry v závislosti na kapilární tlakové výšce [5]:

$$C(h_c) = -\frac{d\theta}{dh_c} \quad (6)$$

Měření a analytické vyjádření

Průběh retenční křivky se získá laboratorním měřením pomocí pískového tanku a přetlakového aparátu.

Výsledkem laboratorního měření je sada rovnovážných stavů ve funkční závislosti $\theta = \theta_{(hc)}$. Těmito body se následně proloží analyticky vyjádřená křivka. Nejčastěji využívané výrazy pro vyjádření této závislosti jsou rovnice dle Brooks-Coreyho (1964) nebo dle van Genuchtena (1978), které je i použito v této práci [4]:

$$\theta_e(h) = \frac{1}{(1 + (-\alpha h)^n)^m} \quad \text{pro } h < 0 \quad (7)$$

$$\theta_e(h) = 1 \quad \text{pro } h \geq 0 \quad (8)$$

θ_e je efektivní vlhkost

$$\theta_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad (9)$$

θ_r je reziduální vlhkost, která se neúčastní proudění

θ_s je nasycená vlhkost

α , m a n jsou parametry, n musí být větší než 1, a parametr m je dán předpisem:

$$m = 1 - \frac{1}{n} \quad (10)$$

Analytické vyjádření křivky dle van Genuchtena je derivovatelné v celém oboru hodnot, proto se používá častěji. Naopak vyjádření dle Brooks-Coreyho (1964) zahrnuje fyzikální význam vstupní hodnoty vzduchu, ale není vhodný pro výpočet z matematického hlediska.

4.1.2 Hydraulická vodivost

Hydraulická vodivost představuje schopnost prostředí vést vodu. Vyjadřuje se pomocí koeficientu hydraulické vodivosti K [m/s], který má rozměr rychlosti a uvádí specifický průtok při jednotkovém hydraulickém gradientu [31].



Hydraulickou vodivost lze vyjádřit v závislosti na sací tlakové výšce $K_{(h)}$, přičemž při plném nasycení pórů je sací tlaková výška rovna nule a hydraulická vodivost se nazývá **nasycená K_s** [5].

Nenasycenou hydraulickou vodivost lze měřit jen velmi obtížně. Průběh nenasyčené hydraulické vodivosti se proto stanovuje změřením hodnoty nasycené hydraulické vodivosti K_s^* , která se vynásobí odhadem průběhu relativní hydraulické vodivosti $K_r(\theta)$ na základě parametrů retenční křivky.

$$K'(\theta) = K_r(\theta)K_s^* \quad (11)$$

$K'(\theta)$ je průběh nenasyčené hydraulické vodivosti

$K_r(\theta)$ je odhad průběhu relativní hydraulické vodivosti

K_s^* je měřená hodnoty nasycené hydraulické vodivosti

Pro odhad průběhu **relativní hydraulické vodivosti**, jejíž hodnoty nabývají velikosti od nuly do jedné, se nejčastěji používají vztahy podle Burdina a podle Mualema [5].



5 Hydrus_1D a matematický popis proudění vody

Hydrus_1D je program umožňující simulaci pohybu vody, tepla a rozpuštěných látek v jednorozměrném prostoru s proměnnou nasyceností pórového prostředí. Program řeší numerickou metodou řídicí, tzv. Richardsovu, rovnici proudění vody v proměnlivě nasyceném prostředí. Tato rovnice vznikla spojením pohybové rovnice a rovnice kontinuity a zahrnuje vliv zdrojů a propadů, především odběr vody kořenovou zónou. Protože se jedná o diferenciální rovnici, je pro výpočet s konečným počtem řešení nutné určit počáteční a okrajové podmínky [28].

Předpokladem matematického popisu proudění vody je zákon zachování hmoty definovaný rovnicí kontinuity a zákon zachování pohybu vyjádřený pohybovou rovnicí.

5.1 Pohybová rovnice

Pohybová rovnice v proměnlivě nasyceném pórovitém prostředí je popsána **Darcy-Buckinghamovým zákonem**, který vyjadřuje vztah mezi objemovým tokem a hnacími silami proudění vody, a to v nasyceném i nenasyceném prostředí [4].

$$\begin{aligned} \mathbf{q} &= -\mathbf{K}(\theta)\text{grad } H \\ &= -\mathbf{K}(\theta)(\text{grad } h + \text{grad } z) \end{aligned} \quad -\infty \leq h \leq \infty \quad (12)$$

\mathbf{q} je vektor objemového toku [m/s], se složkami q_x , q_y a q_z

$\mathbf{K}(\theta)$ je funkce nenasycené hydraulické vodivosti [m/s]

grad H je hydraulický spád [-], přičemž H je celkový potenciál vody, h je kapilární potenciál a z gravitační potenciál

Tlaková výška v nasyceném prostředí ($h \geq 0$) nabývá kladných hodnot a měří se zpravidla piezometrem, tlaková výška v nenasyceném prostředí ($h \leq 0$) nabývá záporných hodnot a měří se tenzometrem. Rozhraní mezi nasyceným a nenasyceným prostředím tvoří hladina podzemní vody, kde je tlaková výška rovna nule.

Hydraulická vodivost je vyjádřena jako tenzor, protože reálné pórovité prostředí vykazuje anizotropní chování, tedy odlišné v každém směru [4].

5.2 Rovnice kontinuity

Rovnice kontinuity vyjadřuje **zákon zachování hmoty**. Vyjadřuje bilanci hmotnosti fáze v daném objemu, kde rozdíl hmotnosti fáze, která do objemu za daný časový krok přitekla a vytekla, je rovna hmotnosti, která se v daném objemu za stejný čas akumulovala.



Zavedeme-li předpoklad, že kapalina je nestlačitelná, tedy změna hustoty v čase je rovná nule, dostaneme rovnici kontinuity ve tvaru [4]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + \operatorname{div} \mathbf{q} = 0 \quad (13)$$

\mathbf{v} je vektor makroskopické rychlosti proudění [m/s]

\mathbf{q} je vektor objemového toku [m/s]

5.3 Řídicí rovnice proudění vody

Řešením řídicí rovnice proudění vody lze získat časoprostorový průběh stavových veličin, jako jsou objemová vlhkost půdy, sací tlaková výška nebo rychlost proudění vody. Řídicí rovnice proudění vody se nazývá **Richardsova rovnice** a vznikla dosazením Darcy-Buckinghamova zákona do rovnice kontinuity:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \operatorname{div}(\mathbf{K} \operatorname{grad} H) \quad (14)$$

Richardsovu rovnici v tomto tvaru lze použít, jsou-li splněny tři základní předpoklady [4]:

- Geometrie reálného prostředí je v dobré shodě s kapilárním modelem, prostředí je nehybné a nedeformovaletné
- Tlak vzduchu v pórech je uvažován konstantní, a roven tlaku atmosférickému
- Proudící voda je nestlačitelná

Výše uvedená rovnice je obecná pro trojrozměrné proudění. Často lze ale proudění zjednodušit na dvojrozměrné nebo dokonce jednorozměrné. Rovnice popisující jednorozměrné proudění zohledňuje převládající směr proudění, a to například ve vertikálním směru [4]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} K \left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \quad (15)$$

V současnosti běžně užívaným tvarem Richardsovy rovnice pro numerická řešení je tzv. **kapacitní tvar**. Richardsova rovnice v kapacitním tvaru má řešení v celém oboru hodnot, tedy v nasyceném i nenasyčeném prostředí. Neznámou v rovnici je buď tlaková výška $h_{(z,t)}$ nebo objemová vlhkost $\theta_{(z,t)}$ [4].

$$C(h) \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K(h) \frac{\partial h}{\partial z} + K(h) \right) \quad -\infty < h < \infty \quad (16)$$

Vyskytuje-li se v řešené oblasti **zdroj nebo propad vody, tzv. sink term**, pak se jeho intenzita přičte, respektive odečte od Richardsovy rovnice.



$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \text{div}(\mathbf{K} \text{grad}(h + z)) - S \quad (17)$$

5.4 Zdroje a propady

Nejčastějším propadem vody je její extrakce kořeny rostlin z oblasti kořenové zóny Ω_R . Takový propad je vyjádřen jako intenzita extrakce [s^{-1}], její hodnota je funkcí času a prostorových souřadnic. Hodnota propadového členu mimo oblast Ω_R je rovna nule.

Pojem **propadový člen (sink term) S** je definován jako objem vody, který je z jednotkového objemu půdy odstraněn za jednotku času. Feddes jej v roce 1978 definoval rovnicí:

$$S(h) = \alpha(h)S_p \quad (18)$$

$S(h)$ popisuje transpiraci a odběr vody kořenovou zónou

$\alpha(h)$ je vláhový stres popsaný bezrozměrnou funkcí tlakové výšky vody v půdě ($0 \leq \alpha \leq 1$)

S_p je potenciální intenzita transpirace a odběru vody z kořenové zóny [s^{-1}]

Aktuální transpirace odpovídá potenciální transpiraci při $\alpha(h) = 0$. Jestliže je potenciální intenzita odběru vody v kořenové zóně rozložena rovnoměrně, pak platí [28]:

$$S_p = \frac{1}{L_R} T_p \quad (19)$$

T_p je potenciální intenzita transpirace [$cm \cdot s^{-1}$]

L_R je hloubka kořenové zóny [cm]

Výše uvedená rovnice může být obecně vyjádřena ve tvaru:

$$S_p = b(x)T_p \quad (20)$$

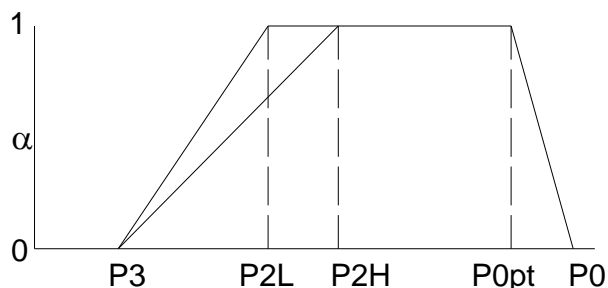
$b(x)$ je rozložení odběru vody kořenovou zónou, které se nejčastěji vyjadřuje funkcí dle Feddese [5]

Pro účely této práce byl použit právě výpočet transpirace dle Feddese. Průběh funkce vláhového stresu znázorňuje Obrázek 5-1. Funkce vláhového stresu má lineární průběh a je závislá na pěti parametrech.

Pokud se sací tlak vyskytuje v zóně blízké nasycení (bod P0), je předpokládán nulový odběr vody. Bod P3 je označován jako bod vadnutí, rovněž se zde předpokládá nulový odběr vody kořenovou zónou. Odběr vody je považován za optimální v oblasti tlakových



výšek v rozmezí bodů P0pt a P2 (dle intenzity transpirace: P2H – high transpiration, P2L – low transpiration). V oblasti tlakové výšky mezi body P3 a P2 odběr vody roste, naopak v rozmezí tlakových výšek mezi body P0pt a P0 odběr vody klesá až k hodnotě rovné nule [28].



Obrázek 5-1 - Průběh funkce vláhového strese dle Feddesse [16]

5.5 Počáteční a okrajové podmínky

Aby diferenciální rovnice neměla nekonečně mnoho možných řešení, je třeba pro konkrétní případ vymezit vhodné podmínky omezující proudění v čase (počáteční) a prostoru (okrajové).

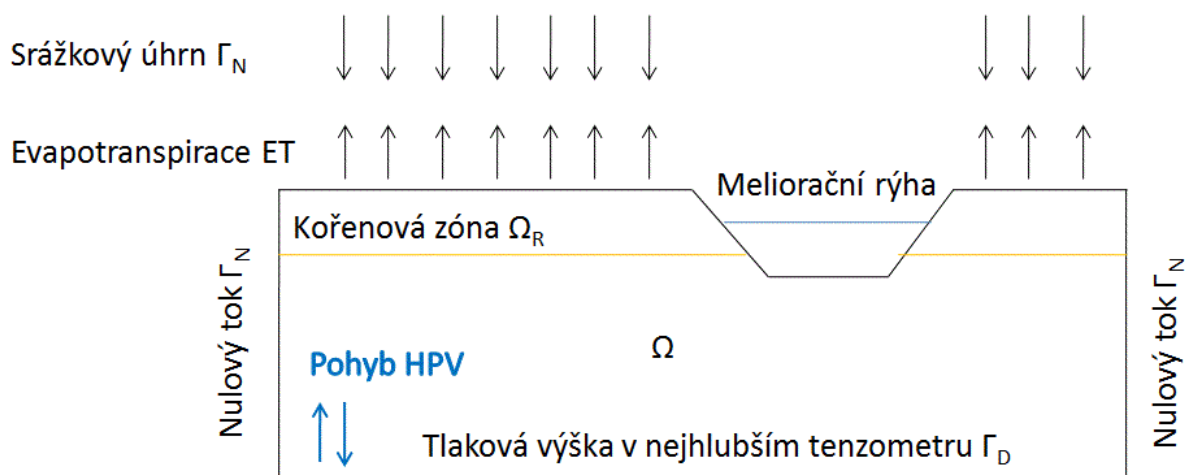
Počáteční podmínka udává hodnotu tlakové výšky h nebo objemové vlhkosti θ v celém řešeném prostoru v počátečním čase simulace, tedy v čase $t = 0$.

$$h(x, 0) = h_0(x) \quad (21)$$

$h_0(x)$ je pole tlakových výšek v předepsané oblasti proudění v čase $t = 0$

$$\theta(x, 0) = \theta_0(x) \quad (22)$$

$\theta_0(x)$ je rozložení objemové vlhkosti v předepsané oblasti proudění v čase $t = 0$



Obrázek 5-2 - Schéma možného přiřazení okrajových podmínek různým částem hranice při 2D proudění



Okrajové podmínky popisují interakci systému s jeho okolím na hranicích oblasti proudění. Nejčastěji užívanými typy okrajových podmínek jsou tlaková (Dirichletova) nebo toková (Neumannova) okrajová podmínka [4].

Tlaková okrajová podmínka (Dirichletova) Γ_D se používá, známe-li tlakovou výšku nebo vlhkost na části hranice.

Toková okrajová podmínka (Neumannova) Γ_N se používá, je-li známa rychlost, kterou voda do systému přitéká nebo odtéká přes část hranice (jedná se o tok kolmo přes hranici oblasti proudění) [4].



6 Statistické vyhodnocení měřených dat

Vybrané veličiny, například pozorované hodnoty měřených vlhkostí, byly statisticky vyhodnoceny pomocí základních metod statistiky. Pro statistické vyhodnocení byly využity například krabicové grafy nebo index dobré shody.

6.1 Box-whisker plot

Krabicový graf vyjadřuje souhrnné informace o pravděpodobnostních charakteristikách náhodného výběru. Základní část grafu tvoří „krabička“, jež je ohraničená dolním a horním kvantilem. Čára umístěná mezi horním a dolním kvantilem značí medián. Vzdálenost mezi horním a dolním kvantilem se nazývá mezikvartilové rozpětí. Postranní čáry box plotu sahají do vzdálenosti minima, respektive maxima, v případě, že v souboru nejsou odlehlá pozorování. Vzdálenost mezi minimem a maximem je označována jako rozpětí [24].

Za odlehlá pozorování jsou považována data ležící ve vzdálenosti větší než 1,5 násobek mezikvartilového rozpětí od horního, respektive dolního kvartilu. V případě přítomnosti odlehlých pozorování jsou tato data označena a za minimum, respektive maximum je považována hodnota nejvzdálenější od dolního, respektive horního kvartilu, která zároveň není větší než 1,5 násobek mezikvartilového rozpětí [10].

6.2 Nash-Sutcliffe koeficient – index dobré shody

Index shody, neboli Nash-Sutcliffe model efficiency coefficient, je používán pro posouzení predikční schopnosti hydrologických modelů. Je definován následující rovnicí [22]:

$$E = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_0^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_0^t - \bar{Q}_0)^2} \quad (23)$$

Q_0 je průměrná hodnota pozorované veličiny

Q_m^t je modelovaná hodnota veličiny v čase t

Q_0^t je pozorovaná hodnota veličiny v čase t

Index dobré shody E určuje relativní velikost zbytkového rozptylu ve srovnání s naměřenými daty rozptylu. Udává, jak dobře se shodují naměřená a simulovaná data. Jeho hodnota se pohybuje v intervalu od $-\infty$ do 1. Dosahuje-li index dobré shody hodnoty ležící v rozmezí od 0 do 1, pak je model považován za přijatelný. Čím více se hodnota blíží jedné, tím je model přesnější. Je-li $E \leq 0$, model je považován za nedostačující [21].



Index dobré shody se používá v hydrologii velmi často, poskytuje rozsáhlé informace o přesnosti modelované veličiny. Často se uplatňuje například při posuzování přesnosti měřeného a modelovaného hydrogramu [21].



7 Meliorační rýha v lokalitě VJL-A

OP NPR Rašeliniště Jizery bylo dříve odvodněno soustavou melioračních příkopů, důsledkem čehož nastal pokles hladiny podzemní vody, změna hydrologického režimu a změna biotopu. Původní rašelinné oblasti byly nahrazeny vyššími cévnatými rostlinami. Ve zkoumané lokalitě (VJL-A) se v současnosti namísto rašeliničku vyskytuje ve velké míře bezkolének modrý, nejen proto se usiluje o navrácení takto meliorovaných rašelinišť do původního, přírodě blízkého stavu. Hojně využívanou revitalizační metodou je hrazení melioračních rýh dřevěnými přehrážkami, jejichž účelem je trvalé zvednutí HPV na původní úroveň přirozenou pro rašelinu. Trvalé opětovné zamokření by mělo vést k obnově původní vegetace.

Za účelem revitalizace rašeliniště v zájmové oblasti VJL-A bylo od roku 2007 zahájeno hydrologické a meteorologické sledování. Pozorování pak sloužila jako podklad pro návrh revitalizace, která zde proběhla v průběhu podzimu 2011 a jara 2012.

Data jsou nadále zaznamenávána i po již proběhlé revitalizaci, a byla použita pro dlouhodobé vyhodnocení vodního režimu v této oblasti, zejména v mělké zóně, která má v rašelině velmi specifické chování oproti klasické minerální půdě. Následující kapitoly se podrobně charakterizují způsob sledování jednotlivých veličin a provedené průzkumy v lokalitě.

7.1 Experimentální výzkum na lokalitě VJL-A, OP NPR Rašeliniště Jizery

Tato kapitola je věnována podrobnému popisu sledování vodního režimu v lokalitě VJL-A, tedy pozorování sacích tlakových výšek, úrovně hladiny podzemní vody, objemové vlhkosti a meteorologických jevů.

7.1.1 Sací tlaková výška

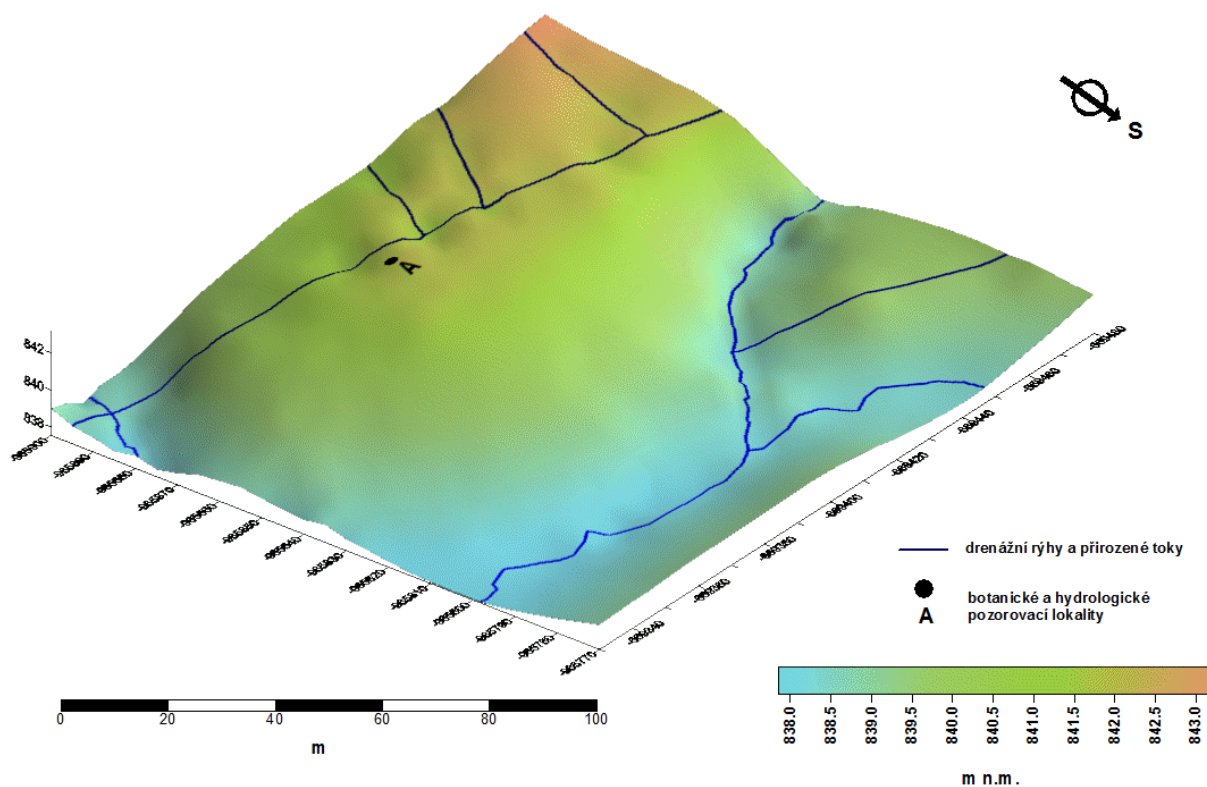
Průběh sací tlakové výšky je na Velké jizerské louce - lokalitě A sledován pomocí tenzometrů. Tenzometry měří tlakovou výšku při plném i částečném nasycení. Tenzometrické měření tlakové výšky lze přepočítat na objemovou vlhkost půdy za předpokladu známé retenční křivky.

V lokalitě VJL-A jsou umístěny sady celkem 31 půdních tenzometrů. Tenzometry označené T17-T38 se nachází v přímé blízkosti meliorační rýhy a tenzometry T81-T83, které jsou umístěny mimo vliv drenáže příkopu, za dílčí rozvodnicí drenážního



příkopu (viz Obrázek 7-2). Tenzometry byly obsluhovány ručně ve větší části vegetačního období od května do října v letech 2007-2016 v intervalu 5-18 dní. Hodnoty sacího tlaku byly odečítány pomocí přenosné digitální jednotky TensimeterTM od firmy Soil Measurements Systems. Tato jednotka zaznamenává tlak uvnitř tenzometru pomocí jehly, jež je zasouvána do pryžové zátky tenzometru [29].

Na lokalitě A (viz Obrázek 7-1) tenzometry leží ve třech různých, vzájemně přibližně rovnoběžných osách, které jsou kolmé k meliorační rýze (viz Obrázek 7-2). Pro účely diplomové práce byla využita měření z tenzometrů umístěných v hlavní ose, tedy tenzometrů s označením T17 -T25 (viz Obrázek 7-2), z nichž nejbližší leží 9,2 m od osy příkopu. Tyto tenzometry jsou uspořádány ve třech skupinách vždy po třech tenzometrech dlouhých 120 cm, 76 cm a 26 cm. Data měřená těmito tenzometry byla použita pro výpočet počáteční podmínky v modelu. Tenzometry osazené ve vedlejších osách jsou uspořádány ve čtyřech skupinách po dvou tenzometrech hloubky 102 cm a 40 cm [29].

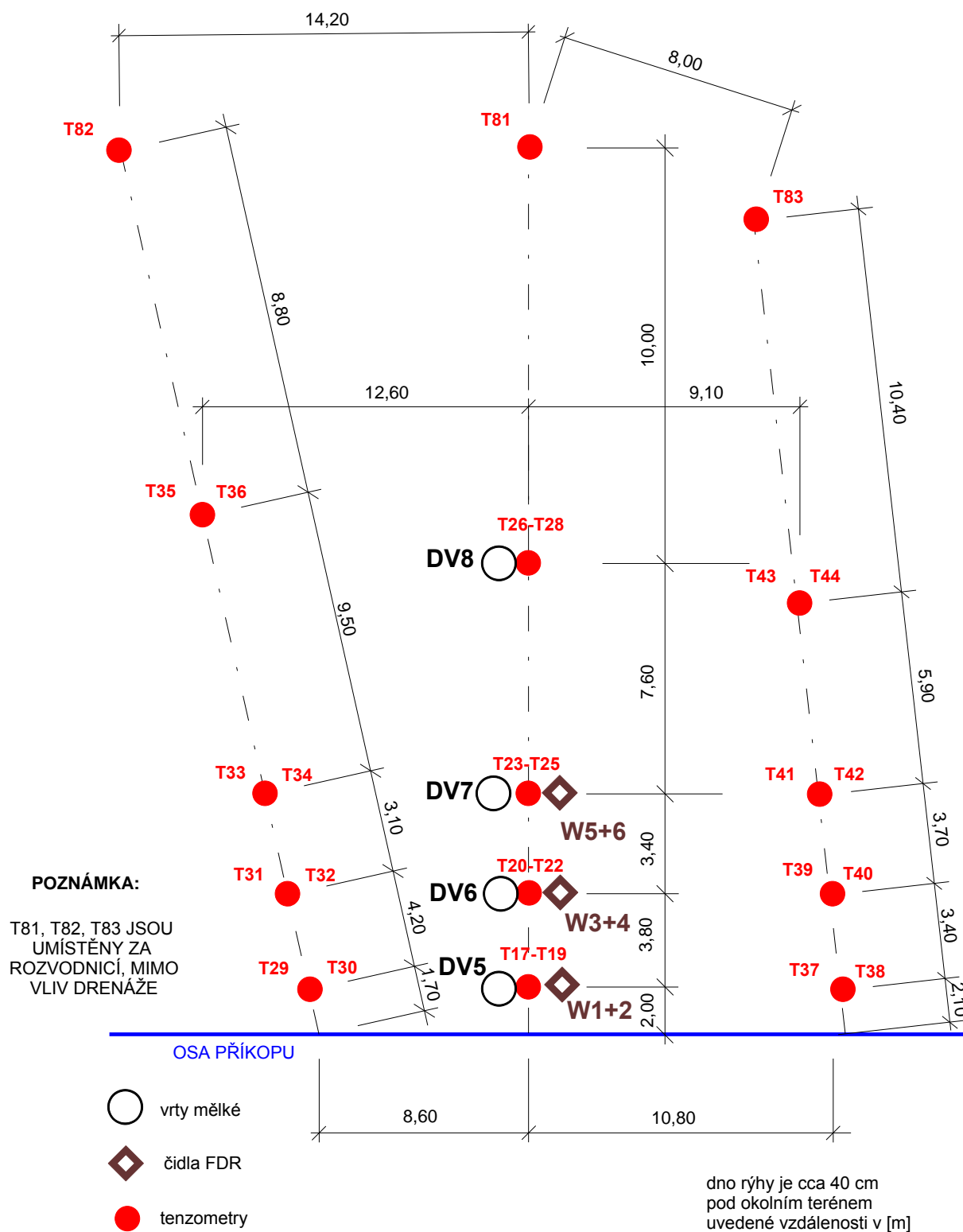


OP NPR Rašeliniště Jizery - tzv. Velká jizerská louka - detail digitálního modelu terénu povodí a melioračních rýh

Obrázek 7-1 - Velká jizerská louka, lokalita A - digitální model terénu (autor: M. Šanda)



ochranné pásmo NPR Rašeliniště Jizery - A



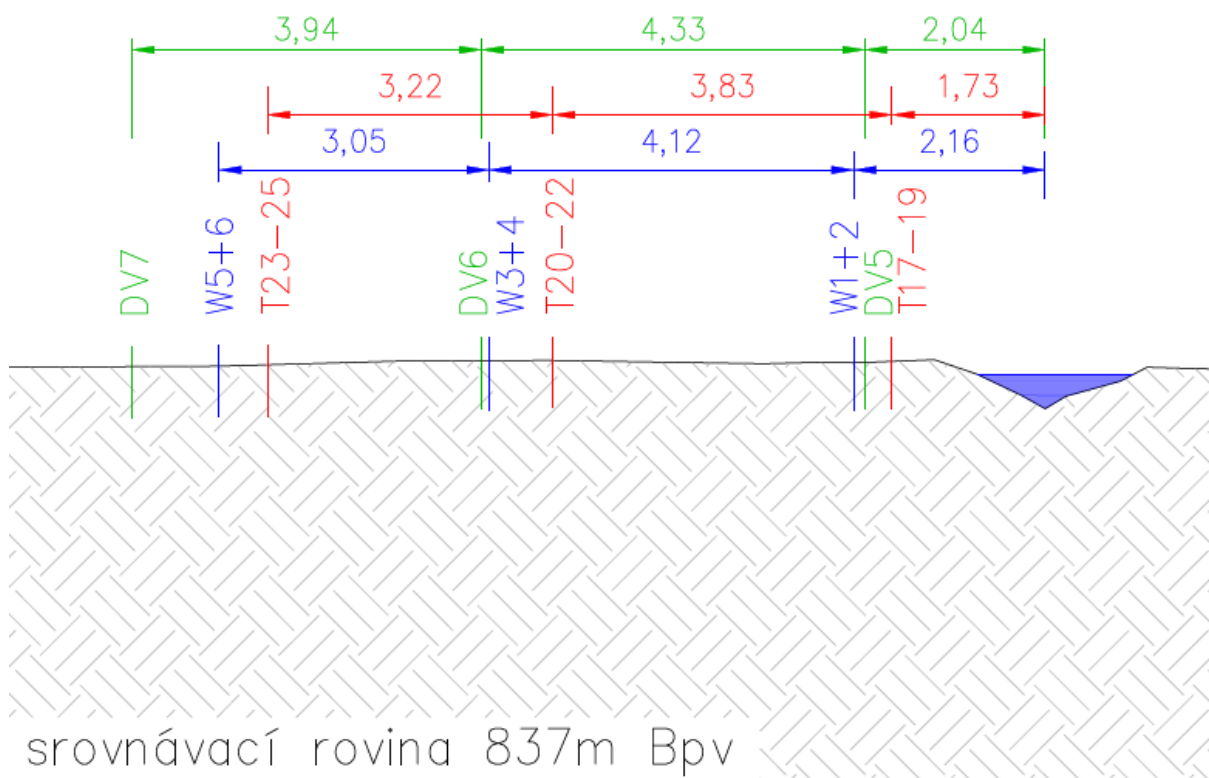
Obr. 1.4 Situační plán lokality A - ochranné pásmo NPR Rašeliniště Jizery

Obrázek 7-2 - Schéma měřících zařízení na lokalitě VJL-A (autor: M. Šanda)

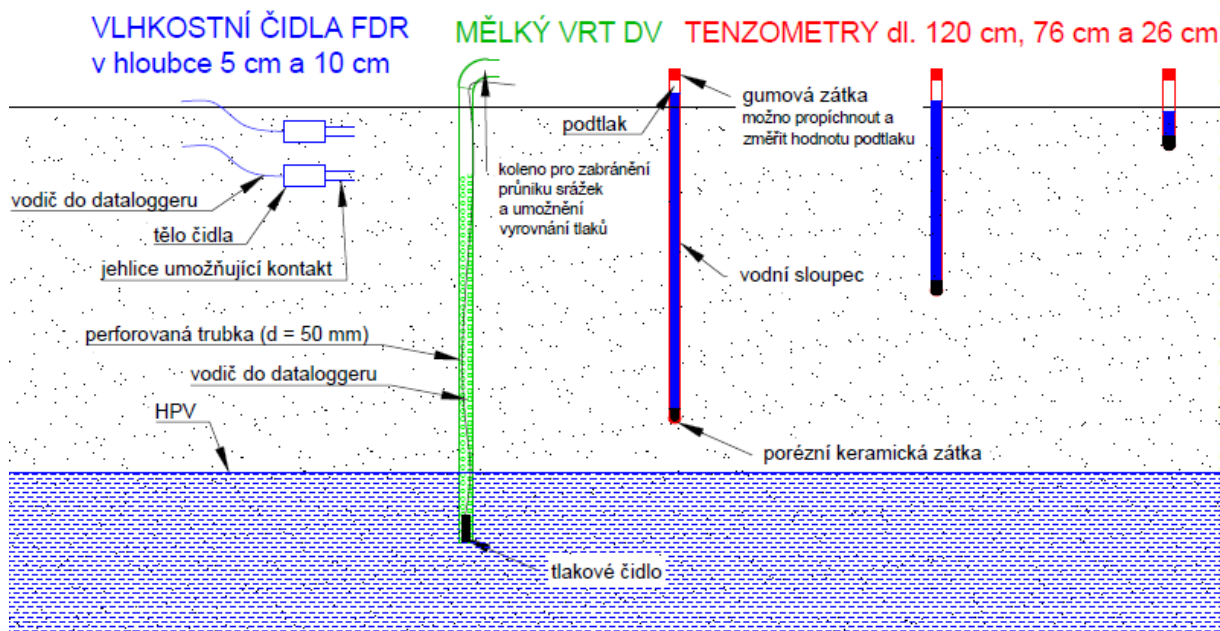


7.1.2 Hladina podzemní vody

Od května 2008 bylo v lokalitě OP NPR Rašeliniště Jizery instalováno celkem 12 mělkých vrtů řady DV. Ve vrtech je umístěna PE trubka o průměru 50 mm. Její spodní část je zatavena a je v rozsahu 0-75 cm perforována, čímž je umožněna komunikace vrtu s okolím. V lokalitě VJL-A je v blízkosti skupiny tenzometrů kontinuálně zaznamenáván stav hladiny podzemní vody v mělkých vrtech DV5-DV7, v nichž jsou od srpna 2008 uložena automatická hladinová čidla LMP308i zaznamenávající úroveň HPV v intervalu 10 minut do dataloggeru Campbell CR1000 [27].



Obrázek 7-3 - Rozmístění mělkých vrtů DV, tenzometrů T a vlhkostních čidel W vůči příkopu



Obrázek 7-4 - Schéma měřících zařízení umístěných v lokalitě VJL-A

7.1.3 Objemová vlhkost

Na lokalitě VJL-A byla v červnu 2008 instalována automatická stanice pro pozorování vodního režimu rašelin (investorem byl VÚV T.G.M., v.v.i. a Masarykova Univerzita v Brně). V pozorovaných místech je osazeno 6 vlhkostních čidel CS616 firmy Campbell Scientific, jejichž měření zaznamenává datalogger Campbell CR1000 [27]. Čidla jsou umístěna horizontálně v blízkosti každé skupiny tenzometrů, a sice v hloubce 5 cm a 10 cm s označením W1+2 v blízkosti skupiny tenzometrů T17-19, W3+4 v blízkosti T20-22 a W5+6 v blízkosti T23-25 (viz Tabulka 7-1). Objemová vlhkost půdy je zaznamenávána v desetiminutovém intervalu. Tyto měřené hodnoty sloužily v práci pro porovnání s výstupními hodnotami vlhkosti predikovanými modelem.

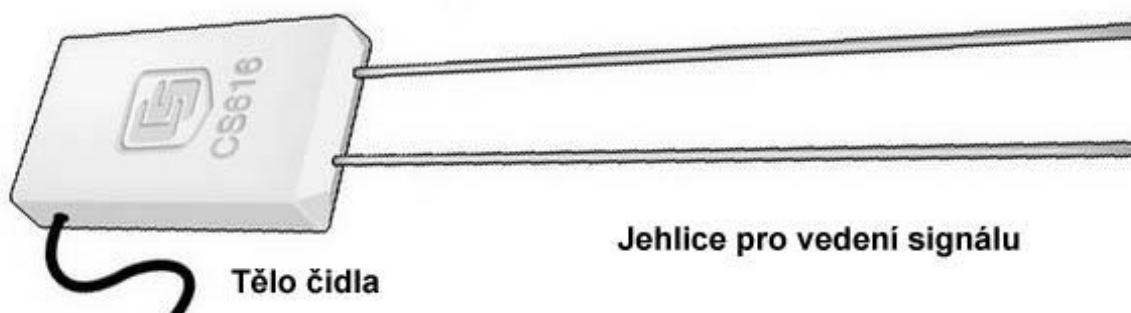
Tabulka 7-1 - Přehled pojmenování a umístění vlhkostních čidel

vlhkostní čidla	hloubka čidla (cm)	vzdálenost od příkopu (m)	blízké tenzometry	blízké vrty
W1	5.0	2.0	T17-19	DV5
W2	10.0	2.0	T17-19	DV5
W3	5.0	5.8	T20-22	DV6
W4	10.0	5.8	T20-22	DV6
W5	5.0	9.2	T23-25	DV7
W6	10.0	9.2	T23-25	DV7



Čidla pracují na principu metody frekvenční doménové reflektometrie, tzv. FDR (Frequency Domain Reflectometry). Principem metody je měření kapacity (odpor vůči elektromagnetickému vlnění) půdy, z níž se následně dopočítá její permitivita [9].

Vlhkostní čidlo CS616 se skládá z vodotěsného těla čidla, v němž je uložena elektronika, přívodního kabelu, jenž slouží k napájení a k propojení s dataloggerem a nerezových jehlic, kterými jsou do půdy vysílány vysokofrekvenční pulsy a následně je zaznamenávána reakce půdy na vysílané pulsy (viz Obrázek 7-5). Výstupní veličinou je perioda běhu čidla vybuzená v půdě, která je následně přepočítána na objemovou vlhkost půdy pomocí kalibrační rovnice pro konkrétní půdu a teplotu prostředí. Kalibrační rovnice má polynomický tvar druhého stupně, a její koeficienty standardně určuje výrobce. Tyto koeficienty se ale mohou značně lišit pro konkrétní půdu, proto se stanovují experimentálně v laboratorních podmínkách [9].



Obrázek 7-5 - Vlhkostní čidlo CS616 (4)

Během instalace čidla v terénu dochází k porušení půdních horizontů v prostoru nad umístěním čidla, tím dochází zároveň ke zvýšení pórovitosti půdy. Změna pórovitosti půdy může následně vést k ovlivnění výsledků měření. Výstupní perioda čidla je ovlivněna především blízkým okolím jehlic [9].

Měření vlhkosti metodou frekvenční doménové reflektometrie je ovlivněno řadou faktorů, mezi něž patří zejména minerální složení půdy, obsah volných iontů v půdním roztoku (vodivost), textura, především velikost zrn a charakteristika pórů a teplota prostředí. Množství organické hmoty a velmi specifická struktura rašelinné hmoty má zásadní vliv na tvar kalibrační rovnice pro toto prostředí [9].

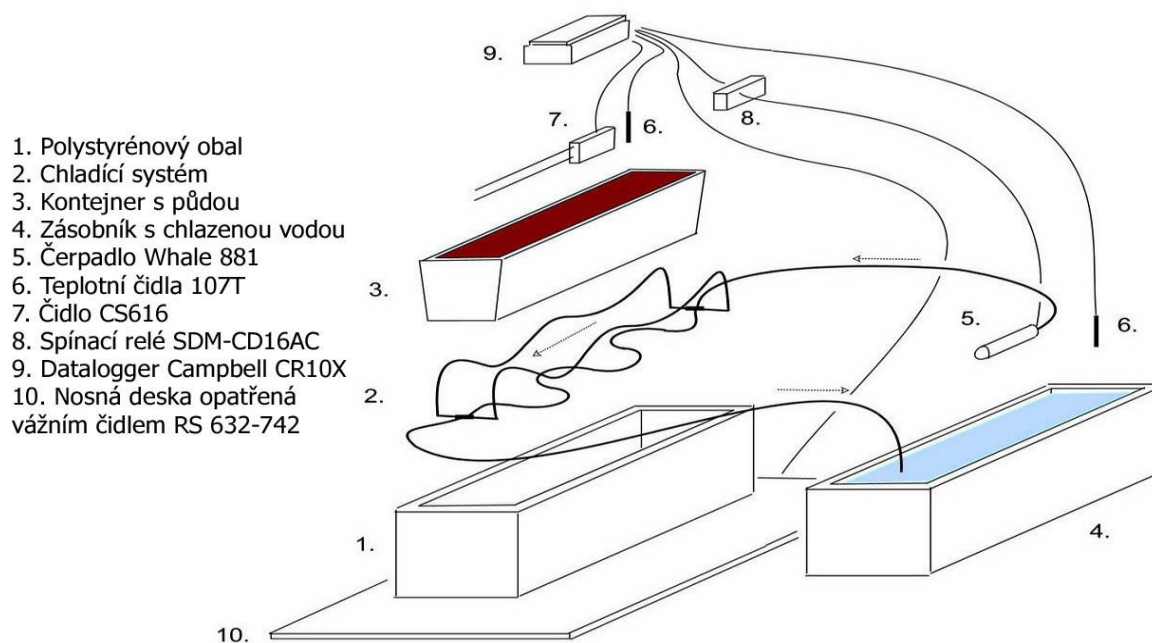
Kalibrace vlhkostních čidel laboratorních experimentem

Před umístěním vlhkostních čidel do terénu, byly pomocí laboratorního experimentu stanoveny kalibrační rovnice pro převod měřené periody čidla na objemovou vlhkost pro



konkrétní půdu, tedy rašelinu s vysokým podílem organické hmoty odebrané z lokality Velká jizerská louka - lokalita A (viz Obrázek 13-3).

Kalibraci vlhkostních čidel provedl v roce 2009 v rámci bakalářské práce J. Jankovec [9]. K tomuto účelu bylo sestrojeno zařízení (viz Obrázek 7-6), z jehož měření byla odvozena závislost objemové vlhkosti půdy na periodě vybuzeného signálu, tedy kalibrační koeficienty. Zařízení se skládalo z nosné desky opatřené vážním čidlem, kontejneru s obalem z polystyrenu, v němž byl uložen půdní vzorek, chladicí systém, teplotní a vlhkostní čidlo. Další součástí byl kontejner naplněný vodou, s teplotním čidlem a čerpadlem, které v případě potřeby zajišťovalo výměnu vody v chladicím systému udržujícím ve vzorku půdy požadovanou konstantní teplotu. Celý systém byl napojený na datalogger, který zaznamenával datum, periodu vybuzeného signálu, hmotnost soustavy s půdou, teplotu vody, půdy a dataloggeru [9].



Obrázek 7-6 - Schéma zařízení sestrojeného pro kalibraci vlhkostního čidla (4)

Půdní vzorek byl odebrán jako neporušený blok (viz Obrázek 13-3 a Obrázek 13-4), jemuž byl pouze odejmut přebytečný materiál na okrajích tak, aby se vešel do laboratorního kontejneru (viz Obrázek 13-5 a Obrázek 13-6) [9]. Průběh měření periody vlhkostního čidla a objemové hmotnosti zobrazuje Obrázek 12-6. Kalibrační křivku vlhkostního čidla proloženou ustálenými body a kalibrační křivku dle tovární kalibrace znázorňuje Obrázek 12-7.



Meteorologické jevy

Srážkový úhrn je monitorován kontinuálně. V létě pomocí překlopného nevyhřívávaného srážkoměru MR3 firmy Meteoservis, v zimě ručně obsluhovaným sněhoměrným kolektorem. Srážkoměr je umístěn u limnigrafické stanice v uzávěrovém profilu povodí spolu s meteorologickou věží, která zaznamenává teplotu a relativní vlhkost vzduchu, od roku 2008 také rychlost a směr větru [27]. Zařízení jsou ovládána dataloggerem M4016G3 firmy Fiedler-Mágr a data jsou zaznamenávána v 10 minutovém intervalu [25], [26].

7.2 Hydraulické charakteristiky v lokalitě VJL-A

Hydraulické charakteristiky byly získány z měření provedených v lokalitě Velká jizerská louka v rámci hydrologického průzkumu, který proběhl v červnu roku 2008 a červenci roku 2016.

7.2.1 Nasycená hydraulická vodivost

V červnu 2008 bylo odebráno po třech neporušených vzorcích ze dvou hloubek (10-25 cm a 30-45 cm), každý o objemu 1000 cm³. Pro každý odebraný vzorek byla experimentálně stanovena jeho nasycená hydraulická vodivost, která byla následně zprůměrována pro každou hloubku. Experimentální výzkum byl proveden na Katedře hydromeliiorací a krajinného inženýrství (KHMKI), Fakulty stavební, ČVUT v Praze. Výsledné hodnoty nasycené hydraulické vodivosti pro každou hloubku znázorňuje Tabulka 7-2 [27].

Tabulka 7-2 - hodnoty nasycené hydraulické vodivosti

hloubka odběru vzorku	K_s	K_s
cm	m/s	cm/den
10 - 25	6.7E-08	0.58
30 - 45	1.0E-07	0.86

7.2.2 Retenční křivky

V lokalitě Velká jizerská louka se vyskytují rašeliny a štěrkový sediment. Pro tyto materiály byly v rámci výše uvedeného hydrologického výzkumu rovněž na pracovišti KHMKI Fakulty stavební ČVUT v Praze měřeny body retenční čáry a výpočtem stanoveny parametry retenční křivky pro hydraulický model dle van Genuchtena.



Retenční křivky byly v lokalitě VJL-A stanovovány dvakrát, a sice v roce 2008 a 2016. Měření v roce 2008 proběhlo na vzorcích odebraných v průběhu roku 2007, kdy bylo odebráno celkem 9 vzorků, a to vždy po třech vzorcích z hloubek 15-25 cm, 42-48 cm a 77-82 cm [27]. V červenci 2016 bylo odebráno rovněž 9 vzorků z hloubky přibližně 5-10 cm, vždy po 3 vzorcích ve třech různých lokalitách (W1+2, W3+4 a W5+6).

Pro účely měření se odebíraly neporušené vzorky o objemu 100 cm^3 , na nichž byly následně měřeny jednotlivé body retenční křivky pomocí přetlakového aparátu a pískového tanku. Naměřenými body byla proložena teoretická křivka dle van Genuchtena (viz Obrázek 12-1 pro rok 2008 a Obrázek 12-2 pro rok 2016). Scalované body a referenční retenční křivky pro sadu retenčních křivek v jednotlivých hloubkách (0-10 cm, 15-25 cm, 42-48 cm a 77-82 cm) uvádí Obrázek 7-7 a parametry udává Tabulka 7-3. Scalované body a referenční retenční křivky pro sadu retenčních křivek stanovených v jednotlivých lokalitách (W1+2, W3+4 a W5+6) uvádí Obrázek 12-4 a parametry zobrazuje Tabulka 7-4. Pro každou sadu vzorků (2008 a 2016) byla pomocí scalování stanovena referenční retenční křivka pro celou lokalitu VJL-A, jež by měla charakterizovat závislost objemové vlhkosti a sacího tlaku v širším kontextu (viz Obrázek 12-5). Parametry jednotlivých referenčních retenčních křivek uvádí Tabulka 7-5 [27].

Tabulka 7-3 - Parametry retenčních křivek scalovaných dle jednotlivých hloubek

pojmenování křivky	rozdělení dle hloubek	θ_r	θ_s	α	n
		cm^3/cm^3	cm^3/cm^3	cm^{-1}	-
A	5-10 cm	0.446	0.903	0.0678	1.406
B	15-25 cm	0.467	0.981	0.0443	1.731
C	42-48 cm	0.588	0.981	0.0428	1.540
D	77-82 cm	0.583	0.973	0.0424	1.925

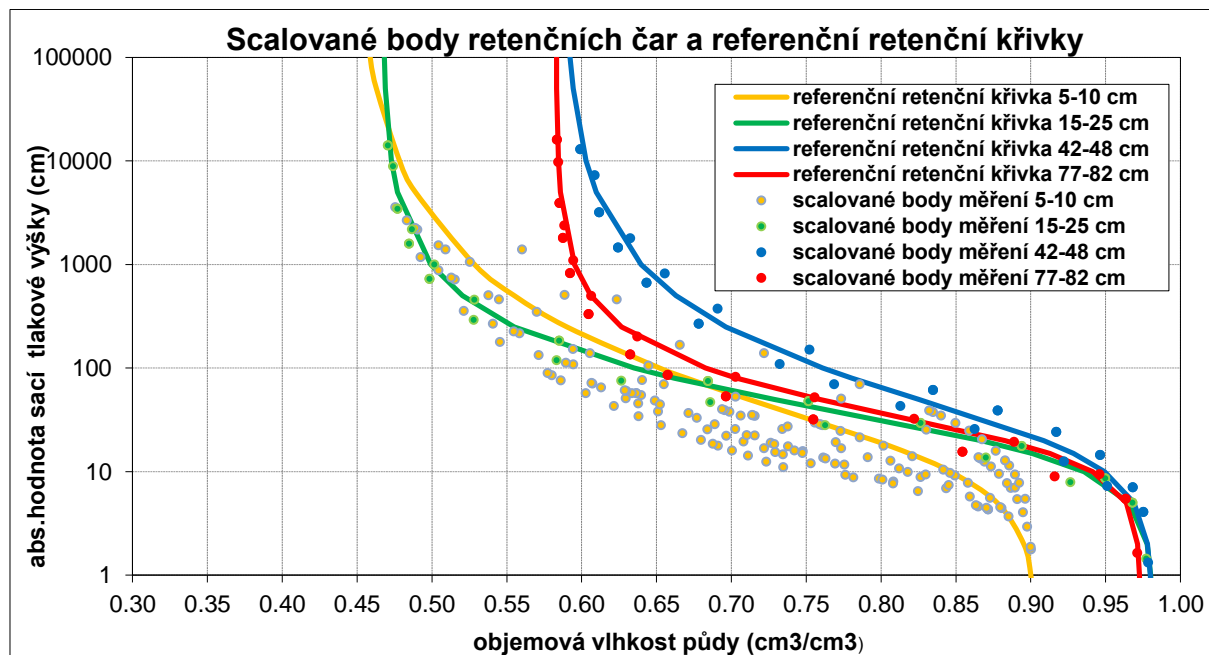
Tabulka 7-4 - Parametry retenčních křivek scalovaných dle jednotlivých dílčích lokalit

pojmenování křivky	měření 2016 v hloubce 5-10 cm, rozdělení dle dílčích lokalit	θ_r	θ_s	α	n	vzdálenost od příkopu
		cm^3/cm^3	cm^3/cm^3	cm^{-1}	-	m
I	W1+2	0.473	0.952	0.0716	1.393	2.0
II	W3+4	0.442	0.896	0.0528	1.411	5.8
III	W5+6	0.414	0.873	0.1592	1.409	9.2

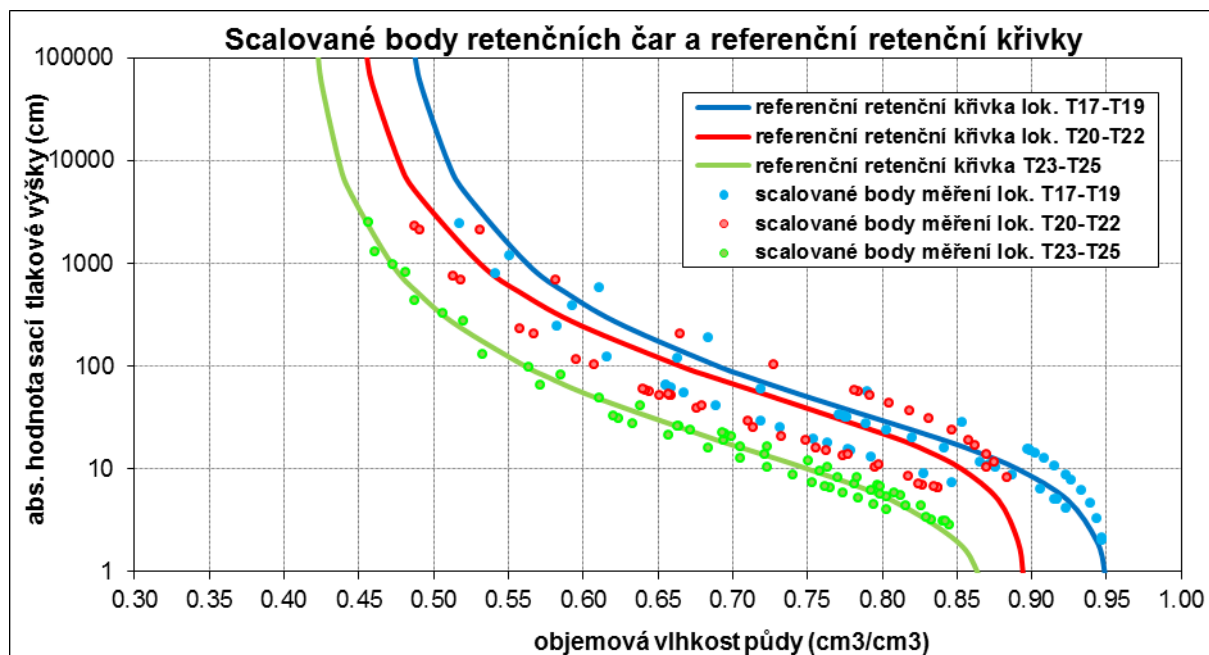


Tabulka 7-5 - Parametry modifikovaných retenčních křivek pro celou lokalitu VJL-A

pojmenování křivky	přehled retenčních křivek	θ_r	θ_s	α	n
		cm^3/cm^3	cm^3/cm^3	cm^{-1}	-
1	rašelina 5-10 cm (2016)	0.446	0.903	0.0678	1.406
2	rašelina >15 cm (2008)	0.548	0.979	0.0430	1.713



Obrázek 7-7 – Referenční retenční křivky pro jednotlivé hloubky měření



Obrázek 7-8 - Referenční retenční křivky pro dílčí lokality v hloubce 5-10 cm

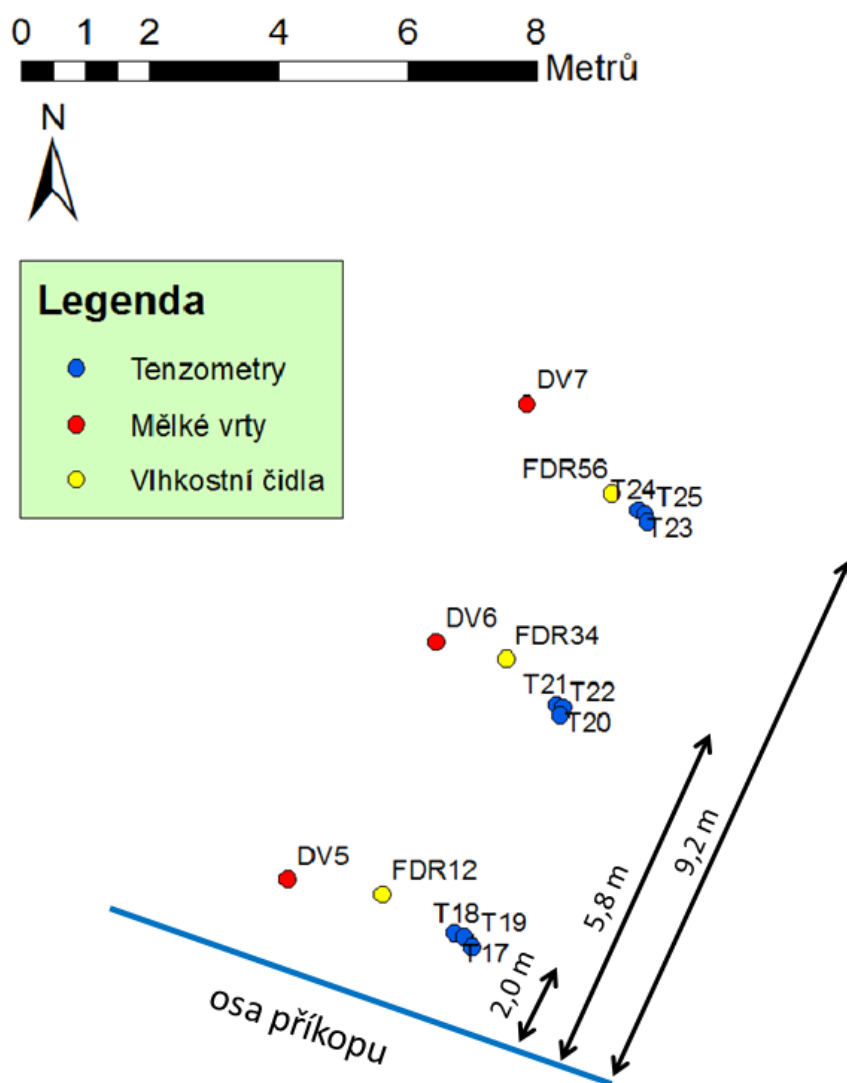


8 Aplikace modelu Hydrus_1D na lokalitě VJL-A

Při aplikaci 1D modelu předpokládáme dominantní proudění pouze ve vertikálním směru, horizontální proudění se zde zanedbává [28].

8.1 Simulace a vstupní hodnoty

Simulován byl pohyb vody v průběhu vegetačních sezón v letech 2009-2016, ve třech dílčích lokalitách podle umístění vlhkostních čidel (W), tenzometrů (T) a mělkých vrtů (DV) vzhledem ke vzdálenosti od příkopu (2,0 m, 5,8 m a 9,2 m). Rozložení jednotlivých lokalit znázorňuje následující schéma (viz Obrázek 8-1).

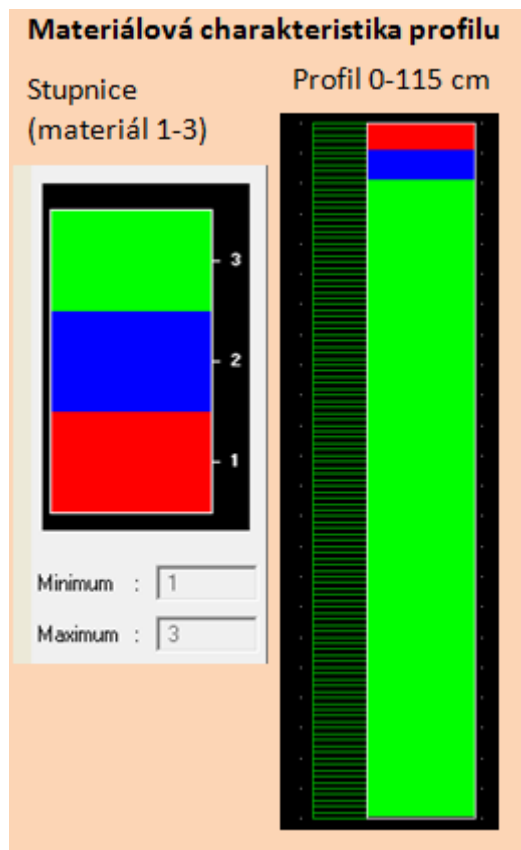


Obrázek 8-1 – Podrobné geodetické zaměření rozmístění jednotlivých vlhkostních čidel, tenzometrů a mělkých vrtů v lokalitě VJL-A



8.1.1 Geometrická aproximace

Hlavními řešenými procesy je proudění vody a odběr vody kořenovou zónou. Hloubka půdního profilu byla pro účely simulace zvolena 115 cm. V geometrické aproximaci byl uvažován půdní profil složený ze tří vrstev homogenního materiálu, a sice v rozmezí hloubek 0-5 cm, 5-10 cm a 10-115 cm (viz Obrázek 8-2). Materiály byly zvoleny tři s rozdílnými vlastnostmi za účelem napodobení odlišných vlastností organického materiálu v blízkosti terénu.



Obrázek 8-2 - Materiálové rozlišení profilu (měřítko: cm hloubky od terénu)

8.1.2 Časová diskretizace

Počáteční a konečný čas simulace byl volen pro každý rok zvlášť dle vegetačního období. Počáteční časový krok byl zvolen 0,01 dne, minimální krok 0,01 dne a maximální krok 0,5 dne.

8.1.3 Hydraulický model

Hydraulický model, tedy průběh retenční křivky byl uvažován dle van Genuchtena s využitím odhadu průběhu relativní hydraulické vodivosti dle Mualema. Hystereze retenční křivky ani model s duální pórovitostí nebo duální propustností nebyly uvažovány.



Retenční křivka pro nejhlubší materiál, tedy pro vrstvu v hloubce 10-115 cm, byla definována pomocí parametrů retenční křivky dle experimentálně určených hodnot v roce 2008 (viz kapitola 7.2.2).

V první variantě modelu (varianta A) byly parametry retenční křivky v mělkých vrstvách (0-5 cm a 5-10 cm) upravovány pro každou sezónu a zároveň každou sadu tenzometrů tak, aby se co nejvíce shodovaly měřené hodnoty objemové vlhkosti v hloubce 5 cm a 10 cm s modelovaným kontinuálním průběhem vlhkosti ve stejných hloubkách. Shoda byla posuzována dle indexu dobré shody, tzv. Nash-Sutcliffe koeficientu (viz kapitola 6.2). Do modelu ve všech sezónách tedy vstupovaly parametry vždy pro tři retenční křivky, které byly odlišné pro každý materiál dle hloubky.

Prvotní inverzní stanovení parametrů retenčních křivek pro rašelinu v mělkém horizontu, která má velmi specifické vlastnosti a není standardně používána pro tento typ modelování, vyvolalo jejich ověření měření v červenci 2016, měření je blíže popsáno v kapitole 7.2.2. Do druhé varianty (varianta B) modelu byly výpočtem stanovené retenční křivky pro mělkou zónu vloženy jako charakteristické pro horizont 0-10 cm. Retenční křivka pro horizont 10-115 cm zůstala stejná jako u předchozí varianty. Cílem bylo porovnat modelované objemové vlhkosti při použití inverzně stanovených a výpočtem stanovených retenčních křivek.

Pro detailní rozdělení profilu po vrstvách byla vytvořena třetí varianta (Varianta C) modelu, do nějž vstupovaly 4 retenční křivky dle jednotlivých hloubek měření (viz Tabulka 7-3). Profil byl na základě hloubek odebraných vzorků rozdělen na 4 dílčí vrstvy (0-10 cm, 10-30 cm, 30-60 cm a 60-115 cm).

8.1.4 Počáteční a okrajové podmínky

Počáteční podmínka byla určena hodnotami tlakové výšky po celé hloubce profilu, a to s uvažovaným lineárním průběhem dopočteným dle měřených hodnot v jednotlivých tenzometrech (viz Obrázek 8-3).

Okrajové podmínky byly zadávány jako časově proměnná veličina. Jako horní okrajová podmínka byla zvolena atmosférická tlaková podmínka, tedy časový průběh srážkového úhrnu, přičemž po překročení tlakové výšky větší než 1 cm je uvažována tvorba povrchového odtoku.



Dolní okrajová podmínka byla stanovena jako variabilní tlaková výška (Dirichletova OP) v hloubce 115 cm. Protože tlaková výška měřená v tenzometrech je zaznamenávána v relativně velkém časovém intervalu (5-18 dní), byla časově proměnná tlaková výška vypočtena z měřené úrovně hladiny podzemní vody ve vrtech DV5, DV6 a DV7, které zaznamenávají v reprezentativním intervalu 10 minut. Časově proměnné horní a dolní tlakové okrajové podmínky jsou vykresleny v kapitole 12.1. V grafech vykreslujících průběh HPV v mělkých vrtech během vegetačních sezón jsou od roku 2012 vidět ostré propady způsobené odběrem vzorků podzemní vody čerpáním. Vzorky se odebírají zejména pro stanovení jejich izotopového složení (stanovení koncentrace izotopu kyslíku a vodíku), pH a elektrické vodivosti.

Model odběru vody kořenovou zónou byl simulován dle Feddesse s následujícími parametry:

$$P_0 = 45 \text{ cm}$$

$$P_{0pt} = 30 \text{ cm}$$

$$P_{2H} = -300 \text{ cm}$$

$$P_{2L} = -1000 \text{ cm}$$

$$P_3 = -8000 \text{ cm}$$

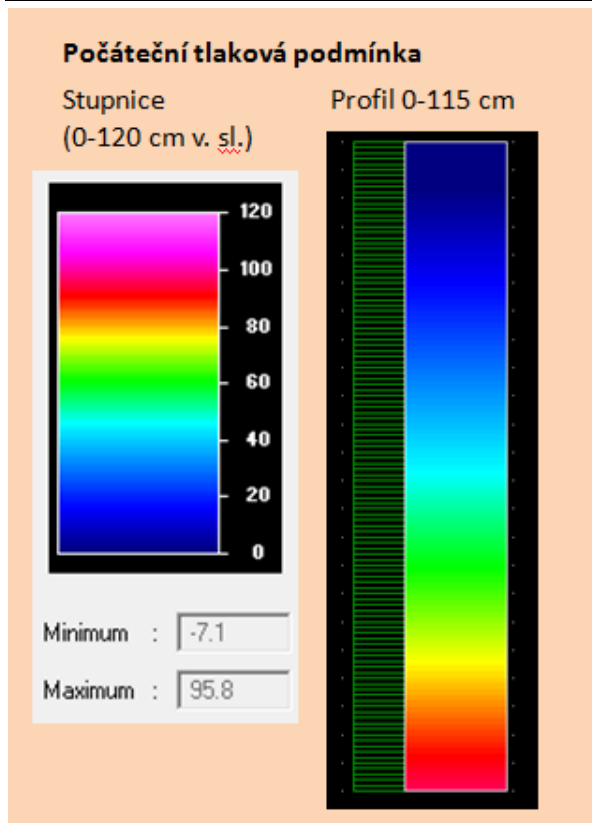
$$r_{2H} = 0,5 \text{ cm/den}$$

$$r_{2L} = 0,1 \text{ cm/den}$$

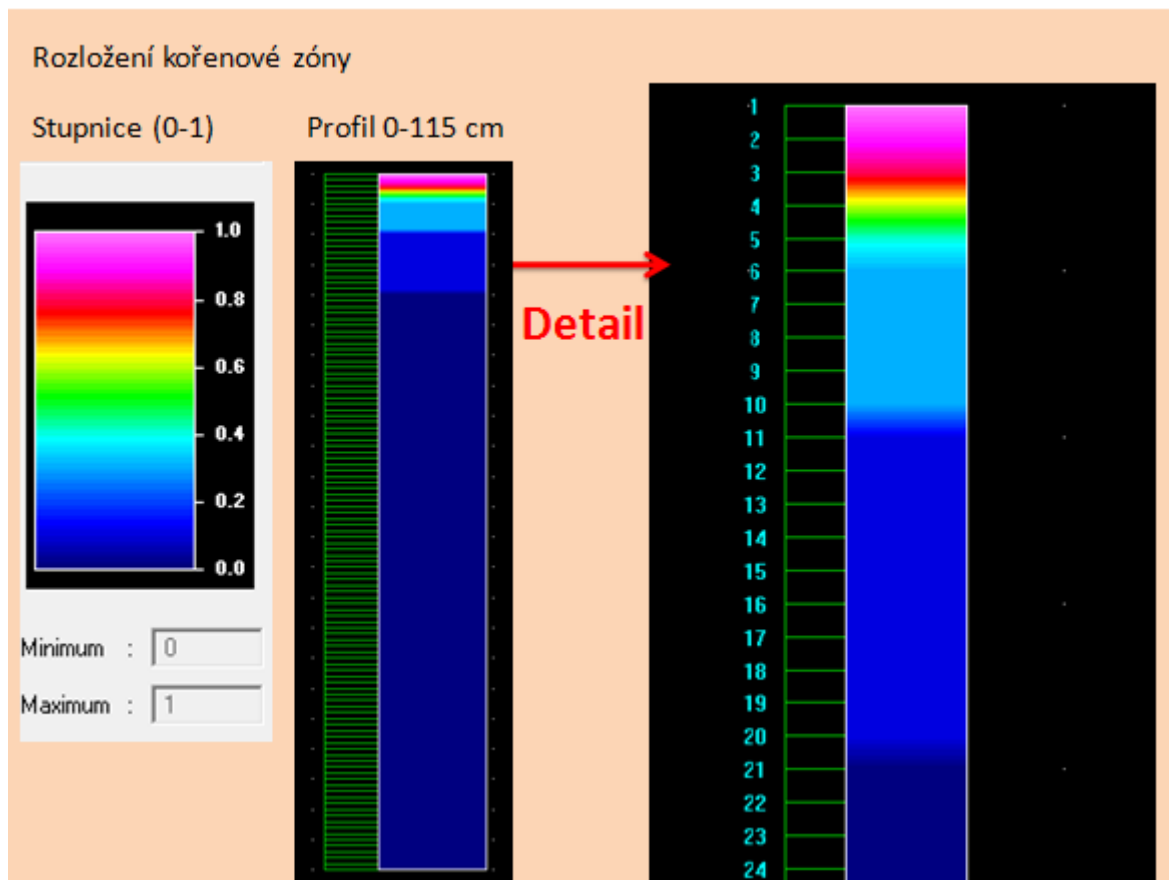
$$r_{2H} \quad \text{nejvyšší potenciální intenzita transpirace [cm.s}^{-1}\text{]}$$

$$r_{2L} \quad \text{nejvyšší potenciální intenzita transpirace [cm.s}^{-1}\text{]}$$

Protože Hydrus_1D nenabízí přednastavené hodnoty parametrů pro výpočet transpirace dle Feddesse pro rašelinu, byly zvoleny totožné parametry transpirace pro cévnaté rostliny, s výjimkou bodů P_0 a P_{0pt} , které byly změněny (P_0 ze 30 cm na 45 cm, P_{0pt} ze 45 cm na 30 cm), aby byla matematicky umožněna transpirace v oblasti nasycení. Pro výpočet transpirace bylo rovněž stanoveno rozložení kořenové zóny pomocí funkce $b(x)$ (viz kapitola 5.4). Kořenová zóna pro rašelinu byla stanovena v oblasti od povrchu do hloubky 20 cm. Hodnota funkce $b(x)$ nabývá jedné u terénu a postupně až do hloubky 20 cm přechází v nulu, odběr vody transpirací v hloubce větší než 20 cm není uvažován (viz Obrázek 8-3).



Obrázek 8-3 - Počáteční podmínka (lineární rozložení tlakové výšky)



Obrázek 8-4 - Rozložení kořenové zóny b(x)



Poslední časově proměnnou okrajovou podmínkou byla hodnota evapotranspirace ET v jednotkách cm/den. Vzhledem k tomu, že ve zkoumané lokalitě není dostatek meteorologických měření pro výpočet potenciální evapotranspirace metodou Penman-Monteithe [20], byly hodnoty pro sezóny 2009-2015 převzaty z výpočtu potenciální evapotranspirace M. Dohnala na povodí Černé Nisy, které je svými meteorologickými charakteristikami podobné povodí Jizery. Výparným povrchem byla rovněž suchomilná rostlina - třtina chloupkatá a předpokladem výpočtu bylo, že je možné vyzářenou dlouhovlnnou radiaci vypočítat z měření přízemní teploty. Podrobný postup výpočtu je uveden v článku [6]. Hodnoty potenciální evapotranspirace pro sezónu 2016 byly získány přibližným výpočtem Ivanovovou metodou, která sice uvažuje travnatý povrch, ale jedná se o jednoduchou metodu, pro jejíž aplikaci je potřeba pouze průměrná denní teplota vzduchu a relativní vlhkost vzduchu [8].

8.2 Výstupní veličiny

8.2.1 Objemová vlhkost

Pro porovnání vlivu vstupních parametrů v podobě retenční čáry na výstupní hodnoty vlhkostí byl výpočet pro každou vegetační sezónu proveden třikrát. Poprvé (Varianta A) s inverzně stanovenými parametry retenční křivky v mělké zóně rašeliny (0-5 cm a 5-10 cm), podruhé (Varianta B) s parametry retenčních křivek pro horizont 0-10 cm. V těchto dvou variantách vstupovala do modelu pro hloubku 10-115 cm jedna referenční retenční křivka. Ve třetí variantě (Varianta C) modelu byla pro mělkou zónu 0-10 cm použita retenční křivka stanovená výpočtem a profil 10-115 cm byl rozdělen dle retenčních křivek stanovených pro jednotlivé hloubky na tři dílčí části (10-30 cm, 30-60 cm a 60-115 cm). Ostatní veličiny vstupující do modelu zůstaly neměnné.

Varianta A

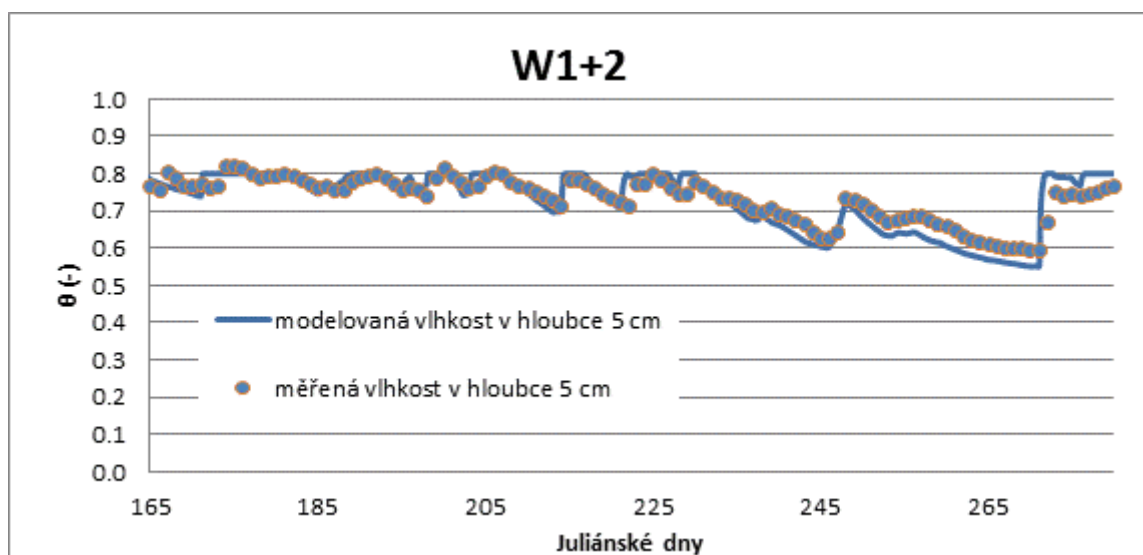
Tabulka 8-1 - Přehled použitých retenčních křivek pro Variantu A

Varianta A			
lokalita	W1+2	W3+4	W5+6
rozdělení profilu	použitá retenční křivka		
0-5 cm	inverzně stanovené		
5-10 cm			
10-115 cm	2	2	2

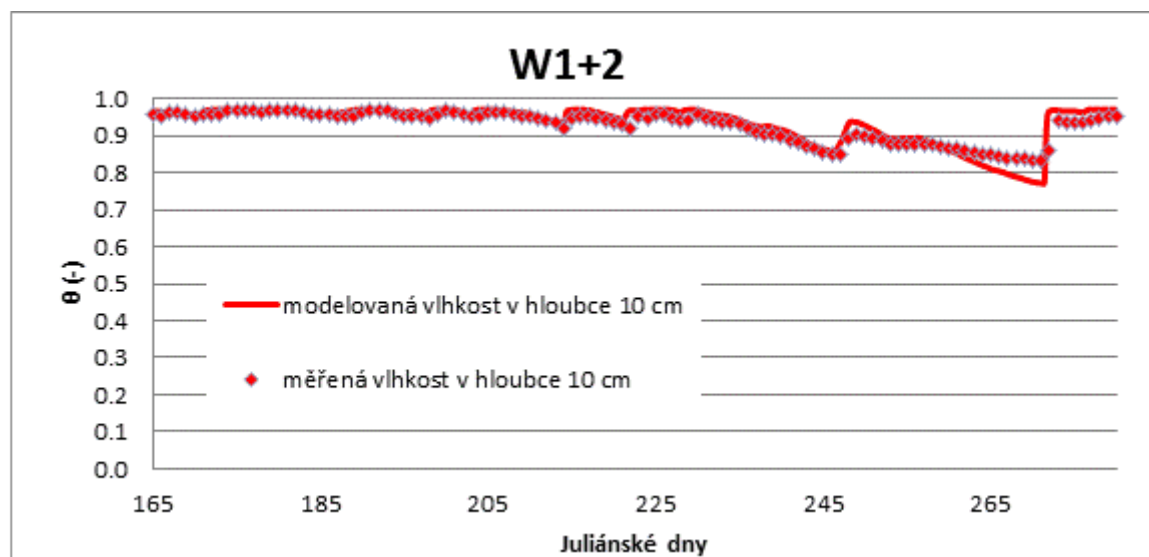
Výstupem z modelu v průběhu každé vegetační sezóny byl kontinuální průběh objemové vlhkosti v hloubce 5 cm a 10 cm v každé lokalitě umístění skupiny vlhkostních čidel (W1+2,



W3+4 a W5+6). Tento průběh byl porovnáván s hodnotami objemové vlhkosti měřených vlhkostními čidly ve stejných hloubkách (viz Obrázek 8-5 a Obrázek 8-6). Hodnota indexu dobré shody mezi modelem a měřenou objemovou vlhkostí je v tomto případě (sezóna 2009, sada čidel W1+2) roven hodnotě 0,71 v hloubce 5 cm a rovněž hodnotě 0,71 v hloubce 10 cm. Oba indexy jsou velmi blízké jedné, proto lze model považovat za přesný (viz kapitola 6.2 a Tabulka 8-3).

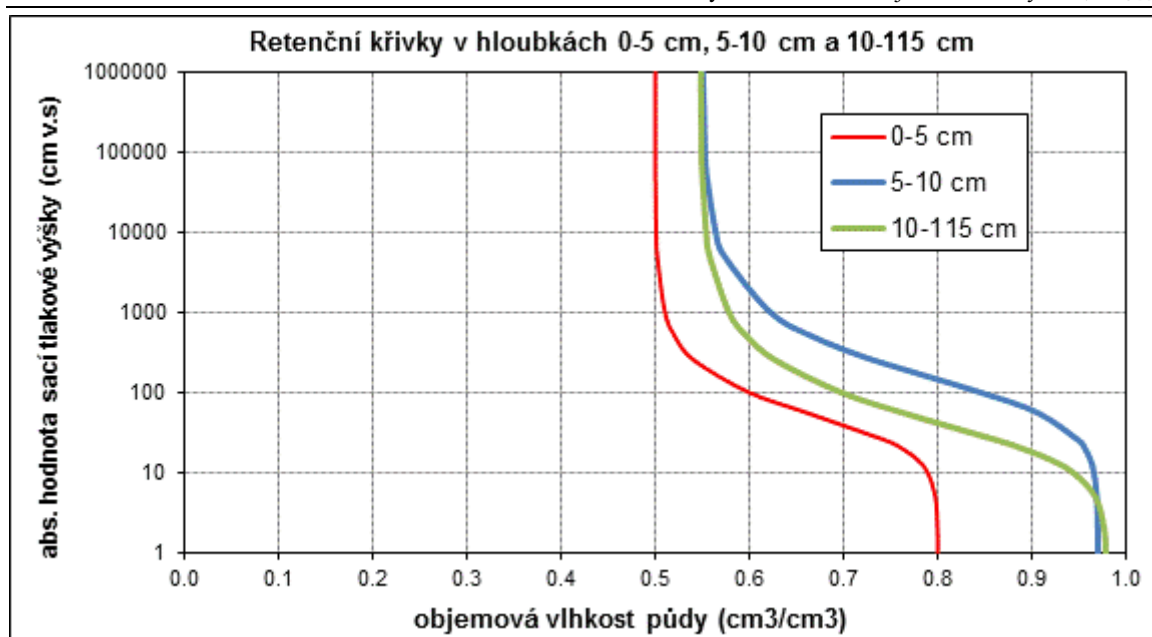


Obrázek 8-5 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2009 v lokalitě W1+2



Obrázek 8-6 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2009 v lokalitě W1+2

Pro výše uvedené výsledky byly inverzně stanoveny následující retenční křivky (viz Obrázek 8-7) s parametry, jež uvádí Tabulka 8-2.



Obrázek 8-7 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2009, v lokalitě W1+2

Tabulka 8-2 - Parametry retenčních křivek pro sezónu 2009, v lokalitě W1+2

W1+2	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.500	0.550	0.548
θ_s	0.800	0.970	0.979
α	0.028	0.012	0.043
n	2.012	1.710	1.710

Následující tabulka (Tabulka 8-3) ukazuje hodnoty indexu dobré shody (Nash-Sutcliffe koeficientu) v jednotlivých sezónách. Index se pohybuje v rozmezí hodnot od -0,12 (sezóna 2016) do 0,90 (sezóna 2009). Koeficient dobré shody nabývá záporných hodnot jen v lokalitě W1+2 v sezóně 2016, přesto jsou záporné hodnoty velmi blízké 0, proto lze model považovat za spolehlivý. Výrazně nižší hodnota koeficientu během sezóny 2016 může být způsobena vstupními hodnotami evapotranspirace, které jsou během této sezóny dopočteny Ivanovovou metodou a mají jiné rozložení během sezóny než E_{Tp} v předchozích letech (viz kapitola 8.1.4).

Tabulka 8-3 - Hodnoty koeficientu dobré shody v jednotlivých vegetačních sezónách pro Variantu A

Nash-Sutcliffe koeficient		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
W1+2	5 cm	0.71	0.56	0.18	0.33	0.30	0.41	0.40	-0.12
	10 cm	0.71	0.40	0.33	0.48	0.29	0.22	0.21	-0.07
W3+4	5 cm	0.45	0.55	0.45	0.48	0.66	0.06	0.41	0.11
	10 cm	0.77	0.44	0.39	0.43	0.42	0.03	0.29	0.03
W5+6	5 cm	0.90	0.63	0.39	0.51	0.67	0.49	0.43	0.01
	10 cm	0.79	0.45	0.08	0.58	0.63	0.61	0.35	0.14



Grafické porovnání měřených a modelovaných objemových vlhkostí ve všech sezónách (2009-2016) se vstupními parametry inverzně stanovených retenčních křivek je zobrazeno kapitole 12.3.

Varianta B

Tabulka 8-4- Přehled použitých retenčních křivek pro Variantu B

Varianta B			
lokalita	W1+2	W3+4	W5+6
rozdělení profilu	použitá retenční křivka		
0-10 cm	I	II	III
10-115 cm	2	2	2

V některých vegetačních sezónách byla prokázána relativní shoda měřených a modelovaných objemových vlhkostí při použití výpočtem stanovených retenčních křivek (křivky I, II a III). Koeficient dobré shody byl větší než 0 v letech 2009, 2010, 2011, 2012 a 2013 vždy ve skupině vlhkostních čidel W3+4, v roce 2015 jen v hloubce 10 cm a v roce 2016 v lokalitě W6 (viz Tabulka 8-5). Přestože v uvedených sezónách koeficient dobré shody nabýval kladných hodnot, vždy se jednalo o hodnoty nižší nebo stejné než v případě použití inverzně stanovených retenčních čar (viz Obrázek 12-104 až Obrázek 12-113 v přílohouvé části). V ostatních případech nabýval Nash-Sutcliffe koeficient záporných hodnot, nebo výpočet modelu při použití výpočtem stanovených retenčních křivek nekonvergoval (sada čidel W5+6 v letech 2010, 2011, 2014 a 2015). Nekonvergence může být způsobena vyšším nasycením půdního profilu a obtížnou řešitelností Richardsovy rovnice.

Nejmenší shody dle hodnoty Nash-Sutcliffe koeficientu naopak dosahovaly vlhkosti ve skupině čidel nejbliže příkopu (W1+2) například v letech 2011, 2012 nebo 2014 (viz Obrázek 12-114 až Obrázek 12-119). Z těchto obrázků lze usoudit, že v hloubce 5 cm je nasycená vlhkost v modelu (tedy na základě výpočtem stanovené retenční křivky u terénu v hloubce 5-10 cm) výrazně vyšší než nasycená vlhkost měřená vlhkostními čidly. Naopak v hloubce 10 cm je zřejmě modelem nadhodnocen výpar vody kořenovou zónou.

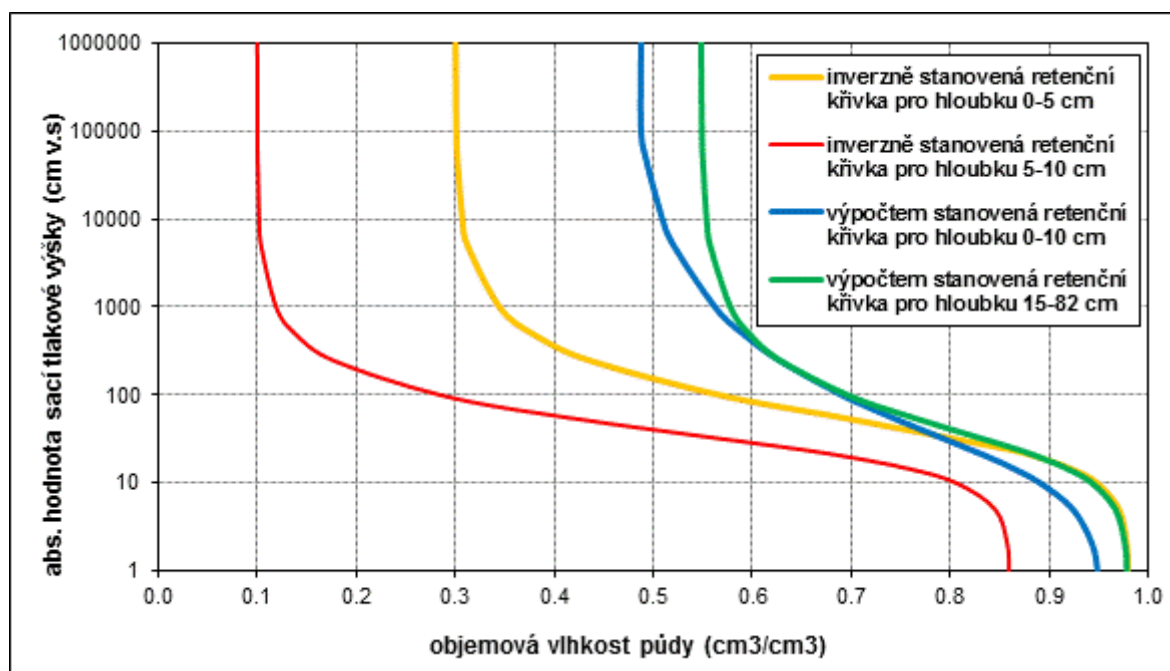


Tabulka 8-5 - Hodnoty koeficientu dobré shody v jednotlivých vegetačních sezónách pro Variantu B

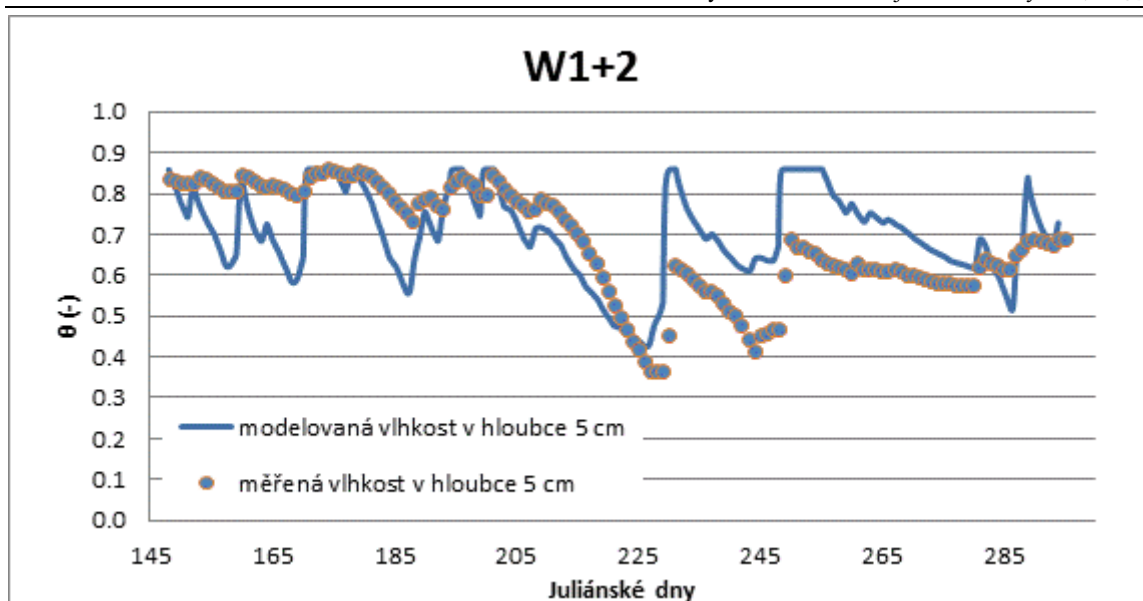
Nash-Sutcliffe koeficient		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
W1+2	5 cm	-3.69	-2.17	-5.92	-5.92	-1.17	-3.22	-1.40	-0.64
	10 cm	-0.83	-0.08	-3.44	-29.66	-3.06	-4.45	0.01	-0.66
W3+4	5 cm	0.69	0.27	0.39	0.42	0.44	-0.09	-1.02	-3.15
	10 cm	0.20	0.21	0.09	0.13	0.51	-0.26	0.13	-1.10
W5+6	5 cm	-0.65	N	N	-0.27	0.40	N	N	-0.21
	10 cm	-0.29	N	N	-1.62	-0.39	N	N	0.13

Porovnání varianty A a B

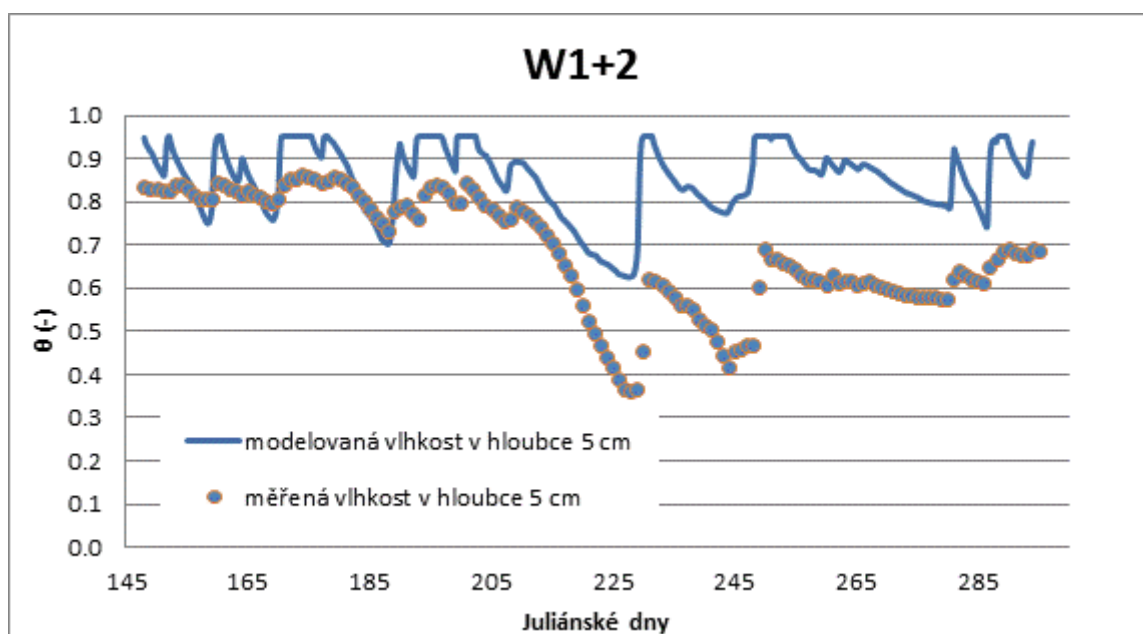
Následující obrázky znázorňují průběh měřených a modelovaných objemových vlhkostí během sezóny 2015 pro oblast v sadě vlhkostních čidel W1+2 v modelových variantách A a B (tedy inverzně stanovených retenčních křivek a výpočtem stanovené retenční křivky viz Obrázek 8-8).



Obrázek 8-8 – Porovnání inverzně stanovené retenční křivky a měřených retenčních křivek pro mělký materiál 0-10 cm (rok 2016) a hluboký materiál 15-82 cm (rok 2008)



Obrázek 8-9 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2015 v lokalitě W1+2 v hloubce 5 cm s inverzně stanovenými retenčními křivkami (viz Obrázek 12-87)



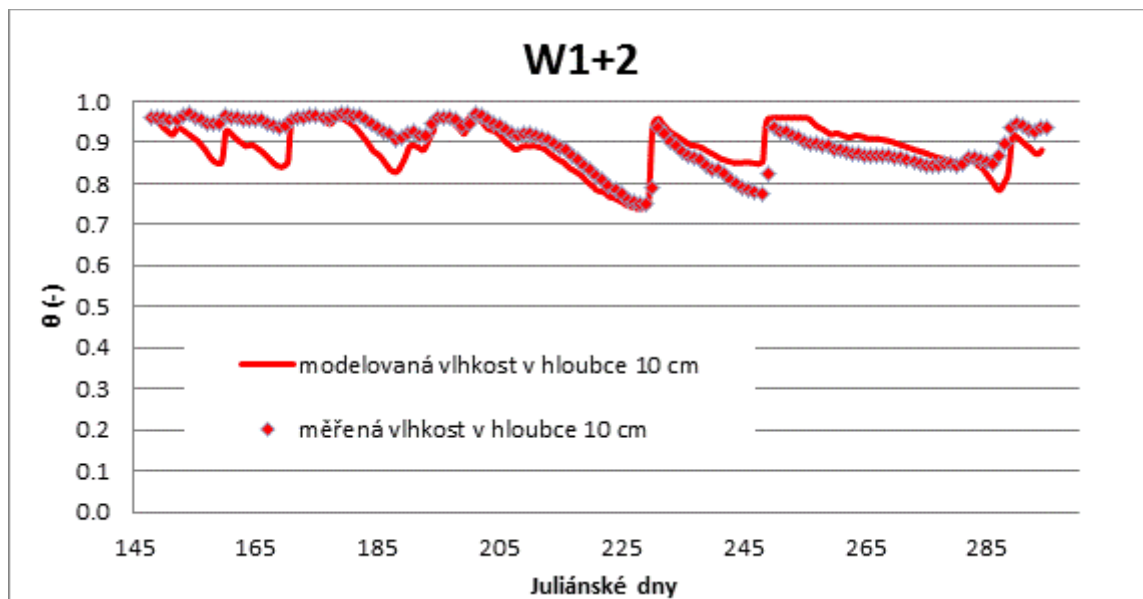
Obrázek 8-10- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2015 v lokalitě W1+2 v hloubce 5 cm s dodatečně měřenou retenční křivkou (zde retenční křivka I)

Inverzně stanovená retenční křivka značně snižuje reálnou hodnotu reziduální vlhkosti, čímž zřejmě nahrazuje v modelu nižší vlhkost materiálu, který je na rozhraní mělkých vrstev rašeliny a odumřelé cévnaté vegetace pod vlivem výparu vody z půdního povrchu.

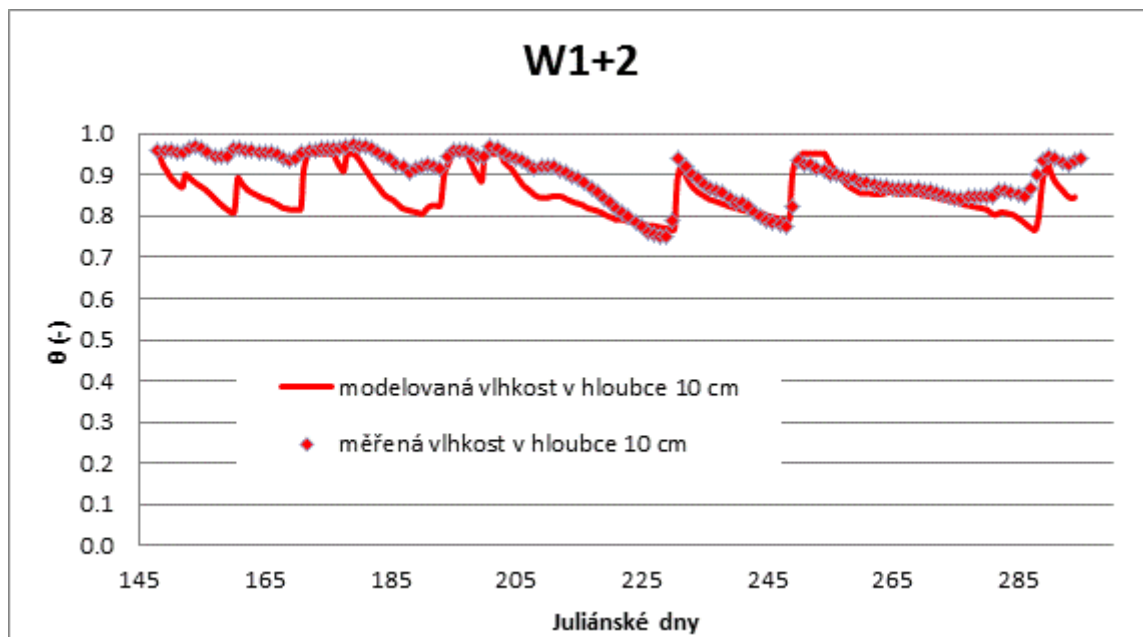
Obrázek 8-9 a Obrázek 8-10 ukazují, že v oblasti blízko příkopu v hloubce 5 cm se rašelina chová v obou případech odlišně. Retenční křivka stanovená na základě měření není v modelu schopna zachytit efekt poklesu vlhkosti vlivem výparu z povrchu, proto je pro



model vhodnější použít inverzně stanovenou retenční křivku, přestože je ve skutečnosti její průběh neověřený měřením. V hloubce 10 cm se již rozdíly mezi oběma variantami snižují (viz Obrázek 8-11 a Obrázek 8-12).



Obrázek 8-11- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2015 v lokalitě W1+2 v hloubce 10 cm s inverzně stanovenými retenčními křivkami



Obrázek 8-12- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2015 v lokalitě W1+2 v hloubce 10 cm s dodatečně měřenou retenční křivkou (zde retenční křivka I)

Předpokládáme-li, že vlhkostní čidla zaznamenávají skutečné hodnoty objemové hmotnosti (tedy neuvažujeme-li chybu v měření), pak při použití retenční křivky stanovené na základě měření může docházet v modelu k podhodnocení výparu (viz Obrázek 8-10).

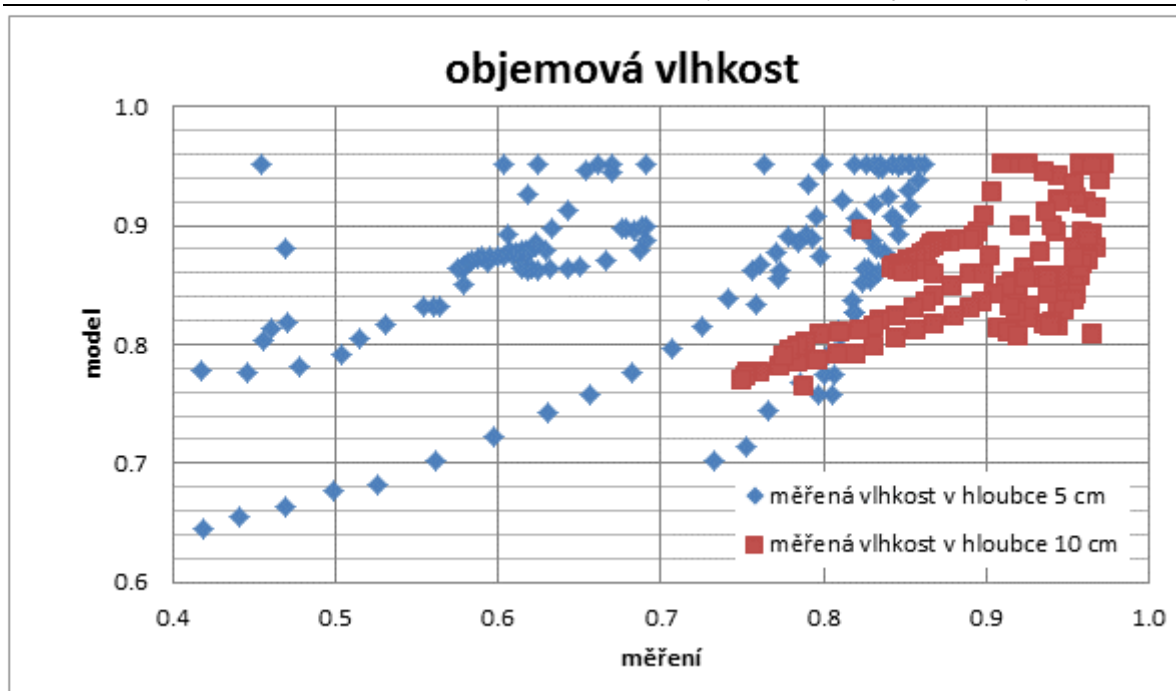


Předpokládáme-li správnost měřených retenčních křivek v hloubce 5-10 cm, tedy i správnost modelovaných vlhkostí, lze poukázat na zřejmě chybné měření vlhkostními čidly. To může být způsobeno velkým dosahem čidla, které jak při kalibraci v nádobě s limitovaným objemem, tak při instalaci (zvláště 5 cm pod terénem), měří i mimo půdní profil do okolního vzduchu.

Další možností vysvětlení odlišnosti měřených a modelovaných objemových vlhkostí může být nepřesné měření při nižších vlhkostech, kdy dochází k vysoušení půdy, čímž může dojít k přerušení kontaktu jehlic čidel vysílajících signál do půdy, a tedy zvětšení množství vzduchu v jejich okolí. To způsobí zkreslené měření objemové vlhkosti, tedy její snížení.

Třetí možné vnesení chyby do měření objemové vlhkosti v terénu může být laboratorní kalibrace. Kalibrace byla provedena na vzorku omezené velikosti boxu, v němž měření probíhalo, proto mohlo dojít ke stanovení nepřesné kalibrační rovnice. Vlhkostní čidla jsou v terénu umístěna v hloubce 5 cm a 10 cm. Při laboratorní kalibraci byla ale svrchní část odebraného vzorku seříznuta tak, aby se vzorek vešel do obdélníkové nádoby. Také je třeba uvažovat mocnost půdy, do níž vchází signál z čidel v terénu a omezenou velikost vzorku v laboratoři, kde mohl signál odrážet vlastnosti nejen zkoumané půdy, ale i okolního prostředí.

Vzhledem k hypotéze nepřesného měření objemové vlhkosti vlhkostními čidly byla zkoumána závislost mezi modelovanou a měřenou objemovou vlhkostí, která by poukázala na chybu způsobenou špatnou kalibrací vlhkostního čidla. Většina vegetačních sezón neprokázala žádnou systematickou závislost mezi modelem a měřením, měla náhodné uspořádání, proto ji nebylo možné spolehlivě proložit korelační křivkou z důvodu hystereze retenční křivky (viz Obrázek 8-13).



Obrázek 8-13 - Porovnání objemové vlhkosti mezi měřením a modelem ve vegetačním období 2015 v lokalitě W1+2

Varianta C

Tabulka 8-6- Přehled použitých retenčních křivek pro Variantu C

Varianta C			
lokality	W1+2	W3+4	W5+6
rozdělení profilu	použitá retenční křivka		
0-10 cm	I	II	III
10-30 cm	B	B	B
30-60 cm	C	C	C
60-115 cm	D	D	D

Ve snaze o co největší exaktnost modelu a výstupních hodnot objemových vlhkostí v mělkém horizontu, které závisí především na vstupních parametrech retenčních křivek, byly retenční křivky zpřesňovány. Dosud byl vertikální profil rozdělen na nerovnoměrně velké dílčí části. Modelová Varianta C usiluje o co nejkonkrétnější prostorovou specifikaci retenčních křivek, a to jak vertikálně (0-10 cm, 10-30 cm, 30-60 cm a 60-100 cm), tak horizontálně u variant svislic různě vzdálených od příkopu, kde je pro každou dílčí lokalitu (W1+2, W3+4 a W5+6) v horizontu 0-10 cm stanovena referenční retenční křivka.

Následující Tabulka 8-7 uvádí přehled koeficientů dobré shody během jednotlivých vegetačních sezón při aplikaci Varianty C. I přes prostorovou specifikaci vstupních parametrů nedošlo k výraznému zpřesnění modelu oproti Variantě B. Index dobré shody dosahuje

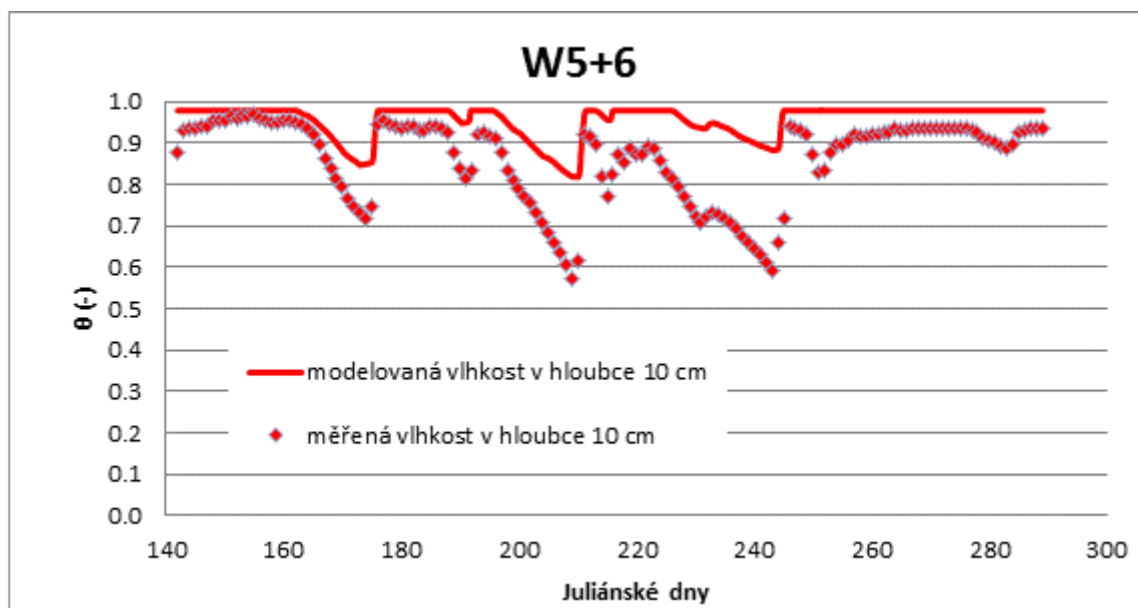


celkově nižších hodnot a nabývá záporných hodnot ve větším množství případů. Průměrný koeficient dobré shody při použití Varianty B činí -1,7 a při použití Varianty C činí -3,7.

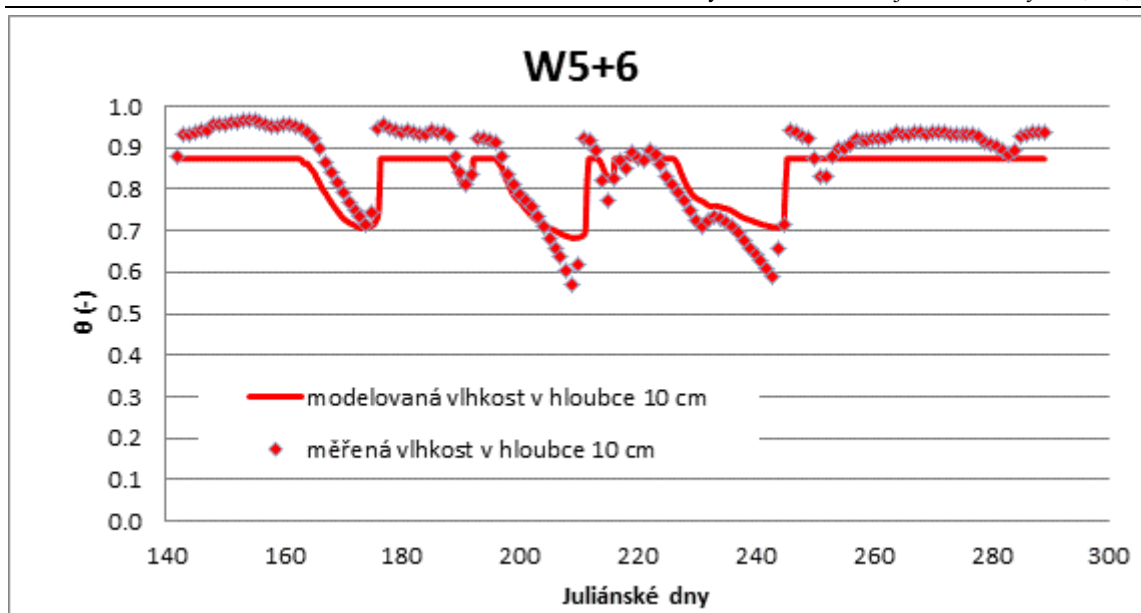
Tabulka 8-7 - Hodnoty koeficientu dobré shody v jednotlivých vegetačních sezónách pro Variantu C

Nash-Sutcliffe koeficient		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
W1+2	5 cm	-2.23	-1.04	-6.87	-6.12	-1.16	-4.71	-1.32	-0.64
	10 cm	-8.30	-3.08	-20.48	-26.39	-2.73	-11.85	0.03	-0.66
W3+4	5 cm	0.49	-0.63	0.31	0.36	N	0.51	-1.03	-3.15
	10 cm	-1.98	0.43	-20.32	-3.09	N	-3.81	0.12	-1.10
W5+6	5 cm	-0.71	N	N	N	0.33	0.36	N	N
	10 cm	0.44	N	N	N	0.64	0.66	N	N

Ve výjimečných případech ale dosáhl index dobré shody větší hodnoty než v původní Variantě B, a to například v roce 2013, kdy se v hloubce 10 cm zvětšil z -0,39 na 0,64 (viz Obrázek 8-14 a Obrázek 8-15).

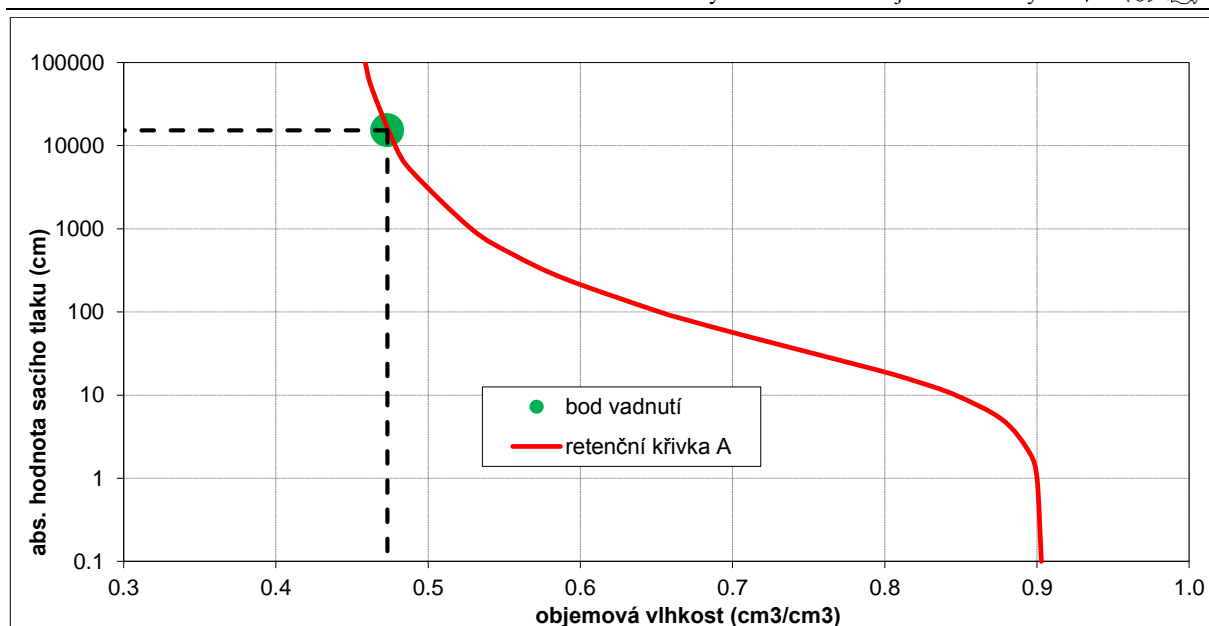


Obrázek 8-14 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2013 v lokalitě W5+6 při použití modelové Varianty B



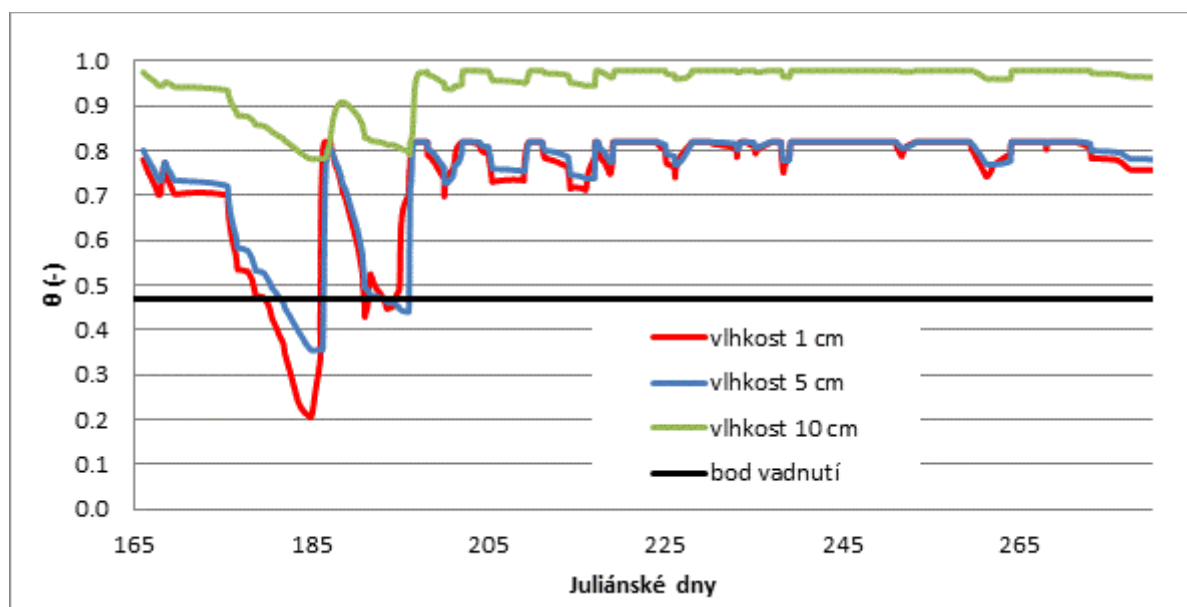
Obrázek 8-15 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2013 v lokalitě W5+6 při použití modelové Varianty C

Mimo vlhkosti v hloubce umístění vlhkostních čidel byl model v lokalitě nejbližší příkopu (W1+2) doplněn o průběh vlhkostí v hloubce 1 cm pod terénem, která je vždy výrazně menší než ve spodnějších vrstvách (5 cm a 10 cm viz Obrázek 8-17). Proto při modelování velmi záleží na hloubce a rozložení kořenové zóny příslušného vegetačního pokryvu. Z grafů lze vidět, že vlhkost směrem k povrchu vlivem evapotranspirace klesá. Při posouzení vlhkostních a tlakových poměrů je třeba zvážit hodnoty hydrolimitů. Důležitým faktorem je například bod vadnutí, při jehož dosažení vegetace kořenovou zónou absorbuje méně vody, než transpiruje a trvale vadne. Bod vadnutí lze dopočítat několika způsoby v závislosti na druhu rostlin, vegetačním stadiu atp. Domluvená hodnota sací tlakové výšky bodu vadnutí pro vyšší cévnaté rostliny je -1500 kPa , tedy -15291 cm v. sl. [23]. Vzhledem k tomu, že je známa retenční křivka v zájmové lokalitě pro mělký horizont (retenční křivka A, 5-10 cm pod terénem), lze s její pomocí stanovit vlhkost náležící bodu vadnutí (viz Obrázek 8-16), která v tomto případě dosahuje hodnoty 0,47. Bod vadnutí pro rašelinu může být dosažen při mnohem nižším tlaku než je domluvená hodnota pro cévnaté rostliny, tedy při vlhkosti větší než uvedených 0,47.



Obrázek 8-16 – Retenční křivka stanovená měřením pro mělký horizont 5-10 cm s vyznačeným bodem vadnutí

Následující obrázek ukazuje příklad vykreslení průběhu vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm během vegetační sezóny 2010 (viz Obrázek 8-17). Lze vidět, že vlhkosti v mělkém horizontu klesly v začátku sezóny pod bod vadnutí vyšších cévnatých rostlin, což je pro vegetační pokryv, zejména pak pro obnovu vlhkomilné vegetace velmi nepříznivé. V hloubce 1 cm dosáhly vlhkosti tohoto bodu vadnutí ještě v sezóně 2013 a 2015. Během sezóny 2009 se mu velmi blížily. Průběhy vlhkostí během jednotlivých vegetačních sezón jsou vykresleny v kapitole 12.6.

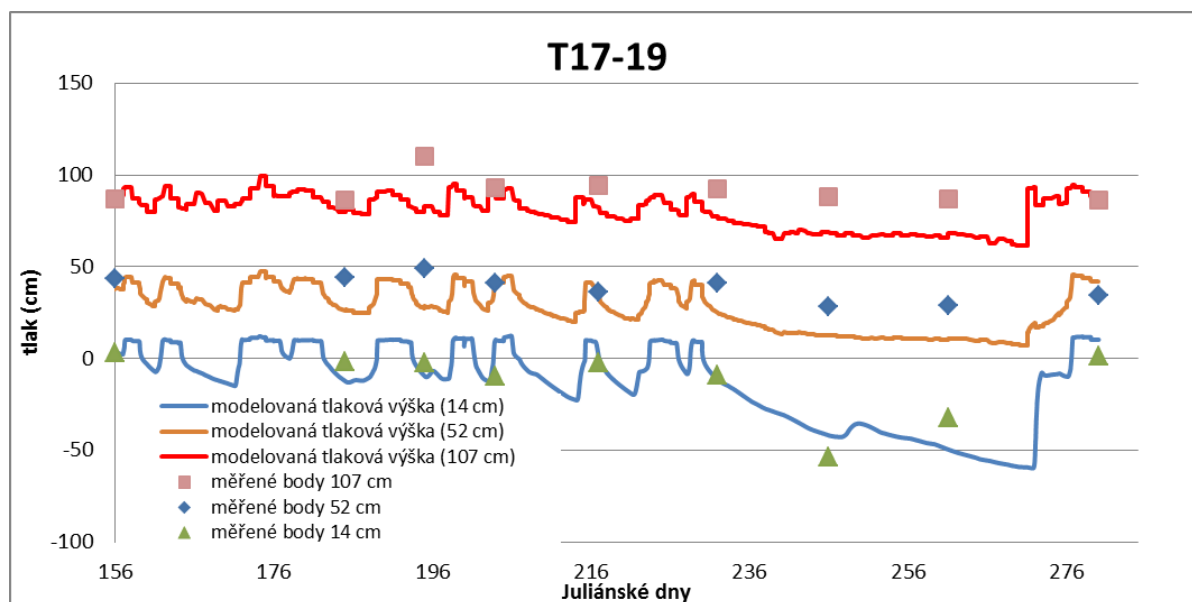


Obrázek 8-17 – Průběh modelovaných vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm během sezóny 2010



8.2.2 Sací tlakové výšky

Pozorovací body v modelu byly kromě hloubky měření objemové vlhkosti (5 cm a 10 cm) zvoleny vždy v hloubce umístění tenzometrů, kde byl modelován kontinuální záznam tlakové výšky. Modelovaný průběh sacích tlaků byl porovnáván s naměřenými hodnotami v jednotlivých tenzometrech (viz Obrázek 8-18). Vzhledem k tomu, že kontinuální průběh sací tlakové výšky vstupoval do modelu jako dolní okrajová podmínka (vykreslená v kapitole 12.1), sloužilo toto porovnání jen jako kontrola přesnosti modelu.



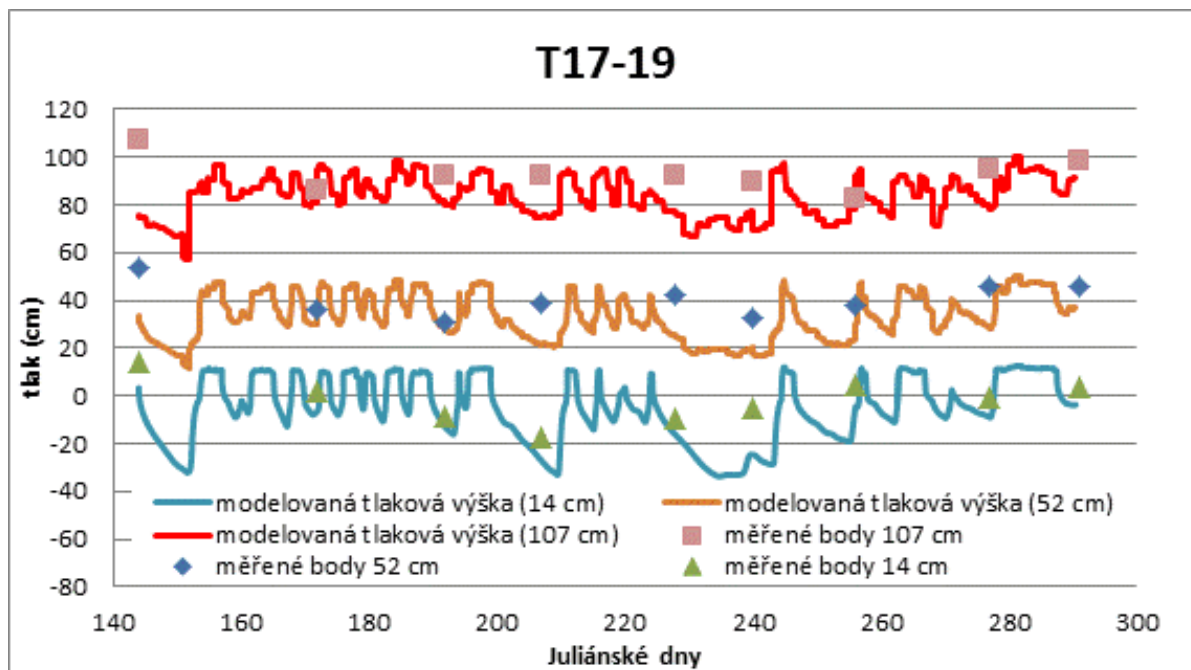
Obrázek 8-18 - Porovnání měřeného a modelovaného průběhu tlakových výšek v hloubkách jednotlivých tenzometrů T17-T19, v sezóně 2009

Z výše uvedeného obrázku lze vidět, že průběh měřených a modelovaných tlakových výšek se relativně shoduje. V tomto konkrétním případě lze pozorovat velmi přesnou shodu v oblasti počáteční podmínky a nepatrné odchýlení v závěru sezóny při vysychání půdního profilu. Modelovaný průběh tlakové výšky velmi úzce souvisí s dolní okrajovou podmínkou, která byla do modelu vložena jako tlaková výška v hloubce nejnižšího tenzometru dopočítaná z kontinuálního záznamu úrovně hladiny podzemní vody z vrtů DV5-DV7. Počáteční podmínka je naopak dopočítána z tlakové výšky měřené tenzometry, stejně jako ve výše uvedeném obrázku vyznačené měřené body. Proto se v některých sezónách více či méně liší modelované a měřené tlakové výšky a počáteční podmínky (viz Obrázek 8-19).

Systematická chyba v měření nebyla nalezena. Odlišné hodnoty tlakové výšky měřené v tenzometrech a ve vrtech mohou být způsobeny relativně velkou vzdáleností jednotlivých vrtů od skupiny tenzometrů (od 0,59 do 0,76 m). Vrtky mohou vykazovat zkreslené hodnoty, protože zaznamenávají hladinu podzemní vody v mocnějším rozsahu



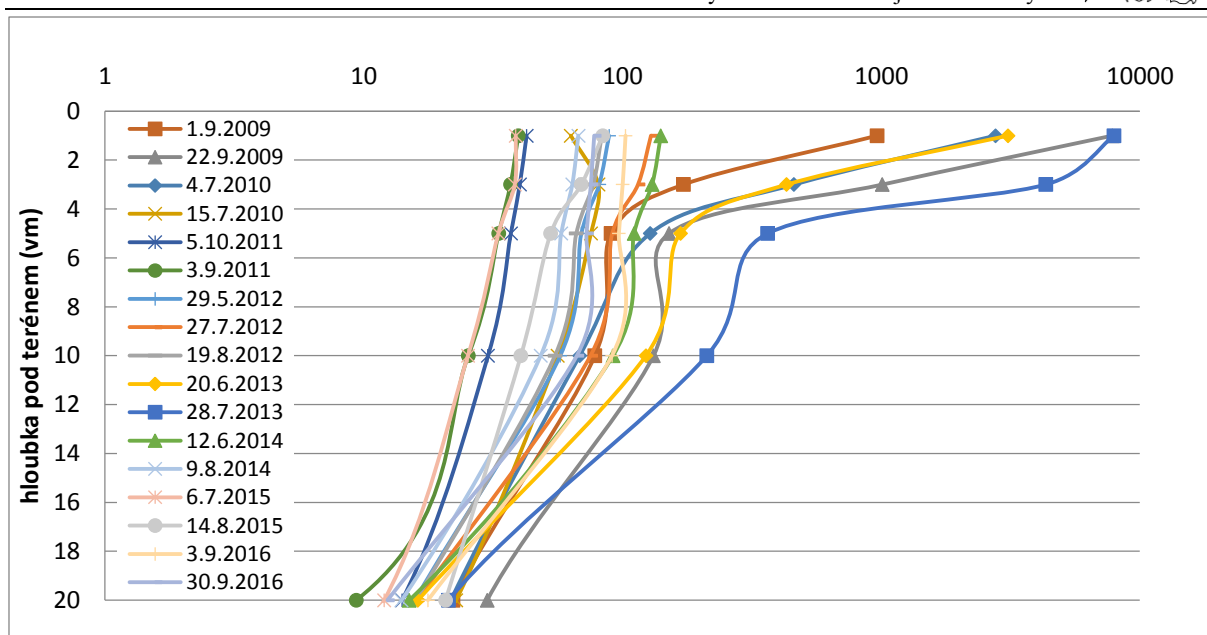
hloubek (10-80 cm), na rozdíl od tenzometrů, které zaznamenávají pouze bodovou hodnotu tlakové výšky v instalované hloubce.



Obrázek 8-19 - Porovnání měřeného a modelovaného průběhu tlakových výšek v hloubkách jednotlivých tenzometrů pod terémem T17-T19, v sezóně 2012

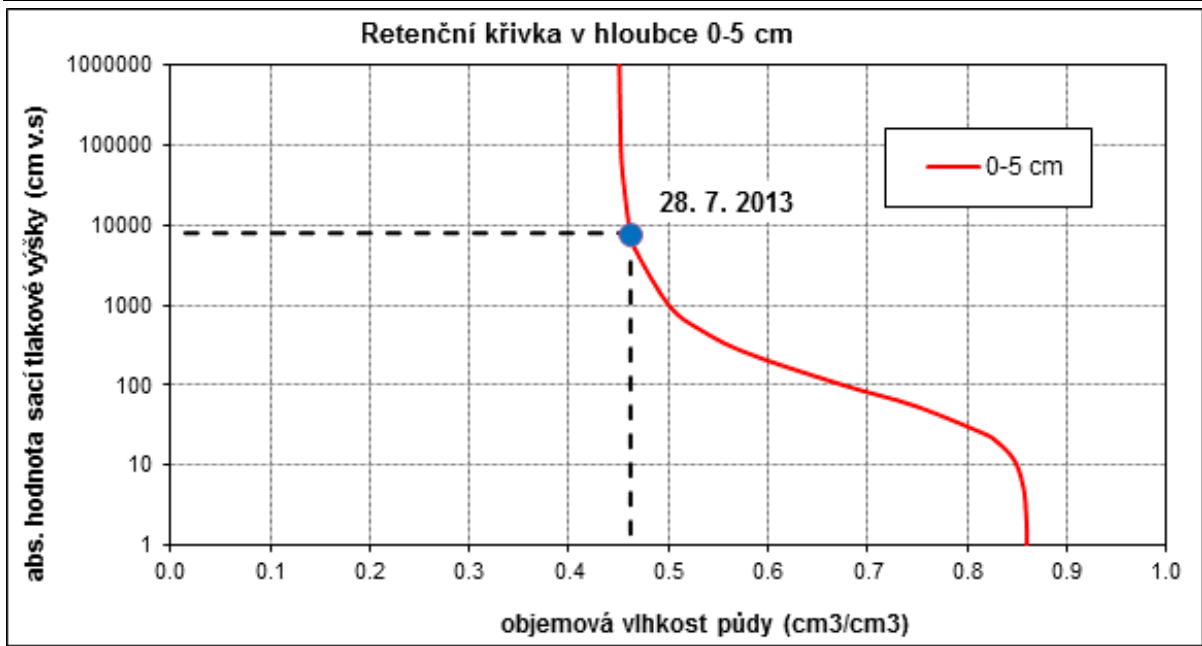
Pro posouzení vlivu příkopu na vlhkostní a tlakové poměry v bezprostřední blízkosti terénu, které významně ovlivňují vegetační porost, byl v lokalitě umístění tenzometrů T17-T19, tedy nejbližší příkopu (2,0 m), modelován (s využitím modelové Varianty A) průběh sacích tlaků ve velmi mělké zóně (0-5 cm), pozorovací body byly umístěny do hloubek 1 cm, 3 cm a 5 cm. Průběh sacích tlaků v čase v daných hloubkách byl vykreslen pro každou vegetační sezónu, během níž byly vybrány vždy 2-3 dny, kdy došlo k dosažení nejnižší hodnoty sacího tlaku (tyto dny jsou v grafech označeny jako pozorovaná vertikála). Pro tyto extrémní stavy byl podrobně vykreslen průběh sacího tlaku vertikálně v rozmezí hloubek 0-20 cm (viz Obrázek 8-20).

Z obrázku lze vidět, že všechny vertikály mají podobný průběh, s rostoucí hloubkou se hodnota sacího tlaku vždy zvyšuje, proto se zvyšuje i vlhkost. Tento jev je způsoben vlivem infiltrace a evapotranspirace. Většina pozorovaných vertikál má téměř lineární tvar, s výjimkou let 2009, 2010 a 2013, kdy dosahuje hodnota sacího tlaku velmi nízkých hodnot vlivem strmosti použité retenční křivky.

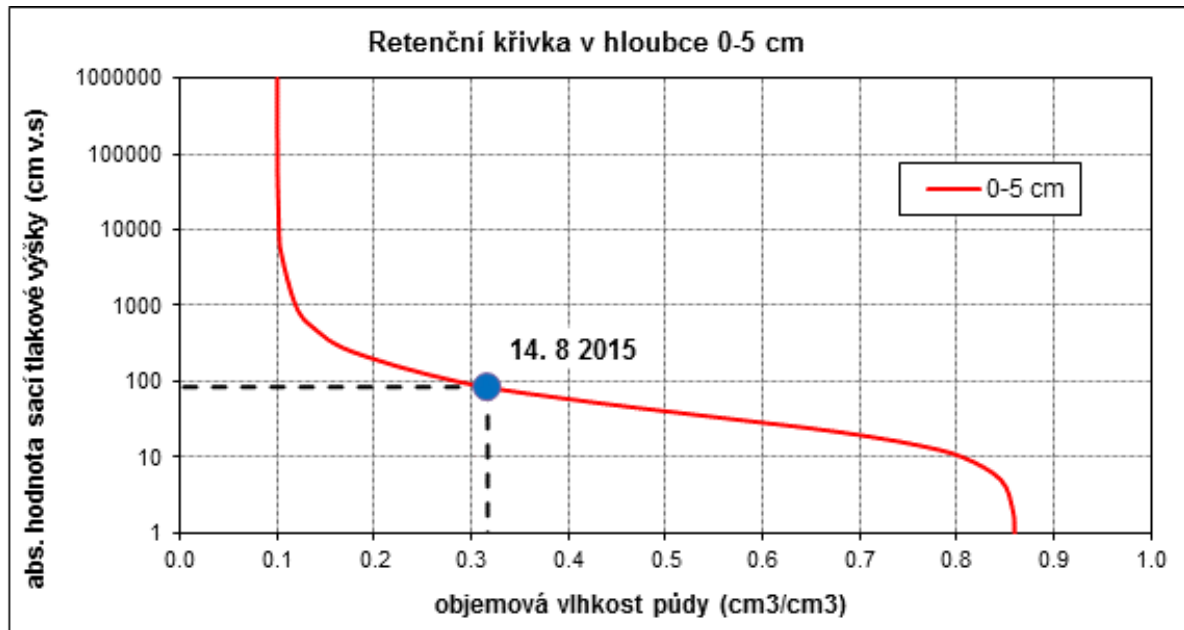


Obrázek 8-20 – Vertikální vykreslení sacího tlaku ve vybraných dnech s extrémně nízkou vlhkostí

Průběhy sacího tlaku během jednotlivých vegetačních sezón jsou vykresleny v kapitole 12.7. Z grafů lze vidět, že v některých sezónách (2009, 2010 a 2013) dosahuje sací tlak extrémně nízkých hodnot (až -7955 cm v. sl.), v ostatních sezónách se nejnižší hodnoty sacího tlaku pohybují řádově mnohem níž (maximálně do -140 cm v. sl.). Extrémně nízkých hodnot sací tlak dosahuje v závislosti na použitých inverzně dopočtených parametrech retenční křivky. Například 4. 7. 2010 dosahuje modelovaná vlhkost v hloubce 1 cm pod terénem hodnoty 0,21. Ta se velmi blíží reziduální vlhkosti, v tomto případě $\theta_r = 0,2$. Proto se v této oblasti retenční křivky sací tlak zmenšil mnohonásobně více (na -2769 cm v. sl.), než kdyby byla křivka více plochá, tedy θ_r by byla nižší (viz Obrázek 8-21). Obdobný případ nastal ještě například 28. 7. 2013, kdy $\theta_r = 0,45$, modelovaná vlhkost je rovna hodnotě 0,46 a sací tlak dosahuje hodnoty -7955 cm v. sl. (viz Obrázek 8-21). Vliv parametrů retenční křivky lze ukázat na velmi suché sezóně 2015, kdy 14. 8. vlhkost v hloubce 1 cm dosáhla jedné z nejnižších hodnot (0,32). Protože reziduální vlhkost použité retenční křivky byla mnohem nižší (0,1), sací tlak dosahoval řádově mnohem menších hodnot než v předchozích případech (-84 cm v. sl., viz Obrázek 8-22).



Obrázek 8-21 – Retenční křivka inverzně stanovená pro lokalitu W1+2, horizont 0-5 cm v sezóně 2013



Obrázek 8-22 - Retenční křivka inverzně stanovená pro lokalitu W1+2, horizont 0-5 cm v sezóně 2015



9 Statistické vyhodnocení objemových vlhkostí

Základní statistické vyhodnocení měřených průměrných denních vlhkostí bylo provedeno grafickým znázorněním pomocí krabicových grafů (box-plotů).

Soubor dat měřených hodnot průměrných denních vlhkostí nevykazuje ze statistického hlediska výrazné odlišnosti v průběhu sezón 2009-2016, a to ani po výstavbě přehrážek v letech 2011 a 2012.

Vlivem působení klimatických podmínek nelze ze statistického pozorování určit jednoznačný účinek revitalizačního opatření. Předpokládá se, že revitalizační opatření má mnohem nižší dopad na vodní režim půdy než srážkový úhrn. Například předpokládané působení revitalizace na úroveň HPV je její zvýšení o 0-20 cm, vlivem počasí ale HPV kolísá v rozmezí 0-50 cm, v důsledku toho může i po revitalizaci nastat ve srážkově podprůměrném roce nižší HPV než během srážkově nadprůměrného roku před revitalizací [30]. Obdobný vliv lze předpokládat rovněž u hodnot objemové vlhkosti.

U prvních dvou sad vlhkostních čidel směrem od příkopu (čidla W1+2 a W3+4) jsou průměrné denní vlhkosti v hloubce 5 cm menší a s větším rozptylem (viz Obrázek 12-136 a Obrázek 12-138) oproti vlhkostem v hloubce 10 cm (viz Obrázek 12-137 a Obrázek 12-139). U poslední sady vlhkostních čidel (čidla W5+6) je rozdíl vlhkostí v hloubce 5 cm a 10 cm nepatrný (viz Obrázek 12-140 a Obrázek 12-141). Velmi výrazný pokles průměrných denních vlhkostí byl zaznamenán v roce 2015, který byl obecně srážkově podprůměrný.

Z box plotů lze tedy vypožorovat, že s rostoucí vzdáleností od příkopu se vlhkost ustaluje. Naopak v blízkosti příkopu lze pozorovat jeho přímý vliv na kolísání objemové vlhkosti v půdě, která je kromě dotací vody ze srážek a výparu u povrchu ovlivňována hladinou vody v příkopě. Hladina vody zřejmě ovlivňuje tvar depresní křivky, a proto je vlhkost v hloubce 5 cm v blízkosti příkopu výrazně nižší než v hloubce 10 cm.

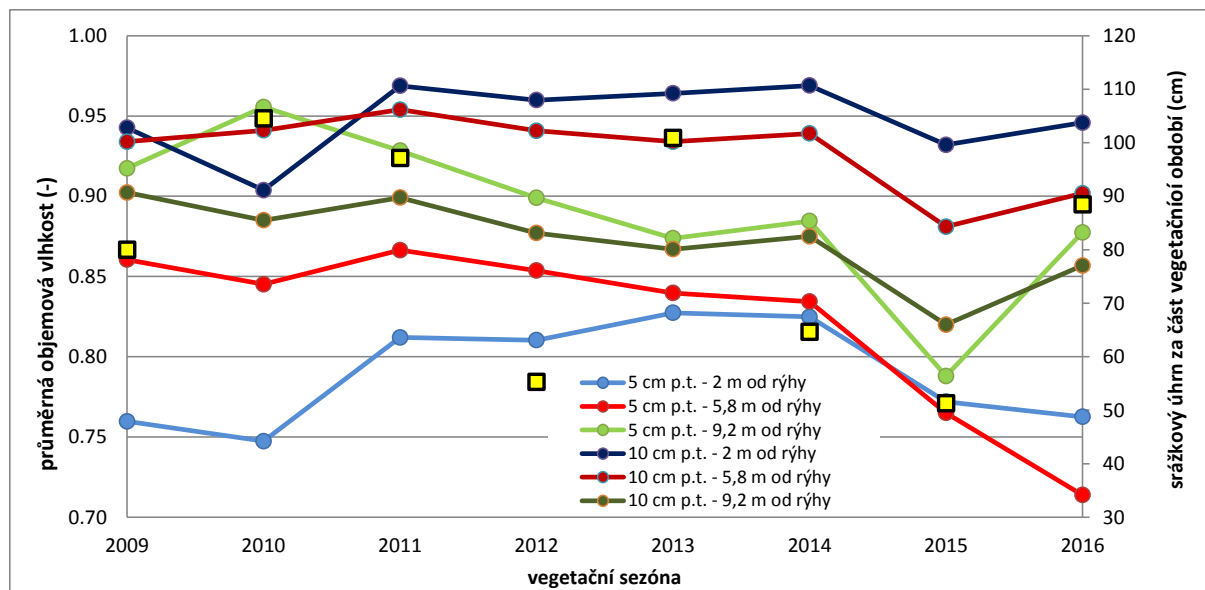
Z níže uvedeného obrázku lze vidět, že v hloubce 5 cm pod terénem průměrná objemová vlhkost se vzdáleností od příkopu roste (viz např. sezóna 2009: Obrázek 9-2). V blízkosti příkopu je zřejmě vlivem jeho drenážních účinků objemová vlhkost nižší než ve vzdálenějších místech.

Vlhkost měřená v hloubce 10 cm naopak se vzdáleností od příkopu klesá (s výjimkou extrémně suchého roku 2015 viz Obrázek 9-3), což může být způsobeno svažitostí terénu a podpovrchovým odtokem vody z lokality ze vzdálenější lokality (DV7 – 9,2 m od příkopu).

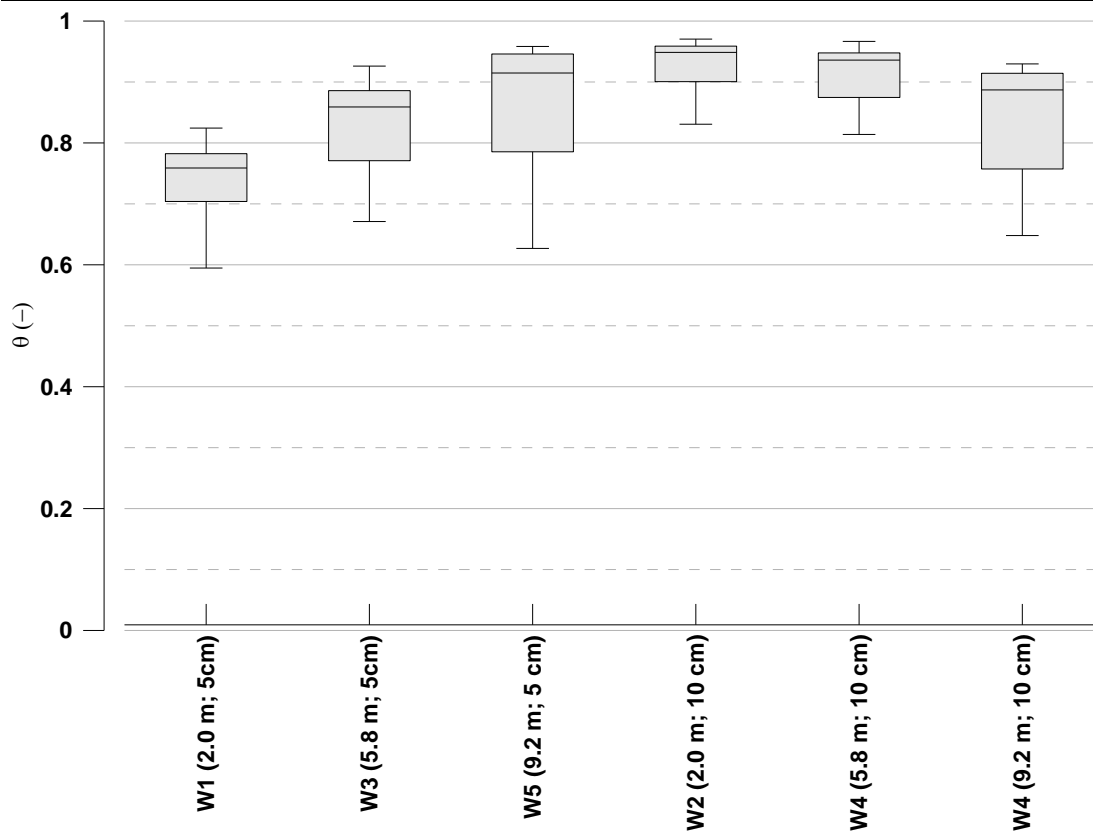


Statisticky zpracované vyhodnocení objemových vlhkostí v hloubce 5 cm i 10 cm se vzdáleností od příkopu ve všech vegetačních sezónách uvádí kapitola 12.6.

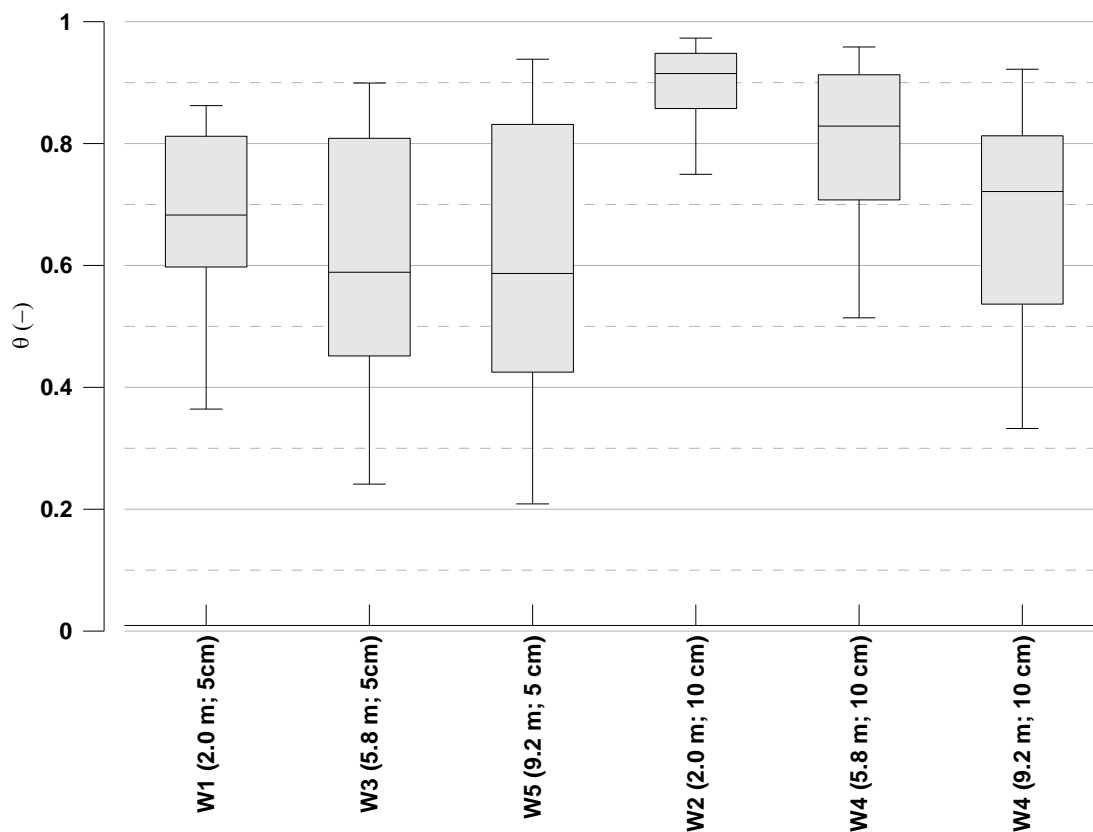
Hodnoty průměrných objemových vlhkostí jsou ale závislé nejen klimatických podmínkách obecně, zejména na srážkovém úhrnu, ale také na jejich rozložení během vegetační sezóny. To je důvodem proč mezi vlhkostmi a srážkovým úhrnem za vegetační období není korelace (viz Obrázek 9-1).



Obrázek 9-1 - Průměrná objemová vlhkost během vegetačních sezón



Obrázek 9-2 -Průměrné denní objemové vlhkosti vzhledem ke vzdálenosti od příkopu v hloubce 5 cm a 10 cm v průběhu sezóny 2009



Obrázek 9-3 - Průměrné denní objemové vlhkosti vzhledem ke vzdálenosti od příkopu v hloubce 5 cm a 10 cm v průběhu sezóny 2015



10 Závěr

Cílem práce bylo vyhodnotit vodní režim rašeliny na lokalitě OP NPR Rašeliniště Jizery, konkrétně na dílčí lokalitě VJL-A se zaměřením na zónu v bezprostřední blízkosti terénu. Úvodní kapitoly této práce pojednávají o zájmové lokalitě, problematice odlesňování a odvodňování rašelinišť v dřívějších dobách a současné snaze o jejich revitalizaci. Následuje teoretický úvod do problematiky proudění vody v nenasyceném prostředí, hydraulické charakteristiky, základní statistické metody použité v práci a matematická podstata softwaru Hydrus_1D, použitého pro sestavení jednorozměrného vertikálního modelu proudění vody v nenasyceném prostředí.

Do modelu vstupovaly veličiny sledované od roku 2007 v období od května do října. Těmito veličinami jsou sací tlaková výška měřená tenzometry, úroveň hladiny podzemní vody sledovaná v mělkých vrtech, časově proměnný srážkový úhrn a potencionální evapotranspirace (pro sezóny 2009-2015 převzatá z výpočtu [6] a pro sezónu 2016 přibližně stanovená Ivanovovou metodou). Základními parametry potřebnými k sestavení modelu byly hydraulické charakteristiky stanovené během experimentálního výzkumu prováděného na KHMKI Fakulty stavební ČVUT v Praze v letech 2008 a 2016. Objemová vlhkost měřená vlhkostními čidly sloužila pro porovnání shody měření a modelu.

Modelován byl horizontální profil v rozsahu hloubek 0-115 cm. Profil byl primárně rozdělen na tři dílčí horizonty (materiál 1: 0-5 cm, materiál 2: 5-10 cm a materiál 3: 10-115 cm) na základě předpokladu odlišného chování rašeliny v blízkosti terénu. V letech 2009-2016 byla modelována každá vegetační sezóna, pro každou z nichž byly sestaveny vždy 3 modely dle lokality umístění sady tenzometrů, vlhkostních čidel a mělkých vrtů ve vzdálenostech od příkopu 2,0 m, 5,8 m a 9,2 m.

Modelování proběhlo celkem ve třech variantách (Varianta A, B a C). V prvních dvou variantách byla pro materiál v hloubce 10-115 cm (materiál 3) použita retenční křivka stanovaná průzkumem v hlubších vrstvách v roce 2008 (retenční křivka 2). Protože původně nebyly známy parametry retenčních křivek v mělkých horizontech (materiál v hloubce 0-5 cm a materiál v hloubce 5-10 cm), byly tyto parametry při prvním modelování (Varianta A) dopočítávány inverzně tak, aby model a měření dosahovaly co nejlepší shody (dle Nash-Sutcliffe koeficientu). Použité parametry retenčních křivek, jejich grafické zobrazení a výstup v podobě modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 a 10 cm jsou uvedeny v přílohové části.



Ukázalo se, že inverzně stanovené retenční křivky dosahují velmi nízké hodnoty reziduální vlhkosti, ale lépe popisují chování rašeliny u povrchu a postihují výpar z kořenové zóny.

V roce 2016 proběhl odběr vzorků a stanovení retenčních křivek v oblasti bezprostřední blízkosti terénu, a to v hloubce 5-10 cm. Pro každou dílčí lokalitu dle vzdálenosti od příkopu byla stanovena vlastní retenční křivka (retenční křivka I. pro vzdálenost 2,0 m, II. pro 5,8 m a III. pro 9,2 m). Tyto retenční křivky se s inverzně stanovenými křivkami neshodovaly, nabývaly větší hodnoty reziduální vlhkosti, ale po vložení jejich parametrů do modelu (Varianta B, pro materiál 1: 0-5 cm a materiál 2: 5-10 cm), vykazovala modelovaná objemová vlhkost mnohem menší shodu s měřením než původní model. V některých sezónách dokonce výpočet nekonvergoval, zřejmě vlivem hystereze.

Nepříliš velká shoda modelované objemové vlhkosti při použití výpočtem ověřených retenčních křivek poukázala na možnou chybu v měření vlhkostních čidel, která může být způsobena velkým dosahem čidla, které jak při kalibraci v nádobě s limitovaným objemem, tak při instalaci (zvláště 5 cm pod terénem), měří i mimo půdní profil do okolního vzduchu. Další příčinou chybného může být špatný kontakt jehel čidla a půdy v sušších obdobích, kdy se půda může od jehly odtrhnout, čímž čidla zaznamenají nižší objemovou vlhkost. Třetí variantou vnesení chyby může být špatná kalibrace vlhkostního čidla, které bylo kalibrováno v laboratorních podmínkách odlišných od podmínek v terénu a došlo k odstranění velmi mělké vrstvy odebraného vzorku. V této odstraněné vrstvě jsou ve skutečnosti čidla uložena.

Poslední modelovanou variantou byla Varianta C, kdy byl profil rozdělen na 4 dílčí materiály po hloubce (0-10 cm, 10-30 cm, 30-60 cm a 60-115 cm), každý charakteristický jinou retenční křivkou stanovovanou v daném rozmezí horizontu. Zároveň byly retenční křivky nejsvrchnější vrstvy (0-10 cm) měněny dle vzdálenosti od příkopu stejně jako ve Variantě B. Výsledné modelované hodnoty vlhkostí vykazovaly vůči měřeným hodnotám vlhkostí ze všech použitých variant vůbec nejnižší shodu.

Model (Varianta A) v lokalitě nejbližší příkopu (2,0 m) byl doplněn o pozorování průběhu vlhkosti v hloubce 1 cm pod terénem, kde obecně dochází k nejnižším hodnotám vlhkosti a sacího tlaku. V sezónách 2009, 2010, 2013 a 2015 se zde vlhkost blížila nebo přesáhla bod vadnutí pro cévnaté rostliny. To vypovídá o tom, že ani po výstavbě přehrážek není v lokalitě optimální vodní režim pro obnovu původní vlhkomilné vegetace.



Na základě statistického vyhodnocení se jednoznačně neprojevil vliv revitalizačního opatření na hodnoty objemových vlhkostí. Příčinou jsou klimatické vlivy, které způsobují mnohem větší změnu vlhkosti (vysychání), než jakou je schopna vyvolat revitalizace v opačném směru (zavodnění vzduším hladiny vody v příkopech). Ukázal se ale vliv drenážního příkopu na prostorové rozložení vlhkosti, kdy v 5 cm pod terénem vlhkost roste se zvětšující se vzdáleností od příkopu. Naopak vlhkost v hloubce 10 cm pod terénem s rostoucí vzdáleností klesá, to je zřejmě způsobeno svažitostí terénu a podpovrchovým odtokem půdní vody.

Model prokázal, že rašelina je značně specifický materiál, který se chová velmi odlišně od klasické minerální půdy, zvláště v mělké zóně v bezprostřední blízkosti terénu, jež je bohatá na organické látky. Výstupní hodnoty objemových vlhkostí i sacích tlaků v mělké zóně velmi závisí na vstupních parametrech retenční křivky a v mělkém horizontu na rozložení kořenové zóny.

Výpočty odhalily neshodu mezi měřeními sacích tlaků tenzometry a jejich dopočtenou hodnotou ze známé úrovně HPV měřené mělkými vrty. To může být způsobeno odlišným způsobem měření a různým vzájemným umístěním vrtů a tenzometrů. Modelováním byla odhalena pravděpodobná chyba při měření objemové vlhkosti metodou FDR. Vzhledem k nepřesnostem vstupujícím do modelu nelze exaktně stanovit vodní režim půdy v rozsahu 0-10 cm. Pro přesnější modelování by vzhledem k členitosti terénu a velmi úzkému rozpětí zkoumané zóny bylo vhodné sestavit dvojrozměrný model proudění, jež by uvažoval i svažitost terénu a vertikální pohyb půdní vody a doplnit měření objemové vlhkosti mikrotenzometry umístěnými v těsné blízkosti terénu.



11 Použitá literatura

- [1] BUFKOVÁ, I., F. STÍBAL a E. MIKULÁŠKOVÁ. *Restoration of Lakes, Streams, Floodplains, and Bogs in Europe, Principles and Case Studies*. Springer Science+Business Media B.V, 2010.
- [2] BUFKOVÁ, Ivana. *Ochrana přírody: Péče o přírodu a krajinu - Náprava narušeného vodního režimu rašelinišť v Národním parku Šumava* [online]. In: . [cit. 2016-11-10]. Dostupné z: <http://www.casopis.ochranaprirody.cz/pece-o-prirodu-a-krajinu/naprava-naruseneho-vodniho-rezimu-raselinist/>
- [3] CÍSLEROVÁ, Milena. *Inženýrská hydropedologie*. Praha: Ediční středisko ČVUT, 1989. ISBN 80-01-00052-4.
- [4] CÍSLEROVÁ, Milena a Tomáš VOGEL. *Transportní procesy ve vadózní zóně: skriptum*. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, KHMKI, KHH, 2008.
- [5] CÍSLEROVÁ, Milena a Tomáš VOGEL. *Transportní procesy*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01866-0.
- [6] DOHNAL, Michal, Jaromír DUŠEK, Tomáš VOGEL, Jiří HERZA a Pavel TACHECÍ. *Analysis of Soil Water Response to Grass Transpiration*. Praha, 2006.
- [7] HOFMANNOVÁ, G., I. KOROŠ a A. VOŽENÍLEK. *Hydrologická studie, Krušné hory - rašeliniště. Lokalita Cínovecký hřbet, Lokalita U jezera, Lokalita Velké tetřeví tokaniště*. Praha: Hydrogeologická společnost s.r.o., 2009.
- [8] HOUDEK, Tomáš. *Metody stanovení evapotranspirace a její hodnoty v České republice*. České Budějovice, 2012. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Ing. Václav Bystřický.
- [9] JANKOVEC, Jakub. *Kalibrace vlhkostního čidla pro minerální a organické půdy*. Praha, 2009. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Doc. Ing. Martin Šanda, Ph.D.
- [10] JARUŠKOVÁ, Daniela. *Pravděpodobnost a matematická statistika 12*. Praha: České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-010-2253-6.
- [11] JÓŽA, Miroslav a Pavel VONIČKA. *Jizerskohorská rašeliniště*. Liberec: Jizersko-ještědský horský spolek, 2004. ISBN 80-903-2523-8.
- [12] KARAS, Petr. *Návrh hrazení drenážních příkopů k revitalizaci NPR Rašeliniště Jizerky*. Praha, 2008. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Doc. Ing. Martin Šanda, Ph.D.
- [13] KARPAŠ, Roman. *Jizerské hory, O mapách, kamenní a vodě*. Liberec: Karpaš RK, 2008. ISBN 978-80-87100-08-0.
- [14] KARPAŠ, Roman a Jiří HUŠEK. *Jizerské hory*. Liberec: RK, 2014. ISBN 978-80-87100-26-4.



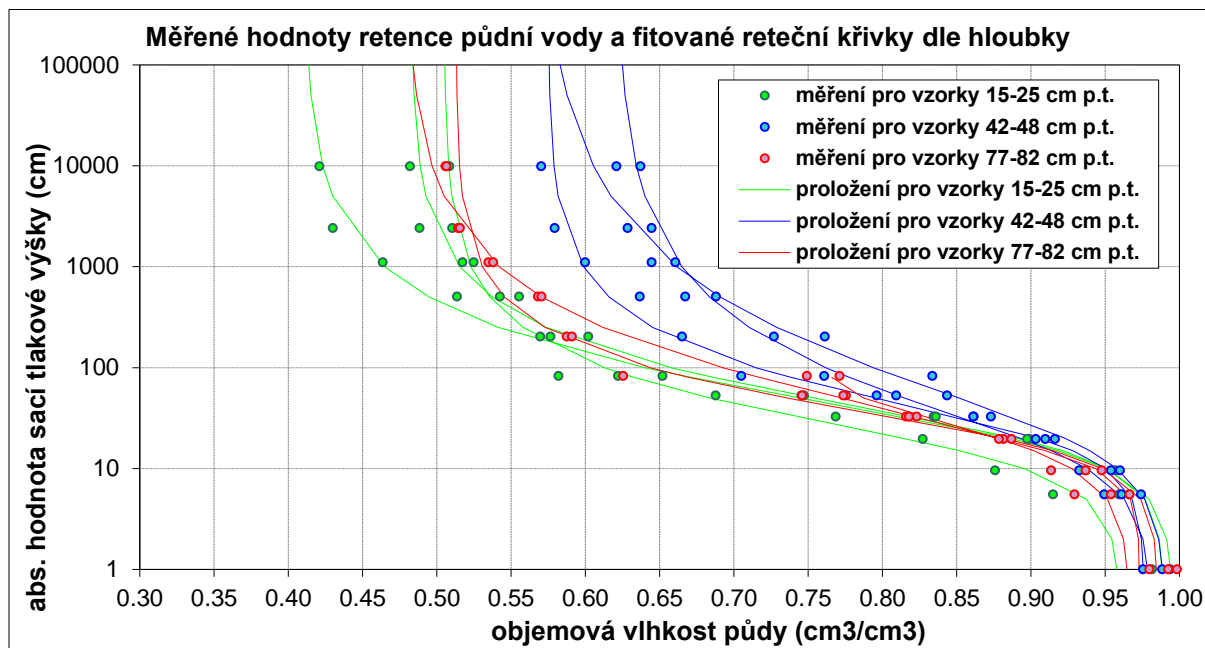
- [15] KARPAŠ, Roman, Richard VIŠŇÁK a Pavel VONIČKA. *Jizerské hory*. Liberec: RK, 2013. ISBN 978-80-87100-23-3.
- [16] KASPER, Jan. *Posouzení vodního režimu meliorovaných rašelinišť*. Praha, 2008. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Doc. Ing. Martin Šanda, Ph.D.
- [17] KUTÍLEK, Miroslav, Václav KURÁŽ a Milena CÍSLEROVÁ. *Hydropedologie 10*. Vyd. 2. přeprac. Praha: České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-010-2237-4.
- [18] MARTÍNKOVÁ, Hana. *Návrh renaturalizace odvodněného rašeliniště*. Praha, 2010. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Doc. Ing. Martin Šanda, Ph.D.
- [19] MARTÍNKOVÁ, Hana. *Návrh hrazení drenážních příkopů k revitalizaci NPR Rašeliniště Jizery*. Praha, 2009. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Doc. Ing. Martin Šanda, Ph.D.
- [20] MONTHEITH, J. Evaporation and surface-temperature. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 1981.
- [21] MORIASI, D., J. ARNOLD, M. VAN LIEW, R. BINGNER, R. HARMEL a T. VEITH. Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *SWAT - Soil and Water Assessment Tool* [online]. Transactions of the ASABE, 2007 [cit. 2016-11-11]. Dostupné z: <http://swat.tamu.edu/media/1312/moriasimodeleval.pdf>
- [22] NASH, J. E. a J. V. SUTCLIFFE. River flow forecasting through conceptual models part I - A discussion of principles. *Journal of Hydrology*. 1970.
- [23] RICHARDS, L. A. a L. R. WEAVER. Fifteen-Atmosphere Percentage As Related To the Permanent Wilting Percentage. *Soil Science*. 1943.
- [24] SEDLMAIEROVÁ, Pavlína. *Vyhodnocení pohybu vody v povodí Nisy*. Praha, 2015. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Doc. Ing. Martin Šanda, Ph.D.
- [25] ŠANDA, Martin. *Zpráva o hydrologickém průzkumu jako podklad pro managementová opatření v zájmovém území PSLJH v ochranném pásmu NPR Rašeliniště Jizery za rok 2007*. Roztoky, 2007.
- [26] ŠANDA, Martin. *Sledování a vyhodnocení vodního režimu v OP NPR Rašeliniště Jizery a NPR Rašeliniště Jizerky: Zhotoveno pro AOPK*. Roztoky, 2009.
- [27] ŠANDA, Martin. *Zpráva z hydrologického průzkumu v OP NPR Rašeliniště Jizery a NPR Rašeliniště Jizerky za rok 2008: Zhotoveno pro AOPK jako podklad pro managementová opatření v zájmovém území PSLJH (Program stabilizace lesa v Jizerských horách)*. Roztoky, 2008.



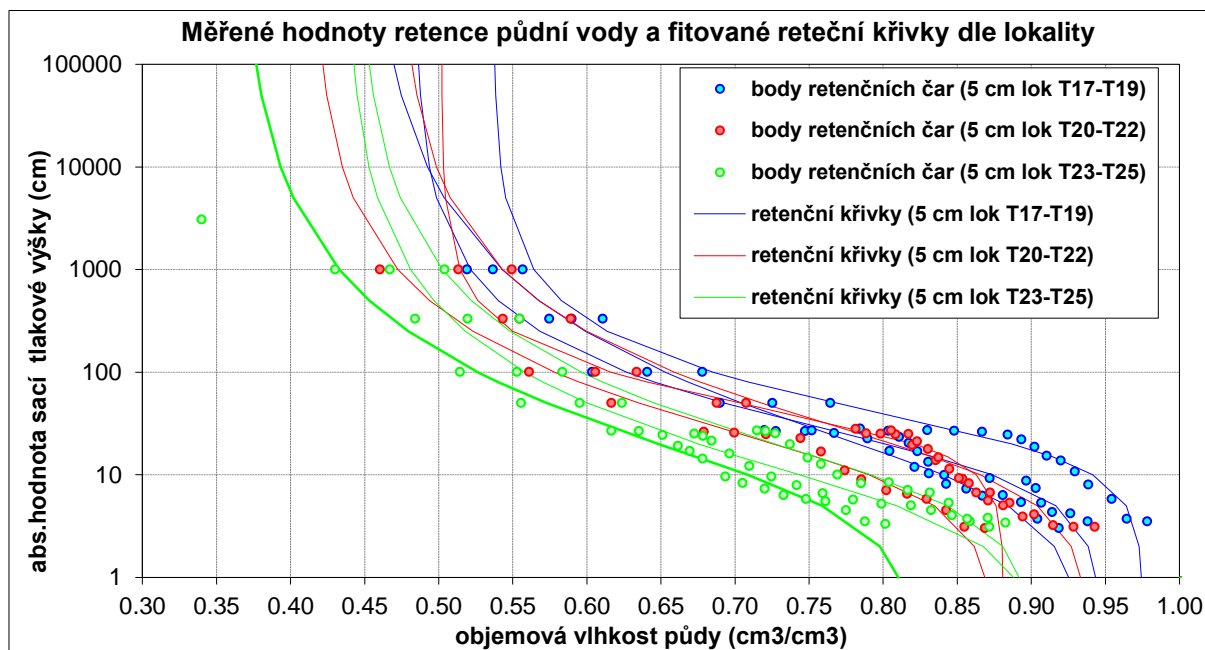
- [28] ŠIMŮNEK, J., M. ŠEJNA, H. SAITO, M. SAKAI a M. Th. VAN GENUCHTEN. *The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media*. [online]. PC-Progress, 2008 [cit. 2016-11-10]. Dostupné z: http://www.pc-progress.com//Downloads/Pgm_Hydrus1D/HYDRUS1D_4.pdf
- [29] ŠÍPOVÁ, Dora. *Modelování vodního režimu horských rašelinišť s využitím stabilních izotopů*. Praha, 2009. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Doc. Ing. Martin Šanda, Ph.D.
- [30] VACKÁŘ, František. *Hydrologický režim revitalizovaných rašelinišť*. Praha, 2016. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Doc. Ing. Martin Šanda, Ph.D.
- [31] VALENTOVÁ, Jana. *Hydraulika podzemní vody*. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02404-0.
- [32] *Jizerské hory - Ochrana přírody* [online]. [cit. 2016-11-10]. Dostupné z: <http://jizerskehory.ochranaprirody.cz/zakladni-udaje-o-chko/>



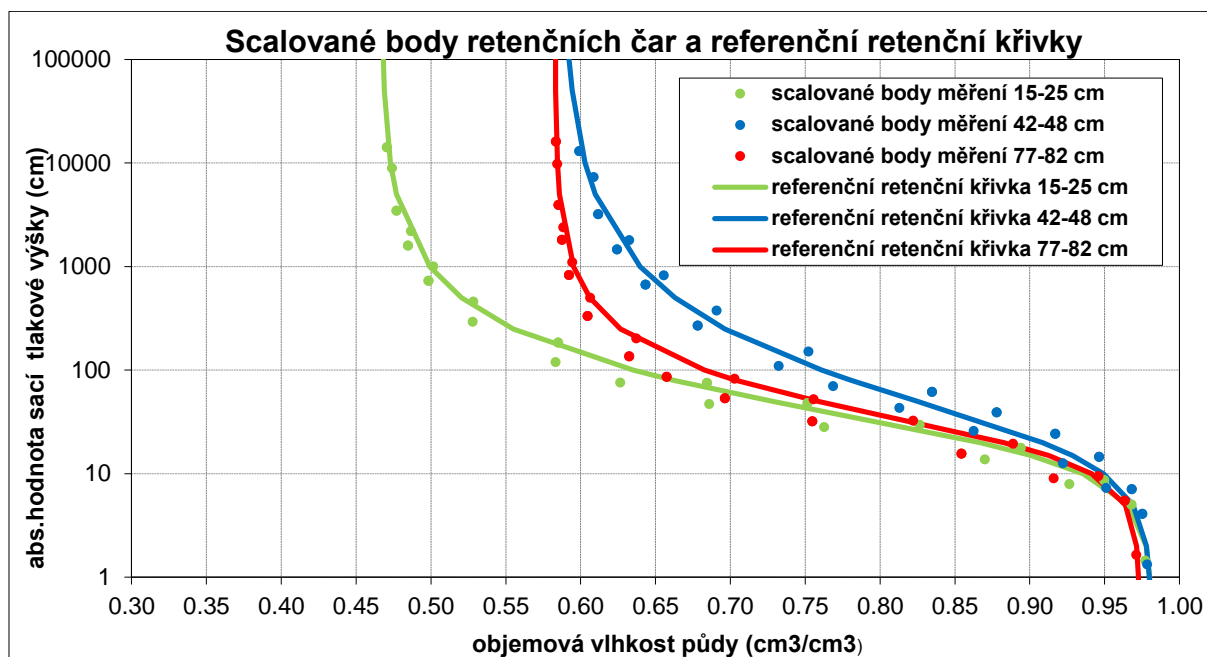
12 Příloková část



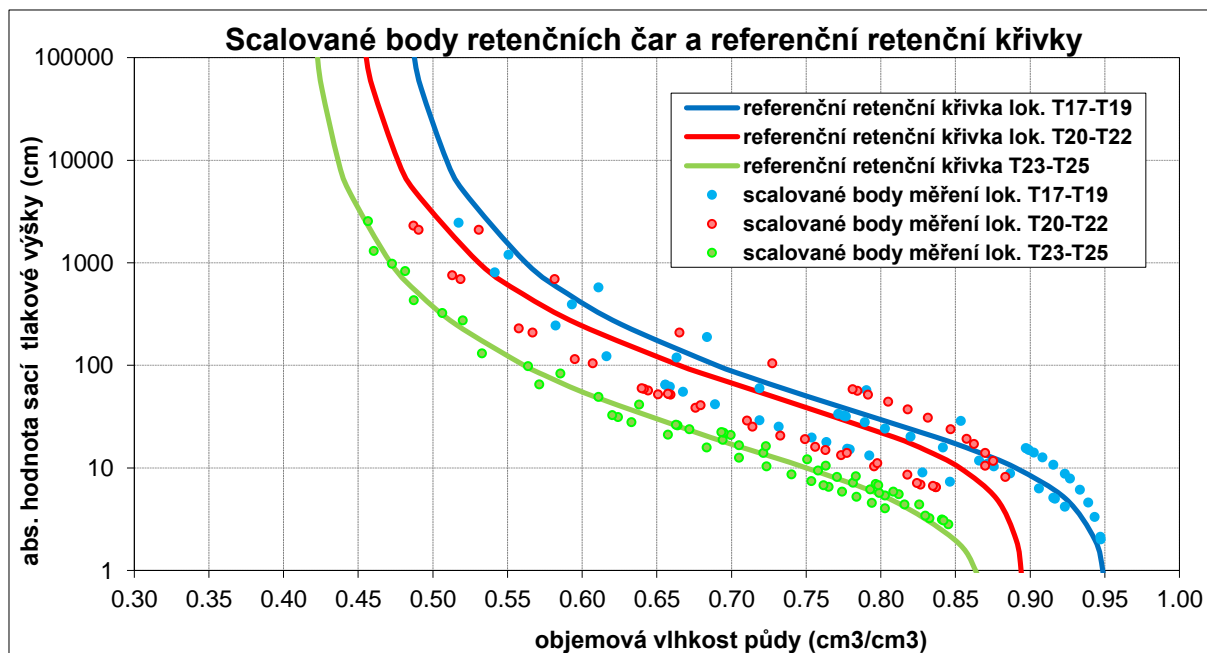
Obrázek 12-1 - Měřené hodnoty retence půdní vody a fitované retenční křivky pro jednotlivé hloubky v roce 2008



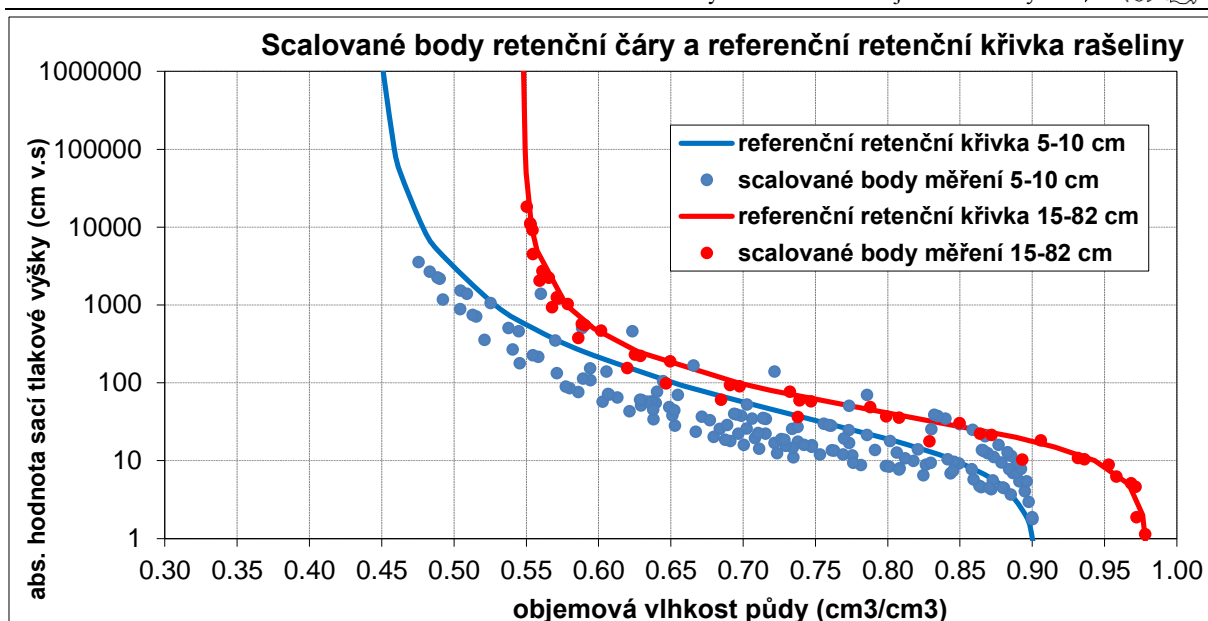
Obrázek 12-2 - Měřené hodnoty retence půdní vody a fitované retenční křivky pro jednotlivé dílčí lokality v roce 2016



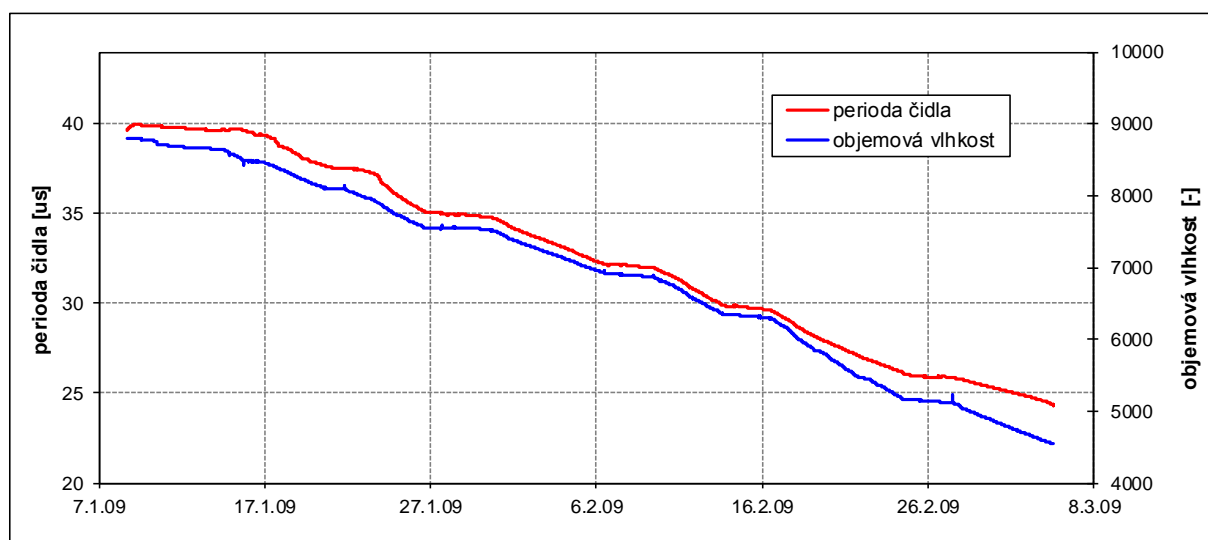
Obrázek 12-3 - Referenční retenční křivky pro jednotlivé hloubky v roce 2008



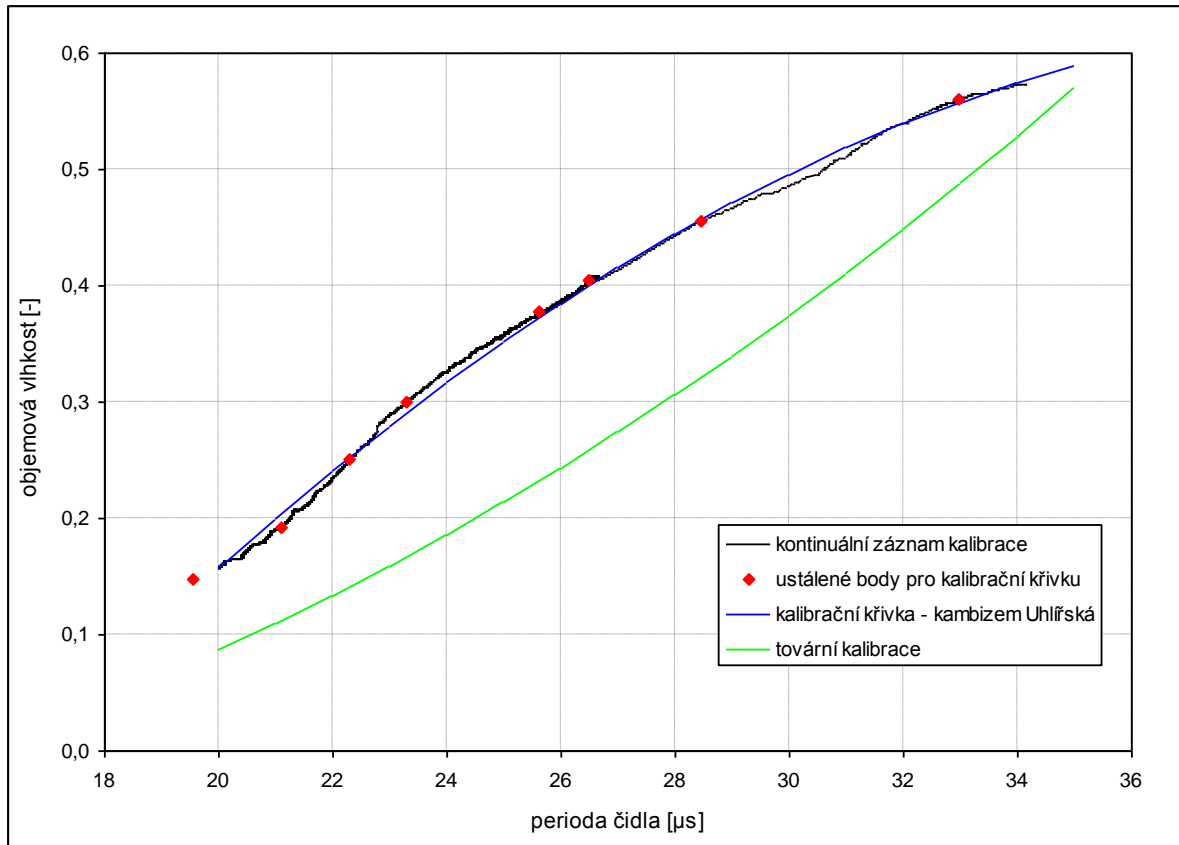
Obrázek 12-4 - Referenční retenční křivky pro jednotlivé lokality v hloubce 5-10 cm roce 2016



Obrázek 12-5 – Scalované body retenční čáry a referenční křivky stanovené pro hloubky 5-10 cm a 15-82 cm



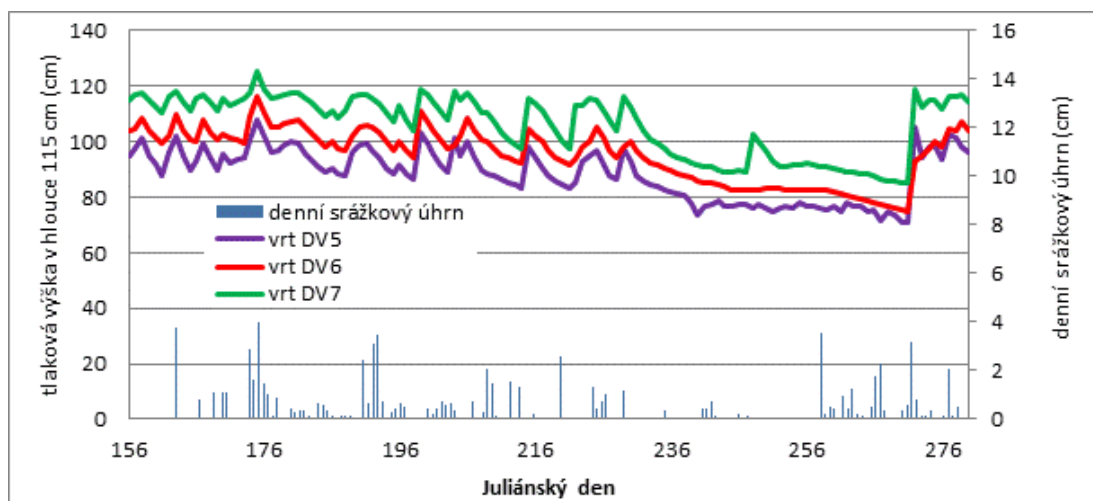
Obrázek 12-6 - Průběh měření periody vlhkostního čidla a objemové hmotnosti při laboratorní kalibraci [9]



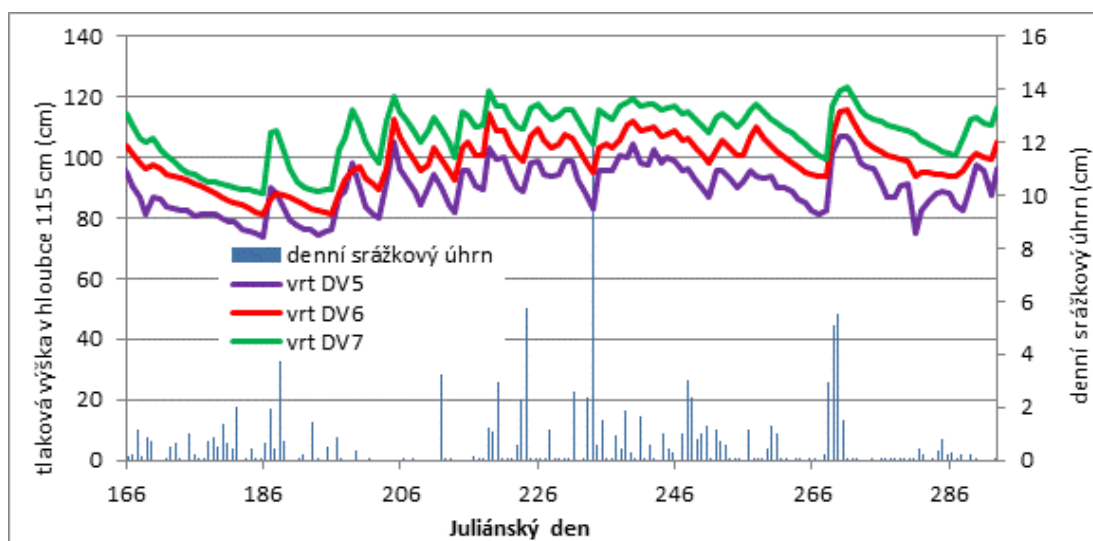
Obrázek 12-7 - Kalibrační křivka vlhkostního čidla proložená ustálenými body a kalibrační křivka dle tovární kalibrace [9]



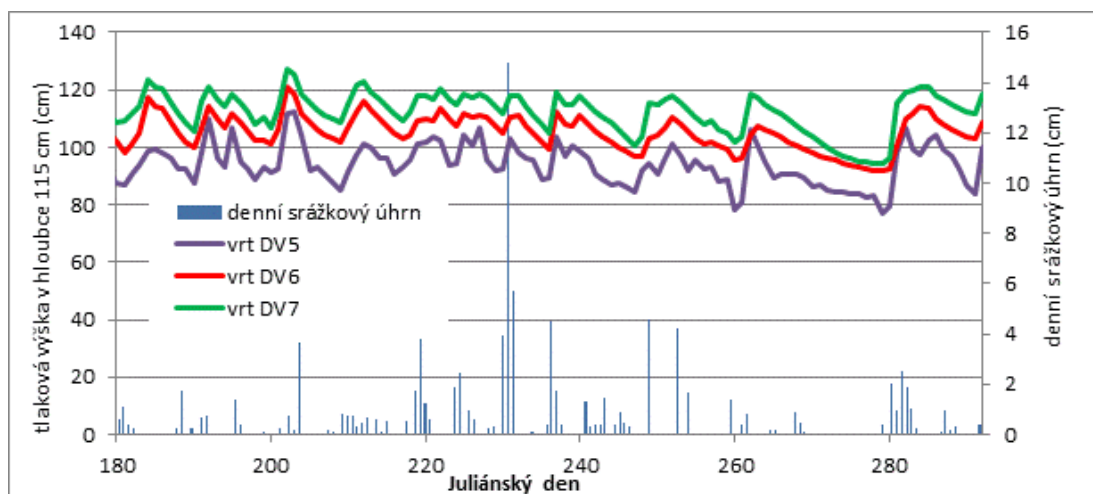
12.1 Horní a dolní tlakové okrajové podmínky



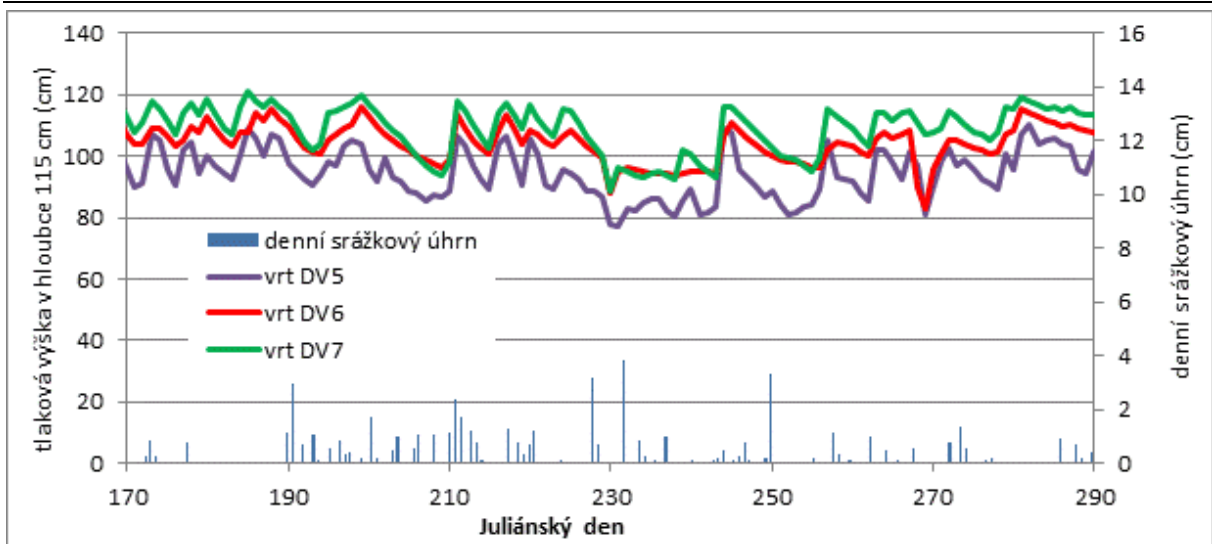
Obrázek 12-8 - Horní a dolní tlakové okrajové podmínky, vegetační sezóna 2009



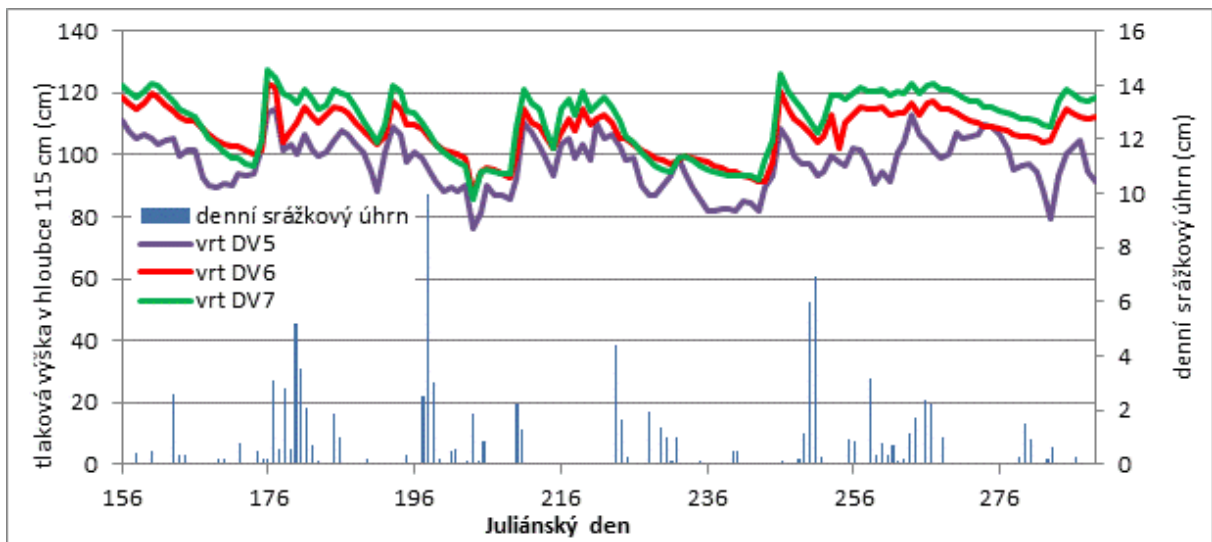
Obrázek 12-9 - Horní a dolní tlakové okrajové podmínky, vegetační sezóna 2010



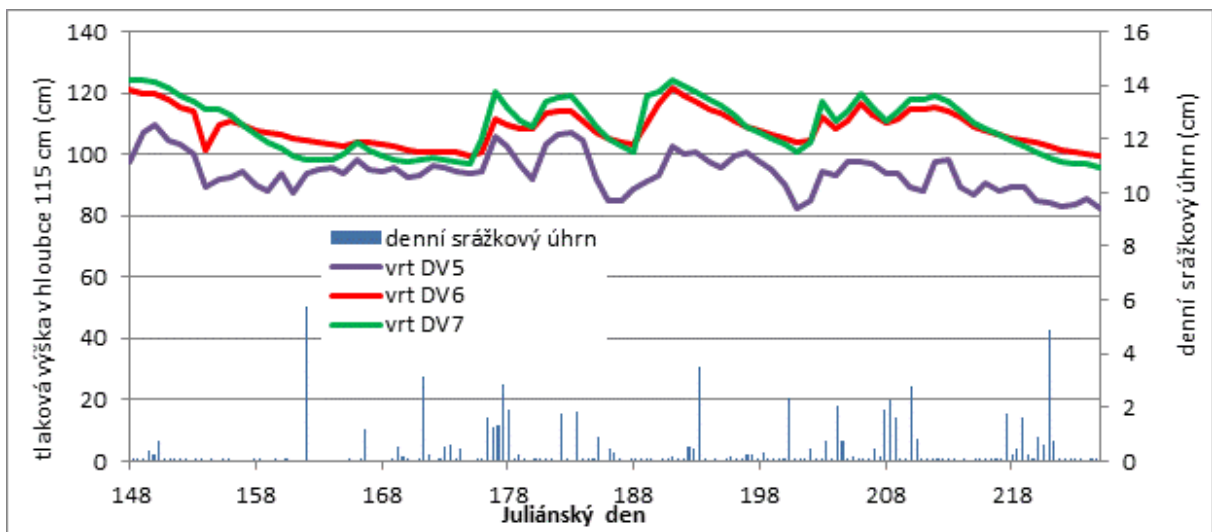
Obrázek 12-10 - Horní a dolní tlakové okrajové podmínky, vegetační sezóna 2011



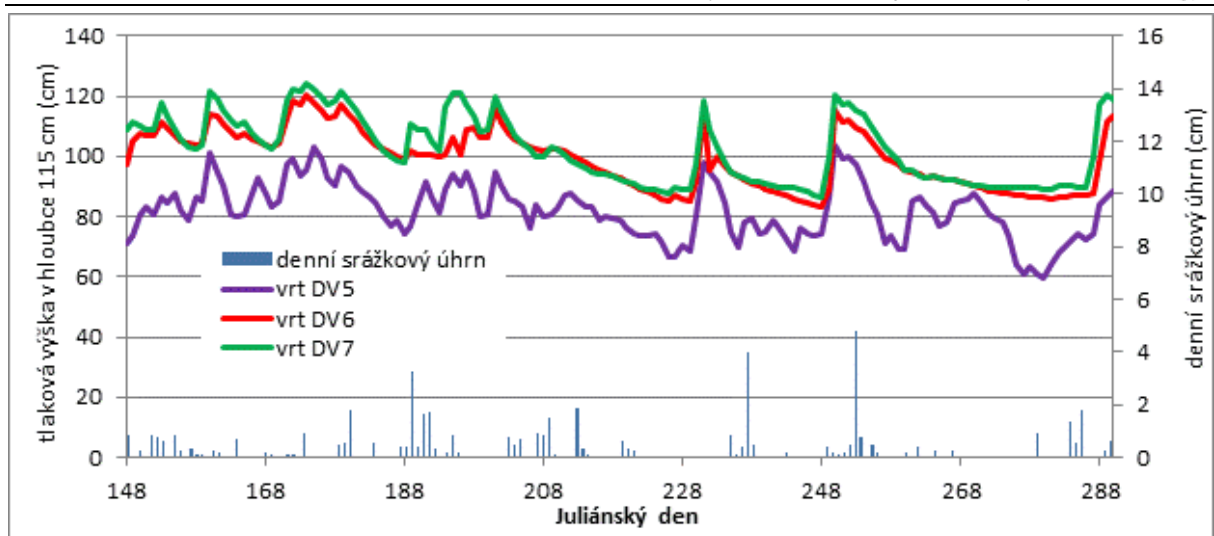
Obrázek 12-11 - Horní a dolní tlakové okrajové podmínky, vegetační sezóna 2012



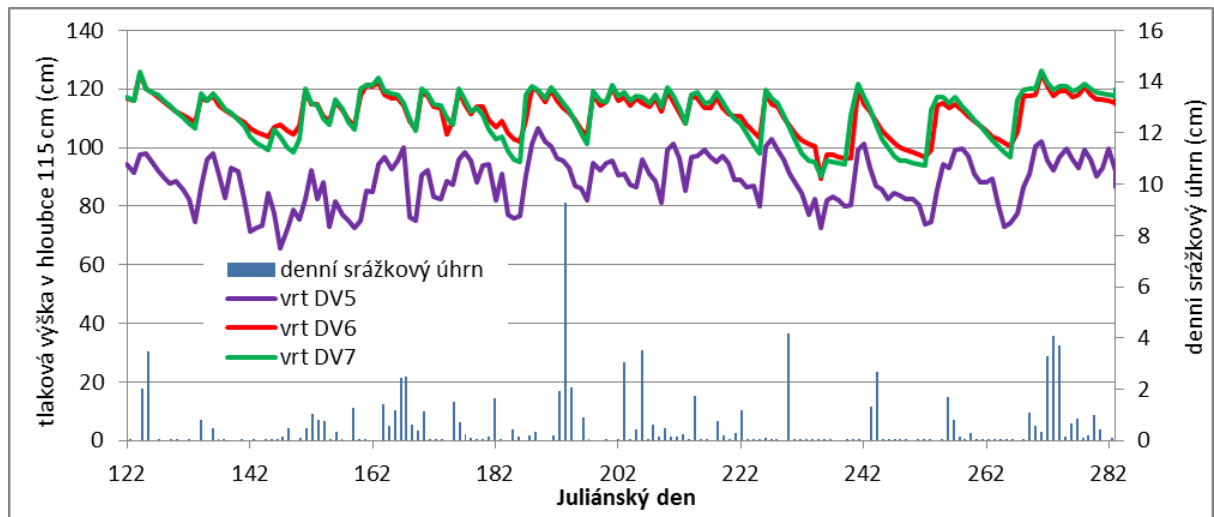
Obrázek 12-12- Horní a dolní tlakové okrajové podmínky, vegetační sezóna 2013



Obrázek 12-13- Horní a dolní tlakové okrajové podmínky, vegetační sezóna 2014



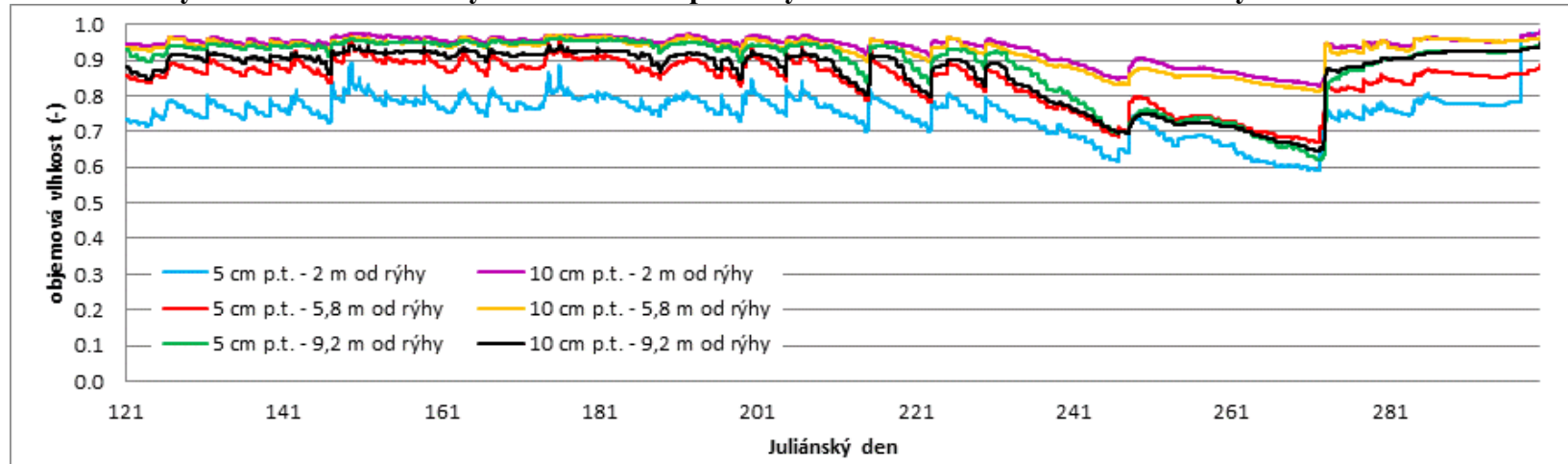
Obrázek 12-14- Horní a dolní tlakové okrajové podmínky, vegetační sezóna 2015



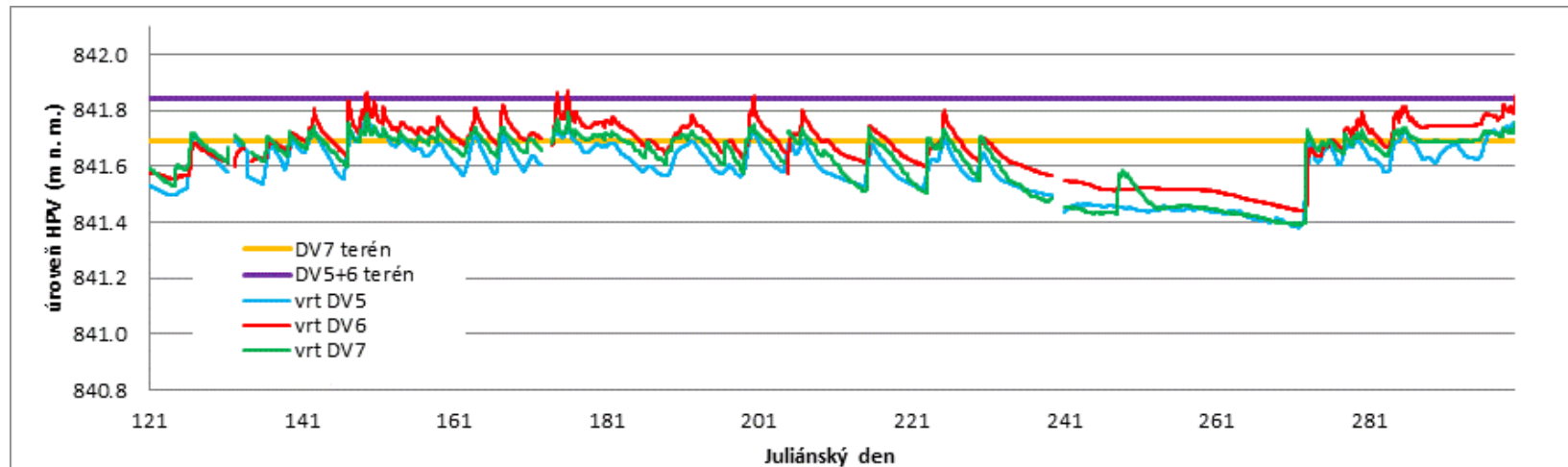
Obrázek 12-15- Horní a dolní tlakové okrajové podmínky, vegetační sezóna 2016



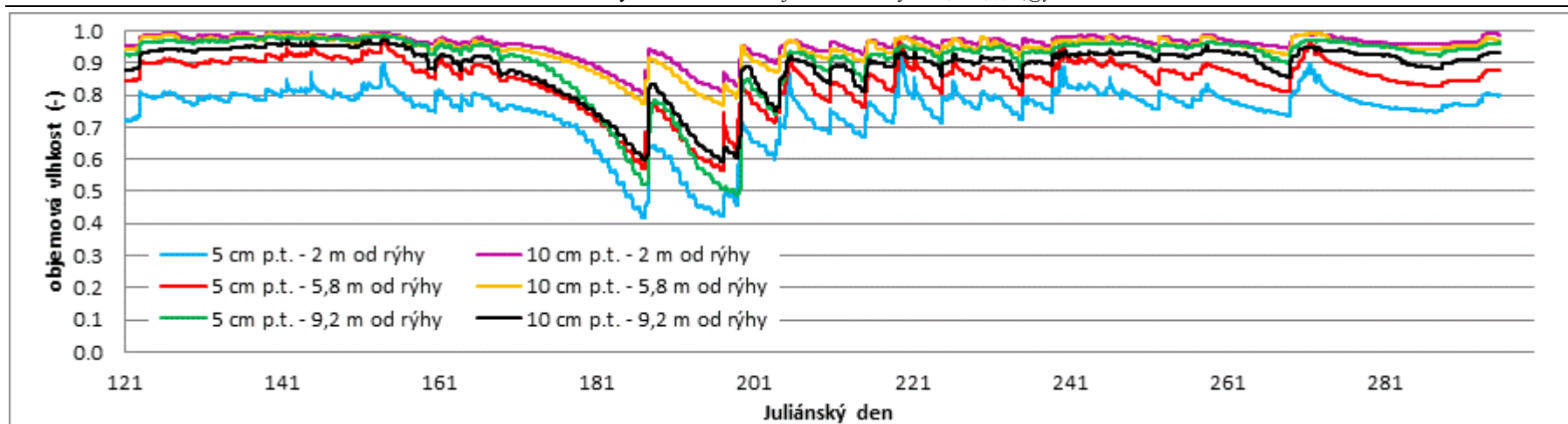
12.2 Průběhy HPV měřené v mělkých vrtech DV a průběhy vlhkostí měřené vlhkostními čidly FDR



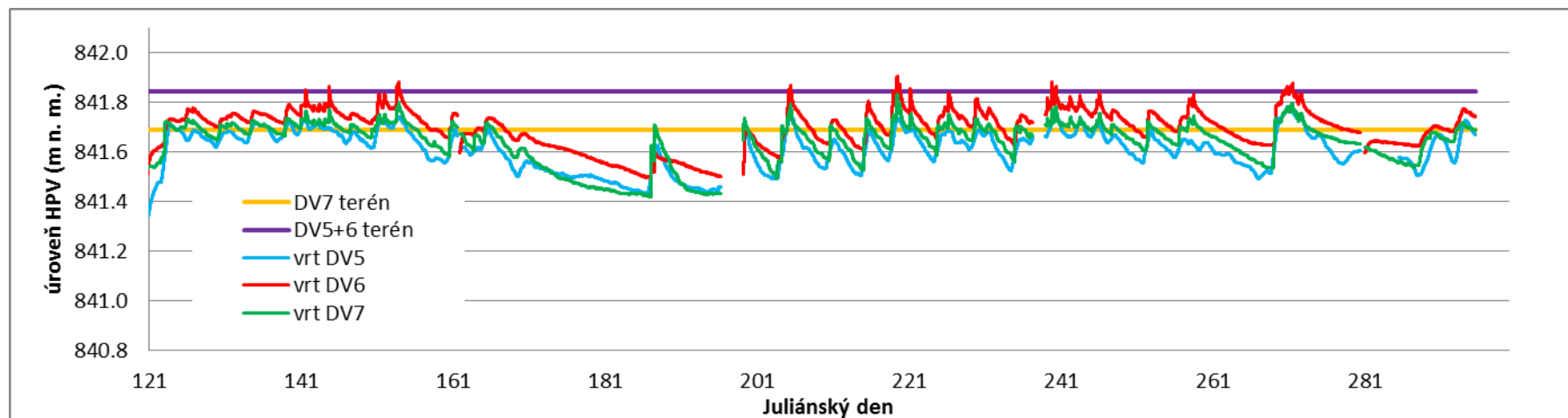
Obrázek 12-16- Průběh vlhkostí měřených ve vegetační sezóně 2009



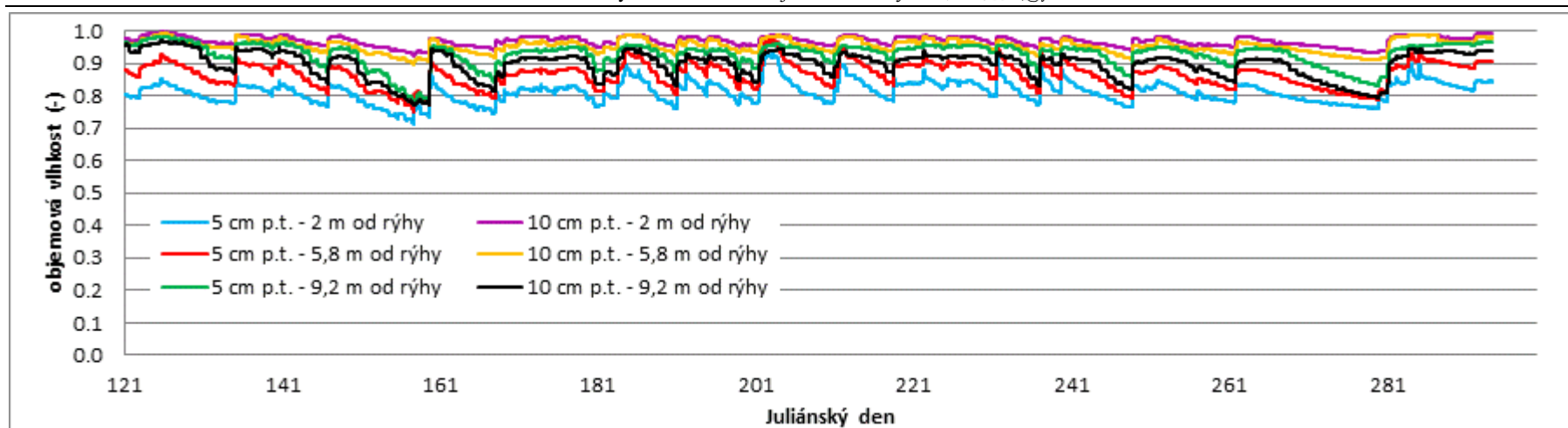
Obrázek 12-17 - Průběh HPV v mělkých vrtech DV během vegetační sezóny 2009



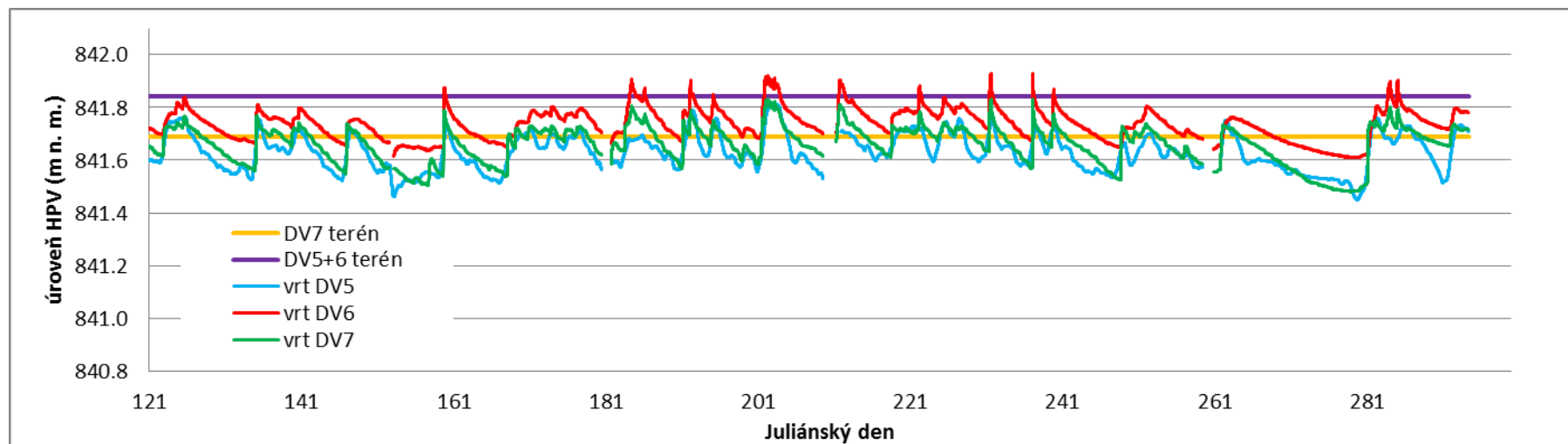
Obrázek 12-18- Průběh vlhkostí měřených ve vegetační sezóně 2010



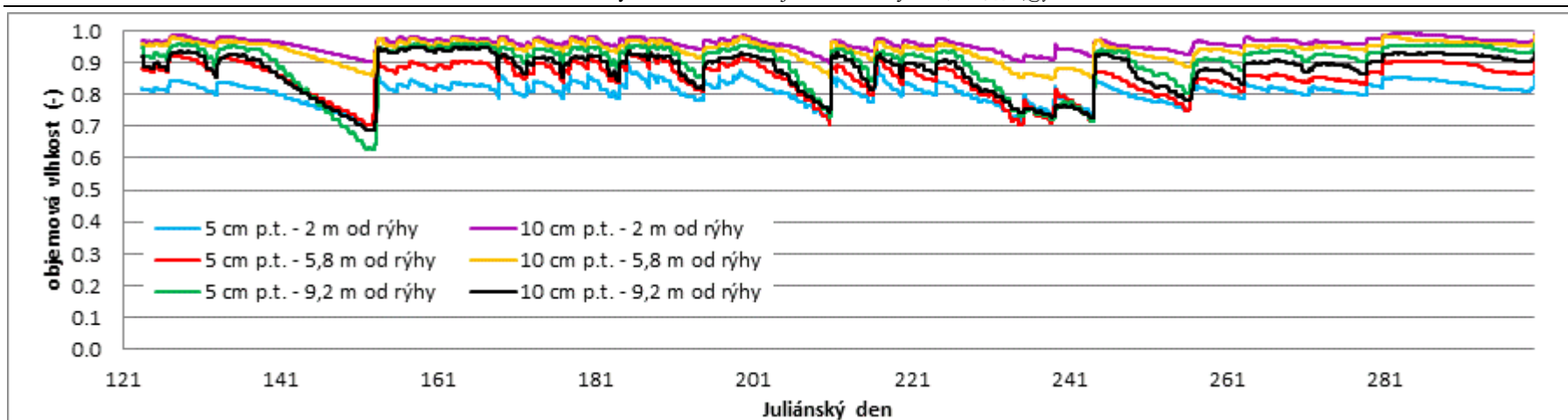
Obrázek 12-19 - Průběh HPV v mělkých vrtech DV během vegetační sezóny 2010



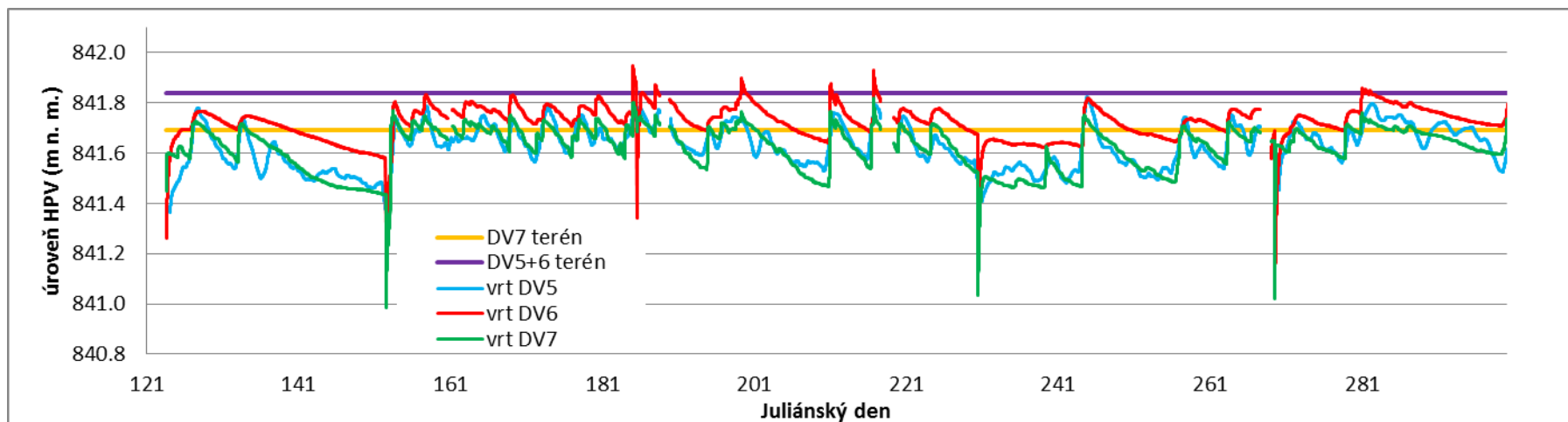
Obrázek 12-20- Průběh vlhkostí měřených ve vegetační sezóně 2011



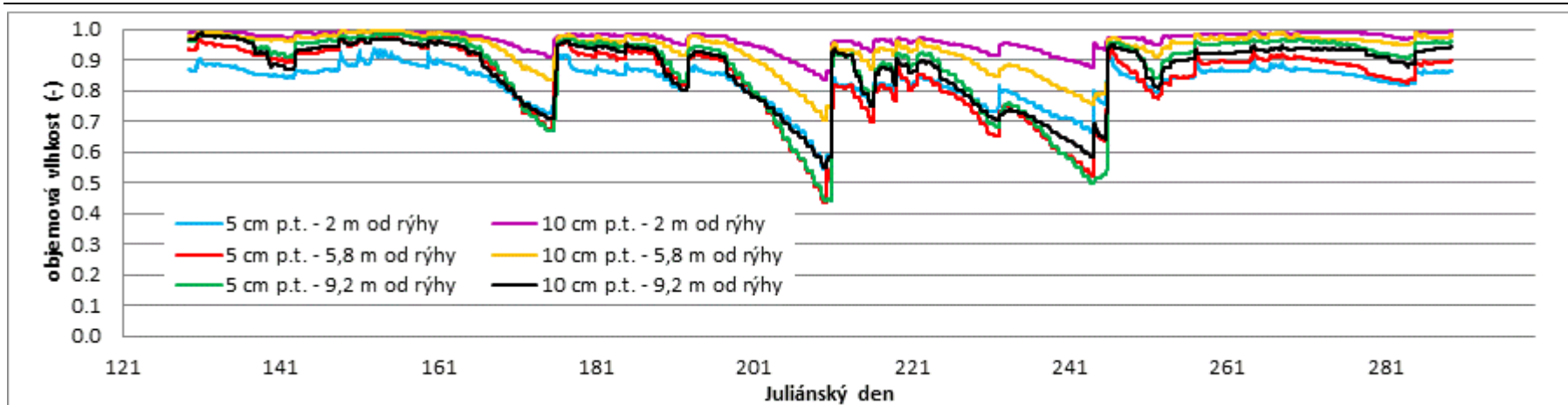
Obrázek 12-21 - Průběh HPV v mělkých vrtech DV během vegetační sezóny 2011



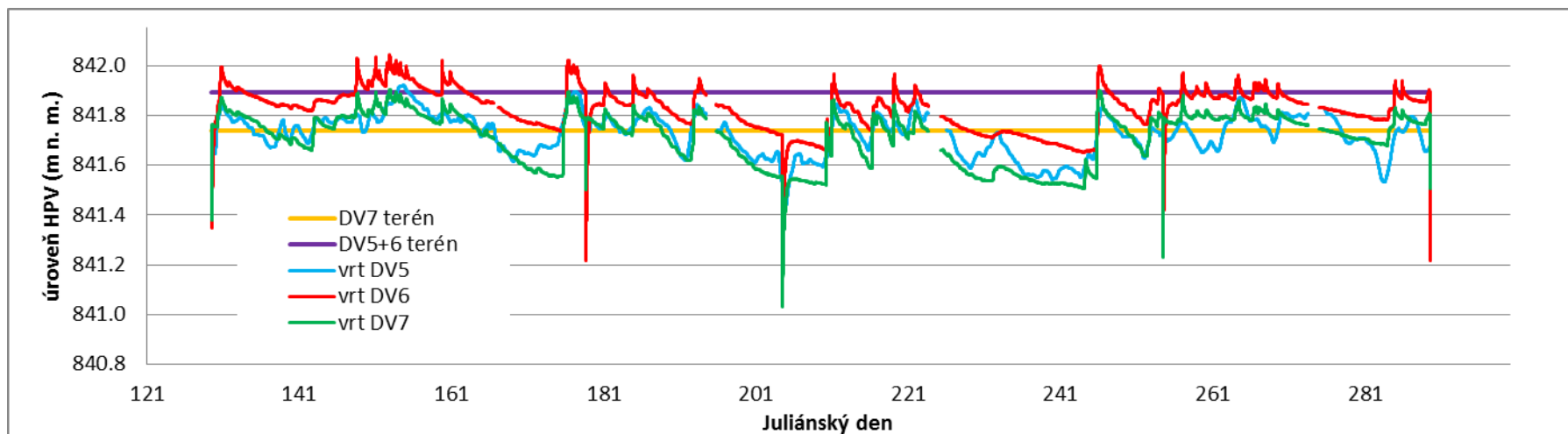
Obrázek 12-22 - Průběh vlhkostí měřených ve vegetační sezóně 2012



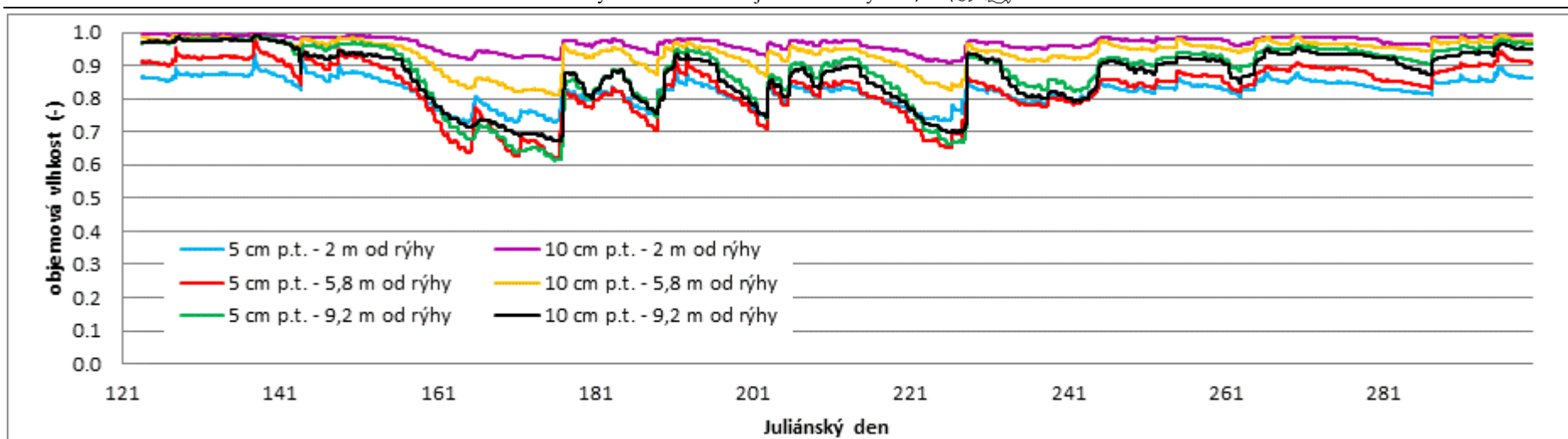
Obrázek 12-23 - Průběh HPV v mělkých vrtech DV během vegetační sezóny 2012



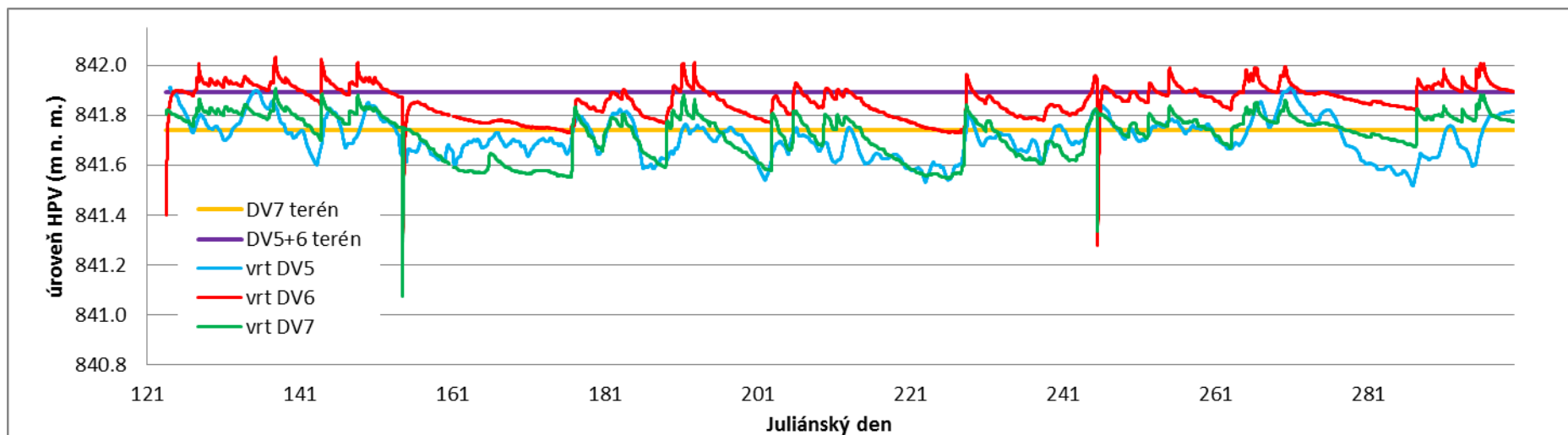
Obrázek 12-24 - Průběh vlhkostí měřených ve vegetační sezóně 2013



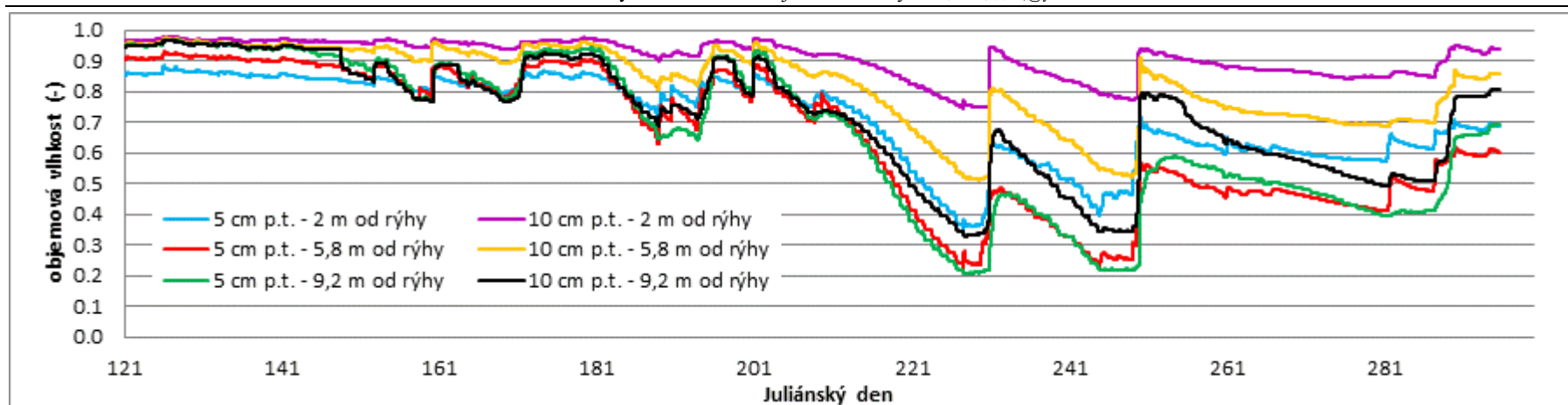
Obrázek 12-25 - Průběh HPV v mělkých vrtech DV během vegetační sezóny 2013



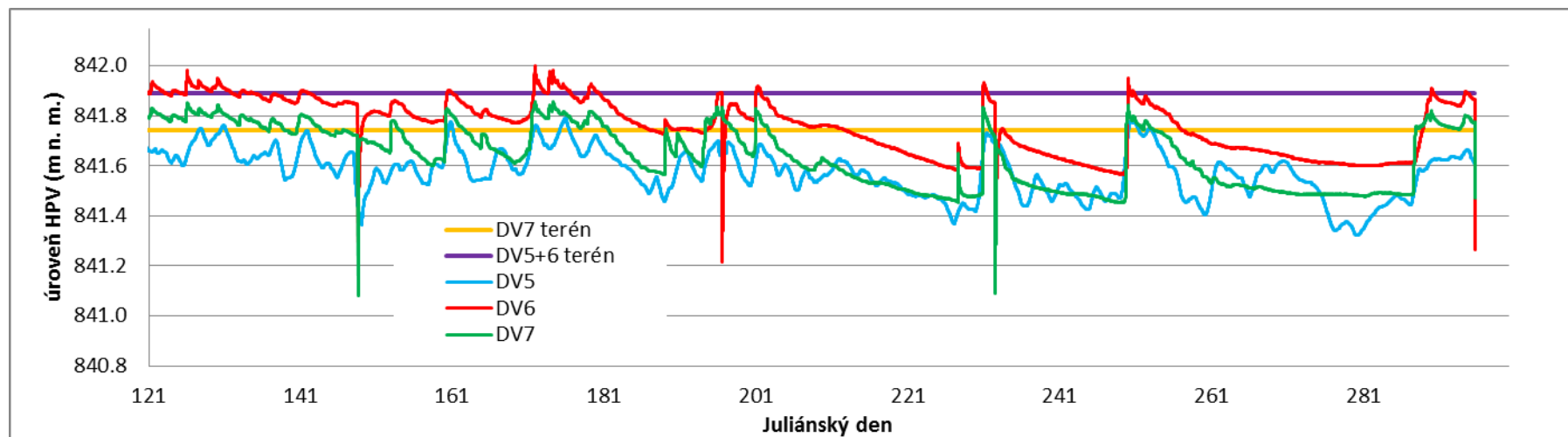
Obrázek 12-26 - Průběh vlhkostí měřených ve vegetační sezóně 2014



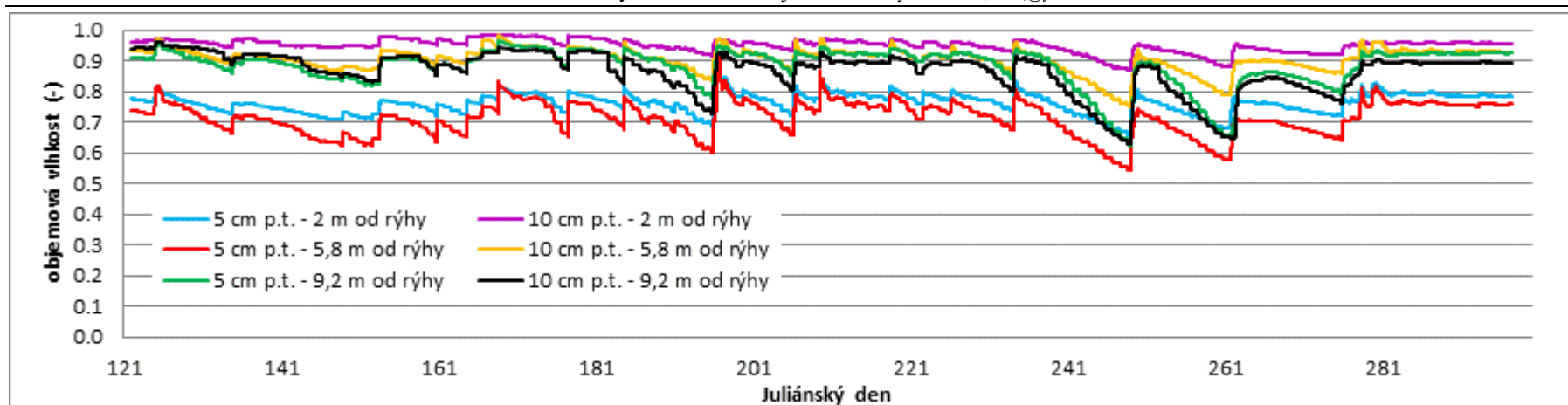
Obrázek 12-27 - Průběh HPV v mělkých vrtech DV během vegetační sezóny 2014



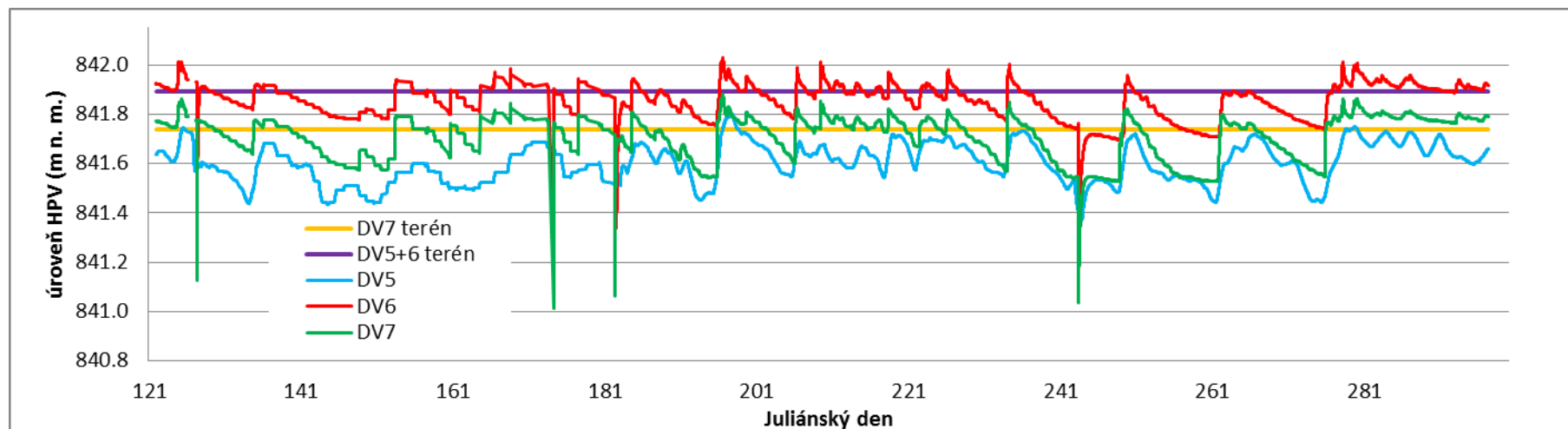
Obrázek 12-28 - Průběh vlhkostí měřených ve vegetační sezóně 2015



Obrázek 12-29 - Průběh HPV v mělkých vrtech DV během vegetační sezóny 2015



Obrázek 12-30 - Průběh vlhkostí měřených ve vegetační sezóně 2016



Obrázek 12-31 - Průběh HPV v mělkých vrtech DV během vegetační sezóny 2016

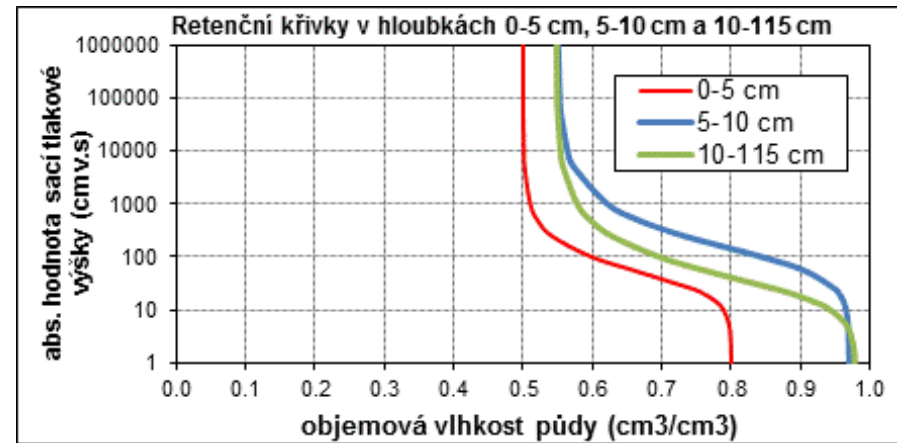


12.3 Modelované a měřené objemové vlhkosti dle jednotlivých vegetačních sezón

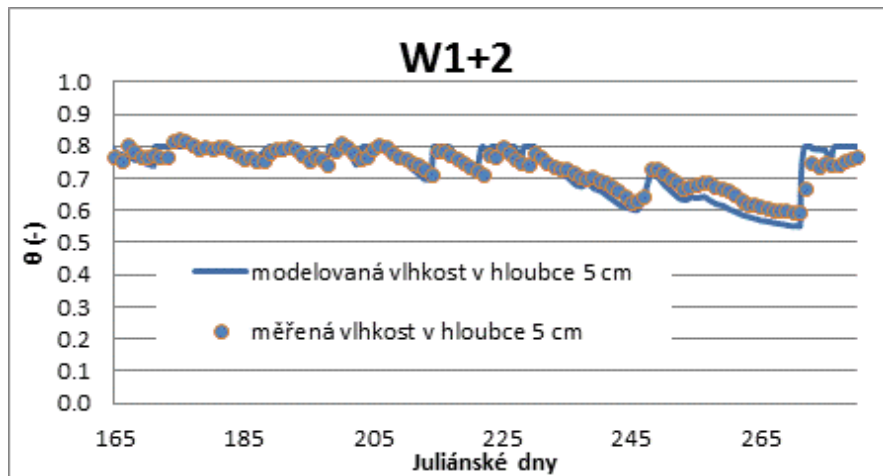
12.3.1 Vegetační sezóna 2009 (lokalita čidel W1+2)

Tabulka-12-1 - Parametry retenčních křivek pro sezónu 2009, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2

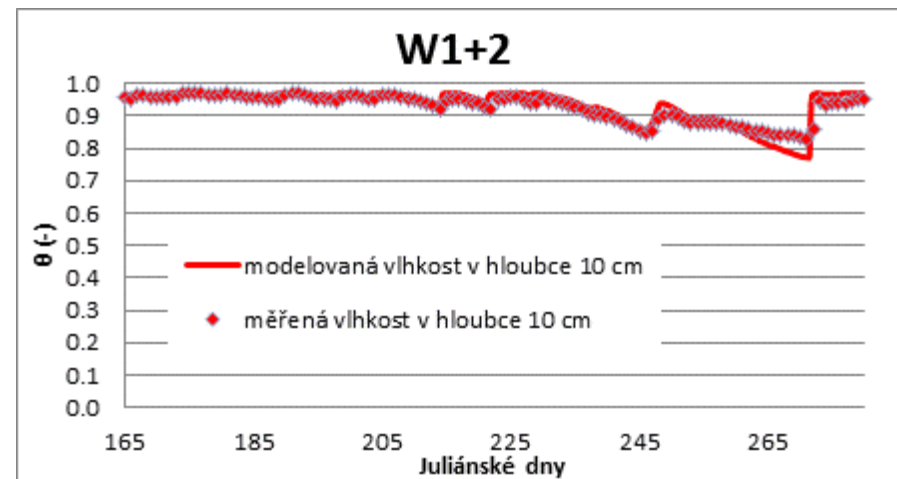
W1+2	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.500	0.550	0.548
θ_s	0.800	0.970	0.979
α	0.028	0.012	0.043
n	2.012	1.710	1.710



Obrázek 12-33 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2009, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



Obrázek 12-32 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2009 v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



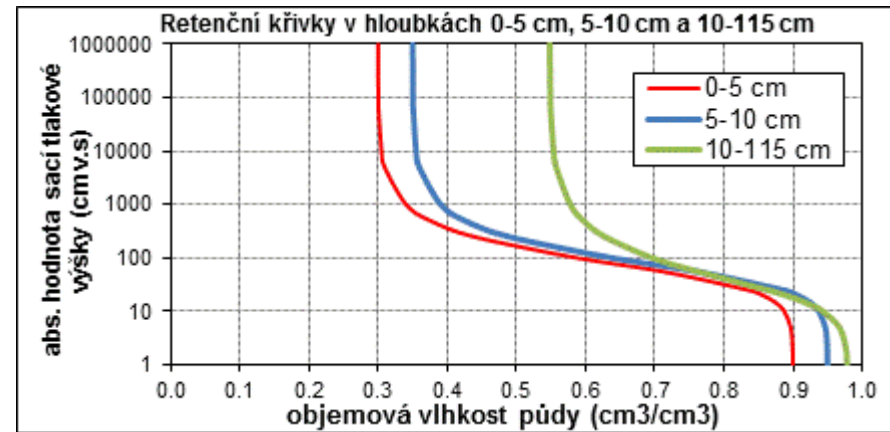
Obrázek 12-34 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2009 v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



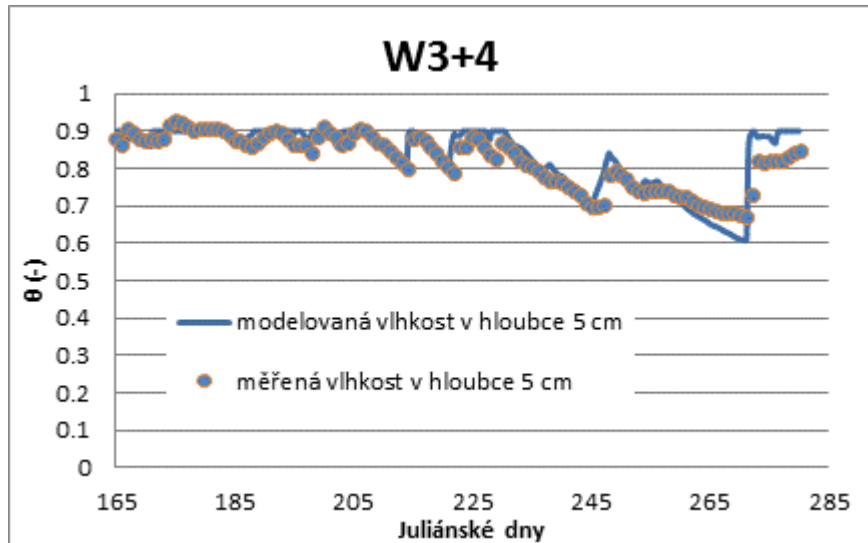
12.3.2 Vegetační sezóna 2009 (lokality čidel W3+4)

Tabulka 12-2 - Parametry retenčních křivek pro sezónu 2009, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4

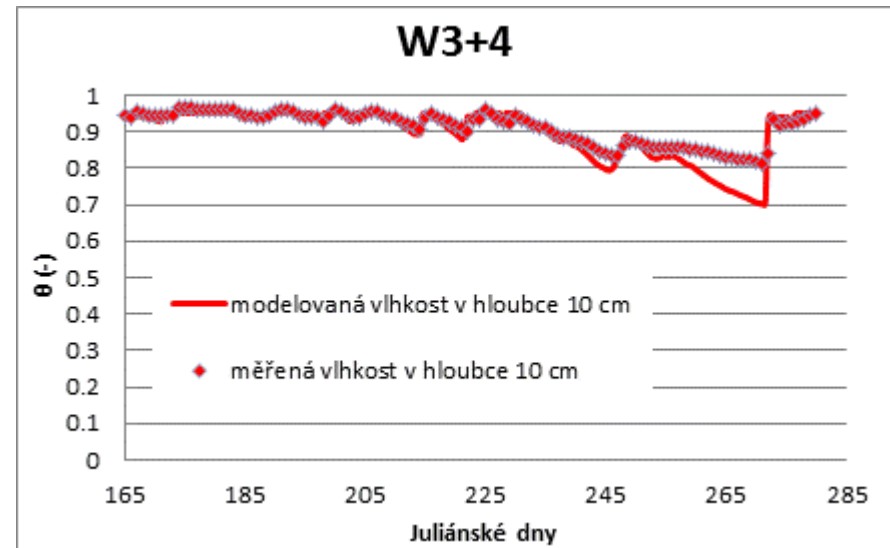
W3+4	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.300	0.350	0.548
θ_s	0.900	0.950	0.979
α	0.020	0.020	0.043
n	1.900	1.900	1.710



Obrázek 12-36 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2009, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



Obrázek 12-35- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2009, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



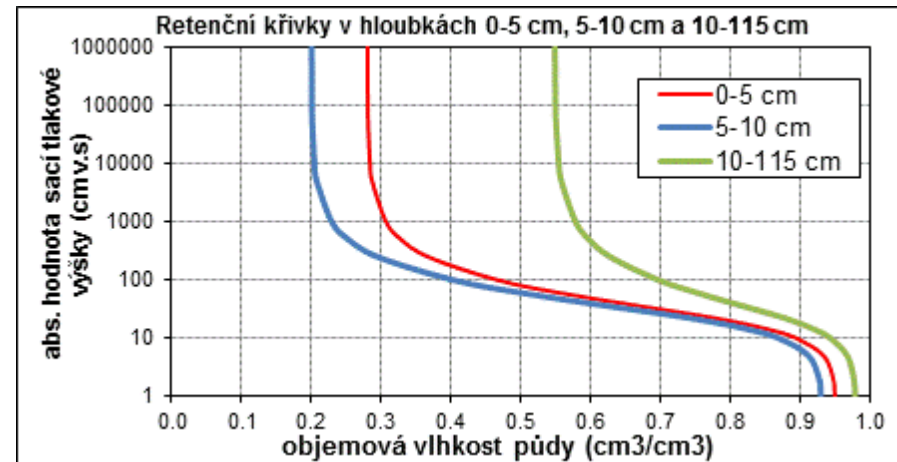
Obrázek 12-37 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2009, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



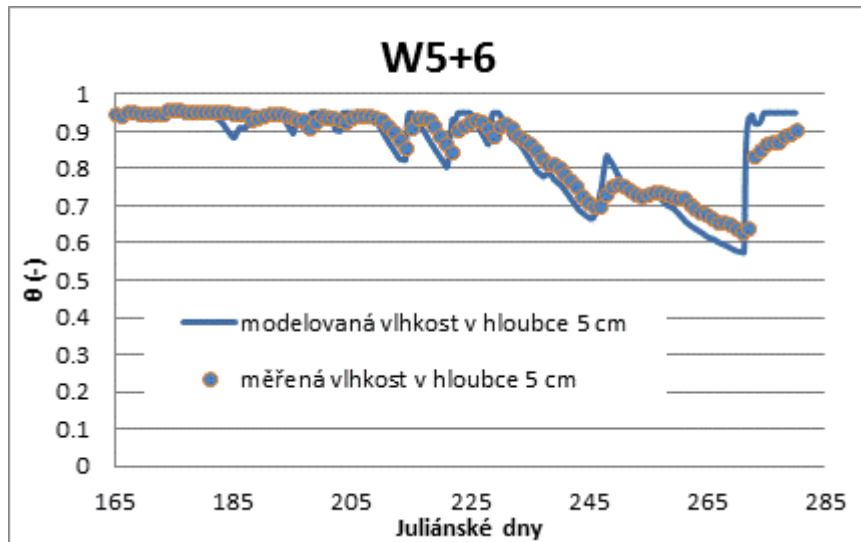
12.3.3 Vegetační sezóna 2009 (lokality čidel W5+6)

Tabulka 12-3- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2009, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6

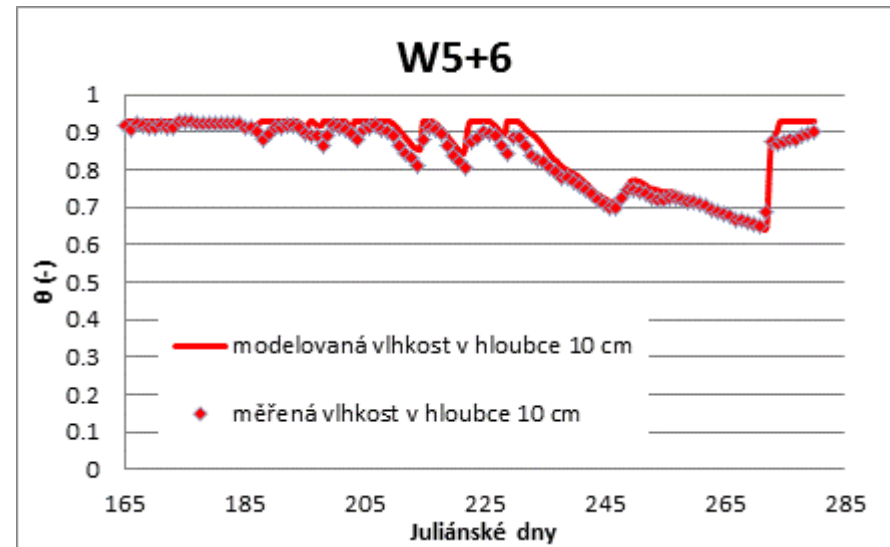
W5+6	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.280	0.200	0.548
θ_s	0.950	0.930	0.979
α	0.043	0.043	0.043
n	1.860	1.860	1.710



Obrázek 12-39 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2009, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



Obrázek 12-38 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2009 v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



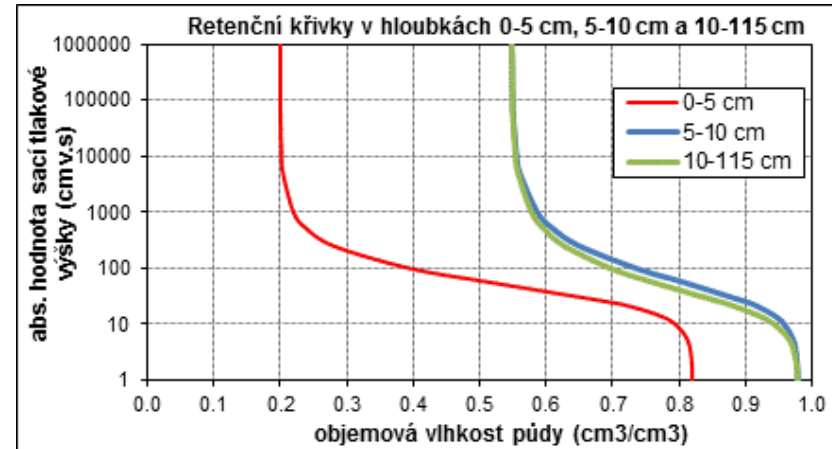
Obrázek 12-40 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2009 v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



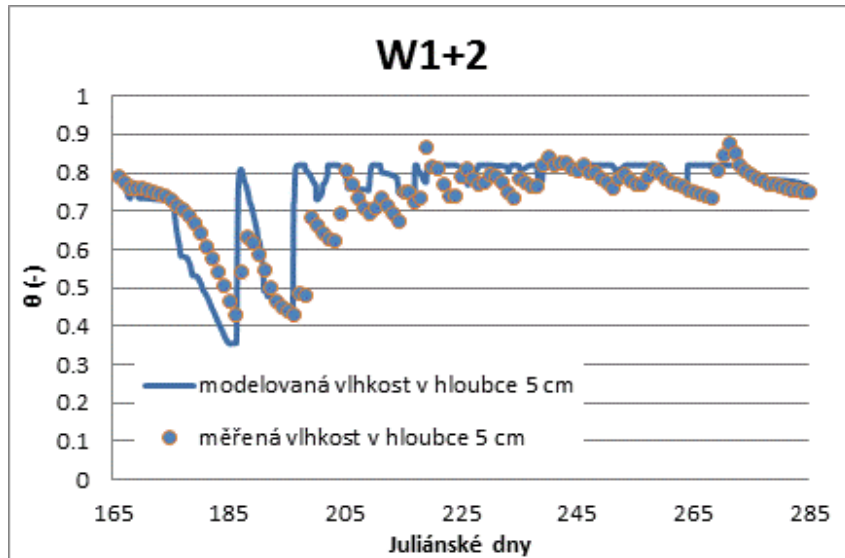
12.3.4 Vegetační sezóna 2010 (lokality čidel W1+2)

Tabulka 12-4- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2010, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2

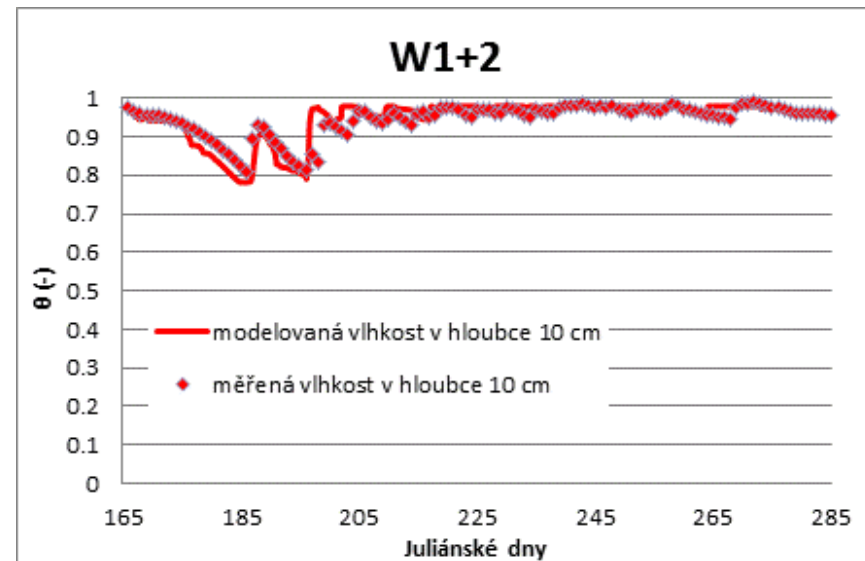
W1+2	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.200	0.548	0.548
θ_s	0.820	0.979	0.979
α	0.030	0.030	0.043
n	2.012	1.710	1.710



Obrázek 12-42 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2010, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



Obrázek 12-41 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2010 v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



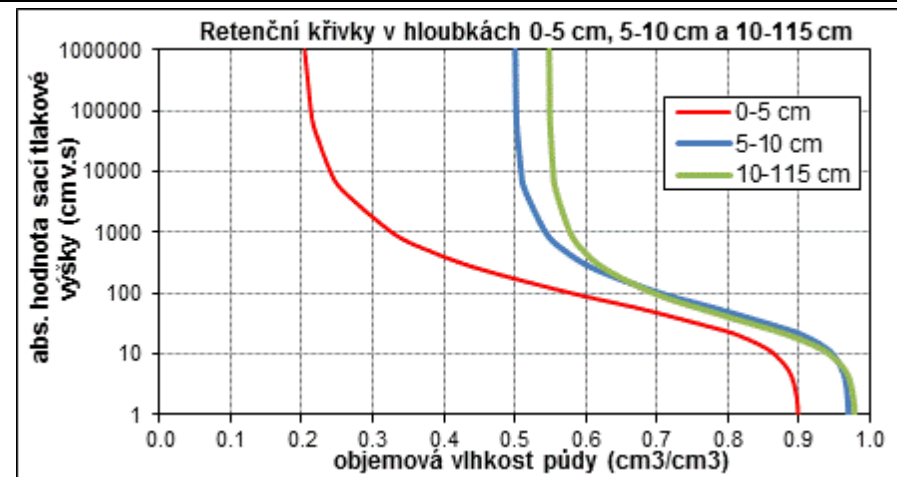
Obrázek 12-43 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2010 v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



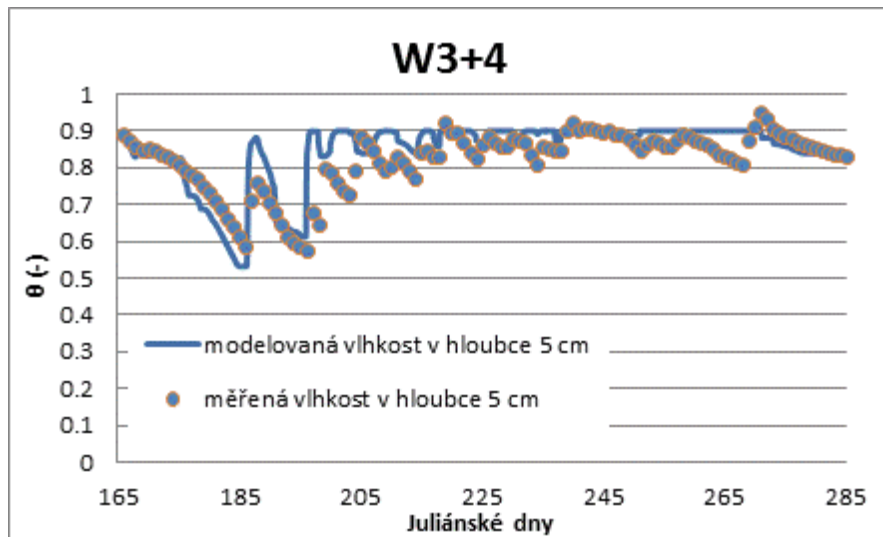
12.3.5 Vegetační sezóna 2010 (lokality čidel W3+4)

Tabulka 12-5- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2010, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4

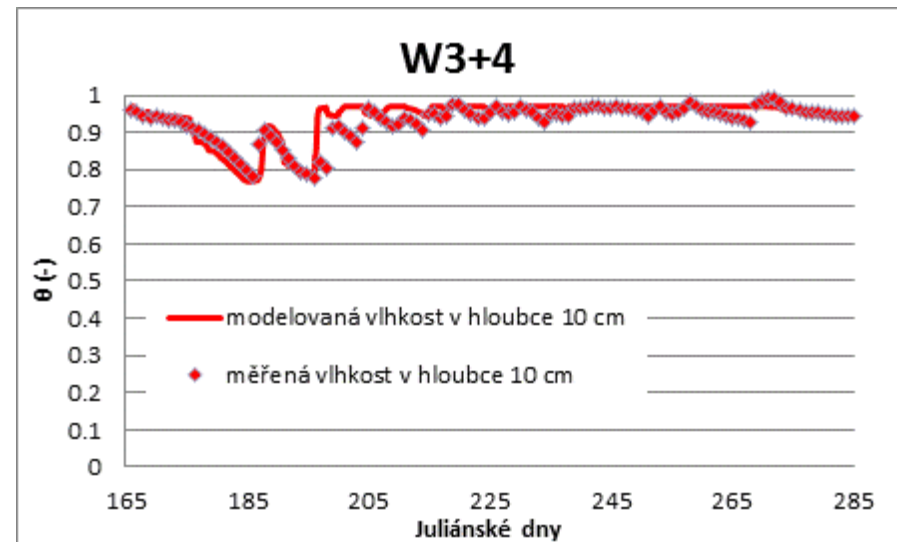
W3+4	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.200	0.500	0.548
θ_s	0.900	0.970	0.979
α	0.030	0.030	0.043
n	1.500	1.700	1.710



Obrázek 12-45 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2010, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



Obrázek 12-44 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2010 v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



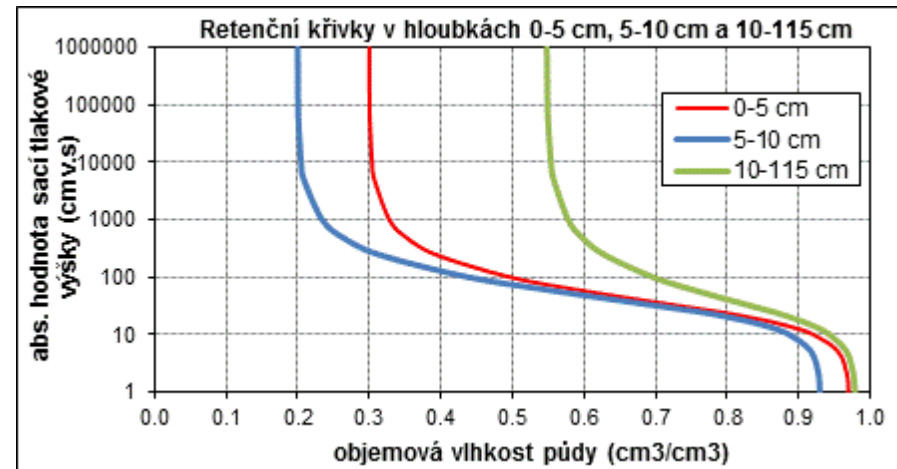
Obrázek 12-46 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2010 v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



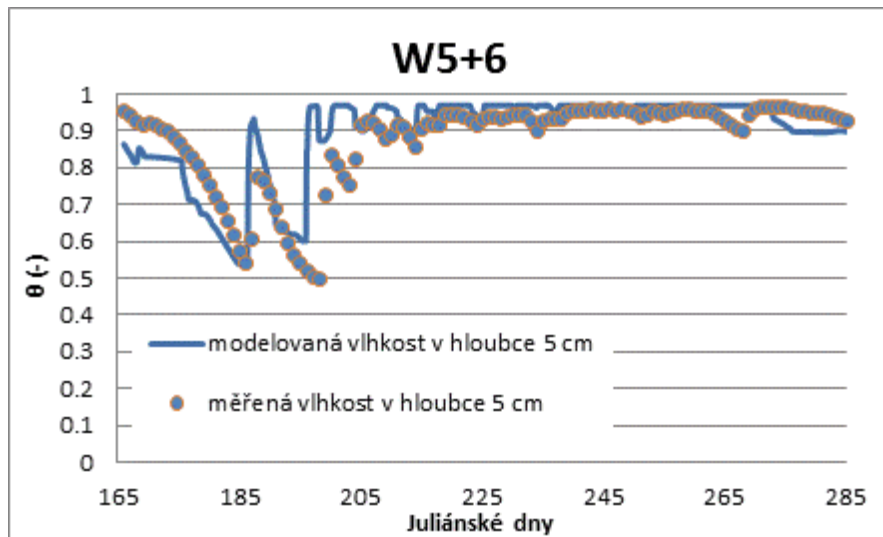
12.3.6 Vegetační sezóna 2010 (lokality čidel W5+6)

Tabulka 12-6- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2010, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6

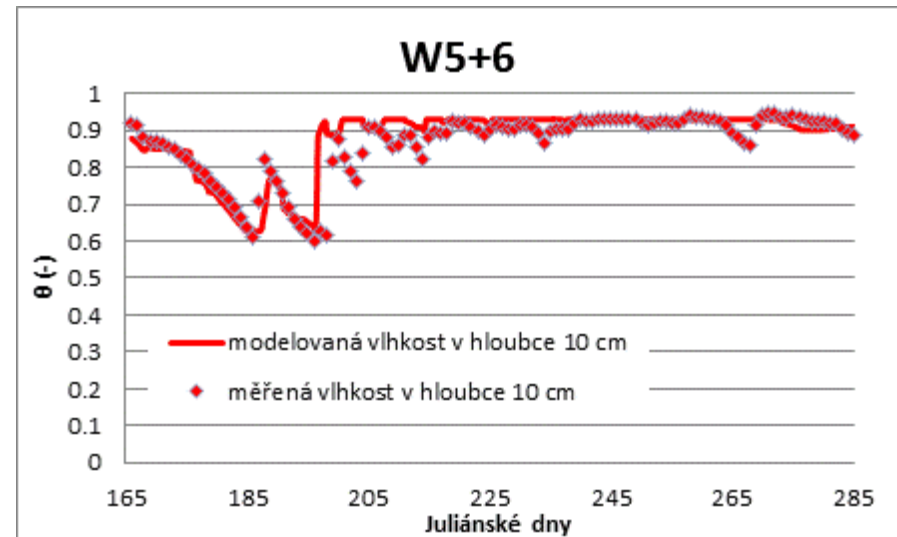
W5+6	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.300	0.200	0.548
θ_s	0.970	0.930	0.979
α	0.040	0.035	0.043
n	1.860	1.860	1.710



Obrázek 12-48 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2009, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



Obrázek 12-47 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2010v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



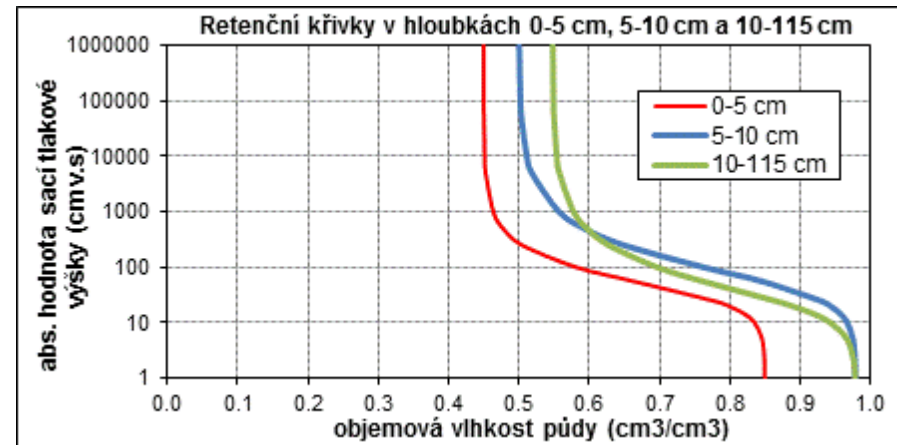
Obrázek 12-49 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2010v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



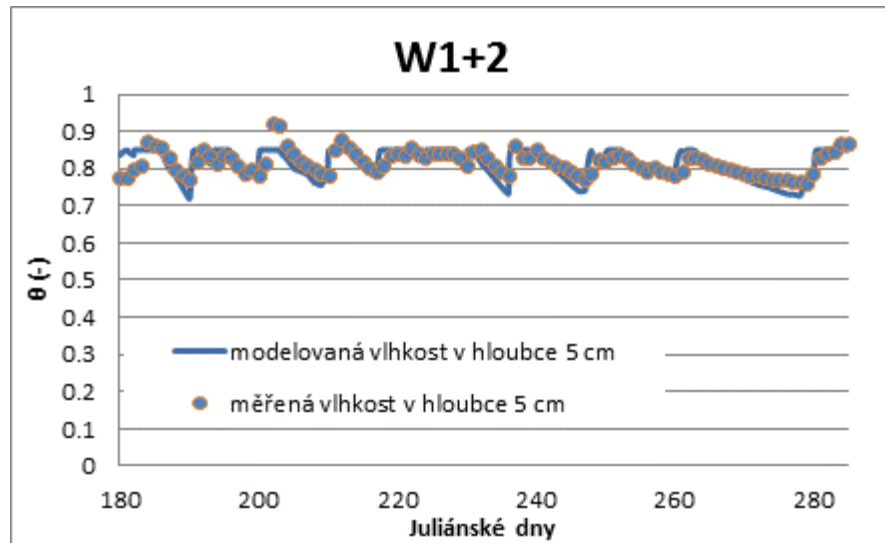
12.3.7 Vegetační sezóna 2011 (lokality čidel W1+2)

Tabulka 12-7- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2011, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2

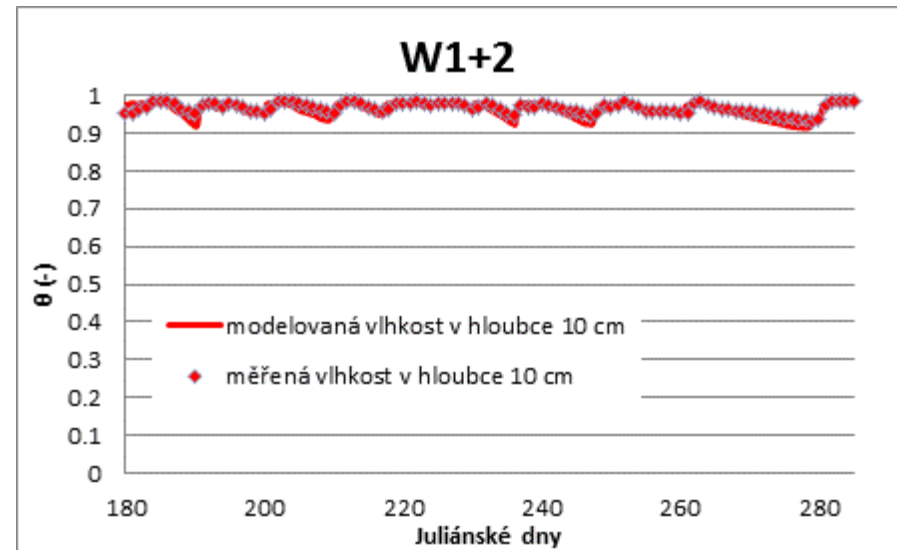
W1+2	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.450	0.500	0.548
θ_s	0.850	0.979	0.979
α	0.028	0.020	0.043
n	2.012	1.710	1.710



Obrázek 12-51 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2011, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



Obrázek 12-50 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2011 v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



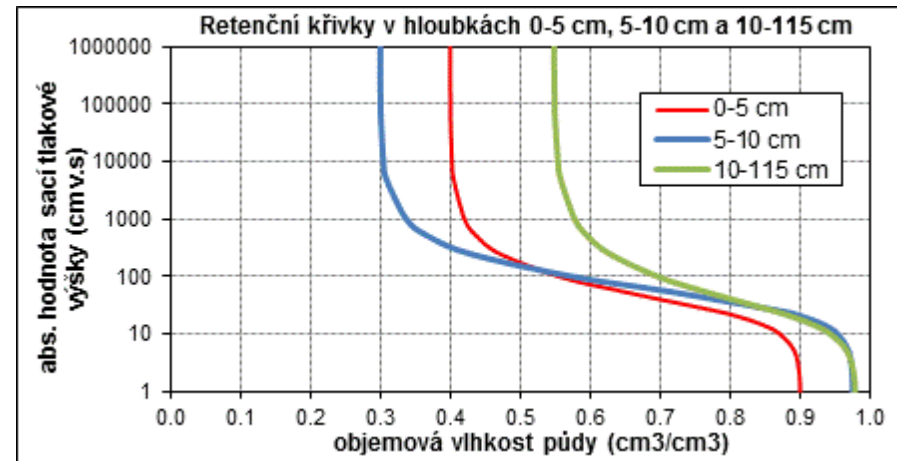
Obrázek 12-52 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2011 v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



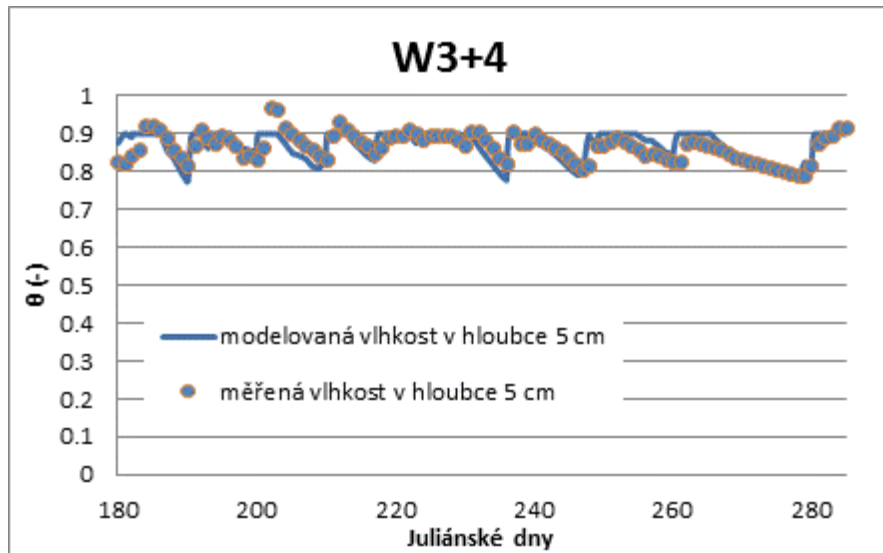
12.3.8 Vegetační sezóna 2011 (lokality čidel W3+4)

Tabulka 12-8- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2011, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4

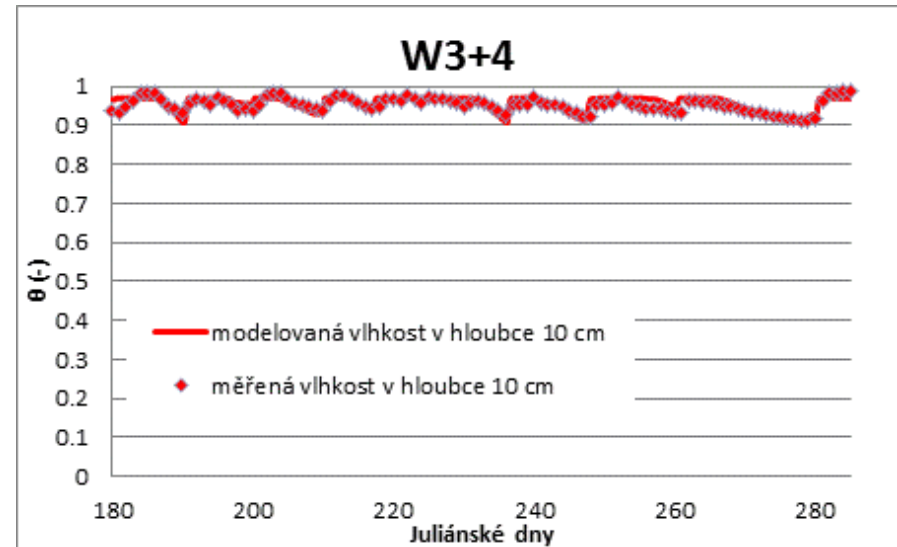
W3+4	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.400	0.300	0.548
θ_s	0.900	0.975	0.979
α	0.035	0.025	0.043
n	1.900	1.900	1.710



Obrázek 12-54 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 201 v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



Obrázek 12-53 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2011 v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



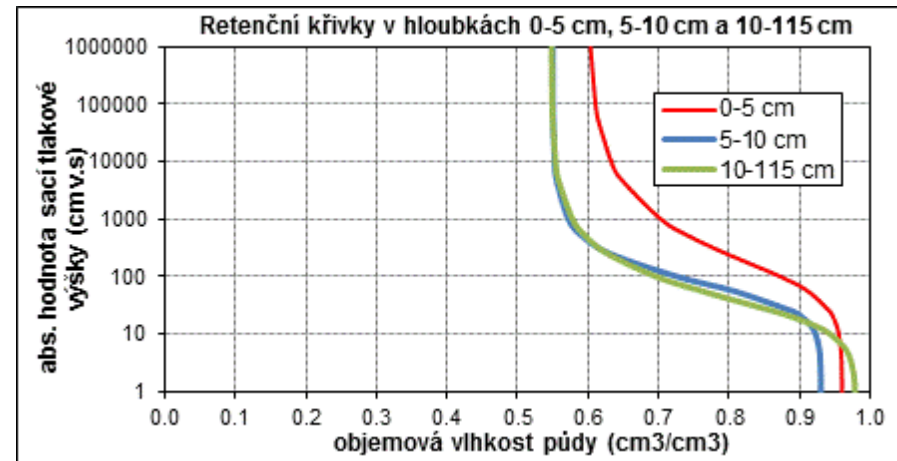
Obrázek 12-55 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2011 v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



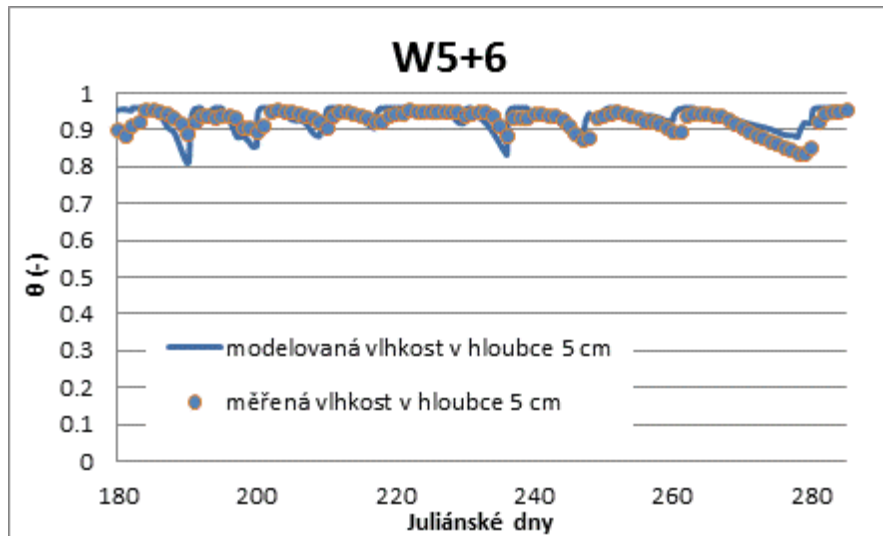
12.3.9 Vegetační sezóna 2011 (lokality čidel W5+6)

Tabulka 12-9- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2011, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6

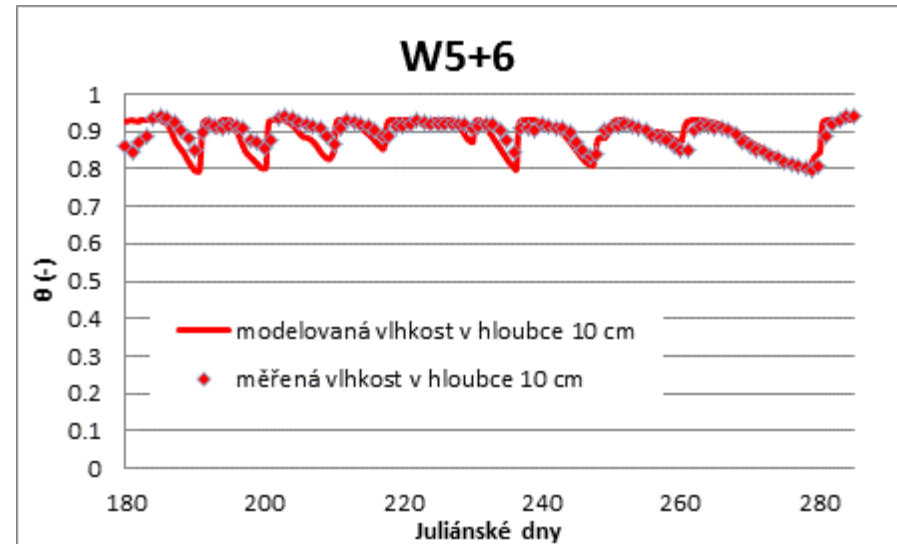
W5+6	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.600	0.550	0.548
θ_s	0.960	0.930	0.979
α	0.012	0.020	0.043
n	1.500	1.950	1.710



Obrázek 12-57 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2011, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



Obrázek 12-56 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2011 v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



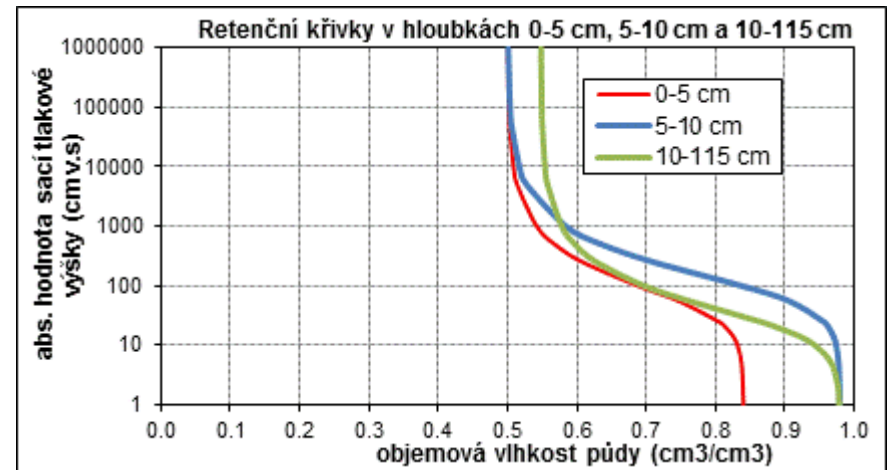
Obrázek 12-58 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2011 v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



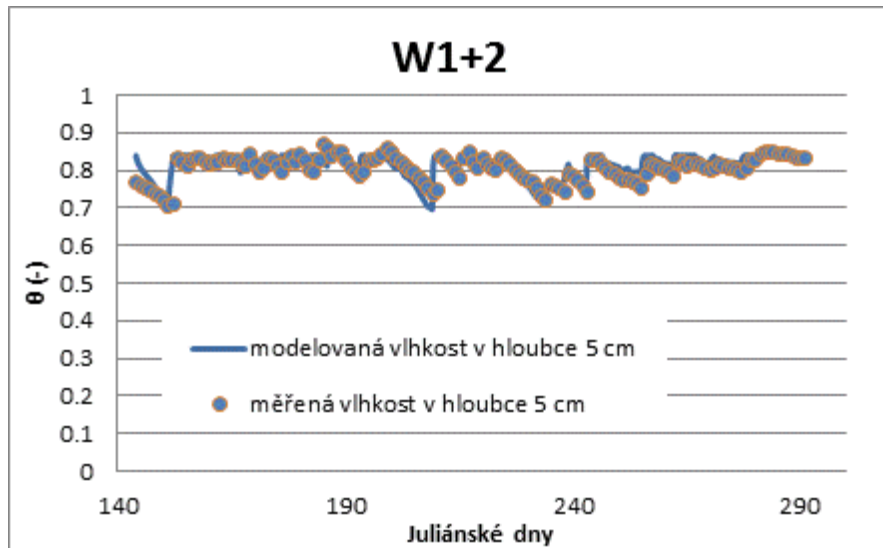
12.3.10 Vegetační sezóna 2012 (lokality čidel W1+2)

Tabulka 12-10- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2012, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2

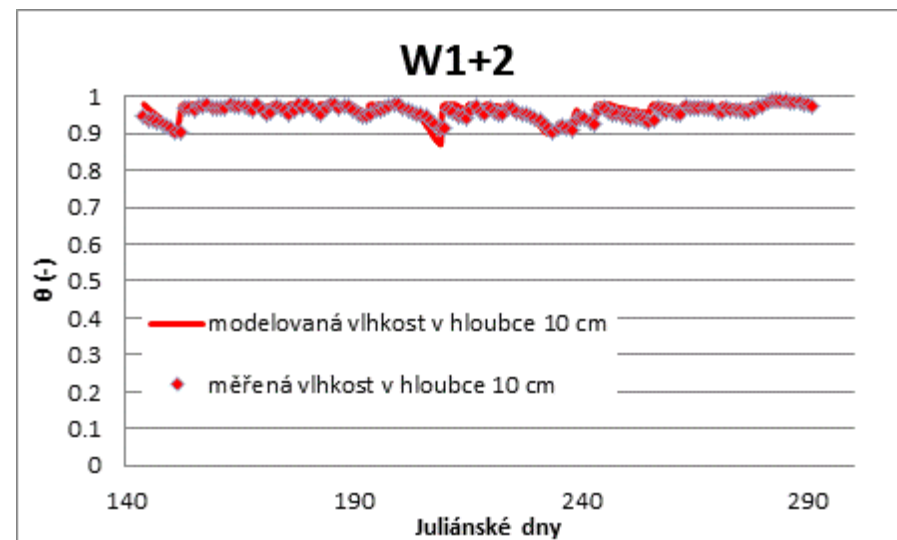
W1+2	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.500	0.500	0.548
θ_s	0.840	0.979	0.979
α	0.020	0.012	0.043
n	1.700	1.700	1.710



Obrázek 12-60 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2012, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



Obrázek 12-59 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2012 v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



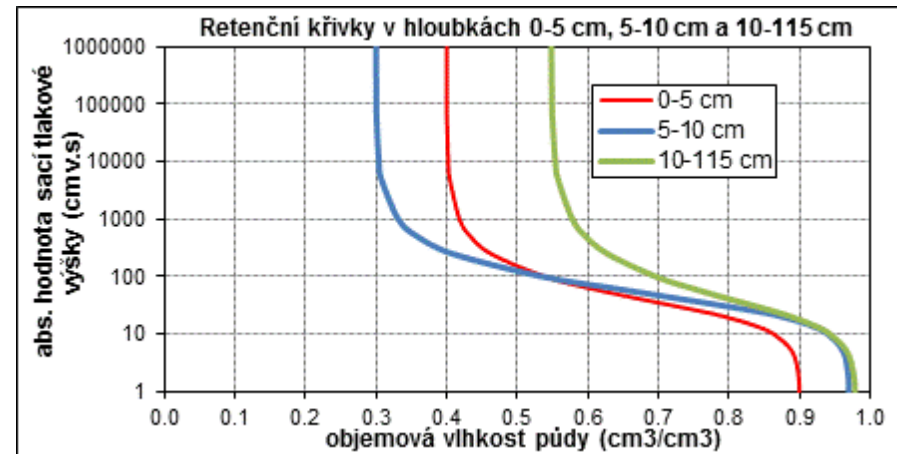
Obrázek 12-61 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2012 v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



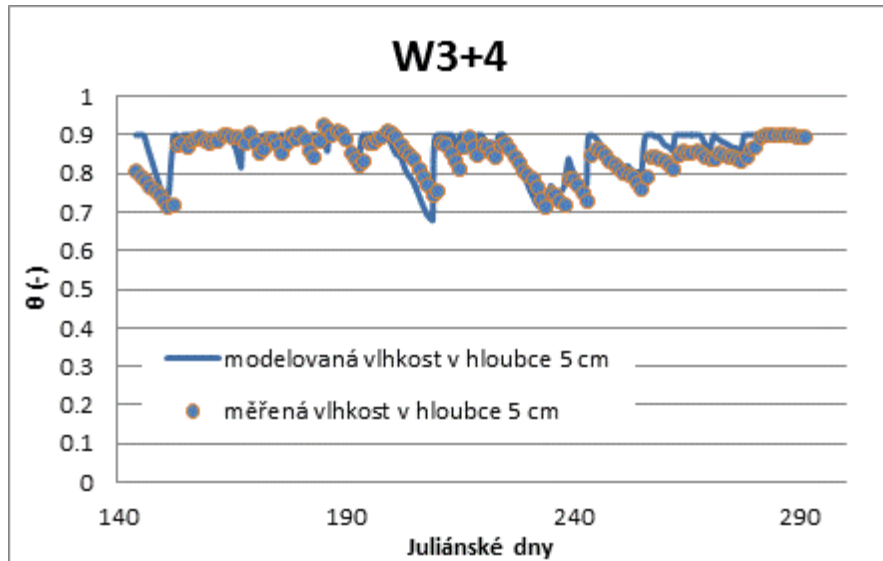
12.3.11 Vegetační sezóna 2012 (lokality čidel W3+4)

Tabulka 12-11- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2012, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4

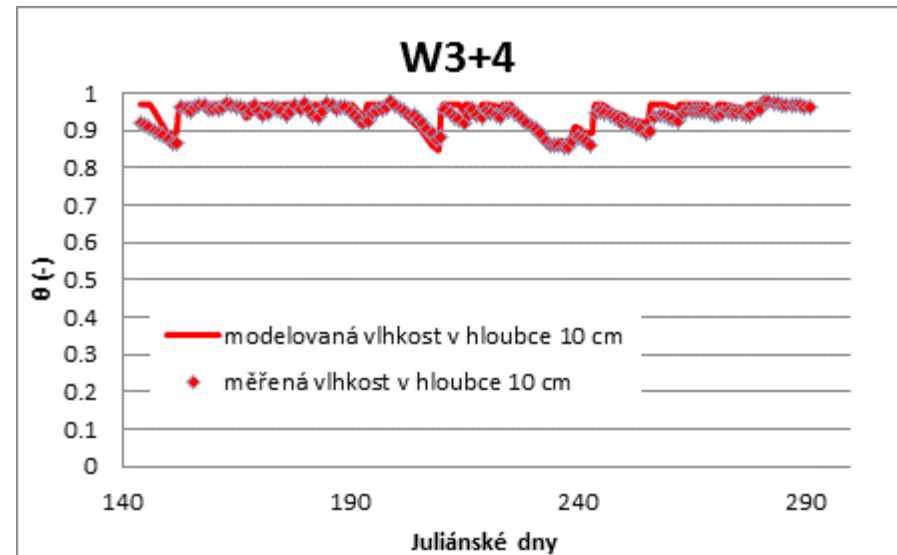
W3+4	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.400	0.300	0.548
θ_s	0.900	0.970	0.979
α	0.040	0.030	0.043
n	1.900	1.900	1.710



Obrázek 12-63 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2009, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



Obrázek 12-62 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2012 v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



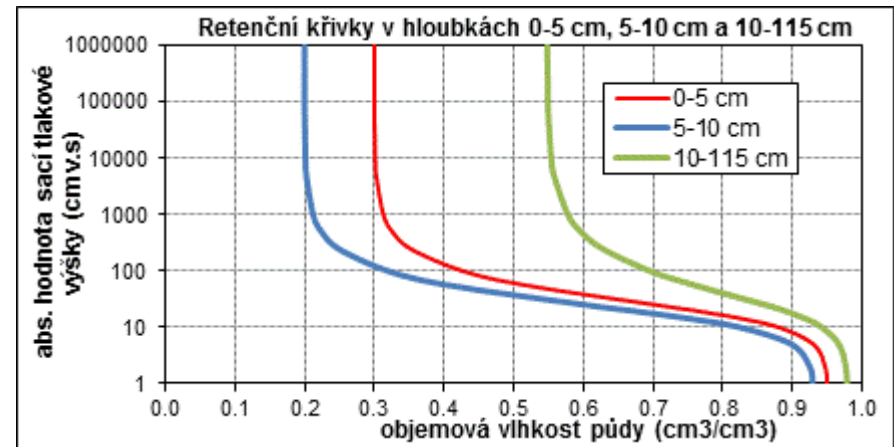
Obrázek 12-64 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2012 v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



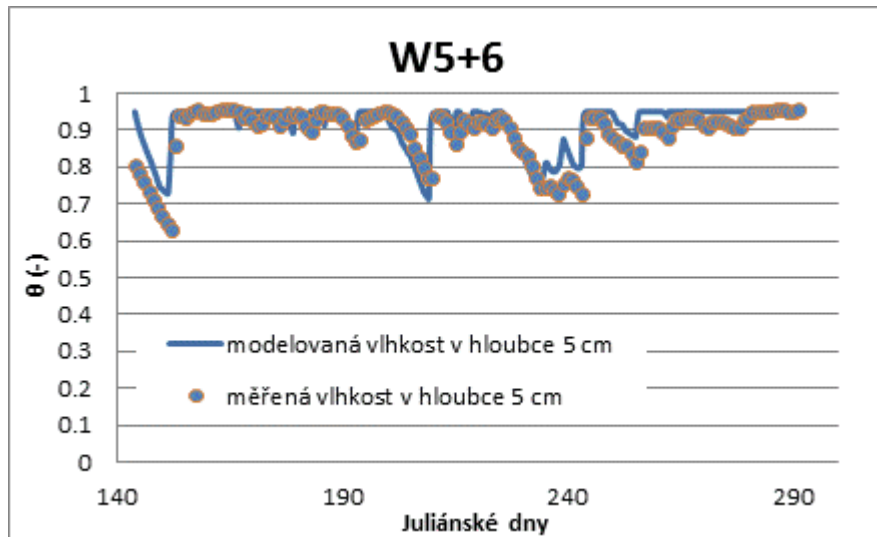
12.3.12 Vegetační sezóna 2012 (lokality čidel W5+6)

Tabulka 12-12- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2012, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6

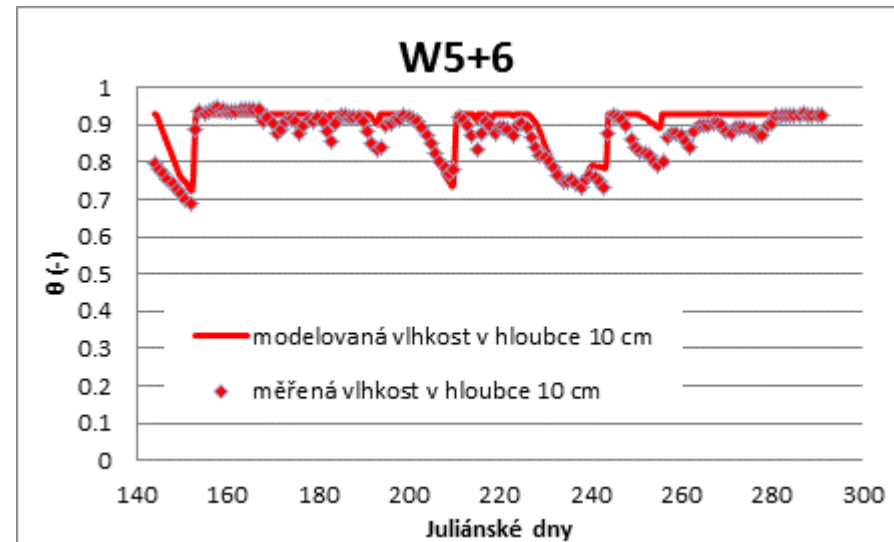
W5+6	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.300	0.200	0.548
θ_s	0.950	0.930	0.979
α	0.050	0.060	0.043
n	2.000	2.000	1.710



Obrázek 12-66 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2012, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



Obrázek 12-65 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2012 v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



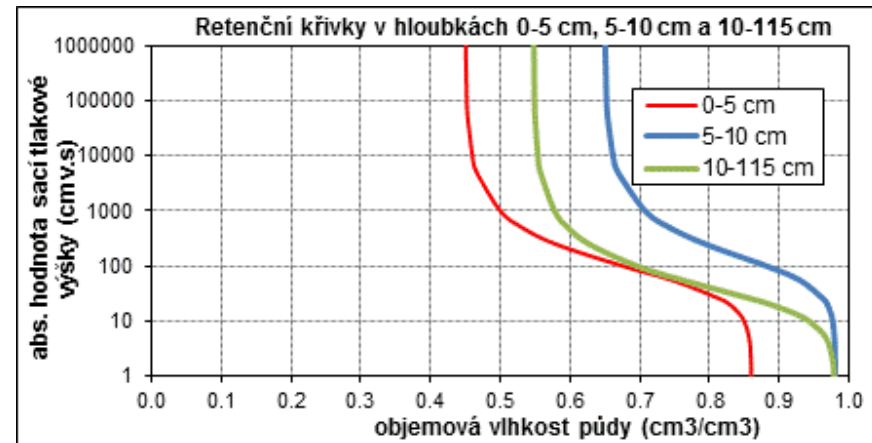
Obrázek 12-67 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2012 v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



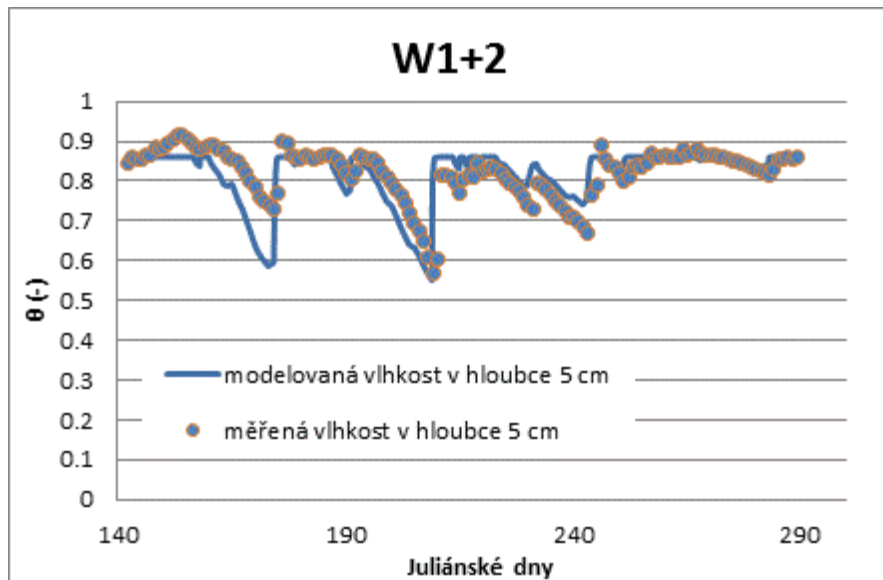
12.3.13 Vegetační sezóna 2013 (lokality čidel W1+2)

Tabulka 12-13- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2013, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2

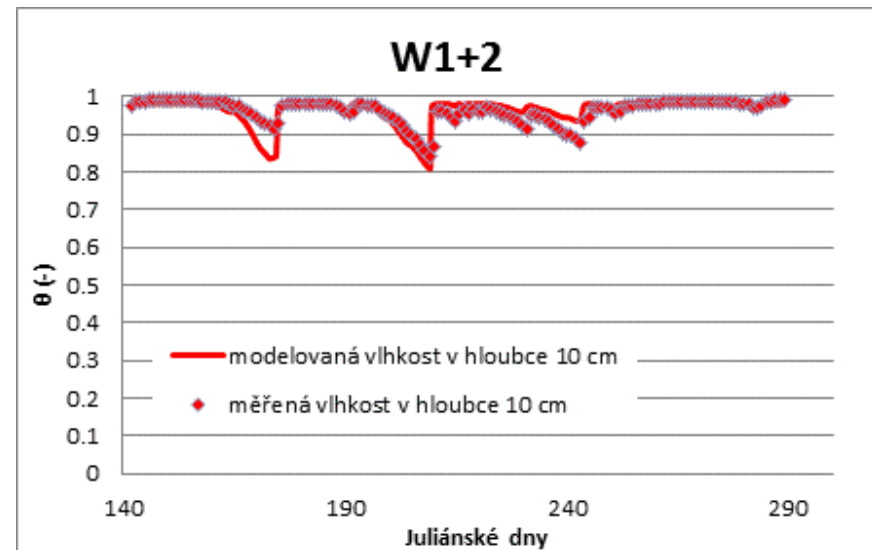
W1+2	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.450	0.650	0.548
θ_s	0.860	0.980	0.979
α	0.020	0.012	0.043
n	1.700	1.700	1.710



Obrázek 12-69 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2013, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



Obrázek 12-68 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2013 v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



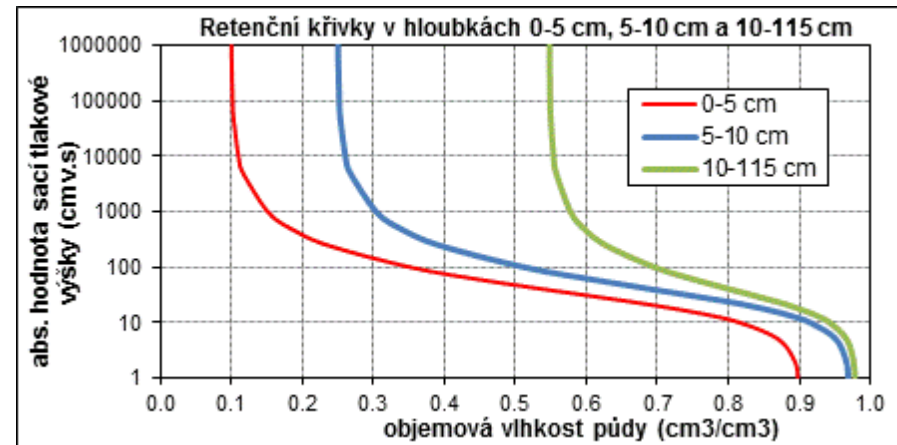
Obrázek 12-70 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2013 v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



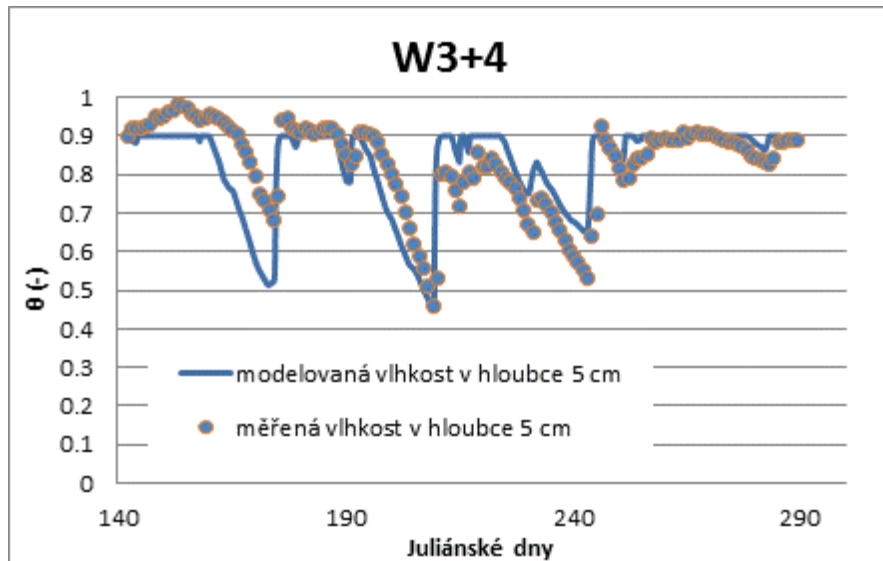
12.3.14 Vegetační sezóna 2013 (lokality čidel W3+4)

Tabulka 12-14- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2013, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4

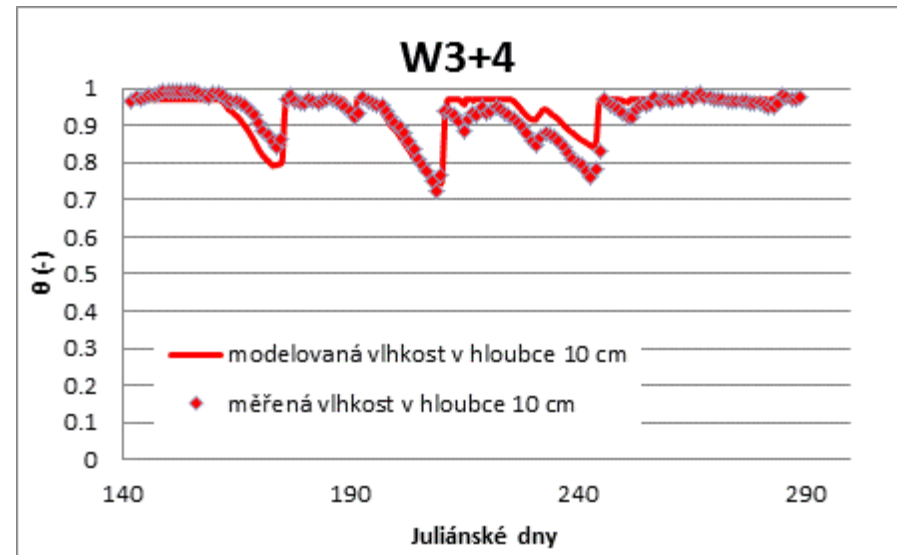
W3+4	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.100	0.250	0.548
θ_s	0.900	0.970	0.979
α	0.050	0.040	0.043
n	1.700	1.700	1.710



Obrázek 12-72 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2013, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



Obrázek 12-71 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2013 v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



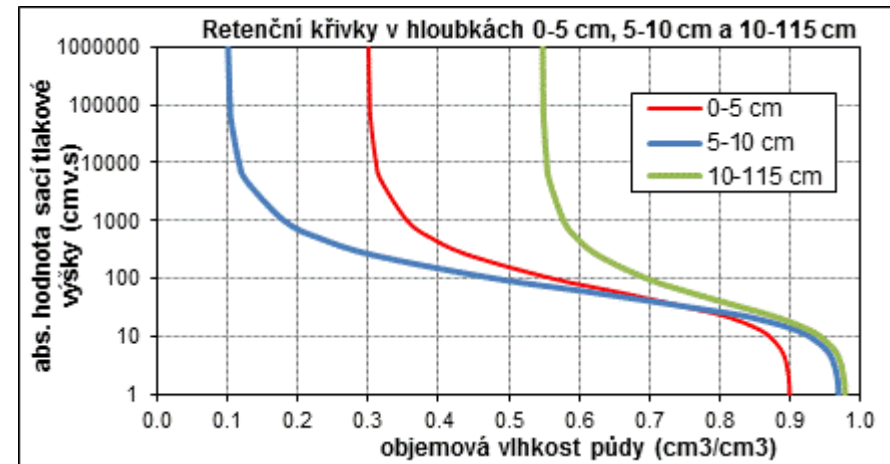
Obrázek 12-73 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2013 v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



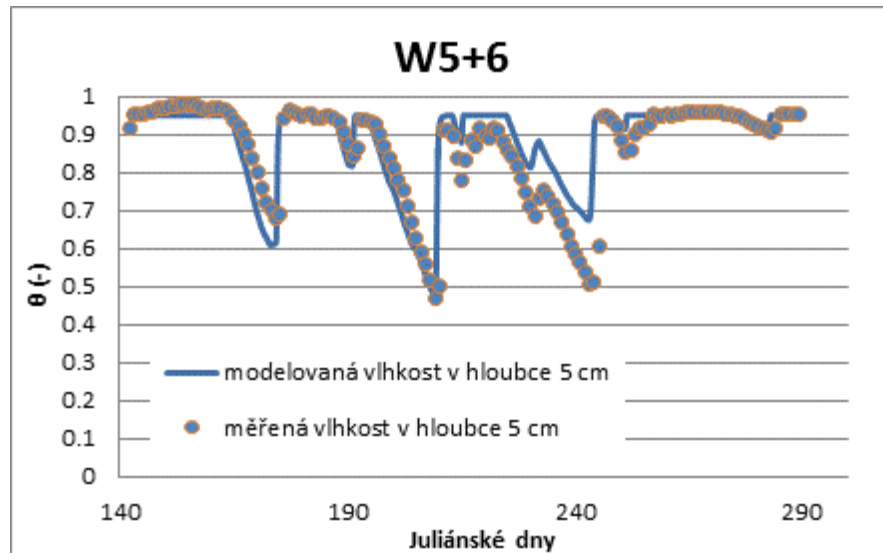
12.3.15 Vegetační sezóna 2013 (lokality čidel W5+6)

Tabulka 12-15- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2013, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6

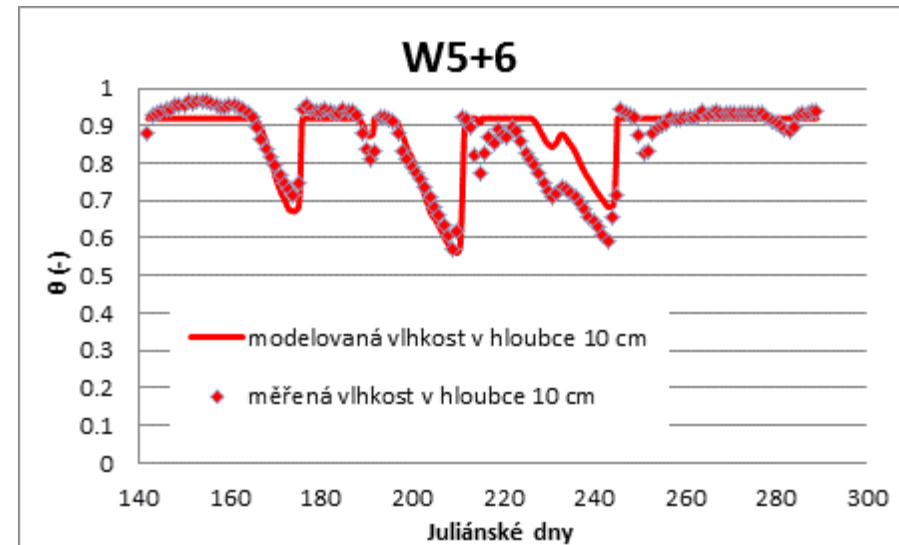
W5+6	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.300	0.100	0.548
θ_s	0.900	0.970	0.979
α	0.030	0.030	0.043
n	1.700	1.700	1.710



Obrázek 12-75 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2013, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



Obrázek 12-74 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2013 v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



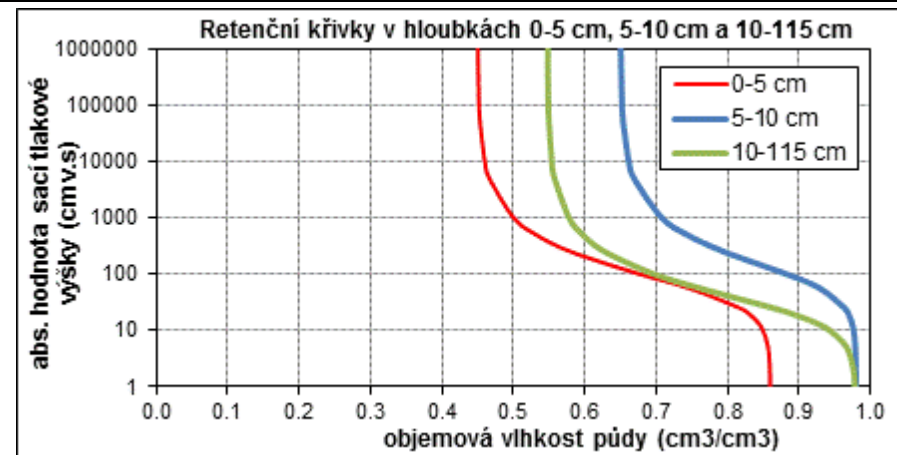
Obrázek 12-76 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2013 v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



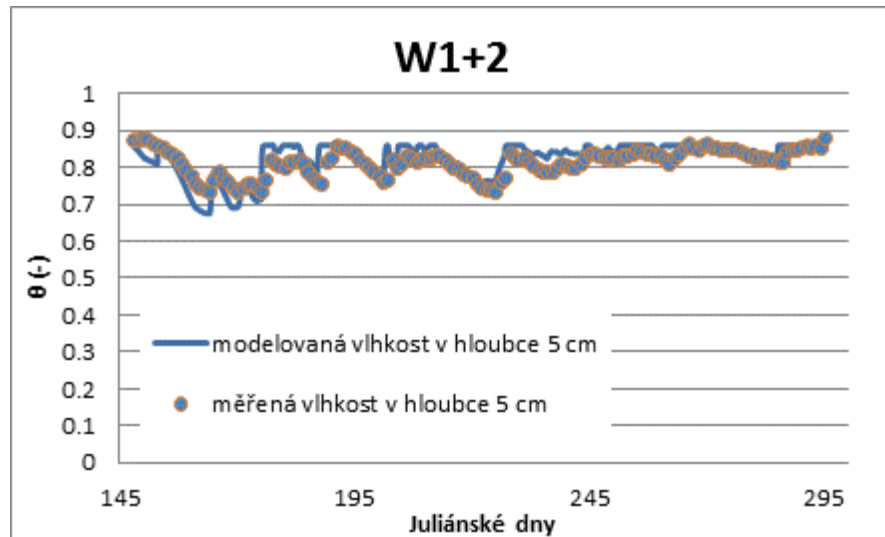
12.3.16 Vegetační sezóna 2014 (lokality čidel W1+2)

Tabulka 12-16- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2014, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2

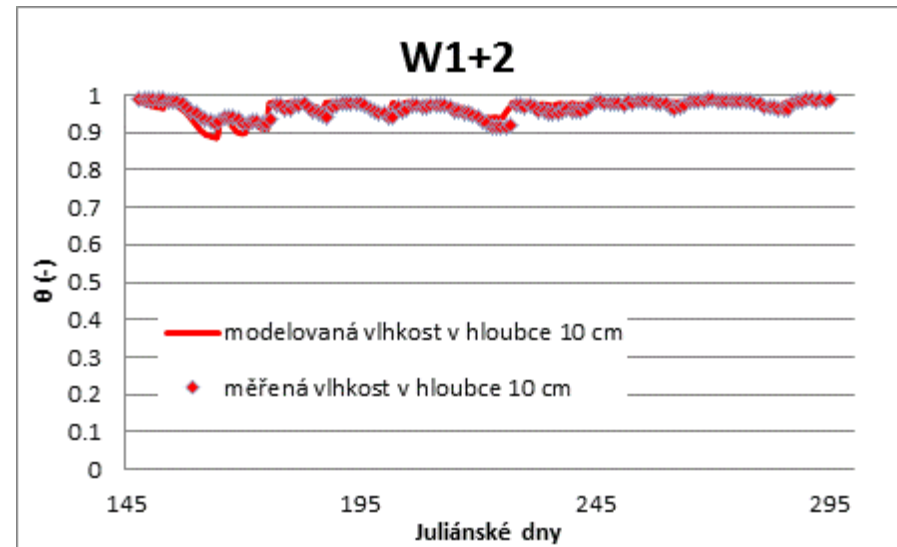
W1+2	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.450	0.650	0.548
θ_s	0.860	0.980	0.979
α	0.020	0.012	0.043
n	1.700	1.700	1.710



Obrázek 12-78 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2014, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



Obrázek 12-77 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2014 v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



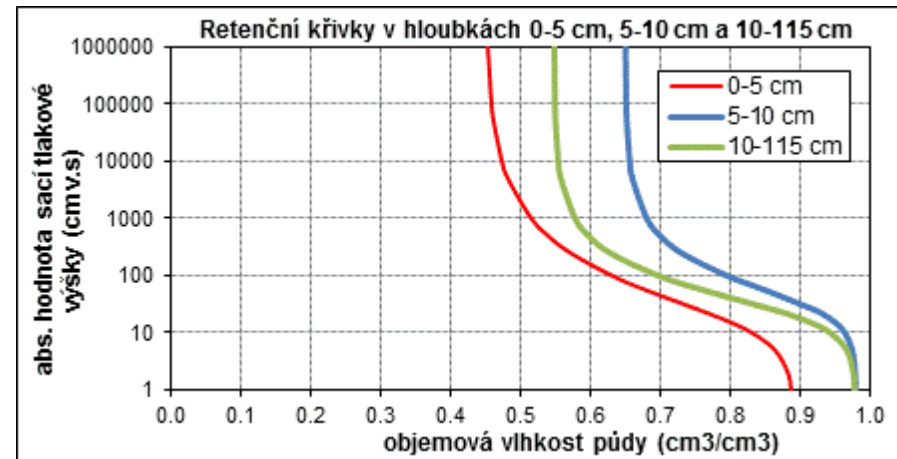
Obrázek 12-79 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2014 v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



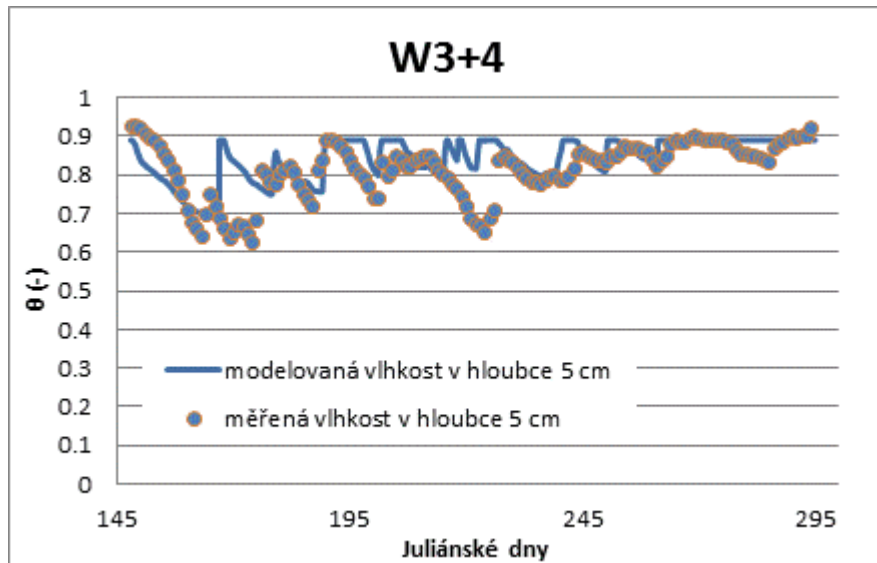
12.3.17 Vegetační sezóna 2014 (lokality čidel W3+4)

Tabulka 12-17- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2014, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4

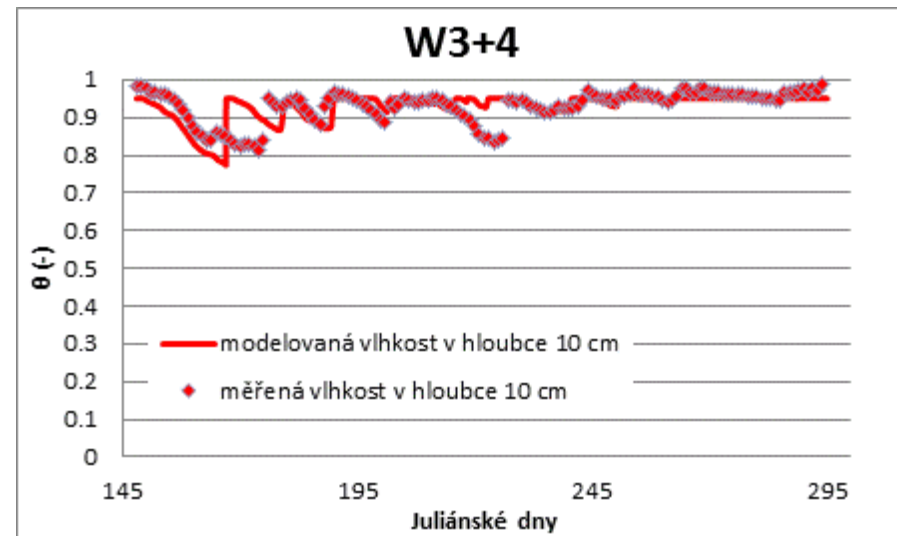
W3+4	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.450	0.650	0.548
θ_s	0.890	0.980	0.979
α	0.070	0.030	0.043
n	1.450	1.700	1.710



Obrázek 12-81 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2014, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



Obrázek 12-80 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2014 v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



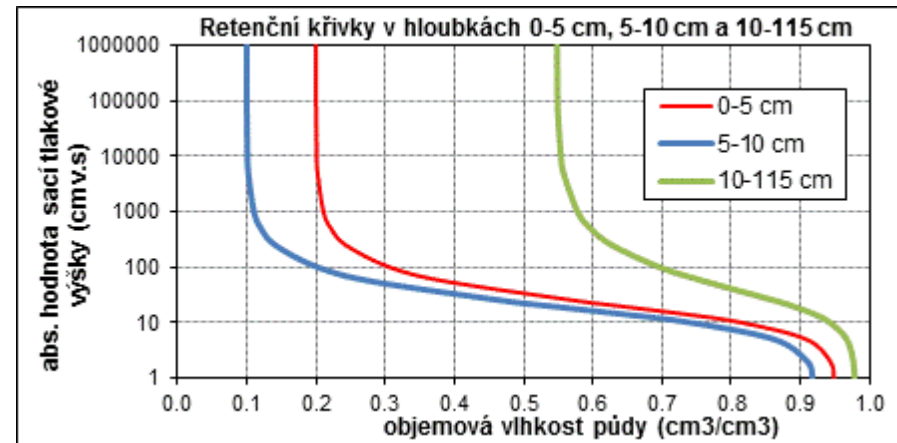
Obrázek 12-82 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2014 v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



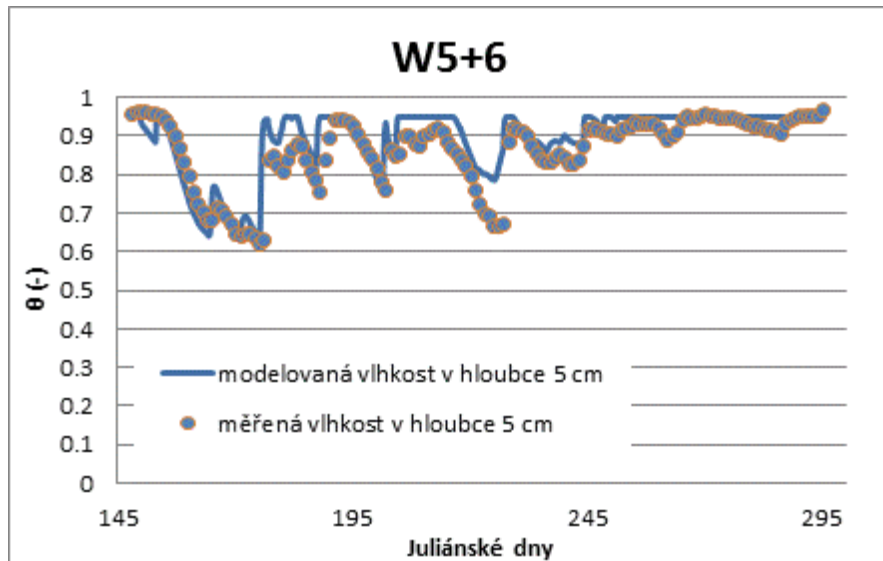
12.3.18 Vegetační sezóna 2014 (lokality čidel W5+6)

Tabulka 12-18- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2014, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6

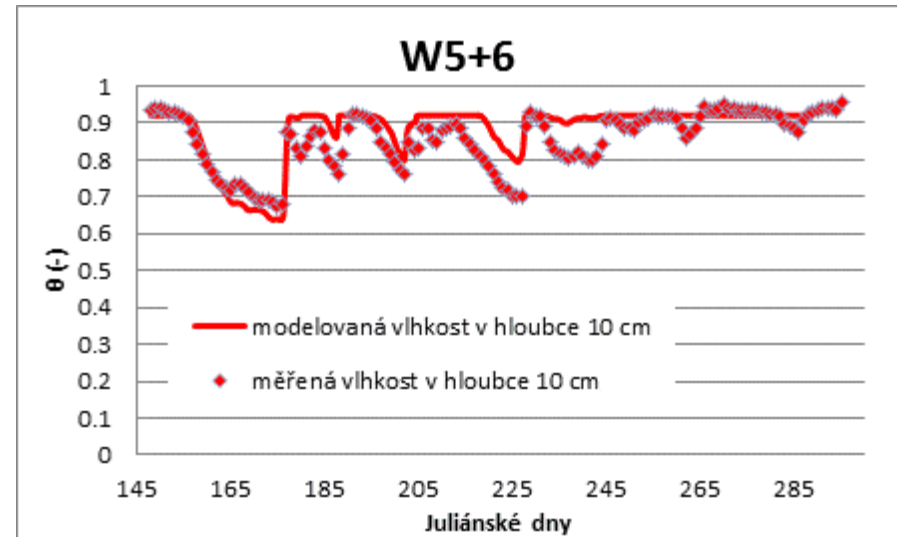
W5+6	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.200	0.100	0.548
θ_s	0.950	0.920	0.979
α	0.070	0.080	0.043
n	2.000	2.000	1.710



Obrázek 12-84 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2014, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



Obrázek 12-83 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2014 v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



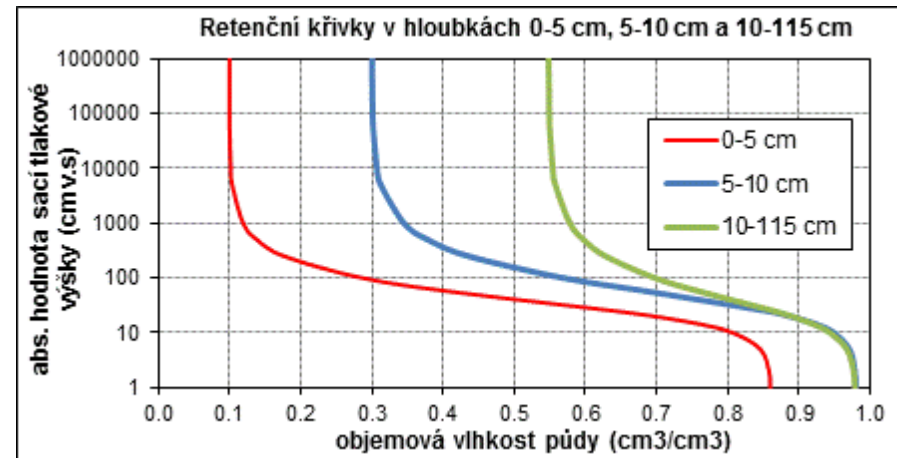
Obrázek 12-85 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2014 v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



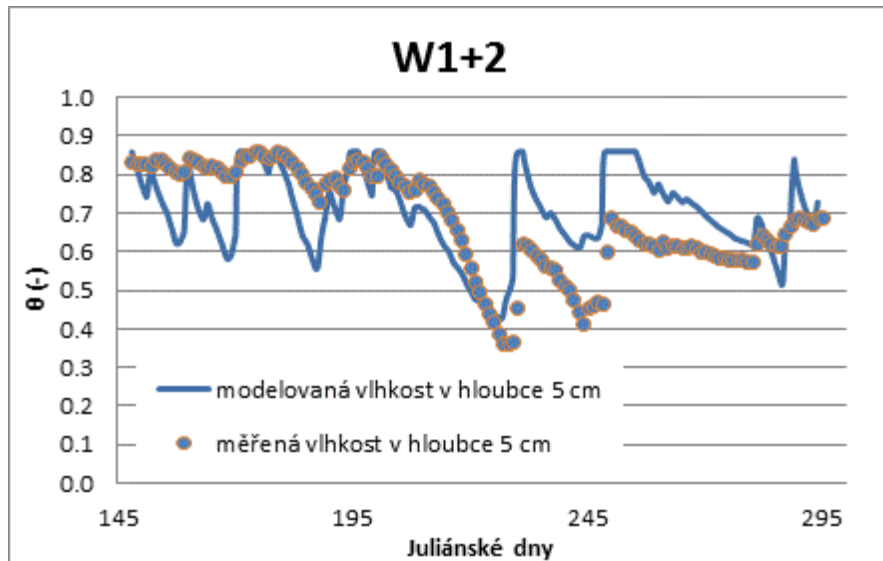
12.3.19 Vegetační sezóna 2015 (lokality čidel W1+2)

Tabulka 12-19- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2015, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2

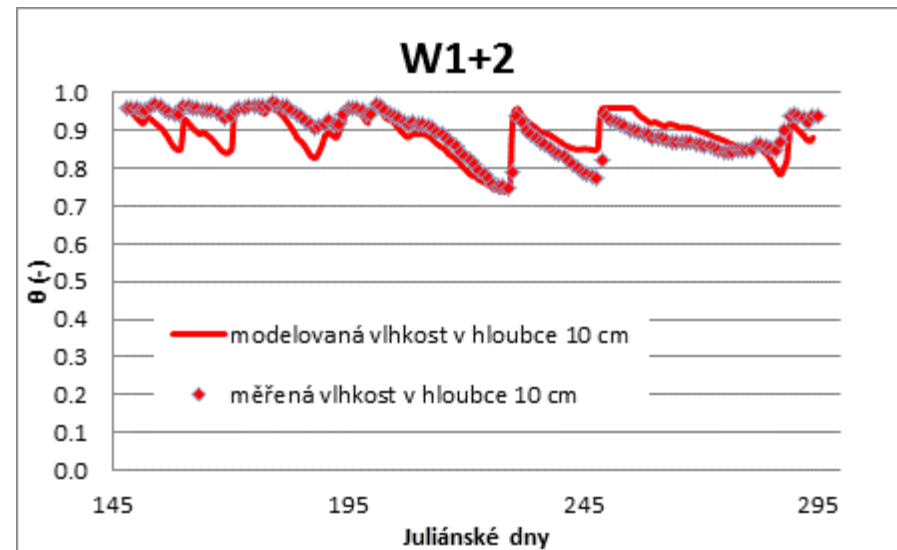
W1+2	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.100	0.300	0.548
θ_s	0.860	0.980	0.979
α	0.040	0.030	0.043
n	2.000	1.800	1.710



Obrázek 12-87 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2015, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



Obrázek 12-86 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2015 v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



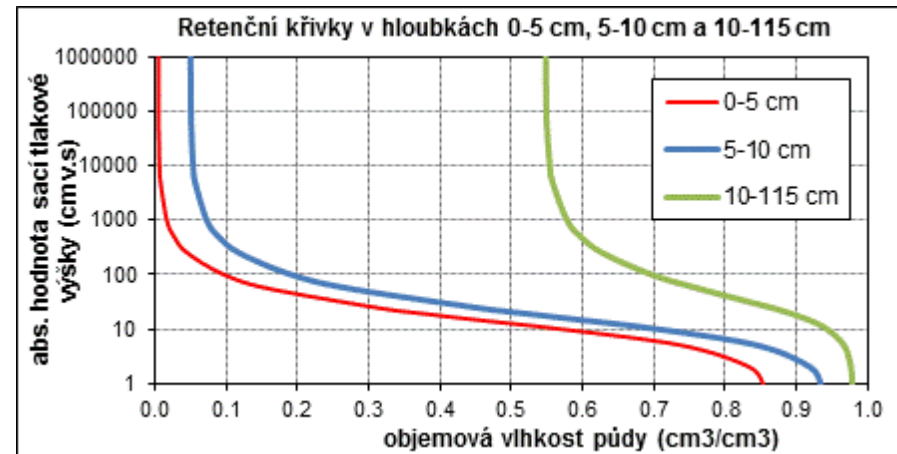
Obrázek 12-88 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2015 v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



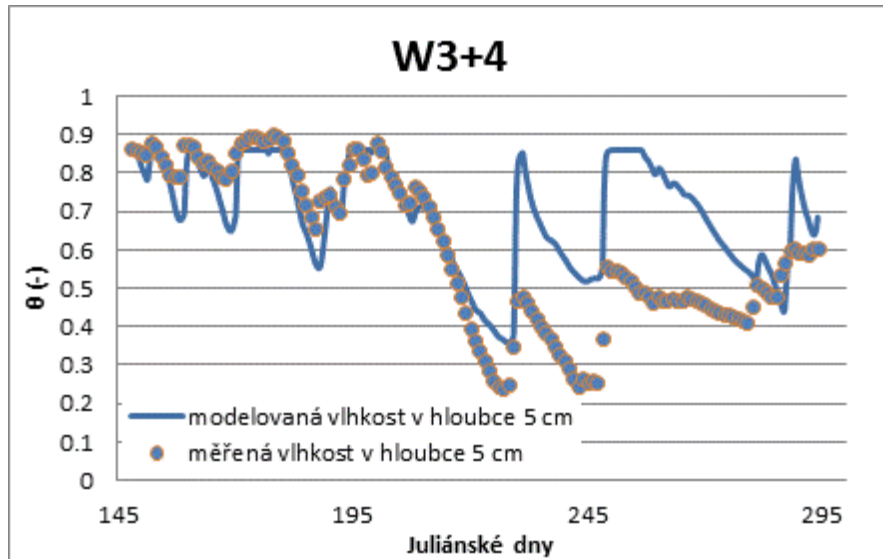
12.3.20 Vegetační sezóna 2015 (lokality čidel W3+4)

Tabulka 12-20- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2015, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4

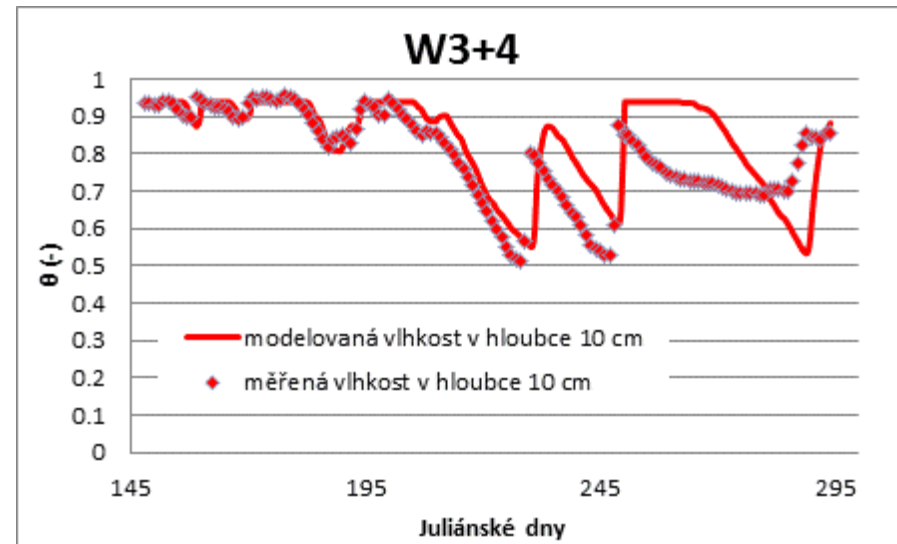
W3+4	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.005	0.050	0.548
θ_s	0.860	0.940	0.979
α	0.120	0.100	0.043
n	1.900	1.800	1.710



Obrázek 12-90 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2015, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



Obrázek 12-89 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2015 v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



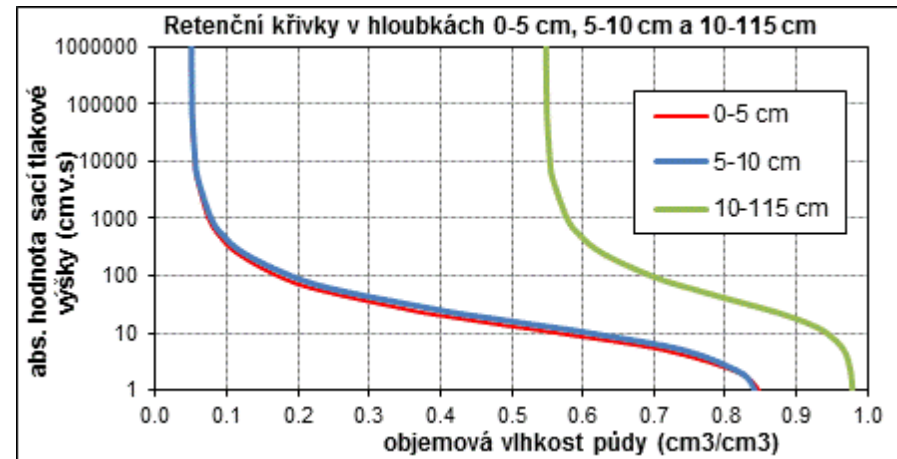
Obrázek 12-91 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2015 v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



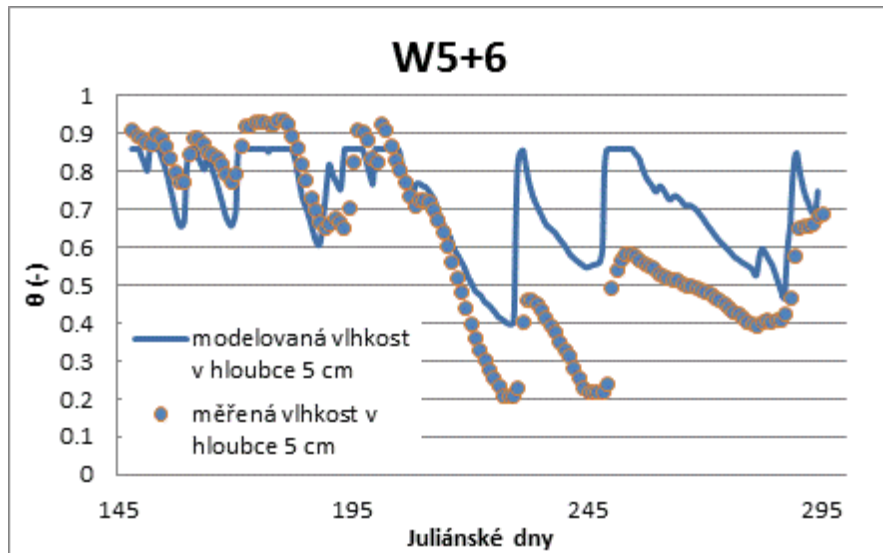
12.3.21 Vegetační sezóna 2015 (lokality čidel W5+6)

Tabulka 12-21- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2015, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6

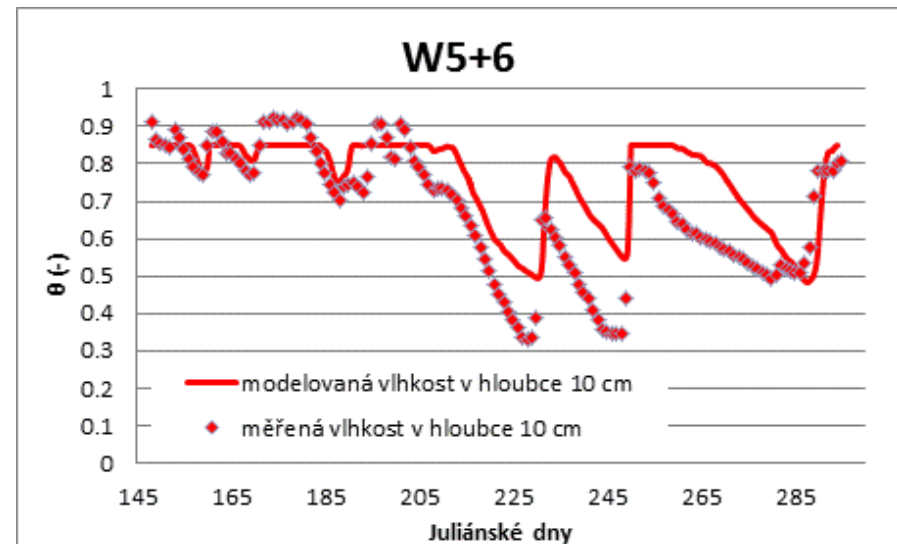
W5+6	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.050	0.050	0.548
θ_s	0.860	0.850	0.979
α	0.150	0.120	0.043
n	1.700	1.700	1.710



Obrázek 12-93 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2015, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



Obrázek 12-92 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2015 v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



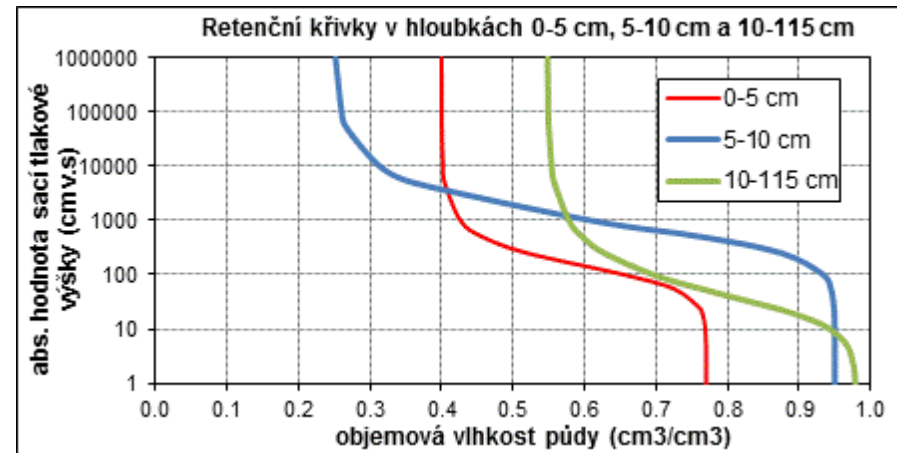
Obrázek 12-94 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2015 v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



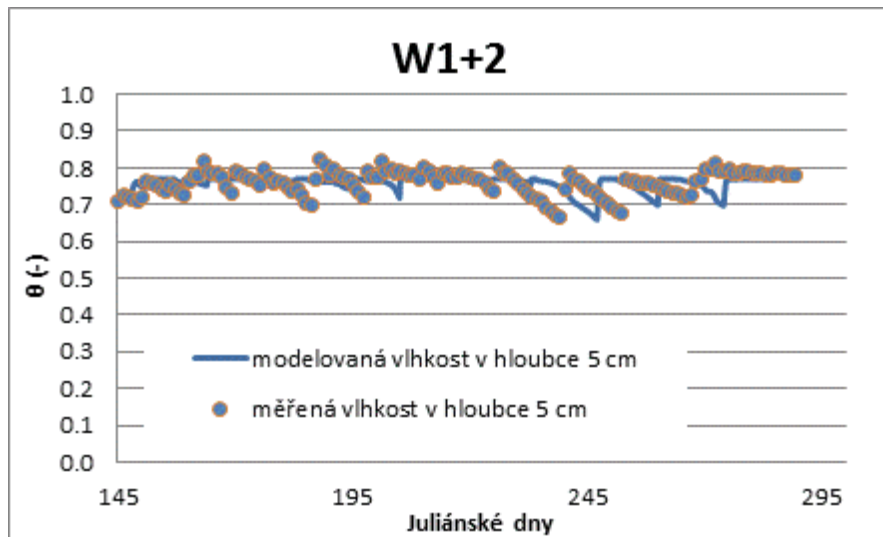
12.3.22 Vegetační sezóna 2016 (lokality čidel W1+2)

Tabulka 12-22- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2016, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2

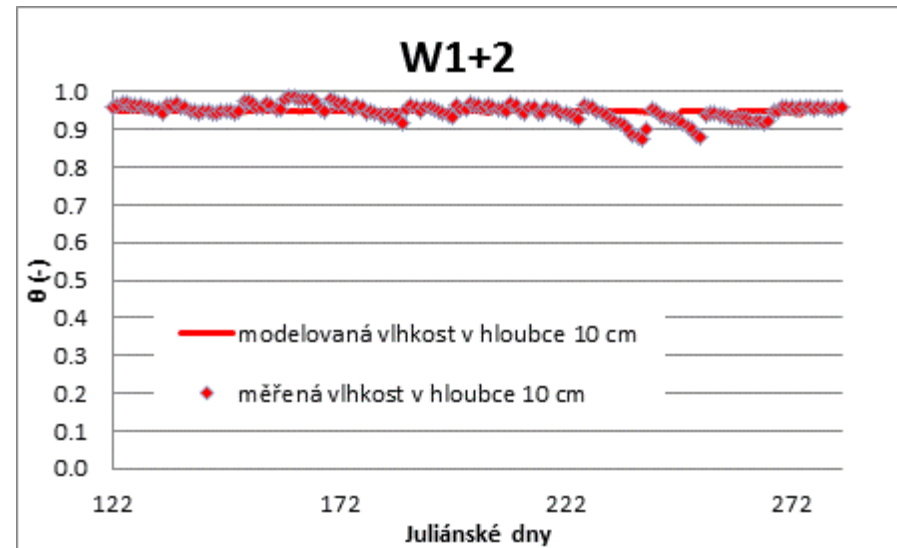
W1+2	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.400	0.250	0.548
θ_s	0.770	0.950	0.979
α	0.010	0.002	0.043
n	2.150	1.800	1.710



Obrázek 12-96 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2016, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



Obrázek 12-95 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2016 v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



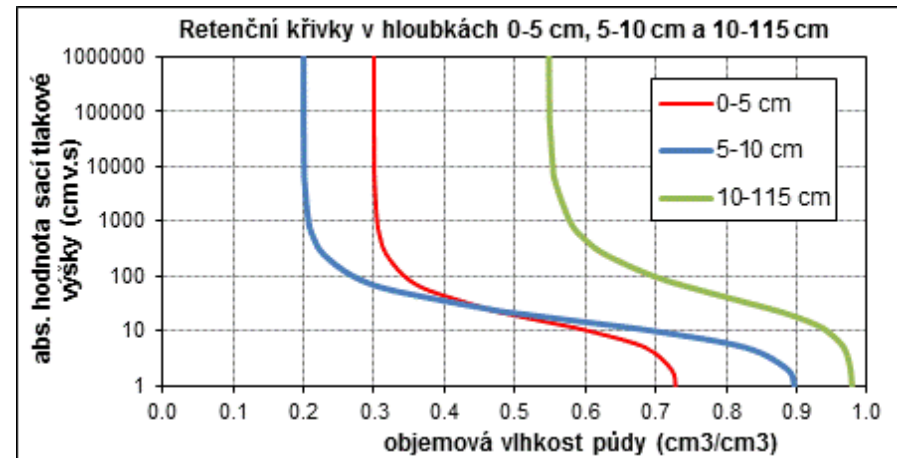
Obrázek 12-97 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2016 v lokalitě vlhkostních čidel W1+2



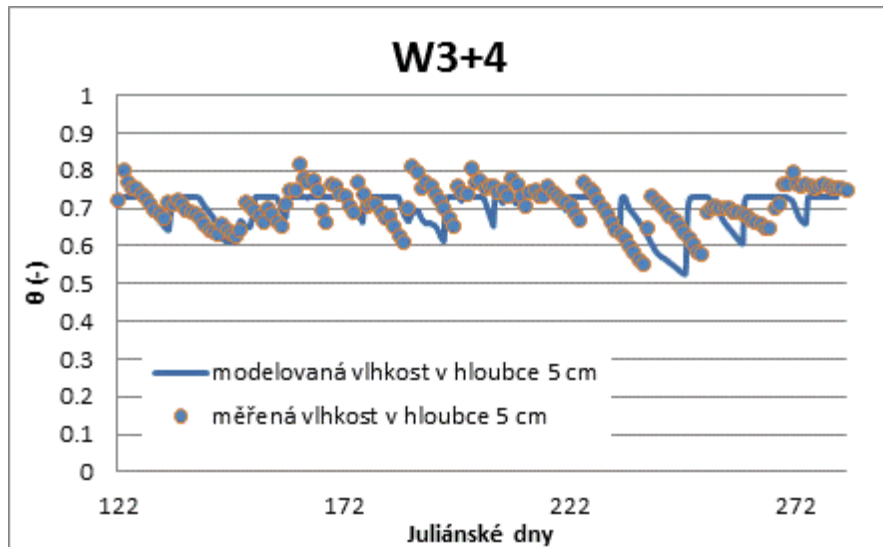
12.3.23 Vegetační sezóna 2016 (lokality čidel W3+4)

Tabulka 12-23- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2016, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4

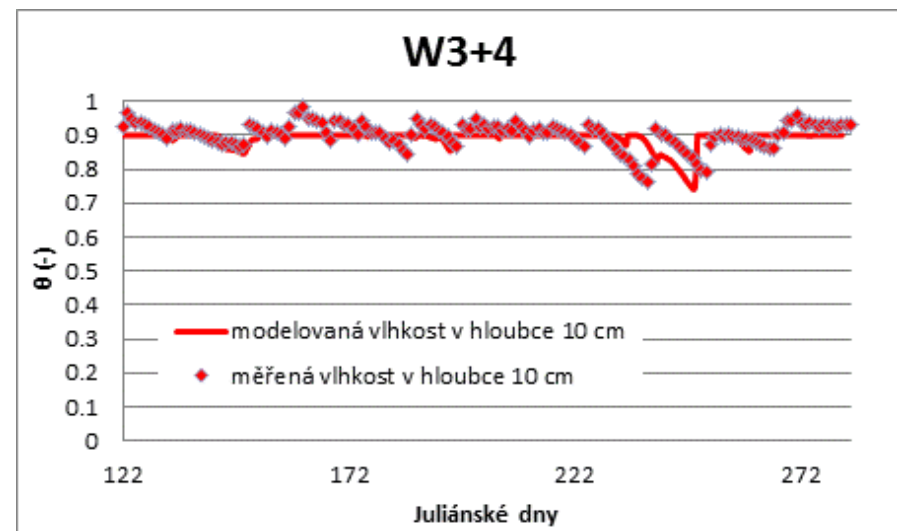
W3+4	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.300	0.200	0.548
θ_s	0.730	0.900	0.979
α	0.100	0.100	0.043
n	2.000	2.000	1.710



Obrázek 12-99 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2016, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



Obrázek 12-98 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2016 v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



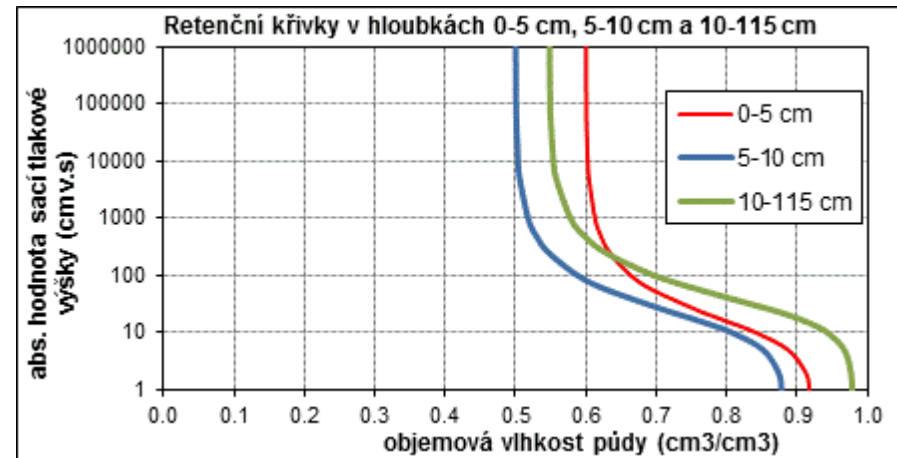
Obrázek 12-100 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2016 v lokalitě vlhkostních čidel W3+4



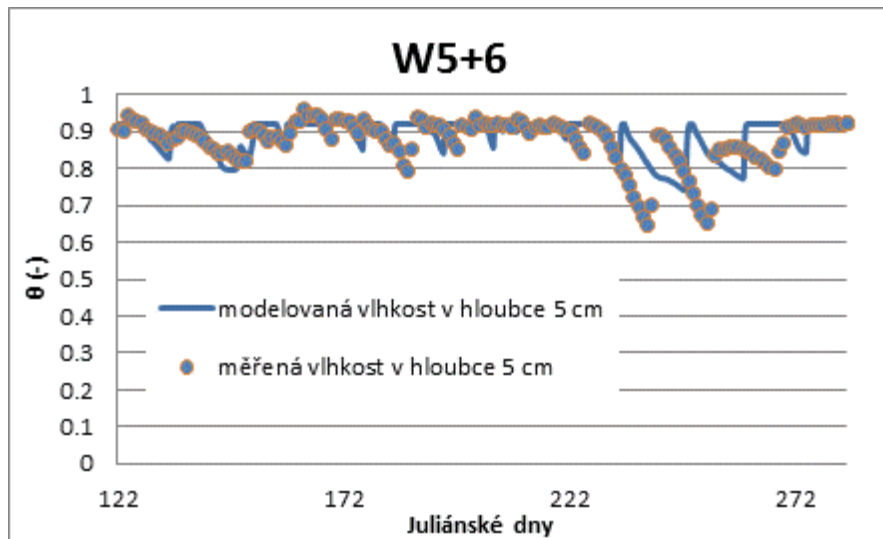
12.3.24 Vegetační sezóna 2016 (lokality čidel W5+6)

Tabulka 12-24- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2016, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6

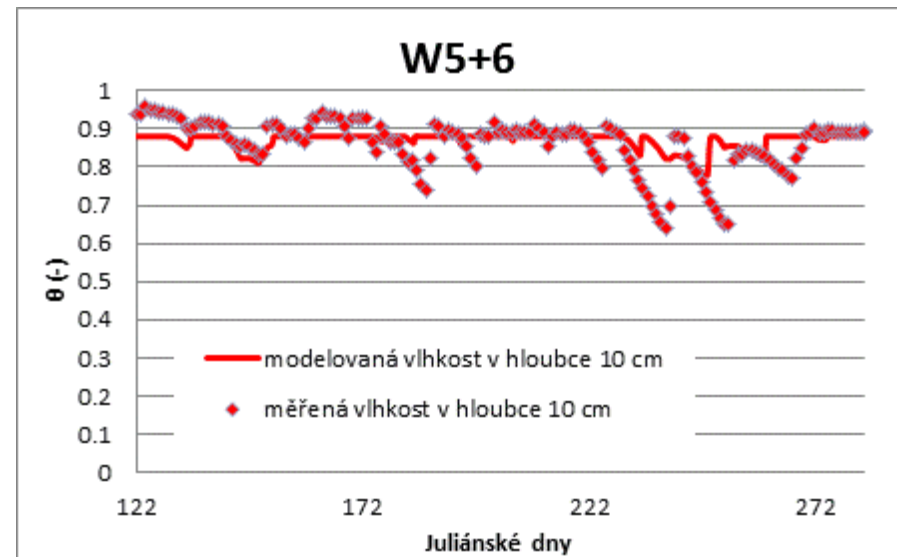
W5+6	0-5 cm	5-10 cm	10-115 cm
θ_r	0.600	0.500	0.548
θ_s	0.920	0.880	0.979
α	0.100	0.080	0.043
n	1.700	1.700	1.710



Obrázek 12-102 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2016, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



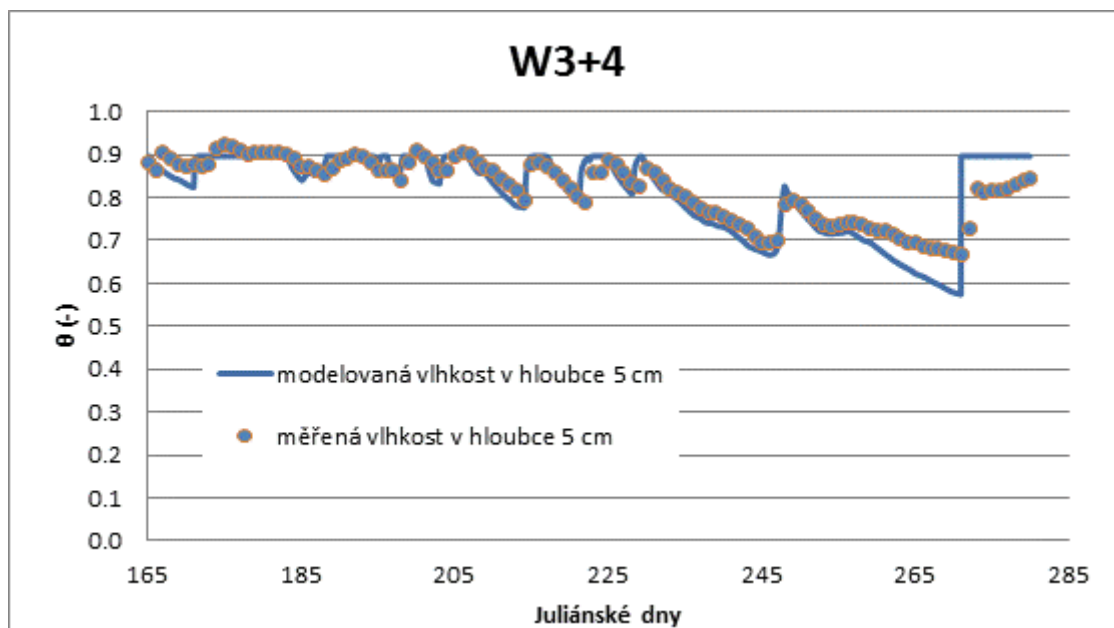
Obrázek 12-101 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2016 v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



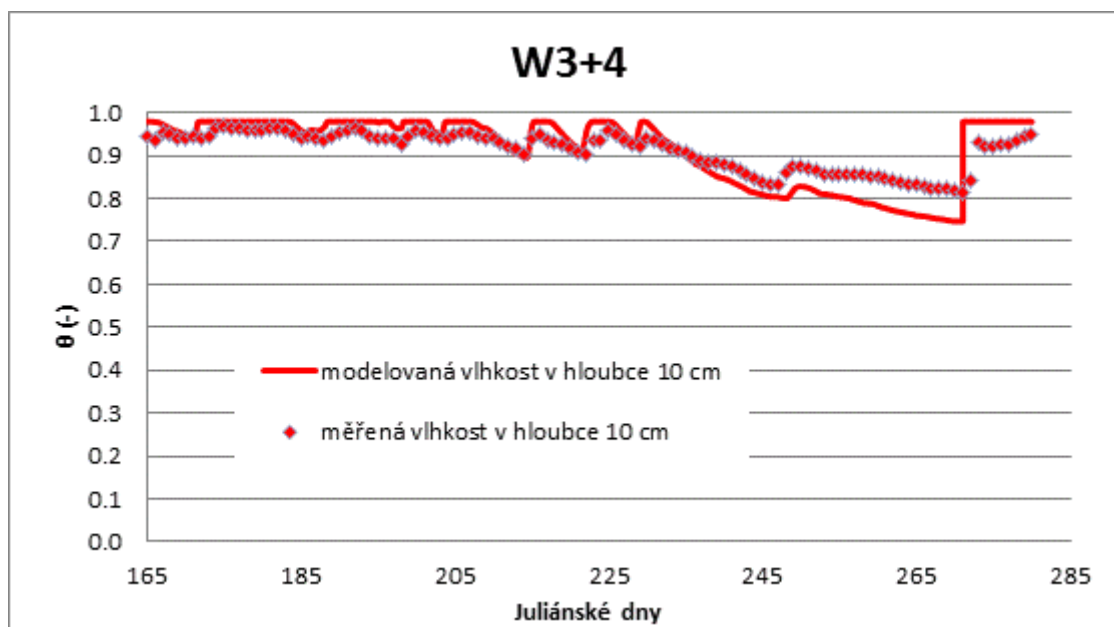
Obrázek 12-103 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2016 v lokalitě vlhkostních čidel W5+6



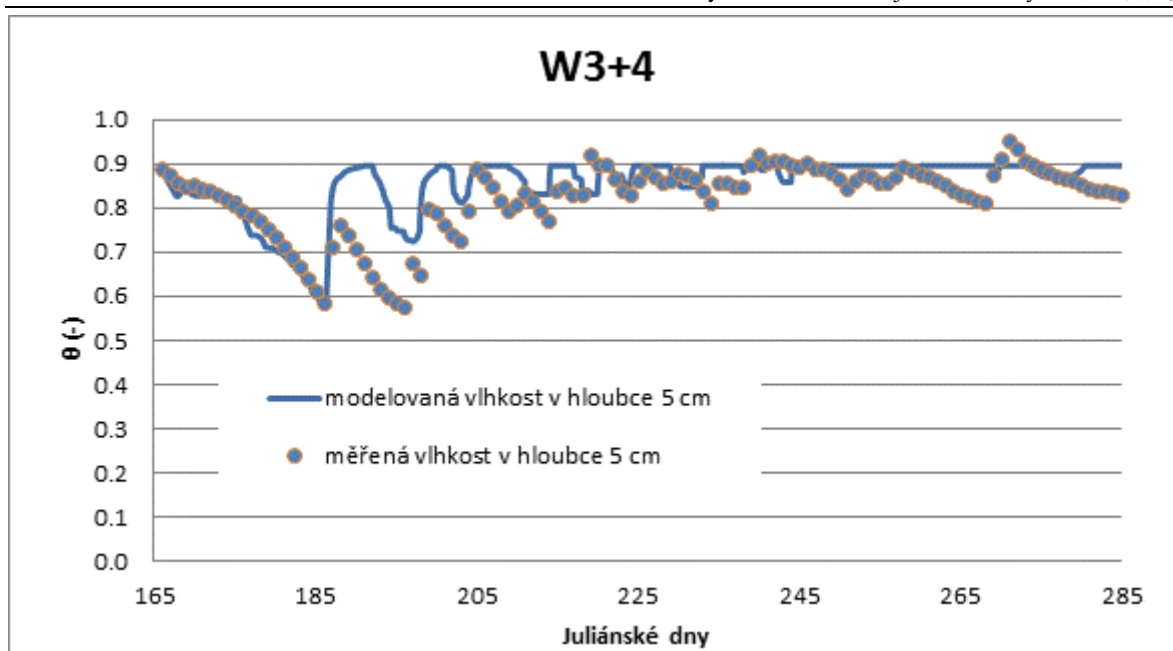
12.4 Průběhy měřených a modelovaných objemových vlhkostí při použití retenční křivky z roku 2016 s kladným indexem dobré shody



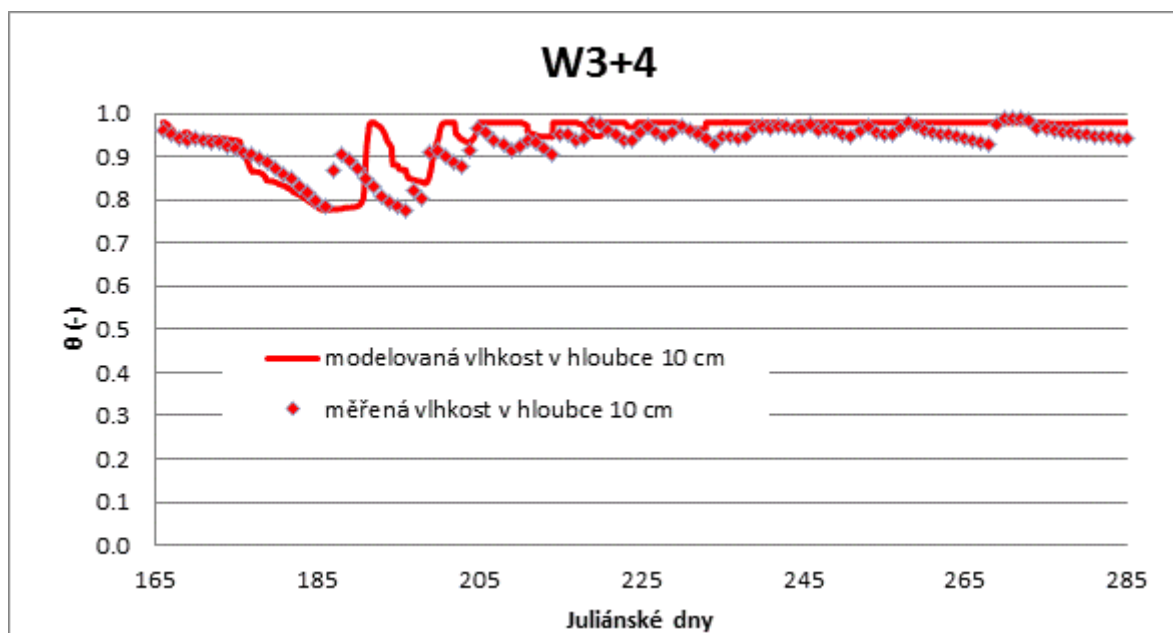
Obrázek 12-104 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2009 v lokalitě W3+4 v hloubce 5 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = 0,20$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,45$)



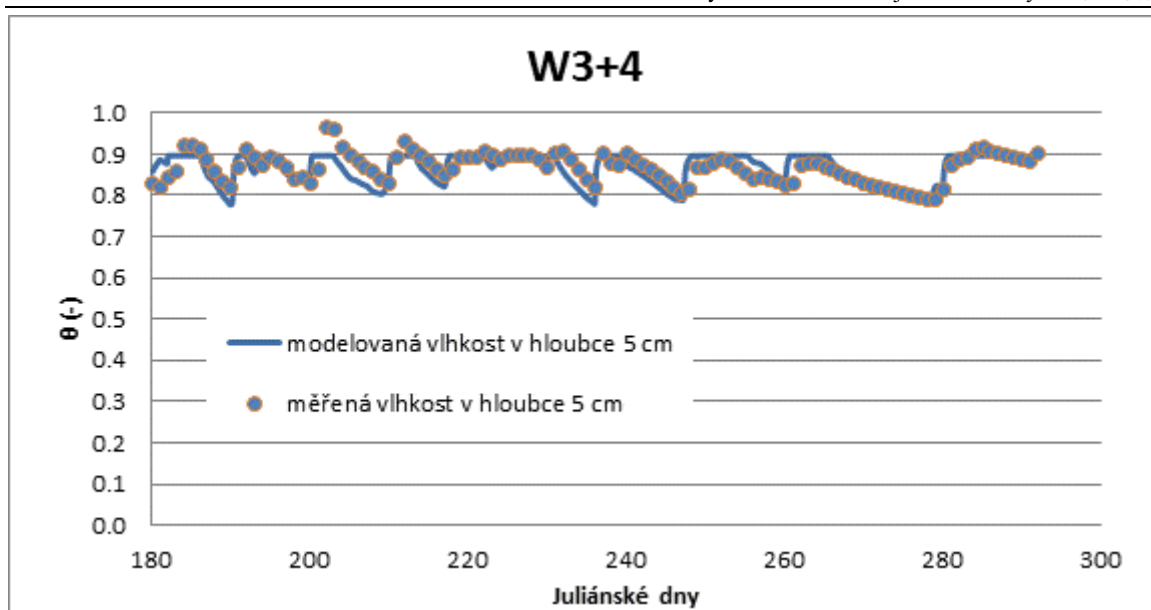
Obrázek 12-105 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2009 v lokalitě W3+4 v hloubce 10 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = 0,69$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,77$)



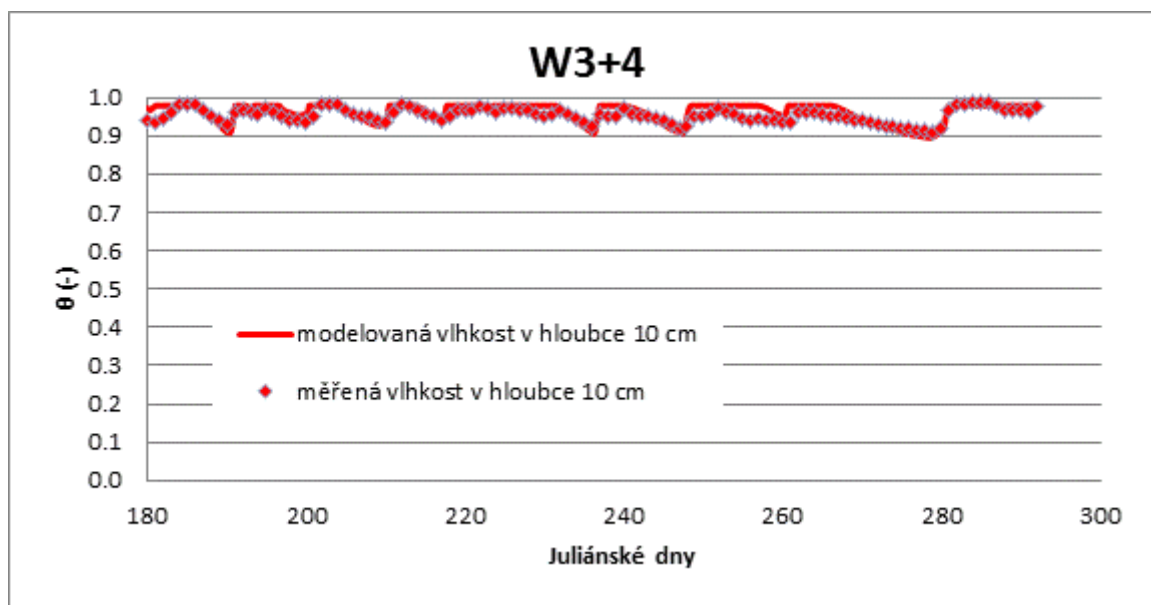
Obrázek 12-106- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2010 v lokalitě W3+4 v hloubce 5 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = 0,21$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,55$)



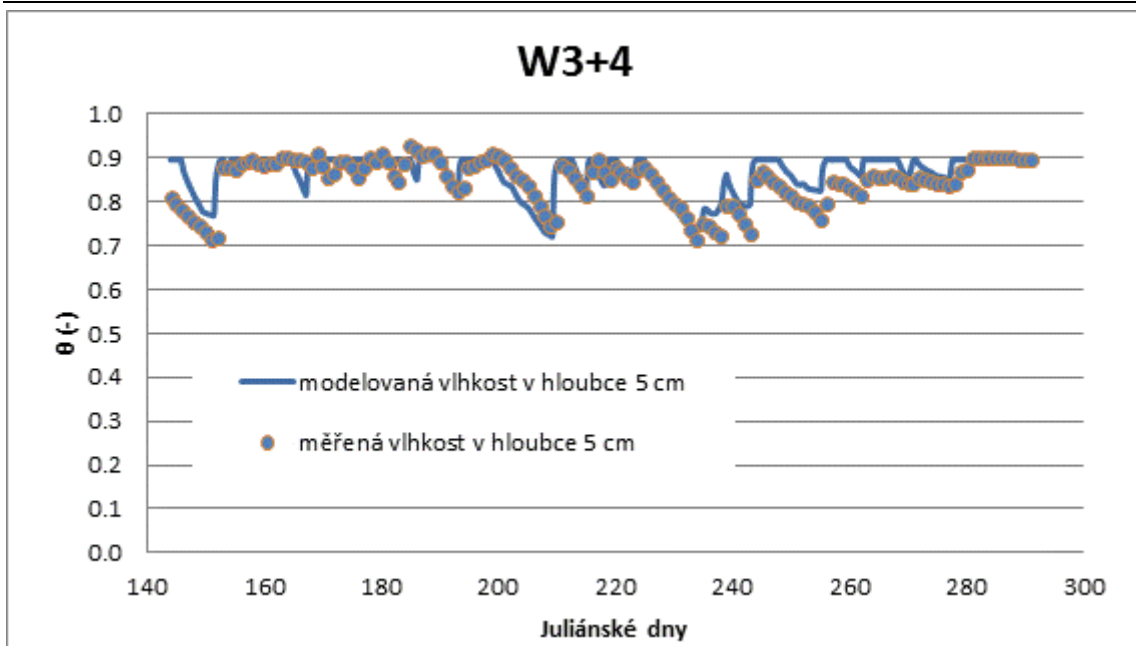
Obrázek 12-107- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2010 v lokalitě W3+4 v hloubce 10 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = 0,27$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,44$)



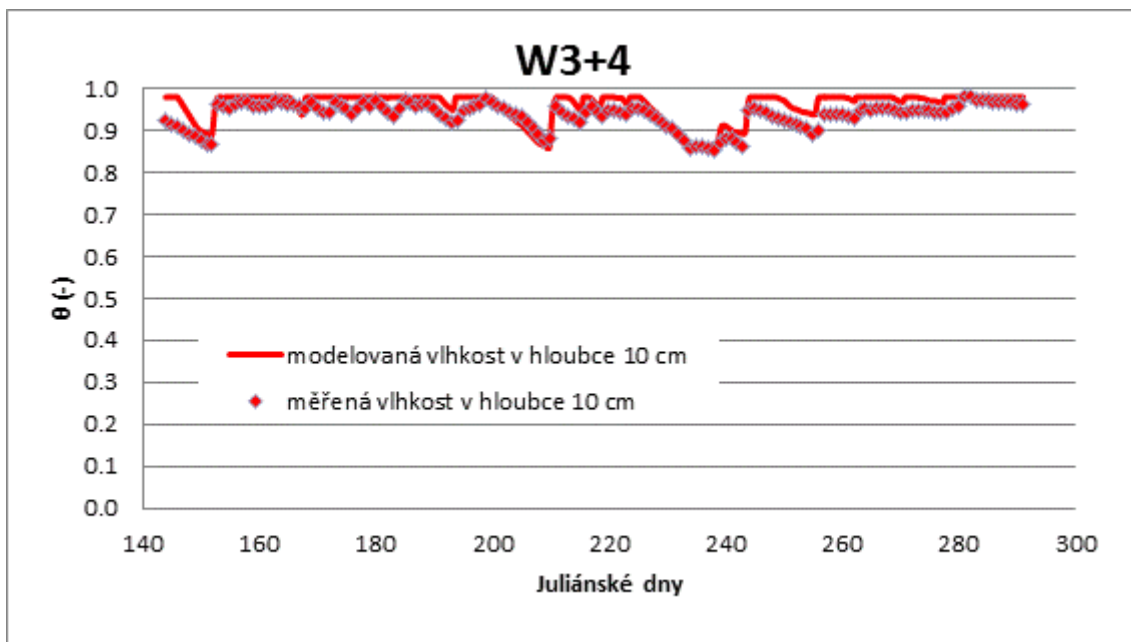
Obrázek 12-108 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2011 v lokalitě W3+4 v hloubce 5 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = 0,09$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,45$)



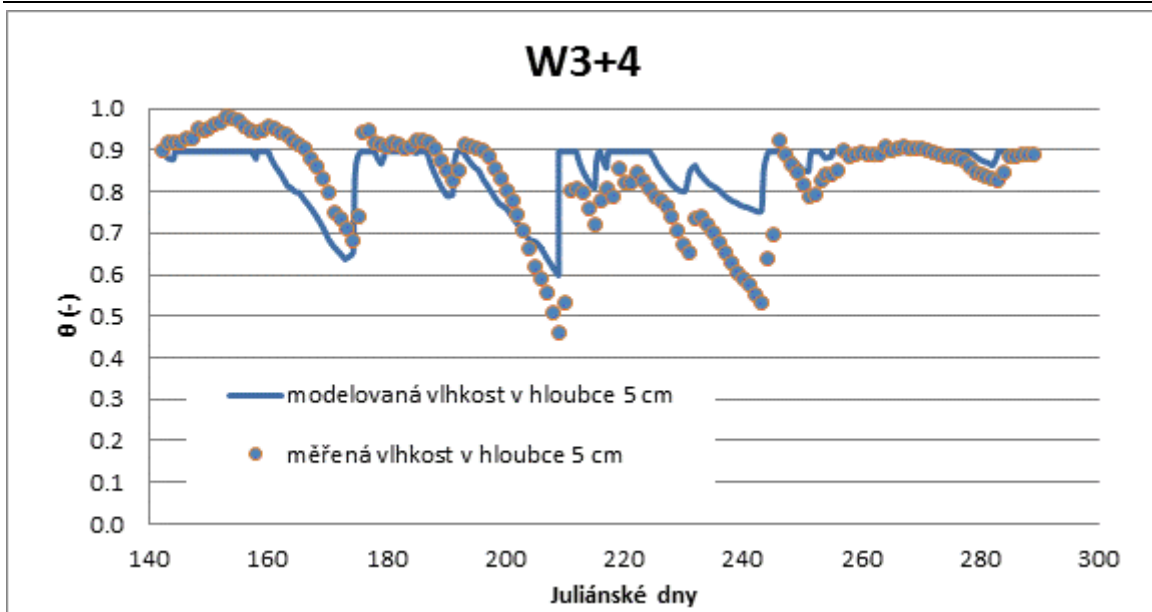
Obrázek 12-109- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2011 v lokalitě W3+4 v hloubce 10 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = 0,39$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,39$)



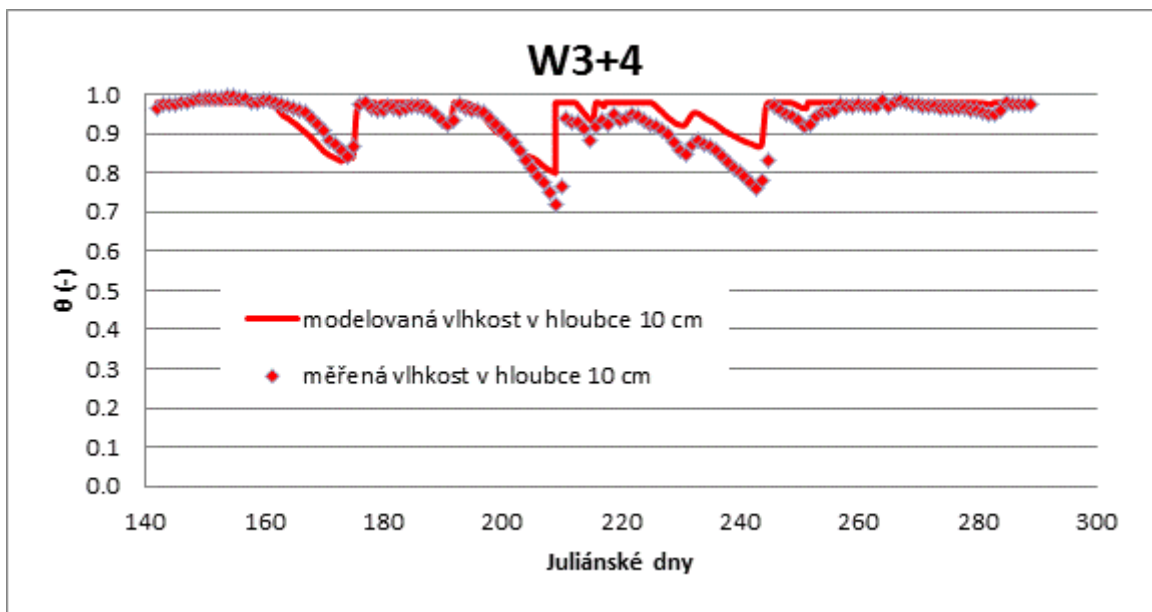
Obrázek 12-110- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2012 v lokalitě W3+4v hloubce 5 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = 0,13$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,48$)



Obrázek 12-111- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2012 v lokalitě W3+4v hloubce 10 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = 0,42$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,43$)



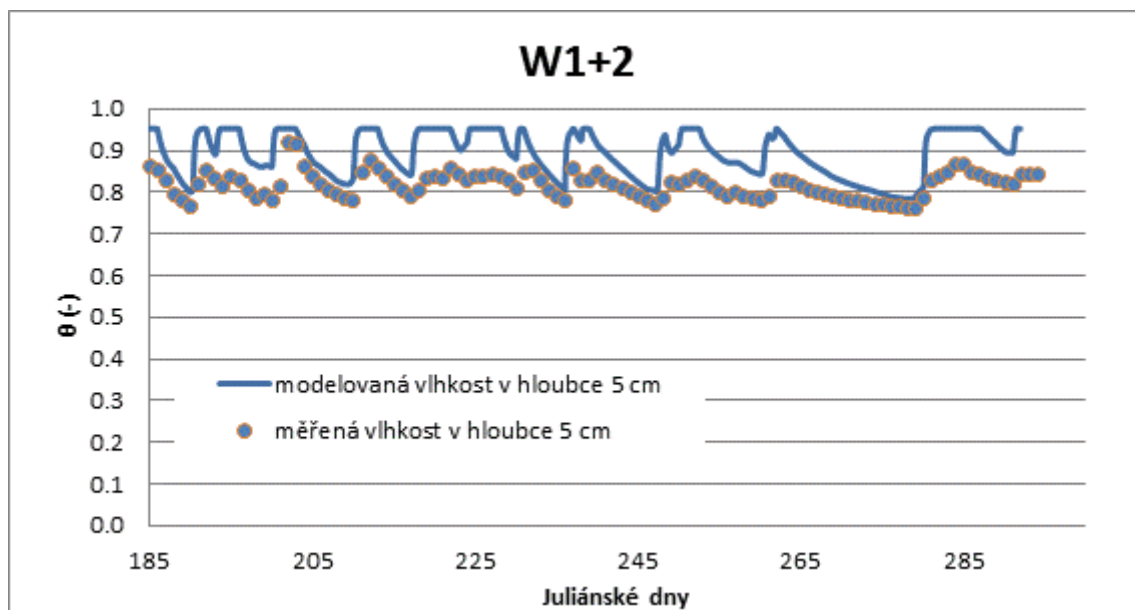
Obrázek 12-112- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2013 v lokalitě W3+4 v hloubce 5 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = 0,51$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,66$)



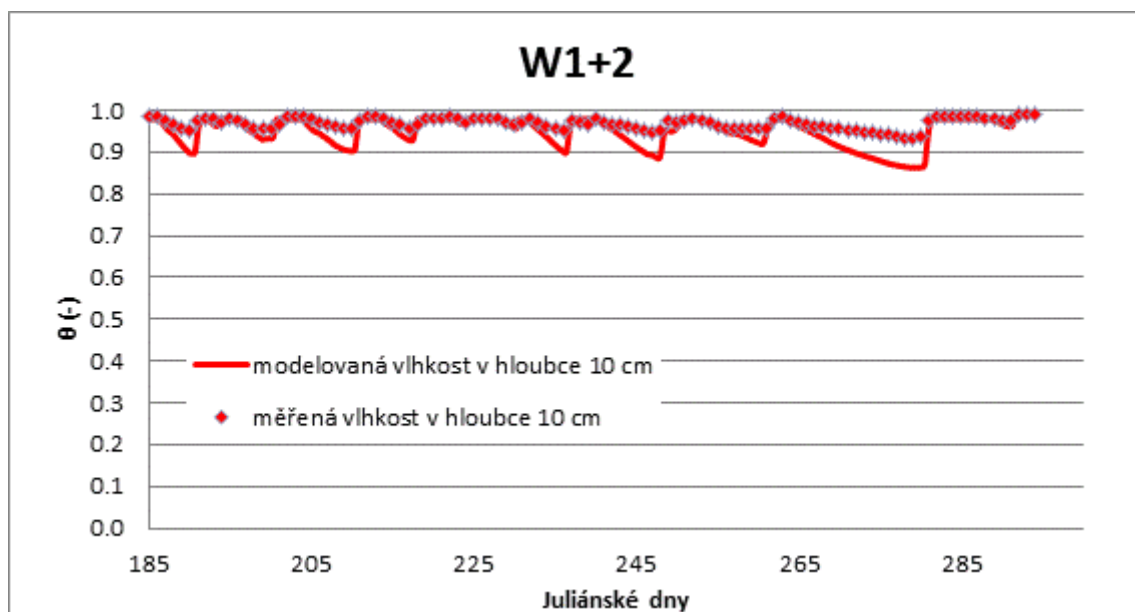
Obrázek 12-113- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2013 v lokalitě W3+4 v hloubce 10 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = 0,44$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,42$)



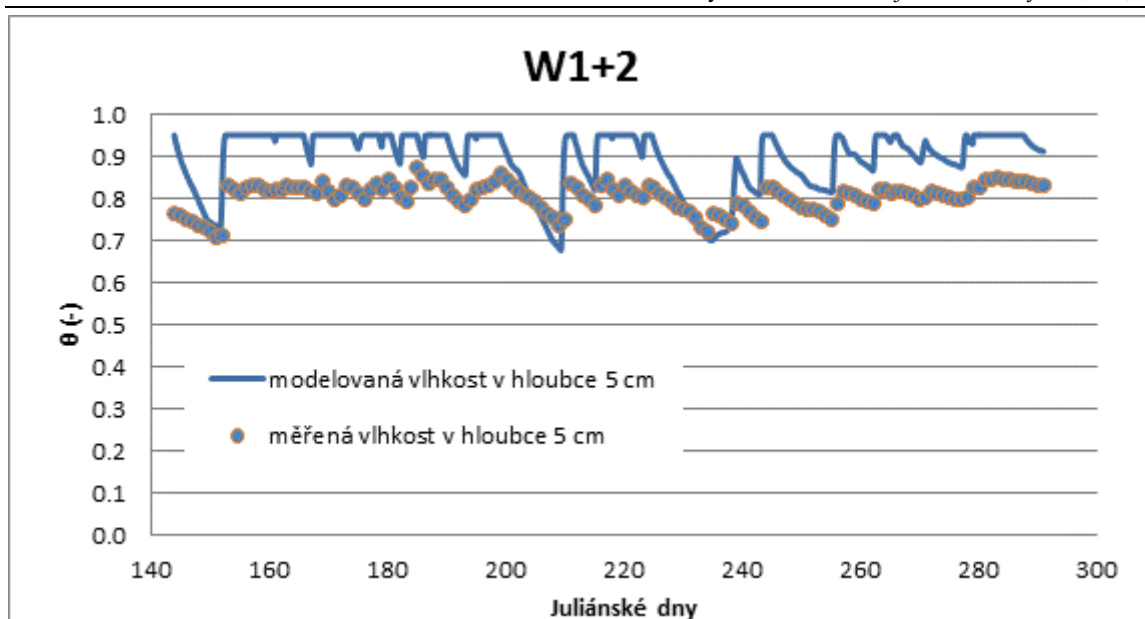
12.5 Průběhy měřených a modelovaných objemových vlhkostí při použití retenční křivky z roku 2016 s velmi nízkým indexem dobré shody



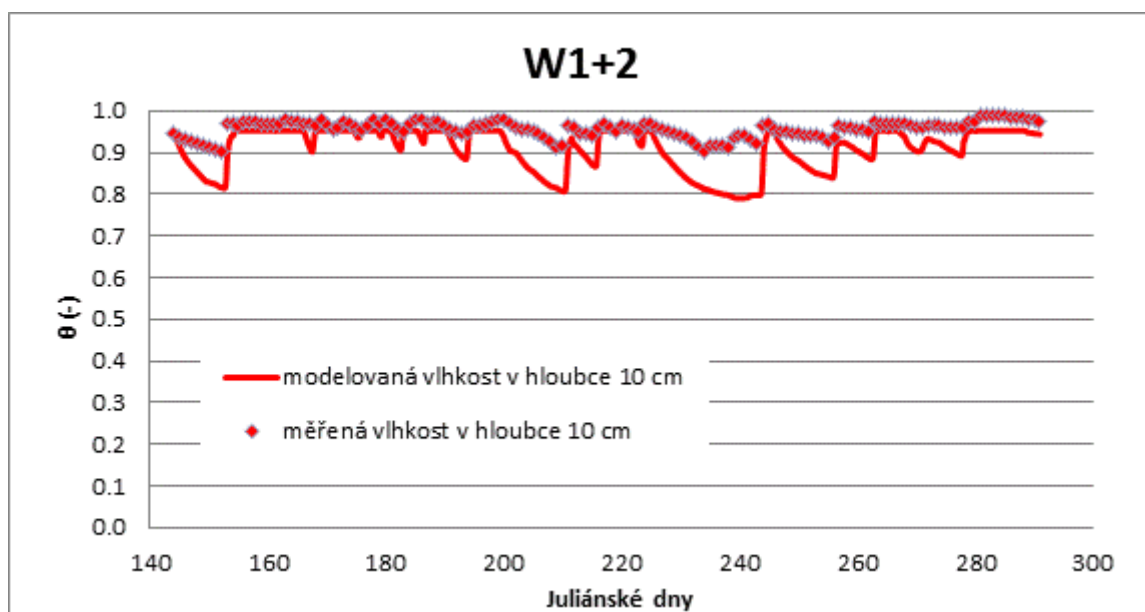
Obrázek12-114- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2011 v lokalitě W1+2 v hloubce 5 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = -3,44$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,18$)



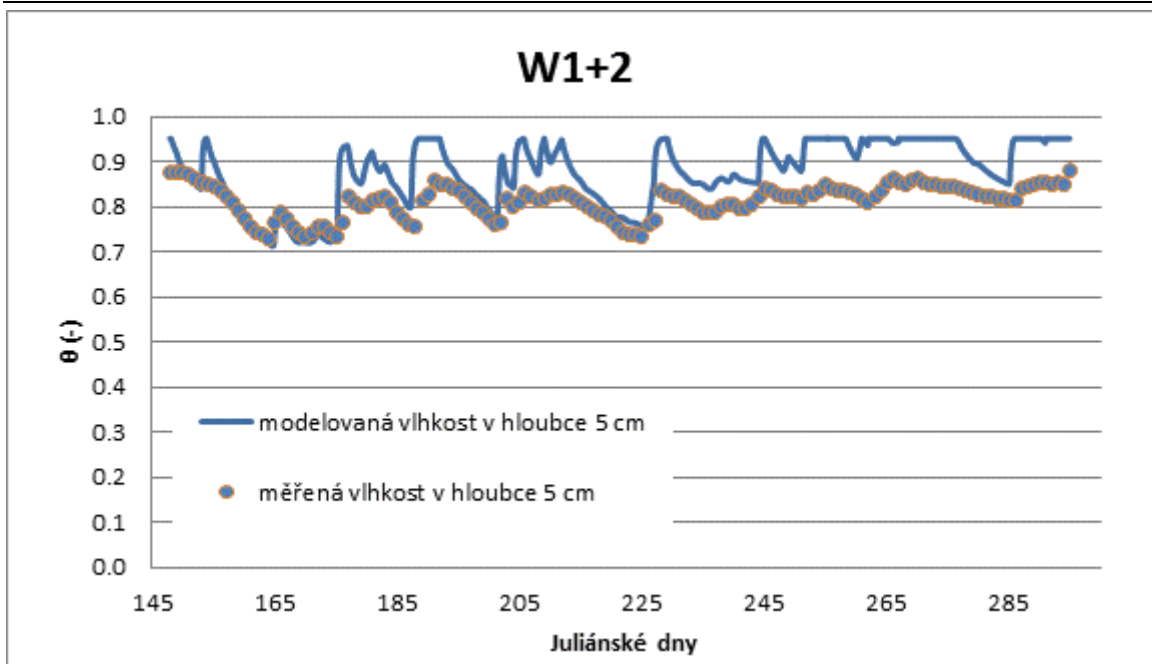
Obrázek 12-115- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2011 v lokalitě W1+2 v hloubce 10 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = -5,92$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,33$)



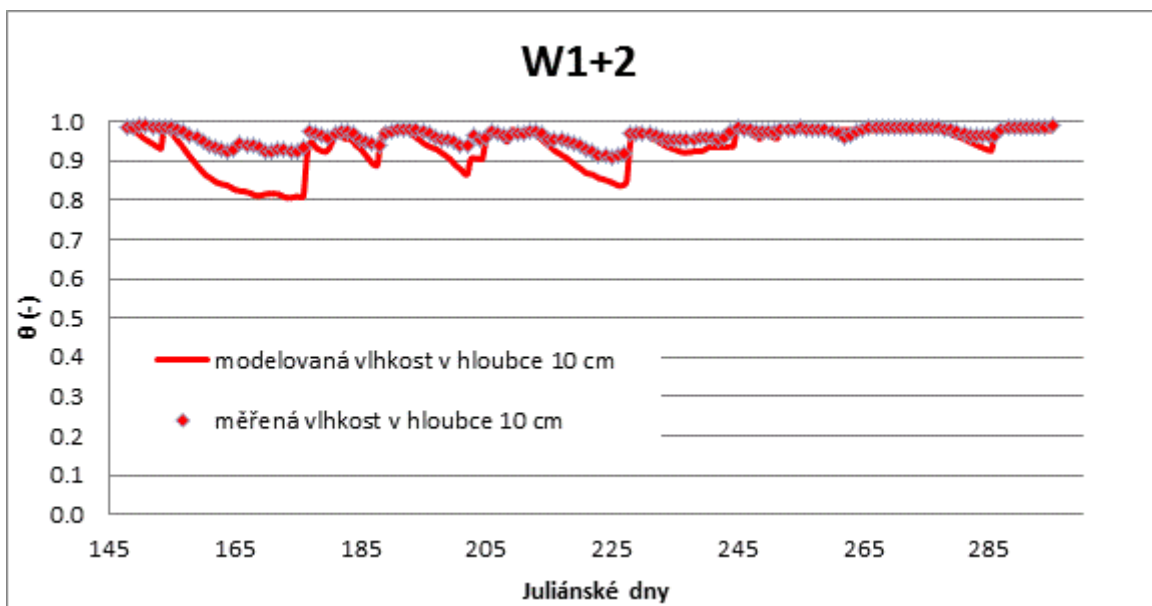
Obrázek 12-116 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2012 v lokalitě W1+2 v hloubce 5 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = -29,66$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,33$)



Obrázek 12-117 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2012 v lokalitě W1+2 v hloubce 10 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = -5,92$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,48$)



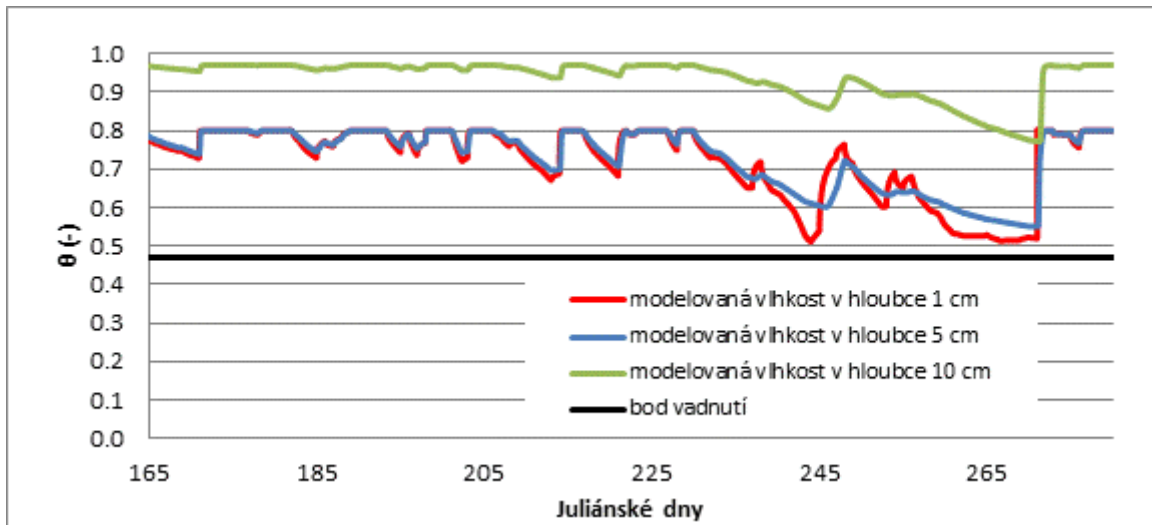
Obrázek 12-118 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2014 v lokalitě W1+2 v hloubce 5 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = -4,45$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,41$)



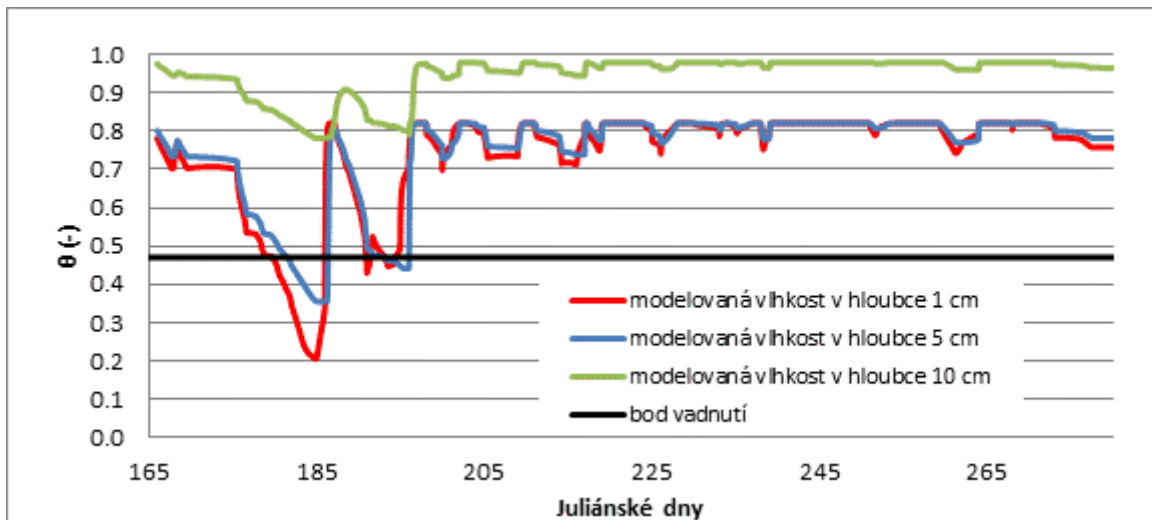
Obrázek 12-119- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2014 v lokalitě W1+2 v hloubce 10 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = -3,22$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,22$)



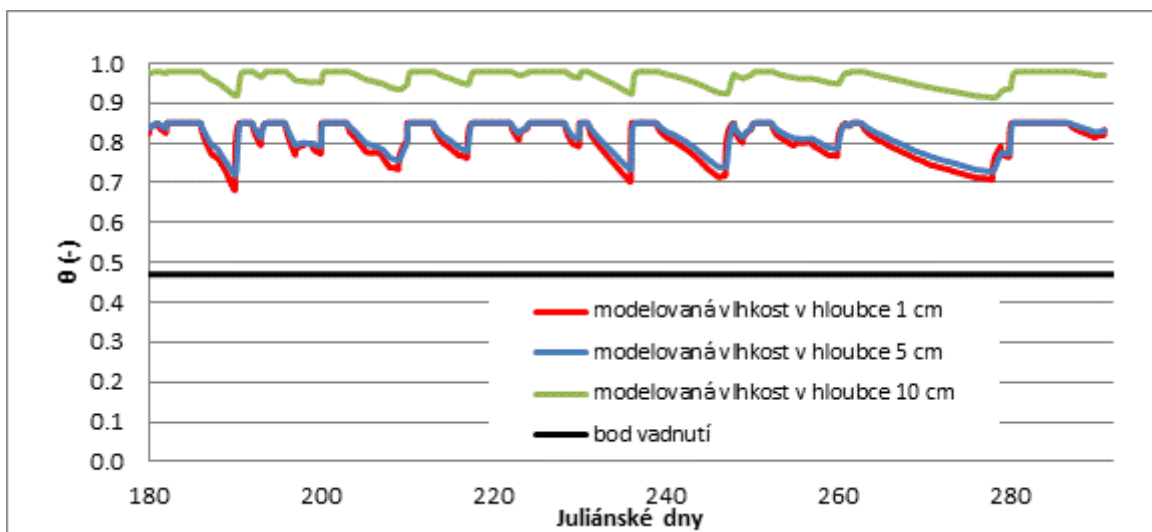
12.6 Průběhy modelovaných vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm



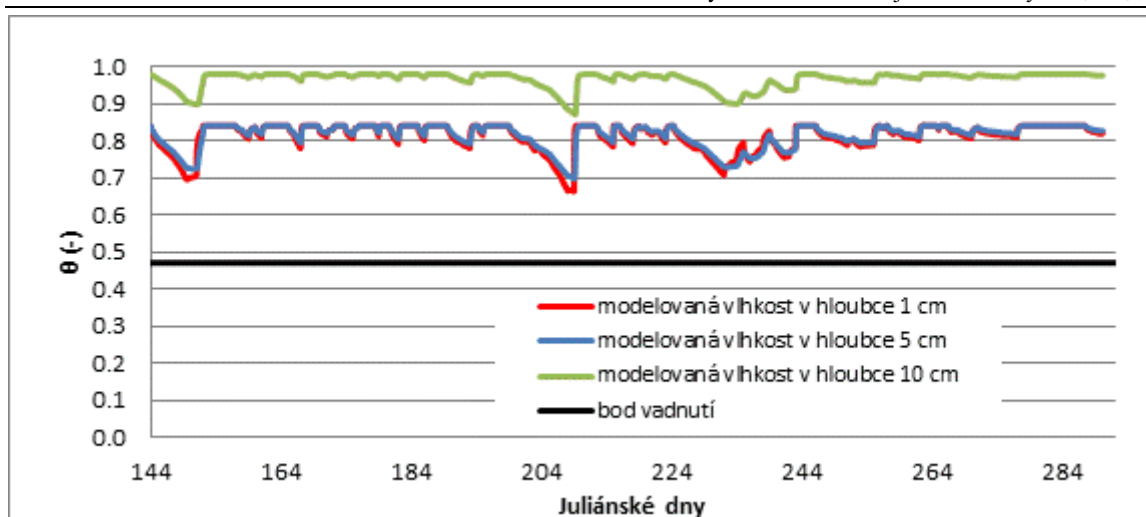
Obrázek 12-120 – Průběh modelovaných vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm během sezóny 2009



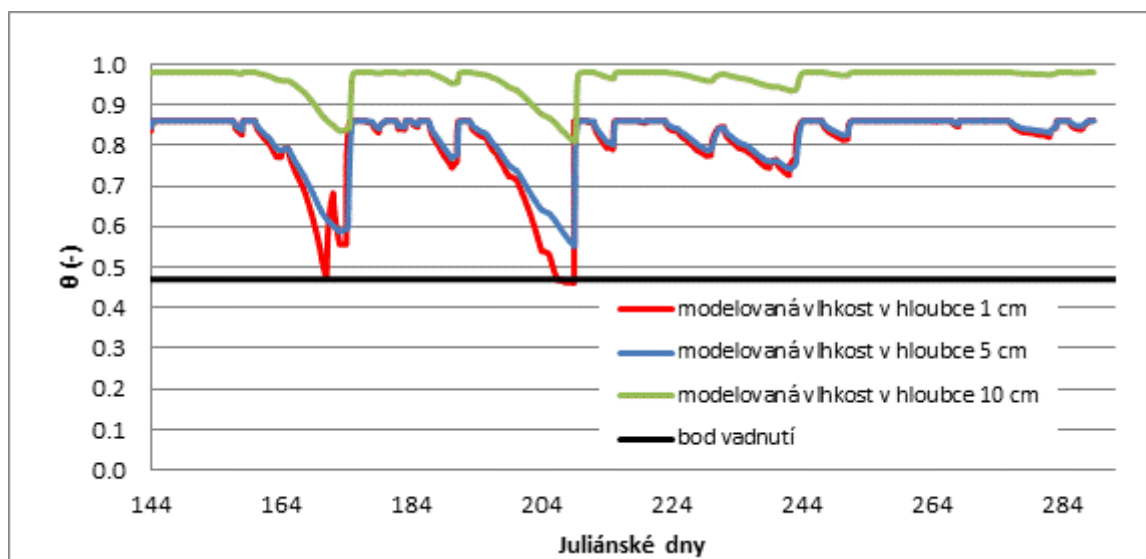
Obrázek 12-121 – Průběh modelovaných vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm během sezóny 2010



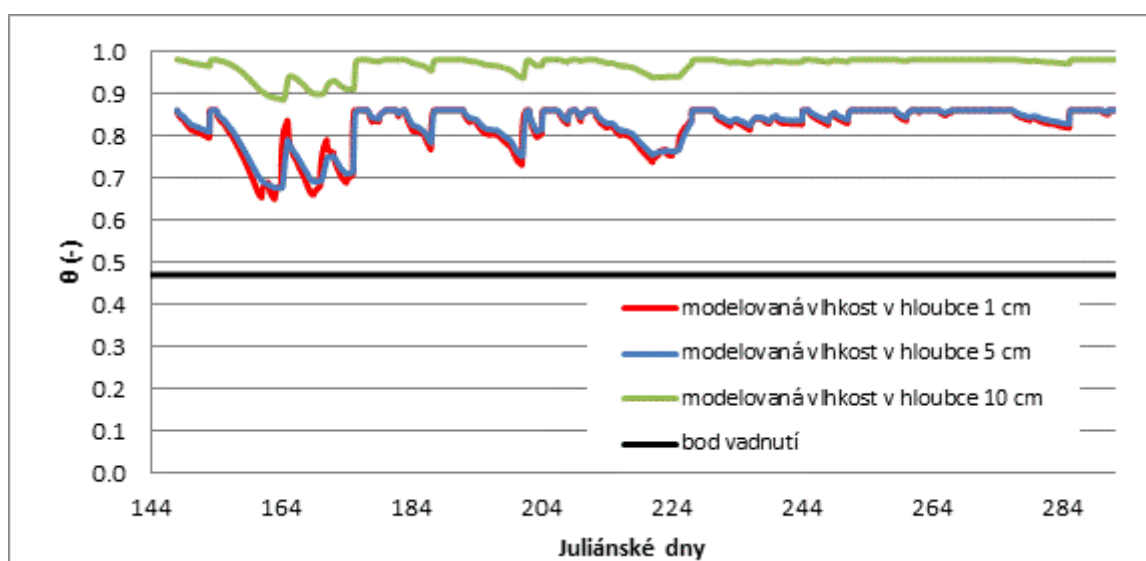
Obrázek 12-122 – Průběh modelovaných vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm během sezóny 2011



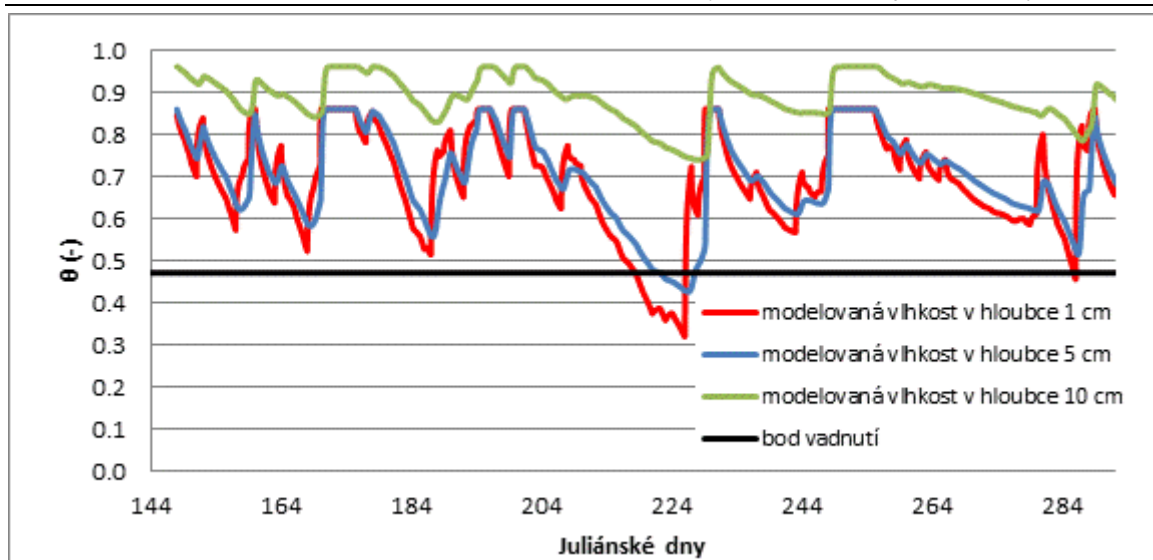
Obrázek 12-123 – Průběh modelovaných vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm během sezóny 2012



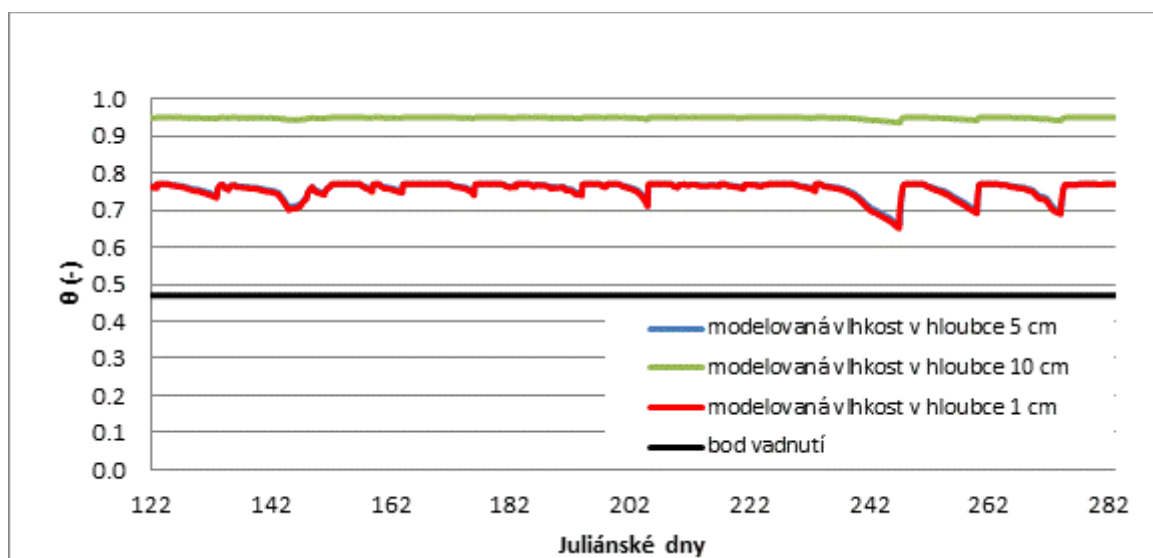
Obrázek 12-124 – Průběh modelovaných vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm během sezóny 2013



Obrázek 12-125 – Průběh modelovaných vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm během sezóny 2014



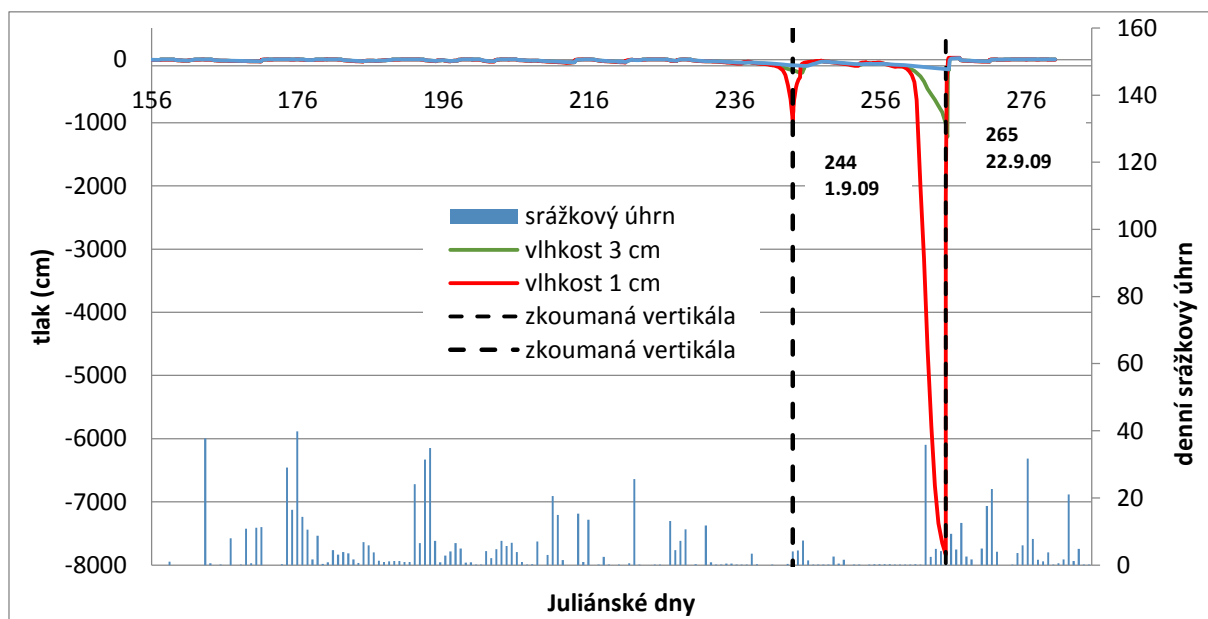
Obrázek 12-126 – Průběh modelovaných vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm během sezóny 2015



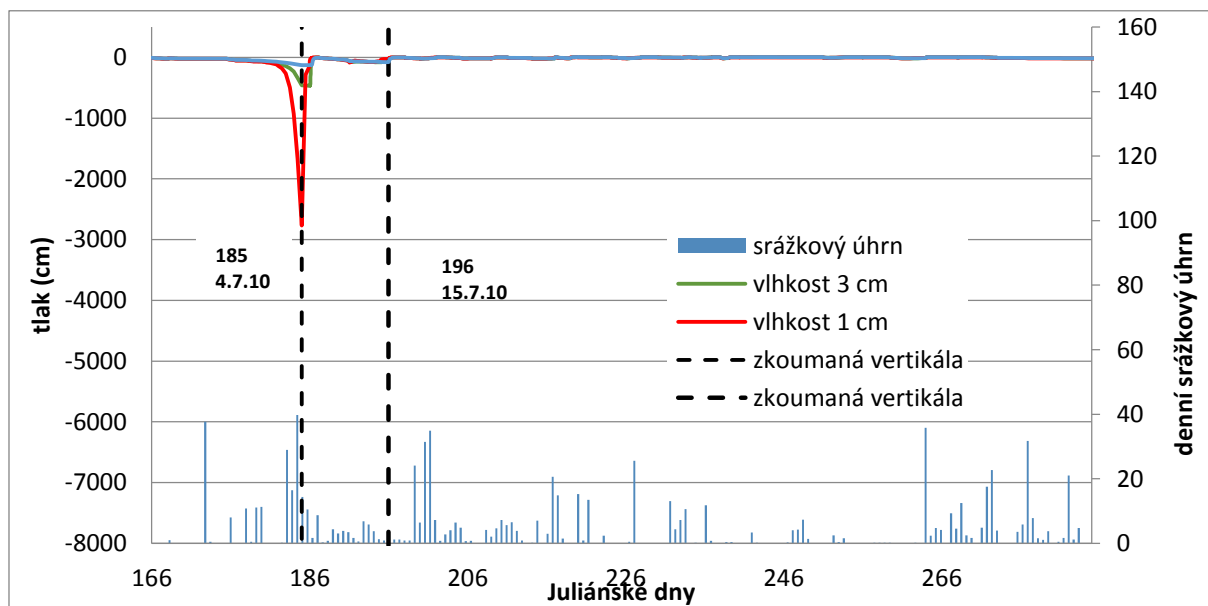
Obrázek 12-127 – Průběh modelovaných vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm během sezóny 2016



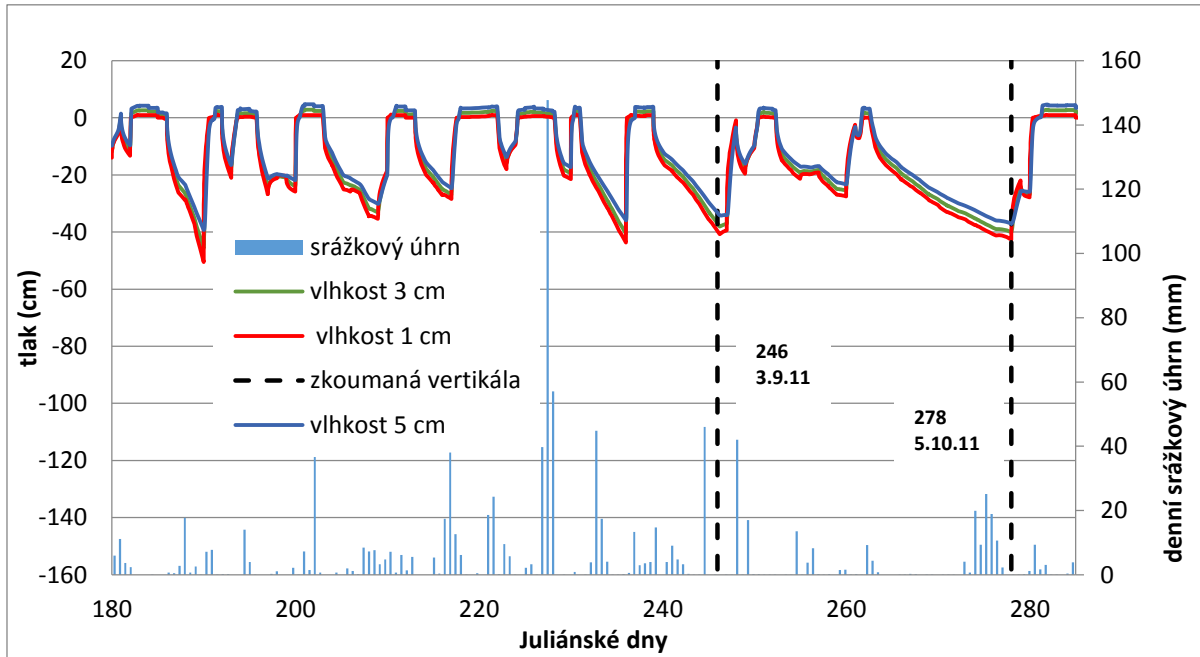
12.7 Průběhy modelovaných sacích tlaků ve hloubkách 1 cm, 3 cm a 5 cm



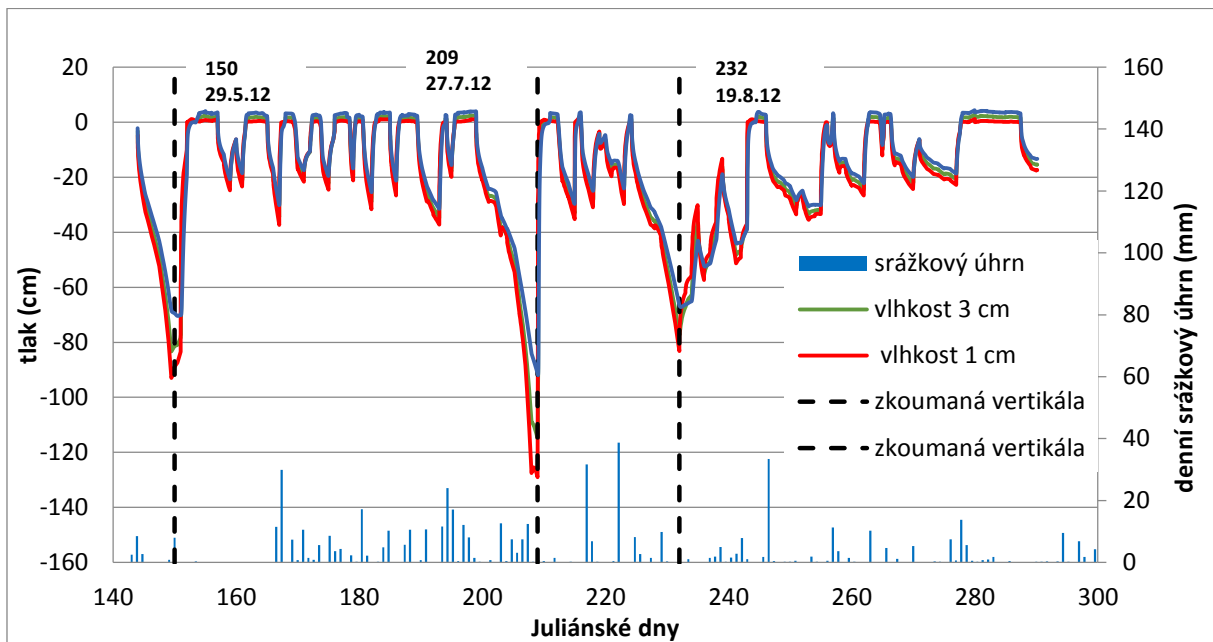
Obrázek 12-128 - Průběh modelovaných sacích tlaků v hloubkách 1 cm, 3 cm a 5 cm během sezóny 2009



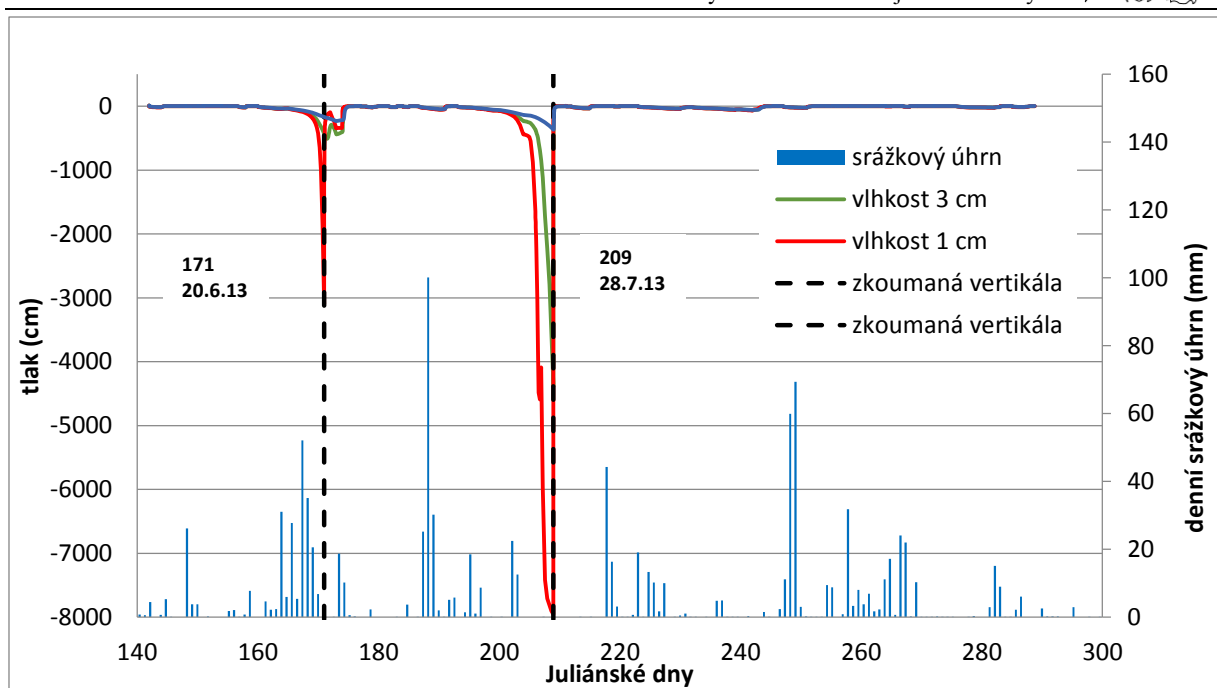
Obrázek 12-129 - Průběh modelovaných sacích tlaků v hloubkách 1 cm, 3 cm a 5 cm během sezóny 2010



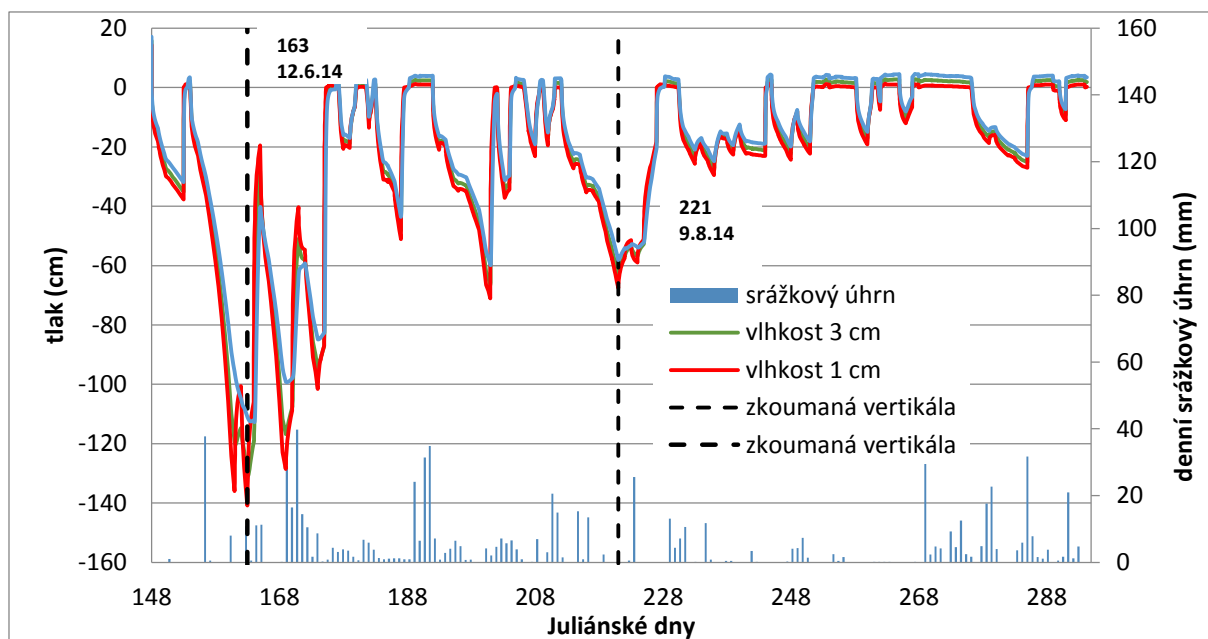
Obrázek 12-130 - Průběh modelovaných sacích tlaků v hloubkách 1 cm, 3 cm a 5 cm během sezóny 2011



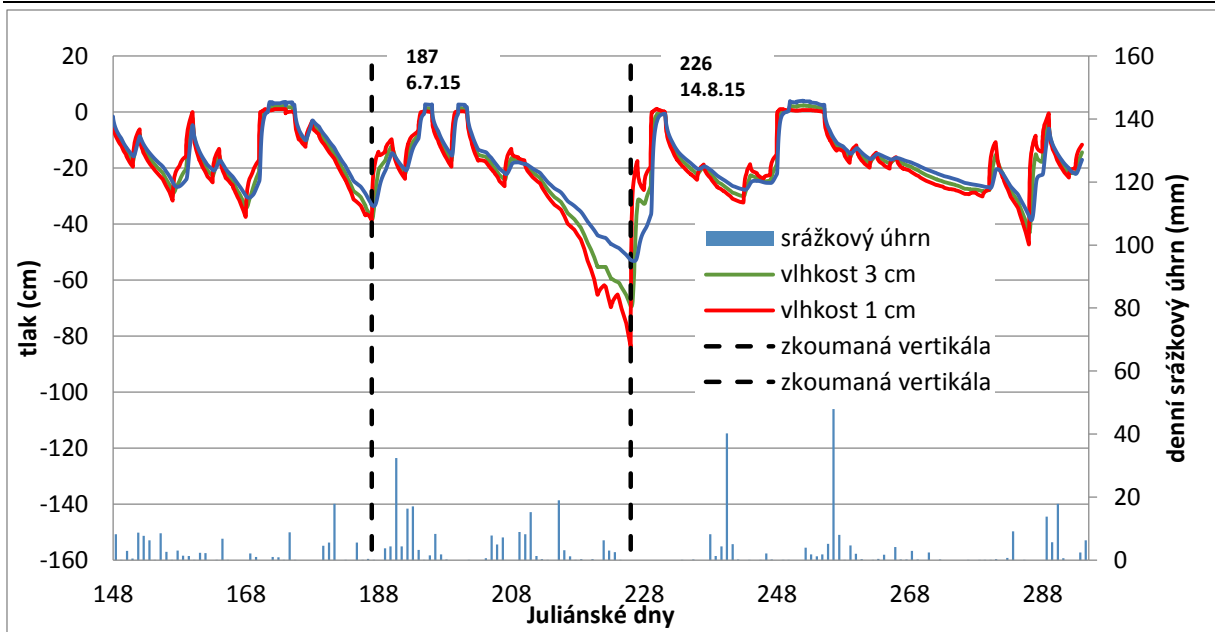
Obrázek 12-131 - Průběh modelovaných sacích tlaků v hloubkách 1 cm, 3 cm a 5 cm během sezóny 2012



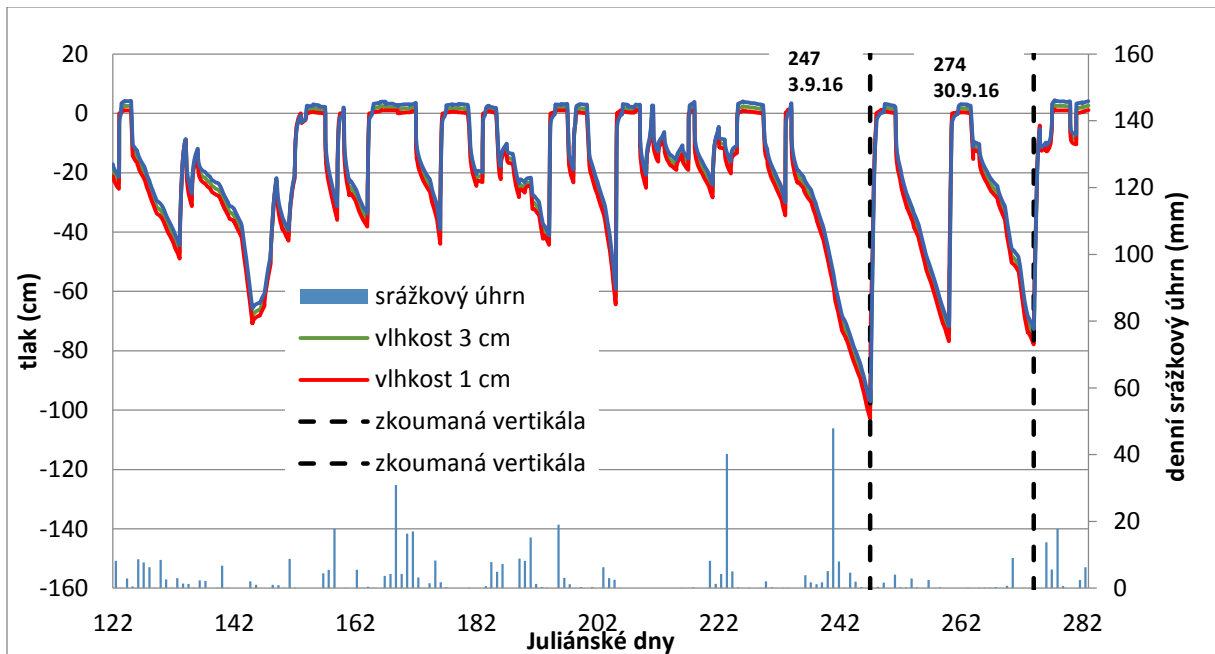
Obrázek 12-132 - Průběh modelovaných sacích tlaků v hloubkách 1 cm, 3 cm a 5 cm během sezóny 2013



Obrázek 12-133 - Průběh modelovaných sacích tlaků v hloubkách 1 cm, 3 cm a 5 cm během sezóny 2014



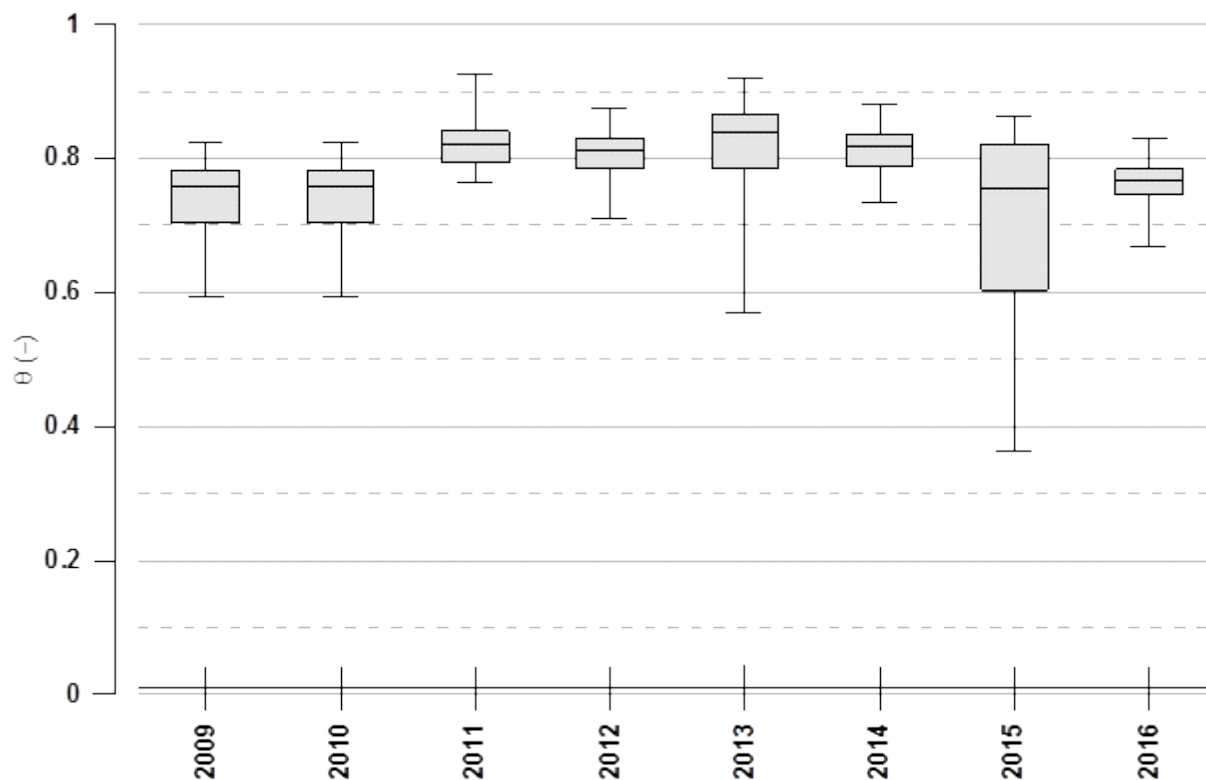
Obrázek 12-134 - Průběh modelovaných sacích tlaků v hloubkách 1 cm, 3 cm a 5 cm během sezóny 2015



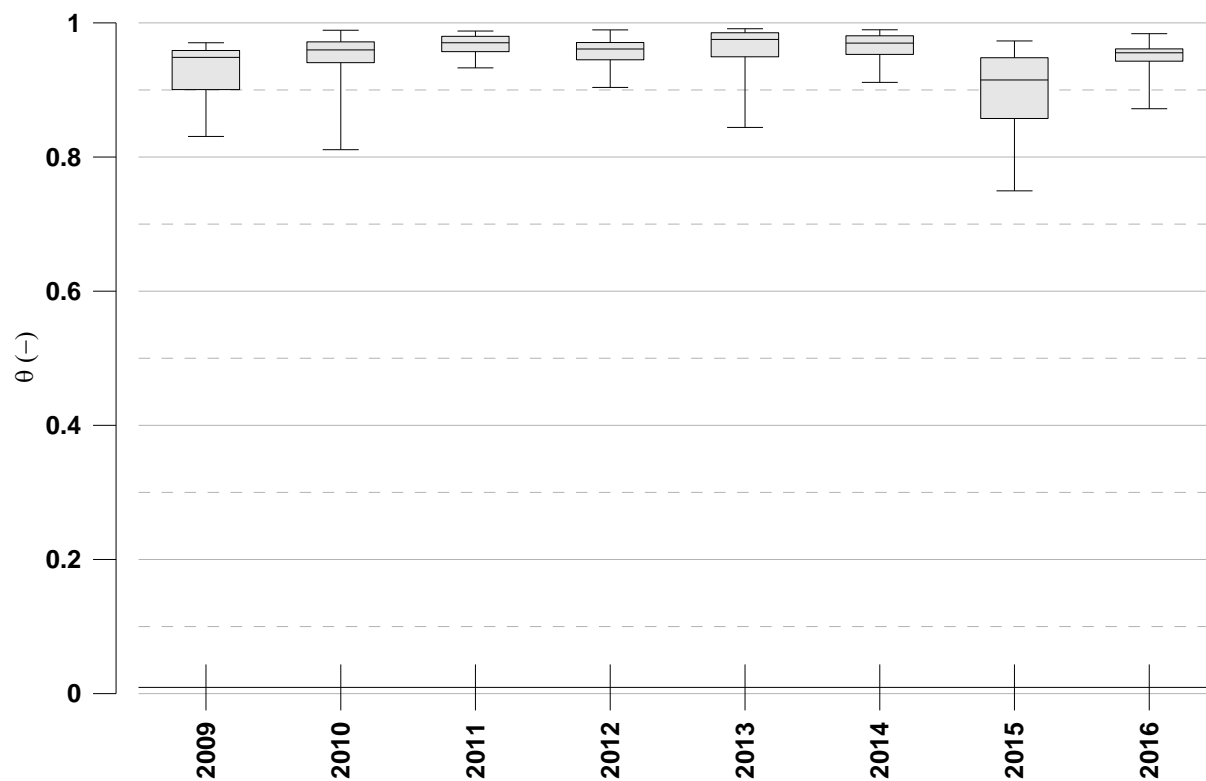
Obrázek 12-135 - Průběh modelovaných sacích tlaků v hloubkách 1 cm, 3 cm a 5 cm během sezóny 2016



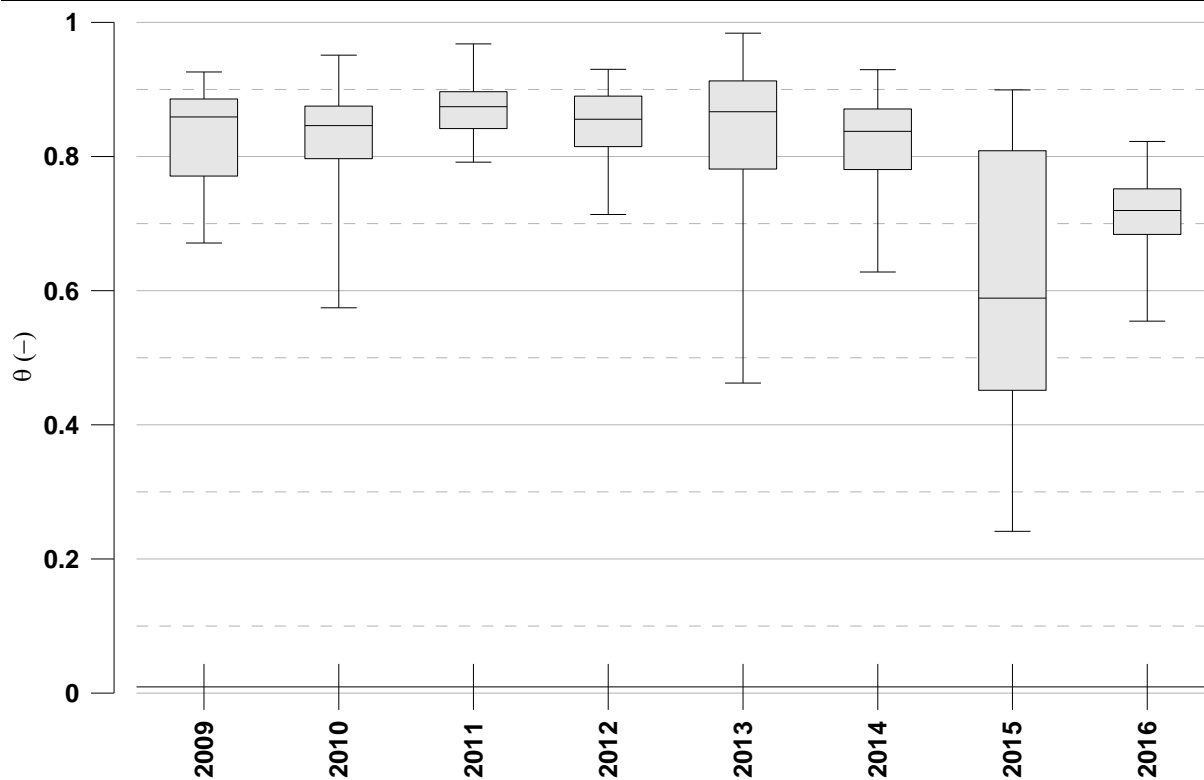
12.8 Statistické vyhodnocení objemových vlhkostí



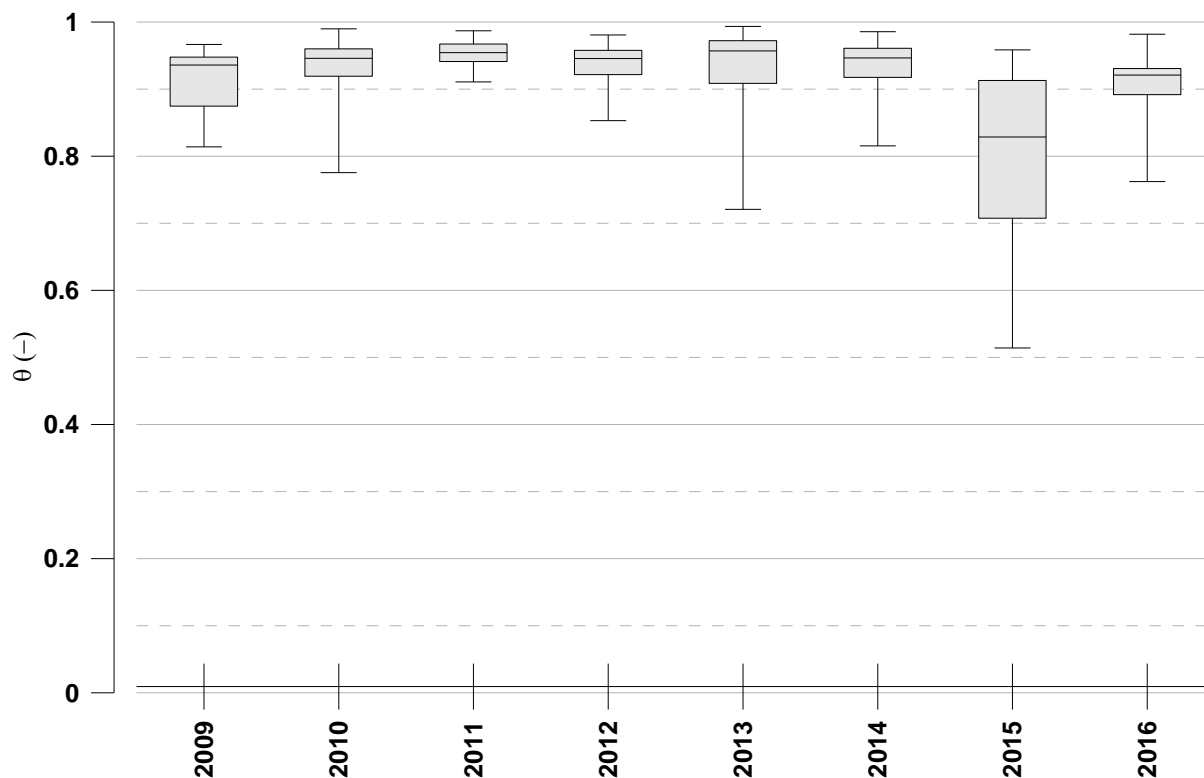
Obrázek 12-136 - Průměrné denní objemové vlhkosti měřené v oblasti vlhkostního čidla W1 v hloubce 5 cm v průběhu sezón 2009-2016



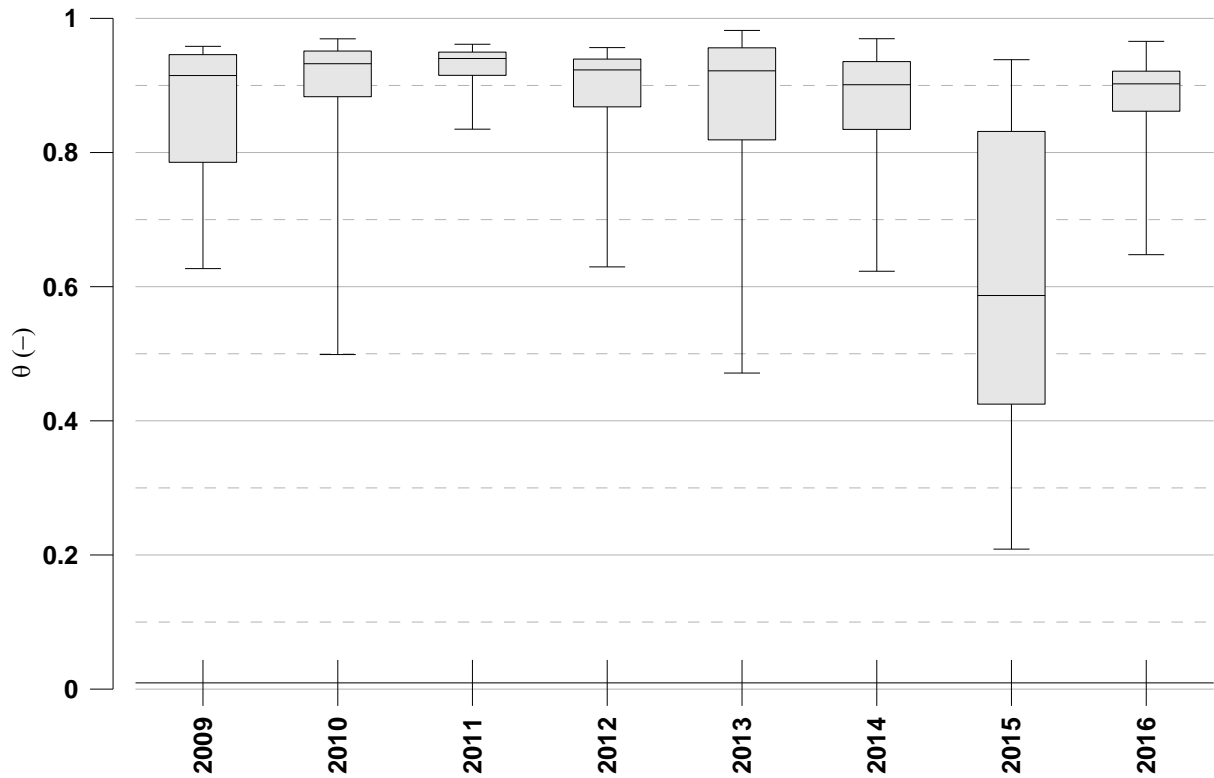
Obrázek 12-137- Průměrné denní objemové vlhkosti měřené v oblasti vlhkostního čidla W2 v hloubce 10 cm v průběhu sezón 2009-2016



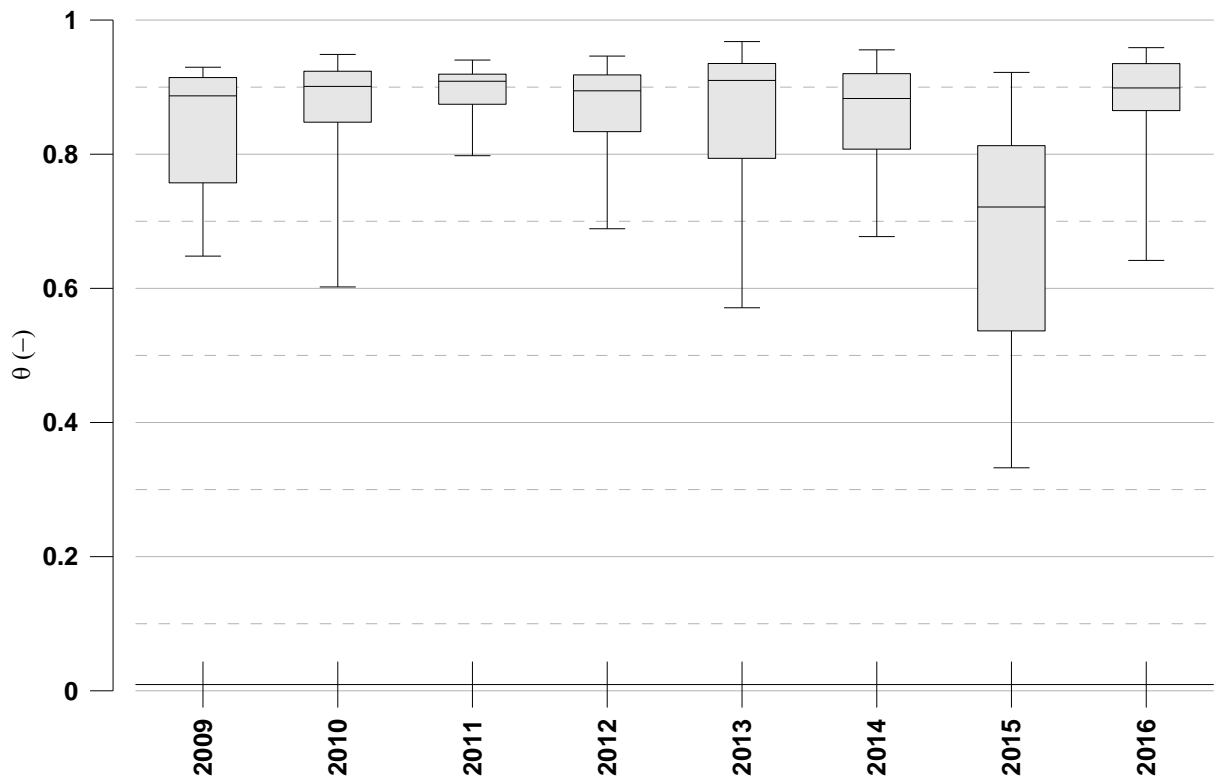
Obrázek 12-138 - Průměrné denní objemové vlhkosti měřené v oblasti vlhkostního čidla W3 v hloubce 5 cm v průběhu sezón 2009-2016



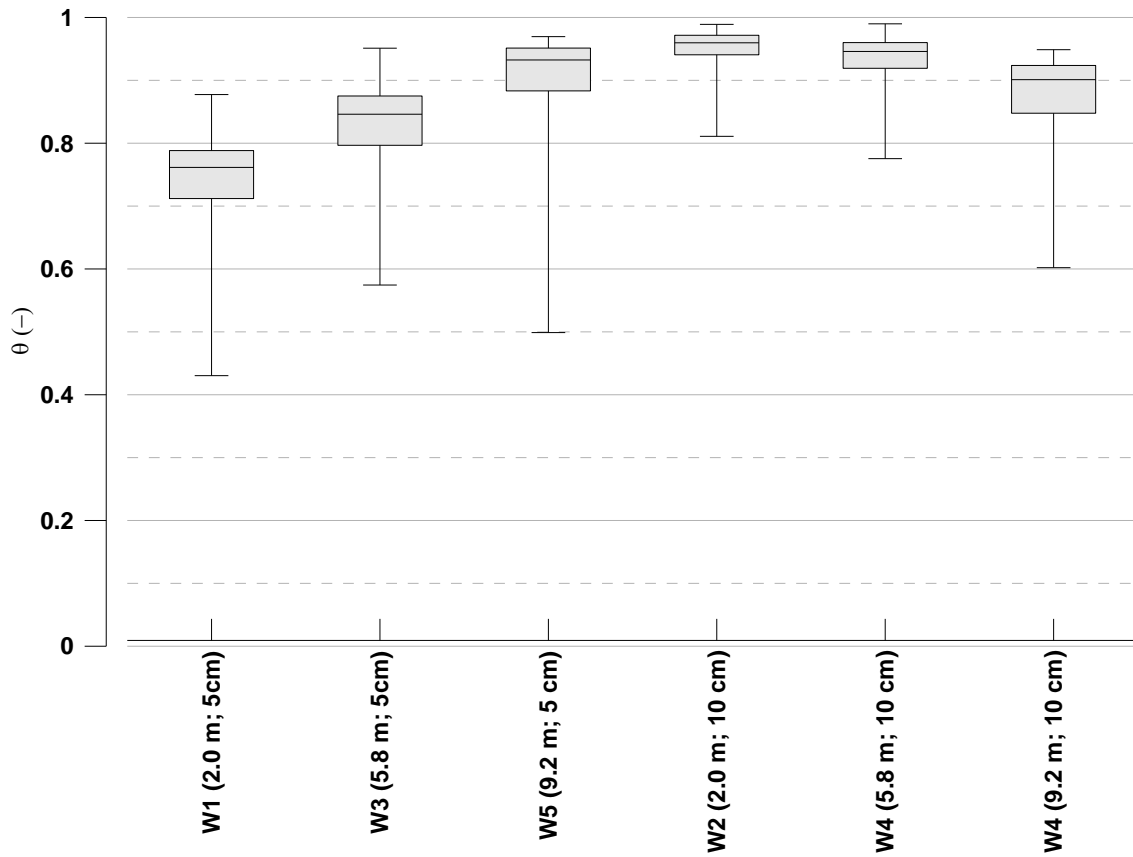
Obrázek 12-139- Průměrné denní objemové vlhkosti měřené v oblasti vlhkostního čidla W4 v hloubce 10 cm v průběhu sezón 2009-2016



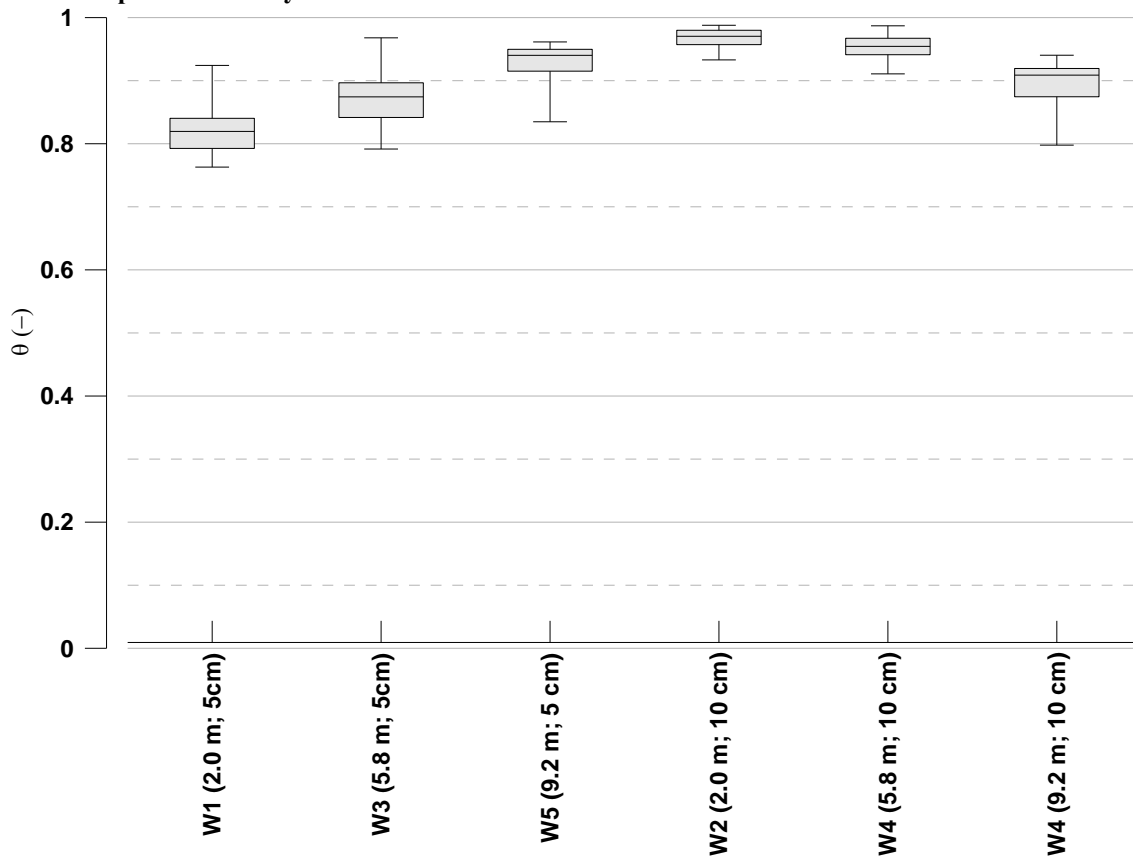
Obrázek 12-140- Průměrné denní objemové vlhkosti měřené v oblasti vlhkostního čidla W5 v hloubce 5 cm v průběhu sezón 2009-2016



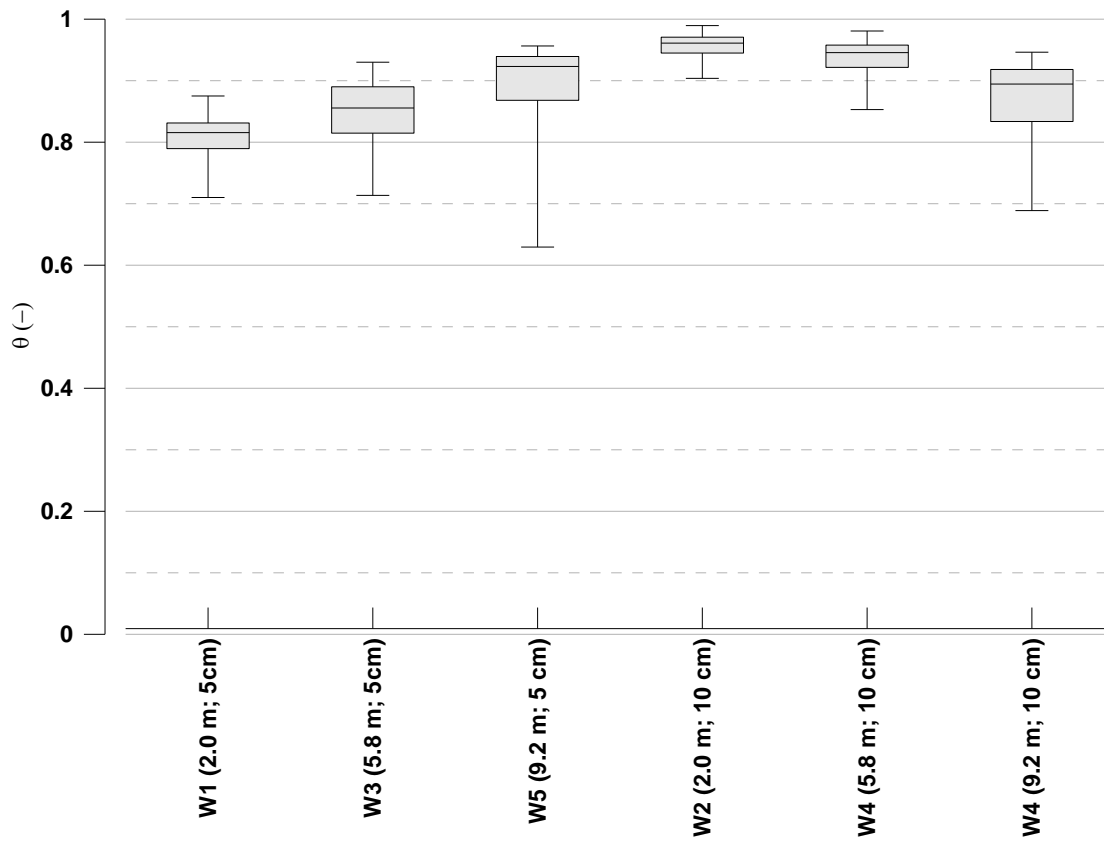
Obrázek 12-141- Průměrné denní objemové vlhkosti měřené v oblasti vlhkostního čidla W6 v hloubce 10 cm v průběhu sezón 2009-2016



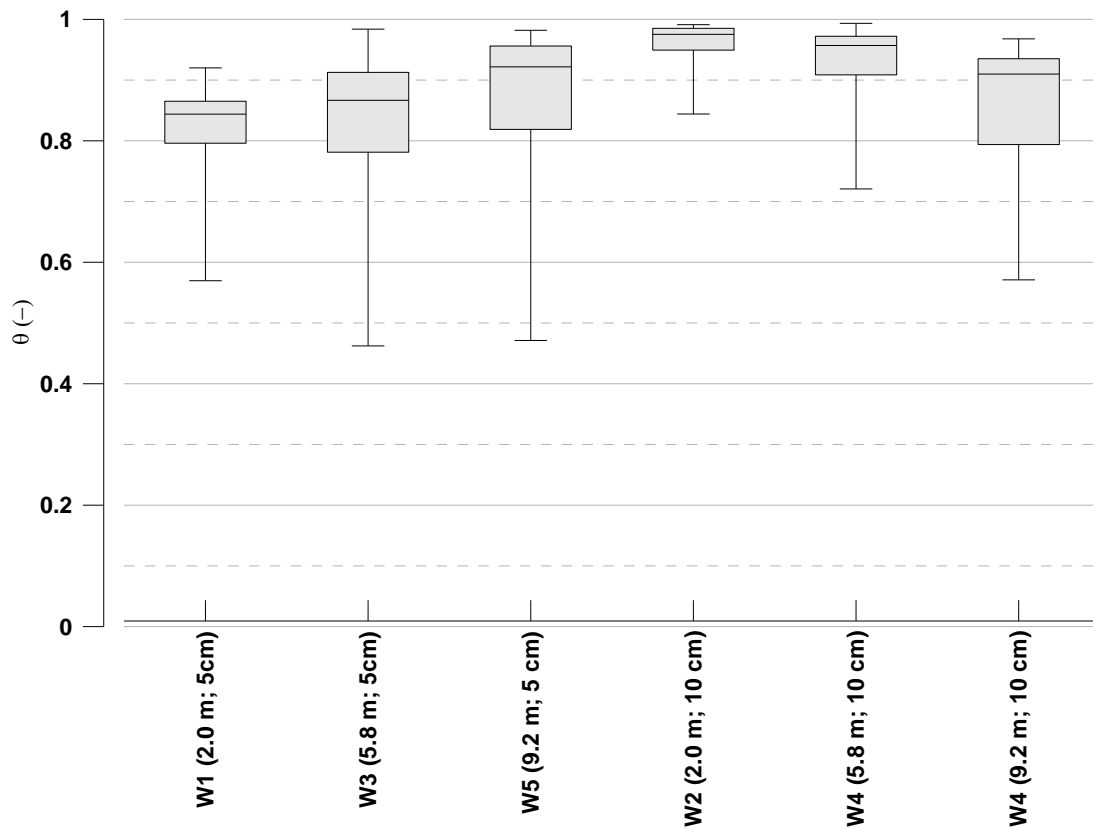
Obrázek 12-142 - Průměrné denní objemové vlhkosti vzhledem ke vzdálenosti od příkopu v hloubce 5 cm a 10 cm v průběhu sezóny 2010



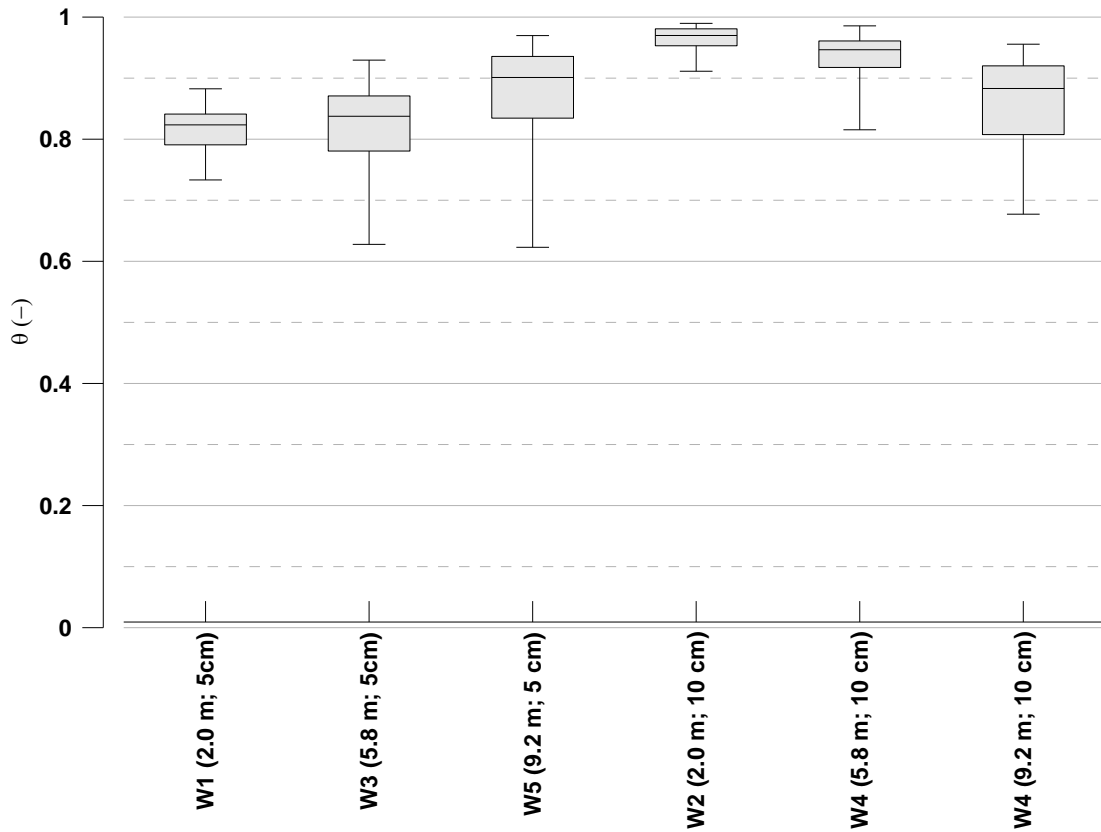
Obrázek 12-143 - Průměrné denní objemové vlhkosti vzhledem ke vzdálenosti od příkopu v hloubce 5 cm a 10 cm v průběhu sezóny 2011



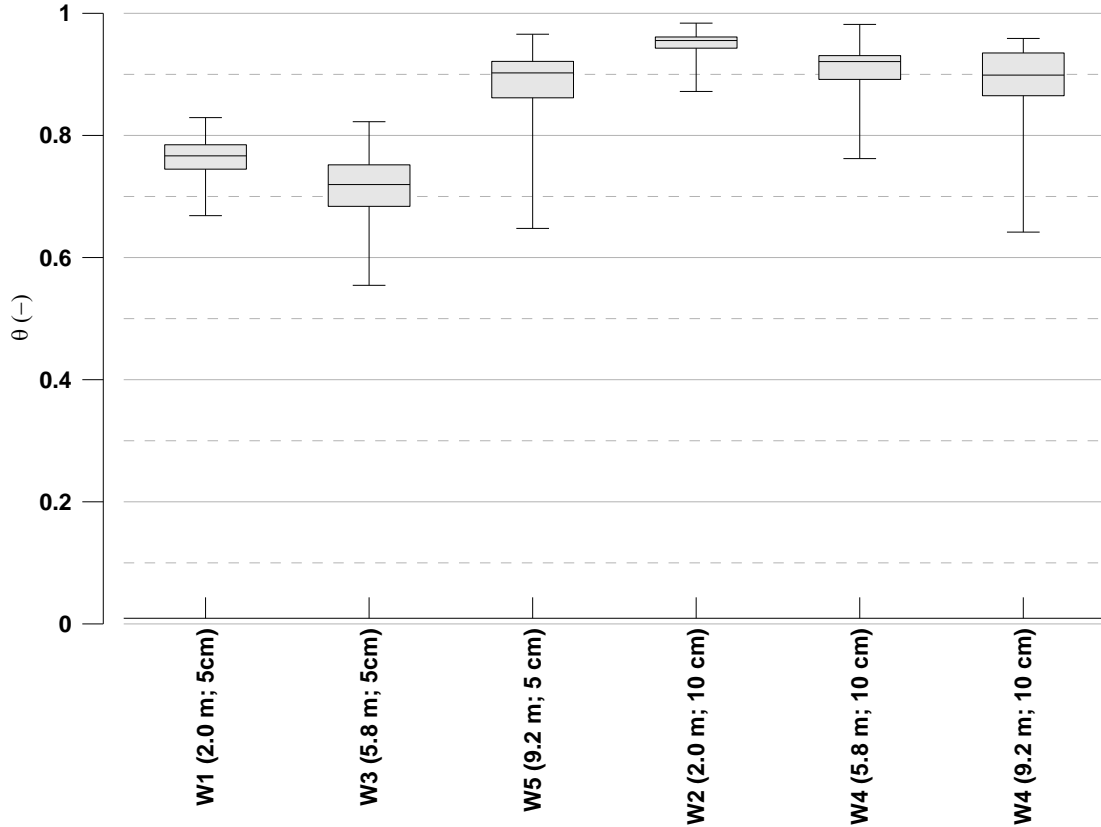
Obrázek 12-144 - Průměrné denní objemové vlhkosti vzhledem ke vzdálenosti od příkopu v hloubce 5 cm a 10 cm v průběhu sezóny 2012



Obrázek 12-145 - Průměrné denní objemové vlhkosti vzhledem ke vzdálenosti od příkopu v hloubce 5 cm a 10 cm v průběhu sezóny 2013



Obrázek 12-146 - Průměrné denní objemové vlhkosti vzhledem ke vzdálenosti od příkopu v hloubce 5 cm a 10 cm v průběhu sezóny 2014



Obrázek 12-147 - Průměrné denní objemové vlhkosti vzhledem ke vzdálenosti od příkopu v hloubce 5 cm a 10 cm v průběhu sezóny 2016



13 Fotodokumentace



Obrázek 13-1 - Příkop před osazením přehrážek (foto M. Šanda)



Obrázek 13-2 - Příkop v roce 2016 po osazení přehrážek



Obrázek 13-3 - Půdní vzorek použitý pro laboratorní kalibraci vlhkostních čidel (foto M. Šanda)



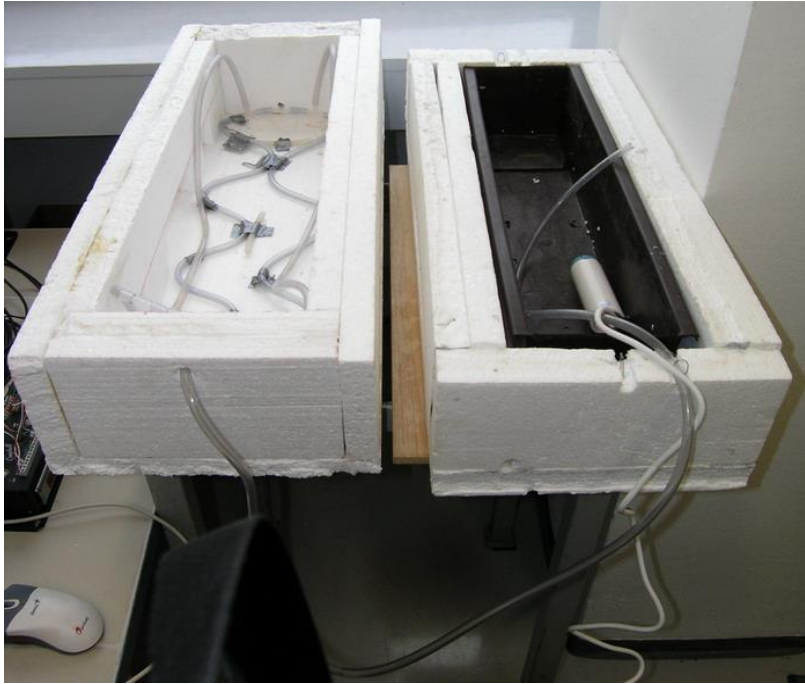
Obrázek 13-4 - Odebraný vzorek pro kalibraci vlhkostního čidla [9]



Obrázek 13-5 - Odříznutí svrchního horizontu (foto Jankovec)



Obrázek 13-6 - Manuální hutnění vzorku pro kalibraci vlhkostního čidla [9]



Obrázek 13-7 - Instalace zařízení pro kalibraci vlhkostního čidla [9]



Obrázek 13-8 - Zapojená soustava zařízení pro kalibraci vlhkostního čidla [9]



Obrázek 13-9 - Skupina tenzometrů



Obrázek 13-10 - Vlhkostní čidla CS616 instalované v hloubce 5 cm a 10 cm (foto M. Šanda)



Obrázek 13-11 - Hladinové čidlo (DV) monitorující průběh hladiny podzemní vody



Obrázek 13-12 - Instalace hladinového čidla do příkopu



Obrázek 13-13 – Dataloggeru Campbell CR1000 (foto Jankovec)



Obrázek 13-14 – Ruční sněhoměrný kolektor, solární napájení dataloggeru Campbell CR1000



Obrázek 13-15 - Meteorologická věž v OP NPR Rašeliniště Jizery (foto M. Šanda)



14 Seznam obrázků

Obrázek 2-1 - CHKO Jizerské hory	10
Obrázek 2-2 - Národní přírodní rezervace a Ochranné pásmo Rašeliniště Jizery.....	11
Obrázek 2-3 - Ochranné pásmo NPR Rašeliniště Jizery	13
Obrázek 2-4 - Zájmová lokalita VJL-A detail	13
Obrázek 2-5 - Velká jizerská louka - digitální model terénu a melioračních rýh (autor: M. Šanda).....	14
Obrázek 4-1 - Retenční křivka	21
Obrázek 5-1 - Průběh funkce vláhového strese dle Feddesa [16]	27
Obrázek 5-2 - Schéma možného přiřazení okrajových podmínek různým částem hranice při 2D proudění.....	27
Obrázek 7-1 - Velká jizerská louka, lokalita A - digitální model terénu (autor: M. Šanda)....	32
Obrázek 7-2 - Schéma měřicích zařízení na lokalitě VJL-A (autor: M. Šanda)	33
Obrázek 7-3 - Rozmístění mělkých vrtů DV, tenzometrů T a vlhkostních čidel W vůči příkopu	34
Obrázek 7-4 - Schéma měřicích zařízení umístěných v lokalitě VJL-A.....	35
Obrázek 7-5 - Vlhkostní čidlo CS616 (4)	36
Obrázek 7-6 - Schéma zařízení sestaveného pro kalibraci vlhkostního čidla (4).....	37
Obrázek 7-7 – Referenční retenční křivky pro jednotlivé hloubky měření.....	40
Obrázek 7-8 - Referenční retenční křivky pro dílčí lokality v hloubce 5-10 cm	40
Obrázek 8-1 – Podrobné geodetické zaměření rozmístění jednotlivých vlhkostních čidel, tenzometrů a mělkých vrtů v lokalitě VJL-A	41
Obrázek 8-2 - Materiálové rozlišení profilu (měřítka: cm hloubky od terénu).....	42
Obrázek 8-3 - Počáteční podmínka (lineární rozložení tlakové výšky)	45
Obrázek 8-4 - Rozložení kořenové zóny $b(x)$	45
Obrázek 8-5 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2009 v lokalitě W1+2.....	47
Obrázek 8-6 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2009 v lokalitě W1+2.....	47
Obrázek 8-7 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2009, v lokalitě W1+2.....	48
Obrázek 8-8 – Porovnání inverzně stanovené retenční křivky a měřených retenčních křivek pro mělký materiál 0-10 cm (rok 2016) a hluboký materiál 15-82 cm (rok 2008).....	50
Obrázek 8-9 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2015 v lokalitě W1+2 v hloubce 5 cm s inverzně stanovenými retenčními křivkami (viz Obrázek 12-87).....	51
Obrázek 8-10- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2015 v lokalitě W1+2 v hloubce 5 cm s dodatečně měřenou retenční křivkou (zde retenční křivka I).....	51
Obrázek 8-11- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2015 v lokalitě W1+2 v hloubce 10 cm s inverzně stanovenými retenčními křivkami	52
Obrázek 8-12- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2015 v lokalitě W1+2 v hloubce 10 cm s dodatečně měřenou retenční křivkou (zde retenční křivka I).....	52
Obrázek 8-13 - Porovnání objemové vlhkosti mezi měřením a modelem ve vegetačním období 2015 v lokalitě W1+2.....	54
Obrázek 8-14 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2013 v lokalitě W5+6 při použití modelové Varianty B	55
Obrázek 8-15 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2013 v lokalitě W5+6 při použití modelové Varianty C	56
Obrázek 8-16 – Retenční křivka stanovená měřením pro mělký horizont 5-10 cm s vyznačeným bodem vadnutí	57



Obrázek 8-17 – Průběh modelovaných vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm během sezóny 2010.....	57
Obrázek 8-18 - Porovnání měřeného a modelovaného průběhu tlakových výšek v hloubkách jednotlivých tenzometrů T17-T19, v sezóně 2009.....	58
Obrázek 8-19 - Porovnání měřeného a modelovaného průběhu tlakových výšek v hloubkách jednotlivých tenzometrů pod terénem T17-T19, v sezóně 2012.....	59
Obrázek 8-20 – Vertikální vykreslení sacího tlaku ve vybraných dnech s extrémně nízkou vlhkostí.....	60
Obrázek 8-21 – Retenční křivka inverzně stanovená pro lokalitu W1+2, horizont 0-5 cm v sezóně 2013.....	61
Obrázek 8-22 - Retenční křivka inverzně stanovená pro lokalitu W1+2, horizont 0-5 cm v sezóně 2015.....	61
Obrázek 9-1 - Průměrná objemová vlhkost během vegetačních sezón.....	63
Obrázek 9-2 -Průměrné denní objemové vlhkosti vzhledem ke vzdálenosti od příkopu v hloubce 5 cm a 10 cm v průběhu sezóny 2009.....	64
Obrázek 9-3 - Průměrné denní objemové vlhkosti vzhledem ke vzdálenosti od příkopu v hloubce 5 cm a 10 cm v průběhu sezóny 2015.....	64
Obrázek 12-1 - Měřené hodnoty retence půdní vody a fitované retenční křivky pro jednotlivé hloubky v roce 2008.....	71
Obrázek 12-2 - Měřené hodnoty retence půdní vody a fitované retenční křivky pro jednotlivé dílčí lokality v roce 2016.....	71
Obrázek 12-3 - Referenční retenční křivky pro jednotlivé hloubky v roce 2008.....	72
Obrázek 12-4 - Referenční retenční křivky pro jednotlivé lokality v hloubce 5-10 cm roce 2016.....	72
Obrázek 12-5 – Scalované body retenční čáry a referenční křivky stanovené pro hloubky 5-10 cm a 15-82 cm.....	73
Obrázek 12-6 - Průběh měření periody vlhkostního čidla a objemové hmotnosti při laboratorní kalibraci [9].....	73
Obrázek 12-7 - Kalibrační křivka vlhkostního čidla proložená ustálenými body a kalibrační křivka dle tovární kalibrace [9].....	74
Obrázek 12-8 - Horní a dolní tlakové okrajové podmínky, vegetační sezóna 2009.....	75
Obrázek 12-9 - Horní a dolní tlakové okrajové podmínky, vegetační sezóna 2010.....	75
Obrázek 12-10 - Horní a dolní tlakové okrajové podmínky, vegetační sezóna 2011.....	75
Obrázek 12-11 - Horní a dolní tlakové okrajové podmínky, vegetační sezóna 2012.....	76
Obrázek 12-12- Horní a dolní tlakové okrajové podmínky, vegetační sezóna 2013.....	76
Obrázek 12-13- Horní a dolní tlakové okrajové podmínky, vegetační sezóna 2014.....	76
Obrázek 12-14- Horní a dolní tlakové okrajové podmínky, vegetační sezóna 2015.....	77
Obrázek 12-15- Horní a dolní tlakové okrajové podmínky, vegetační sezóna 2016.....	77
Obrázek 12-16- Průběh vlhkostí měřených ve vegetační sezóně 2009.....	78
Obrázek 12-17 - Průběh HPV v mělkých vrtech DV během vegetační sezóny 2009.....	78
Obrázek 12-18- Průběh vlhkostí měřených ve vegetační sezóně 2010.....	79
Obrázek 12-19 - Průběh HPV v mělkých vrtech DV během vegetační sezóny 2010.....	79
Obrázek 12-20- Průběh vlhkostí měřených ve vegetační sezóně 2011.....	80
Obrázek 12-21 - Průběh HPV v mělkých vrtech DV během vegetační sezóny 2011.....	80
Obrázek 12-22 - Průběh vlhkostí měřených ve vegetační sezóně 2012.....	81
Obrázek 12-23 - Průběh HPV v mělkých vrtech DV během vegetační sezóny 2012.....	81
Obrázek 12-24 - Průběh vlhkostí měřených ve vegetační sezóně 2013.....	82
Obrázek 12-25 - Průběh HPV v mělkých vrtech DV během vegetační sezóny 2013.....	82
Obrázek 12-26 - Průběh vlhkostí měřených ve vegetační sezóně 2014.....	83
Obrázek 12-27 - Průběh HPV v mělkých vrtech DV během vegetační sezóny 2014.....	83



Obrázek 12-28 - Průběh vlhkostí měřených ve vegetační sezóně 2015	84
Obrázek 12-29 - Průběh HPV v mělkých vrtech DV během vegetační sezóny 2015.....	84
Obrázek 12-30 - Průběh vlhkostí měřených ve vegetační sezóně 2016.....	85
Obrázek 12-31 - Průběh HPV v mělkých vrtech DV během vegetační sezóny 2016.....	85
Obrázek 12-32 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2009 v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	86
Obrázek 12-33 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2009, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	86
Obrázek 12-34 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2009 v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	86
Obrázek 12-35- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2009, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	87
Obrázek 12-36 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2009, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	87
Obrázek 12-37 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2009, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	87
Obrázek 12-38 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2009 v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	88
Obrázek 12-39 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2009, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	88
Obrázek 12-40 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2009 v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	88
Obrázek 12-41 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2010v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	89
Obrázek 12-42 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2010, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	89
Obrázek 12-43 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2010v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	89
Obrázek 12-44 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2010v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	90
Obrázek 12-45 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2010, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	90
Obrázek 12-46 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2010v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	90
Obrázek 12-47 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2010v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	91
Obrázek 12-48 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2009, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	91
Obrázek 12-49 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2010v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	91
Obrázek 12-50 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2011v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	92
Obrázek 12-51 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2011, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	92
Obrázek 12-52 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2011v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	92
Obrázek 12-53 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2011v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	93
Obrázek 12-54 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 201 v lokalitě vlhkostních čidel W3+4.....	93



Obrázek 12-55 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2011v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	93
Obrázek 12-56 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2011v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	94
Obrázek 12-57 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2011, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	94
Obrázek 12-58 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2011v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	94
Obrázek 12-59 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2012v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	95
Obrázek 12-60 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2012, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	95
Obrázek 12-61 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2012v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	95
Obrázek 12-62 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2012v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	96
Obrázek 12-63 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2009, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	96
Obrázek 12-64 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2012v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	96
Obrázek 12-65 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2012v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	97
Obrázek 12-66 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2012, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	97
Obrázek 12-67 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2012v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	97
Obrázek 12-68 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2013v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	98
Obrázek 12-69 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2013, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	98
Obrázek 12-70 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2013v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	98
Obrázek 12-71 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2013v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	99
Obrázek 12-72 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2013, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	99
Obrázek 12-73 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2013v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	99
Obrázek 12-74 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2013v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	100
Obrázek 12-75 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2013, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	100
Obrázek 12-76 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2013v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	100
Obrázek 12-77 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2014v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	101
Obrázek 12-78 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2014, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	101
Obrázek 12-79 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2014v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	101



Obrázek 12-80 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2014v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	102
Obrázek 12-81 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2014, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	102
Obrázek 12-82 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2014v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	102
Obrázek 12-83 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2014v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	103
Obrázek 12-84 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2014, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	103
Obrázek 12-85 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2014v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	103
Obrázek 12-86 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2015v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	104
Obrázek 12-87 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2015, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	104
Obrázek 12-88 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2015v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	104
Obrázek 12-89 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2015v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	105
Obrázek 12-90 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2015, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	105
Obrázek 12-91 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2015v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	105
Obrázek 12-92 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2015v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	106
Obrázek 12-93 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2015, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	106
Obrázek 12-94 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2015v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	106
Obrázek 12-95 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2016v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	107
Obrázek 12-96 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2016, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	107
Obrázek 12-97 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2016v lokalitě vlhkostních čidel W1+2	107
Obrázek 12-98 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2016v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	108
Obrázek 12-99 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2016, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	108
Obrázek 12-100 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2016v lokalitě vlhkostních čidel W3+4	108
Obrázek 12-101 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 5 cm v sezóně 2016v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	109
Obrázek 12-102 - Retenční křivky inverzně stanovené pro materiály v jednotlivých hloubkách pro sezónu 2016, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	109
Obrázek 12-103 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v hloubce 10 cm v sezóně 2016v lokalitě vlhkostních čidel W5+6	109



Obrázek 12-104 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2009 v lokalitě W3+4 v hloubce 5 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = 0,20$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,45$)	110
Obrázek 12-105 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2009 v lokalitě W3+4 v hloubce 10 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = 0,69$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,77$)	110
Obrázek 12-106- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2010 v lokalitě W3+4 v hloubce 5 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = 0,21$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,55$)	111
Obrázek 12-107- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2010 v lokalitě W3+4 v hloubce 10 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = 0,27$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,44$)	111
Obrázek 12-108 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2011 v lokalitě W3+4 v hloubce 5 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = 0,09$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,45$)	112
Obrázek 12-109- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2011 v lokalitě W3+4 v hloubce 10 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = 0,39$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,39$)	112
Obrázek 12-110- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2012 v lokalitě W3+4v hloubce 5 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = 0,13$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,48$)	113
Obrázek 12-111- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2012 v lokalitě W3+4v hloubce 10 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = 0,42$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,43$)	113
Obrázek 12-112- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2013 v lokalitě W3+4 v hloubce 5 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = 0,51$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,66$)	114
Obrázek 12-113- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2013 v lokalitě W3+4 v hloubce 10 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = 0,44$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,42$)	114
Obrázek 12-114- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2011 v lokalitě W1+2 v hloubce 5 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = -3,44$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,18$)	115
Obrázek 12-115- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2011 v lokalitě W1+2 v hloubce 10 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = -5,92$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,33$)	115
Obrázek 12-116 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2012 v lokalitě W1+2 v hloubce 5 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = -29,66$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,33$)	116
Obrázek 12-117 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2012 v lokalitě W1+2 v hloubce 10 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = -5,92$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,48$)	116
Obrázek 12-118 - Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2014 v lokalitě W1+2 v hloubce 5 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = -4,45$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,41$)	117
Obrázek 12-119- Průběh měřené a modelované objemové vlhkosti v sezóně 2014 v lokalitě W1+2 v hloubce 10 cm s dodatečně měřenými retenčními křivkami, $E = -3,22$ (pro inverzně stanovenou retenční křivku $E = 0,22$)	117
Obrázek 12-120 – Průběh modelovaných vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm během sezóny 2009.....	118



Obrázek 12-121 – Průběh modelovaných vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm během sezóny 2010.....	118
Obrázek 12-122 – Průběh modelovaných vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm během sezóny 2011.....	118
Obrázek 12-123 – Průběh modelovaných vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm během sezóny 2012.....	119
Obrázek 12-124 – Průběh modelovaných vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm během sezóny 2013.....	119
Obrázek 12-125 – Průběh modelovaných vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm během sezóny 2014.....	119
Obrázek 12-126 – Průběh modelovaných vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm během sezóny 2015.....	120
Obrázek 12-127 – Průběh modelovaných vlhkostí v hloubce 1 cm, 5 cm a 10 cm během sezóny 2016.....	120
Obrázek 12-128 - Průběh modelovaných sacích tlaků v hloubkách 1 cm, 3 cm a 5 cm během sezóny 2009.....	121
Obrázek 12-129 - Průběh modelovaných sacích tlaků v hloubkách 1 cm, 3 cm a 5 cm během sezóny 2010.....	121
Obrázek 12-130 - Průběh modelovaných sacích tlaků v hloubkách 1 cm, 3 cm a 5 cm během sezóny 2011.....	122
Obrázek 12-131 - Průběh modelovaných sacích tlaků v hloubkách 1 cm, 3 cm a 5 cm během sezóny 2012.....	122
Obrázek 12-132 - Průběh modelovaných sacích tlaků v hloubkách 1 cm, 3 cm a 5 cm během sezóny 2013.....	123
Obrázek 12-133 - Průběh modelovaných sacích tlaků v hloubkách 1 cm, 3 cm a 5 cm během sezóny 2014.....	123
Obrázek 12-134 - Průběh modelovaných sacích tlaků v hloubkách 1 cm, 3 cm a 5 cm během sezóny 2015.....	124
Obrázek 12-135 - Průběh modelovaných sacích tlaků v hloubkách 1 cm, 3 cm a 5 cm během sezóny 2016.....	124
Obrázek 12-136 - Průměrné denní objemové vlhkosti měřené v oblasti vlhkostního čidla W1 v hloubce 5 cm v průběhu sezón 2009-2016.....	125
Obrázek 12-137- Průměrné denní objemové vlhkosti měřené v oblasti vlhkostního čidla W2 v hloubce 10 cm v průběhu sezón 2009-2016.....	125
Obrázek 12-138 - Průměrné denní objemové vlhkosti měřené v oblasti vlhkostního čidla W3 v hloubce 5 cm v průběhu sezón 2009-2016.....	126
Obrázek 12-139- Průměrné denní objemové vlhkosti měřené v oblasti vlhkostního čidla W4 v hloubce 10 cm v průběhu sezón 2009-2016.....	126
Obrázek 12-140- Průměrné denní objemové vlhkosti měřené v oblasti vlhkostního čidla W5 v hloubce 5 cm v průběhu sezón 2009-2016.....	127
Obrázek 12-141- Průměrné denní objemové vlhkosti měřené v oblasti vlhkostního čidla W6 v hloubce 10 cm v průběhu sezón 2009-2016.....	127
Obrázek 12-142 - Průměrné denní objemové vlhkosti vzhledem ke vzdálenosti od příkopu v hloubce 5 cm a 10 cm v průběhu sezóny 2010.....	128
Obrázek 12-143 - Průměrné denní objemové vlhkosti vzhledem ke vzdálenosti od příkopu v hloubce 5 cm a 10 cm v průběhu sezóny 2011.....	128
Obrázek 12-144 - Průměrné denní objemové vlhkosti vzhledem ke vzdálenosti od příkopu v hloubce 5 cm a 10 cm v průběhu sezóny 2012.....	129
Obrázek 12-145 - Průměrné denní objemové vlhkosti vzhledem ke vzdálenosti od příkopu v hloubce 5 cm a 10 cm v průběhu sezóny 2013.....	129



Obrázek 12-146 - Průměrné denní objemové vlhkosti vzhledem ke vzdálenosti od příkopu v hloubce 5 cm a 10 cm v průběhu sezóny 2014.....	130
Obrázek 12-147 - Průměrné denní objemové vlhkosti vzhledem ke vzdálenosti od příkopu v hloubce 5 cm a 10 cm v průběhu sezóny 2016.....	130
Obrázek 13-1 - Příkop před osazením přehrážek (foto M. Šanda).....	131
Obrázek 13-2 - Příkop v roce 2016 po osazení přehrážek	132
Obrázek 13-3 - Půdní vzorek použitý pro laboratorní kalibraci vlhkostních čidel (foto M. Šanda).....	132
Obrázek 13-4 - Odebraný vzorek pro kalibraci vlhkostního čidla [9]	133
Obrázek 13-5 - Odříznutí svrchního horizontu (foto Jankovec)	133
Obrázek 13-6 - Manuální hutnění vzorku pro kalibraci vlhkostního čidla [9].....	133
Obrázek 13-7 - Instalace zařízení pro kalibraci vlhkostního čidla [9]	134
Obrázek 13-8 - Zapojená soustava zařízení pro kalibraci vlhkostního čidla [9].....	134
Obrázek 13-9 - Skupina tenzometrů.....	134
Obrázek 13-10 - Vlhkostní čidla CS616 instalované v hloubce 5 cm a 10 cm (foto M. Šanda)	135
Obrázek 13-11 - Hladinové čidlo (DV) monitorující průběh hladiny podzemní vody	135
Obrázek 13-12 - Instalace hladinového čidla do příkopu.....	135
Obrázek 13-13 – Dataloggeru Campbell CR1000 (foto Jankovec)	136
Obrázek 13-14 – Ruční sněhoměrný kolektor, solární napájení dataloggeru Campbell CR1000	136
Obrázek 13-15 - Meteorologická věž v OP NPR Rašeliniště Jizery (foto M. Šanda)	137



15 Seznam tabulek

Tabulka 7-1 - Přehled pojmenování a umístění vlhkostních čidel	35
Tabulka 7-2 - hodnoty nasycené hydraulické vodivosti.....	38
Tabulka 7-3 - Parametry retenčních křivek scalovaných dle jednotlivých hloubek	39
Tabulka 7-4 - Parametry retenčních křivek scalovaných dle jednotlivých dílčích lokalit	39
Tabulka 7-5 - Parametry modifikovaných retenčních křivek pro celou lokalitu VJL-A	40
Tabulka 8-1 - Přehled použitých retenčních křivek pro Variantu A	46
Tabulka 8-2 - Parametry retenčních křivek pro sezónu 2009, v lokalitě W1+2	48
Tabulka 8-3 - Hodnoty koeficientu dobré shody v jednotlivých vegetačních sezónách pro Variantu A	48
Tabulka 8-4- Přehled použitých retenčních křivek pro Variantu B	49
Tabulka 8-5 - Hodnoty koeficientu dobré shody v jednotlivých vegetačních sezónách pro Variantu B	50
Tabulka 8-6- Přehled použitých retenčních křivek pro Variantu C	54
Tabulka 8-7 - Hodnoty koeficientu dobré shody v jednotlivých vegetačních sezónách pro Variantu C	55
Tabulka-12-1 - Parametry retenčních křivek pro sezónu 2009, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2.....	86
Tabulka 12-2 - Parametry retenčních křivek pro sezónu 2009, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4.....	87
Tabulka 12-3- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2009, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6.....	88
Tabulka 12-4- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2010, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2.....	89
Tabulka 12-5- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2010, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4.....	90
Tabulka 12-6- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2010, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6.....	91
Tabulka 12-7- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2011, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2.....	92
Tabulka 12-8- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2011, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4.....	93
Tabulka 12-9- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2011, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6.....	94
Tabulka 12-10- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2012, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2.....	95
Tabulka 12-11- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2012, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4.....	96
Tabulka 12-12- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2012, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6.....	97
Tabulka 12-13- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2013, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2.....	98
Tabulka 12-14- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2013, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4.....	99
Tabulka 12-15- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2013, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6.....	100
Tabulka 12-16- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2014, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2.....	101



Tabulka 12-17- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2014, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4.....	102
Tabulka 12-18- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2014, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6.....	103
Tabulka 12-19- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2015, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2.....	104
Tabulka 12-20- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2015, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4.....	105
Tabulka 12-21- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2015, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6.....	106
Tabulka 12-22- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2016, v lokalitě vlhkostních čidel W1+2.....	107
Tabulka 12-23- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2016, v lokalitě vlhkostních čidel W3+4.....	108
Tabulka 12-24- Parametry retenčních křivek pro sezónu 2016, v lokalitě vlhkostních čidel W5+6.....	109