

UNIVERZITA KARLOVA

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Hydrologie a hydrogeologie

Studijní obor: Povrchová a podzemní voda



Izabela Bašta Spinali

Povrchové a podzemní vody v oblasti Libického luhu

Surface and ground water of the Libický floodplain forest

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. et Mgr. Tomáš Weiss

Praha, 2022

Zadání bakalářské práce

Název práce

Povrchové a podzemní vody v oblasti Libického luhu

Surface and ground water of the Libický floodplain forest

Cíle práce

Mrtvá ramena v nivě Labe představují mimořádně cenné biotopy. Mnohá z nich jsou odříznuta od běžných průtoků i od občasného povodňování, což urychluje jejich zazemňování. V území vně ochranných hrází nefunguje přirozená povodňová dynamika, zaniklá mrtvá ramena nejsou nahrazována novými a krajina ztrácí velmi důležité vodní prvky. Cílem práce je důkladnou rešerší popsat současnou hydrologii a hydrogeologii oblasti Libického luhu a na vybraných hydrogeologických vrtech zanalyzovat průběh hladiny podzemní vody uvnitř a vně luhu v rámci roku a pro celé období záznamu.

Datum zadání: 17.8.2020

Jméno studenta: Izabela Bašta Spinali

Podpis:

Jméno vedoucího práce: Mgr. et Mgr. Tomáš Weiss

Podpis:

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne

Izabela Bašta Spinali

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat svému školiteli Mgr. et Mgr. Tomášovi Weissovi za odborné rady, ochotu a vstřícnost při vedení mé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat také své rodině za podporu a trpělivost při psaní této práce i za podporu během celého mého studia.

Abstrakt

Oblast Libického luhu byla v kvartéru utvářena především působením řeky Labe, která zde zanechala soustavu slepých a mrtvých ramen, tůní, mokřadů, lužního lesa a podmáčených luk, propojenou mělkou podzemní vodou kvartérního kolektoru. V období svrchní křídly byla oblast Libického luhu zaplavena mořem a díky tomu se nyní v podloží Libického luhu nachází cenomanský kolektor minerálních vod poděbradské zřídelní struktury, která je součástí české křídové pánve. Tato práce přináší přehled informací o vodách v oblasti Libického luhu, zejména o vývoji povrchových vod během posledních zhruba 2000 let, o podzemních vodách kvartérního kolektoru a o minerálních vodách poděbradské zřídelní struktury. To vše práce zasazuje do kontextu klimatických, geologických, pedologických a v neposlední řadě ekologických podmínek oblasti Libického luhu, který je významným ekosystémem z hlediska biodiverzity v jinak poměrně hustě osídlené zemědělské krajině.

Klíčová slova: Libický luh, povrchová voda, hydrologie, Labe, podzemní voda, hydrogeologie, cenomanský kolektor, česká křídová pánev, poděbradská zřídelní struktura, lužní les

Abstract

In the Quaternary, the area of the Libický floodplain forest was shaped mostly by the action of the Elbe river. The river generated a structure of oxbow lakes, pools, wetlands, floodplain forests or wet grasslands. These are connected by shallow groundwater of the Quaternary aquifer. During the Upper Cretaceous period, the area of Libický forest was flooded by the sea, which resulted in the formation of the bedrock of Libický forest – now the Cenomanian aquifer of the Poděbrady mineral spring structure. This aquifer is part of the Bohemian Cretaceous Basin. This thesis provides an overview about the waters in the area of the Libický forest, especially about: the development of the structures of surface water during the last ~2k years, groundwater of the quaternary aquifer and mineral water of the Poděbrady mineral spring structure. Finally, this thesis contextualizes this knowledge into climatic, geological, pedologic and also to ecological conditions of the area of Libický luh which is an important ecosystem in terms of biodiversity in otherwise relatively densely populated agricultural landscape.

Key words: Libický luh, surface water, hydrology, Elbe, groundwater, hydrogeology, Cenomanian aquifer, Bohemian Cretaceous Basin, Poděbrady mineral spring structure, floodplain forest

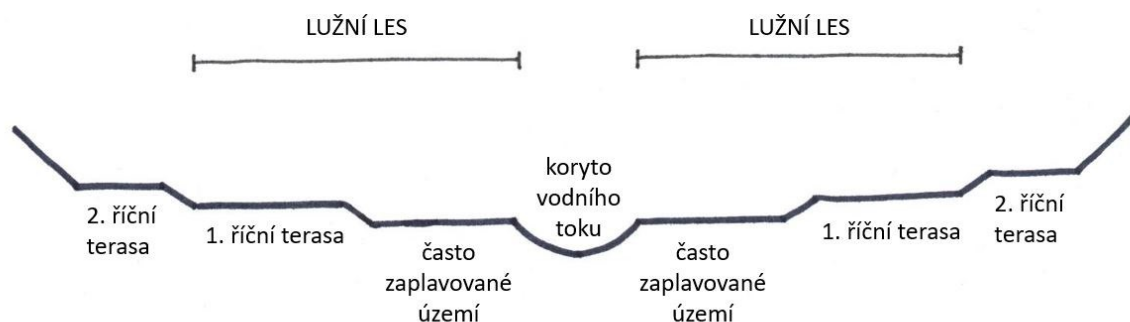
1	Úvod	1
2	Lužní les	2
2.1	Rozšíření lužních lesů v Evropě	2
2.2	Lužní lesy v Česku	3
3	Národní přírodní rezervace Libický luh	6
3.1	Předměty ochrany	7
3.2	Klima	9
3.3	Geologie	10
3.4	Půda	13
4	Povrchové vody v oblasti Libického luhu	15
4.1	Vývoj během posledních zhruba 2000 let	16
5	Podzemní vody v oblasti Libického luhu	18
5.1	Kolektory české křídové pánve	18
5.1.1	Poděbradská zřídelní struktura	20
5.1.1.1	Vrty minerální vody ve Velkém Oseku	21
5.2	Svrchní kvartérní kolektor	22
5.2.1	Úroveň hladiny podzemní vody	22
5.2.2	Kvalita vody	23
5.2.3	Vodohospodářské využití	24
6	Vývoj hladiny podzemní vody ve vybraných vrtech	25
6.1	Metodika	25
6.1.1	Použitá data	25
6.1.2	Postup	26
6.2	Výsledky	27
6.3	Diskuze	30
7	Závěr	32
8	Zdroje	33
9	Seznam obrázků	38
10	Seznam tabulek	38

1 Úvod

Cílem práce je shrnout informace o povrchových a podzemních vodách v oblasti Libického luhu. Popsat vývoj řeky Labe, která během našeho letopočtu neustále měnila polohu svého koryta a utvářela tak vodou velmi ovlivněné prostředí Libického luhu (Klíma 1978). Dále v teoretické části, ale i pomocí vlastních výpočtů popsat vlastnosti mělkých podzemních vod kvartérního kolektoru, které celou soustavu povrchových vod, mokřadů, lužního lesa a podmáčených luk spojují dohromady a dále také popsat minerální vodu poděbradské zřidelní struktury, která se v podloží Libického luhu nachází (VÚV TGM 2015). To vše by měla práce zasadit do klimatického, geologického, pedologického ale také ekologického kontextu oblasti Libického luhu, který je významným ekosystémem z hlediska biodiverzity v jinak poměrně hustě osídlené zemědělské krajině (Maděra 2007).

2 Lužní les

Lužní les neboli luh je periodicky zaplavovaný les s hladinou podzemní vody blízko povrchu, který se vyskytuje podél vodního toku (Naiman et al. 1998). Lužní lesy se nacházejí v údolních nivách (Maděra 2007), přirozeně se rozkládají od kraje koryta vodního toku přes často zaplavované území až po přiléhající říční terasu (Naiman et al. 1998).



Obrázek 1: Umístění lužního lesa v říčním údolí (upraveno dle Naiman et al. 1998 a Craft 2016)

Lužní lesy jsou díky svému porostu schopny zpomalit vodní proud při povodních (Just et al. 2005). Zároveň jsou schopny část vody zadržet (Zelinka 2008). Lužní lesy tak mají významnou roli v retenci (Zelinka 2008) a zpomalování povodňových vod (Just et al. 2005). Jejich další význam spočívá v ochraně před erozí břehů a před vstupem polutantů do vodního toku. Dalšími důvody důležitosti lužních lesů jsou ochrana vodních zdrojů a vysoká biodiverzita (Klimo 2003).

2.1 Rozšíření lužních lesů v Evropě

V Evropě jsou lužní lesy rozšířeny v různých nadmořských výškách i v různých klimatech od jihoarktické oblasti až po oblast mediteránní. Lužní lesy se dle klimatických oblastí liší (Maděra 2007) a Bohn a Neuhäusl (2003) je dělí podle mapy přirozené vegetace Evropy na pět hlavních typů:

1. Jihoarktické lužní křoviny, ve kterých rostou především keřové vrby (*Salix*) a olše (*Alnus*). Stromovité druhy zde kvůli arktickému klimatu růst nemohou.
2. Boreální lužní lesy, které jsou tvořeny jehličnany s keřovým podrostem, chladnomilnými listnatými stromy a keřovými vrbami. Na jižní hranici jsou přimíchány duby (*Quercus*), olše, lípy (*Tilia*) a jilmy (*Ulmus*).

3. Nemorální¹ lužní lesy, ve kterých nerostou žádné jehličnany. Lužní lesy na území Česka se řadí do této skupiny.
4. Mediteránní a submediteránní lužní lesy a křoviny, které jsou tvořeny topoly (*Populus*), jasany (*Fraxinus*), jilmy, duby, olšemi, javory (*Acer*) a stálezelenými druhy. Hojně se zde vyskytují také liány. Na jihu a východě mediteránu se vyskytují i platany (*Platanus*). Podél dočasně vysychajících vodních toků se vyskytují lužní křoviny, které jsou tvořeny především tamaryšky (*Tamarix*) a oleandry (*Nerium*).
5. Kontinentální měkké luhy a tamaryškové lužní křoviny, které se nacházejí ve východní a jihovýchodní kontinentální části Evropy podél veletoků. Lužní křoviny stepí a pouští jsou tvořeny především halofilními druhy.

2.2 Lužní lesy v Česku

Odlesňování pramenných oblastí v období středověké kolonizace způsobilo zvýšenou erozi a změny v hydrologickém režimu řek. Zápory se staly častějšími a rozsáhlejšími. Členitější povrch údolních niv tvořený především štěrkopísky byl zarovnán záplavovými kaly, které se usadily jako povodňové hlíny. Díky ukládání záplavových kalů mají nivní půdy vysoký obsah živin. To umožňuje vysokou produkci biomasy. Pravidelné záplavy ale znemožnily přeměnu na ornou půdu. Lužní lesy, které leží většinou v hustě osídlené zemědělské krajině, tak se svou vysokou biodiverzitou hrají důležitou roli pro ekologickou stabilitu krajiny (Maděra 2007).

Stromy, které rostou v českých lužních lesích, snášejí dočasné zamokření půdy. Kromě stromového a keřového patra se zde nachází i bohaté bylinné patro. V období od března do května tvoří kvetoucí byliny v lužním lese jarní aspekt. Na bázích kmenů a mrtvém dřevě rostou mechy. Pestrost zde rostoucích rostlinných druhů ilustruje tabulka níže. Typickými půdními typy pro lužní lesy jsou fluvizemě nebo gleje. (Neuhäuslová a Chytrý 2010)

¹ hájový (Chytrý 2020), lesní (Randuška et al. 1968)

Tabulka 1: Příklady vegetace vyskytující se v lužních lesích Česka (Neuhäuslová a Chytrý 2010, upraveno)

stromové patro	olše (<i>Alnus</i>), jasaný (<i>Fraxinus</i>), jilmy (<i>Ulmus</i>), dub letní (<i>Quercus robur</i>), stromové vrby (<i>Salix alba</i> , <i>Salix fragilis</i>), topol bílý (<i>Populus alba</i>), topol černý (<i>Populus nigra</i>)
keřové patro	bez černý (<i>Sambucus nigra</i>)
bylinné patro	bršlice kozí noha (<i>Aegopodium podagraria</i>), česnáček lékařský (<i>Alliaria petiolata</i>), kerblík lesní (<i>Anthriscus sylvestris</i>), kuklík městský (<i>Geum urbanum</i>), popenec obecný (<i>Glechoma hederacea</i>), hluchavka skvrnitá (<i>Lamium maculatum</i>), lipnice obecná (<i>Poa trivialis</i>), ostružiník ježiník (<i>Rubus caesius</i>), kopřiva dvoudomá (<i>Urtica dioica</i>); rostliny tvořící jarní aspekt: medvědí česnek (<i>Allium ursinum</i>), sasanka hajní (<i>Anemone nemorosa</i>), sasanka pryskyřníkovitá (<i>Anemone ranunculoides</i>), blatouch bahenní (<i>Caltha palustris</i>), dymnivka dutá (<i>Corydalis cava</i>), orsej jarní (<i>Ficaria verna</i>), křivatec žlutý (<i>Gagea lutea</i>), sněženka podsněžník (<i>Galanthus nivalis</i>), bledule jarní (<i>Leucojum vernum</i>)



Obrázek 2: Jarní Libický luh s rozkvetlým česnekem medvědí (*Allium ursinum*) v bylinném patře, květen 2021. Foto: Tomáš Weiss

Vegetace v lužních lesích se liší dle vzdálenosti od vodního toku, ale také podle toho, zda se jedná o horní, střední nebo dolní tok. Na horních tocích je vegetace silně narušována rychlým proudem vody při opakovaných krátkodobých záplavách. Na dolních tocích dochází k záplavám většinou jednou ročně na jaře, voda přichází pomaleji a vodní proud nepoškozuje vegetaci, záplava ale trvá déle. Na horních tocích se nachází horské olšiny, na středních tocích jasanovo-olšové luhy a na dolních tocích tvrdé a měkké luhy (Neuhäuslová a Chytrý 2010). Tvrdé luhy se vyskytují dále od toku, jsou zaplavovány méně často a po kratší dobu. Nazývají se tvrdé, protože v nich rostou především stromy s tvrdým dřevem, a to duby, jasanů a jílmů (Maděra 2007). Tyto stromy vydrží být zaplaveny až tři měsíce do výšky až 2,5 m (Dister 1990). Měkké luhy se vyskytují blíže toku, jsou zaplavovány častěji a záplava trvá delší dobu, rostou zde dřeviny s měkčím dřevem jako topoly, vrby a olše (Maděra 2007). Vrba bílá (*Salix alba*) vydrží záplavu až 190 dní v roce s hladinou vody až přes 4 m (Dister 1990).

V České republice se lužní lesy nachází například v oblasti soutoku řek Moravy a Dyje, v Litovelském Pomoraví nebo v nivách Labe a Odry. Dohromady se rozkládají na ploše asi 33 tisíc hektarů (Menšík et al. 2015). Významným labským luhem je právě Libický luh, kterému se tato práce věnuje v následujících kapitolách.

3 Národní přírodní rezervace Libický luh

Národní přírodní rezervace (NPR) Libický luh, která byla vyhlášena v roce 1985, je komplex lužního lesa ve Středočeském kraji ležící mezi obcemi Libice nad Cidlinou a Velký Osek. Rozkládá se v ploché labské nivě směrem na jihovýchod od soutoku řek Labe a Cidliny a na své jihovýchodní hranici přímo navazuje na zástavbu obce Velký Osek. Západní hranice NPR je tvořena regulovaným tokem Labe (AOPK 2015b). Se svou rozlohou 444,42 ha se jedná o největší lužní les v Čechách (Formanová et al. 2008). Geomorfologicky leží Libický luh v oblasti Středolabské tabule v podcelku Nymburská kotlina v okrsku Poděbradská rovina (Demek a Mackovčín 2006). Nadmořská výška území se pohybuje od 189 m do 192 m nad mořem (AOPK 2015b).

Od roku 2007 je zprovozněn úsek dálnice D11, který protíná severní část Libického luhu. Při stavbě byly v NPR poškozeny některé louky a tůň. Přestože je dálnice výraznou migrační bariérou, zůstala část severně od dálnice součástí NPR, jelikož je přírodovědně velmi cenná. Pozemky dálnice byly z NPR vyjmuty při jejím přehlášení v roce 2014, stejně tak zpevněná cesta z Velkého Oseka do osady Na Přívoze. (AOPK 2015b)

Národní přírodní rezervace Libický luh



Obrázek 3: NPR Libický luh. Zdroj dat: AOPK 2022, ČÚZK 2022c.

3.1 Předměty ochrany

Na vodní režim panující v Libickém luhu je vázáno mnoho rostlin i živočichů. Mnozí z nich jsou ohrožení, někteří až kriticky (AOPK 2015b). NPR chrání společenstva měkkých a tvrdých luhů nížinných řek, dubohabřin a mokřadních olšin a společenstva luk a mokřadů. (AOPK 2015a).

Dokument z roku 1743 i vojenské mapy z pozdější doby uvádí u Libice nad Cidlinou les o rozloze asi 490 ha, což je přibližně stejný rozsah jako dnes. Po roce 1896 došlo k radikálním převodům lesa nízkého s obmýtím 20 a 40 let na les vysoký s obmýtím 80 a 100 let (AOPK 2015b). Tento převod na les vysoký je jedním z důvodů snížení diversity bezobratlých nížinných lesů (Konvička et al. 2006). V Libickém luhu je možné tuto souvislost sledovat na vymizení vzácných denních motýlů. Na začátku 20. století byly libické lesy tvořeny z 97 % listnatými stromy a tento poměr se dále již výrazně neměnil. (AOPK 2015b)

Většinu dnešního území tvoří lesní porosty tvrdého luhu, které jsou na jaře zaplavovány a hladina podzemní vody je většinu roku více než 1 m pod povrchem. Stromové patro je zde tvořené dubem letním, jasanem ztepilým (*Fraxinus excelsior*), olší lepkavou (*Alnus glutinosa*), jilmu, lípou srdčitou (*Tilia cordata*), habrem obecným (*Carpinus betulus*) a javorem babyka (*Acer campestre*). Od 30. let minulého století se v Libickém luhu objevila grafióza jilmů, která početnost jilmů velmi snížila. Keřové patro je tvořeno například střemchou obecnou (*Prunus padus*) nebo lípou srdčitou a bylinné patro je typické bohatým jarním aspektem především s dymnivkou dutou. Vyskytuje se zde také silně ohrožený druh orchideje kruštík polabský (*Epipactis albensis*). (AOPK 2015b)

Menší část rezervace pak tvoří měkké luhy s porostem vrby bílé, mokřadní olšiny a dubohabřiny. V mokřadní olšině v bezzásahovém území Havrany o rozloze přibližně 31 ha, které bylo vyhlášeno v roce 2008, je možné najít silně ohrožené druhy rostlin jako pryskyřník velký (*Ranunculus lingua*) a vrbina kytkověť (*Naumburgia thyrsoiflora*). (AOPK 2015b)

Nelesní biotopy tvoří přibližně 10 % rozlohy rezervace a jedná se o mrtvá ramena a louky vzniklé jejich zazemněním. Po vyhlášení rezervace v roce 1985 přestaly být louky hospodářsky využívány, a tak přestaly být sečeny, což vedlo k jejich postupné degradaci. V rámci managementových opatření bylo sečení obnoveno na konci 90. let minulého století. (AOPK 2015b) Na zaplavovaných loukách se vyskytují silně až kriticky ohrožené druhy jako hrachor bahenní (*Lathyrus palustris*), žluťucha žlutá (*Thalictrum flavum*) a česnek hranatý (*Allium angulosum*). (AOPK 2015a, AOPK 2015b)

Staré odumírající stromy a stojící nebo ležící mrtvé dřevo jsou v Libickém luhu důležitými biotopy. Žijí zde například ohrožení a silně ohrožení roháč obecný (*Lucanus cervus*), lesák rumělkový (*Cucujus cinnaberinus*) a zlatohlávek skvostný (*Potosia aeruginosa*). Dutin doupných stromů využívají strakapoud prostřední (*Dendrocopos medius*) a lejsek šedý (*Muscicapa striata*), ale také silně ohrožené druhy netopýrů (*Myotis daubentoni*, *Nyctalus noctula*). (AOPK 2015a, AOPK 2015b) Díky rozsáhlosti lužního lesa zde hnízdí i silně ohrožený čáp černý (*Ciconia nigra*) (AOPK 2015a). Dříve byl Libický luh významnou lokalitou motýlů, důležití byli především jasoň dymnivkový (*Parnassius mnemosyne*) a hnědásek osikový (*Euphydryas maturna*), pro které byl Libický luh poslední lokalitou v Čechách, ti však vlivem změny lesního hospodářství z luhu v polovině 90. let minulého století vymizeli. (AOPK 2015b)

Na vodní prostředí je vázáno mnoho organismů. V rameni Bajkal, které je spojeno s Labem, a v odbahněných tůních se vyskytují vzácné silně ohrožené druhy leknínů leknín bělostný (*Nymphaea candida*) a leknín bílý (*Nymphaea alba*). Další méně běžné druhy, které se zde vyskytují jsou například voďanka žabí (*Hydrocharis morsus-ranae*), v mělčích vodách pak žebratka bahenní (*Hottonia palustris*). V okolí Bačovky a mrtvých ramen je možné vidět ledňáčka říčního (*Alcedo atthis*). V periodických tůních je možné pravidelně najít zábronožku sněžní (*Eubbranchipus grubii*), méně často pak listonoha jarního (*Lepidurus apus*), oba kriticky ohrožené. Slepá ramena s přilehlými mokřady jsou domovem mlžů jako je okružanka mokřadní (*Sphaerium nucleus*) a hrachovka kulovitá (*Pisidium globulare*). Dalším druhem vázaným na vodní prostředí jsou vážky, vyskytuje se zde silně ohrožená klínatka žlutohobá (*Gomphus flavipes*) a různé druhy šídél (*Anisoptera*). Další vzácní živočichové, kteří žijí v Libickém luhu jsou obojživelníci, například silně ohrožený skokan štíhlý (*Rana dalmatina*) a čolek obecný (*Triturus vulgaris*). (AOPK 2015a, AOPK 2015b)

3.2 Klima

Dle mapy klimatických oblastí Česka za období 1961 až 2000 (Květoň a Voženílek 2011) klasifikované podle Quitta (1971) spadá celé území Libického luhu do teplé klimatické oblasti T2. Ta je charakterizována poměrně krátkým, mírně teplým až teplým jarem i podzimem, dlouhým teplým a suchým létem a krátkou mírně teplou suchou až velmi suchou zimou (Quitt 1971). Na základě novějších dat Výzkumného ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví vymezuje mapa klimatických oblastí ČR 1901-2000 (CENIA 2014) pět základních klimatických oblastí, přičemž Libický luh patří do nejteplejší z nich. *Velmi teplá klimatická oblast* se v okolí Libického luhu nachází podél toku Labe a Cidliny, dále od toků je již pouze *teplá klimatická oblast*.

Tabulka 2: Meteorologické údaje charakteristické pro klimatickou oblast T2 a pro, od Libického luhu nedaleké, Poděbrady za období 1961 až 2000. Zdroj dat: Květoň a Voženílek 2011, ČHMÚ 2021b

	Klimatická oblast T2	Poděbrady
Průměrná lednová teplota [°C]	-2 až -3	0,3
Průměrná dubnová teplota [°C]	8 až 9	9,1
Průměrná červencová teplota [°C]	18 až 19	18,9
Průměrná říjnová teplota [°C]	7 až 9	9,4
Suma srážek celkem [mm]	550 až 700	527,5

3.3 Geologie

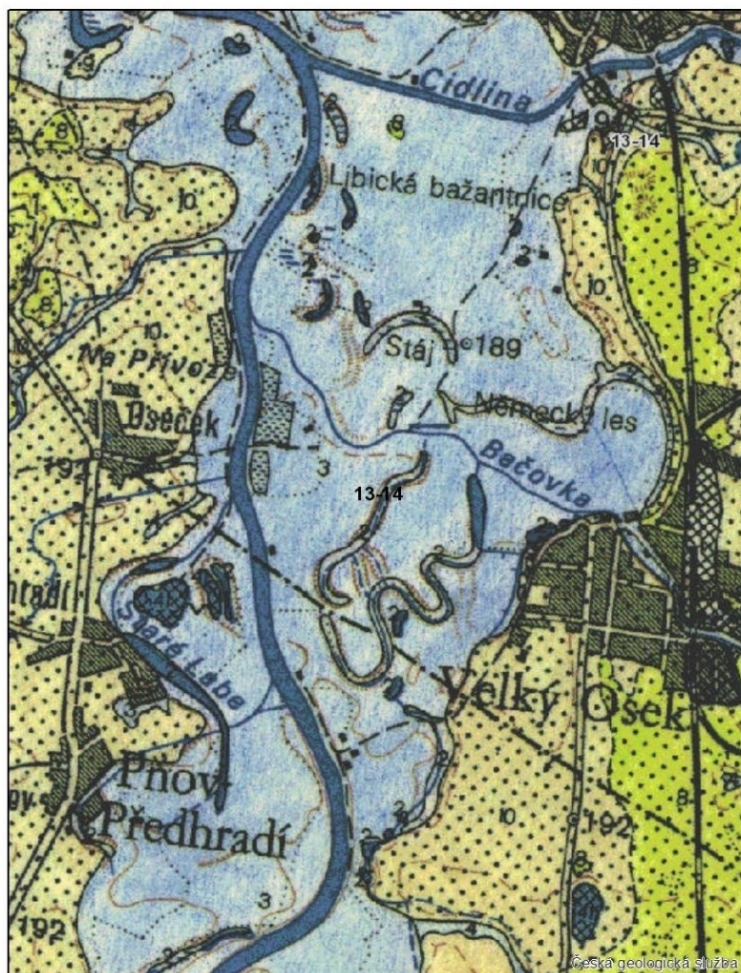
NPR Libický luh se nachází v regionu mezozoika Českého masivu (ČGS 2007). Zároveň je NPR součástí rozsáhlé české křídové pánve (ČKP), která se rozprostírá od Drážďan přes severní Čechy a Polabí až k Blansku u Brna. Česká křídová pánev vznikla při zvýšení hladiny světového oceánu a následné transgresi moře ve svrchní křídě, kdy byla oblast zaplavena mořskou vodou a docházelo k sedimentaci. Sled sedimentární výplně české křídové pánve je pro svou rozmanitost rozdělený do několika souvrství a chronostratigrafických stupňů. Nejnižší položeným souvrstvím je perucko-korycanské, to odpovídá stupni cenoman. Perucké vrstvy tvoří spíše kontinentální sedimenty jako jsou usazeniny z řek a jezer, ale korycanské vrstvy jsou již ovlivněny mořskou transgresí a typickou horninou je pískovec. Dalším stupněm je turon, který odpovídá souvrství bělohorskému, jizerskému a teplickému. Nejnižší položené bělohorské souvrství, vznikající při dalším rozšiřování mořského prostoru, je charakteristické slínovci a opukami. Jizerské souvrství je typické vápnitými jílovcy, slínovci a opukami. Teplické souvrství, tvořené slínovci a při okrajích pískovci, je nejvýše položené souvrství odpovídající turonu, částečně ale spadá i do stupně coniac. Při jeho vzniku byla česká křídová pánev nejrozsáhlejší. Dalším souvrstvím pojícím se se stupněm coniac je březenské. Ve středu pánve, které bylo hlubší, v tomto období sedimentovaly vápnité jílovce a slínovce, zároveň docházelo již k regresi moře. Posledním stupněm je santon, tomu odpovídá část březenského souvrství a také nejmladší souvrství české křídové pánve neboli souvrství merboltické, které je tvořeno pískovci (Chlupáč et al. 2002).

Libický luh se nachází asi 4 km jihovýchodně od města Poděbrady. Charakteristiku křídových sedimentů v této oblasti je možné popsat na základě vrtného jádra vrtu BJ-23. Nejvýše položené je souvrství jizerské tvořené vápnitými jílovcy a slínovci, pod ním se nachází souvrství bělohorské tvořené ve své svrchní části slínovci a ve spodní části jílovitými vápenci. Nejnižší křídové souvrství perucko – korycanské je ve své svrchní části tvořeno takzvanými pecínovskými vrstvami, které jsou tvořené jílovitovápnitými prachovci a jílovitoprachovitými pískovci. Pod těmito vrstvami se nachází křemenné pískovce vrstev korycanských, které mají v této oblasti hlavní hydrogeologický význam. (Michele et al. 2012)

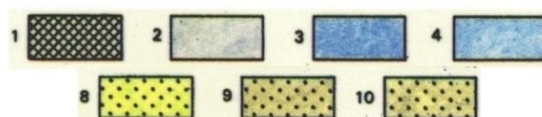
Na území Libického luhu leží na vápnitých jílovcích, slínovcích a jílovitých vápencích jizerského souvrství z období spodního až svrchního turonu (ČGS 2007) pokryvné útvary spadající do soustavy postvariských magmatitů Českého masivu. Většina území NPR je tak pokryta nezpevněnými nivními sedimenty (hlíny, písky a štěrky) fluviálního původu a holocenního stáří. Asi 4 km severně od NPR vystupuje na povrch jizerské souvrství zde tvořené slínovci a vápenci (ČGS 2004).

Bývalá říční ramena a tůně v NPR postupně zarůstají vodní a bahenní vegetací a odumřelá organická hmota se hromadí pod hladinou vody (Blažek et al. 2010). Mimo holocenních nezpevněných sedimentů organického původu se tak v místech tůní a bývalých říčních ramen vyskytují tmavě hnědé rašeliny, slatiny a hnílokaly též holocenního stáří (ČGS 2004).

Okolo Libického luhu, který je pokryt především útvary holocenního stáří, se nachází říční terasy z období svrchního pleistocénu (Blažek et al. 2010, ČGÚ 1993). Na geologické mapě níže (Obr. 4) je možné sledovat fluviální ovlivnění celé oblasti Libického luhu, a to všude tam, kde řeka během holocénu pravděpodobně působila (ČGÚ 1993).

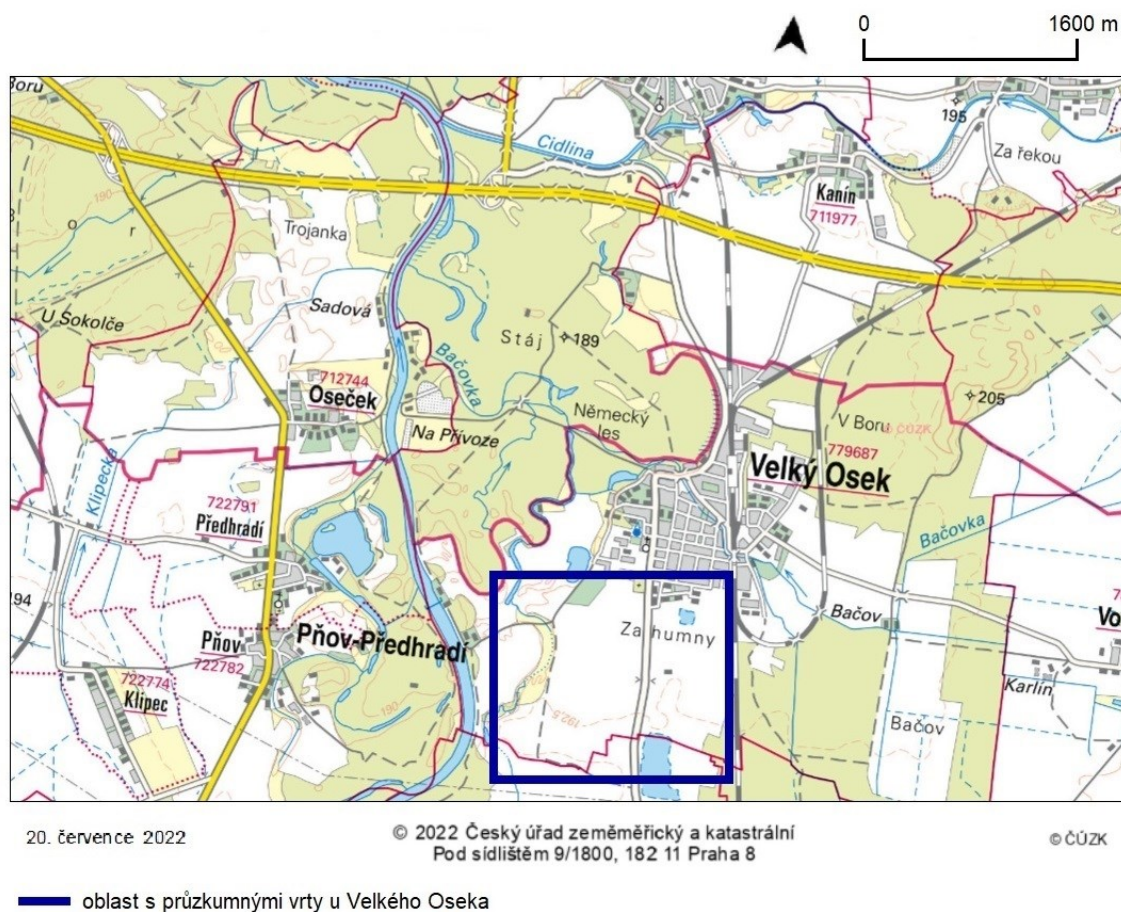


1. července 2022 0 0,3 0,6 0,9 1,2 km S © Česká geologická služba



Obrázek 4: Geologická mapa oblasti Libického luhu a blízkého okolí 1:50 000, list: 1314. Kvartér, holocén: 1 – antropogenní uloženiny (navážky), 2 – hnílokaly, 3 – fluviální hlíny, hlinité písky až písky, 4 – deluviofluviální písčité až hlinité písky; Kvartér, svrchní pleistocén: 8 – naváté písky, 9 a 10 – fluviální písky a štěrkovité písky. (ČGÚ 1993, upraveno)

V oblasti Velkého Oseka, který se nachází na pleistocenní říční terase přiléhající k území NPR, probíhaly v roce 2008 vrtné práce. Oblast, ve které byly vyvrtány průzkumné vrty, je vyznačena na mapě níže (Obrázek 5). Sedm průzkumných vrtů ověřilo celou mocnost kvartérních sedimentů. Pod kvartérními sedimenty o celkové mocnosti 17 až 19 m, byly navrtány především slínovce spodního turonu. Shrnutí typů kvartérních sedimentů ve vyvrtaných profilech vyjadřuje tabulka níže (Tabulka 3). (Blažek et al. 2010)



Obrázek 5: Oblast s průzkumnými vrty u Velkého Oseka. Zdroj dat: Blažek et al. 2010.

Tabulka 3: Typy kvartérních sedimentů a jejich poloha ve vyvrtaných profilech u Velkého Oseka. Zdroj dat: Blažek et al. 2010.

typ kvartérních sedimentů	výskyt v hloubce pod povrchem [m]	přibližná mocnost [m]
humózní jílovitě písčité zemina	0 – 1,4	0,4 – 1,4
jemně až středně zrnité písky	0,4 – 3,8	2
středně zrnité štěrkopísky	1,2 – 14,9	7 – 10
středně až hrubě zrnité štěrkopísky	9,5 – 19	5 – 7

Kromě těchto sedmi vrtů byly v oblasti Velkého Oseka v roce 2008 vyvrtány také dva průzkumné vrty v těsné blízkosti tůní Tonice a Bezedná v oblasti údolní nivy Labe, kde se nacházejí již holocenní sedimenty. Holocenní a svrchnopleistocenní akumulace písků a štěrkovitých písků se zde litologicky neliší, a tak nejsou ve vrtných profilech rozlišeny. Holocenní hlíny, jíly a písky v údolní nivě mezi Labem a přírodní rezervací (PR) Tonice-Bezedná jsou mocné 2 až 6 m a jedná se především o písčité jíly a jílovité písky s organickou příměsí. (Blažek et al. 2010)

V jižní části NPR je předpokládán přesmyk ve směru SZ-JV, který prochází přes Labe mezi Předhradím a Osečkem a také tůní Tonice. Kolmo na tento přesmyk se již mimo NPR nachází předpokládáný zlom mezi Velkým Osekem a Volárnou (ČGS 2007). V letech 1999 až 2003 bylo v okolí Poděbrad vyhloubeno 8 vrtů, které dosáhly podloží křídly. Hloubka pod povrchem, ve které bylo zastiženo podloží křídly se pohybovala mezi 110,4 m ve vrtu ve Velkém Zboží až 263,1 m ve vrtu v Malém Vestci (Michele et al. 1996, Čech et al. 1999). Díky těmto vrtům bylo ověřeno, že se v této oblasti nachází předkřídlová morfoloická elevace zvaná poděbradský hřbet, která od sebe odděluje nymburské paleoúdolí na jihozápadě a vestecké paleoúdolí na severovýchodě. Nymburské údolí sleduje průběh poděbradského zlomu ve směru SZ-JV, který společně s paralelním kolínským zlomem vymezuje koridor charakteru tektonického příkopu. V tomto příkopu pravděpodobně proudilo v cenomanu řečiště směrem na sever do centrální deprese mezi Dolním Bousovem a Turnovem (Čech 2004).

3.4 Půda

Dle mapy půdních typů České zemědělské univerzity (KPOP ČZU 2014) se na území Libického luhu vyskytují dva typy půd. V blízkém okolí toku Labe, většinou přibližně do 500 m od toku, jsou modální fluvizemě a dále od toku pak fluvické černice. Fluvizemě, dříve známé jako nivní půdy, se vytvářejí v nivách vodních toků z povodňových sedimentů, jsou vrstevnaté a mají nepravidelné rozložení organických látek, kterých je více než 0,5 % v celém profilu. (Němeček et al. 2004) Černice jsou semihydromorfní hlubokohumózní půdy s humózním horizontem mocným 40 až 60 cm. Mají redoximorfní znaky jako bročky a skvrnitost. Nacházejí se v černozemních oblastech na těžších substrátech a v depresních polohách. Černice fluvická je tvořená ze starých nivních sedimentů a má fluvické znaky. (Němeček et al. 2004). V detailnější půdní mapě České geologické služby (ČGS 2017) jsou na většině území fluvizemě s výjimkou mrtvých ramen a tůní, ve kterých jsou půdním typem gleje. Gleje jsou půdy s reduktomorfním glejovým diagnostickým horizontem Gr, vypovídajícím o vysoké hladině podzemní vody. Redukovaný horizont vzniká v důsledku nedostatku vzdušného kyslíku. Při redukčních procesech dochází ke změně trojmocného železa na dvojmocné a v glejovém horizontu Gr tak vzniká

charakteristická zelenomodrá a okrovošedá barva a skvrnitost. V půdním profilu nad horizontem Gr se střídají redukční a oxidační procesy dané kolísáním hladiny podzemní vody během roku. Kromě horizontu Gr mohou mít gleje také zrašeliněný horizont akumulace organických látek (Němeček et al. 2004, Němeček et al. 1990).

Z hlediska hydrologických vlastností je možné půdy dělit do 4 skupin. Skupiny A, B C a D jsou charakterizovány na základě nasycené hydraulické vodivosti nebo nejnižší rychlosti infiltrace vody do nepokryté půdy po dlouhodobém sycení, dále dle hloubky nepropustné vrstvy a výšky hladiny podzemní vody. Infiltrační schopnosti půdy jsou mimo klimatické poměry velmi ovlivněné také jejími fyzikálními vlastnostmi, například zrnitostí, půdní strukturou a pórovitostí. Dále jsou ovlivněny stavem svrchní vrstvy půdy, vlhkostními poměry v půdě, kořenovým systémem a preferenčními cestami způsobenými činnostmi půdních živočichů pod povrchem. (VÚMOP 2013, VÚMOP 2018b)

Na většině území NPR jsou dle VÚMOP (2018b) půdy charakterizované hydrologickou skupinou půd B. Jedná se o půdy se střední rychlostí infiltrace od 0,1 do 0,2 mm/min i při úplném nasycení, s nepropustnou vrstvou více než 50 cm pod povrchem a hladinou podzemní vody více než 60 cm hluboko. Půdy jsou středně hluboké² až hluboké³, středně až dobře odvodněné, dle půdního druhu hlinitopísčité až jílovitohlinité. Ve východním výběžku NPR u obce Velký Osek jsou půdy dle VÚMOP (2018b) charakterizovány hydrologickou skupinou A, tedy půdy s vysokou rychlostí infiltrace >0,2 mm/min i při úplném nasycení, nepropustnou vrstvou více než 50 cm pod povrchem a hladinu podzemní vody v hloubce přes 60 cm. Jedná se především o hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky a štěrky. Na jednom místě NPR poblíž dálničního přívaděče se nachází i půda s hydrologickou skupinou D, jedná se zřejmě o bývalé slepé říční rameno. Půdy v této skupině mají velmi nízkou rychlost infiltrace <0,05 mm/min i při úplném nasycení, nepropustnou vrstvou většinou méně než 50 cm pod povrchem a hladinu podzemní vody většinou méně než 60 cm hluboko. Jedná se o jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody nebo mělké půdy nad téměř nepropustným podložím. (VÚMOP 2013, VÚMOP 2018a, VÚMOP 2018b)

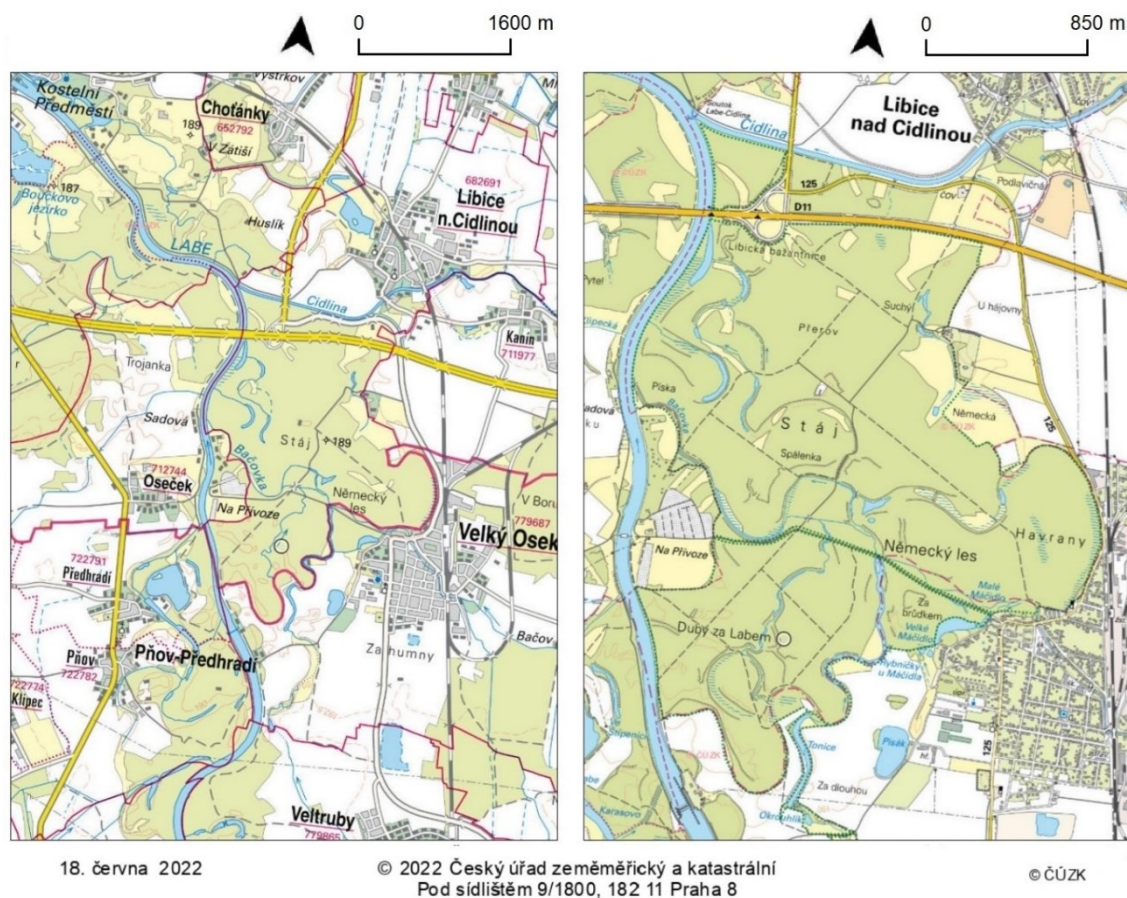
² 30–60 cm bez omezení pevnou horninou nebo silnou skeletovitostí (Česko 2019)

³ více než 60 cm bez omezení pevnou horninou nebo silnou skeletovitostí (Česko 2019)

4 Povrchové vody v oblasti Libického luhu

Podél Libického luhu protéká přibližně 3,5 km toku Labe, a to od svého říčního kilometru 910,5 až po říční kilometr 907. Asi 1,5 říčního kilometru (říční km 912) před Libickým luhem má Labe na zdymadle ve Velkém Oseku průměrný roční průtok přibližně 64 m³/s. (Povodí Labe 2011) Severní hranici luhu před narušením dálnicí tvořila řeka Cidlina. Ta se po přibližně 87,3 km od pramene vlévá zprava do Labe (VÚV TGM 2015). Její průměrný roční průtok v obci Sáňy 7 říčních kilometrů od ústí je 5,2 m³/s (ČHMÚ 2022).

Libickým luhem přímo protéká vodní tok Bačovka, který pramení poblíž obce Ohaře a Libickým luhem protéká ve svých posledních 3 km z celkových asi 12,8 km, poté se vlévá zprava do Labe. (VÚV TGM 2015) Bačovka přivádí srážkové vody z rozsáhlých zpevněných ploch průmyslové zóny Ovčáry. Při přívalových deštích je tak přes NPR převeden zvýšený odtok z tohoto území (AOPK 2015b). Ostatní vodní toky, které se na území Libického luhu vyskytují, mají do 1,5 km celkové délky, jedná se tak spíše o slepá ramena. Kromě slepých ramen se v NPR vyskytují také mrtvá ramena a tůně (VÚV TGM 2015).



Obrázek 6: Soutok Labe s Cidlinou, u kterého se NPR Libický luh nachází. (ČÚZK 2022b, ČÚZK 2022c, upraveno)

Část NPR leží v záplavovém území Labe pro 5leté průtoky, pro 20leté průtoky je v záplavovém území většina NPR a pro stoleté průtoky je to téměř celá plocha NPR s výjimkou pár ostrůvků (VÚV TGM 2015).

4.1 Vývoj během posledních zhruba 2000 let

Před regulací měnilo Labe v oblasti Libického luhu neustále svůj tok (Klíma 1978). Tyto neustálé změny toku zajišťovaly v luhu přítomnost vedlejších průtočných i neprůtočných koryt, slepých i mrtvých ramen a tůní v různých stádiích (AOPK 2015b).

Mezi Velkým Osekem a Osečkem, tedy na území Libického luhu, je nejméně 5 ramen, které poukazují na tok Labe v různých obdobích našeho letopočtu. Pravděpodobně nejstarší rameno z těchto ramen poukazuje na tok Labe v době založení Velkého Oseka, který vznikl vysekáním lesa poblíž břehů Labe. První zmínky o Velkém Oseku pochází z roku 1228, ale založen byl pravděpodobně mnohem dříve. Podle Klímy (1978) Labe tehdy teklo od Kolína přes Hradištko, Veltrubské jezero, jezero Bezedné, Okrouhlík, podél cesty od zdymadla k obci, přes současný rybník Máčidlo přímo u Velkého Oseka až nakonec k Libici, kde se setkala s Cidlinou, a obtékalo tehdejší Slavníkovské Hradiště. Cidlina se při svém ústí rozdělovala na více ramen a hradiště tak stálo na ostrově. V době založení hradu Oldříš na konci 10. století až přibližně do 13. století teklo Labe pravděpodobně po východním okraji Pňova až k Předhradí, kde se stáčelo k východu a poté opět na sever k Osečku. Na jeho břehu v Předhradí bylo mezi lety 996 až 999 postaveno slovanské hradiště Oldříš. V 15. a 16. století se Labe u Pňova pravděpodobně stáčelo k východu a meandrovalo směrem k Velkému Oseku, kde poté teklo současným tokem Bačovky opět na sever. Tato cesta je podobná cestě, kterou odhaduje AOPK (2015b) jako možnou cestu na konci 18. století, kdy byl sestavován katastr, jehož hranice mohly být stanovovány mimo jiné podle vodních toků. Katastrální hranice Velkého Oseka by tak částečně dokumentovaly polohu toku Labe v době sestavování katastru, které by v tom případě tehdy mnohem více meandrovalo a bylo oproti současnosti posunuté více na východ blíže k obci (ČÚZK 2022a). Podle Klímy (1978) ale Labe již v 17. století tuto cestu opustilo a u Pňova, kterého se již nedotýkalo, teklo přímo k Předhradí a obloukem k Osečku. Stále více se blížilo k obci Předhradí až několik stavení podemlelo a při povodních odneslo. Od konce 17. století se zde tak začalo uvažovat o protipovodňové ochraně (Klíma 1978).

K lokálním malým zásahům do koryta Labe za účelem ochrany před povodněmi docházelo již od středověku (AOPK 2015b) a od začátku 18. století docházelo ke snahám o stabilizaci břehu Labe u Předhradí. Zpevnění břehu se ale nepodařilo, a tak byl v roce 1819 prokopán tok Labe přímým směrem k Osečku (Klíma 1978). Došlo tak k odstavení 3,5 km aktivního říčního toku, ze kterého zbyly tůně (AOPK 2015b, Klíma 1978).

V první polovině 20. století pak proběhla regulace toku Labe, která libické lesy velmi ovlivnila. Jedním z důvodů regulace byla ochrana zemědělských pozemků v nivě řeky před povodněmi. Před regulací byla většina porostu libických lesů měkkým luhem, rostly zde především vrby, topoly a olše, které byly pravidelně dvakrát za rok na jaře a v létě zaplavovány. Napřímením a výrazným prohloubením původně horizontálně i vertikálně členitého přirozeného koryta Labe došlo k odpojení většiny slepých ramen, snížení hladiny podzemní vody v zaplavovaném území a výraznému poklesu četnosti záplav. Břehy byly zpevněny kamenným opevněním. Z původních společenstev měkkých luhů zbyly tak jen ostrůvky v nejnižě položených částech u starých ramen Labe a podél toku Bačovky a zbytek porostu se přeměnil v luh tvrdý. Díky narušení spojení s vodním tokem přestaly být přirozeně pravidelně tvořeny a obnovovány tůně. Některé staré meandry a tůně byly zavezeny materiálem vytěženým při prohlubování koryta. V letech 2011 až 2013 bylo na místech zazemněných ramen obnoveno a uměle vytvořeno několik tůní. (AOPK 2015b)

Labe tedy měnilo mnohokrát svou polohu. Teklo pravděpodobně přímo u Předhradí a poté okolo Osečka, ale i přímo u Velkého Oseka (Klíma 1978). Předhradí a Velký Osek jsou od sebe více než 2 km daleko a mezi Osečkem a Velkým Osekem se nachází právě NPR Libický luh (ČÚZK 2022b).

Asi dva kilometry od Libického luhu se v minulosti rozkládal dnes již zaniklý rybník Bačov. Tento rybník byl napájen Bačovkou a první zmínka o něm pochází z roku 1531. Rybník měl pravděpodobně rozlohu asi 365 ha a řadil se tak k největším v Čechách. Tuto rozlohu zachycuje i první vojenské mapování z druhé poloviny 18. století. Rybník byl postupem času zanesen bahnem a na konci 18. století vysušen, dochovala se z něj hráz a původní výpust. (Austrian State Archive/Military Archive, 1783; Pejška et al. 2013)

5 Podzemní vody v oblasti Libického luhu

V oblasti NPR se nachází dva významné kolektory podzemní vody. Níže položený z nich je součástí české křídové pánve a obsahuje minerální vodu, která se využívá pro lázeňské účely. Svrchní, kvartérní kolektor, obsahuje vodu, která se využívá pro účely vodohospodářské. (Blažek et al. 2010)

5.1 Kolektory české křídové pánve

Česká křídová pánev, jejíž součástí je i Libický luh, je vodohospodářsky velmi významná, neboť obsahuje největší zásoby podzemních vod v ČR. Nachází se v ní celkem 4 zvodnělé kolektory tvořené nejčastěji pískovci s puklinovo-průlinovou propustností (Herčík et al. 1999). Kolektory se podle Herčíka et al. (1999) dělí dle litostratigrafické příslušnosti na:

Bazální kolektor A, který je tvořen perucko-korycanským souvrstvím a místy i souvrstvím bělohorským (AB). Nachází se v něm přibližně 20 % podzemní vody ČKP. Je rozšířen po celé pánvi a jeho mocnost se pohybuje v desítkách metrů, maximální mocnost je 100 m. Vysokou transmisivitu vykazuje kolektor především v centrální části pánve.

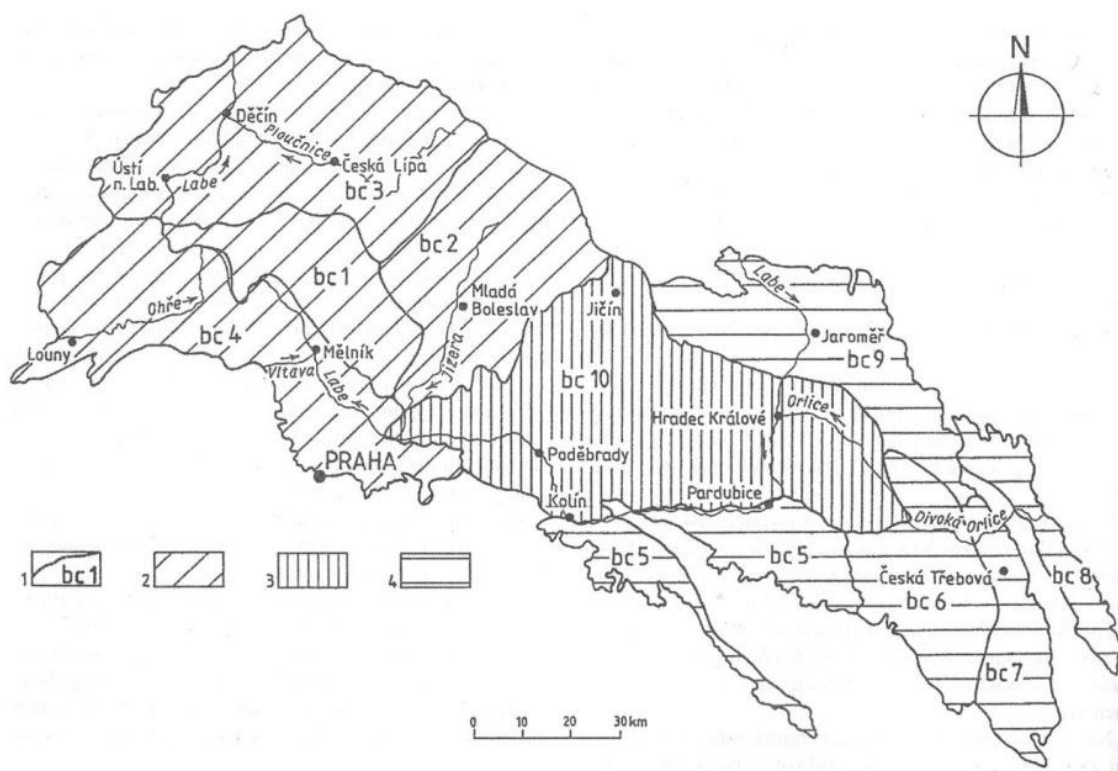
Spodní kolektor B tvořený bělohorským souvrstvím, který není v pánvi moc rozšířený. Nachází se v něm přibližně 14 % podzemní vody ČKP a jeho mocnost se pohybuje v prvních desítkách metrů.

Střední neboli hlavní kolektor C, který je vodohospodářsky nejvýznamnější. Je tvořen jizerským souvrstvím, dosahuje největších mocností ze všech kolektorů, převažuje v něm puklinová propustnost a nachází se v něm 52 % podzemní vody ČKP.

Svrchní kolektor D tvořený teplickým, březenským a merboltickým souvrstvím. Nachází se v něm přibližně 14 % podzemní vody ČKP a jeho mocnost dosahuje pár desítek metrů.

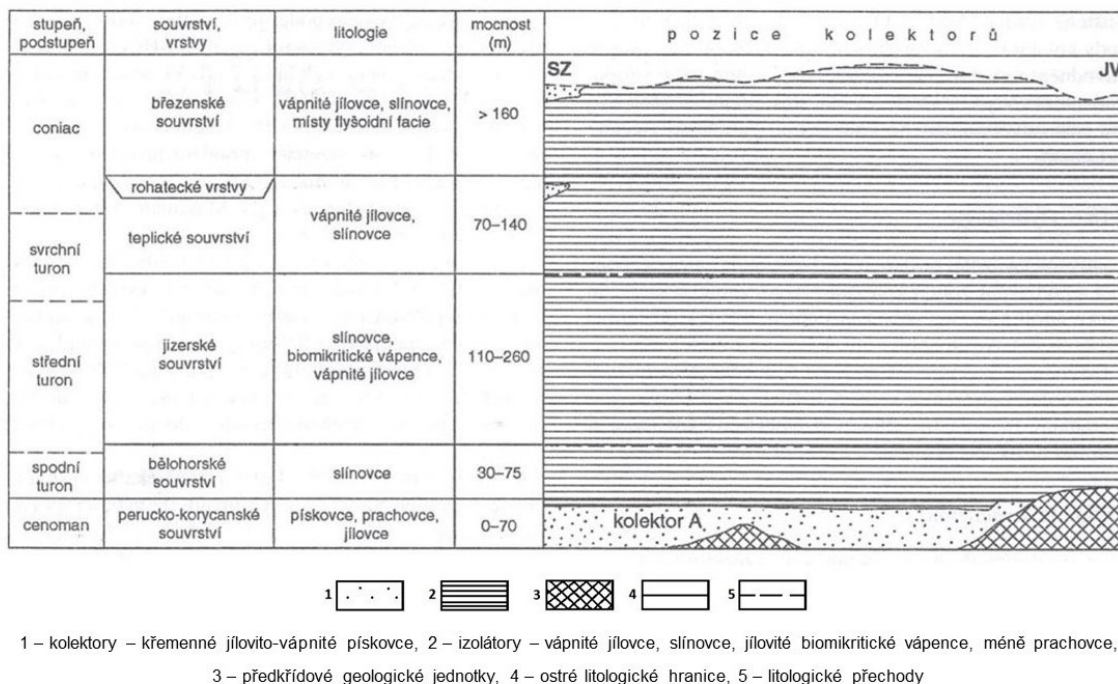
Hydrogeologické izolátory se označují podle pozice mezi kolektory a jsou tvořeny jílovcí a slínovci (Krásný et al. 2012).

Na základě způsobu zvodnění lze ČKP rozdělit na část západní, centrální a východní. Vodohospodářsky významné jsou část západní a východní (Herčík et al. 1999). K jednotlivým částem pánve přiřadil Herčík et al. (1999) bilanční celky.



Obrázek 7: Rozdělení české křídové pánve. 1 – hranice bilančních celků, 2 – západní část pánve, 3 – centrální část pánve, 4 – východní část pánve. (Herčík et al. 1999)

NPR Libický luh se nachází v centrální části pánve, tedy v hydrogeologickém rajonu 4360 Labská křída, ke které je přiřazen pouze bilanční celek 10 (bc10). Dle Herčíka et al. (1999) v této části pánve tvořené jizerským, teplickým a březenským souvrstvím se nachází bazální kolektor A o menší mocnosti. Zbytek pánve se chová především jako izolátor. Bazální kolektor A má napjatou hladinu a je dotován přetokem přes linie jílovického a rovenského zlomu, tedy z hydrogeologických rajonů 4222 Podorlická křída v povodí Orlice a 4430 Jizerská křída levobřežní. Podzemní voda v bazálním kolektoru má velmi pomalý oběh (Herčík et al. 1999). K přímé dotaci kolektoru A z ojedinelých nadložních turonských kolektorů pravděpodobně nemůže docházet, protože napjatost kolektoru A je přibližně o 5 až 25 m vyšší než piezometrické úrovně ve zvodněných polohách spodního a středního turonu (Blažek et al. 2010). Podzemní voda kolektoru A, která je na rozsáhlém území obohacena oxidem uhličitým, je využívána pouze pro lázeňské účely (Jetel a Rybářová 1979) a centrální část pánve je tedy vodohospodářsky nevýznamná (Herčík et al. 1999).



Obrázek 8: Pozice kolektorů a izolátorů v bilančním celku 10. (Herčík et al. 1999, upraveno)

5.1.1 Poděbradská zřídelní struktura

Celé území NPR se nachází ve druhém stupni ochranného pásma přírodních léčivých zdrojů a zdrojů přírodních minerálních vod (VÚV TGM 2015), neboť je součástí poděbradské zřídelní struktury. Uhlíčitě minerální vody se v české křídové pánvi nacházejí v rozsáhlém území mezi Libáním a Českým Brodem na západě a Hradcem Králové a Pardubicemi na východě. Jde o souvislou akumulaci vázanou na bazální křídové pískovce cenomanu, která je hydrodynamicky součástí celého systému podzemních vod bazálního kolektoru A, ale tvoří hydrochemicky odlišné těleso. Tyto minerální vody jsou typické vyšším obsahem oxidu uhličitého, zvýšeným obsahem síranů a mírně zvýšeným obsahem chloridů. Poděbradská zřídelní struktura, která se nachází mezi Lysou nad Labem a Českým Brodem na západě a Městem Králové a Starým Kolínem na východě, je nejvýznamnější oblastí těchto minerálních vod (Havlín Nováková 2008). Hydrogeologickým izolátorem, který odděluje bazální kolektor od svrchnějších vrstev a zároveň artéským stropem, jsou zde jílovité prachovce (Blažek et al. 2010). Uhlíčitě minerální vody této zřídelní struktury jsou smíšeného Na-Ca-HCO₃-Cl typu (Blažek et al. 2010), jsou studené a jejich mineralizace se pohybuje okolo 3,5 g/l (Michele et al. 2012). Používají se na léčbu oběhového ústrojí například pitnými kúrami nebo uhlíčitými koupelemi v poděbradských lázních. Původem poděbradské kyselky jsou infiltrační vody. K jejich syčení oxidem uhličitým a zvyšování obsahu alkálii a koncentrací některých kationtů, například lithia a stroncia, dochází především v sedimentech cenomanu. Oxid uhličitý vzniká pravděpodobně v důsledku procesů

postvulkanické činnosti. Chemické složení poděbradských kyselek se příliš nemění, od začátku jejich využívání se obsah prvků změnil nepatrně. To vypovídá o jejich dlouhé cestě oběhu. Snížil se mírně obsah K^+ , Li^+ a Fe^{2+} a zvýšil se obsah Na^+ , Ca^+ , Cl^- a HCO_3^- , zároveň se ale celková mineralizace zvýšila o několik desítek mg/l. Změny obsahu jednotlivých prvků vysvětlují geochemické procesy dané oživením cirkulace odběrem v oblasti Poděbrad (Havlín Nováková 2008).

Poděbradské minerální vody byly objeveny náhodně při hledání zdroje pitné vody pro Poděbrady na začátku 20. století. Vrtání na zámeckém dvoře začalo v roce 1904 asi 7 m od původní studny, která byla 30 m hluboká, ale nebyla v ní voda. 31. července 1905 byla proniknuta vrstva tmavošedých písčitých slínů a z hloubky asi 96 m vytryskla poděbradská kyselka. V letech 1906 a 1907 byly vyhloubeny další vrty a byly založeny Knížecí lázně. Maximální vydatnost vrtů byla 3,3 l/s. Později bylo v Poděbradech vyhloubeno mnoho dalších vrtů, většina z nich se ale musela zatěsnit, protože se vrty vzájemně ovlivňovaly a byly málo vydatné (Havlín Nováková 2008). V současnosti je v Poděbradech 6 vrtů uhličitě minerální vody, ze kterých je voda rozváděna do veřejných pítek a využívána v lázních (Mikolanda a Michele 2013).

Nejen v Poděbradech se hloubily vrty na tuto minerální vodu. Hned v roce 1909 byl vyhlouben vrt v Nymburce, dále byly vyhloubeny 3 vrty v Sadské, vrt ve Velkých Chvalovicích, ve Velkém Oseku, v Dymokurech, v Hořátvi, v Kersku, ve Velimi, v Koutech a na dalších místech. V roce 1976 byl vyvrtán vrt pro stáčírnu minerálních vod ve Velkém Zboží v Poděbradech, která prodává tuto minerální vodu pod obchodní značkou Poděbradka. V roce 1999 byly pro posílení plnění vyhloubeny ještě dva vrty. V Malém Vestci asi 8 km severně od Poděbrad byl v roce 1995 vyhlouben vrt sloužící ke sledování tlakových změn v poděbradské zřidelní struktuře (Havlín Nováková 2008). Tlaková úroveň ve vrtech se totiž od doby navrtání bazálního kolektoru změnila. V jednotlivých vrtech dochází k jejímu poklesu. Důvodem může být lokální přetížení jako odběr vody převyšující dynamické zásoby ihned po zahájení odběru z daného vrtu, regionální součtové přetížení dané odběry vody dalšími vrty v okolí, nedokonalé provedení především starších vrtů, koroze výstroje a únik kyselky do míst s menším tlakem nebo nedokonale zlikvidované vrty (Prudil a Michele 2006).

5.1.1.1 Vrty minerální vody ve Velkém Oseku

Libickému luhu je nejbližší vrt NZ 1 ve Velkém Oseku, který se nachází asi 600 m od hranice NPR (VÚV TGM 2015, Havlín Nováková 2008). Původně byly ve Velkém Oseku dva jiné vrty, které byly vyhloubeny již v roce 1935. Jeden z nich nazýval se Čvančarova artéská studna a byl 51,4 m hluboký, nebyl tedy úplný, nedosáhl podloží bazálního kolektoru. Minerální voda o vydatnosti

0,23 l/s měla teplotu 10,5 °C, byla zjištěna v hloubce 49,5 m a z počátku vystupovala nad terén. V roce 1966 již nad terén nevystupovala a v současnosti je vrt již zasypán (Blažek et al. 2010).

Druhý vrt se nazýval Obecní pramen a byl vyhlouben z důvodů zajištění dostatku vody během mimořádného sucha, kdy mělké studny ztrácely vodu (Blažek et al. 2010). Vrt byl hluboký 60 m a přesto, že nesplnil očekávání, byl využíván jako pramen minerální vody až do roku 1994 (Blažek et al. 2010), kdy byl pro svůj špatný technický stav zlikvidován (Havlín Nováková 2008). Artéská hladina bazálního kolektoru dosahuje ve Velkém Oseku 0,55 m nad terén, takže přetok ve vrtu byl samovolný přirozeným přetlakem v kolísavém množství 0,017 až 0,026 l/s, neodebraná voda odtékala do kanalizace (Blažek et al. 2010).

Jediný současný zdroj minerální vody ve Velkém Oseku vrt NZ 1 byl vyhlouben v roce 1994 v těsné blízkosti původního Obecního pramene. Jedná se o zdroj přírodní minerální vody využívaný na základě povolení Českého inspektorátu lázní a zřidel. Je 60 m hluboký a současně se z něj odebírá 0,05 l/s. S hydraulickou vodivostí $1,6 \times 10^{-6}$ m/s se vrt řadí k nejmenším zdrojům kyselky na Poděbradsku. (Blažek et al. 2010)

5.2 Svrchní kvartérní kolektor

Druhým významným kolektorem podzemní vody v oblasti NPR je svrchní kolektor vázaný na akumulaci kvartérních sedimentů. Kolektor je tvořený štěrkopísky fluvialního původu, má volnou hladinu, průlinovou propustnost a vysokou transmisivitu v řádu 10^{-4} až 10^{-3} m²/s. Mocnost kvartérních fluvialních sedimentů, která se pohybuje mezi několika metry až 20 m, je dána morfologií podloží křídových slínovců, které tvoří bazální izolátor kvartérního kolektoru. Svrchní kvartérní kolektor je od bazálního křídového kolektoru minerálních vod oddělen nepropustnými turonskými sedimenty o mocnosti desítek metrů. V okolí Poděbrad a Velkého Oseka v místech zlomů přerušujících těsnost bazálního izolátoru dochází k přetoku minerální vody z křídového kolektoru s napjatou hladinou do kolektoru kvartérního. Mocnost souvislého zvodnění v kvartérním kolektoru je 5 až 15 m. Hydrogeologickým rajonem tohoto kolektoru je rajon svrchní vrstvy 1152 Kvartér Labe po Nymburk o rozloze 238,585 km² v oblasti mezi Kolínem a Nymburkem. (Blažek et al. 2010, VÚV TGM 2015, Burda a Herrmann 2016)

5.2.1 Úroveň hladiny podzemní vody

Oblast od Kolína až po Velký Osek je pod vlivem vzduť jezů v této oblasti. S povrchovou vodou Labe jsou vzduť i mělké podzemní vody v kvartérních sedimentech přilehající údolní terasy. Směr proudění podzemní vody je zde dán úrovní drenážní báze krajiny, která je zde dána právě úrovní vzduť hladiny Labe a úrovní hladiny pod jezem. Na území Velkého Oseka se hladina

podzemní vody pohybuje okolo 3,5 m pod povrchem a v průzkumných vrtech v údolní nivě Labe v těsné blízkosti přírodní rezervace (PR) Tonice-Bezdná se hladina podzemní vody nachází v hloubce okolo 2 m pod povrchem (Blažek et al. 2010). Na území Libického luhu je hladina podzemní vody v hloubce méně než 1 m pod povrchem (Weiss a Bruthans 2021). Vzhledem k mělkosti HPV a velké ploše terénu s lužní vegetací může ve vegetačním období v oblasti Libického luhu docházet k vysoké evapotranspiraci (Koterová et al. 2021).

Díky zahloubení a napřímení koryta Labe dochází k dotaci Labe podzemními vodami kvartérního kolektoru i při nejnižších stavech kvartérní HPV. Libický luh je tedy v suchých obdobích odvodňován více než před zahloubením koryta Labe. Zároveň vlivem kolmatace břehů a dna Labe v nadjezí jezů ve Velkém Oseku a v Poděbradech, která je způsobená zpomalením usazovací rychlosti a následnou sedimentací jemnozrnné frakce, je mezi Labem a podzemní vodou v kvartérním kolektoru zhoršená hydrodynamická komunikace. Toto omezení hydrodynamické komunikace umocňuje vliv lokálních srážek na úroveň hladiny kvartérních podzemních vod oproti vlivu vodního stavu Labe. S úrovní HPV v kvartérním kolektoru souvisí i slepá ramena a tůň, která při srážkově bohatších obdobích kvartérní kolektor dotují, a naopak v obdobích sucha mohou kvartérní kolektor vlivem výparu z otevřené vodní hladiny odvodňovat. (Koterová et al. 2021)

Na základě výsledků expedičního a kontinuálního monitorování hladin podzemních a povrchových vod v roce okolí Velkého Oseka mají od NPR nedaleké tůň Tonice-Bezdná částečně odlišný režim od režimu podzemních vod. Jarní zvýšení hladiny bylo v tůních zaznamenáno již v prosinci a lednu (2008/2009) a pokles hladin již v březnu. Ve sledovaných studnách a průzkumných vrtech poblíž tůní je režim jiný a v souvislosti s ročním obdobím obvyklý. U objektů bližších Labi dochází ke zvýšení hladin přibližně o 3 měsíce později s kulminací na konci března, u objektů vzdálenějších od Labe dochází ke kulminaci hladin až koncem dubna a začátkem května. Ve vodním režimu těchto tůní se pravděpodobně projevuje vliv Labe a potoku Bačovka. V roce 2008 byl zpozorován strmý pokles hladin v Labi v březnu, dubnu a květnu, ve stejný čas byl zaznamenán pokles hladin v tůních, zatímco u podzemních vod byl zaznamenán nárůst. Hladiny těchto tůní jsou tak závislé na srážkové činnosti, výparu z hladin a do nějaké míry i na stavech vodní hladiny Labe a Bačovky. (Blažek et al. 2010)

5.2.2 Kvalita vody

Podzemní vody v sedimentech kvartérního kolektoru mají neutrální pH, celkovou mineralizaci obvykle mezi 0,4 g/l až 0,9 g/l a jsou dosti tvrdé až tvrdé. V oblasti drenáže hlubších kolektorů v okolí Poděbrad a Velkého Oseka mohou mít celkovou mineralizaci i přes 1 g/l. Jsou především

Ca-HCO₃ typu, mohou být ale také typu Ca-SO₄. Zpravidla mají zvýšený obsah rozpuštěného železa (průměrně okolo 4 mg/l) a manganu (průměrně okolo 0,5 mg/l). Obsah síranových iontů se pohybuje mezi 90 mg/l až 250 mg/l. V důsledku hnojení zemědělské půdy byly již v minulosti zaznamenány zvýšené obsahy amoniaku a dusičnanů, které spolu se zvýšeným obsahem železa a manganu a celkové zvýšené mineralizaci způsobují, že přirozená jakost podzemních vod kvartérního kolektoru nevyhovuje požadavkům na pitnou vodu. (Blažek et al. 2010, Burda a Herrmann 2016)

V mělké podzemní vodě Libického luhu byly v roce 2021 naměřeny vysoké hodnoty elektrické vodivosti 2,5 až 7,7 mS/cm, což odpovídá mineralizaci až 4 g/l. Zvýšená mineralizace je s největší pravděpodobností dána sekundárním nabohacením povrchové vody o původní mineralizaci okolo 1 g/l v důsledku evapotranspirace. V předcházejícím suchém období v letech 2015 až 2019 pravděpodobně stromy čerpaly především podzemní vodu, což vedlo ke tvorbě deprese v hladině podzemní vody a následné influkci povrchové vody, jejíž mineralizace se v důsledku evapotranspirace až čtyřikrát zvýšila. Další zvýšení mineralizace podzemní vody by mohlo NPR Libický luh ohrozit. Nejsnadnějším řešením by bylo vytvoření rozdílů v hladinách jednotlivých vodních kanálů nacházejících se v Libickém luhu, což by rozpohybovalo stagnující podzemní vodu a umožnilo odvádění mineralizovanější vody z lužního lesa a přítok méně mineralizované vody z okolí. (Weiss a Bruthans 2021)

5.2.3 Vodohospodářské využití

Asi 500 m od hranice NPR v těsné blízkosti PR Tonice-Bezedná se nachází vrt J-3 vodovodu obce Velký Osek, který jímá podzemní vodu kvartérní zvodně pro zásobování obyvatel pitnou vodou. Vrt, který byl vyhlouben v roce 1960, je 17,6 m hluboký, kvartérními fluvialními sedimenty prochází v celkové mocnosti 16 m a otevřený úsek má v hloubce 3,5 m až 16 m. Hladina podzemní vody se po jeho vybudování ustálila v hloubce 1,5 m pod povrchem. Mocnost zvodnění zde dosahuje 14,5 m. Specifická vydatnost se na začátku šedesátých let pohybovala mezi 9,4 l.s⁻¹.m⁻¹ až 15,2 l.s⁻¹.m⁻¹. Dle provozního řádu z roku 2004 má obec dovoleno dlouhodobě čerpat do 4,1 l/s, skutečný odběr je však z důvodu malého počtu napojených obyvatel pouze okolo 1 l/s, většina obyvatel Velkého Oseku má totiž vlastní studnu. Vodovod kromě jímacího vrtu sestává z úpravny vody, kde probíhá provzdušnění a filtrace, a dalších objektů. Obec Velký Osek plánuje v budoucích letech ukončit jímání z vlastního vodního zdroje a napojit se na vodovod Kolín. (Blažek et al. 2010)

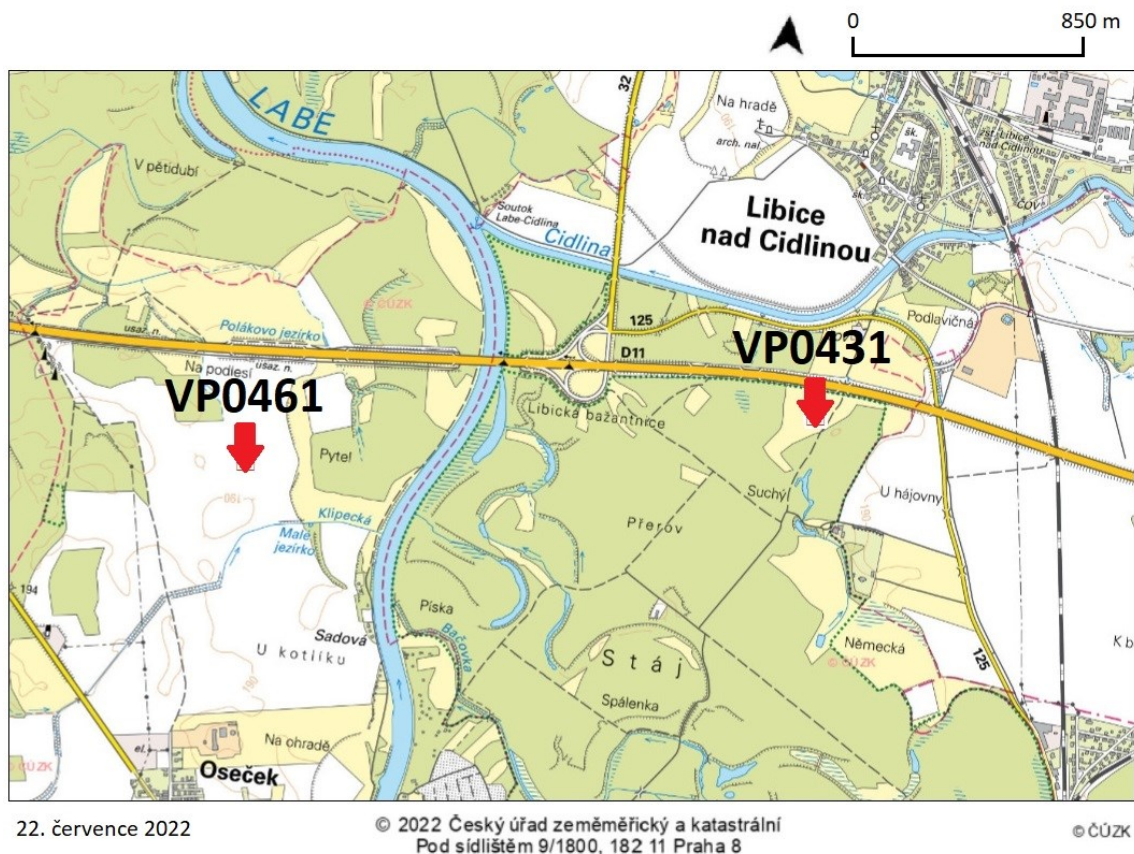
6 Vývoj hladiny podzemní vody ve vybraných vrtech

6.1 Metodika

Cílem výpočtů je zjistit průměrný vývoj výšky hladiny podzemní vody (HPV) v roce a porovnat tento roční cyklus v oblasti louky ležící v NPR Libický luh s ročním cyklem v oblasti polí ležících mimo NPR. Dále bylo cílem zjistit, je-li možné pozorovat nějaký rozdíl mezi průměrnými ročními cykly výšky HPV v hydrologických letech 1962 (1964) až 1990 a 1991 až 2017. Výsledky výpočtů by měly přispět k bližšímu poznání ročního cyklu výšky HPV v NPR Libický luh.

6.1.1 Použitá data

Základem pro výpočty jsou týdenní data o výšce hladiny podzemní vody ve vrtech VP0431 a VP0461, které jsem vybrala na základě jejich pozice vůči Libickému luhu (Burda a Herrmann 2016, VÚV TGM 2021). Týdenní výšky hladiny podzemní vody jsou ve vrtu VP0431 k dispozici od hydrologického roku 1962 až do hydrologického roku 2017, u vrtu VP0461 od hydrologického roku 1965 též do hydrologického roku 2017 (ČHMÚ 2021a). Vrt VP0431 (dále také jako vrt v NPR) se nachází uvnitř NPR Libický luh na jejím severovýchodním okraji na louce asi 400 m jižně od řeky Cidliny a asi 50 m severně od lužního lesa (ČÚZK 2022b) v nadmořské výšce 187,64 m n. m. (ČHMÚ 2009) a je 8,3 m hluboký (s perforací v hloubce 2 – 7 m) (ČHMÚ 2021a). Vrt VP0461 (dále také jako vrt mimo NPR) se nachází mimo NPR na poli v nadmořské výšce 188,58 m n. m. (ČHMÚ 2009) asi 700 m západně od hranice NPR, která je tvořena řekou Labe (ČÚZK 2022b) a je 10 m hluboký (s perforací v hloubce 3 – 5,3 m a 8,4 – 9,2 m) (ČHMÚ 2021a). V obou případech se jedná se o monitorovací vrt ČHMÚ v hydrogeologickém rajonu 1152 Kvartér Labe po Nymburk, tedy mělký vrt s kvartérní podzemní vodou (Burda a Herrmann 2016).



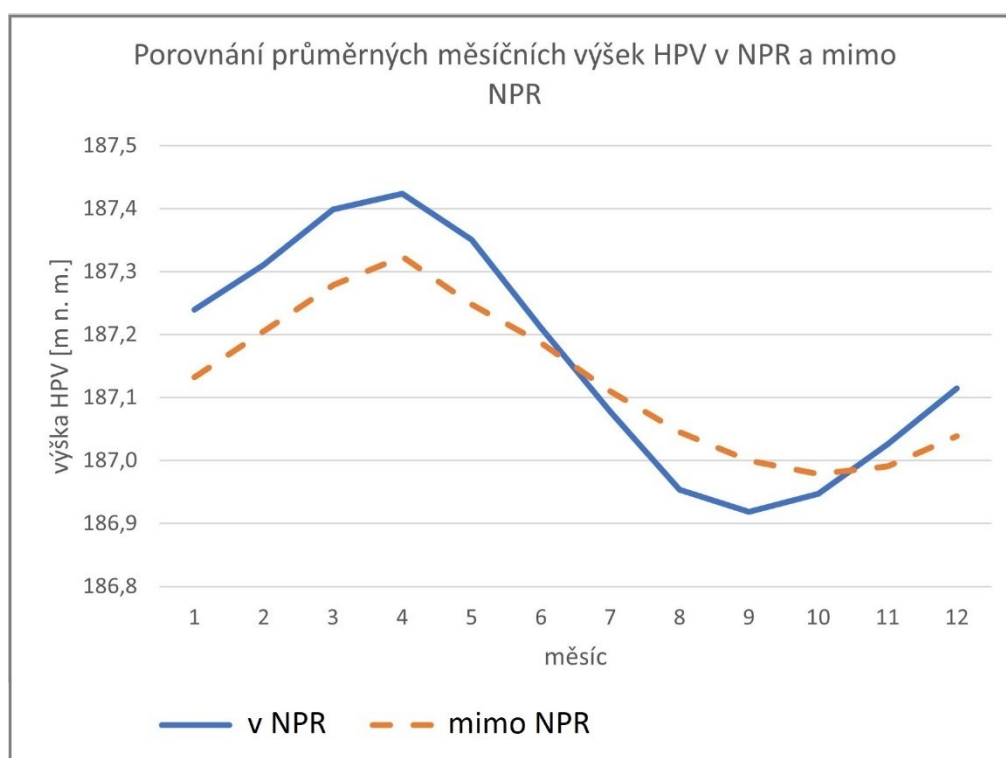
Obrázek 9: Pozice vrtů VP0431 a VP0461. Zdroj dat: VÚV TGM 2021, ČÚZK 2022b

6.1.2 Postup

Výpočty jsem prováděla v programu KNIME Analytics Platform. Nejprve jsem vypočítala průměrné měsíční výšky hladiny podzemní vody pro vrt VP0431 za celé pozorované období. Abych zjistila, jestli v pozorovaném období proběhly nějaké změny, rozdělila jsem si týdenní data na dvě období, a to na první období s týdenními daty od listopadu 1961 do října 1990 (hydrologické roky 1962 až 1990) a na druhé období s týdenními daty za hydrologické roky 1991 až 2017. Pro tyto dvě období jsem také vypočítala průměrnou měsíční výšku HPV a tyto dvě období spolu porovnávala výpočtem rozdílu výšek HPV v jednotlivých měsících a výpočtem celkového průměrného rozdílu výšky HPV mezi těmito dvěma obdobími. Pro zjištění průměrného ročního kolísání výšky HPV jsem vypočítala rozdíl maximální a minimální průměrné měsíční výšky HPV, a to v celém pozorovaném období i ve dvou dílčích. Pro převod nadmořské výšky HPV na hloubku HPV pod terénem jsem od sebe odečetla nadmořskou výšku, ve které se vrt nachází a nadmořskou výšku HPV. Stejně výpočty jsem provedla i u vrtu VP0461, s jediným rozdílem, že u tohoto vrtu celé pozorované období i první dílčí období začíná až hydrologickým rokem 1965. Pro vrt VP0431 jsem navíc vypočítala průměrnou výšku HPV v dubnu a v září v jednotlivých letech celého pozorovaného období. Pro interpretování výsledků pomocí grafů jsem využila program Excel.

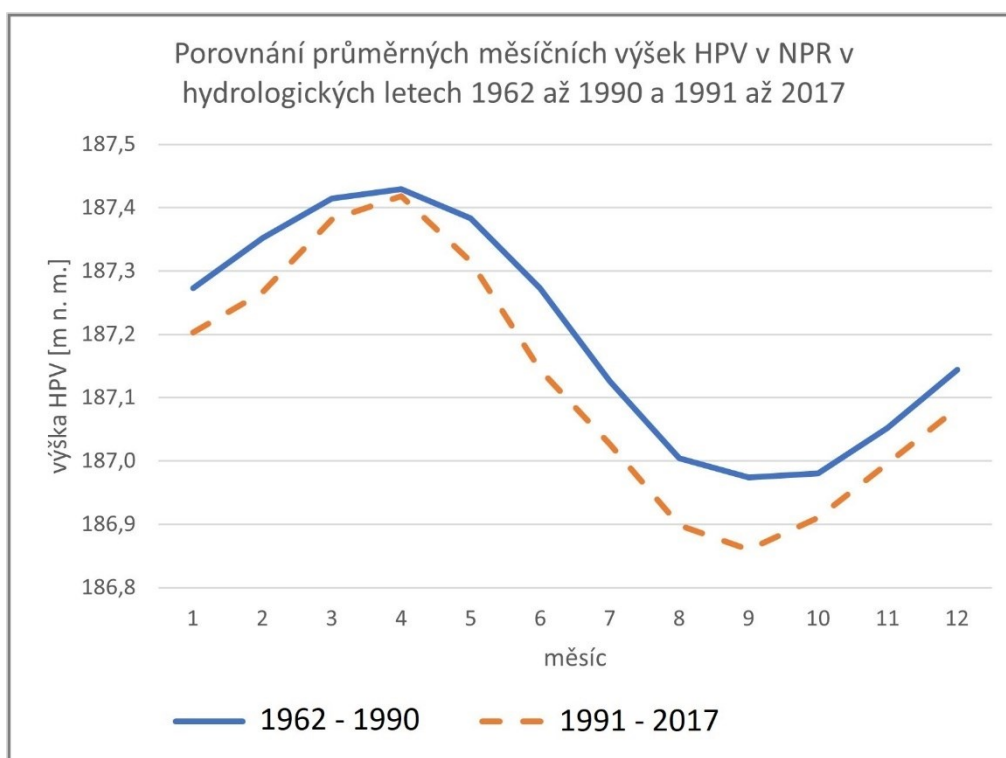
6.2 Výsledky

Průměrné měsíční výšky hladiny podzemní vody ve vrtu VP0431 v NPR Libický luh se pohybují mezi 186,92 m n. m. a 187,42 m n. m., tedy 72 až 22 cm pod terénem. Nejnížší průměrná výška HPV je v září a nejvyšší v dubnu a rozdíl mezi nimi činí 50 cm. Oproti hodnotám ve vrtu nacházejícím se mimo NPR jsou hodnoty výšky HPV ve vrtu v NPR rozkolísanější. Maximální hodnota průměrné měsíční výšky HPV ve vrtu VP0461 mimo NPR je 187,32 m n. m. a minimální hodnota je 186,98 m n. m. (1,60 až 1,26 m pod terénem), rozdíl tedy činí 35 cm, což je o 15 cm méně než ve vrtu v NPR. Vrt VP0461 nacházející se mimo NPR má HPV hlouběji pod povrchem, a to přibližně o 1 m a oproti vrtu v NPR má nejnížší průměrnou měsíční výšku HPV až v říjnu, přičemž nejvyšší má stejně jako vrt v NPR v dubnu. Grafické zobrazení výsledků je možné vidět na obrázku níže (Obrázek 10).



Obrázek 10: Graf porovnání průměrných měsíčních výšek HPV ve vrtu VP0431 v NPR Libický luh a ve vrtu VP0461 mimo NPR Libický luh

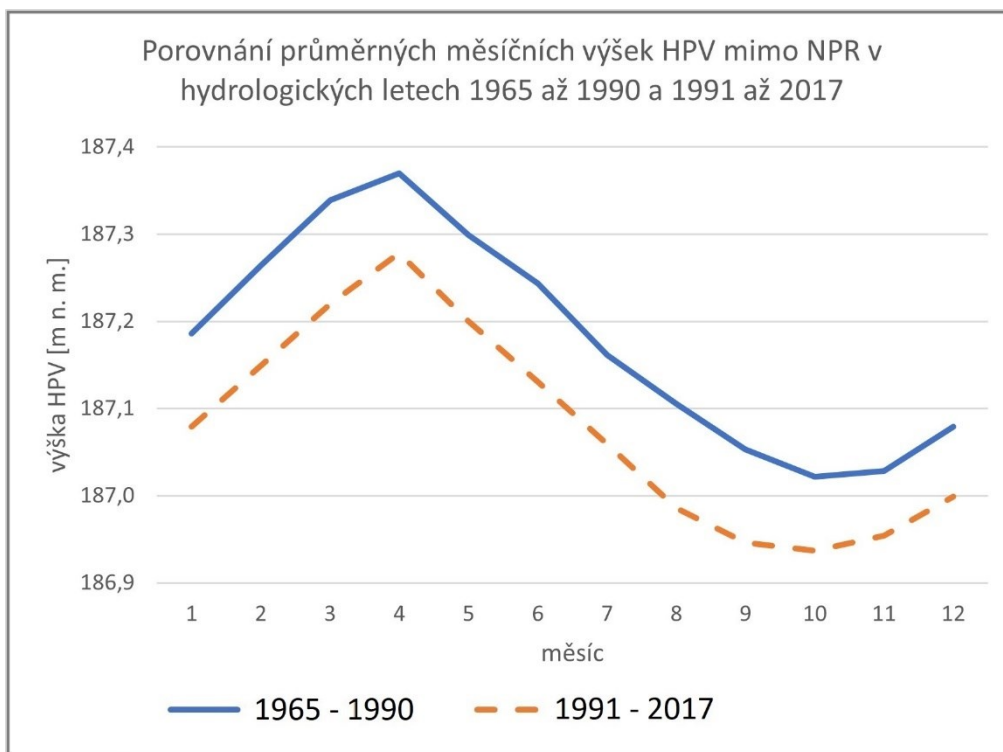
Hodnoty průměrných měsíčních výšek HPV ve vrtu VP0431 v NPR byly v hydrologických letech 1962 až 1990 vyšší než hodnoty z hydrologických let 1991 až 2017, a to průměrně o 7,5 cm. Největší rozdíl mezi hodnotami lze pozorovat v září, kdy rozdíl činí 11,4 cm, nejmenší rozdíl naopak v dubnu, kdy je rozdíl hodnot pouze 1,1 cm. Největší změna je tedy v měsíci s nejnižší průměrnou výškou HPV v roce, naopak nejmenší změna je v měsíci s nejvyšší průměrnou výškou HPV v roce. Kolísání výšky HPV v rámci roku je v prvním období průměrně 46 cm a v druhém období průměrně 56 cm. Grafické zobrazení porovnání je možné vidět na obrázku níže (Obrázek 11).



Obrázek 11: Graf porovnání průměrných měsíčních výšek HPV ve vrtu VP0431 v NPR Libický luh v hydrologických letech 1962 až 1990 a 1991 až 2017

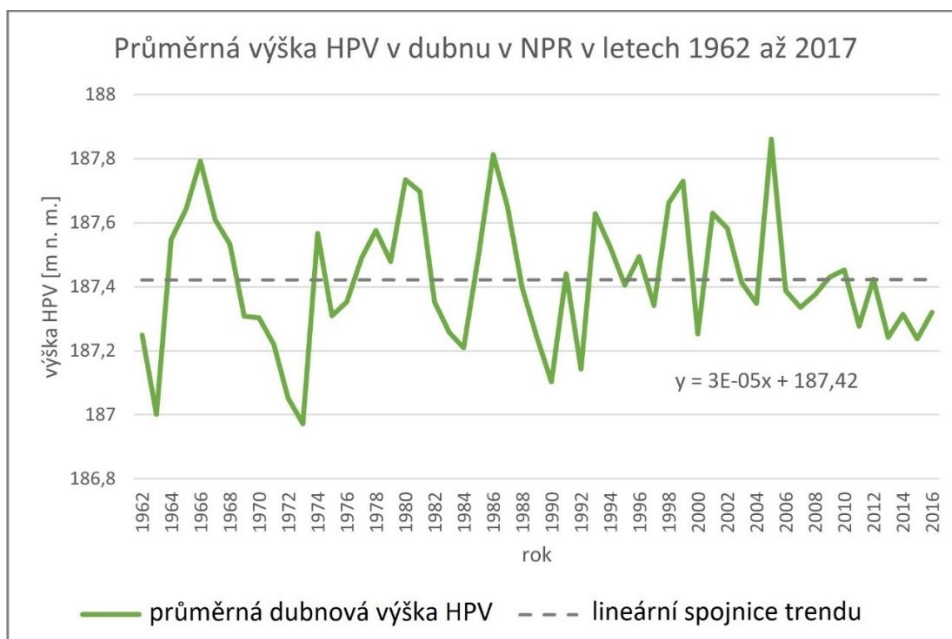
Hodnoty průměrných měsíčních výšek HPV ve vrtu VP0461 mimo NPR byly v hydrologických letech 1965 až 1990 vyšší než hodnoty z hydrologických let 1991 až 2017, a to průměrně o 10,1 cm. Na rozdíl od vrtu v NPR je zde rozdíl mezi průměrnými měsíčními výškami HPV ve všech měsících méně proměnlivý. Největší rozdíl mezi hodnotami lze pozorovat v srpnu, kdy činí 12 cm a nejmenší rozdíl v listopadu, kdy je rozdíl 7,4 cm. Maximální hodnotu má průměrná měsíční výška HPV v dubnu a minimální v říjnu, a to v obou obdobích. Kolísání výšky HPV v rámci

roku je v prvním období průměrně 35 cm a v druhém období průměrně 34 cm, tedy téměř beze změny. Grafické zobrazení je na obrázku níže (Obrázek 12).

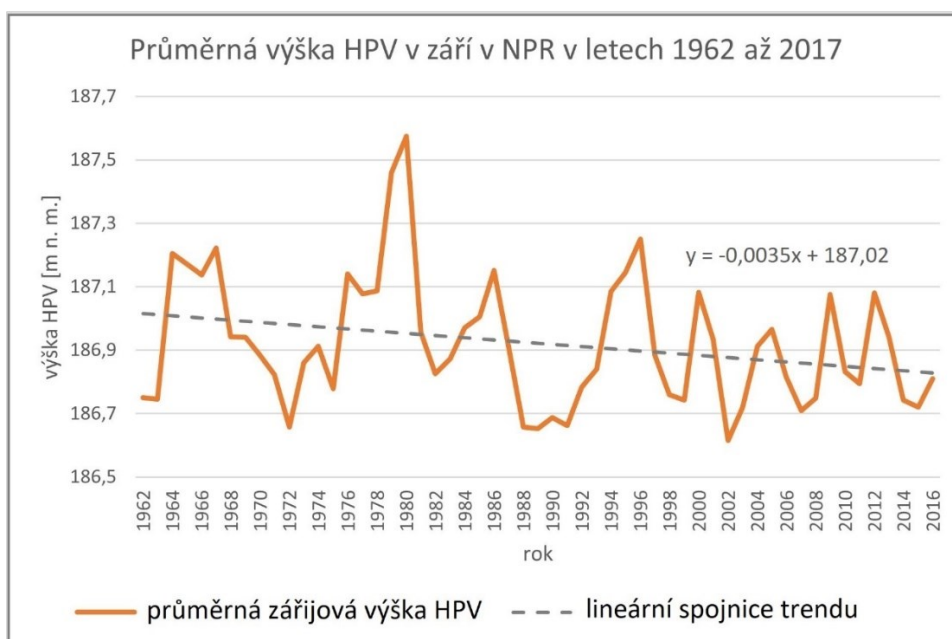


Obrázek 12: Graf porovnání průměrných měsíčních výšek HPV ve vrtu VP0461 mimo NPR Libický luh v hydrologických letech 1965 až 1990 a 1991 až 2017

Při porovnání hodnot o výšce HPV mezi dvěma časovými obdobími ve vrtu VP0431 v NPR výše (Obrázek 11) je možné sledovat relativně malou změnu v průměrných dubnových výškách HPV oproti změně průměrných zářijových výšek HPV. Na grafech níže (Obrázek 13 a Obrázek 14) je možné pozorovat vývoj průměrné dubnové a zářijové výšky HPV mezi lety 1962 a 2017. U průměrné dubnové výšky HPV je změna zanedbatelná, zatímco u průměrné zářijové výšky HPV je spojnice trendu klesající. Průměrné zářijové výšky HPV, které jsou v rámci roku nejnižší, se tedy ve sledovaném období ještě více snižují, zatímco průměrné dubnové hodnoty, které jsou v rámci roku nejvyšší, se z dlouhodobého hlediska nemění. Nárůst ročního kolísání výšky HPV ve druhém pozorovaném období oproti prvnímu o 10 cm (Obrázek 11) je tedy dán klesajícími hodnotami průměrné zářijové výšky HPV a zároveň dlouhodobě neměnnými výškami HPV v dubnu.



Obrázek 13: Graf průměrné výšky HPV v dubnu ve vrtu VP0431 v NPR Libický luh v letech 1962 až 2017



Obrázek 14: Graf průměrné výšky HPV v září ve vrtu VP0431 v NPR Libický luh v letech 1962 až 2017

6.3 Diskuze

Výsledky výpočtů vypovídají o průměrném ročním průběhu výšky HPV na severovýchodním okraji NPR Libický luh přibližně za posledních 60 let. Tento průměrný roční průběh výšky HPV v NPR jsem dále porovнала s průměrným ročním průběhem výšky HPV ve vrtu na poli nedaleko od NPR též přibližně za posledních 60 let. Vývoj výšek HPV v roce je ve vrtu na louce v NPR oproti vrtu na poli mimo NPR rozkolísanější a dosahuje minimálních hodnot již o měsíc dříve (v září).

Možným důvodem tohoto rozdílu mezi úrovní HPV v NPR a mimo NPR může být například vliv řeky Cidliny, která se nachází pouze asi 400 m od vrtu v NPR. Pro potvrzení tohoto vlivu by bylo zapotřebí prokázat souvislost mezi vodním stavem řeky Cidliny a výškou HPV v tomto vrtu. Dalším možným důvodem může být také vliv vegetace lužního lesa v podobě zvýšené evapotranspirace na úroveň HPV ve vrtu v NPR. Tuto spotřebu podzemní vody vegetací lužního lesa zmiňují i Weiss a Bruthans (2021) .

Dále jsem průměrné měsíční výšky HPV ve vrtech v NPR i mimo rozdělila na dvě přibližně stejně dlouhá období rozdělená listopadem 1990. Při porovnání ročních průběhů výšek HPV v prvním a druhém období je možné ve druhém období pozorovat nižší hodnoty výšky HPV, a to v obou vrtech. Ve vrtu na poli mimo NPR je tento rozdíl mezi průměrnou měsíční výškou HPV v prvním a druhém období ve všech měsících přibližně podobný, maximální rozdíl mezi obdobími je oproti minimálnímu ani ne dvojnásobný. Ve vrtu na louce v NPR je tento maximální rozdíl oproti minimálnímu více než desetinásobný, v dubnu činí rozdíl mezi dvěma časovými obdobími 1,1 cm a v září 11,4 cm.

Jedním z důvodů této skutečnosti může být například vyšší letní evapotranspirace ve druhém pozorovaném období oproti prvnímu, která je daná kombinací vegetace lužního lesa, mělkosti podzemní vody a vyšších teplot (Weiss a Bruthans 2021). Evapotranspirace v lužním lese tak může způsobovat pokles HPV v místě vrtu. Zároveň může v letním období docházet ke zvýšené evapotranspiraci v povodí Cidliny a Labe, které mohou mít následně v oblasti Libického luhu snížený průtok, a tím ovlivňovat i výšku HPV ve vrtu v NPR (Koterová et al 2021). Úroveň HPV se poté i přesto dokáže v dubnu navrátit do téměř stejné výšky jako v prvním pozorovaném období. Odůvodnění této skutečnosti by vyžadovalo bližší porozumění tomu, čím je dáno zvyšování HPV v NPR v období od září do dubna. Jedním z důvodů by mohlo být například, že v letním období zvýšené evapotranspirace vzniká v oblasti Libického luhu lokální deprese HPV, která je po skončení tohoto období opět vyrovnána doplněním podzemními vodami z okolí. Tato možnost by vysvětlovala velký rozdíl mezi zářijovou výškou HPV ve dvou pozorovaných obdobích a poměrně malý rozdíl mezi dubnovou výškou HPV. Pro ověření této teorie by byla zapotřebí analýza výšek HPV z většího množství kvartérních vrtů v Libickém luhu a jeho širším okolí, která by prokázala existenci této lokální deprese HPV v NPR a její následné zarovnání v nevegetačním období.

7 Závěr

Oblast NPR Libického luhu je výsledkem dlouhodobého působení přírodních živlů, a to především vody. V období svrchní křídly byla oblast současného Libického luhu zaplavena mořem a díky tomu se nyní v podloží Libického luhu i jeho širokého okolí nachází cenomanský kolektor artéských minerálních vod bohatých na oxid uhličitý označovaný jako poděbradská zřidelní struktura. Na povrchu Libického luhu, který je tvořený holocenními náplavami a je obklopen labskými říčními terasami pleistocenního stáří, je možné pozorovat stopy po vývoji řeky Labe a jeho soutoku s řekou Cidlinou. Labe během našeho letopočtu neustále měnilo polohu svého koryta, rozlévalo se, přinášelo povodně, a tak se podílelo na tvorbě území Libického luhu, jako na soustavě slepých a mrtvých ramen, tůní, mokřadů, lužního lesa a podmáčených luk, kterou dohromady spojuje mělká podzemní voda kvartérního kolektoru. Nicméně umělé zahloubení koryta Labe a stavba jezů během 20. století přirozené hydrodynamické spojení mezi kvartérní podzemní vodou a vodním stavem Labe částečně narušily.

V oblasti Libického luhu i v jeho okolí je pozorována zvýšená mineralizace podzemní vody kvartérního kolektoru. V některých místech v okolí Libického luhu dochází k přetoku artéských minerálních vod křídového kolektoru do kolektoru kvartérního podél zlomů porušujících těsnost izolátoru mezi nimi. Nicméně zvýšená mineralizace v oblasti Libického luhu je dána spíše zvýšenou evapotranspirací v letním období, neboť výsledky chemických rozborů nepotvrdily obohacení minerální vodou křídového kolektoru. Zvýšená evapotranspirace v Libickém luhu pravděpodobně nezpůsobuje pouze vysokou mineralizaci kvartérních podzemních vod, ale také snížení minimálních úrovní hladiny podzemní vody v rámci roku.

8 Zdroje

- AOPK, 2015a. Národní přírodní rezervace Libický luh. *Správa CHKO Kokořínsko–Máchův kraj* [online] [vid. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://kokorinsko.ochranaprirody.cz/mzchu/npr-libicky-luh/>
- AOPK, 2015b. *Plán péče o národní přírodní rezervaci Libický luh na období 2016–2024* [online]. 2015. Dostupné z: https://drusop.nature.cz/ost/archiv/plany_pece/ug_file.php?RECORD_ID=26984#
- AOPK, 2022. *Maloplošná zvláště chráněná území* [online]. [map]. Měřítko 1:2500. Praha: AOPK ČR. [vid. 2022-07-09]. Dostupné z: <http://ms.cenia.cz/php/micka/record/basic/4acb466b-0580-46a2-8627-3a270a02080a>
- AUSTRIAN STATE ARCHIVE/MILITARY ARCHIVE, LABORATOŘ GEOINFORMATIKY UNIVERZITA J.E. PURKYNĚ, a MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR, 1783. *1st Military Survey, Section No. 110* [online]. [map]. Měřítko 1: 28 800. [vid. 2022-05-22]. Dostupné z: http://oldmaps.geolab.cz/map_root.pl?lang=cs&map_root=1vm
- BLAŽEK, Jan, František KALENDA, Jiří LUKEŠ, Stanislav ČECH a Libor MICHELE, 2010. *Velký Osek (Středočeský kraj). Režim podzemních vod v okolí Velkého Oseku. Závěrečná zpráva za období 2008/2009. Vodní zdroje Chrudim, spol. s.r.o.*
- BOHN, Udo a Robert NEUHÄUSL, 2003. *Karte der natürlichen Vegetation Europas / Map of the Natural Vegetation of Europe. Maßstab / Scale 1 : 2 500 000.* Münster (Landwirtschaftsverlag).
- BURDA, Jiří a Zdeněk HERRMANN, 2016. *1151 – Kvartér Labe po Kolín; 1152 – Kvartér Labe po Nymburk; 1171 – Kvartér Labe po Jizeru; 1172 – Kvartér Labe po Vltavu: Rebilance zásob podzemních vod. Závěrečná zpráva. Řešení geologického úkolu s výpočtem zásob podzemních vod v hydrogeologických rajonech.* Praha: Česká geologická služba.
- CENIA, 2014. *Klimatické oblasti ČR 1901-2000 (WMS)* [online]. [map]. [vid. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://micka.cenia.cz/record/basic/4e64bc59-65b0-4475-aae2-06a8c0a80138>
- CRAFT, Christopher, 2016. Forested Wetlands. In: *Creating and Restoring Wetlands* [online]. Elsevier, s. 129–160 [vid. 2022-04-02]. Dostupné z: doi:[10.1016/B978-0-12-407232-9.00006-3](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407232-9.00006-3)
- ČECH, Stanislav, 2004. Křídová výplň poděbradské zřidelní struktury. 37, Zprávy o geologických výzkumech v roce 2003.
- ČECH, Stanislav, Lenka HRADECKÁ, Libor MICHELE, Ctirad SKALSKÝ a Lilian ŠVÁBENICKÁ, 1999. *Poděbrady - Velké Zboží, posílení zdrojů minerální vody pro firmu PODĚBRADKA s.r.o. závěrečná zpráva.* AQUAPROTECT, s.r.o.
- ČESKO, 2019. *fragment #f6262469 vyhlášky č. 227/2018 Sb. o charakteristice bonitovaných půdně ekologických jednotek a postupu pro jejich vedení a aktualizaci - znění od 01.01.2019* [online]. 2019. [vid. 2022-07-26]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-227#f6262469>
- ČGS, 2004. *Geologická mapa ČR (GEOČR50)* [online]. [map]. Měřítko 1:50 000. [vid. 2022-05-22]. Dostupné z: <http://ms1.cenia.cz/php/micka/record/basic/4d01fbc5-f0a0-4a31-9ec5-ebc40a010817>

- ČGS, 2007. *Geologická mapa ČR (GEOČR500)* [online]. [map]. Měřítko 1 : 500 000. [vid. 2022-07-09]. Dostupné z: <https://micka.geology.cz/record/basic/551bb8b4-5b8c-4890-8eef-2abd0a010852#>
- ČGS, 2017. *Půdní mapa* [online]. [map]. Měřítko 1:50 000. [vid. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/pudy/>
- ČGÚ, 1993. *Rastrová geologická mapa ČR. List 13-14 Nymburk* [online]. [map]. Měřítko 1:50 000. [vid. 2022-07-09]. Dostupné z: <http://ms1.cenia.cz/php/micka/record/basic/5b1f5e56-83ec-48e2-92ab-48590a010852>
- ČHMÚ, 2009. *Hydrologická ročenka České republiky 2008 - příloha* [online]. [vid. 2022-07-26]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/hydro/hydrologicke_rocenky/HR_2008_eprilohy.pdf
- ČHMÚ, 2021a. *Datový soubor se záznamem průběhu hladin z vrtů VP0461 a VP0431 a informacemi o těchto vrtech*. 2021.
- ČHMÚ, 2021b. *Denní data dle zákona 123/1998 Sb.* [online] [vid. 2022-07-16]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/Denni-data-dle-z.-123-1998-Sb>
- ČHMÚ, 2022. *Evidenční list hlásného profilu č.55* [online] [vid. 2022-06-20]. Dostupné z: <https://hydro.chmi.cz/hpps/evlist.php?seq=307212>
- ČÚZK, 2022a. *Nahlížení do KN* [online]. [map]. [vid. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&MarExtent=-990320.44597457629%20-1239836%20-346646.55402542371%20-923033&MarWindowName=Marushka>
- ČÚZK, 2022b. *Prohlížeč služba WMS - ZM 25* [online]. [map]. Měřítko 1:25 000. [vid. 2022-06-18]. Dostupné z: https://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM25_PUB/WMSservice.aspx
- ČÚZK, 2022c. *Prohlížeč služba WMS - ZM 50* [online]. [map]. Měřítko 1:50 000. [vid. 2022-06-18]. Dostupné z: https://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM50_PUB/WMSservice.aspx
- DEMEK, Jaromír a Peter MACKOVČIN, ed., 2006. *Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny* [online]. Vyd. 2. Brno: AOPK ČR. ISBN 80-86064-99-9. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Karel-Kirchner/publication/340385714_Hory_a_niziny_Zemepisny_lexikon_CR/links/5e955e1ba6fdc7891556f3/Hory-a-niziny-Zemepisny-lexikon-CR.pdf
- DISTER, Emil, 1990. Floodplain Protection in Central Europe. *Gate*. (3), 13–16.
- FORMANOVÁ, Irena, Miroslav DORT a Luboš BERAN, 2008. Libický luh [online]. (5). Dostupné z: <https://www.casopis.ochranaprirody.cz/z-nasi-prirody/libicky-luh/>
- HAVLÍN NOVÁKOVÁ, Dana, 2008. *Minerální vody České republiky* [online] [vid. 2022-07-09]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/sci/podzim2008/G9981/um/Mineralni_vody_v_CR.pdf
- HERČÍK, Ferdinand, Zdeněk HERRMANN a Jaroslav VALEČKA, 1999. *Hydrogeologie české křídové pánve*. 1. vyd. Praha: Český geologický ústav.
- CHLUPÁČ, Ivo, Rostislav BRZOBOHATÝ, Jiří KOVANDA a Zdeněk STRÁNÍK, 2002. *Geologická minulost České republiky*. 1.vyd. Praha: Academia.

- CHYTRÝ, Milan, 2020. Vegetace a biotopy České republiky: 4. Listnaté lesy a křoviny. In: [online]. Ústav botaniky a zoologie PŘF MU. [vid. 2022-06-22]. Dostupné z: <https://www.sci.muni.cz/botany/chytry/Vegetace-biotopy-CR-04-Listnate-lesy-a-kroviny.pdf>
- JETEL, Ján a Lýdia RYBÁŘOVÁ, 1979. *Minerální vody Východočeského kraje*. vyd. 1. Praha: Ústřední ústav geologický.
- JUST, Tomáš, Václav MATOUŠEK, Martin DUŠEK, David FIŠER a Petr KARLÍK, 2005. *Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi*. Praha: 3. ZO ČSOP Hořovicko se spolupráci se spol. Ekologické služby s.r.o., AOPK ČR a MŽP. ISBN 80-239-6351-1.
- KLÍMA, Václav, 1978. *Dějiny Velkého Oseka*. Velký Osek: MNV Velký Osek.
- KLIMO, Emil, 2003. Lužní les jako významný biotop nížinných krajiny. In: *Pedologické dny: Ochrana a využití půdy v nížinných oblastech*. Velké Bílovice: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně Česká pedologická společnost, Ministerstvo životního prostředí ČR, s. 39–41.
- KONVIČKA, Martin, Lukáš ČÍŽEK a Jiří BENEŠ, 2006. *Ohrožený hmyz nížinných lesů: ochrana a management* [online]. Olomouc: Sagittaria. ISBN 80-239-8801-8. Dostupné z: http://www.forumochranyprirody.cz/sites/default/files/ohrozeny_hmyz_nizinnych_lesu.pdf
- KOTEROVÁ, Vendula, Anna ŽOHOVÁ a Vítězslav DVOŘÁK, 2021. *Studie proveditelnosti: Opatření vedoucích k posílení zásob podzemní vody a obnově povrchových vodních prvků v inundačním území Labe v k.ú. Hradištko I, Veltruby, Velký osek a Libice nad Cidlinou 1. část*. Praha: Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.
- KPOP ČZU, 2014. *Klasifikace půdních typů podle TKSP a WRB* [online]. [map]. Měřítko 1:250 000. 2009. vyd. [vid. 2022-05-22]. Dostupné z: https://micka.cenia.cz/record/basic?url=https%3A%2F%2Fgeoportal.gov.cz%2Fphp%2Fmicka%2Fcsww%3FService%3DCSW%26request%3DGetRecordById%26version%3D2.0.2%26outputSchema%3Dhttp%3A%2F%2Fwww.isotc211.org%2F2005%2Fgmd%26id%3D542a9894-d6bc-432c-a394-3b44c0a80137%23_542a9894-d6bc-432c-a394-3b44c0a80137
- KRÁSNÝ, Jiří, Milena CÍSLEROVÁ, Stanislav ČURDA, Josef Vojtěch DATEL, Jaroslav DVOŘÁK, Arnošt GRMELA, Zbyněk HRKAL, Hubert KŘÍŽ, Henryk MARSZALEK, Jaroslav ŠANTRŮČEK a Jan ŠILAR, 2012. *Podzemní vody České republiky: regionální hydrogeologie prostých a minerálních vod*. vyd. 1. Praha: Česká geologická služba.
- KVĚTOŇ, Vít a Vít VOŽENÍLEK, 2011. *Klimatické oblasti Česka: klasifikace podle Quitta*. [map]. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. M.A.P.S. (Maps and Atlas Product Series)4. ISBN 978-80-86690-89-6.
- MADĚRA, Petr, 2007. Problémy typologie lužních lesů 8.-9.10.2007. In: *Konference o lužních lesích* [online]. Dostupné z: <http://baloun.entu.cas.cz/~cizek/LuzniLesKonfera/Czech%20texts/II.BLOK/16%20Madera.pdf>
- MENŠÍK, Ladislav, Petr VAHALÍK, Vítězslav HYBLER, Eva KOSTKOVÁ, Pavel HADAŠ, Alois PRAX a Jiří KULHAVÝ, 2015. The dynamics of groundwater level in the Morava River floodplain (Czech Republic). *Zprávy lesnického výzkumu*. (60(3)), 225–232.

- MICHELE, Libor, Stanislav ČECH, Svatopluk ŘEZANINA a Radka ÜBERHUBEROVÁ, 2012. *k.ú. Poděbrady; Poděbrady - lázně; Realizace záložního vrtu BJ23. Závěrečná zpráva o hydrogeologickém průzkumu*. Praha: aquaenviro.
- MICHELE, Libor, Vladimír PELIKÁN a Ctirad SKALSKÝ, 1996. *Posouzení možnosti zvýšení odběru minerální vody z vrtu BJ 13 ve Velkém Zboží*. AQUAPROTECT, s.r.o.
- MIKOLANDA, Miloš a Libor MICHELE, 2013. Žádný pramen, který by vyvěral sám bez lidského přičinění, v Poděbradech není [online]. Rozhovor vedl Olga HAVRÁNKOVÁ a Miroslav JILEMNICKÝ.
- NAIMAN, Robert J., Kevin L. FETHERSTON, Steven J. MCKAY a Jiquan CHEN, 1998. Riparian Forests. In: Robert J. NAIMAN, Robert E. BILBY a Sylvia KANTOR, ed. *River Ecology and Management* [online]. New York, NY: Springer New York, s. 289–323 [vid. 2022-04-02]. Dostupné z: doi:[10.1007/978-1-4612-1652-0_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1652-0_12)
- NĚMEČEK, Jan, Libuše SMOLÍKOVÁ a Miroslav KUTÍLEK, 1990. *Pedologie a paleopedologie*. Vyd. 1. Praha: Academia. ISBN 80-200-0153-0.
- NĚMEČEK, Jan, Jiří VOKOUN, Jiří SMEJKAL, Jaromír MACKŮ, Josef KOZÁK, Karel NĚMEČEK a Luboš BORŮVKA, 2004. *Elektronický taxonomický klasifikační systém půd ČR* [online] [vid. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://klasifikace.pedologie.czu.cz/?action=showIntroPage>
- NEUHÄUSLOVÁ, Zdenka a Milan CHYTRÝ, 2010. Lužní lesy. In: Milan CHYTRÝ, Tomáš KUČERA, Martin KOČÍ, Vít GRULICH a Pavel LUSTYK, ed. *Katalog biotopů České republiky. Ed. 2*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, s. 266–277.
- PEJŠKA, Jaroslav, Ivo RUS a Pavel VONIČKA, 2013. *Významný krajinný prvek Bačovské lesy* [online]. Kolín: Městský úřad Kolín, Odbor životního prostředí a zemědělství. ISBN 978-80-260-5628-7. Dostupné z: <https://docplayer.cz/19092697-Vyznamny-krajinnny-prvek-bacovske-lesy.html>
- POVODÍ LABE, 2011. *Zdymadlo Velký Osek na Labi v ř. km 911,772* [online] [vid. 2022-05-22]. Dostupné z: http://www.pla.cz/planet/public/vodnidila/zsl_velkyosek.pdf
- PRUDIL, Vít a Libor MICHELE, 2006. *Velký Osek. Možnosti případného ovlivnění zdrojů minerální vody v obci Velký Osek a jeho širším okolí v OP PLZ lázeňských míst Poděbrady a Sadská vlivem možné těžby štěrkopísků v jižním okolí obce Velký Osek*. Brno: MS Aqua Enviro, spol. s.r.o.
- QUITT, Evžen, 1971. *Klimatické Oblasti Československa = Climatic Regions of Czechoslovakia*. Brno: Geografický ústav ČSAV.
- RANDUŠKA, Dušan, Jaromír VOREL a Karel PLÍVA, 1968. Zonálnost vegetace. In: *Fytocenológia a lesnícka typológia: Učebnica pre lesnícke fakulty*. Bratislava: Príroda.
- VÚMOP, 2013. Nabídka mapových a datových produktů – Hydrologické charakteristiky. In: [online]. [vid. 2022-05-22]. Dostupné z: https://www.vumop.cz/sites/default/files/20130529_katalogmap_hydrologicke_charakteristiky.pdf
- VÚMOP, 2018a. *Půda v mapách* [online]. [map]. [vid. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://mapy.vumop.cz/>

VÚMOP, 2018b. *Půda v mapách: Popis vrstev* [online] [vid. 2022-06-20]. Dostupné z: https://mapy.vumop.cz/popis/popis_mapovnik.php

VÚV TGM, 2015. *Vodní hospodářství a ochrana vod* [online]. [map]. [vid. 2022-05-22]. Dostupné

z: https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&TMPL=HVMAP_MAIN&IFRAME=0&lon=15.1793701&lat=50.1161371&scale=30240

VÚV TGM, 2021. *OBJ_PZV_CZ_20211119* [online]. [map]. [vid. 2022-07-26]. Dostupné

z: https://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/ramcovasmernicevoda/docprositele/DM/OBJ_PZV_CZ_20211119.xlsx

WEISS, Tomáš a Jiří BRUTHANS, 2021. Brakická voda v NPR Libický luh: Hlubinný zdroj, kontaminace, nebo důsledek ploché hladiny a evapotranspirace lužních lesů? In: *Hydrologické dny 2021*.

ZELINKA, Jan, 2008. *Retence povodňových vod v lužním lese*. Olomouc. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci.

9 Seznam obrázků

Obrázek 1: Umístění lužního lesa v říčním údolí.	2
Obrázek 2: Jarní Libický luh s rozkvetlým česnekem medvědím (<i>Allium ursinum</i>) v bylinném patře, květen 2021.	4
Obrázek 3: NPR Libický luh.....	6
Obrázek 4: Geologická mapa oblasti Libického luhu a blízkého okolí 1:50 000, list: 1314.....	11
Obrázek 5: Oblast s průzkumnými vrty u Velkého Oseka.	12
Obrázek 6: Soutok Labe s Cidlinou, u kterého se NPR Libický luh nachází..	15
Obrázek 7: Rozdělení české křídové pánve.....	19
Obrázek 8: Pozice kolektorů a izolátorů v bilančním celku 10.	20
Obrázek 9: Pozice vrtů VP0431 a VP0461.	26
Obrázek 10: Graf porovnání průměrných měsíčních výšek HPV ve vrtu VP0431 v NPR Libický luh a ve vrtu VP0461 mimo NPR Libický luh.	27
Obrázek 11: Graf porovnání průměrných měsíčních výšek HPV ve vrtu VP0431 v NPR Libický luh v hydrologických letech 1962 až 1990 a 1991 až 2017.....	28
Obrázek 12: Graf porovnání průměrných měsíčních výšek HPV ve vrtu VP0461 mimo NPR Libický luh v hydrologických letech 1965 až 1990 a 1991 až 2017.	29
Obrázek 13: Graf průměrné výšky HPV v dubnu ve vrtu VP0431 v NPR Libický luh v letech 1962 až 2017.	30
Obrázek 14: Graf průměrné výšky HPV v září ve vrtu VP0431 v NPR Libický luh v letech 1962 až 2017.	30

10 Seznam tabulek

Tabulka 1: Příklady vegetace vyskytující se v lužních lesích Česka.	4
Tabulka 2: Meteorologické údaje charakteristické pro klimatickou oblast T2 a pro, od Libického luhu nedaleké, Poděbrady za období 1961 až 2000.	9
Tabulka 3: Typy kvartérních sedimentů a jejich poloha ve vyvrtných profilech u Velkého Oseka.	12