

Univerzita Hradec Králové
Fakulta informatiky a managementu
Katedra informatiky a kvantitativních metod

Statistický model kvality vody ve vodní nádrži

Diplomová práce

Autor: Martin Skalický

Studijní obor: Informační management-magisterský navazující

Vedoucí práce: Mgr. Jan Draessler, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a s použitím uvedené literatury.

V Hradci Králové dne 31.7.2020

Martin Skalický

Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu práce Mgr. Janu Draesslerovi, Ph.D. za metodické vedení práce, cenné rady a pomoc při psaní mé diplomové práce.

Anotace

Diplomová práce se zabývá realizací přijatého zadání od instituce Povodí Labe, státní podnik se sídlem v Hradci Králové. Cílem práce je na základě poskytnutých dat pomocí vhodné metody sestavit modely pro predikování hodnot kyslíku, pH a teploty vody rozšířené o tzv. "termoklinu" ve vodní nádrži Vrchlice. Teoretická část práce se nejprve věnuje popisu zadavatele a sledovaného objektu dat. Dále jsou vysvětleny základní fyzikálně-chemické procesy ve stojatých vodách, teoretické aspekty v oblasti předzpracování dat a problematika umělých neuronových sítí. Praktická část se zaměřuje na proces data miningu, jehož součástí je průzkum a úprava dat, sestavení modelů vícevrstvé neuronové sítě a jejich následné vyhodnocení.

Annotation

Diploma thesis is about realization of accepted assignment from Povodí Labe, state enterprise based in Hradec Králové. The goal of this thesis is creating models for predicting values of oxygen, pH and water temperature included thermocline according to provided data using a suitable method in water tank Vrchlice. Theoretical part of the thesis is about description of the submitter and monitored data object. Further the basic physico-chemical processes in stagnant waters are explained, also theoretical aspects in data preprocessing and problematics of artificial neural networks. The practical part is about process of data mining, which involves data exploration, data preparation, building multilayer perceptron models and their evaluation.

Obsah

1	Úvod.....	1
1.1	Cíl práce.....	1
1.2	Metodika zpracování.....	2
2	Zadavatel a sledovaný objekt dat	3
2.1	Povodí Labe	3
2.2	VN Vrchlice	4
2.3	Poskytnutá data	5
2.4	Způsob a účel získávání dat	6
2.5	Využití modelů predikce.....	9
3	Hydrobiologie stojatých vod.....	10
3.1	Typologie a kategorie stojatých vod.....	10
3.2	Teplotní stratifikace a cirkulace vody.....	11
3.3	Fyzikálně – chemické faktory vody.....	14
3.3.1	Teplota vody a vzduchu.....	14
3.3.2	Rozpuštěný kyslík	15
3.3.3	pH vody – koncentrace vodíkových iontů.....	17
4	Teoretické aspekty přípravy dat.....	19
4.1	Průzkum datového souboru	19
4.2	Techniky úpravy dat	20
4.2.1	Čištění dat.....	20
4.2.2	Integrace dat	23
4.2.3	Redukce dat	24
5	Umělé neuronové sítě	26
5.1	Motivace v biologii.....	26
5.2	Výhody neuronových sítí.....	27
5.3	Typy neuronových sítí	29
5.4	Vícevrstvá perceptronová síť (MLP).....	33
5.4.1	Formální neuron	34
5.4.2	Topologie sítě	35
5.4.3	Proces učení sítě– Backpropagation.....	36
5.4.4	Normalizace dat.....	39
5.4.5	Aktivační funkce.....	40

5.4.6	Využití a trendy	43
6	Data mining.....	46
6.1	Příprava dat	46
6.1.1	Exploratorní analýza dat (EDA)	46
6.1.2	Chybějící hodnoty	49
6.1.3	Zpožděné signály	50
6.1.4	Dopočítání hodnot	52
6.1.5	Proměnná Spad_Mean	54
6.1.6	Propojení souborů.....	55
6.1.7	Identifikace anomálií	57
6.2	Vlastnosti a nastavení neuronové sítě	61
6.3	Struktura proměnných a rozložení reziduí pro jednotlivé použité modely	61
6.3.1	Teplota vody – MODEL_A.....	61
6.3.2	Teplota vody – MODEL_B	65
6.3.3	Teplota vody – MODEL_C	68
6.3.4	Teplota vody – MODEL_D	70
6.3.5	Kyslík	73
6.3.6	pH	76
6.4	Vyhodnocení kvality modelů.....	79
6.4.1	Teplota vody – MODEL_A.....	79
6.4.2	Teplota vody – MODEL_B	85
6.4.3	Teplota vody – MODEL_C	90
6.4.4	Teplota vody – MODEL_D.....	95
6.4.5	Kyslík	100
6.4.6	pH	104
7	Shrnutí výsledků.....	108
8	Závěr.....	110
9	Použité zdroje	111
	Seznam tabulek	116
	Seznam obrázků.....	116
	Seznam grafů	117
	Seznam teplotních map	117
	Seznam příloh	118

1 Úvod

Většina podniků, které používají informační systémy, vlastní více či méně rozsáhlou databázi údajů, které ne vždy naplno využívají. Data mining je proces získávání znalostí, vztahů a dříve neznámých informací z dostupných dat. Pod tímto, v dnešní době známým pojmem se skrývá mnoho různorodých metod a postupů, jimiž jsou vstupní „surová“ data prozkoumána, čištěna, upravována a analyzována. Díky nesporným přínosům data miningu, zejména pro obchodní, ale v současnosti i jiné procesy, roste obliba těchto metod zpracování dat a četnost jejich nasazení. Informace získané prostřednictvím data miningu lze jednoduše začlenit do stávající IT infrastruktury podniku a dle potřeby je zpřístupnit všem pracovníkům.

Cílem práce je uplatnění data miningových metod na reálném zadání, přijatém od Povodí Labe, státní podnik se sídlem v Hradci Králové. Zadání spočívá v sestavení modelů pro predikování hodnot kyslíku, pH a teploty vody rozšířené o tzv. „termoklinu“ ve vodní nádrži Vrchlice. Data k sestavení modelů poskytuje Povodí Labe, státní podnik.

V teoretické části práce je popsána hydrobiologie stojatých vod a fyzikálně-chemické vlastnosti veličin, jež jsou předmětem této práce. Tyto kapitoly pomůžou čtenáři lépe porozumět chování a vztahům mezi poskytnutými daty, sledovaným objektem dat a predikovanými proměnnými. Dále jsou z teoretického pohledu popsány některé data miningové techniky a postupy, jež budou v dalších částech prakticky využívány. Konkrétně se jedná o průzkumovou analýzu dat (EDA), techniky přípravy dat a umělé neuronové sítě, v rámci kterých je blíže popsána vícevrstvá perceptronová síť (MLP).

V praktické části práce jsou data miningové metody aplikovány na poskytnutá data s cílem sestavit predikční modely. K sestavení modelů se využívá vícevrstvé perceptronové sítě z programu IBM SPSS Modeler 18.1.1. Výpočty jednotlivých modelů jsou následně převedeny do MS Office Excel 2019, kde jsou vytvořeny výstupy ve formě teplotních map. Na konci práce je provedeno vyhodnocení kvality modelů a shrnutí dosažených výsledků.

1.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce je sestavení modelů pro predikování kyslíku, pH a teploty vody rozšířené o tzv. „termoklinu“ ve vodní nádrži Vrchlice. Poskytovatelem dat, z kterých

budou modely sestaveny, je Povodí Labe, státní podnik se sídlem v Hradci Králové. Data jsou poskytnuta v rámci tří oddělených souborů, které obsahují několik signálů měřených v různých intervalech. Pro sestavení predikčních modelů se využije metody vícevrstvé neuronové sítě (MLP). Před samotným použitím MLP je nutné data prozkoumat a upravit do vhodné podoby. Výstupy jednotlivých modelů budou prezentovány ve formě výstupů z programu IBM SPSS Modeler ve verzi 18.1.1., grafických výstupů a teplotních map.

1.2 Metodika zpracování

Teoretická část práce se opírá zejména o použité zdroje uvedené na konci práce, které obsahují jak knižní zdroje, elektronické zdroje, tak i rozhovory se zástupci Povodí Labe, státní podnik. V rámci kapitoly Zadavatel a sledovaný objekt dat jsou ve stručnosti představeny základní informace o Povodí Labe, státní podnik, vodní nádrži Vrchlice a poskytnutých datech. Další kapitola se věnuje hydrobiologii stojatých vod a fyzikálně-chemickým procesům ve vodě, kde jsou vysvětlovány vztahy, vlastnosti, chování a obecně problematika dané oblasti pro snazší porozumění poskytnutým datům. V kapitole Teoretické aspekty přípravy dat se popisují základní metody data miningu v oblasti poznání a úpravy dat. Konkrétně jsou představeny exploratorní analýza dat (EDA) a metody přípravy dat (čištění, integrace a redukce). Kapitola Umělé neuronové sítě se věnuje obecně neuronovým sítím, jejich motivaci v biologii a představuje některé typy neuronových sítí. Podrobněji je popsána vícevrstvá perceptronová síť (MLP).

Praktická část práce aplikuje data miningové metody představené v teoretické části práce na poskytnutá data. Využívá se exploratorní (průzkumové) analýzy dat, metody čištění, integrace a redukce dat, metody vícevrstvé neuronové sítě pro sestavení predikčních modelů a grafické výstupy pro hodnocení kvality modelů (histogramy, bodové grafy apod.). Všechny tyto techniky jsou realizovány v programu IBM SPSS Modeler 18.1.1. Výpočty jednotlivých modelů jsou následně exportovány do MS Office Excel 2019, kde jsou pomocí podmíněného formátování vytvořeny přehledné výstupy ve formě teplotních map.

2 Zadavatel a sledovaný objekt dat

Tato kapitola popisuje zadavatele dat, kterým je Povodí Labe, státní podnik a sledovaný objekt dat, jímž je vodní nádrž Vrchlice. Dále tato kapitola podává přehled o poskytnutých datech, způsobu jejich měření a následného využití. Na konci této kapitoly je zodpovězena otázka ohledně případného využití sestavených modelů, které jsou cílem této práce.

2.1 Povodí Labe

Povodí Labe, státní podnik je státní podnik se sídlem v Hradci Králové, založený dne 1.1.2001 dle zákona č. 305/2000 Sb., o povodích, jako právní nástupce společnosti Povodí Labe, a. s. Jeho náplní je správa významných vodních toků, činnosti spojené s určováním a hodnocením situace povrchových a podzemních vod. Územní působnost pokrývá zejména Horní a střední Labe a dále vlastní tok Labe pod soutokem s Vltavou po státní hranici a další činnosti, jež zastávají správci povodí na základě zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), zákona č. 305/2000 Sb., o povodích a souvisejících právních předpisů, včetně správy drobných vodních toků v dané oblasti povodí, jejichž správcem byl podnik určen. [1]

Hlavním posláním podniku je především:

- výkon funkce správce povodí, správce velkých a stanovených drobných vodních toků v oblasti Horního a středního Labe a vlastního toku Labe od soutoku s Vltavou u Mělníka po státní hranici s Německem u Hřenska,
- provoz a údržba vodních děl ve vlastnictví státu, s nimiž má právo hospodařit,
- užívání movitého a nemovitého majetku ve vlastnictví státu, který je Povodí Labe k dispozici pro vykonávání úkolů a realizaci podnikatelské činnosti,
- nakládání s vodami s ohledem na množství a kvalitu v rámci soustavy vodních toků a vodních děl, jež spravuje nebo provozuje na základě podmínek stanovených vodoprávními úřady,
- zajišťování podmínek pro racionální, šetrné a ekologicky přijatelné využívání povrchových a podzemních vod, vodních toků a svěřeného hmotného i nehmotného majetku pro povolené nebo oprávněné účely. [2]

2.2 VN Vrchlice

Říčka Vrchlice pramení v oblasti Hornosázavské pahorkatiny nad obcí Štipoklasy v nadmořské výšce 488 m. n. m. Protéká směrem na sever k historickému městu Kutná Hora a pod ním ústí zleva do Klejnárky u obce Nové Dvory. Rozloha povodí Vrchlice je 133,3 km² a celková délka toku je 30 km.

Účely vodního díla

Mezi hlavní činnosti vodní nádrže Vrchlice patří shromažďování vody pro vodárenské využití, zajištění minimálního zůstatkového průtoku v profilu pod hrází, zužitkování odtoku vody z nádrže ve smyslu výroby energie, zásobování golfového areálu Roztěž technologickou vodou a částečná ochrana území ležícího pod hrází před velkými vodami. [3]

Vodní dílo

Přehradní hráz je svým typem betonová klenbová, konstruovaná do válcové plochy o poloměru zakřivení 66,5 m. Šířka hráze v koruně je 5 m a při patě hráze potom 7,85 m. Výška hráze nad základovou spárou činí 40,8 m. Délka v koruně je 167,8 m a nadmořská výška koruny činí 325,8 m. n. m.

Obrázek 1: Klenbová hráz z ptačí perspektivy



Zdroj: [3]

K převádění průtoků pod hrází jsou k dispozici dvě spodní výpustí nacházející se v levé polovině hráze, které jsou opatřeny třemi uzávěry. Od roku 1989 je součástí obou spodních výpustí malá vodní elektrárna (MVE) pro energetické využití zůstatkového průtoku z nádrže. Součástí konstrukce vodního díla Vrchlice je nehrazený korunový bezpečnostní přeliv z důvodu převádění povodňových průtoků, který je umístěn uprostřed hráze. Poschodový vodárenský objekt, vestavěný přímo v tělese hráze, dává možnost odebírat vodu z nádrže ve třech různých výškových úrovních. Ze strojovny v podhrází je surová

voda vedena společným potrubím o průměru 530 mm do úpravní vody. Kutnohorská úpravna U svaté Trojice zásobuje pitnou vodou skrze společný vodovod skoro 50 tis. obyvatel na území Kutné Hory, Čáslavi, Uhlířských Janovic, Sázavy a částečně i Kolína. Pitné vody se v průměru vyprodukuje 85 l/s, za předpokladu plného výkonu až 220 l/s.

Kvalita vody

Vodárenská nádrž Vrchlice patří do zemědělsky využívané krajiny s řadou sídel. Proto je pro zabezpečení určitého standardu kvality pitné vody v ochranných pásmech vodárenského zdroje zavedený přísnější režim hospodaření. Průběžně jsou kontrolovány stěžejní procesy ovlivňující kvalitu vody v nádrži. V sedimentačních nádržích Hamerský rybník, Roztěž a Lázně se provádí zadržování splavenin a nečistot. Ke zlepšení kvality vody v nádrži napomáhá rovněž speciální postup rybářského hospodaření. [3]

2.3 Poskytnutá data

Vrchlice_nadrz.sql

- data z VN Vrchlice ve formátu importního sql.
- 6 podrobných měření v průběhu jednoho roku (jedno měření za 2 měsíce).

Přehled proměnných:

- profil_id – číslo vodní nádrže (260 – VN Vrchlice),
- datum_od – datum odběru,
- svislice – místo odběru na vodní nádrži, číslováno od nátoky do VN Vrchlice,
- hloubka – hloubku odběru na svislici, počítána od hladiny, takže hladina je 0 [m],
- ukazatel_id – čísla jednotlivých ukazatelů (16 – Mangan [mg/l], 1003 – Kyslík [%], 1002 – pH, 1001 – Teplota [°C]),
- hodnota – naměřené hodnoty.

Vrchlice_pritoky.sql

- data z přítokových profilů VN Vrchlice ve formátu importního sql.
- 12 měření v průběhu jednoho roku (v každém měsíci jedno měření).

Přehled proměnných:

- profil_id – číslo profilu (93 – Švadlenka, 90 – Vidický p., 98 – Vrchlice-Malešov),
- ukazatel_id – číslo jednotlivých ukazatelů (19 – Teplota [°C], 14 – pH, 2 – Kyslík [%], 16 – Mangan [mg/l]),
- datum_od – datum odběru,

- hodnota – naměřené hodnoty.

Vrchlice data.zip

- uvnitř zipu je soubor Vrchlice data.dsv,
- data ve formátu dsv (text s oddělovačem středník),
- data jsou za posledních 15 let a v souboru nejsou nijak seříděna,
- signály končící 01 jsou automatická měření po 15 minutách, signály končící 05 jsou ruční měření k 7. hodině ráno.

Seznam signálů v exportu:

Domluvené signály

VRMA_Q01	Vrchlice – přítok [m^3/s] – LG Malešov,
VRMATV01	Vrchlice – přítok – teplota vody [$^{\circ}\text{C}$] – LG Malešov,
VRVR_Q01	Vrchlice – průtok na odtokovém LG [m^3/s],
PRVRKH01	Vrchlice – kóta hladiny [m. n. m.],
PRVRON01	Vrchlice – objem nádrže [tis. m^3],
PRVRTO01	Vrchlice – teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$],
PRVRTV05	Vrchlice – teplota vody [$^{\circ}\text{C}$],
PRVRSD05	Vrchlice – srážkový úhrn [mm],
PRVRPT05	Vrchlice – průhlednost [cm],
PRVROB05	Vrchlice – odběr [m^3/s],
PRVRCL05	Vrchlice – chlorofyl [$\mu\text{g}/\text{l}$].
PRVRQO05	Vrchlice – odtok [m^3/s],
PRVRON05	Vrchlice – objem nádrže [tis. m^3]
PRVRQP05	Vrchlice – přítok [m^3/s],
PRVRTO05	Vrchlice – teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$],
PRVRKH05	Vrchlice – kóta hladiny [m. n. m.],
PRVRTV01	Vrchlice – teplota vody [$^{\circ}\text{C}$].

Zdroj: [4]

2.4 Způsob a účel získávání dat

Předchozí kapitola představila přehled poskytnutých proměnných v rámci tří oddělených souborů. Tato část práce se věnuje procesu měření jednotlivých signálů, jejich korigování v případě nepřesností a možnostem jejich následného využití.

Vrchlice – nádrž

16 – Mangan [mg/l]	stanoveno v akreditované laboratoři,
1003 – Kyslík [%]	měřeno v terénu multiparametrickou sondou EXO2 YSI v kroku po jednom metru, takže na hladině, jeden metr pod hladinou, ... až na dno,
1002 – pH	měřeno v terénu multiparametrickou sondou EXO2 YSI v kroku po jednom metru, takže na hladině, jeden metr pod hladinou, ... až na dno,
1001 – Teplota [°C]	měřeno v terénu multiparametrickou sondou EXO2 YSI v kroku po jednom metru, takže na hladině, jeden metr pod hladinou, ... až na dno.

Vrchlice – přítoky

16 – Mangan [mg/l]	stanoveno v akreditované laboratoři,
2 – Kyslík [%]	měřeno v terénu multiparametrickou sondou, laboratoř používá více typů multiparametrických sond,
14 – pH	měřeno v terénu multiparametrickou sondou, laboratoř používá více typů multiparametrických sond,
19 – Teplota [°C]	měřeno v terénu multiparametrickou sondou, laboratoř používá více typů multiparametrických sond.

Vrchlice – data VHD (Vodohospodářský dispečink)

Domluvené signály

VRMA_Q01	Vrchlice-přítok [m ³ /s] - LG Malešov – automatické měření, průtok stanoven podle převodní křivky z vodního stavu, od vyšších (povodňových) průtoků ultrazvukové měření průtoků metodou transit-time, vodní stav měřen tlakovou sondou LMP307,
VRMATV01	Vrchlice-přítok-teploty vody [°C] - LG Malešov – automatické měření, teplotní čidlo Pt100,
VRVR_Q01	Vrchlice-průtok na odtokovém LG [m ³ /s] – automatické měření, průtok stanoven podle převodní křivky z vodního stavu, vodní stav měřen tlakovou sondou LMP308,
PRVRKH01	Vrchlice-kóta hladiny [m n. m.] – automatické měření, výška hladiny je měřena tlakovou sondou LMP308,
PRVRON01	Vrchlice-objem nádrže [tis. m ³] – automatické měření, výpočet z kóty hladiny pomocí převodní křivky, křivka je stanovena ze zaměření profilu nádrže,
PRVRT001	Vrchlice-tepl. vzduchu [°C] – automatické měření, teplotní čidlo Pt100,

PRVRTV05	Vrchlice-tepl.vody [°C] – kontrolní ruční měření veličiny,
PRVRSD05	Vrchlice-srážk.úhrn [mm] – kontrolní ruční měření veličiny,
PRVRPT05	Vrchlice-průhlednost [cm] – ruční měření veličiny,
PRVROB05	Vrchlice-odběr [m ³ /s] – informace z vodárny,
PRVRCL05	Vrchlice-chlorofyl [µg/l] – laboratorní data, VHD pouze zadává.
PRVRKH05	Vrchlice-kóta hladiny [m. n. m.] – kontrolní ruční měření veličiny (vodočetná lať),
PRVRON05	Vrchlice-objem nádrže [tis. m ³] – kontrolní ruční měření veličiny (přepočtová křivka z PRVRKH05),
PRVRQP05	Vrchlice-přítok [m ³ /s] – stanoven výpočtem, bilanční přítok ze změny objemu nádrže, odtoku a odběru,
PRVRQO05	Vrchlice-odtok [m ³ /s] – kontrolní ruční měření veličiny (vodočetná lať a přepočtová křivka),
PRVRTO05	Vrchlice-teplota vzduchu [°C] – kontrolní ruční měření veličiny,
PRVRTV01	Vrchlice teplota vody automat [°C] – ukotvená plovoucí měřicí stanice, automatické měření teploty vody, měřicí čidlo teploty Pt100, měřeno 30 cm pod hladinou.

Zdroj: [5]

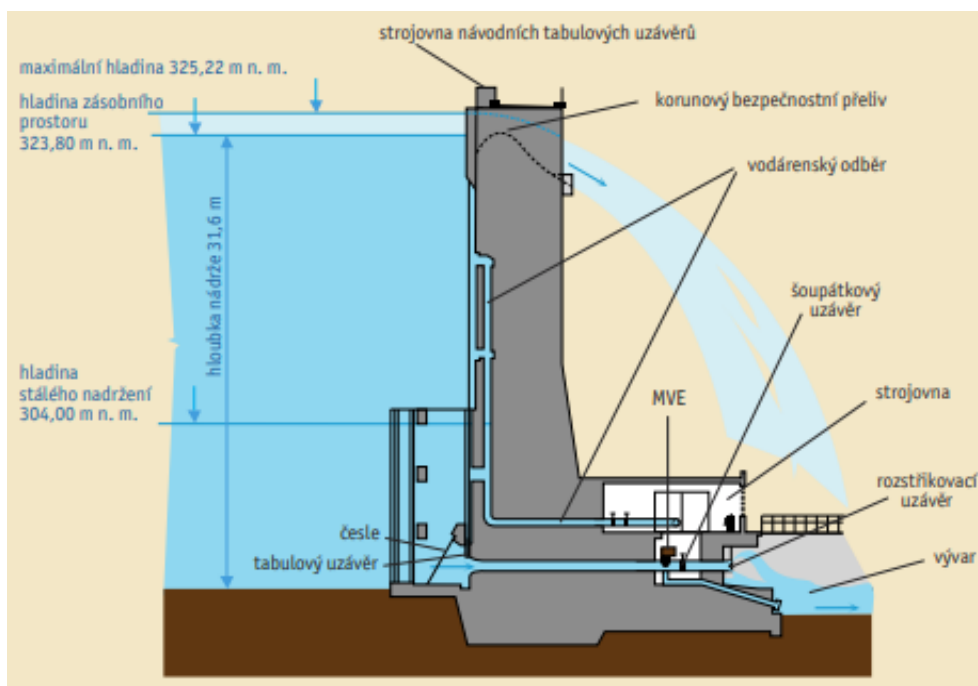
Všechny naměřené signály podléhají následné kontrole, aby se zabránilo výskytu nepřesných hodnot. Data naměřená v terénu jsou poté ručně kontrolována a v případě identifikace nepřesností ihned opravena. U signálů stanovených v laboratoři dochází k ruční validaci jednotlivých vzorků. Laboratoř Povodí Labe podléhá akreditaci Českého institutu pro akreditaci (ČIA). Automaticky měřená data jsou porovnávána s ručně měřenými kontrolními body (k 7. hodině ráno). V případě, že automaticky měřená data vykazují chyby, je daný časový úsek zneplatněn. [6]

Pro Povodí Labe je měření představených signálů jednou ze základních činností. Získaná data jsou pak využívána při realizaci dalších úkolů spojených s činností Povodí Labe. Například se používají ke kvalitativnímu hodnocení vodárenské nádrže Vrchlice. Dále jsou nápomocné při plnění úkolů vyplývajících ze správy vodárenské nádrže a jejího povodí (vyjadřovací činnost, jednání, ...). Data slouží i jako podklad pro jednání s odběratelem surové vody na VD Vrchlice. Představují klíčový nástroj pro činnost Vodohospodářského dispečinku (manipulace na nádrži, řešení povodňových stavů apod.). V neposlední řadě jsou data k dispozici dalším složkám Povodí Labe a veřejnosti prostřednictvím webových stránek. [7]

2.5 Využití modelů predikce

Na vodní nádrži Vrchlice jsou k dispozici tři odběrová okna pro surovou pitnou vodu (viz obr. č. 2). Každé odběrové okno je situováno v jiné výšce. Při určité konstelaci jakosti vody (zvýšený zákal, zvýšená početnost fytoplanktonu aj.) je vhodné změnit odběrný horizont. Signály indikující případnou změnu odběrového okna jsou v nádrži měřeny pouze 6krát v průběhu roku. V případě, že Povodí Labe má k dispozici naměřená data, tak může vodárně doporučit změnu horizontu. V období mezi dvěma podrobnými měřeními v nádrži by Povodí Labe byl užitečný orientační nástroj potažmo model, který by s určitou mírou nejistoty dokázal některé indikativní parametry vypočítat. V tomto případě se jedná o signály teploty vody, kyslíku a pH v nádrži, jež jsou cílem práce. [8]

Obrázek 2: Příčný řez hrází v místě spodní výpusti



Zdroj: [3]

3 Hydrobiologie stojatých vod

Tato kapitola se zabývá teoretickými aspekty fyzikálně-chemického chování ve vodních nádržích. Popsány jsou typologie a kategorie stojatých vod, teplotní stratifikace a cirkulace vody a fyzikálně-chemické faktory vody mezi které patří teplota vody a vzduchu, rozpuštěný kyslík a pH vody.

3.1 Typologie a kategorie stojatých vod

Ekosystémy stojatých vod představují velmi nesourodé celky. Jejich environmentální podmínky jsou podmíněny místními, zeměpisnými a klimatickými veličinami. Z fyziografického pohledu je možné útvary stojatých vod dělit podle různých kritérií. Jedním z nich je **původ vzniku**, základní členění je na přirozená a umělá jezera. Mezi přirozená jezera patří útvary různého původu, například to jsou ledovcová, tektonická, pobřežní, říční, vulkanická a krasová jezera. Jezera glaciálního původu zaujímají z celosvětového měřítka největší počet i plochu. K malým útvarům stojatých vod přirozeného původu se řadí i tůňe, jež rovněž mohou být různého původu, například říční, nebeské, permanentní a temporální. V přírodě sehraávají velmi podstatnou roli i umělé vodní plochy, v podmínkách ČR mezi ně patří rybníky, přehradní nádrže, umělé tůňe, kam se řadí lomy, pískovny a jiné typy nádrží. [9]

Mezi další kritéria patří **nadmořská výška**, podle níž lze údolní nádrže rozdělit na nížinné (0 m n.m. až 500 m n.m.), vysočiny a úpatí hor (500 m n.m. až 1000 m n.m.), horské (1000 m n.m. až 1500 m n.m.) a vysokohorské (nad 1500 m n.m.). Výškovým rozdílem odpovídá teplotní spád cca 3 °C. Podle **velikosti plochy hladiny** se vodní nádrže dělí na malé (do 300 ha), střední (300 ha až 5000 ha), velké (5000 ha až 60000 ha) a obrovské (nad 60000 ha). Podle **hloubky** se nádrže člení na mělké (méně než 8 m), středně hluboké (8 m až 60 m) a hluboké (nad 60 m). Posuzovat nádrže lze i na základě jejich **konfigurace**, podle které se rozlišují nádrže jezerní (kruhovitý tvar), protažené (říční charakter) a rozvětvené (rozmanitého tvaru). **Stáří** nádrže se řadí mezi další podstatné parametry. Čím je nádrž starší, tím méně se projevují extrémní vlivy, kdežto mladá nádrž není schopna tyto nárazy tak korigovat. Jako mladé jsou označovány nádrže čerstvě napuštěné se stejným objemem vody do 3 let, středně mladé nádrže mají stálý objem vody do 10 let a staré nádrže jsou takové, které mají stálý objem vody více než 10 let. [10]

Kategorie stojatých vod:

- velké přirozené nádrže trvalé – jezera,
- velké přirozené nádrže pomíjející či periodické – stará říční ramena a tůňe,
- velké umělé nádrže – přehrady, rybníky,
- drobné vodní nádrže trvalé – horská ledovcová jezera,
- drobné vodní nádrže nestálého charakteru – dešťové louže a tůňe, tůňe v prohlubních skal a v postříkové skalní zóně jezer a toků, tůňky ve vykotlaných stromech a pařezech, tůňky tvořené bylinami,
- vody se zvýšeným obsahem soli – saliny,
- zazemňované a přechodné biotopy – močály, rašeliniště – vrchoviště a slatiny.

[11]

3.2 Teplotní stratifikace a cirkulace vody

Jednou z vlastností vody, jež přispívá k utváření tepelného režimu ve vodních nádržích je teplotní stratifikace. Terminologii teplotní stratifikace zavedl v roce 1910 Birge, který definoval ve vodních nádržích 4 období (viz obr. č. 4), období jarní cirkulace, letní stratifikace, podzimní cirkulace a zimní stagnace. Hlavním zdrojem tepla ve vodě je sluneční energie.

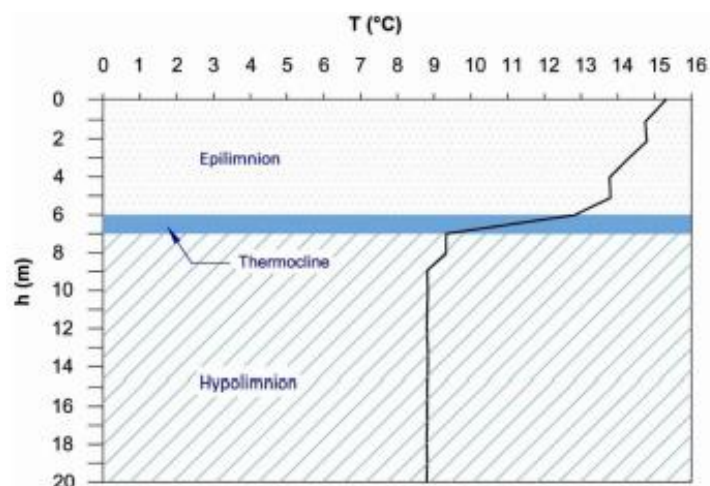
Sluneční záření dopadající na hladinu vody je z části odraženo, z části absorbováno a z části proniká dále vodním sloupcem. Útlum světla je zapříčiněn mírou zakalení vody. Zakalené vody mají rychlejší ohřev než vody čiré – zakalení sice brání průniku světla do větších hloubek, ale částice tvořící kal mají velkou schopnost absorbovat teplo. Prohřívání vody rovněž souvisí s tvarem a hloubkou vodní nádrže. U mělkých nádrží se ohřívá nejdříve dno, jenž posléze ohřívá vodu. U mělkých nádrží je také patrné větší kolísání teploty vody než u nádrží hlubokých. [12, 13]

Na jaře po roztátí ledu je teplota vody po celé nádrži konstantní a přibližuje se teplotě 4 °C. Za spolupůsobení větru a proudění dochází k neustálému promíchávání vodního sloupce. Díky tomu má voda po celé nádrži totožné vlastnosti. Toto období netrvá dlouho a je označováno jako jarní cirkulace. S koncem jara dochází k pozvolnému prohřívání svrchní vrstvy vodní nádrže slunečním zářením a nastává období letní stratifikace.

Stratifikací vznikají v profilu nádrže 2 vrstvy oddělené teplotní skočnou vrstvou. Vrchní vrstva se nazývá epilimnion (nejteplejší a nejlehčí) a spodní vrstva hypolimnion (chladná těžká voda). Mezi těmito vrstvami se nachází skočná vrstva neboli metalimnion

či termoklina, která je identifikovatelná prudkým poklesem teploty vody na malý pokles hloubky. Minimální hranicí pro tento prudký pokles se udává 1 °C na 1 m. Na obrázku č. 3 je schéma vrstev ve vodní nádrži během období letní stratifikace. [10, 13]

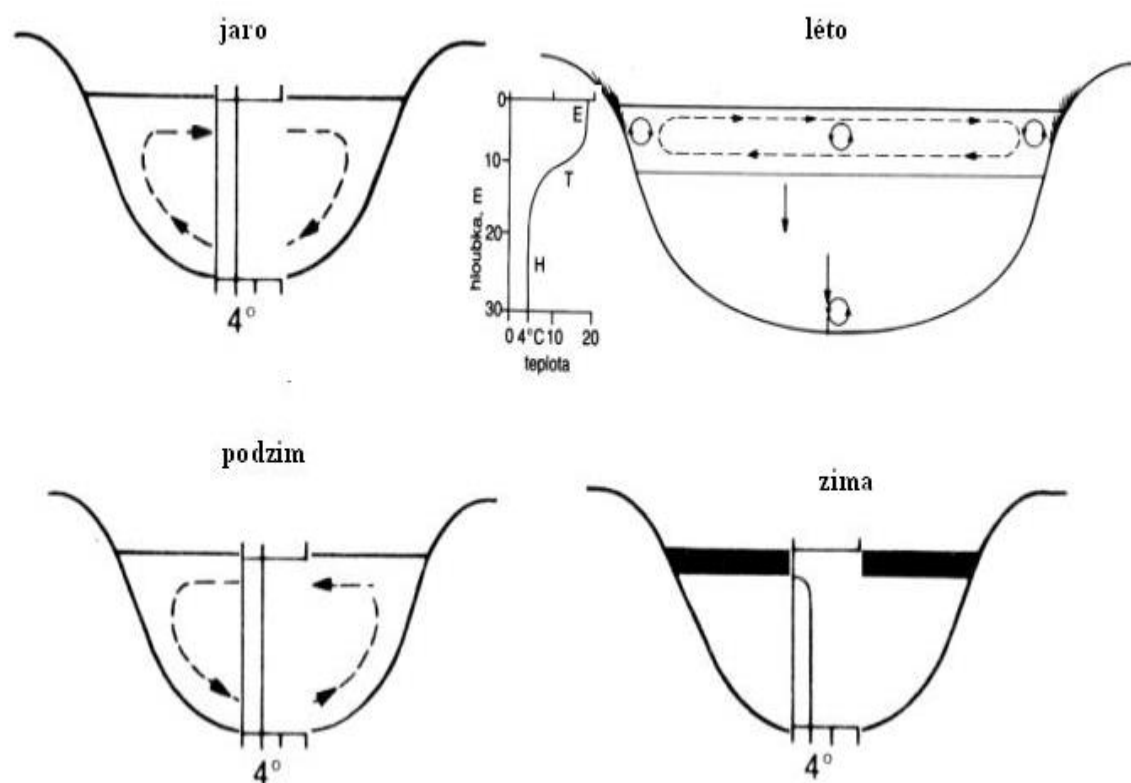
Obrázek 3: Schéma teplotního profilu vodní nádrže



Zdroj: [13]

Skočná vrstva se zprvu tvoří jako nejasná hranice ve větších hloubkách. Těsně u hladiny je nejteplejší vrstva vody (epilimnion), s přibývajícím hloubkou teplota vody rychle klesá. Taková je situace ve vodních nádržích za slunečního a bezvětřného letního dne. Svrchní vrstva se však večer a v noci ochlazuje rychleji než hlouběji položené vrstvy z důvodu odpařování tepla. Hustota na hladině se tudíž zvětšuje a ochlazená voda klesá do hloubky, dokud nenarazí na vrstvu se stejnou teplotou a hustotou vody. Teplejší a lehčí voda je současně vynášena vzhůru. Oteplováním a ochlazováním vody těsně u hladiny vzniká konvekční vertikální proudění, a dochází k přibližně 24hodinovému promíchávání svrchních vrstev vody. Konvekčnímu promíchávání napomáhá horizontální proudění, jež je vyvolané větrem. Voda se promíchává do takové hloubky, ve které již nelze narušit rovnováhu spodních vrstev konvekčním ani horizontálním prouděním vody. U malých až středních nádrží v severním mírném pásu lze v létě předpokládat stratifikaci a promíchávání vody do hloubky 3-7 m, u větších nádrží až do 10-15 m. [10, 14]

Obrázek 4: Náznorné schéma cyklu dimiktického jezera mírného pásu



Zdroj: [12]

S přibývajícím časem, vlivem větru a pozvolného poklesu teploty vzduchu dochází k ochlazování epilimnia. Do cirkulace epilimnia jsou vtahovány stále hlubší vrstvy vody a termoklina se pozvolna posunuje směrem ke dnu, dokud nedojde k promíchání celého objemu nádrže a nenaruší se stratifikace. Úplné promíchání vodní nádrže nastává při poklesu teploty vody na 4 °C, kdy se jedná o totální podzimní cirkulaci. Následuje období zimní stagnace s inverzním charakterem, při kterém opět dochází k rozdělení nádrže na vrstvy. Povrchová vrstva je pokryta ledem s nejnižší teplotou a hustotou, jež chrání vodní sloupec před promícháním větrem. Pod ledem se vyskytuje tenká vrstva vody s teplotou v rozmezí 0-4 °C. Nejvyšší teplota vody je u dna nádrže (4 °C, což je teplota, při které má voda nejvyšší hustotu). Většina objemu nádrže je tvořena vodou o teplotě 4 °C. [13, 14]

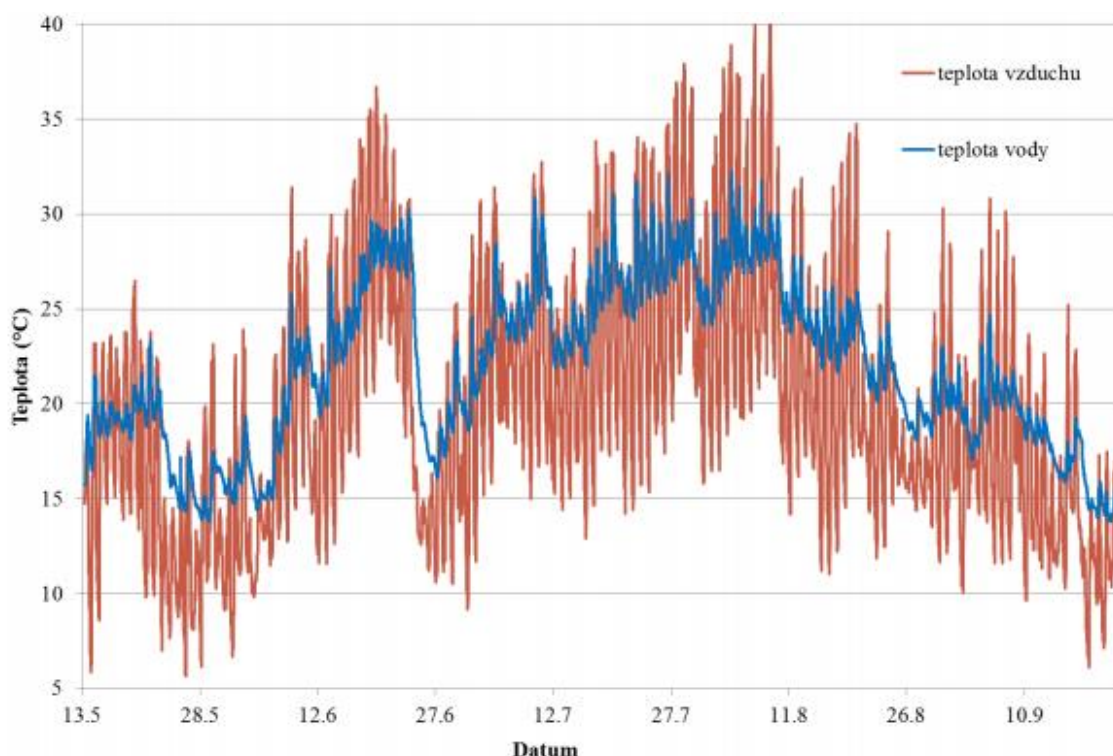
Na základě sezónního cyklu promíchávání vodního sloupce lze jezera a vodní nádrže zařadit do kategorií. První skupinou jsou jezera holomiktická, u kterých alespoň jednou v roce dojde k úplnému promíchání celého objemu vodní nádrže. Holomiktická jezera se dále dělí na jezera monomiktická (tropická a polární), dimiktická (Eurasie, Severní Amerika), polymiktická (mělká jezera) a oligomiktická. [13, 14]

3.3 Fyzikálně – chemické faktory vody

3.3.1 Teplota vody a vzduchu

Z důvodu vysoké měrné kapacity jsou změny ve vodě mnohem menší než ve vzduchu. Větší nádrže se v důsledku toho jeví jako regulátory tepla, či moderátory klimatu okolní krajiny. Změny teploty vody v nádržích se časově opožďují za změnami teploty vzduchu (viz obr. č. 5), a to tím více, čím je nádrž hlubší. Toto zpoždění může být u hlubokých údolních nádrží až 1 měsíc. [9]

Obrázek 5: Změny teploty vody a vzduchu v průběhu vegetačního období



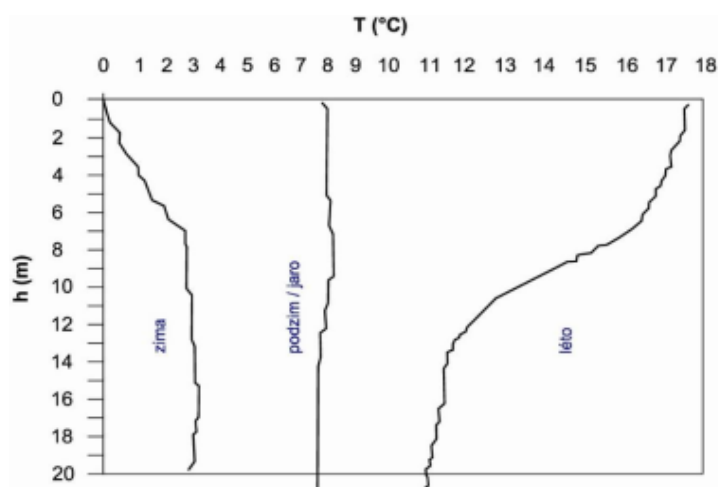
Zdroj: [15]

Ohřívání vody (na jaře) i ochlazování (na podzim) jsou procesy, které v přírodě probíhají nejdéle. 1 m³ vody při 30 °C uchová přibližně 500krát více tepla než vzduch při stejné teplotě a rozsahu. Mezi nejvyšší a nejnižší teplotou vzduchu během roku obvykle bývá 50 °C, přičemž u teploty vody je tento rozdíl sotva poloviční. Podobné chování je k vidění i při kolísání teplot během dne a noci. Tyto vlastnosti dávají vodním nádržím vysokou tepelnou stabilitu a chrání je před neustálým kolísáním teploty okolní atmosféry. [11]

Za zcela nevýznamný se považuje molekulový přenos tepla vodou, jelikož prakticky všechny přenosy se realizují pohybem (prouděním). Vítr je nejdůležitější silou při promíchávání vrstev vody. Teplota vody má přímý vliv na množství rozpuštěných plynů ve vodě.

Čím je voda teplejší, tím méně plynů se v ní rozpustí, což platí absolutně. Teplota má dále vliv i na rychlost chemických reakcí, jako jsou například oxidace a rozkladné postupy v procesu samočištění a také intenzitu metabolismu vodních organismů. Působí na formu výskytu mnoha látek a tím i na její toxicitu pro vodní organismy. Vlastnosti toxikantů se stupňují s rostoucí teplotou vody. U vodních nádrží mírného pásu severní polokoule je zcela běžné střídání čtyř cyklů během jednoho roku (jarní a podzimní cirkulace, letní stratifikace a zimní stagnace). Na obrázku č. 6 jsou znázorněny vývoje teplot vody v závislosti na hloubce pro sezónní cyklus dimiktického typu nádrže. [9, 15]

Obrázek 6: Teplotní profil vodní nádrže v ročních obdobích

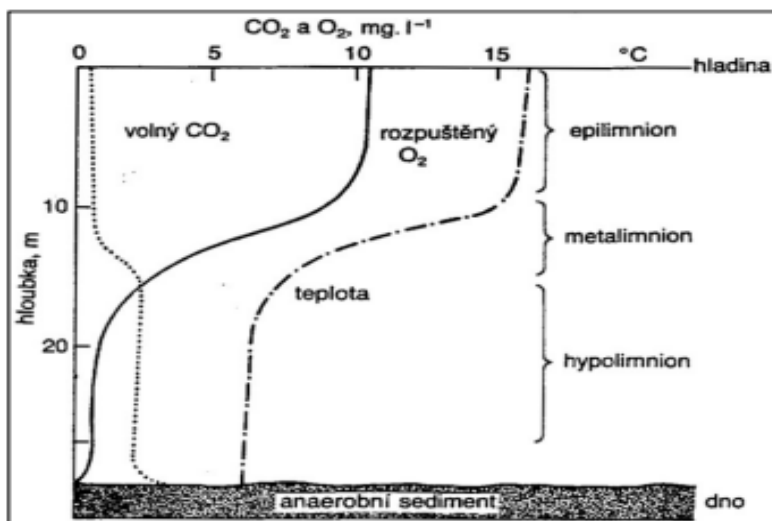


Zdroj: [13]

3.3.2 Rozpuštěný kyslík

Kyslík je nejdůležitějším rozpuštěným plynem ve vodě, ale spolu neprodukuje žádné iontové sloučeniny. Množství rozpuštěného kyslíku ve vodě podléhá množství dalších rozpuštěných látek ve vodě, atmosférickému tlaku a zejména teplotě vody. S rostoucími hodnotami všech těchto veličin se ve vodě rozpouští stále méně kyslíku. Kyslík má obrovský vliv na většinu biochemických procesů, a proto bývá klíčovým faktorem pro život různorodých organismů. Do vody se dostává ze vzduchu a fotosyntézy vodních rostlin, řas a sinic. Naopak je spotřebováván dýcháním všech organismů a veškerými oxidačními procesy. [9, 15]

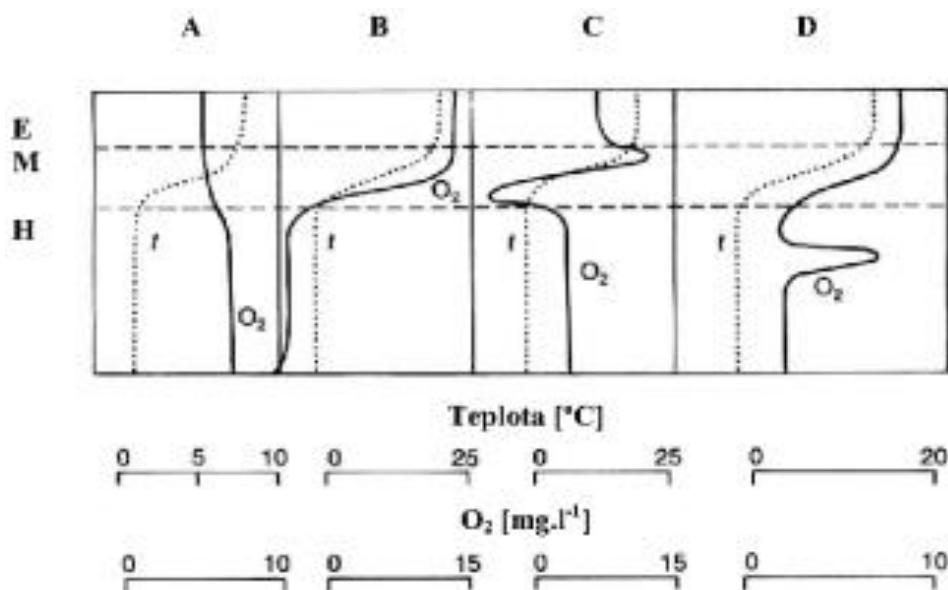
Obrázek 7: Průběh vertikální stratifikace kyslíku, oxidu uhličitého a teploty v době letní stratifikace



Zdroj: [11]

Kolísání obsahu rozpuštěného kyslíku během 24 hodin v nádrži i rozdíly v nasycení u hladiny a u dna jsou tím výraznější, čím je v nádrži více organismů. V průběhu letní stratifikace jsou svrchní vrstvy obvykle kyslíkem přesyceny, naopak u dna nádrže bývá kyslíku nedostatek (viz. obr. č. 7). Kyslík obsažený ve vodě je vyjádřen v jednotkách hmotnostní koncentrace (mg.l^{-1}) nebo v procentech nasycení vody kyslíkem, což je spojeno s rovnovážnou koncentrací kyslíku ve vodě při dané teplotě a atmosférickému tlaku. Voda nasycená kyslíkem na 100 % je taková, kdy obsah rozpuštěného kyslíku koresponduje s dalšími fyzikálními faktory, tzn. teplotou a tlakem. [9, 15]

Obrázek 8: Vertikální distribuce rozpuštěného kyslíku v typech vod (A – D)



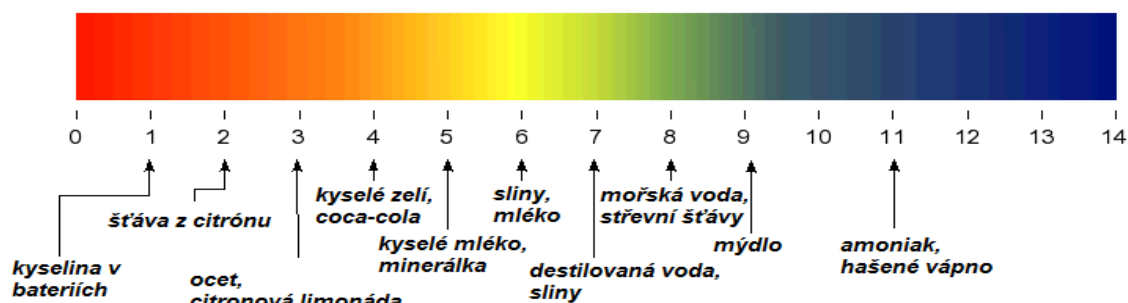
Zdroj: [10]

Rozložení kyslíku ve stojatých vodách má vertikální tvar a je podmíněno typem úživnosti vod (obr. č. 8). Rozložení kyslíku A má **ortográdní** charakter. Je typické pro neproduktivní jezera oligotrofního charakteru, jež mají v epilimniu sníženou účinnost fotosyntézy. Vyprodukovaný kyslík je rychle spotřebován dýcháním živých organismů, v hypolimniu je tedy kyslíku více než v epilimniu. Pro produktivní nádrže má rozložení kyslíku **klino-
grádní** charakter, typ B. V epilimniu se nachází vysoká produktivita fotosyntézy čili i vysoký obsah rozpuštěného kyslíku. Po vertikále dochází k jeho postupnému úbytku, dokud nedojde k úplnému vyčerpání kyslíku ve vrstvě nade dnem. Tento negativní jev vede k anaerobnímu rozkladu organických látek, zvýšeným hodnotám oxidu uhličitého a metanu a ke vzniku zapáchajících siřných sloučenin. Typ C představuje **heterográdní** křivku distribuce kyslíku s fotosyntetickou činností na spodní hranici epilimnia. Nejvíce kyslíku se vyskytuje na hranici mezi epilimniem a metalimniem, naopak nejméně se ho vyskytuje na hranici mezi metalimniem a hypolimniem. Rozložení kyslíku může mít i **anomální** charakter, typ D. Důvodem je promíchávání vodního sloupce s přítokem spodní vody obsahující vyšší hodnoty kyslíku. [10]

3.3.3 pH vody – koncentrace vodíkových iontů

Hodnota pH (záporně vzatý dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů H^+) stanovuje, zda se kapalina projevuje kysele nebo zásaditě. Každá hodnota pH na stupnici od 0 do 14 se liší od svého souseda desetinásobně na negativní logaritmické škále. Kyselost vodných roztoků je způsobena nadbytkem vodíkových iontů H^+ (pH nižší než 7), zásaditost nadbytkem hydroxylových iontů OH^- (pH vyšší než 7). Hodnota 7 představuje neutralnost vodného roztoku (množství iontů H^+ se rovná množství iontů OH^-). Příklady látek nebo jejich roztoků s různou hodnotou pH podává následující obrázek. [11, 13, 15]

Obrázek 9: Co je kyselé a co zásadité?



Zdroj: [16]

Povrchové vody s výjimkou rašeliníšť mívají pH v rozmezí 6,5 – 8,3. Podle hodnoty pH lze vody rozdělit takto:

méně než 5,5	-	značně kyselé,
5,5 – 6,5	-	slabě kyselé,
6,5 – 7,5	-	neutrální,
7,5 – 8,5	-	slabě alkalické,
8,5 – 9,5	-	značně alkalické.

Nízké pH vody se nejčastěji vyskytuje tam, kde je ve vodě málo vápníku a kde se rozkládá spousta organických látek (listí, jehličí, rašeliníště). Ke snížení pH povrchových vod obvykle dochází kvůli kyselým odpadním vodám (např. silážní šťávy), jež nebyly dostatečně nebo vůbec neutralizovány, nebo kyselými dešti (v podmínkách ČR pH zhruba 4,4 – 4,6). Zvýšení pH je nejčastěji zapříčiněno intenzivní fotosyntézou rostlin, sinic a řas a také odpadními vodami ze stavebního průmyslu. Zejména v přírodních nádržích, v souvislosti s intenzitou fotosyntézy, kolísá hodnota pH i v průběhu dne a noci. [9, 11, 15]

4 Teoretické aspekty přípravy dat

V rámci této kapitoly budou z hlediska teorie představy některé techniky předzpracování dat. Před samotnými úpravami je třeba data poznat. K tomuto účelu bude popsána exploratorní analýza dat (EDA). Dále budou popsány některé metody v oblasti úpravy dat (čištění, integrace a redukce dat).

4.1 Průzkum datového souboru

Exploratorní (průzkumová) analýza dat (EDA) je termín, který poprvé použil John Tukey (1977) a je v rozporu s tradičnějším statistickým přístupem k analýze dat, který začíná testováním hypotéz a tvorbou modelů. Namísto použití metod potvrzovací analýzy dat (CDA) k potvrzení nebo zamítnutí hypotézy, Tukey (1977) obhajoval použití základních deskriptivních statistik a vizuálních metod pro generování informací, které by vedly k sestavení testovaných hypotéz. Cílem EDA (viz Velleman a Hoaglin 1981) je poskytnout statisticky souhrnné údaje před fázemi zpracování dat, tvorbou modelu potažmo testováním hypotéz. EDA umožňuje navrhnout nové hypotézy o příčinách vztahů v datech a nabízí možnost zjistit, zda předpoklad, na kterém jsou založeny různé modely, je platný pro konkrétní datový soubor. Poskytuje velmi rychlý vhled do datového souboru: tvar jeho rozdělení, přítomnost odlehlých hodnot, extrémů, centrální míry (průměr, medián, modus) a rozsah souboru, které jsou tak důležité pro pochopení charakteru dat. [17]

Nejběžnějšími metodami používanými v EDA jsou souhrny pěti číselných údajů, které se skládají z minimální a maximální hodnoty každé proměnné, mediánu a prvního a třetího kvartilu, jež jsou často reprezentovány v rámci krabicového grafu. Běžně se používají i další grafy, jako jsou histogramy, bodové grafy a další. Všechny jsou navrženy tak, aby prozkoumaly vztahy a rozdělení proměnných, včetně přítomnosti odlehlých hodnot.

Přístup, který navrhl Tukey v roce 1977, se dnes jeví jako zcela správný. Před samotnou tvorbou modelu nebo stanovením hypotézy je vhodné provést průzkum, pochopení a ověření přesnosti dat, jež jsou k dispozici. EDA má v dnešní filozofii velkou důležitost, aby se předešlo vyvíjení modelů a stanovování hypotéz založených na chybných nebo nepřesných datech. [17]

4.2 Techniky úpravy dat

Data v reálném světě bývají nepřesná, neúplná a nekonzistentní. Techniky předběžného zpracování dat mohou zlepšit kvalitu dat, a tím přispět ke zlepšení přesnosti a účinnosti následného procesu dolování dat. Předběžné zpracování dat je důležitým krokem v procesu získávání znalostí, protože rozhodnutí o kvalitě musí vycházet z kvalitativních údajů. Zjištění anomálií dat, jejich včasná náprava a snížení analyzovaných dat může vést k obrovským přínosům pro rozhodování. Před aplikováním metod směřujících k úpravě datového souboru se obvykle posuzuje kvalita dat z hlediska několika faktorů. V případě, že se v datech vyskytuje některý z níže uvedených faktorů, je třeba data upravit:

- **nepřesnost** – v souboru dat se vyskytují chyby nebo hodnoty, jež se svojí podstatou odchyľují od očekávaných,
- **neúplnost** – tento problém se může vyskytnout z několika důvodů. Atributy zájmu nemusí být vždy dostupné. Některá data se v době sběru dat nepovažovala za důležitá. Nezaznamenání údajů z důvodu lidské nebo technické chyby (nutnost odvození některých údajů),
- **nekonzistentnost** – data obsahují nesrovnalosti v kódovém označení oddělení, signálů nebo i času pro kategorizaci položek,
- **neaktuálnost** – v případě, že se v souboru dat nevyskytují aktuální záznamy, má to negativní dopad na kvalitu dat,
- **nevěrohodnost** – pokud se chyby v datech opakují, snižuje se tak jejich důvěryhodnost v očích uživatele,
- **nesrozumitelnost** – v datech se využívá spousta kódových označení, která uživatel často neví, jak má interpretovat. [18]

4.2.1 Čištění dat

Běžné postupy čištění dat pracují na „vyčištění“ dat vyplněním chybějících hodnot, opravením poškozených dat, identifikací nebo odstraněním odlehlých hodnot a vyřešením nekonzistentností. Pokud se uživatelé domnívají, že jsou data poškozená, je nepravděpodobné, že budou důvěřovat výsledkům data miningu. Ačkoli většina technik dolování v datech má některé postupy pro zpracování neúplných nebo poškozených dat, nejsou vždy robustní. Proto je vhodné ve fázi přípravy dat aplikovat na datový soubor metody čištění dat. [18]

Chybějící hodnoty

Je zcela běžné, že v rámci datového souboru se vyskytuje několik n-tic, které nemají zaznamenanou žádnou hodnotu u několika proměnných. Tuto problematiku lze řešit několika způsoby:

- 1. Ignorovat n-tici:** Toto se obvykle provádí, když chybí označení třídy (za předpokladu, že úloha těžby zahrnuje klasifikaci). Tato metoda není příliš účinná, pokud n-tice neobsahuje několik dalších proměnných s chybějícími hodnotami. Ignorováním n-tice se nevyužívají hodnoty zbývajících proměnných v dané n-tici, přičemž mohly být užitečné pro řešení úkolu.
- 2. Ruční vyplnění chybějící hodnoty:** Obecně je tento přístup časově náročný a nemusí být proveditelný vzhledem k velké sadě dat s mnoha chybějícími hodnotami.
- 3. Využití globální konstanty:** Nahrazení chybějících hodnot všech proměnných stejnou konstantou, jako například popiskem „Neznámý“. Pokud budou chybějící hodnoty nahrazeny popiskem, pak se může proces data miningu mylně domnívat, že jde o zajímavý koncept, jelikož všechny proměnné mají společnou hodnotu „Neznámý“. I když je tato metoda jednoduchá, není spolehlivá.
- 4. Využití průměru nebo mediánu dané proměnné:** Pro normální (symetrické) rozdělení dat lze použít střední hodnotu, zatímco pro distribuci zkosených dat by měl být použit medián.
- 5. Využití průměru nebo mediánu dané proměnné, ale pouze vzorků spadajících do stejné skupiny jako chybějící n-tice:** Myšlenku této metody bude nejlepší vysvětlit na konkrétním příkladu. Pokud se například klasifikují zákazníci podle úvěrového rizika, je možné nahradit chybějící hodnoty průměrným příjmem u zákazníků, jež patří do stejné kategorie úvěrového rizika jako daná n-tice.
- 6. Využití nejpravděpodobnější hodnoty k vyplnění chybějící hodnoty:** Ta může být určena pomocí regrese, inferenčních nástrojů pomocí bayesovského formalismu nebo indukce stromu rozhodování.

Metody 3 až 6 zkreslují data – vyplněná hodnota nemusí být správná. Metoda 6 je však populární strategií. Ve srovnání s ostatními metodami používá k předpovídání chybějících hodnot nejvíce informací ze současných dat. [18]

Zkreslená (bezvýznamná) data

Zkreslená data představují náhodné chyby nebo odchylky v měřené proměnné. Pomocí následujících technik lze data upravit, aby se zkreslení z proměnné odstranilo.

Binning: Metody binningu upravují seřazené hodnoty dat jejich srovnáním se „sousedními“ hodnotami.

Regrese: Úpravu dat lze také provést pomocí regrese, která přizpůsobuje hodnoty dat funkci. Lineární regrese představuje nalezení „nejlepší“ cesty ke zlepšení dvou proměnných tak, že jednu lze použít pro predikci druhé. Vícenásobná lineární regrese je rozšířená lineární regrese, do které jsou zahrnuty více než dvě proměnné a data jsou přizpůsobena vícerozměrnému prostoru.

Analýza odlehlých hodnot: Odlehlé hodnoty mohou být detekovány shlukováním, například tam, kde jsou podobné hodnoty uspořádány do skupin nebo „shluků“. Intuitivně lze hodnoty mimo shluky považovat za odlehlé hodnoty. [18]

Čištění dat jako proces

Prvním krokem při čištění dat jako procesu je identifikace nesrovnalostí. Mohou být způsobeny několika faktory, včetně špatně navržených formulářů pro zadávání údajů, které mají mnoho volitelných polí, lidské chyby, úmyslné chyby a neaktuálností dat. Nesrovnalosti mohou také vzniknout v důsledku nekonzistentní reprezentace dat a nekonzistentního používání kódů. Mezi další zdroje nesrovnalostí patří chyby v přístrojových zařízeních, která zaznamenávají data a systémové chyby. K chybám může také dojít, když jsou data použita pro jiné účely, než bylo původně zamýšleno. Mohou také existovat nesrovnalosti kvůli integraci dat.

Při identifikaci nesrovnalostí je vhodné využít veškerých znalostí o vlastnostech dat, které jsou k dispozici. Takové znalosti nebo „údaje o datech“ se označují jako metadata. Jaký je například datový typ a doména každé proměnné? Jaké jsou přijatelné hodnoty pro každou proměnnou? Základní popisy statistických údajů jako jsou průměr, medián a modus. Zda jsou data symetrická nebo zkosená? Jaký je rozsah hodnot? Jaká je standardní odchylka každé proměnné? Hodnoty, které jsou o více než dvě standardní odchylky od průměru pro danou proměnnou, mohou být označeny jako potenciální odlehlé hodnoty. Existují nějaké známé závislosti mezi proměnnými? Z těchto informací lze rozpoznat zkreslené, odlehlé a neobvyklé hodnoty, které je třeba prozkoumat. [18]

4.2.2 Integrace dat

Techniky dolování dat často vyžadují integraci dat, tzn. sloučení dat z více úložišť. To sebou ovšem přináší riziko výskytu chyb, nesrovnalostí a nadbytečností. Typickým příkladem může být situace, kdy proměnná nebo hodnoty jsou v různých úložištích pojmenovány rozdílně, přičemž jejich význam je stejný. Velké množství nadbytečností a nesrovnalostí může zkrát nebo zpomalit proces data miningu. Pečlivá integrace dat může pomoci snížit a vyhnout se nesrovnalostem a nadbytečnostem ve sloučené sadě dat a zlepšit tak přesnost následného procesu dolování dat. [18]

Problém identifikace entity

Většina úkolů v procesu dolování dat zahrnuje integraci dat, která kombinuje data z více zdrojů do koherentního datového skladu, jako je tomu v datovém skladu. Tyto zdroje mohou zahrnovat více databází, datové krychle nebo prosté soubory. Během integrace dat je třeba zvážit řadu problémů. Integrace schématu a přiřazování objektů může být složitá. Identifikace identity představuje problematiku porovnání ekvivalentních entit reálného světa z více zdrojů dat. Například, jak si může být analytik dat nebo počítač jistý, že proměnná „ID“ v jedné databázi a proměnná „kódové označení“ v databázi jiné mají stejný význam. Řešení představují metadata, která u obou proměnných mohou definovat význam, datový typ, rozsah hodnot a další. Taková metadata mohou být použita k zamezení chyb při integraci schématu. [18]

Redundance a korelační analýza

Redundance je další významný problém v integraci dat. Proměnná může být redundantní, pokud může být odvozena z jiné proměnné nebo sady proměnných. Nekonzistentnost v pojmenovávání proměnných nebo dimenzí může rovněž zapříčinit redundance ve výsledné sadě dat.

Některé redundance lze zjistit korelační analýzou. Na základě dostupných údajů lze pomocí analýzy u dvou proměnných změřit sílu, kterou se proměnné vymezují navzájem. Pro nominální data se používá test chí-kvadrát. U numerických proměnných je možné použít korelační koeficient a kovarianci, což jsou přístupy definující, jak se hodnoty jedné proměnné liší od hodnot proměnné jiné. [18]

Duplicitní n-tice

Kromě detekce redundancí mezi proměnnými by měly být detekovány také duplicity na úrovni n-tic (např. u proměnných, kde se zadávají pouze jedinečné údaje se vyskytuje

více identických hodnot). Nekonzistentnosti se často vyskytují mezi různými duplicitami, z důvodu některých nepřesných vstupních dat nebo aktualizací, ovšem ne ve všech případech. [18]

Detekce a řešení konfliktů hodnoty dat

Integrace dat také zahrnuje detekci a řešení konfliktů hodnoty dat. Například pro stejnou entitu reálného světa se mohou hodnoty proměnných z různých zdrojů lišit. Může to být způsobeno rozdíly v reprezentaci, změně měřítka nebo kódování. Například proměnná teplota může být uložena ve stupních Celsia v jednom systému a stupních Fahrenheita v jiném systému. Proměnné se mohou lišit také na úrovni abstrakce. V jednom systému je „stejná“ proměnná zaznamenána na nižší úrovni abstrakce než v jiném. [18]

4.2.3 Redukce dat

V případě, že se pro analýzu vyberou všechna data z datového skladu, lze předpokládat, že takový soubor bude obrovský. Složitá analýza dat a data mining obrovského souboru dat může trvat dlouho, tudíž je tato analýza nepraktická nebo neproveditelná. Techniky redukce dat mohou být použity k získání zredukované reprezentace datové sady, která je mnohem menší, a přesto si zachovává integritu původních dat. To znamená, že proces data miningu na zredukovaném souboru dat by měl být efektivnější, ale měl by přinést stejné (nebo téměř stejné) analytické výsledky. [18]

Přehled strategií redukce dat

Mezi strategie redukce dat patří redukce dimenzionality, redukce počtu hodnot (numerosity) a komprese dat.

Redukce dimenzionality je proces snižování počtu náhodných proměnných nebo atributů, jež přicházejí v úvahu. Mezi metody redukce dimenzionality se řadí vlnkové transformace (wavelet transforms) a analýzy hlavních komponent, které transformují a promítají původní data do zmenšeného rozsahu hodnot. Výběr podmnožiny atributů je metoda redukce dimenzionality, při které jsou detekovány a odstraněny irelevantní, slabě relevantní nebo redundantní atributy nebo dimenze. [18]

Techniky redukce počtu hodnot (numerosity) nahrazují původní objem dat alternativními, zmenšenými formami reprezentace dat. Tyto techniky mohou být parametrické nebo neparametrické. Pro parametrické metody se používá model k odhadu dat, takže obvykle se musí ukládat pouze parametry dat namísto skutečných dat. Příklady jsou

regresní a log-lineární modely. Mezi neparametrické metody ukládání zredukovaných reprezentací dat patří histogramy, shlukování, vzorkování a agregace datových krychlí. [18]

Při **kompresi dat** se transformace aplikují tak, aby se získala zredukovaná nebo „zúžená“ reprezentace původních dat. Pokud lze původní data zrekonstruovat z komprimovaných dat bez ztráty informací, nazývá se redukce dat bezztrátová. Pokud je možné zrekonstruovat pouze aproximaci původních dat, pak se redukce dat nazývá ztrátová. Existuje několik bezztrátových algoritmů pro kompresi řetězců; obvykle však umožňují pouze omezenou manipulaci s daty. Techniky redukce dimenzionality a počtu hodnot lze také považovat za formy komprese dat.

Existuje mnoho dalších organizačních metod redukce dat. Čas strávený redukcí dat by neměl převýšit čas ušetřený při procesu data miningu na zredukovaném datovém souboru. [18]

5 Umělé neuronové sítě

Umělé neuronové sítě se řadí mezi výpočetní modely používané v umělé inteligenci. Jejich koncept vychází z biologické analogie s nervovým systémem. Umělé neuronové sítě jsou struktury, vyvinuté za účelem distribuovaného paralelního zpracování dat. Základním stavebním kamenem sítí je umělý neuron, jehož předlohou je biologický neuron s jeho vlastnostmi. Ty byly použity v podobě zjednodušeného matematického modelu napodobujícího činnost lidského mozku. Umělé neurony jsou vzájemně provázány a posílají si signály, které přeměňují pomocí aktivačních (přenosových) funkcí. [19] Definice umělé neuronové sítě by mohla vypadat takto:

Neuronová síť je propojená soustava jednoduchých prvků zpracování, jednotek nebo uzlů, jejichž funkčnost je založena na zvířecím neuronu. Schopnost zpracování sítě je uložena v síle spojení mezi uzly neboli vahách získaných procesem adaptace neboli učením sítě ze sady trénovacích vzorů. [20]

Neuronové sítě se mimo jiné využívají i pro rozpoznávání obrazů nebo zvuků, předpovídání vývoje časových řad, někdy dokonce k identifikování spamu. V lékařství se využívají k rozšiřování znalostí ohledně fungování nervových soustav živých organismů. [19]

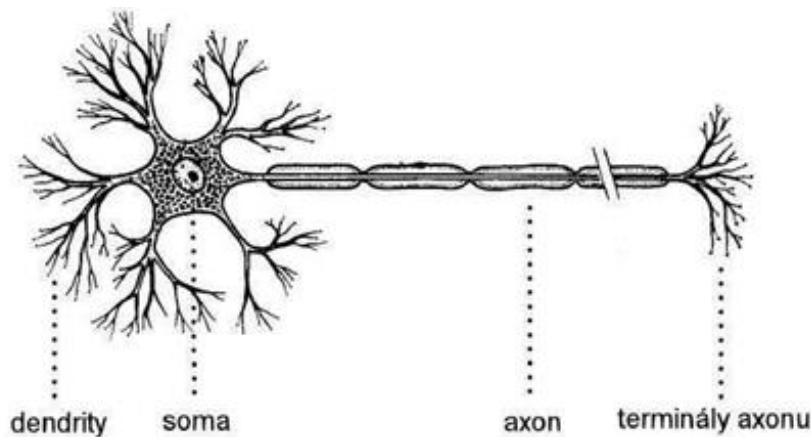
5.1 Motivace v biologii

Struktura biologických nervových systémů se začala chápat v roce 1888, kdy se Dr. Santiago Ramón y Cajal podařilo rozpoznat synapse mezi jednotlivými nervovými buňkami, neurony. Tento objev byl docela působivý, protože se ukázalo, že všechny schopnosti lidského mozku nespočívají v jeho složitosti, nýbrž v obrovském počtu neuronů a jejich vzájemných propojení. Pro představu o těchto velikostech je obvyklý odhad celkového počtu neuronů v lidském centrálním nervovém systému 10^{11} , průměrně 10 000 synapsí na neuron. Kombinace obou čísel přináší celkem 10^{15} synaptických spojení v jednom lidském mozku. [21]

Všechny neurony sdílejí společnou strukturu znázorněnou na obrázku č. 10. Každý neuron představuje samostatnou jednotku odpovědnou za sběr, zpracování, uchování a přenos informací, která se dělí na tři části. K tělu neuronu (*soma*) jsou připojeny tisíce vstupních přenosových kanálů (*dendrity*) a jeden výstupní přenosový kanál (*axon*). Informace se přenášejí mezi neurony prostřednictvím mezineuronového rozhraní tzv. synapse, jež se podle šíření vzruchu v nervové soustavě dělí na excitační (šíří vzruch) a inhibiční

(tlumí vzruch). Proces přenosu informace probíhá pomocí membrány, která obaluje axon i tělo neuronu a dokáže generovat elektrický impulz. Impulzy jsou posílány z axonu na dendrity dalších neuronů díky synaptickým branám. Propustnost synaptických bran má vliv na intenzitu podráždění dalších neuronů. Tyto neurony poté vytvářejí elektrický impulz (šíří informace) v případě, že jsou aktivovány. Neuron je aktivován za předpokladu, že hodnota budících signálů je větší než hodnota tlumících signálů o určitou hraniční hodnotu, tzv. práh. Paměťové schopnosti neuronů jsou odvislé od synaptické propustnosti vah, u kterých se předpokládá změna při každém průchodu signálu. Propojení neuronů u živých organismů není trvalé a je možné vytvoření nového propojení v průběhu učení nebo naopak jeho zánik při zapomínání. [22]

Obrázek 10: Biologický model neuronu



Zdroj: [22]

5.2 Výhody neuronových sítí

Neuronové sítě získávají svůj výpočetní výkon díky masivně paralelní distribuované struktuře a své schopnosti učit se tudíž zobecňovat. Zobecňování se týká generování rozumných výstupů neuronové sítě pro vstupy, s nimiž se během trénování (učení) nesetká. Tyto dvě funkce zpracování informací umožňují neuronovým sítím najít dobrá přibližná řešení složitých problémů. V praxi však nemohou neuronové sítě poskytnout řešení tím, že budou pracovat samostatně. Upřednostňuje se jejich integrace do konzistentního přístupu systémového inženýrství. Konkrétně se složitý problém rozloží na řadu relativně jednoduchých úkolů a neuronovým sítím je přidělena podskupina úkolů, které odpovídají jejich vlastním schopnostem [23]. Neuronové sítě nabízejí následující užitečné vlastnosti a možnosti:

- 1. Nelinearita.** Umělý neuron může být lineární nebo nelineární. Neuronová síť tvořená propojením nelineárních neuronů je sama o sobě nelineární. Nelineárnost je důležitá vlastnost v případech, kdy základní fyzický mechanismus zodpovědný za generování vstupního signálu je ze své podstaty nelineární.
- 2. Mapování vstupů a výstupů.** Populární paradigma učení, které se nazývá učení s učitelem nebo řízené učení, zahrnuje modifikaci synaptických vah neuronové sítě použitím sady označených trénovacích příkladů nebo úkolů. Každý příklad sestává z jedinečného vstupního signálu a odpovídající požadované (cílové) odezvy. Síť je prezentována s náhodně vybraným příkladem ze sady a synaptické váhy sítě jsou modifikovány tak, aby se minimalizoval rozdíl mezi požadovanou odezvou a skutečnou odezvou sítě vytvářenou vstupním signálem v souladu s vhodným statistickým kritériem. Trénink sítě je opakován pro mnoho příkladů v sadě, dokud síť nedosáhne ustáleného stavu, kde nedochází k žádným dalším významným změnám v synaptických vahách.
- 3. Adaptivita.** Neuronové sítě mají vestavěnou schopnost přizpůsobovat své synaptické váhy změnám okolního prostředí. Neuronová síť trénovaná v určitém prostředí může být snadno přetrénována tak, aby zvládla drobné provozní změny prostředí. Navíc, když pracuje v nestacionárním prostředí (tj. v prostředí, kde se statistika mění s časem), může být neuronová síť navržena tak, aby měnila své synaptické váhy v reálném čase.
- 4. Odezva sítě.** V souvislosti s klasifikací vzorů může být neuronová síť navržena tak, aby poskytovala informace nejen o tom, který konkrétní vzorec má být vybrán, ale také o důvěryhodnosti rozhodnutí. Tyto informace mohou být použity k odmítnutí nejednoznačných vzorců, pokud k nim dojde, a tím ke zlepšení klasifikačního výkonu sítě.
- 5. Kontextové informace.** Znalosti jsou reprezentovány samotnou strukturou a stavem aktivace neuronové sítě. Každý neuron v síti je potenciálně ovlivněn globální aktivitou všech ostatních neuronů v síti. V důsledku toho je kontextová informace přirozeně řešena neuronovou sítí.
- 6. Odolnost proti chybám.** Neuronová síť implementovaná v hardwarové formě, má schopnost být neodmyslitelně odolná proti chybám nebo schopna robustního výpočtu v tom smyslu, že její výkon klesá za nepříznivých provozních podmínek.

- 7. Neurobiologická analogie.** Návrh neuronové sítě je motivován analogií s mozkem, což je živoucím důkazem toho, že paralelní zpracování odolné proti chybám je nejen fyzicky možné, ale také rychlé a silné. Neurobiologové považují (umělé) neuronové sítě za výzkumný nástroj pro interpretaci neurobiologických jevů. [23]

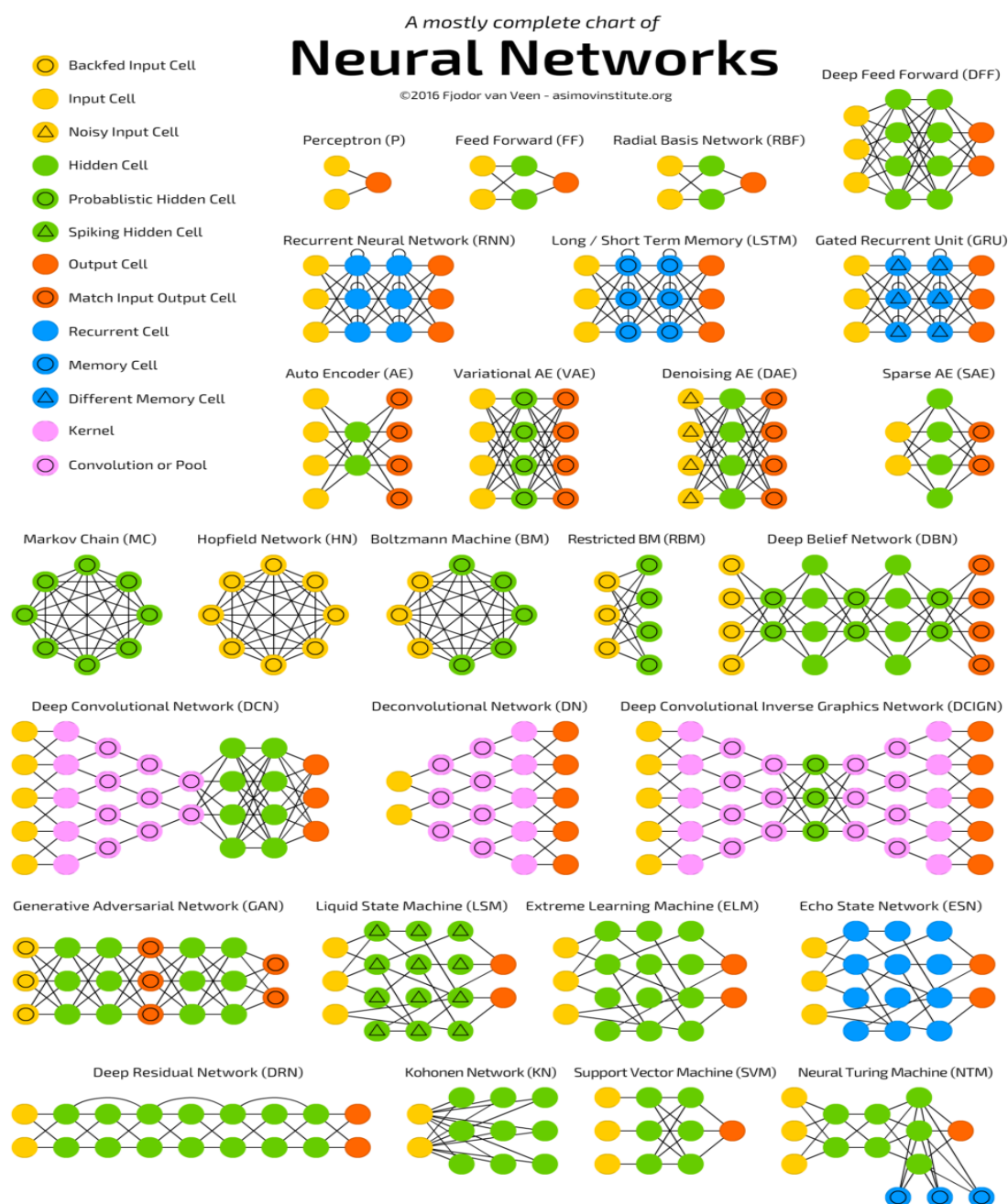
Hlavní výhodou neuronových sítí je jejich schopnost učit se. Během učení se mění váhy jednotlivých spojení mezi neurony, podle kterých jsou tato spojení posilována nebo zeslabována. Při učení se neuronová síť snaží zlepšovat a nastavovat tak, aby dosahovala co nejlepších výsledků [24]. Rozlišuje se několik typů učení:

- učení s učitelem (supervised) – je vytvořena trénovací množina, která obsahuje dvojice vstupních objektů a požadovaných výstupů. Objekt představuje vstup neuronové sítě. Po zpracování trénovacích příkladů algoritmus učení predikuje výstupní hodnotu funkce pro každý platný vstupní objekt. Poté se náhodně nastaví váhy a vypočítá se výstup sítě, jež je porovnán s výstupem v trénovací množině a stanoví se chyba. Následně se opět nastaví váhy tak, aby v příštím výpočtu bylo dosaženo menší chyby. Podobný proces se opakuje tak dlouho, dokud není dosaženo předem definované minimální chyby.
- učení bez učitele (unsupervised) – výstup sítě není znám, přičemž na vstupu síť disponuje sadou vzorů, které se rozdělují do shluků podle topologické vlastnosti vstupů. Váhy jsou nastavovány tak, aby síť generovala podobné výsledky, když jsou vstupní data stejná nebo podobná.
- učení posilováním (reinforcement learning) – finální hodnota výstupu není známa. Data ohledně korektnosti výstupů se získávají z okolního prostředí. Díky tomu je zabezpečena zpětná vazba a obstarány alespoň nějaké výsledky. Tento způsob učení má své uplatnění v oblasti robotiky a multiagentních systémů. [24]

5.3 Typy neuronových sítí

Existuje mnoho typů umělých neuronových sítí, z nichž každá má své jedinečné silné stránky. Mohou být klasifikovány podle jejich: struktury, toku dat, použitých neuronů a jejich hustotě, vrstvách a jejich hloubkových aktivačních filtrech atd. Na obrázku č. 11 je představeno několik nejvyužívanějších typů umělých neuronových sítí a jejich topologie. Některé z nich budou dále stručně popsány.

Obrázek 11: Přehled nejvyužívanějších typů neuronových sítí



Zdroj: [25]

Perceptron (P)

Za autora tohoto nejjednoduššího modelu dopředné neuronové sítě je považován Frank Rosenblatt (r. 1957). Později bylo zjištěno, že jeho uplatnění je velmi omezené, jelikož lze využít pouze množin, jež jsou lineárně oddělitelné. Za typický perceptron se považuje jednoduchá síť s n vstupy a jedním neuronem, který je propojený se všemi vstupy. Jedná se tedy o jednovrstvou neuronovou síť s dopředným šířením a učením s učitelem. Pro

všechna spojení je vygenerována váhová hodnota (w_i). Signál přenášený vstupními neurony je buď binární (tj. má hodnotu 0 nebo 1), nebo bipolární (tj. má hodnotu -1, 0 nebo 1). Po využití aktivační funkce se získá výstup sítě jako finálního výsledku. [26]

Perceptron v nejjednodušší podobě je binární klasifikátor. Mezi výhody perceptronu patří možnost implementace logických operátorů jako AND, OR nebo NAND. Naopak mezi nevýhody se řadí schopnost učení pouze lineárně oddělitelných problémů, jako je booleovský AND. U nelineárních problémů, jako je booleovský XOR, perceptron nefunguje. [27]

Dopředná neuronová síť (FF)

Tato neuronová síť je jednou z nejjednodušších forem umělé neuronové sítě (ANN), kde data nebo vstup putují jedním směrem. Data prochází vstupními uzly a vystupují na výstupních uzlech. To je také známé jako přední šířená vlna, které se obvykle dosáhne použitím klasifikační aktivační funkce. Na rozdíl od složitějších typů neuronových sítí neexistuje backpropagation. Tato neuronová síť může nebo nemusí mít skryté vrstvy.

V dopředné neuronové síti se spočítá součet součinů vstupů a vah, které jsou poté vedeny na výstup. Výstup je uvažován, pokud je nad určitou hodnotou, tj. prahovou hodnotou (obvykle 0) a neuron vystřelí s aktivovaným výstupem (obvykle 1) a pokud se nespustí, je vyslána deaktivací hodnota (obvykle -1). [28]

Tento typ sítí se využívá v technologiích, jako je rozpoznávání obličejů a počítačové vidění. Důvodem je, že cílové třídy v těchto aplikacích je obtížné klasifikovat. Jednoduchá dopředná neuronová síť je vybavena pro zpracování dat, která obsahují velké množství šumu. Udržování dopředných sítí je také relativně jednoduché. [25]

Vícevrstvá perceptronová síť (MLP)

Tato síť bude podrobněji popsána v samostatné kapitole.

Neuronové síť s funkcí radiální báze (RBF)

Funkce radiální báze bere v úvahu vzdálenost libovolného bodu vzhledem ke středu. Takové neuronové sítě mají dvě vrstvy. Ve vnitřní vrstvě jsou prvky kombinovány s funkcí radiální báze. Výstup těchto funkcí se pak vezme v úvahu při výpočtu stejného výstupu v příštím kroku.

Neuronová síť s funkcí radiální báze je rozsáhle aplikovaná v systémech obnovy napájení. V posledních desetiletích se energetické systémy staly větší a komplexnější. Tím

se zvyšuje riziko výpadku proudu. Tato neuronová síť se používá v systémech pro obnovení napájení, aby obnovila energii v nejkratším možném čase. [25]

Rekurentní neuronové sítě (RNN)

Rekurentní neuronová síť je typem umělé neuronové sítě, ve které je výstup konkrétní vrstvy uložen a veden zpět na vstup. To pomáhá předpovídat výsledek vrstvy. První vrstva má stejnou topologii jako dopředná neuronová síť. V následujících vrstvách však začíná proces rekurentní neuronové sítě. Od každého následujícího kroku si každý uzel pamatuje některé informace, které měl v předchozím kroku. Jinými slovy, každý uzel funguje jako paměťová buňka při výpočtu a realizaci operací. Neuronová síť na počáteční vrstvě začíná dopředným šířením jako obvykle, ale pamatuje si informace, které může využít později. Jestliže je predikce nesprávná, systém se sám snaží učit a vytvářet správné predikce během backpropagation. Tento typ neuronové sítě je velmi účinný v technologii převodu textu na řeč. Dále při zpracování textu, jako je automatický návrh, kontrola gramatiky atd. [25, 27]

Hopfieldova síť (HN)

Hopfieldova síť byla sestavena Johnem Hopfieldem na začátku 80. let. Vycházel z energetické funkce, z které odvodil pravidla pro učení a vybavování. Každý neuron je jak vstupní, tak i výstupní a je spojen se všemi ostatními neurony v síti. Výstup každého neuronu je přiváděn na vstup všech ostatních neuronů, což umožňuje postupné zpřesňování výsledku. Míra vzájemné spojitosti neuronů i, j je vyjádřena váhou w_{ij} , přičemž žádný neuron není spojen sám se sebou a váha w_{ii} je nulová. Sítě jsou trénovány nastavením hodnot neuronů do požadovaného vzoru, po kterém lze spočítat váhy. Váhy se poté nemění. Trénované sítě na jeden nebo více vzorů poté vždy konvergují k jednomu z naučených vzorů, protože v těchto stavech je síť stabilní. Výstup sítě je obvykle binární, tedy 0 nebo 1. Hopfieldovy sítě mají své uplatnění jako asociativní paměti, klasifikátory (rozpoznávání obrazu – OCR, rozpoznávání SPZ, robotické vidění, filtrace signálu a další) a při řešení optimalizačních problémů (obchodní cestující, rozvrhování výroby, komprimace). [29]

Konvoluční neuronové sítě (CNN)

Konvoluční neuronová síť (CNN) používá variantu vícevrstevných perceptronů. CNN obsahuje jednu nebo více konvolučních vrstev. Tyto vrstvy mohou být buď zcela propojeny nebo sdružené. Před předáním výsledku další vrstvě používá konvoluční vrstva na vstupu

konvoluční operaci. Díky této konvoluční operaci může být síť mnohem hlubší, ale s mnohem méně parametry. Díky této schopnosti vykazují konvoluční neuronové sítě velmi efektivní výsledky v rozpoznávání obrazu a videa, zpracování přirozeného jazyka a systémů doporučení. Konvoluční neuronové sítě také vykazují skvělé výsledky v sémantické analýze a detekci parafrází. Používají se také při zpracování signálu a klasifikaci obrazu. [29]

Samoorganizující se neuronové sítě (SOM)

Samoorganizující se síť je někdy podle svého tvůrce nazývána sítí Kohonenovou. Klasické samoorganizující se sítě se skládají ze vstupů, jednotlivých vah a tzv. kompetičních vrstev obsahujících neurony. SOM sítě jsou sítěmi s neřízeným tréninkem a výstupy reagují na změny vstupů, tedy aktivaci umělých neuronů. Tento neřízený model neuronové sítě koncentruje data do shluků. Kohonenovy sítě fungují analogicky jako shluková, respektive faktorová analýza. Podstatou je zmenšení vstupního souboru dat mapováním do menšího počtu shluků. Často se tento postup používá v rámci předzpracování dat pro jiný typ neuronových sítí. Podstatou tvoření shluků je identifikace obdobných vlastností jednotlivých vstupních vektorů a jejich třídění do již zmíněných podskupin. Jelikož se jedná o učení bez učitele, tento proces se děje samovolně. Uplatnění samoorganizujících se sítí se nachází ve shlukování (klasifikace finanční situace podniku, úlohy obecného zařídování dat) a klasifikaci (klasifikace výrobků, zákazníků dle nákupního chování aj.). [28]

5.4 Vícevrstvá perceptronová síť (MLP)

Jak již bylo uvedeno výše, tak model perceptronu představuje nejjednodušší typ dopředné neuronové sítě, u které bylo ovšem zjištěno, že nedokáže řešit složitější problémy. Jeho rozšířením vznikla vícevrstvá perceptronová síť (MLP), která má mnohem více využití. Jedná se o nejrozšířenější a nejpoužívanější typ neuronové sítě. MLP se skládá z více vrstev, ve kterých je každý neuron modelován jako perceptron. Učení sítě probíhá za pomoci algoritmu backpropagation. V MLP dochází k úplnému propojení neuronů, přičemž neurony na stejné vrstvě mezi sebou propojeny nejsou, ale jsou propojeny se všemi neurony na vrstvě vyšší. Vícevrstvé sítě jsou obvykle označovány jako třívrstvé, jelikož topologie sítě se skládá ze vstupní, vnitřní (skryté) a výstupní vrstvy. [24]

5.4.1 Formální neuron

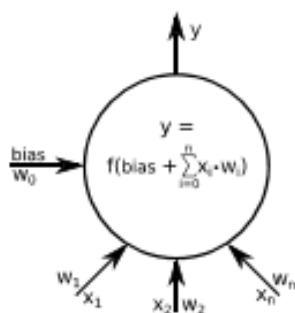
První matematický model neuronu vytvořili McCulloch a Pitts v roce 1943, jenž je principiálně stejný jako biologický neuron a tento model se dodnes využívá v běžných aplikacích. Neuron je základním stavebním kamenem nejenom vícevrstvé, ale každé neuronové sítě. Matematický model neuronu se skládá ze tří hlavních částí, a to vstupní, výstupní a funkční. Má konečný počet vstupů x_1, \dots, x_n , jenž představují dendrity, a jeden výstup y reprezentující axon. Váhy vstupů w_1, \dots, w_n znázorňují citlivost působení vstupů na výstup. Vzhledem k tomu, že vstupy představují výstupy jiných neuronů, tak váhy připomínají propustnost synaptických bran biologického neuronu. Synaptické váhy tvoří vektor, a mohou být i záporné, čímž se vyjadřuje jejich inhibiční faktor [26, 30].

Vážená suma vstupních hodnot reprezentuje vnitřní potenciál neuronu, který lze získat na základě vztahu

$$y_{in} = bias + \sum_{i=0}^n x_i * w_i$$

kde x_1 až x_n představuje vektor vstupů neuronu, w_1 až w_n představuje vektor vah těchto vstupů a $bias$ reprezentuje konstantní vstup neuronu. V případě, že se k neuronu přiřadí vstup o konstantní hodnotě 1, je možné $bias$ považovat jako další hodnotu váhy tohoto vstupu. Konečná hodnota výstupu neuronu se získá po dosazení vnitřního potenciálu neuronu do aktivační funkce (viz obr. č. 12). [26, 30]

Obrázek 12: Neuron



Zdroj: [31]

Aktivační (přenosová) funkce se využívá k převedení vnitřního potenciálu neuronu do definovaného oboru výstupních hodnot. Aktivační funkce mohou být lineární nebo nelineární. Nejvíce se používají nelineární funkce jako jsou: ostrá nelinearita, standardní (logická) sigmoida a hyperbolický tangens. Hodnota y reprezentuje vnitřní potenciál

neuronu. Pokud je hodnota y menší než prahová hodnota, zůstává neuron v pasivním stavu bez sebemenšího zapojení do výpočtu. V opačném případě dochází k aktivaci a je zapojena funkce. [26, 30] Pro příklad je uvedena nejjednodušší aktivace v podobě skokové funkce:

$$f(y) = \begin{cases} 1 & \text{pokud } y \geq 0 \\ 0 & \text{pokud } y < 0 \end{cases}$$

5.4.2 Topologie sítě

Vícevrstvé perceptronové sítě (MLP) obsahují více než jednu výpočetní vrstvu. Model perceptronu obsahuje vstupní a výstupní vrstvu, přičemž výstupní vrstva jako jediná provádí výpočet. Vstupní vrstva předává data do výstupní vrstvy a všechny výpočty jsou pro uživatele zcela viditelné. MLP obsahují více výpočetních vrstev. Vrstvy mezi vstupem a výstupem se označují jako skryté vrstvy, protože prováděné výpočty nejsou pro uživatele viditelné. Specifická architektura vícevrstevých neuronových sítí se označuje jako „dopředná“, protože výstupy jedné vrstvy představují vstupy pro vrstvu následující, a to ve směru od vstupní vrstvy k vrstvě výstupní. Výchozí architektura dopředných sítí předpokládá, že všechny neurony jedné vrstvy jsou spojeny se všemi neurony následující vrstvy a jsou vynásobeny váhami. Jednoduchá topologie MLP je k vidění na obrázku č. 13. [32] Výstup k -tého neuronu umístěného v n -té skryté nebo výstupní vrstvě je možné vypočítat podle následujícího vzorce

$$y_k^n = f \left(w_{0,k}^n + \sum_{i=1}^m y_i^{n-1} * w_{i,k}^n \right)$$

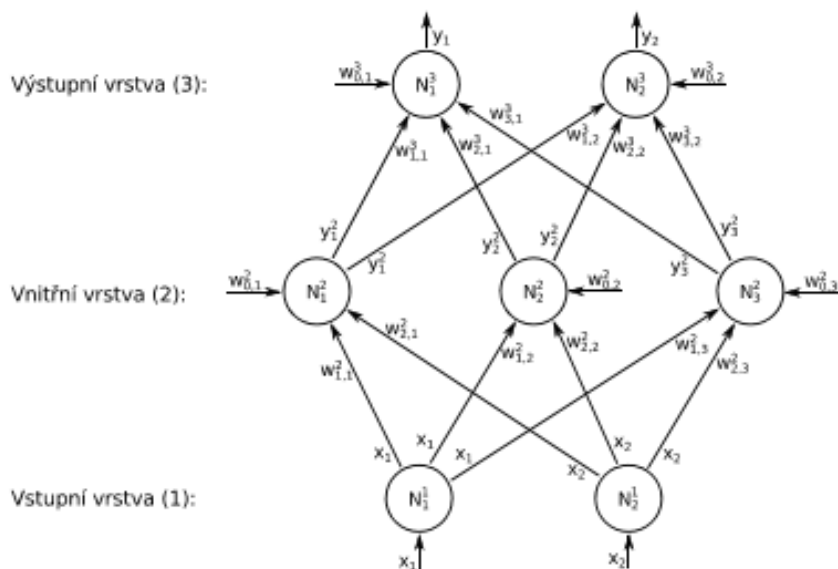
kde $f(x)$ je aktivační funkce neuronu, $w_{0,k}^n$ je bias neuronu a m je počet vah neuronu, což zároveň koresponduje s počtem výstupů předchozí (nižší) vrstvy sítě. [26]

MLP disponuje větším potenciálem k řešení nelineárnějších problémů než jednovrstvá síť, což sebou přináší složitější proces učení sítě. Jsou případy, ve kterých je učení vícevrstvé sítě úspěšnější, jelikož řešený problém je natolik složitý, že jej jednovrstvá síť nedokáže správně vyřešit. [33]

K definování počtu vrstev ve vícevrstvé neuronové síti a počtu jejich neuronů není stanovený jednoznačný postup, topologii sítě je potřeba určit experimentálně. Pro usnadnění sestavení topologie sítě ovšem existuje několik pravidel a doporučení, která lze využít. K řešení zadaného problému je obvykle postačující jedna skrytá vrstva v rámci topologie

MLP. Za předpokladu, že se síť musí naučit funkci, jež obsahuje nespojitosti, může být topologie sítě s více skrytými vrstvami užitečná. Ovšem pro využití více skrytých vrstev není v literatuře teoretický základ. Existuje možnost, že daný problém bude snáze řešitelný pomocí neuronové sítě s více vrstvami za současného použití menšího počtu neuronů než pomocí sítě s menším počtem vrstev za současného využití většího množství neuronů. [34]

Obrázek 13: Značení neuronů, vah, vstupů a výstupů v neuronové síti



Zdroj: [31]

Po volbě počtu vrstev je nutné zvolit počet neuronů v každé vrstvě. Volba optimálního počtu neuronů je velice důležitá. V případě použití příliš malého počtu neuronů nemá vícevrstvá síť dostatečnou kapacitu k naučení daného problému. Na druhé straně při volbě velkého množství neuronů se výrazně prodlužuje doba učení neuronové sítě a může dojít k přeučení sítě, tzv. overfitting. [34]

Problém přeučení neuronové sítě je silně spojen s určením vhodné topologie sítě, konkrétně s počtem neuronů ve skrytých vrstvách. Dochází k němu v případě, kdy má síť příliš mnoho prostředků ke zpracování informací. Jedná se o stav, kdy se MLP až příliš naučí trénovací množinu dat, a to včetně jejich náhodných chyb a šumů a přichází o schopnost generalizace. [32]

5.4.3 Proces učení sítě- Backpropagation

Způsob učení neuronové sítě je odvozeno od algoritmu error backpropagation (zpětné šíření chyby), používanější formou je pouze backpropagation. Algoritmus učení

backpropagation využívá metodu učení s učitelem a je určený zejména pro vícevrstvé neuronové sítě. V průběhu provádění algoritmu se přepočítává chyba výstupní vrstvy zpět do předchozích vrstev (zpětně se šíří), kde se upraví jednotlivé váhy spojů na základě velikosti chyby. Učící algoritmus backpropagation se stal nejpoužívanější učící metodou neuronových sítí od roku 1986, kdy byla představena práce s názvem „Learning internal representations by error propagation“ autorů Rumelhart D. E., Hinton G. E. a Williams R. J., ve které padla první zmínka o této metodě učení. [30]

Tréninková a testovací množina

Ve vstupní množině jsou obsaženy veškeré vstupní vektory předkládané síti, jež se pro učení sítě dělí na tréninkovou a testovací množinu. Tréninková množina má vliv na rychlost a kvalitu naučení sítě, tudíž by měla co nejlépe reprezentovat vstupní množinu. Pomocí testovací množiny se posléze ověřuje kvalita neučení sítě. Měla by být rovněž sestavena z reprezentativního vzorku, ale zároveň nedisponovat stejnými vzory jako tréninková množina, aby bylo možné vyhodnotit kvalitu naučení. [30]

Algoritmus učení backpropagation

Samotný algoritmus lze rozdělit do tří částí:

- dopředné šíření vstupního signálu z tréninkové množiny,
- zpětné šíření chyby,
- adaptace vah a prahů.

Tyto části se obvykle cyklicky opakují do doby, dokud algoritmus není zastaven splněním kritéria pro zastavení učení jako je například dosažení malé chyby sítě, mezního počtu iterací nebo jiného. Výpočet celkové chyby neuronové sítě lze provést za předpokladu, že jsou známy skutečné a požadované hodnoty výstupů. V tom případě pro výpočet platí vzorec

$$E = \sum_{i=0}^q \frac{1}{2} \sum_{k=0}^n (y_{i,k} - t_{i,k})^2$$

kde q je počet vzorů trénovací množiny dat, n představuje počet výstupů neuronové sítě, $y_{i,k}$ znázorňuje reálný výstup neuronové sítě a $t_{i,k}$ pro daný výstup neuronové sítě vyjadřuje požadovanou hodnotu. [26]

Prostřednictvím dopředného šíření signálu přivedeného na vstup neuronové sítě je možné aktualizovat váhy jednotlivých spojů. „Během dopředného šíření signálu obdrží každý

neuron ve vstupní vrstvě vstupní signál a zprostředkuje jeho přenos ke všem neuronům vyšší (vnitřní) vrstvy. Každý neuron ve vnitřní vrstvě opět vypočítá svůj výstup a pošle ho na vstup další vrstvy. Pokud je další vrstva výstupní, tak je její výstup zároveň výstupem neuronové sítě po předložení vstupního vzoru“. [26, strana 41]

Dále se pro každý trénovací vzor provede srovnání vypočtených a požadovaných hodnot výstupů a podle jejich rozdílu se vypočte faktor δ_k ($k = 1 \dots m$), jenž vyjadřuje část chyby neuronové sítě, která se šíří z konkrétního neuronu ke všem neuronům nižší vrstvy. Adaptace vah tedy podléhá chybovému faktoru δ_k a výstupům nižší vrstvy. Pro k -tý neuron výstupní vrstvy n lze chybový faktor δ_k získat na základě vztahu

$$\delta_k^n = (t_k - y_k) * f' \left(w_{0,k}^n + \sum_{i=1}^m y_i^{n-1} * w_{i,k}^n \right)$$

kde t_k je požadovaný výstup neuronové sítě, y_k představuje skutečný výstup sítě, $f'(x)$ reprezentuje derivaci aktivační funkce neuronu a m je počet výstupů nižší vrstvy. [26]

Pro k -tý neuron n -té skryté vrstvy je možné chybový vektor δ_k získat na základě vztahu

$$\delta_k^n = \sum_{i=1}^q (\delta_i^{n+1} * w_{k,i}^{n+1}) * f' \left(w_{0,k}^n + \sum_{i=1}^m y_i^{n-1} * w_{i,k}^n \right)$$

kde q je počet neuronů vyšší vrstvy, δ_i^{n+1} znamená chybový faktor i -tého neuronu ve vyšší vrstvě, $w_{k,i}^{n+1}$ představuje váhu spoje mezi k -tým neuronem n -té vrstvy a i -tým neuronem vyšší vrstvy, $f'(x)$ reprezentuje derivaci aktivační funkce neuronu a m je počet výstupů nižší vrstvy, což znamená počet vstupů a vah k -tého neuronu n -té vrstvy. [26]

Samotná adaptace vah neuronů představuje poslední fázi v průběhu jednoho cyklu algoritmu učení. Pro změnu hodnoty biasu k -tého neuronu v n -té vrstvě platí vzorec

$$w_{0,k}^n = \alpha * \delta_k^n$$

kde α je koeficient učení, jenž má vliv na rychlost učení neuronové sítě a δ_k^n reprezentuje vypočtený chybový vektor neuronu. Změnu váhy spoje mezi k -tým neuronem n -té vrstvy a i -tým neuronem vrstvy předchozí lze získat pomocí vzorce

$$w_{i,k}^n = \alpha * \delta_k^n * y_i^{n-1}$$

kde α je koeficient učení sítě, δ_k^n reprezentuje vypočtený chybový vektor neuronu a y_i^{n-1} představuje výstup i -tého neuronu nižší vrstvy. [26]

„Cílem adaptace je minimalizace chyby sítě ve váhovém prostoru. Vzhledem k tomu, že chyba sítě přímo závisí na komplikované nelineárně složené funkci vícevrstvé sítě, představuje tento cíl netriviální optimalizační problém. Pro jeho řešení se v základním modelu používá nejjednodušší varianta gradientní metody, která vyžaduje diferencovatelnost chybové funkce“ [26, strana 43]

Pro aktivační (přenosové) funkce neuronu v neuronových sítích, jež využívají pro učení algoritmus adaptace vah backpropagation, je nezbytné splnění několika kritérií: musí být spojité, diferencovatelné a monotónně neklesající. Mezi nejpoužívanější aktivační funkce se řadí standardní sigmoida a hyperbolický tangens. [30]

5.4.4 Normalizace dat

Vstupní proměnné jsou často měřeny v rozdílných jednotkách, čímž mohou ovlivnit analýzu dat. Například jedna proměnná měřená v kilogramech a druhá ve stupních Celsia, nebo jedna proměnná měřená v metrech a druhá v centimetrech apod. Obecně platí, že vyjádření proměnné v menších jednotkách vede ke zvětšení rozsahu hodnot, tudíž je takové proměnné přisuzována větší „váha“. Z těchto i dalších důvodů je vhodné a někdy i nezbytné vstupní proměnné normalizovat. To zahrnuje transformaci dat tak, aby spadaly do menšího nebo společného rozsahu hodnot, jako je například $[-1, 1]$ nebo $[0, 1]$ atd. Normalizace dat se pokusí dát všem proměnným stejnou váhu. Pro neuronové sítě obecně, ale zejména pro vícevrstvé perceptronové sítě, jež využívají učícího algoritmu backpropagation je normalizace vstupních dat takřka nutností. Díky transformaci vstupních prediktorů do jednotného měřítka se urychluje fáze učení sítě.

V literatuře existuje mnoho metod normalizace dat. V rámci této práce budou představeny metody min-max normalizace, z-skóre normalizace (standardizace) a normalizace desetinnou čárkou. Pro popis těchto metod, necht' A je numerická proměnná s n pozorovanými hodnotami v_1, v_2, \dots, v_n . [18]

Min-max normalizace provádí lineární transformaci původních dat. Předpokládá, že min_A a max_A jsou minimální a maximální hodnoty proměnné A . Min-max normalizace přepočítává hodnotu v_i proměnné A do nové hodnoty v_i' v rozsahu $[nové_min_A, nové_max_A]$ podle vzorce

$$v_i' = \frac{v_i - min_A}{max_A - min_A} (nové_max_A - nové_min_A) + nové_min_A$$

Min-max normalizace uchovává vztahy mezi původními hodnotami dat. V případě, že budoucí vstupní hodnota pro normalizaci nebude spadat do původního rozsahu hodnot proměnné A , dojde k hlášení chyby „překročení rozsahu“. [18]

Z-skóre normalizace neboli standardizace transformuje hodnoty proměnné A na základě výběrového průměru a výběrové směrodatné odchylky. Hodnota v_i proměnné A je normalizována do nové hodnoty v_i' podle vzorce

$$v_i' = \frac{v_i - \bar{A}}{\sigma_A}$$

kde \bar{A} a σ_A představují výběrový průměr a výběrovou směrodatnou odchylku proměnné A . Nově vypočítaná hodnota v_i' , která se označuje z-skóre, se nachází v rozsahu hodnot od -3 do 3, přičemž její střední hodnota je rovna přibližně 0 a rozptyl roven přibližně 1. Tato metoda normalizace je užitečná, když skutečné minimum a maximum proměnné A nejsou známy, nebo pokud jsou extrémní hodnoty dominantní při metodě min-max normalizace. [18]

Normalizace desetinnou čárkou funguje na bázi pohybu desetinné čárky hodnot proměnné A . Počet přesunutých desetinných čárek závisí na maximální absolutní hodnotě proměnné A . Hodnota v_i proměnné A je normalizována do nové hodnoty v_i' podle vzorce

$$v_i' = \frac{v_i}{10^j},$$

kde j je nejmenší celé číslo takové, že $\max(|v_i|) < 1$.

Jak je vidět, normalizace může výrazně pozměnit rozsah původních dat, zejména při použití standardizace nebo normalizace desetinnou čárkou. Je nezbytné uchovat normalizační parametry, jako např. průměr nebo směrodatnou odchylku, aby nové budoucí hodnoty mohly být normalizovány jednotným způsobem. [18]

5.4.5 Aktivační funkce

Výstup každého neuronu i v neuronové síti je založen na definici funkce f_i a aktivační funkci, jež je s ní spojena. Aktivační neboli přenosová funkce je aplikována na výstupní hodnoty každého neuronu, které jsou posílány dalším neuronům. Existuje mnoho navržených aktivačních funkcí, avšak představeny budou pouze ty nejpoužívanější, a to konkrétně lineární, skoková, sigmoida, hyperbolický tangens a Gaussova.

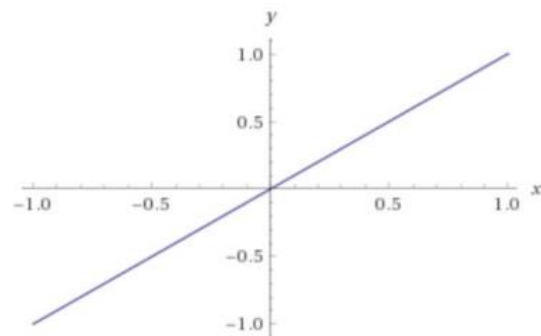
Aktivační funkce mohou být také označeny jako „spouštěče“ neuronů, což představuje paralelu s fungováním lidského mozku. Když je vstup do neuronu dostatečně velký, dojde k jeho spuštění vysláním elektrického signálu na jeho axon (výstupní spoj). Podobně je tomu v neuronových sítích, kde výstup může být generován pouze v případě, že se vstup nachází nad určitou úrovní, proto označení „spouštěč“. Při práci pouze s binárním výstupem je výstup buď 0 nebo 1 v závislosti na tom, zda by měl být neuron aktivován. Některé aktivační funkce místo toho používají -1 a 1, zatímco jiné generují rozsah hodnot. Na základě těchto myšlenek jsou vstupní a výstupní hodnoty často považovány za 0 nebo 1. [35]

Aktivační funkce f_i se použije na vstupní hodnoty (x_{1i}, \dots, x_{ki}) a váhy (w_{1i}, \dots, w_{ki}) . Tyto vstupy jsou obvykle kombinovány v součet součinů ve formě $S = (\sum_{k=1}^k (w_{hi}x_{hi}))$. V případě, že existuje bias, vzorec se změní do podoby $S = w_{0i}(\sum_{k=1}^k (w_{hi}x_{hi}))$. Následují definice výše zmíněných aktivačních funkcí $f_i(S)$ v uzlu i . Aktivační funkce mohou být unipolární s hodnotami $[0, 1]$ nebo bipolární s hodnotami $[-1, 1]$. [35]

- **Lineární (identity):** Lineární aktivační funkce vytváří výstupní hodnotu na základě vstupní hodnoty. Toto je typický vzorec i s grafickým vyjádřením dané funkce.

Graf 1: Lineární aktivační funkce

$$f_i(S) = cS$$



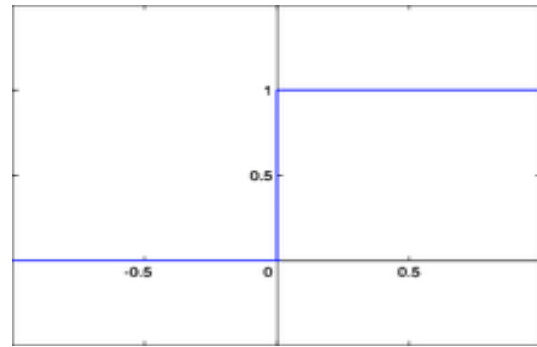
Zdroj: [35]

Hodnota c představuje kladnou konstantu. U této funkce nemá výstupní hodnota žádné limity, co se týká maximální nebo minimální hodnoty. [35]

- **Skoková (prahová):** Výstupní hodnota je buď 1 nebo 0 v závislosti na součtu součinů vstupních hodnot a jejich přidružených vah. Jak je vidět z grafu č. 2, hodnoty nad prahem T budou 1 nebo 0.

Graf 2: Skoková aktivační funkce

$$f_i(S) = \begin{cases} 1 & \text{jestliže } S > T \\ 0 & \text{v opačném případě} \end{cases}$$



Zdroj: [35]

Binární výstupní hodnoty mohou nabývat hodnot 1 nebo -1. Alternativně může být hodnota 1 nahrazena libovolnou konstantou. Varianta této skokové funkce s „pevným limitem“ je lineární skoková funkce, která postupně zvyšuje hodnotu aktivační funkce z nízké na vysokou hodnotu. Takto vypadá podoba vzorce.

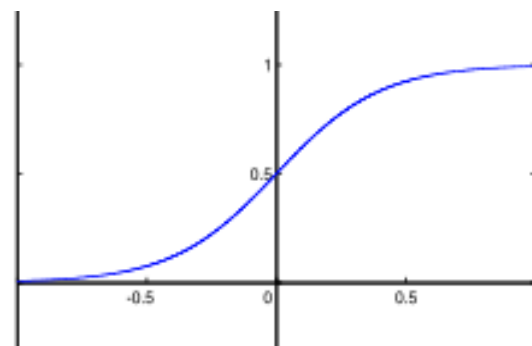
$$f_i(S) = \begin{cases} 1 & \text{jestliže } S > T_2 \\ \frac{S - T_1}{T_2 - T_1} & \text{jestliže } T_1 \leq S \leq T_2 \\ 0 & \text{jestliže } S < T_1 \end{cases}$$

Zde je lineární nárůst mezi T_1 a T_2 . Stejně jako u běžné skokové funkce může nabývat hodnot v rozmezí -1 a 1 nebo 0 a 1. [35]

- **Sigmoida:** Jak je vidět z grafu č. 3, jedná se o křivku ve tvaru „S“, která nabývá hodnot mezi -1 a 1 (nebo 0 a 1) a je monotónně rostoucí. Ačkoli existuje několik typů sigmoidních funkcí, tak všechny jsou charakteristické křivkou ve tvaru „S“. Takto vypadá vzorec a graf běžné logistické funkce.

Graf 3: Sigmoidní aktivační funkce

$$f_i(S) = \frac{1}{(1 + e^{-cS})}$$



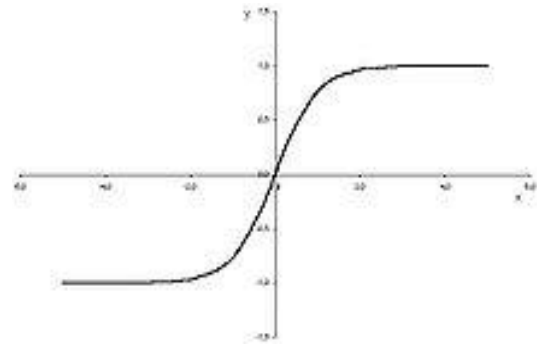
Zdroj: [35]

Hodnota c představuje kladnou konstantu, která mění sklon funkce. [35]

- **Hyperbolický tangens:** Variantou sigmoidní funkce je hyperbolický tangens, jehož vzorec a grafické vyjádření je znázorněno níže.

Graf 4: Funkce hyperbolického tangens

$$f_i(S) = \frac{(1 - e^{-S})}{(1 + e^{-cS})}$$



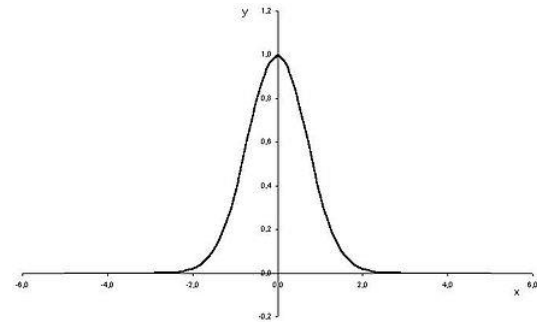
Zdroj: [35]

Tato funkce má výstup vycentrovaný na nulu, což může pomoci s učením. [35]

- **Gaussova:** Křivka Gaussovy funkce má tvar zvonu s výstupními hodnotami v rozsahu [0, 1]. Vzorec a graf typické Gaussovy funkce je možné vidět níže.

Graf 5: Gaussova aktivační funkce

$$f_i(S) = e^{\frac{-S^2}{V}}$$



Zdroj: [35]

V tomto případě představuje S střední hodnotu a V předdefinovanou kladnou hodnotu rozptylu funkce.

Jedná se pouze o reprezentativní podmnožinu existujících aktivačních funkcí, které by mohly být použity. Pro výpočet vícevrstvé perceptronové sítě jsou nejpoužívanějšími aktivačními funkcemi sigmoid a hyperbolický tangens. [35]

5.4.6 Využití a trendy

V oblasti hlubokého učení existuje mnoho typů neuronových sítí, z nichž každá přichází s novými metodami a postupy, jež jsou každý den publikovány a diskutovány. Proto není vždy jednoduché se zorientovat, která síť je vhodná pro řešení daného problému s formátem dat, jež je k dispozici. Navíc většina neuronových sítí je dostatečně flexibilní, aby zvládly pracovat s nesprávným typem dat nebo predikčním problémem. [36]

Tato část se zaměří na oblasti uplatnění, použité datové formáty a trendy vícevrstvé perceptronové sítě (MLP).

Využití

MLP jsou vhodné pro klasifikační problémy, kde jsou vstupům přiřazeny třídy nebo označení. Rovněž jsou vhodné pro predikční problémy, kde se předpovídá skutečná hodnota na základě vstupní sady hodnot. Data jsou často poskytována v tabulkovém formátu, jako je možné vidět v klasických CSV souborech.

MLP jsou vhodné pro:

- tabulkové formáty dat,
- klasifikace (výrobků, poskytnutí úvěrů, rozhodování o poskytnutí a výši pojištění atd.)
- predikce (vstupem jsou časové řady, využití trendové složky – predikce měnových kurzů, stavů soustavy atd.)
- aproximace (funkcí – vychází ze základů neuronových sítí jako univerzálního aproximátoru). [36]

MLP jsou velmi flexibilní, což umožňuje jejich použití i na jiných typech dat. Například pixely obrázků mohou být zredukovány do jedné dlouhé řady dat a přivedeny do MLP. Toto platí i pro slova v dokumentu nebo zpožděná pozorování v časové řadě. Pokud tedy mají data jiný formát než tabulkový soubor dat, je i přesto možné po určitých transformacích či redukcích taková data využít ve vícevrstvých perceptronových sítích.

Příklad jiných formátů dat:

- obrazová data,
- textová data,
- data časové řady,
- jiné typy dat. [36]

Trendy

V oblasti hlubokého učení a konkrétně vícevrstvé perceptronové sítě (MLP) probíhá neustálý vývoj a výzkum. Nejrůznější autoři ve svých vědeckých člancích přicházejí s novými metodami a postupy. Objevují nové oblasti, ve kterých lze využít MLP. Pro příklad bude uvedeno několik vědeckých článků z poslední doby a jejich krátký popis, které se věnují novým přístupům a využití vícevrstvé perceptronové sítě.

- Článek Identifying Phished Website Using Multiplayer Perceptron (2020) od autorů Dev, A. a Jain, V. se zaměřuje na koncept neuronové sítě, který je implementován pro identifikaci phishingových webů. Phishing je nejoblíbenější

v kyberkriminalitě, kde jednotlivci nebo skupina zneužívají uživatele. Cílem identifikace je zajistit uživatelům bezpečnější používání transakčních webů. Tento koncept využívá vícevrstvou perceptronovou síť (MLP) založenou na klasifikaci 48 vlastností. [37]

- Článek A New Method to Generate Semantic Templates Based on Multilayer Perceptron (2016) od autorů Qi, YL., Zhang, GS. a Li, YL. navrhuje metodu sémantické šablony pro zmenšení sémantické mezery. Metoda je zprostředkována MLP, jež se skládá ze tří vrstev: vstupní, skryté a výstupní. Experimenty ukazují, že navrhovaná metoda má vysokou přesnost při získávání obrázků a přesnost lze zlepšit přidáním vzorků do trénovací množiny MLP klasifikátoru, dokud není dosaženo relativně stabilního stavu. [38]
- Článek Multilayer Perceptron: NSGA II for a New Multi-objective Learning Method for Training and Model Complexity (2018) od autorů Senhaji, K., Ramchoun H. a Ettaouil M. se věnuje nově navrženému modelu multifunkčního tréninku s omezeními, jenž splňuje dva cíle. První cíl se týká učení: minimalizovat chybu perceptronu a druhý se týká složitosti: optimalizovat počet vah a neuronů. Navržený model poskytuje rovnováhu mezi učení a složitostí vícevrstvého perceptronu k získání dobré generalizace. Model je sestaven pomocí evolučního přístupu zvaného Genetický algoritmus třídění bez dominance (NSGA II). [39]
- Článek MLP-LOA: a metaheuristic approach to design an optimal multilayer perceptron (2019) od autorů Bansal, P., Gupta, S., Kumar, S., Sharma, Shu. a Sharma, Shr. představuje optimalizační algoritmus „lion“ k nalezení optimální architektury vícevrstvého perceptronu pro daný klasifikační problém. MLP-LOA využívá algoritmus učení backpropagation pro trénink sítě v průběhu optimalizace. MLP-LOA také optimalizuje rychlost a dynamiku učení. LOA je metaheuristický algoritmus inspirovaný životním stylem lvů a jejich kooperativním chováním. Experimentální výsledky ukazují, že MLP-LOA má lepší výsledky ve srovnání s nejmodernějšími technikami. [40]

6 Data mining

Jak již bylo zmíněno v úvodu práce, tak cílem data miningu bude sestavení modelů pro predikování kyslíku, pH a teploty vody rozšířené o tzv. „termoklinu“ v nádrži Vrchlice. Pro sestavení modelů byla přijata data za posledních 15 let v rámci tří souborů. Jedná se o soubory Vrchlice_nadrz.sgl, Vrchlice_pritoky.sql a Vrchlice data.dsv. Podrobný seznam proměnných, které tyto soubory obsahují, je možné vidět v úvodu práce (viz kapitola 2.3 Poskytnutá data). Vzhledem k tomu, že při sestavování modelů nebude využita žádná proměnná ze souboru Vrchlice_pritoky.sql, tak se tento soubor již v následujících částech práce nebude zmiňovat. Pro samotný proces data miningu bude využito programu IBM SPSS Modeler ve verzi 18.1.1.

6.1 Příprava dat

První fází v procesu data miningu je příprava dat, která v sobě zahrnuje exploratorní analýzu dat pro identifikování vlastností, chování a případných chyb u jednotlivých proměnných v rámci souboru dat. Dále se v této fázi provádí odstranění případných chyb u jednotlivých proměnných, tvorba nových nebo pomocných proměnných a propojení více souborů dat do jednoho uceleného souboru dat.

6.1.1 Exploratorní analýza dat (EDA)

Exploratorní analýzu dat je možné chápat jako soubor metod, jejímž cílem je prozkoumat získaná data, odfiltrovat chyby a chybějící data, zobrazit několik základních grafů a získat přehled s jakým datovým souborem se vlastně bude pracovat.

EDA se bude zabývat pouze soubory Vrchlice_nadrz.sql a Vrchlice data.dsv. Před samotnou analýzou je třeba soubory dat upravit. V souboru Vrchlice_nadrz.sql byla provedena restrukturalizace dat podle proměnné Ukazatel_id, aby tato proměnná byla rozdělena podle jednotlivých signálů do samostatných proměnných a bylo tak možné snáze a přehledněji provést EDA. Obdobným způsobem byla provedena restrukturalizace dat i u souboru Vrchlice data.dsv a to konkrétně podle proměnné Signal. Opět se jednalo o rozdělení signálů do samostatných proměnných pro snazší exploratorní analýzu dat. Dále u tohoto souboru dat byla provedena agregace dat, a to z toho důvodu, že signály s koncovkou 05 jsou ruční měření k 7. hodině ráno a signály s koncovkou 01 jsou automatická měření v rozmezí 15 minut. Cílem agregace dat bylo získat průměrné denní hodnoty naměřených signálů. Po těchto úpravách již bylo možné provést EDA nad jednotlivými signály.

Tabulka 1: Vrchlice_nadrz.sgl - EDA

Proměnná	Jednotky	Min	Max	Průměr	Směrodatná odchylka	Platné záznamy	Nedefinované záznamy
DATUM	rrrr-mm-dd	2003-02-24	2019-09-25	-	-	13 509	1
SVISLICE	-	1	10	-	-	13 509	1
HLOUBKA	metry	0	32	9,298	7,438	13 509	1
1001 (tepnota)	°C	0,540	25,042	9,008	5,600	13 487	23
1002 (pH)	log. stupnice 0-14	5,940	10,130	7,575	0,736	13 361	129
1003 (kyslík)	%	-1,0	206,9	65,196	40,374	13 467	23
16 (mangan)	mg/l	0	2,7	0,1	0,344	2 275	11 235

Zdroj: vlastní

Uvedená tabulka č. 1 podává základní informace o proměnných ze souboru Vrchlice_nadrz.sql. V následujících částech práce bude ověřena příčina nedefinovaných záznamů. Poté bude třeba tyto záznamy buď nahradit nebo odfiltrvat podle jejich příčiny vzniku. Dále bude věnována zvýšená pozornost u záporných hodnot proměnné 1003 (kyslík), jelikož tyto hodnoty vyvolávají podezření na chyby v měření. Podrobnější výstup exploratorní analýzy dat i s grafy rozdělení jednotlivých proměnných z programu IBM SPSS Modeler je možné vidět v příloze č. 1.

Tabulka 2: Vrchlice data.dsv - EDA

Proměnná	Jednotky	Min	Max	Průměr	Směrodatná odchylka	Platné záznamy	Nedefinované záznamy
DATUM	rrrr-mm-dd	2004-12-01	2019-10-14	-	-	5 431	0
PRVRCL05 (chlorofyl)	µg/l	0,500	64,800	11,428	10,757	117	5 314
PRVRKH01 (kóta hladiny)	m. n. m.	319,555	324,220	322,946	0,865	5 329	102
PRVRKH05 (kóta hladiny)	m. n. m.	319,555	324,260	322,945	0,862	5 423	8

PRVROB05 <i>(odběr)</i>	m ³ /s	-0,100	0,990	0,106	0,021	5 422	9
PRVRON01 <i>(objem nádrže)</i>	tis. m ³	5 055,045	8 721,571	7 572,256	729,257	5 329	102
PRVRON05 <i>(objem nádrže)</i>	tis. m ³	5 055,459	8 760,512	7 571,096	727,410	5 423	8
PRVRPT05 <i>(průhlednost)</i>	cm	35,0	510,0	218,762	82,358	953	4 478
PRVRQO05 <i>(odtok)</i>	m ³ /s	0,015	22,330	0,344	0,790	5 420	11
PRVRQP05 <i>(přítok)</i>	m ³ /s	0,0	14,942	0,345	0,770	5 420	11
PRVRSD05 <i>(srážk. úhrn)</i>	mm	0,0	61,300	1,788	4,541	5 407	24
PRVRTO01 <i>(tepl. vzduchu)</i>	°C	-16,472	29,577	10,535	6,174	5 365	66
PRVRTO05 <i>(tepl. vzduchu)</i>	°C	-21,400	25,400	7,879	7,446	5 422	9
PRVRTV01 <i>(tepl. vody)</i>	°C	7,381	27,725	19,136	5,193	201	5 230
PRVRTV05 <i>(tepl. vody)</i>	°C	0,0	27,300	12,129	7,950	5 380	51
VR-MATV01 <i>(přítok – tepl. vody)</i>	°C	0,343	24,574	10,762	4,537	5 385	46
VRMA_Q01 <i>(přítok – LG Malešov)</i>	m ³ /s	0,0	12,933	0,150	0,513	5 381	50
VRVR_Q01 <i>(průtok na odtoku)</i>	m ³ /s	0,014	16,890	0,238	0,738	5 359	72

Zdroj: vlastní

Tabulka č. 2 podává základní informace o proměnných ze souboru Vrchlice data.dsv. V následujících částech práce bude třeba věnovat pozornost nedefinovaným záznamům. Konkrétně ověřit příčinu jejich vzniku a jejich důležitost v souboru dat. Na základě vyhodnocení těchto aspektů budou tyto záznamy buď nahrazeny nebo odfiltrovány ze

souboru dat. Podrobnější výstup exploratorní analýzy dat i s grafy rozdělení jednotlivých proměnných z programu IBM SPSS Modeler je možné vidět v příloze č. 2.

6.1.2 Chybějící hodnoty

V rámci exploratorní analýzy dat bylo zaznamenáno několik nedefinovaných hodnot u obou používaných souborů dat. Tato část práce bude této problematice věnovat pozornost. Nejprve je nutné identifikovat příčinu vzniku těchto hodnot. Pokud to bude žádoucí, tak poté tyto hodnoty buď nahradit nebo odfiltrovat ze souboru dat.

Vrchlice_nadrz.sql

Nejvíce nedefinovaných záznamů v tomto souboru představuje proměnná 16 (*mangan*). Tento problém je dán způsobem měření této proměnné. Zatímco ostatní proměnné v souboru jsou měřeny po jednom metru, tak tato proměnná je měřena po čtyřech metrech. U proměnné 1002 (*pH*) je většina nedefinovaných hodnot způsobena absencí podrobného měření během dne 2018-11-12, přičemž ostatní proměnné v tomto dni byly měřeny. Co se týká zbylých nedefinovaných hodnot u proměnné 1002 (*pH*) a nedefinovaných hodnot u proměnných 1001 (*teplota*) a 1003 (*kyslík*), tak se jedná o hodnoty na úplném dně nádrže, kde tyto proměnné již měřeny nebyly, ale byla zde ještě měřena proměnná 16 (*mangan*).

Vzhledem k povaze a výskytu nedefinovaných záznamů u tohoto souboru dat, není v této fázi potřeba tuto problematiku nijak zvlášť řešit. Problém by nastal v situaci, kdyby se chybějící hodnoty vyskytovaly na hladině nebo uprostřed nádrže. Toto podezření se ovšem nepotvrdilo. Postačujícím řešením bude prosté odfiltrování těchto hodnot před fází tvorby modelů, a to u proměnných, které jsou cílem této práce, tudíž 1001 (*teplota*), 1002 (*pH*) a 1003 (*kyslík*).

Vrchlice_data.dsv

Velké množství nedefinovaných záznamů obsahují proměnné PRVRCL05 (*chlorofyl*) a PRVRPT05 (*průhlednost*), což je dáno způsobem měření. PRVRCL05 (*chlorofyl*) je měřen pouze ve dnech podrobného měření proměnných ze souboru Vrchlice_nadrz.sql. PRVRPT05 (*průhlednost*) je měřena pouze v letních měsících a v rozsahu dvou měření během jednoho týdne. Vzhledem k povaze a faktu, že tyto proměnné nebudou ve fázi tvorby modelů používány jako prediktory závislých proměnných, nebude se problematika chybějících hodnot u těchto proměnných nijak řešit.

U proměnných PRVRKH01 (*kóta hladiny*), PRVRKH05 (*kóta hladiny*), PRVRON01 (*objem nádrže*), PRVRON05 (*objem nádrže*), PRVRTO01 (*teplota vzduchu*) a PRVRTO05 (*teplota vzduchu*) se vyskytují jak automatická měření s koncovkou 01, tak ruční měření s koncovkou 05. Pro tyto proměnné se nadále bude využívat pouze hodnot z automatického měření. Chybějící hodnoty automatických měření se nahradí naměřenými hodnotami z ručního měření.

Naopak tomu bude u proměnných PRVRTV01 (*teplota vody*) a PRVRTV05 (*teplota vody*), jelikož automatická měření u této proměnné se používají pouze za posledních několik měsíců, bude nutné nadále využívat ručního měření. Některé chybějící hodnoty u ručního měření jsou nahrazeny hodnotami z automatického měření a některé jsou nahrazeny průměrnou hodnotou první předchozí a první následující naměřené hodnoty.

V případě proměnné PRVRSD05 (*srážkový úhrn*) se vyskytuje pouze pár nedefinovaných záznamů. Tyto záznamy jsou nahrazeny hodnotou 0, jelikož se předpokládá, že v daný den neproběhly žádné srážky.

Ostatními nedefinovanými záznamy se není potřeba nijak zvlášť zabývat, a to z toho důvodu, že po následném sloučení těchto dvou souborů dat do jednoho uceleného se tyto záznamy sami vytratí ze souboru dat.

6.1.3 Zpožděné signály

V předcházející části byly nahrazeny nebo odfiltrovány nedefinované záznamy, které by do budoucna mohly přinést některé problémy či nesrovnalosti při predikování hodnot. Nyní se proměnné upraví nebo vytvoří zcela nové, které budou sloužit jako prediktory závislých proměnných při tvorbě modelů.

Vrchlice_nadrz.sql

V tomto souboru budou provedeny pouze drobné úpravy. Pro lepší přehlednost byly přejmenovány některé proměnné:

16 (*mangan*) → MANGAN_nadrz,

1001 (*teplota*) → TEPLOTA_nadrz,

1002 (*pH*) → PH_nadrz,

1003 (*kyslík*) → KYSLIK_nadrz.

Dále byly z proměnné DATUM vytvořeny další tři proměnné:

DAY – proměnná, jež představuje den v měsíci,

MONTH1 – tato proměnná představuje měsíc, ve kterém proběhlo měření,

YEAR – proměnná, která identifikuje rok, ve kterém proběhlo měření.

Poslední úprava, která byla v rámci tohoto souboru provedena se týká problému záporně naměřených hodnot u proměnné KYSLIK_nadrz, na což bylo upozorňováno v předchozích částech práce. Po konzultaci se zástupci Povodí Labe byly tyto hodnoty v souboru dat způsobeny chybou v měření. Záporné hodnoty u této proměnné byly nahrazeny hodnotou 0 a proměnná byla následně přejmenována pro lepší přehlednost a vědomí provedených korekcí:

KYSLIK_nadrz → KYSLIK_nadrz_upraveno.

Vrchlice data.dsv

Nejprve byly opět přejmenovány proměnné pro lepší přehlednost:

PRVRKH01 (*kóta hladiny*) → KOTAHLADINY,

PRVRON01 (*objem nádrže*) → OBJEMNADRZE,

PRVRCL05 (*chlorofyl*) → CHLOROFYL,

PRVRPT05 (*průhlednost*) → PRUHLEDNOST,

PRVRSD05 (*srážkový úhrn*) → SRAZUHRN,

PRVRTO01 (*teplota vzduchu*) → TEPLVZDUCHU,

PRVRTV05 (*teplota vody*) → TEPLVODY,

VRMATV01 (*přítok teplé vody*) → PTVO,

VRMA_Q01 (*přítok – LG Malešov*) → PRITOK,

VRVR_Q01 (*průtok na odtokovém LG*) → ODTOK.

Dále bylo vytvořeno několik nových proměnných, které budou v dalších částech práce používány jako prediktory závislých proměnných. Jedná se o zpožděné signály některých výše uvedených proměnných, jelikož změny chování ve vodních nádržích se časově opožďují za změnami v ovzduší, a to tím více, čím je nádrž hlubší (viz kapitola 3.3 Fyzikálně-chemické faktory vody). Konkrétně byly vytvořeny proměnné, které v sobě nesly informace o dané proměnné za několik dní zpětně a proměnné, které představovaly průměrnou týdenní hodnotu dané proměnné za několik týdnů zpětně:

KOTAHLADINY → vytvořeny zpožděné signály za 1-7 dní zpětně a zpožděné průměrné týdenní hodnoty za 1-3 týdny zpětně,

OBJEMNADRZE → vytvořeny zpožděné signály za 1-7 dní zpětně a zpožděné průměrné týdenní hodnoty za 1-3 týdny zpětně,

SRAZUHRN → vytvořeny zpožděné signály za 1-7 dní zpětně a zpožděné průměrné týdenní hodnoty za 1-3 týdny zpětně,

TEPLVZDUCHU → vytvořeny zpožděné signály za 1-10 dní zpětně a zpožděné průměrné týdenní hodnoty za 1-3 týdny zpětně,

TEPLVODY → vytvořeny zpožděné signály za 1-10 dní zpětně a zpožděné průměrné týdenní hodnoty za 1-3 týdny zpětně,

PTVO → vytvořeny zpožděné signály za 1-10 dní zpětně a zpožděné průměrné týdenní hodnoty za 1-3 týdny zpětně,

PRITOK → vytvořeny zpožděné signály za 1-7 dní zpětně a zpožděné průměrné týdenní hodnoty za 1-3 týdny zpětně,

ODTOK → vytvořeny zpožděné signály za 1-7 dní zpětně a zpožděné průměrné týdenní hodnoty za 1-3 týdny zpětně.

6.1.4 Dopočítání hodnot

Tato kapitola se bude věnovat dopočítání hodnot u proměnné TEPLOTA_nadrz v souboru Vrchlice_nadrz.sql. Důvodem je, že některé modely vícevrstvé neuronové sítě pro predikci teploty vody v nádrži využívají proměnné MONTH1 jako faktor. Vzhledem k tomu, že podrobná měření probíhají pouze 6krát do roka, tak v souboru dat dochází k absenci měření u některých měsících. U těchto modelů by tedy nastal problém, že by nebylo možné je do budoucna prakticky využívat, jelikož generované matice synaptických vah v sobě neobsahují všechny měsíce, tudíž pro tyto chybějící měsíce by nešlo predikovat teplotu vody v nádrži. Konkrétně se jedná o měsíc červenec, který v souboru dat není zmíněn ani jednou a o měsíc září, který je v souboru dat zmíněn pouze jednou. Proto bylo rozhodnuto, že se vyberou a dopočítají tři období pro měsíc červenec a dvě období pro měsíc září, aby v souboru dat figurovaly alespoň tři záznamy pro každý měsíc. Vybrané dny pro dopočítání hodnot:

17. červenec 2008,

12. září 2009,

21. červenec 2011,

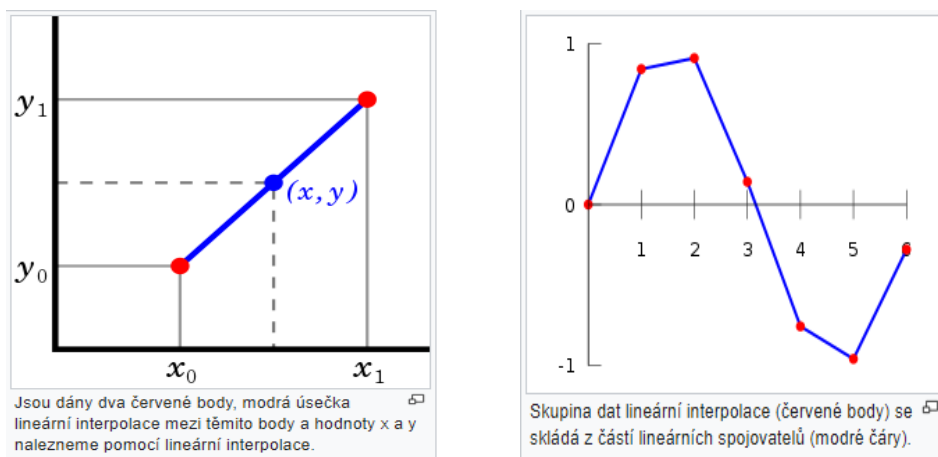
15. září 2014,

21. červenec 2019.

První variantou, zvolenou autorem práce, jak dopočítat hodnoty proměnné TEPLOTA_nadrz pro tyto vybrané dny, se stala metoda lineární interpolace, jež spočívá v proložení dvou sousedních bodů přímkou. Vzorec a grafické vyjádření metody lineární interpolace má tuto podobu:

Pro $x_0 < x_i < x_1$ platí, že $f(x) = f_0 + \frac{f_1 - f_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$.

Graf 6: Grafické vyobrazení lineární interpolace



Zdroj: [41]

Vzhledem ke specifickému chování teploty vody ve vodní nádrži, kdy s přibývajícím dnem a měsíci v rámci cyklu letní stratifikace dochází k postupnému posunu termokliny směrem ke dnu nádrže, byly výsledky dopočítaných hodnot pomocí metody lineární interpolace velmi špatné a zcela nepoužitelné.

Na základě zmíněných výsledků byl autor práce nucen použít modifikovanou podobu lineární interpolace a dopočítat hodnoty pomocí takto upraveného vzorce, který je popsán a k vidění níže:

$$\frac{\left(\frac{TEPLVODY_{(i)}}{TEPLVODY_{(0)}} * TEPLOTA_nadrz_{(0sh)} \right) + \left(\frac{TEPLVODY_{(i)}}{TEPLVODY_{(1)}} * TEPLOTA_nadrz_{(1sh)} \right)}{2}$$

TEPLVODYhodnota proměnné ze souboru Vrchlice data.dsv, jež měří každý den teplotu vody na hladině.

(i).....označuje zvolené datum pro dopočítání hodnot,

(0)..... označuje datum, v němž proběhlo předchozí podrobné měření,

(1).....označuje datum, v němž proběhlo následující podrobné měření.

TEPLOTA_nadrzhodnota proměnné ze souboru Vrchlice_nadrz.sql, která představuje podrobné měření teploty vody ve vodní nádrži.

(0).....označuje datum podrobného měření, které přímo předchází zvolenému datu pro dopočítání hodnot,

- (*l*).....označuje datum podrobného měření, které přímo následuje po zvoleném datu pro dopočítání hodnot,
- (*s*).....označuje číslo svislice, nabývá hodnot z intervalu $\langle 1; 10 \rangle$,
- (*h*).....označuje hloubku v celých metrech, nabývá hodnot z intervalu $\langle 0; 32 \rangle$, přičemž pro každé (*s*) se dno nádrže nachází jinde.

Výsledky dopočítaných hodnot pomocí tohoto modifikovaného vzorce splňují předpoklady fyzikálního chování ve vodní nádrži, kdy s přibývajícím časem dochází k posunu teplotního spádu, tudíž i termokliny směrem ke dnu nádrže (viz kapitola 3.2 Teplotní stratifikace a cirkulace vody). Z tohoto pohledu je modifikace vzorce lineární interpolace nejlepší cestou pro dopočítání hodnot, jelikož běžně používaný vzorec lineární interpolace si s touto problematikou nedokázal správně poradit. Takto dopočítané hodnoty budou zahrnuty do souboru dat v modelech vícevrstvé neuronové sítě, jež predikují teplotu vody ve vodní nádrži a ve své struktuře proměnných uvažují proměnnou MONTH1 jako faktor. V příloze č. 3 je možné vidět ukázkou dopočítaných hodnot pro datum 17. červenec 2008.

6.1.5 Proměnná Spad_Mean

Dále ve fázi přípravy dat bude vytvořena nová proměnná s názvem Spad_Mean. Tato proměnná bude využívána v některých modelech pro predikci teploty vody ve vodní nádrži. Jedná se o proměnnou, která v těchto modelech nebude zastávat příliš důležitou nebo snad dokonce klíčovou roli, ale pouze roli podpůrné nebo pomocné proměnné. Jejím přínosem je zlepšení modelů v oblasti predikce a identifikace velikosti a místa výskytu „termokliny“, neboli skočné vrstvy, jelikož modely vícevrstvé neuronové sítě mají s predikcí této problematiky, vzhledem k její specifičnosti, značné problémy.

Proměnná bude vytvořena v souboru Vrchlice_nadrz.sql, jelikož pro výpočet je třeba použít proměnnou TEPLOTA_nadrz, jež je součástí zmiňovaného souboru. Nejprve je nutné si tento soubor dat seřadit podle proměnných DATUM, SVISLICE a HLOUBKA, a to vzestupně přesně v tomto pořadí proměnných. Dále se vytvoří proměnná Spad, podle vzorce:

```
if SVISLICE = @OFFSET(SVISLICE,1) then @OFFSET(TEPLOTA_nadrz,1) - TEPLOTA_nadrz else 0 endif,
```

který říká, pokud má proměnná SVISLICE v aktuálním záznamu stejnou hodnotu jako v záznamu předchozím, poté od hodnoty proměnné TEPLOTA_nadrz v předcházejícím záznamu odečti hodnotu proměnné TEPLOTA_nadrz v aktuálním záznamu, jinak zvol konstantu 0. Prakticky to znamená, že pro každou hodnotu 0 v proměnné HLOUBKA bude hodnota 0 i v proměnné Spad. U dalších hodnot proměnné HLOUBKA se zjistí o kolik se změnila teplota vody oproti předchozímu metru, tedy k jakému došlo teplotnímu spádu, na konkrétní svislici v konkrétní datum podrobného měření. Nakonec byla použita funkce agregace, kde jako klíčové byly použity proměnné SVISLICE, HLOUBKA a MONTH1 a jako agregovaná byla použita výše vytvořená proměnná Spad, u které bylo zaškrtnuto pole Mean.

Proměnná Spad_Mean tedy udává, jaký je průměrný teplotní spád ve vodní nádrži za všechna podrobná měření, která jsou k dispozici (tzn. za roky 2003–2019), pro každý měsíc, svislici a metr. Aby se v této proměnné získaly nějaké hodnoty pro měsíc červenec, bylo nutné zařadit do souboru dat i dopočítané hodnoty z předchozí kapitoly.

6.1.6 Propojení souborů

Po všech zmiňovaných úpravách v rámci jednotlivých souborů dat, je třeba provést sloučení těchto souborů do jednoho uceleného, se kterým se bude dále pracovat. Propojení proběhlo pomocí metody klíčové proměnné, kterou je v tomto případě proměnná DATUM. Přehled a popis všech proměnných, které jsou součástí nového a uceleného souboru dat, je možné vidět v následující tabulce č. 3.

Tabulka 3: Přehled proměnných po propojení souborů

Proměnná	Jednotky	Popis
DATUM	rrrr-mm-dd	označuje datum podrobného měření
DAY	dd	představuje den z data
MONTH1	mm	představuje měsíc z data
YEAR	rrrr	představuje rok z data
SVISLICE	1-10	označuje číslo svislice
HLOUBKA	metr	označuje konkrétní hloubku podrobného měření v nádrži
TEPLOTA_nadrz	°C	naměřená hodnota teploty vody pro konkrétní svislici a hloubku
KYSLIK_nadrz_upraveno	%	naměřená hodnota kyslíku v nádrži pro konkrétní svislici a metr
PH_nadrz	log. stupnice 0-14	naměřená hodnota pH v nádrži pro konkrétní svislici a metr

MANGAN_nadrz	mg/l	naměřená hodnota manganu pro konkrétní svislici a metr
Spad_Mean	°C	průměrná hodnota teplotního spádu v nádrži pro konkrétní svislici a metr
KOTAHLADINY	m. n. m.	hodnota kóty hladiny v den podrobného měření
KOTAHLADINY_X	m. n. m.	kóta hladiny o X dnů zpětně, $X \in \langle 1, 7 \rangle \subset \mathbb{N}$
KOTAHLADINY_7A	m. n. m.	týdenní průměrná hodnota kóty hladiny pro 1-7 dní zpětně
KOTAHLADINY_14A	m. n. m.	týdenní průměrná hodnota kóty hladiny pro 8-14 dní zpětně
KOTAHLADINY_21A	m. n. m.	týdenní průměrná hodnota kóty hladiny pro 15-21 dní zpětně
OBJEMNADRZE	tis. m ³	hodnota objemu nádrže v den podrobného měření
OBJEMNADRZE_X	tis. m ³	objem nádrže o X dnů zpětně, $X \in \langle 1, 7 \rangle \subset \mathbb{N}$
OBJEMNADRZE_7A	tis. m ³	týdenní průměrná hodnota objemu nádrže pro 1-7 dní zpětně
OBJEMNADRZE_14A	tis. m ³	týdenní průměrná hodnota objemu nádrže pro 8-14 dní zpětně
OBJEMNADRZE_21A	tis. m ³	týdenní průměrná hodnota objemu nádrže pro 15-21 dní zpětně
CHLOROFYL	µg/l	hodnota chlorofylu v den podrobného měření
PRUHLEDNOST	cm	hodnota průhlednosti v den podrobného měření
SRAZUHRN	mm	hodnota srážkového úhrnu v den podrobného měření
SRAZUHRN_X	mm	srážkový úhrn o X dnů zpětně, $X \in \langle 1, 7 \rangle \subset \mathbb{N}$
SRAZUHRN_7A	mm	týdenní průměrná hodnota srážkového úhrnu pro 1-7 dní zpětně
SRAZUHRN_14A	mm	týdenní průměrná hodnota srážkového úhrnu pro 8-14 dní zpětně
SRAZUHRN_21A	mm	týdenní průměrná hodnota srážkového úhrnu pro 15-21 dní zpětně
TEPLVZDUCHU	°C	hodnota teploty vzduchu v den podrobného měření
TEPLVZDUCHU_X	°C	teplota vzduchu o X dnů zpětně, $X \in \langle 1, 10 \rangle \subset \mathbb{N}$
TEPLVZDUCHU_7A	°C	týdenní průměrná hodnota teploty vzduchu pro 1-7 dní zpětně
TEPLVZDUCHU_14A	°C	týdenní průměrná hodnota teploty vzduchu pro 8-14 dní zpětně
TEPLVZDUCHU_21A	°C	týdenní průměrná hodnota teploty vzduchu pro 15-21 dní zpětně
TEPLVODY	°C	hodnota teploty vody v den podrobného měření

TEPLVODY_X	°C	teplota vody o X dnů zpětně, $X \in \langle 1, 10 \rangle \subset \mathbb{N}$
TEPLVODY_7A	°C	týdenní průměrná hodnota teploty vody pro 1-7 dní zpětně
TEPLVODY_14A	°C	týdenní průměrná hodnota teploty vody pro 8-14 dní zpětně
TEPLVODY_21A	°C	týdenní průměrná hodnota teploty vody pro 15-21 dní zpětně
PTVO	°C	hodnota přítoku teplé vody v den podrobného měření
PTVO_X	°C	přítok teplé vody o X dnů zpětně, $X \in \langle 1, 10 \rangle \subset \mathbb{N}$
PTVO_7A	°C	týdenní průměrná hodnota přítoku teplé vody pro 1-7 dní zpětně
PTVO_14A	°C	týdenní průměrná hodnota přítoku teplé vody pro 8-14 dní zpětně
PTVO_21A	°C	týdenní průměrná hodnota přítoku teplé vody pro 15-21 dní zpětně
PRITOK	m ³ /s	hodnota přítoku v den podrobného měření
PRITOK_X	m ³ /s	přítok o X dnů zpětně, $X \in \langle 1, 7 \rangle \subset \mathbb{N}$
PRITOK_7A	m ³ /s	týdenní průměrná hodnota přítoku pro 1-7 dní zpětně
PRITOK_14A	m ³ /s	týdenní průměrná hodnota přítoku pro 8-14 dní zpětně
PRITOK_21A	m ³ /s	týdenní průměrná hodnota přítoku pro 15-21 dní zpětně
ODTOK	m ³ /s	hodnota odtoku v den podrobného měření
ODTOK_X	m ³ /s	odtok o X dnů zpětně, $X \in \langle 1, 7 \rangle \subset \mathbb{N}$
ODTOK_7A	m ³ /s	týdenní průměrná hodnota odtoku pro 1-7 dní zpětně
ODTOK_14A	m ³ /s	týdenní průměrná hodnota odtoku pro 8-14 dní zpětně
ODTOK_21A	m ³ /s	týdenní průměrná hodnota odtoku pro 15-21 dní zpětně

Zdroj: vlastní

6.1.7 Identifikace anomálií

Jako poslední ve fázi přípravy dat bude provedena analýza dat a případně identifikace záznamů, jež svým nestandardním chováním oproti jiným záznamům v souboru dat mohou vykazovat známky anomálie a tím pádem negativně ovlivňovat kvalitu použitých modelů. Modely, které budou popsány a vyhodnoceny v dalších částech práce, ve své struktuře využívají jako závislé tyto proměnné:

- TEPLOTA_nadrz,
- KYSLIK_nadrz_upraveno,

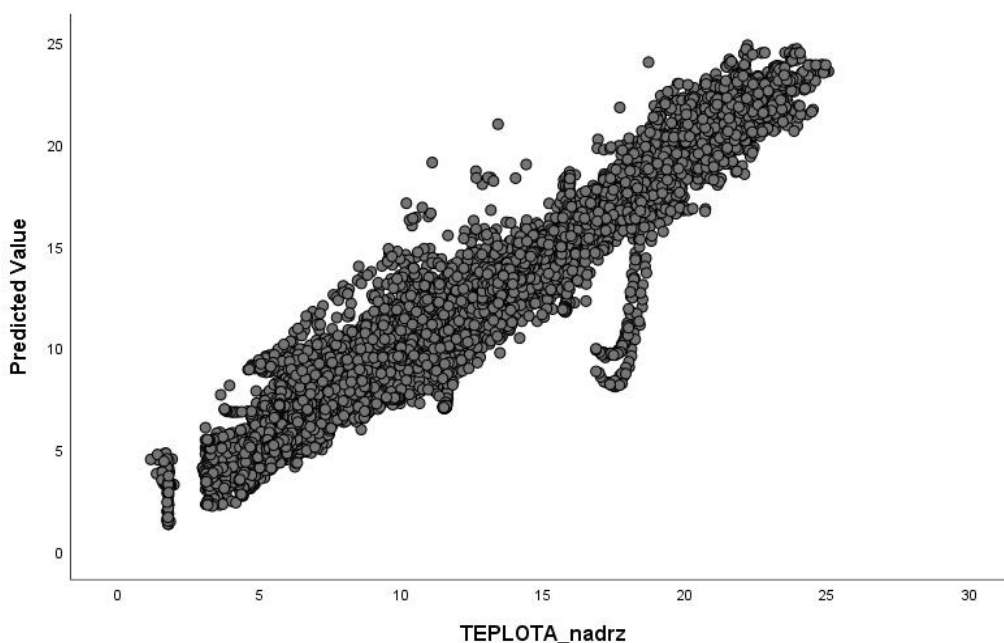
- PH_nadrz.

Budou vytvořeny čtyři modely se závislou proměnnou TEPLOTA_nadrz, které se drobně odlišují z hlediska struktury proměnných. Dále bude vytvořen jeden model pro závislou proměnnou KYSLIK_nadrz_upraveno a rovněž jeden model pro závislou proměnnou PH_nadrz. U všech modelů se nejprve odfiltrují nedefinované hodnoty závislých proměnných a nebude se uvažovat fáze zimní stagnace, jelikož chování ve vodní nádrži v rámci této fáze je konstantní (viz kapitola 3.2 Teplotní stratifikace a cirkulace vody), tudíž pro predikování není zajímavé. To tedy znamená, že v každém roce se uvažují pouze měsíce od dubna do listopadu včetně.

Modely se závislou proměnnou TEPLOTA_nadrz

Vzhledem k tomu, že tyto modely si jsou velice podobné z hlediska vlastností a struktury proměnných, tak není třeba provádět analýzu dat pro každý model zvlášť a výsledky této analýzy budou aplikovány na všechny modely se závislou proměnnou TEPLOTA_nadrz.

Graf 7: TEPLOTA_nadrz – predikce podle pozorování (anomálie)



Byl vygenerován graf predikovaných hodnot podle skutečně naměřených hodnot, jež je k vidění v grafu č. 7. Pro doplnění byl vytvořen i graf reziduí podle predikovaných hodnot, který je k nahlédnutí v příloze č. 4. Z bodových grafů je patrné, že v souboru dat se nacházejí záznamy, které znehodnocují kvalitu modelů. Tyto záznamy je nutné identifikovat a posléze ze souboru dat odebrat, k čemuž se využije analýza reziduí. Vyfiltrovaly se záznamy, u kterých rezidua přesáhla hodnotu 3 v absolutní hodnotě. Největší četnost

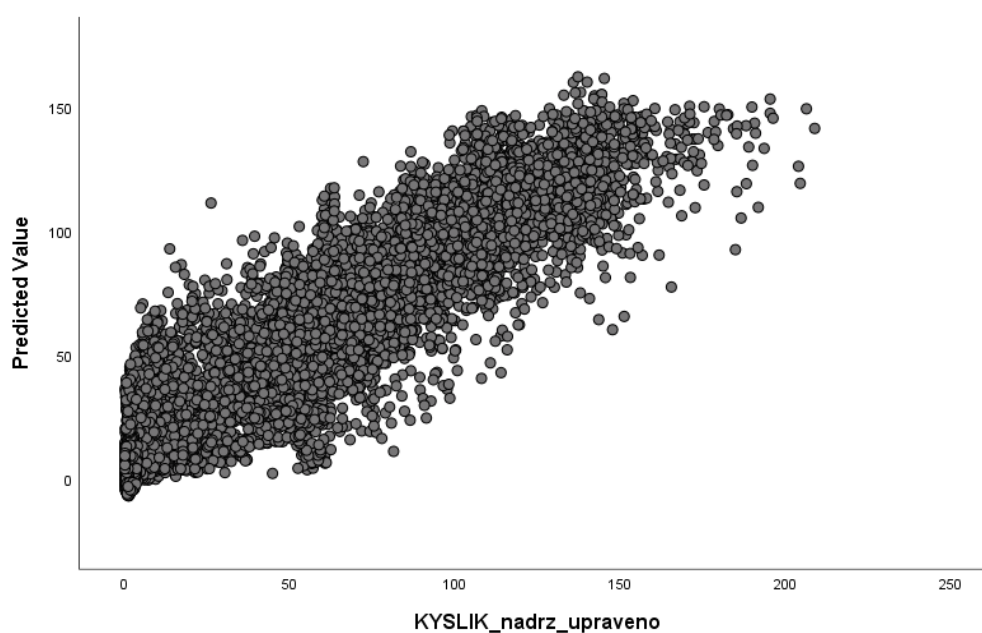
takovýchto záznamů byla identifikována v druhé polovině roku 2010 a první polovině roku 2013, kdy se závislá proměnná TEPLOTA_nadrz chovala atypicky oproti jiným rokům v daném období. Po konzultaci se zástupci Povodí Labe bylo zjištěno, že v druhé polovině roku 2010 došlo k povodni, což zapříčinilo nestandardní chování ve vodní nádrži. Co se týká první poloviny roku 2013, tak po důkladné analýze tohoto roku bylo odhaleno atypické chování oproti jiným rokům v délce zimní stagnace vodní nádrže. Příčinou byla déle trvající zima, kdy ještě v dubnu byly naměřeny hodnoty teploty vzduchu pod bodem mrazu a teplota vody na hladině se tudíž pohybovala okolo 1-2 °C v době, kdy by se již očekávala jarní cirkulace vodní nádrže. Tato prodloužená zima měla vliv i na další měsíce, jelikož očekávané prohřátí vody se dostavilo se zpožděním několika týdnů až měsíců.

Po analýze reziduí a na základě výše uvedených důvodů, byly ze souboru dat odebrány záznamy pro měsíce srpen, září, říjen a listopad roku 2010 a duben, květen, červen, červenec a srpen roku 2013.

Model se závislou proměnnou KYSLIK_nadrz_upraveno

Pro model se závislou proměnnou KYSLIK_nadrz_upraveno byl vygenerován graf reziduí podle predikovaných hodnot, jež se nachází v příloze č. 5. Níže je k vidění graf predikovaných hodnot podle skutečně naměřených hodnot.

Graf 8: KYSLIK_nadrz_upraveno – predikce podle pozorování (anomálie)

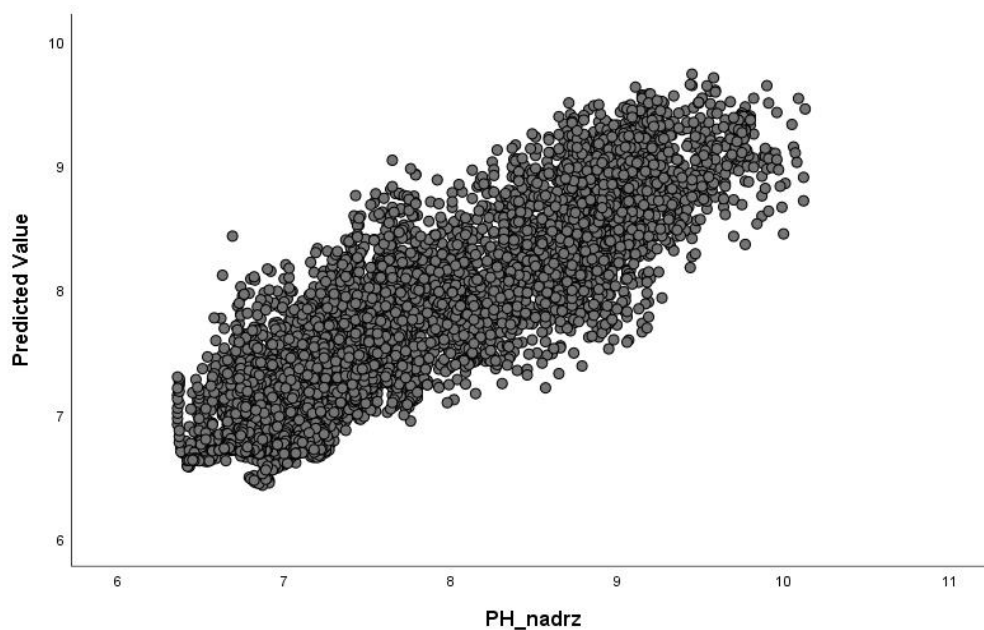


Z grafu č. 8 není patrná žádná výrazná anomálie, pouze pár odlehlých pozorování. Opět byla provedena analýza reziduí za účelem prozkoumání vysokých hodnot reziduí. Vyfiltrovány byly záznamy, jejichž rezidua převyšovala hodnotu 40 v absolutní hodnotě. Nezanedbatelný výskyt těchto záznamů byl opět identifikován v druhé polovině roku 2010. V rámci minulého šetření již bylo zjištěno, že v tomto období došlo k povodni ve vodní nádrži. I v tomto modelu tedy došlo k odebrání záznamů pro měsíce srpen, září, říjen a listopad roku 2010. Nebyly identifikovány žádné další záznamy, jež by znehodnocovaly kvalitu modelu, tudíž takto upravený model byl ponechán.

Model se závislou proměnnou PH_nadrz

V rámci identifikace anomálií v souboru dat byly i pro model se závislou proměnnou PH_nadrz vytvořeny grafy reziduí podle predikovaných hodnot, který je k vidění v příloze č. 6, a predikovaných hodnot podle skutečně naměřených hodnot, jež je možné vidět níže.

Graf 9: PH_nadrz – predikce podle pozorování (anomálie)



Bodové grafy nenaznačují, že by se v souboru dat vyskytovala anomálie, jež by snižovala kvalitu modelu, i přesto jsou z grafů patrná poměrně vysoká rezidua, která budou prozkoumána pomocí analýzy reziduí. V rámci tohoto modelu byly vyfiltrovány záznamy, jejichž rezidua převyšovala hodnotu 0,8 v absolutní hodnotě. Poměrně vysoký výskyt těchto záznamů byl opět identifikován v druhé polovině roku 2010 a první polovině roku 2013. Ze stejného důvodu jako u modelů se závislou proměnnou TEPLOTA_nadrz byly v rámci tohoto modelu odebrány ze souboru dat záznamy pro měsíce srpen, září, říjen

a listopad roku 2010 a duben, květen, červen, červenec a srpen roku 2013, což vedlo ke zlepšení kvality modelu se závislou proměnnou PH_nadrz, jak bude patrné v dalších částech práce.

6.2 Vlastnosti a nastavení neuronové sítě

K vytvoření modelů pro predikování závislých proměnných, jež jsou popsány v předchozích částech práce, bude využito metody vícevrstvé neuronové sítě. Všechny modely, které budou vytvořeny a popsány dále, využívají metodu vícevrstvé neuronové sítě se stejnými vlastnostmi a nastaveními.

Před samotným procesem učení sítě je soubor dat rozdělen na trénovací a testovací množinu v přibližném poměru 70:30. Všechny modely sítě se skládají ze tří vrstev, a to konkrétně ze vstupní, skryté a výstupní. Výstupní vrstva každého modelu má vždy pouze jeden neuron, tudíž vždy jednu závislou proměnnou. Počet neuronů na vstupní a skryté vrstvě se odvíjí od struktury proměnných každého jednotlivého modelu. K výpočtu sítí se využívá metoda standardizace dat, pro převedení prediktorů na stejné měřítko a aktivační funkce, konkrétně mezi vstupní a skrytou vrstvou hyperbolický tangens a mezi skrytou a výstupní vrstvou lineární aktivační funkce (identity). Po výpočtu sítě je na výstupní vrstvě opět provedena metoda standardizace dat, pro převedení měřítka do jednotek závislé proměnné.

6.3 Struktura proměnných a rozložení reziduí pro jednotlivé použité modely

V této kapitole budou pro každý jednotlivý model představeny proměnné, jež vstupují do modelů jako závislé, faktory nebo prediktory. Dále se bude zkoumat rozložení reziduí každého modelu. Pozornost bude upřena zejména na nahodilost rozložení reziduí a zda se rozložení četnosti reziduí přibližuje normálnímu rozdělení.

6.3.1 Teplota vody – MODEL_A

V předcházejících částech práce již bylo zmíněno, že do modelů vícevrstvé neuronové sítě, jež predikují teplotu vody ve vodní nádrži, vstupuje proměnná TEPLOTA_nadrz jako závislá. Proměnné MONTH1 a SVISLICE do modelu vstupují v podobě faktoru. Jako prediktory byly vybrány proměnné HLOUBKA, Spad_Mean a zpožděné týdenní průměrné hodnoty pro proměnné TEPLVODY, TEPLVZDUCHU a PTVO.

Proměnná MONTH1 byla zvolena jako faktor z důvodu specifického chování vodní nádrže, kdy s přibývajícím časem dochází k posunu termokliny směrem ke dnu (viz kapitola 3.2 Teplotní stratifikace a cirkulace vody). Tato proměnná by tedy v rámci predikovaných hodnot měla zajišťovat posun teplotního spádu. Proměnná SVISLICE nedisponuje v modelech přílišnou důležitostí, ale i přesto má v modelech své místo, jelikož zabezpečuje rozdílné predikce pro různé svislice. Bez této proměnné model udává pro všechny svislice na hladině stejné predikce, čemuž tak ve skutečnosti není.

Jako prediktor má nejsilnější pozici v modelu proměnná HLOUBKA (Příloha č. 7), což vzhledem k tomu, že se zjišťují predikované hodnoty teploty vody pro každý metr zvlášť, je zcela pochopitelné. Proměnná Spad_Mean do modelu nebyla zahrnuta jako hlavní proměnná, nýbrž pouze jako pomocná, pro zlepšení identifikace a predikce termokliny.

Na základě testování predikční schopnosti dalších proměnných byly vybrány TEP-
LVODY, TEPLVZDUCHU a PTVO, které dosahovaly nejlepších výsledků při predikci závislé proměnné TEPLOTA_nadrz. Dále bylo ověřeno, zda lepších predikčních schopností dosahují denní zpožděné, týdenní průměrné nebo nějaká kombinace těchto signálů u výše zmíněných proměnných. Lepších výsledků dosahovaly zpožděné týdenní průměrné signály. Jako poslední byly do modelu zařazeny proměnné TEPLVODY_7A, TEP-
LVODY_14A, TEPLVODY_21A, TEPLVZDUCHU_7A, TEPLVZDUCHU_14A, TEPLVZDUCHU_21A, PTVO_7A, PTVO_14A a PTVO_21A.

Vzhledem k tomu, že MODEL_A uvažuje proměnnou MONTH1 jako faktor, byly do souboru dat zahrnuty dopočítané hodnoty pro proměnnou TEPLOTA_nadrz, počítané v předchozích částech práce. Jak již bylo uváděno výše, důvodem je případné praktické využití modelu v budoucnu.

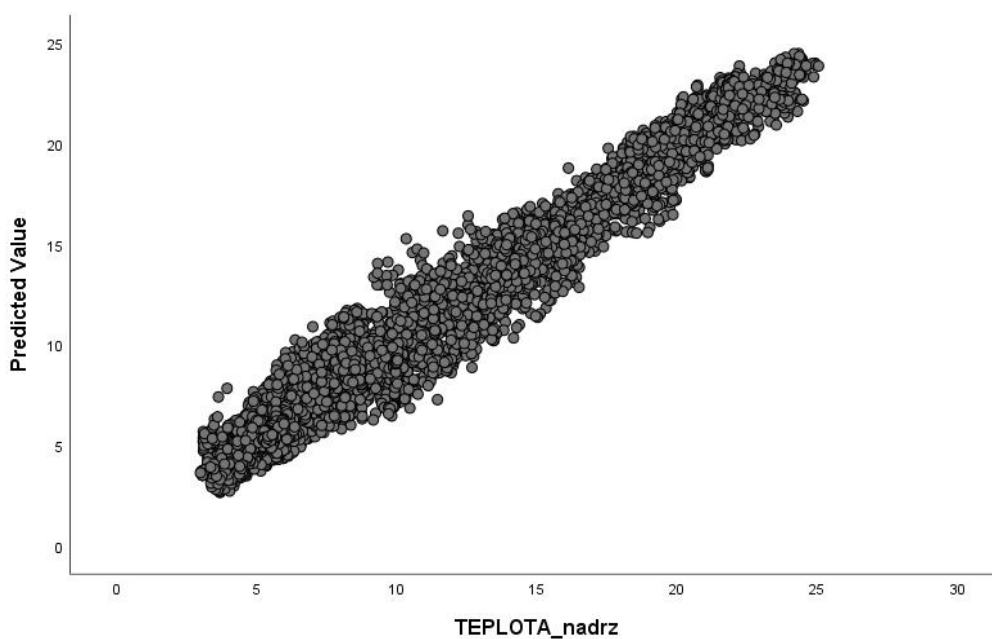
Obrázek 14: Teplota vody – MODEL_A – informace o neuronové síti

Input Layer	Factors	1	MONTH1
		2	SVISLICE
	Covariates	1	TEPLVODY_7A
		2	TEPLVODY_14A
		3	TEPLVODY_21A
		4	HLOUBKA
		5	Spad_Mean
		6	TEPLVZDUCHU_7A
		7	TEPLVZDUCHU_14A
		8	TEPLVZDUCHU_21A
		9	PTVO_7A
10	PTVO_14A		
11	PTVO_21A		
Number of Units ^a		29	
Rescaling Method for Covariates		Standardized	
Hidden Layer(s)	Number of Hidden Layers	1	
	Number of Units in Hidden Layer 1 ^a	7	
	Activation Function	Hyperbolic tangent	
Output Layer	Dependent Variables	1	TEPLOTA_nadrz
	Number of Units	1	
	Rescaling Method for Scale Dependents	Standardized	
	Activation Function	Identity	
	Error Function	Sum of Squares	

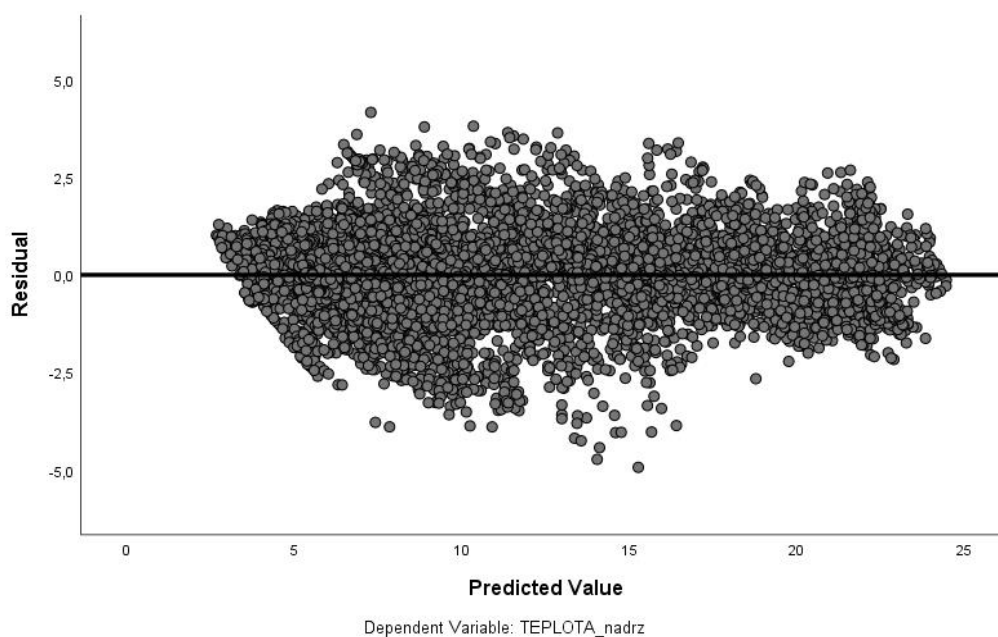
a. Excluding the bias unit

Obrázek č. 14 poskytuje základní informace o struktuře proměnných, použitých metodách a aktivačních funkcích v modelu vícevrstvé neuronové sítě. Síť vygenerovala 29 neuronů na vstupní vrstvě a 7 neuronů na skryté vrstvě.

Graf 10: Teplota vody – MODEL_A – predikce podle pozorování

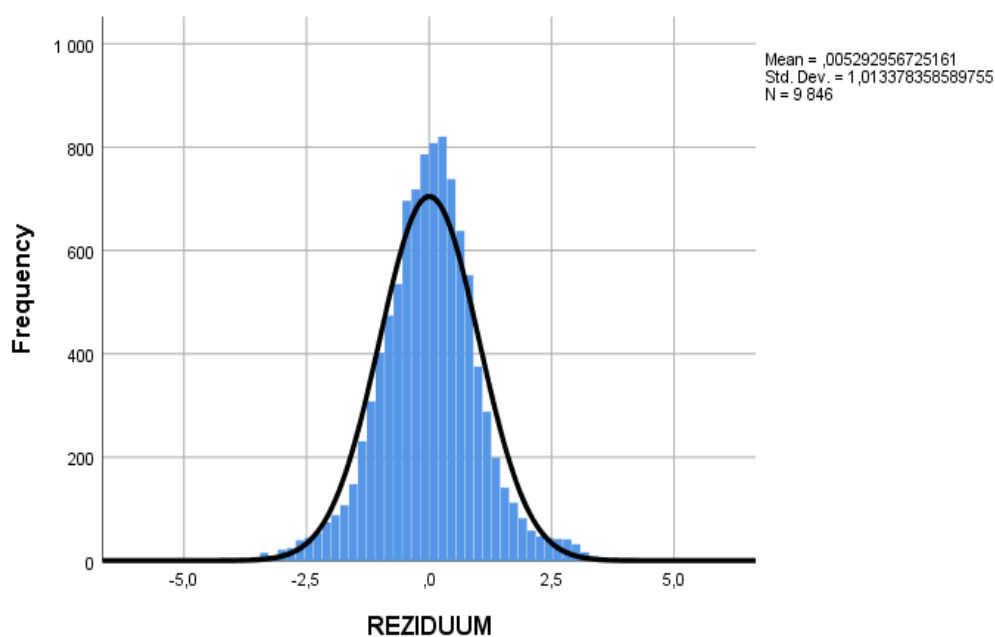


Graf 11: Teplota vody – MODEL_A – rezidua podle predikcí



Výše uvedené bodové grafy představují rozložení predikovaných hodnot vůči pozorovaným a rozložení reziduí vůči predikovaným hodnotám. Z grafů nejsou patrné nijak dramaticky vychýlené body, které by bylo třeba podrobněji analyzovat. Všechny body v grafech jsou relativně při sobě a náhodně rozloženy, proto není důvod ze souboru dat odebrat další záznamy. Pro úplnost je v příloze č. 8 k nahlédnutí bodový graf reziduí podle pozorování, který rovněž nevykazuje známky odchýlených bodů, jež by bylo třeba prozkoumat.

Graf 12: Teplota vody – MODEL_A – histogram reziduí



Histogram reziduí podává informaci o četnosti výskytu reziduí v modelu. Z grafu je vidět, že nejčetnější výskyt reziduí se pohybuje okolo 0, což je žádoucí. V histogramu reziduí je vyobrazena také Gaussova křivka, jež znázorňuje hustotu normálního rozdělení, přičemž četnosti reziduí tuto křivku přibližně kopírují. Na základě toho je možné říci, že rezidua mají přibližně normální rozdělení se střední hodnotou 0,00529 a směrodatnou odchylkou 1,0134. Rozsah souboru pro MODEL_A je 9 846 záznamů.

6.3.2 Teplota vody – MODEL_B

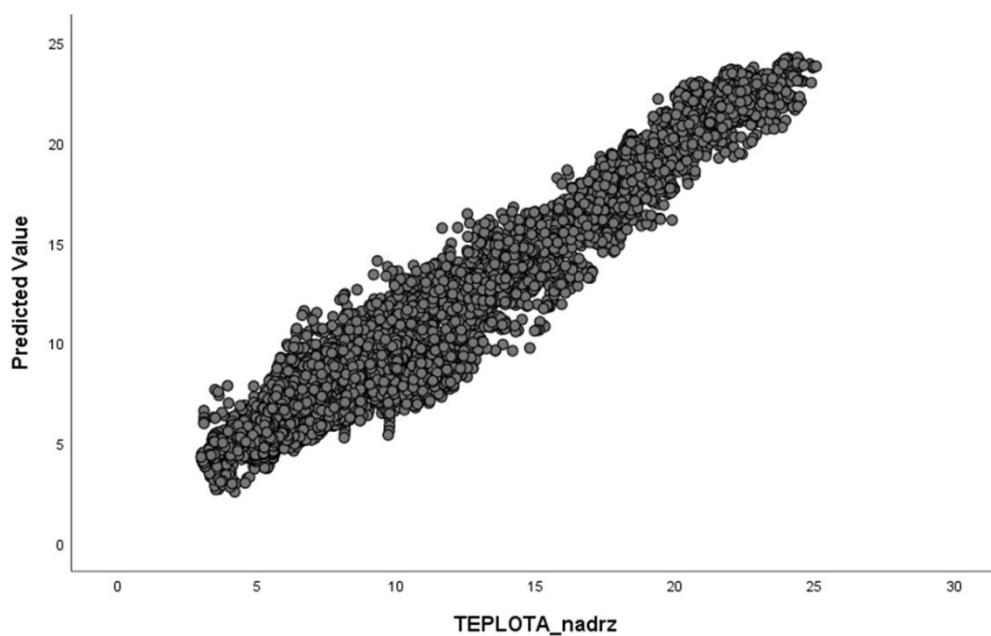
MODEL_B využívá stejnou strukturu proměnných jako MODEL_A, vyjma proměnné Spad_Mean. Důvodem je ověření významnosti této proměnné v modelech vícevrstvé neuronové sítě při predikci závislé proměnné TEPLOTA_nadrz. Spad_Mean byla vytvořena jako pomocná proměnná pro zlepšení predikční schopnosti modelů v identifikaci oblasti teplotního spádu, tudíž i termokliny a především zlepšení predikce velikosti teplotního skoku mezi jednotlivými metry. MODEL_B, tedy po srovnání s předchozím modelem, podá informaci ohledně významu proměnné Spad_Mean v modelech a jejího přínosu v predikci teplotního spádu. Vzhledem k tomu, že MODEL_B stejně jako MODEL_A využívá proměnnou MONTH1 jako faktor, tak i v tomto případě jsou do souboru dat zařazeny dopočítané hodnoty, jež byly zmiňovány výše. V příloze č. 9 je možné vidět význam a důležitost jednotlivých nezávislých proměnných v modelu.

Obrázek 15: Teplota vody – MODEL_B – informace o neuronové síti

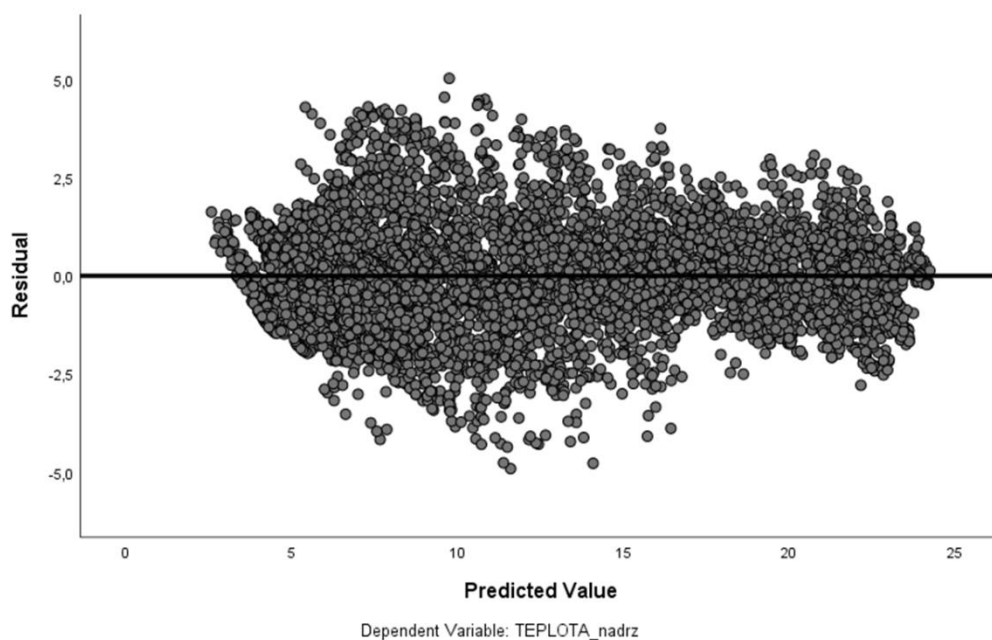
Input Layer	Factors	1	MONTH1
		2	SVISLICE
	Covariates	1	TEPLVODY_7A
		2	TEPLVODY_14A
		3	TEPLVODY_21A
		4	HLOUBKA
		5	TEPLVZDUCHU_7A
		6	TEPLVZDUCHU_14A
		7	TEPLVZDUCHU_21A
		8	PTVO_7A
9	PTVO_14A		
10	PTVO_21A		
Number of Units ^a		28	
Rescaling Method for Covariates		Standardized	
Hidden Layer(s)	Number of Hidden Layers		1
	Number of Units in Hidden Layer 1 ^a		7
	Activation Function		Hyperbolic tangent
Output Layer	Dependent Variables	1	TEPLOTA_nadrz
	Number of Units		1
	Rescaling Method for Scale Dependents		Standardized
	Activation Function		Identity
	Error Function		Sum of Squares
a. Excluding the bias unit			

Výše uvedený obrázek č. 15 podává základní informace o struktuře proměnných, použitých metodách a aktivačních funkcích v neuronové síti. Pro MODEL_B bylo vygenerováno 28 neuronů na vstupní vrstvě a 7 neuronů na skryté vrstvě.

Graf 13: Teplota vody – MODEL_B – predikce podle pozorování

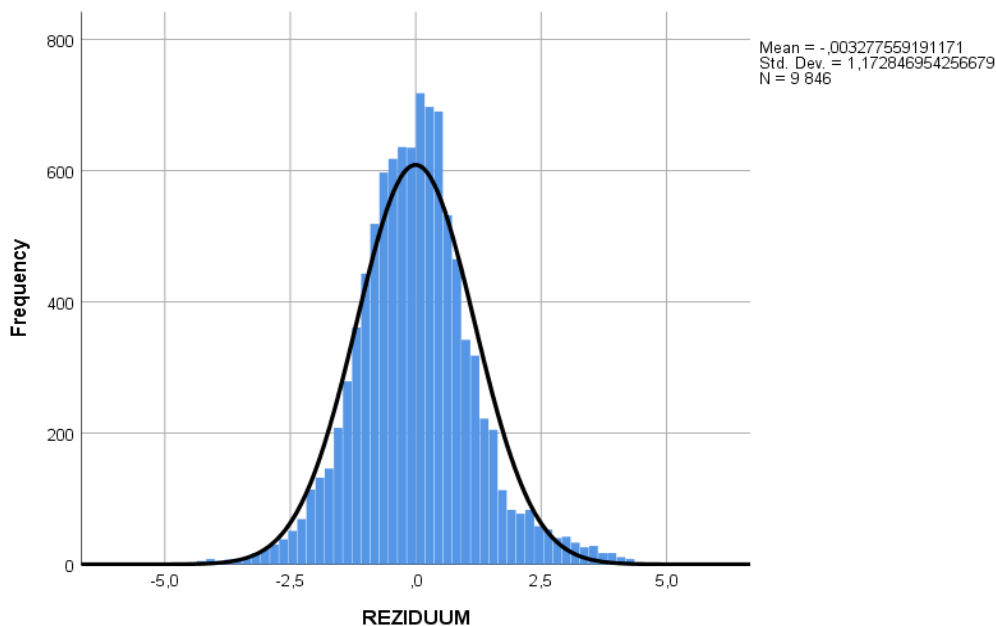


Graf 14: Teplota vody – MODEL_B – rezidua podle predikcí



Bodové grafy představují rozložení predikovaných hodnot podle skutečně naměřených hodnot a reziduí podle predikovaných hodnot. Rozložení bodů v obou grafech je zcela náhodné a nevykazuje známky symetrického chování. V grafech jsou body relativně při sobě a nijak se od sebe nevychylují, proto není potřeba dále analyzovat soubor dat. V příloze č. 10 je pro doplnění k nahlédnutí bodový graf reziduí podle pozorování.

Graf 15: Teplota vody – MODEL_B – histogram reziduí



Histogram reziduí podává informaci o četnosti výskytu reziduí v modelu. Nejčetnější výskyt reziduí se pohybuje okolo 0, což je pro model žádoucí. V histogramu reziduí je

znázorněna i Gaussova křivka, kterou rezidua částečně kopírují. Rezidua mají tedy přibližně normální rozdělení se střední hodnotou -0,0033 a směrodatnou odchylkou 1,1728. Rozsah souboru pro MODEL_B je stejný jako u předchozího modelu, tedy 9 846 záznamů.

6.3.3 Teplota vody – MODEL_C

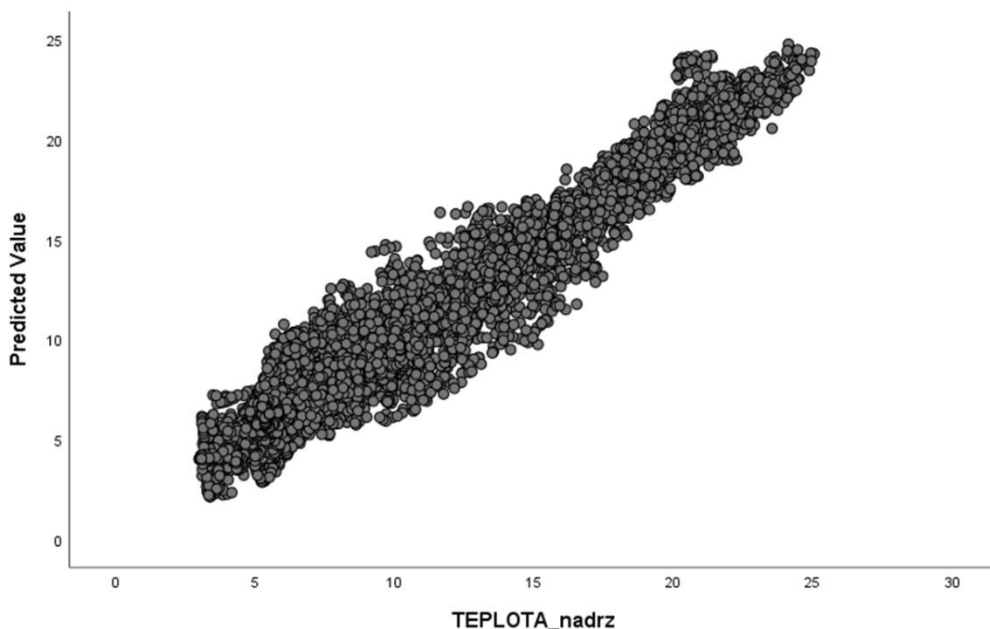
Pro MODEL_C byly použity stejné vstupní proměnné jako pro MODEL_A, kromě MONTH1 jako faktoru. Vytvořením modelu s takovou strukturou proměnných povede k ověření důležitosti proměnné MONTH1 v modelech, pro predikci teploty vody ve vodní nádrži. Dalším důvodem pro vytvoření modelu bez proměnné MONTH1 jako faktoru je fakt, že modely obsahující tuto proměnnou musejí zařadit do souboru dat do počítané hodnoty pro proměnnou TEPLOTA_nadrz, aby mohly být z praktického hlediska dále využitelné. Proto je zcela namístě ověřit kvalitu a predikční schopnost modelu bez proměnné MONTH1 jako faktoru, při predikci teploty vody ve vodní nádrži. Pro MODEL_C, oproti dvěma předchozím modelům, nebudou do souboru dat zařazeny do počítané hodnoty proměnné TEPLOTA_nadrz. Informaci ohledně důležitosti jednotlivých nezávislých proměnných v modelu, je možné vidět v příloze č. 11.

Obrázek 16: Teplota vody – MODEL_C – informace o neuronové síti

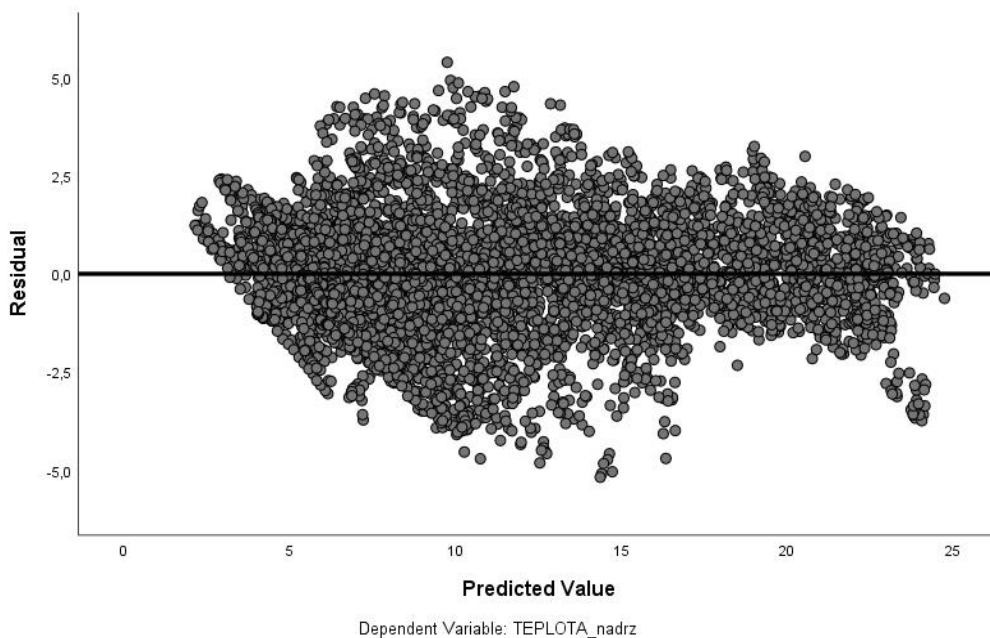
Input Layer	Factors	1	SMSLICE
	Covariates	1	HLOUBKA
		2	Spad_Mean
		3	TEPLVODY_7A
		4	TEPLVODY_14A
		5	TEPLVODY_21A
		6	TEPLVZDUCHU_7A
		7	TEPLVZDUCHU_14A
		8	TEPLVZDUCHU_21A
		9	PTVO_7A
		10	PTVO_14A
11	PTVO_21A		
Number of Units ^a			21
Rescaling Method for Covariates			Standardized
Hidden Layer(s)	Number of Hidden Layers		1
	Number of Units in Hidden Layer 1 ^a		9
	Activation Function		Hyperbolic tangent
Output Layer	Dependent Variables	1	TEPLOTA_nadrz
	Number of Units		1
	Rescaling Method for Scale Dependents		Standardized
	Activation Function		Identity
	Error Function		Sum of Squares
a. Excluding the bias unit			

Vícevrstvá neuronová síť pro MODEL_C vygenerovala 21 neuronů na vstupní vrstvě a 9 neuronů na skryté vrstvě, jak je možné vidět z obrázku výše. Obrázek č. 16 podává informace o vlastnostech a nastavení sítě.

Graf 16: Teplota vody – MODEL_C – predikce podle pozorování



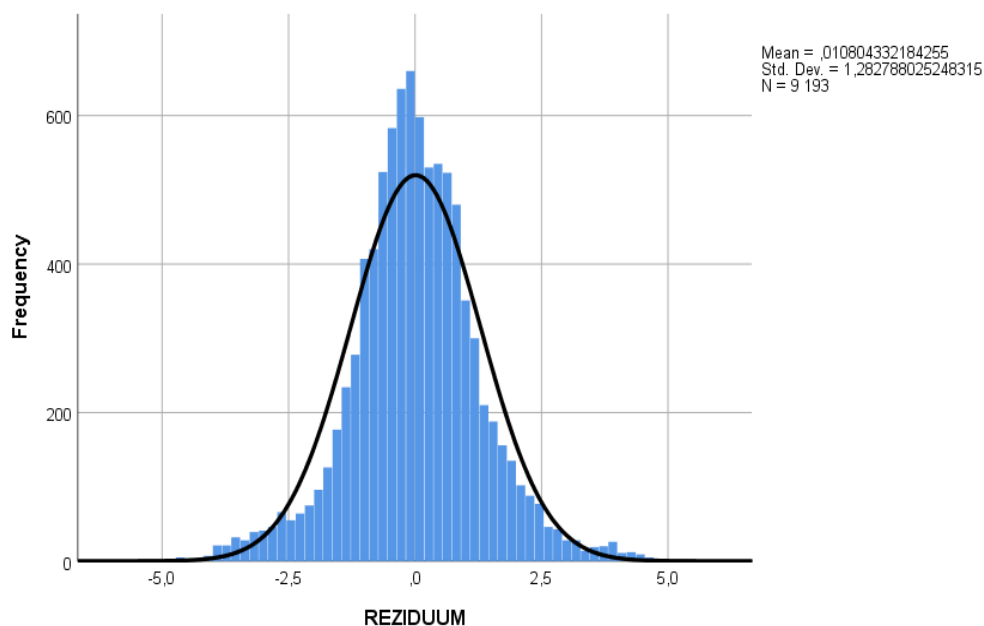
Graf 17: Teplota vody – MODEL_C – rezidua podle predikcí



Výše uvedené bodové grafy jsou ještě doplněny o bodový graf reziduí podle pozorování, jež se nachází v příloze č. 12. Z grafů je patrné, že body jsou náhodně rozloženy a nevykazují známky symetrického chování. Většina bodů je relativně při sobě, ale několik bodů se drobně odchyluje. Analýza souboru dat ovšem neodhalila zvýšenou četnost reziduí

v rámci některého podrobného měření. Ze souboru dat již tedy žádné další záznamy odebrány nebyly a model byl ponechán v této podobě.

Graf 18: Teplota vody – MODEL_C – histogram reziduí



MODEL_C disponuje oproti předchozím modelům nižším souborem dat. Rozsah souboru je 9 193 záznamů. Na základě histogramu reziduí uvedeného výše je patrné, že nejčtenější výskyt reziduí se pohybuje přibližně okolo 0. Rezidua pro MODEL_C přibližně kopírují chování Gaussovy křivky, je tedy možné říci, že rezidua mají přibližně normální rozdělení se střední hodnotou 0,0108 a směrodatnou odchylkou 1,2828.

6.3.4 Teplota vody – MODEL_D

MODEL_D je jakousi kombinací dvou předchozích modelů B a C. Tento model využívá stejnou strukturu proměnných jako MODEL_A, vyjma proměnných MONTH1 a Spad_Mean. Ověřovat se bude zejména kvalita modelu s ohledem na predikci teplotního spádu, tudíž i termokliny, bez využití dvou výše uvedených proměnných. Vzhledem k tomu, že MODEL_D ve své konstrukci nevyužívá proměnnou MONTH1 jako faktor, nebudou do souboru dat zahrnuty dopočítané hodnoty proměnné TEPLOTA_nadrz. Důležitost jednotlivých nezávislých proměnných v modelu při predikci závislé proměnné, je k nahlédnutí v příloze č. 13.

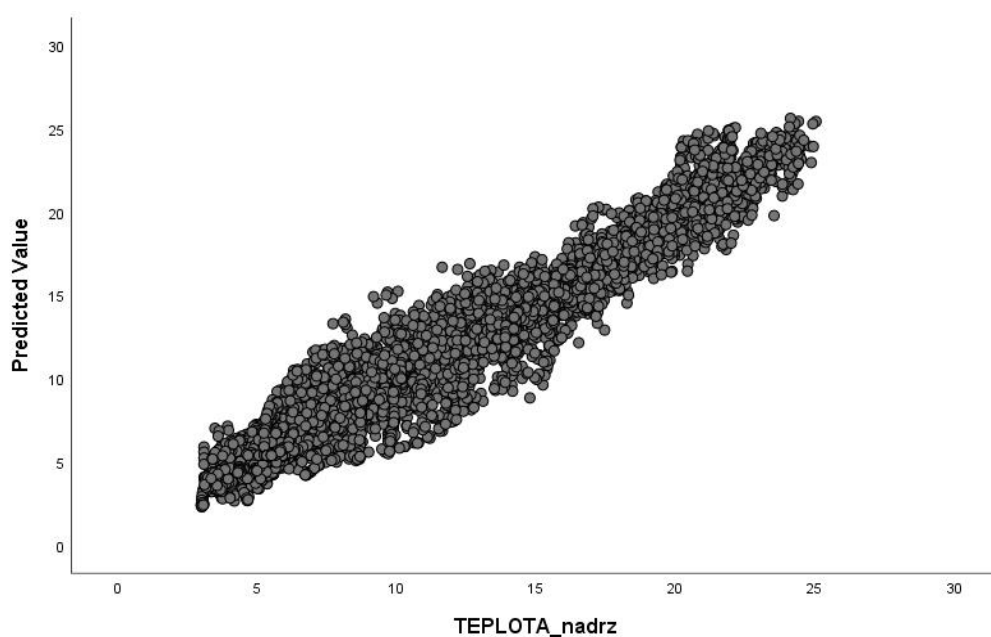
Obrázek 17: Teplota vody – MODEL_D – informace o neuronové síti

Input Layer	Factors	1	SVSLICE
	Covariates	1	HLOUBKA
		2	TEPLVODY_7A
		3	TEPLVODY_14A
		4	TEPLVODY_21A
		5	TEPLVZDUCHU_7A
		6	TEPLVZDUCHU_14A
		7	TEPLVZDUCHU_21A
		8	PTVO_7A
		9	PTVO_14A
10	PTVO_21A		
	Number of Units ^a		20
	Rescaling Method for Covariates		Standardized
Hidden Layer(s)	Number of Hidden Layers		1
	Number of Units in Hidden Layer 1 ^a		7
	Activation Function		Hyperbolic tangent
Output Layer	Dependent Variables	1	TEPLOTA_nadrz
	Number of Units		1
	Rescaling Method for Scale Dependents		Standardized
	Activation Function		Identity
	Error Function		Sum of Squares

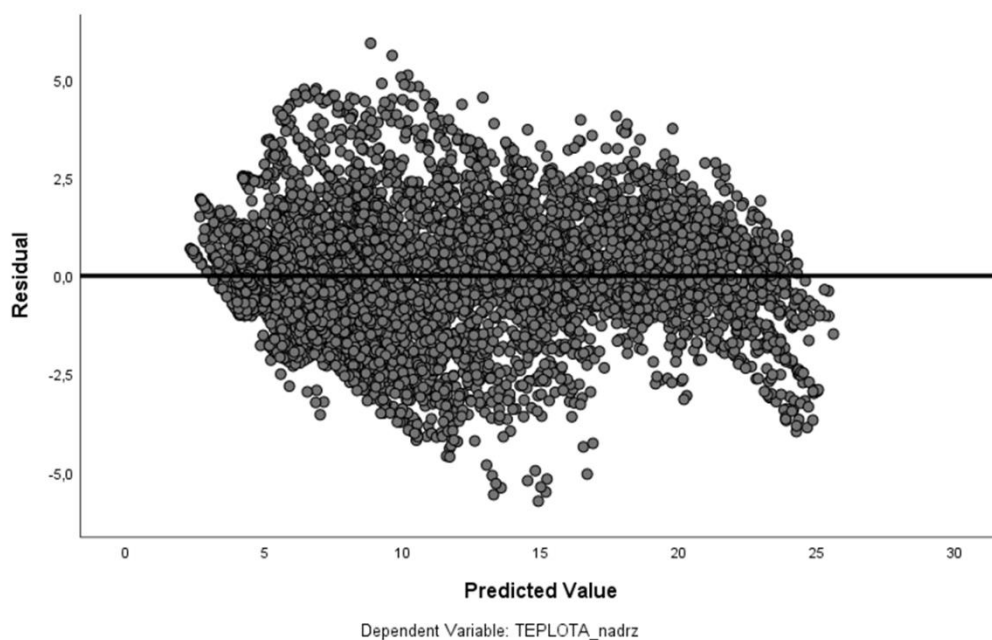
a. Excluding the bias unit

Z obrázku č. 17 je patrná struktura proměnných a nastavení vícevrstvé neuronové sítě pro MODEL_D. Síť na vstupní vrstvě vygenerovala 20 neuronů a na skryté vrstvě vygenerovala 7 neuronů.

Graf 19: Teplota vody – MODEL_D – predikce podle pozorování

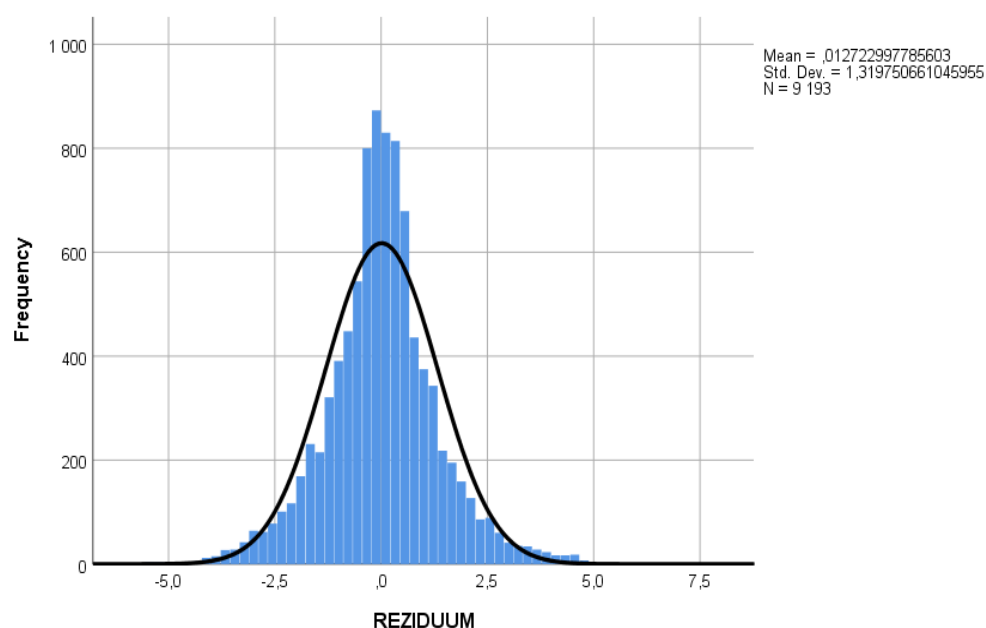


Graf 20: Teplota vody – MODEL_D – rezidua podle predikcí



V příloze č. 14 je k vidění bodový graf reziduí podle pozorování, jež doplňuje grafy rozložení predikovaných hodnot podle skutečně naměřených hodnot a reziduí podle predikovaných hodnot, uvedených výše. Tyto grafy nevykazují známky symetrického chování, naopak rozložení bodů je zcela náhodné. Z grafů je možné identifikovat několik vyšších hodnot reziduí. Po analýze souboru dat nebyla provedena žádná úprava, jelikož nebylo identifikováno žádné datum podrobného měření, jež by svým chováním vykazovalo známky anomálie.

Graf 21: Teplota vody – MODEL_D – histogram reziduí



Vzhledem k tomu, že MODEL_D ve své konstrukci nevyužívá proměnnou MONTH1 jako faktor, je rozsah souboru dat stejný jako pro MODEL_C čili 9 193 záznamů. I v rámci tohoto modelu se největší četnost reziduí vyskytuje okolo 0. Výše uvedený histogram reziduí má opět vyobrazenou Gaussovu křivku, kterou četnosti reziduí svým chováním přibližně kopírují, proto se dá usuzovat, že rezidua mají přibližně normální rozdělení se střední hodnotou 0,0127 a směrodatnou odchylkou 1,3198.

6.3.5 Kyslík

Pro predikci kyslíku bude sestaven model, do jehož struktury proměnných vstupuje proměnná KYSLIK_nadrz_upraveno jako závislá. Jako faktor do modelu vstupuje proměnná SVISLICE. Jako prediktory byly vybrány proměnné HLOUBKA, zpožděné týdenní průměrné hodnoty pro proměnné TEPLVODY, TEPLVZDUCHU, PTVO a SRAZUHRN.

Proměnná SVISLICE byla do modelu vybrána jako faktor s ohledem na deset odběrných míst na vodní nádrži Vrchlice, které je potřeba v modelu odlišovat. Vzhledem k tomu, že na každém odběrném místě je jiná úroveň hloubky, byla jako prediktor vybrána proměnná HLOUBKA, jež má v modelu nejdůležitější postavení, jak je možné vidět v příloze č. 15. Další prediktory do modelu byly vybrány na základě testování schopnosti predikce závislé proměnné. Nejlepších výsledků dosahovaly proměnné TEPLVODY, TEPLVZDUCHU, PTVO a SRAZUHRN. Dále bylo třeba otestovat, zda lepších výsledků predikce dosahují denní zpožděné nebo týdenní zpožděné průměrné signály těchto proměnných. Lepší predikční schopnosti vykazovaly týdenní zpožděné průměrné signály. Jako prediktory byly do modelu zařazeny proměnné TEPLVODY 7-21A, TEPLVZDUCHU 7-21A, PTVO 7-21A a SRAZUHRN 7-21A.

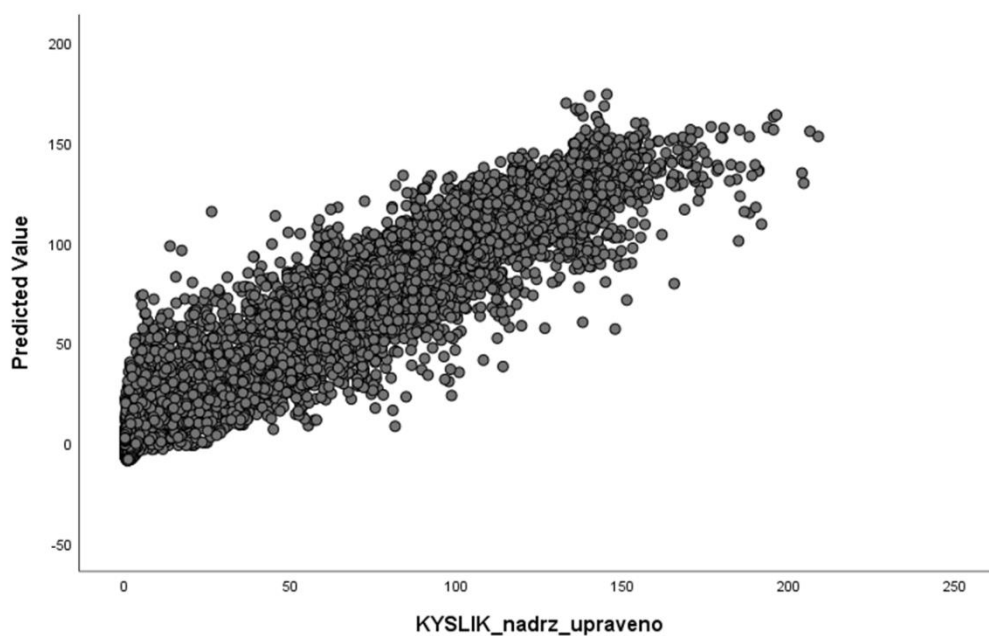
Obrázek 18: Kyslík – informace o neuronové síti

Input Layer	Factors	1	SVISLICE
	Covariates	1	HLOUBKA
		2	TEPLVODY_7A
		3	TEPLVODY_14A
		4	TEPLVODY_21A
		5	TEPLVZDUCHU_7A
		6	TEPLVZDUCHU_14A
		7	TEPLVZDUCHU_21A
		8	SRAZUHRN_7A
		9	SRAZUHRN_14A
		10	SRAZUHRN_21A
		11	PTVO_7A
		12	PTVO_14A
13	PTVO_21A		
Number of Units ^a		23	
Rescaling Method for Covariates		Standardized	
Hidden Layer(s)	Number of Hidden Layers	1	
	Number of Units in Hidden Layer 1 ^a	9	
	Activation Function	Hyperbolic tangent	
Output Layer	Dependent Variables	1	KYSLIK_nadrz_upraveno
	Number of Units	1	
	Rescaling Method for Scale Dependents	Standardized	
	Activation Function	Identity	
	Error Function	Sum of Squares	

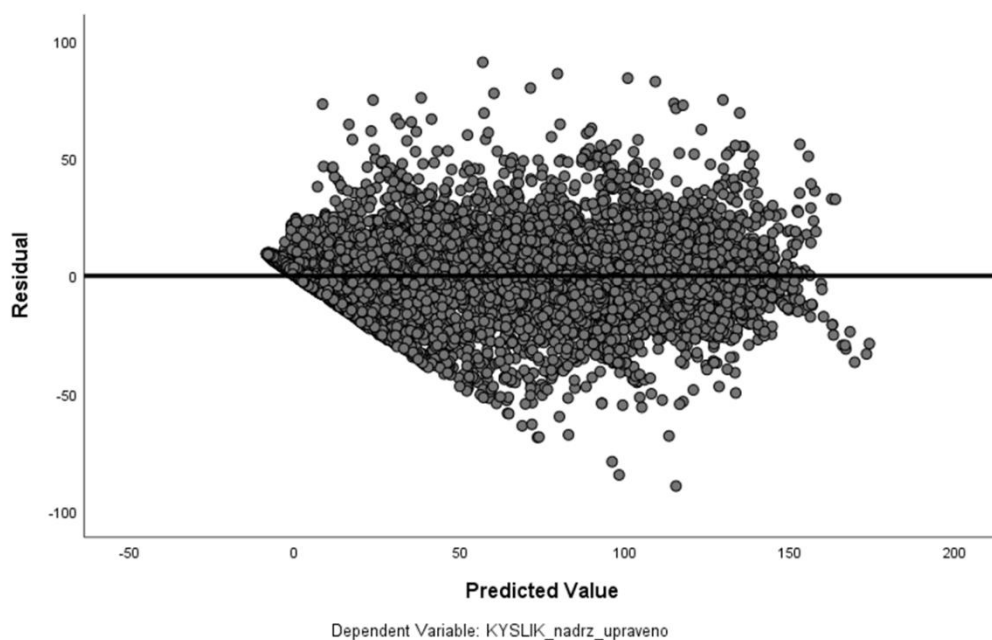
a. Excluding the bias unit

Obrázek č. 18 podává základní informace o struktuře proměnných a nastavení modelu vícevrstvé neuronové sítě. V rámci modelu pro predikci kyslíku bylo vygenerováno 23 neuronů na vstupní vrstvě a 9 neuronů na skryté vrstvě.

Graf 22: Kyslík – predikce podle pozorování

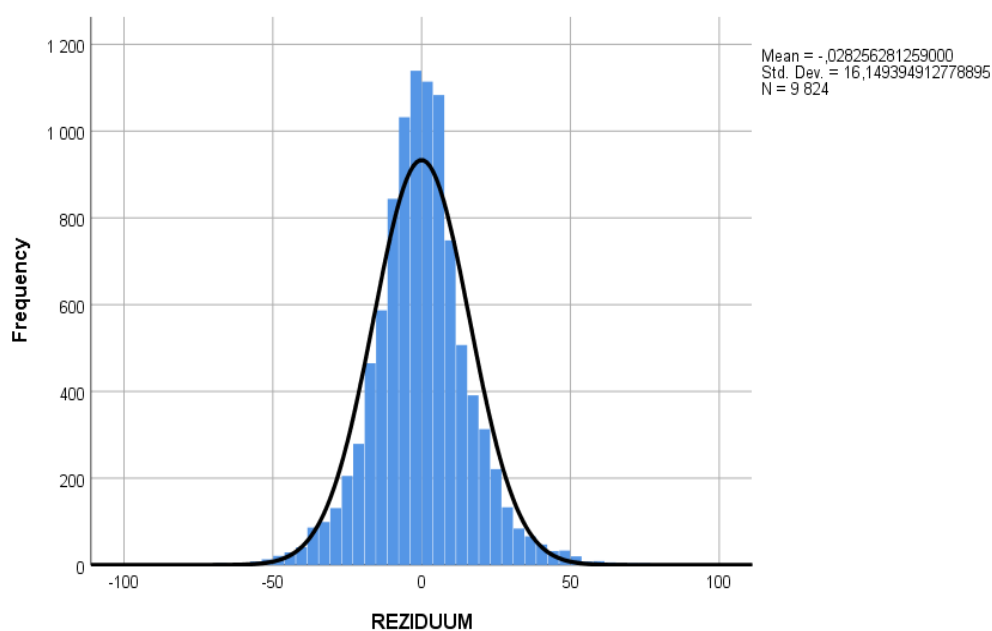


Graf 23: Kyslík – rezidua podle predikcí



Z výše uvedených grafů je možné identifikovat několik odlehlých bodů. Na základě podrobné analýzy souboru dat nebylo identifikováno žádné období podrobného měření, ve kterém by četnost výskytu takovýchto hodnot převyšovala jiná období a mohlo se tak usuzovat na anomálii v souboru dat. Tyto hodnoty se objevují v okolí hladiny a v oblastech výrazných procentuálních změn mezi jednotlivými metry napříč všemi obdobími, což bude blíže popsáno v dalších částech práce. Nicméně body se jeví náhodně rozloženy a nevykazují známky symetrického chování. Z modelu již nebyly odebrány žádné záznamy a pro úplnost byl vytvořen bodový graf reziduí podle pozorování, jež je k dispozici v příloze č. 16.

Graf 24: Kyslík – histogram reziduí



Graf č. 24 znázorňuje rozložení četností reziduí pro model kyslíku. Největší četnost reziduí se vyskytuje okolo 0. Z histogramu je patrné, že rozložení četností reziduí přibližně kopíruje vyobrazenou Gaussovu křivku. Je možné říci, že rezidua pro model kyslíku mají přibližně normální rozdělení se střední hodnotou -0,0283 a směrodatnou odchylkou 16,1494. Pro tento model činí rozsah souboru 9 824 záznamů.

6.3.6 pH

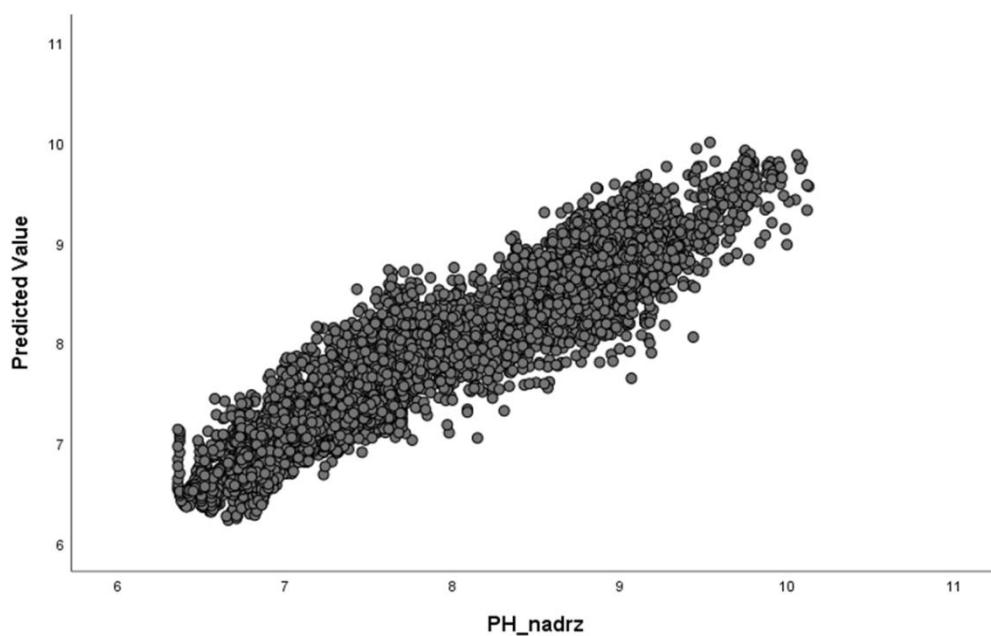
Do modelu pro predikci pH je jako závislá zařazena proměnná PH_nadrz. Na základě testování predikční schopnosti jednotlivých proměnných byla vybrána totožná struktura proměnných jako pro model kyslíku. Tato struktura proměnných dosahovala nejlepších výsledků predikce závislé proměnné. Příloha č. 17 podává informaci ohledně důležitosti jednotlivých proměnných v modelu pH.

Obrázek 19: pH – informace o neuronové síti

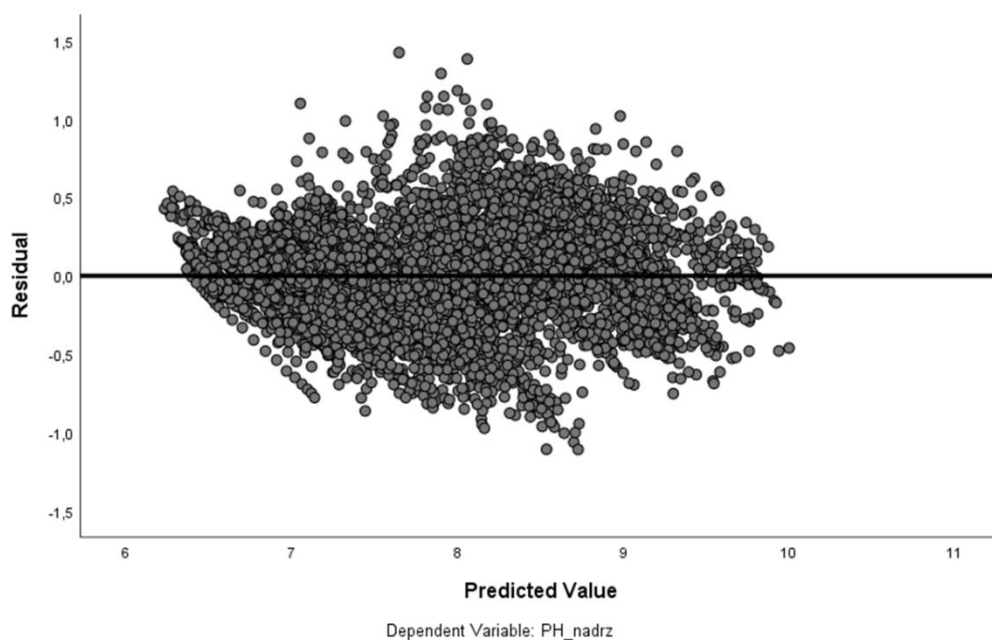
Input Layer	Factors	1	SVSLICE
	Covariates	1	TEPLVODY_7A
		2	TEPLVODY_14A
		3	TEPLVODY_21A
		4	TEPLVZDUCHU_7A
		5	TEPLVZDUCHU_14A
		6	TEPLVZDUCHU_21A
		7	SRAZUHRN_7A
		8	SRAZUHRN_14A
		9	SRAZUHRN_21A
		10	PTVO_7A
		11	PTVO_14A
		12	PTVO_21A
	13	HLOUBKA	
Number of Units ^a		23	
Rescaling Method for Covariates		Standardized	
Hidden Layer(s)	Number of Hidden Layers	1	
	Number of Units in Hidden Layer 1 ^a	15	
	Activation Function	Hyperbolic tangent	
Output Layer	Dependent Variables	1	PH_nadrz
	Number of Units	1	
	Rescaling Method for Scale Dependents	Standardized	
	Activation Function	Identity	
	Error Function	Sum of Squares	
a. Excluding the bias unit			

V modelu pH síť vygenerovala 23 neuronů na vstupní vrstvě a 15 neuronů na skryté vrstvě. Z obrázku č. 19 je názorně vidět struktura proměnných a nastavení vícevrstvé neuronové sítě.

Graf 25: pH – predikce podle pozorování

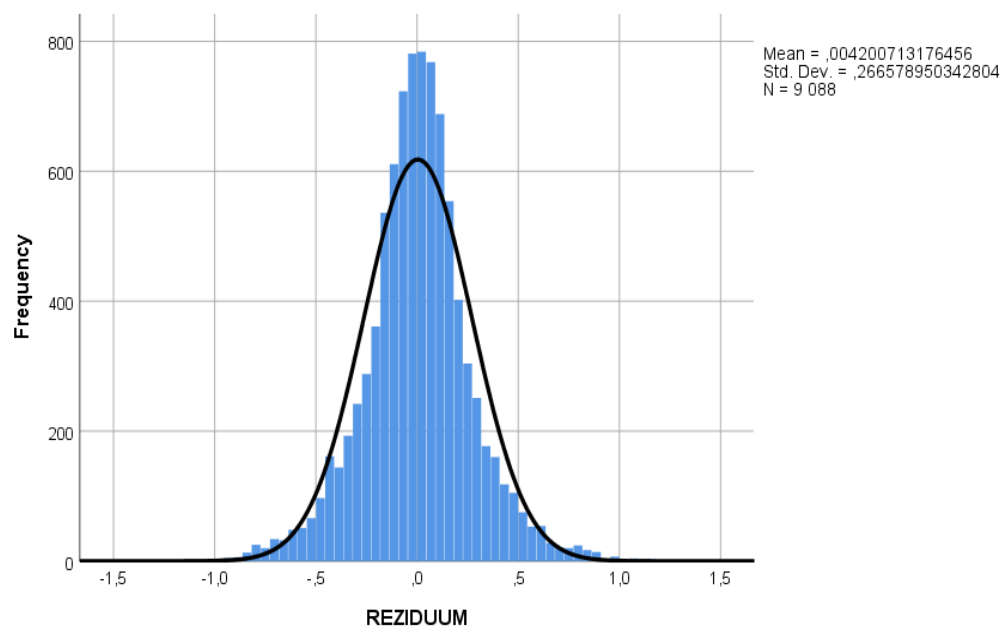


Graf 26: pH – rezidua podle predikcí



Na základě bodových grafů uvedených výše a bodového grafu reziduí podle pozorování, jež se nachází v příloze č. 18, je patrné, že rozložení bodů je náhodné a většina z nich leží při sobě, vyjma pár odlehlých hodnot. Tyto hodnoty se ovšem nevyskytují v rámci jednoho období podrobného měření, nýbrž jsou rozprostřeny mezi několik období. Proto z modelu pH již nebudou odebrány žádné záznamy.

Graf 27: pH – histogram reziduí



Rozložení reziduí pro model pH je představeno v grafu č. 27. Rezidua pohybující se okolo 0 se z histogramu reziduí jeví jako nejčetnější. V grafu je vyobrazena Gaussova křivka,

kteřou stejně jako v rámci předchozích modelů četnosti reziduí přibližně kopířují. I pro model pH se dá usuzovat, že rezidua mají přibližně normální rozdělení se střední hodnotou 0,0042 a směrodatnou odchylkou 0,2666. Rozsah souboru je 9 088 záznamů.

6.4 Vyhodnocení kvality modelů

V kapitole vyhodnocení kvality modelů budou popsány výsledky predikcí jednotlivých modelů, jejichž struktura proměnných, rozložení predikovaných hodnot a rozložení reziduí byly definovány v předcházejících kapitolách.

Spočítané predikce každého použitého modelu byly vyexportovány z programu IBM SPSS Modeler 18.1.1. do programu Microsoft Office Excel 2019, kde se pomocí podmíněného formátování vytvoří přehledné výstupy ve formě teplotních map. Pro modely, které se věnují predikci teploty vody ve vodní nádrži rozšířené o tzv. „termoklinu“, bude vytvořeno pět typů teplotních map:

- Teplotní mapa skutečně naměřených hodnot,
- Teplotní mapa predikovaných hodnot,
- Teplotní mapa reziduí,
- Teplotní mapa skutečně naměřených teplotních spádů,
- Teplotní mapa predikovaných teplotních spádů.

Vzhledem k tomu, že modely pro predikci kyslíku a pH neřeší problematiku teplotního spádu neboli změnu hodnoty oproti předešlému metru na dané svislici, budou pro tyto modely vytvořeny pouze tři typy teplotních map:

- Teplotní mapa skutečně naměřených hodnot,
- Teplotní mapa predikovaných hodnot,
- Teplotní mapa reziduí.

Výstupy ve formě teplotních map, jež jsou představeny a popsány níže, se vztahují k datu 17.6.2019, ve kterém proběhlo podrobné měření teploty vody, kyslíku a pH ve vodní nádrži Vrchlice.

6.4.1 Teplota vody – MODEL_A

Pro číselné vyjádření kvality modelu se v programu IBM SPSS Modeler 18.1.1. využívá Relative Error, jež představuje variabilitu závislé proměnné vysvětlené

chybou. Na obrázku č. 20 je vidět hodnota Relative Error pro trénovací množinu 3,3 % a pro testovací množinu 3,4 %. Tzn. že variabilita závislé proměnné

vysvětlená modelem je pro trénovací množinu 96,7 % a pro testovací množinu 96,6 %.

Obrázek 20: Teplota vody – MODEL_A – shrnutí modelu

Training	Sum of Squares Error	112,089
	Relative Error	,033
	Stopping Rule Used	Maximum number of epochs (100) exceeded
	Training Time	0:00:01,29
Testing	Sum of Squares Error	54,162
	Relative Error	,034

Dependent Variable: TEPLOTA_nadrz

Teplotní mapa 1: Teplota vody – MODEL_A – skutečně naměřené hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	24,411	24,385	24,359	24,458	24,447	24,332	24,421	24,602	24,811	24,946
1	24,146	24,329	24,143	24,316	24,144	24,225	24,368	24,503	24,411	24,872
2	23,834	24,212	24,087	24,198	24,033	24,048	24,219	24,394	23,838	23,840
3		20,698	21,727	21,680	22,776	23,538	22,606	22,742	20,921	20,614
4			18,049	18,494	19,124	18,832	19,188	17,755	17,465	17,472
5				15,968	15,315	15,364	14,824	14,416	15,184	15,401
6				13,590	13,370	13,154	12,538	12,876	13,554	13,356
7				12,025	11,298	10,524	10,294	11,250	11,181	11,356
8					9,021	8,397	8,519	8,907	8,873	8,192
9					7,975	6,996	7,312	7,658	7,419	7,314
10						6,529	6,654	6,737	6,710	6,683
11						6,309	6,205	6,351	6,420	6,294
12						6,092	5,961	5,963	5,944	5,899
13							5,793	5,831	5,797	5,796
14							5,756	5,777	5,674	5,682
15							5,689	5,634	5,534	5,618
16							5,691	5,530	5,507	5,553
17							5,669	5,497	5,488	5,534
18								5,431	5,439	5,475
19								5,406	5,428	5,405
20								5,406	5,391	5,400
21								5,406	5,369	5,393
22									5,352	5,348
23									5,346	5,346
24									5,349	5,343
25										5,341
26										5,333
27										5,340
28										5,349
29										5,355
30										

Teplotní mapa 2: Teplota vody – MODEL_A – predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	23,614	24,249	24,470	24,317	24,107	24,603	24,182	24,000	24,106	24,027
1	23,250	23,690	24,088	23,774	23,557	24,041	23,540	23,416	23,517	23,440
2	22,455	22,621	23,120	22,618	22,452	22,926	22,340	22,275	22,355	22,295
3		20,244	21,356	20,546	20,550	21,010	20,316	20,495	20,264	20,267
4			18,112	17,703	17,657	17,227	16,881	16,605	17,017	16,987
5				15,023	15,152	14,482	14,369	14,504	14,464	14,572
6				13,055	13,322	12,666	12,549	12,574	12,544	12,618
7				11,135	11,298	10,974	10,748	10,623	10,704	10,708
8					9,435	9,673	9,220	8,953	9,133	9,082
9					8,168	8,565	8,151	7,847	8,072	8,041
10						7,756	7,369	7,043	7,306	7,300
11						7,055	6,746	6,497	6,728	6,703
12						6,533	6,307	6,066	6,256	6,237
13							5,976	5,796	5,928	5,922
14							5,739	5,578	5,692	5,675
15							5,558	5,436	5,522	5,504
16							5,432	5,335	5,406	5,392
17							5,339	5,266	5,317	5,307
18								5,218	5,255	5,248
19								5,184	5,212	5,204
20								5,160	5,181	5,174
21								5,145	5,159	5,153
22									5,144	5,138
23									5,135	5,128
24									5,130	5,121
25										5,117
26										5,116
27										5,116
28										5,118
29										5,122
30										

Teplotní mapy skutečně naměřených hodnot a predikovaných hodnot zobrazují úspěšnost predikce teploty vody ve vodní nádrži. Na první pohled je patrné, že obě teplotní mapy jsou si velice podobné. V úvodních metrech vodní nádrže obě mapy začínají na obdobně vysokých teplotách a postupně klesají s přibývajícím hloubkou. Ke zlomu teploty, popřípadě barvy (z červené na bílou a poté z bílé na modrou), dochází v obou případech zhruba ve stejném místě nádrže, a to konkrétně mezi 4-6 metrem. V dalších metrech se teplota vody s přibývajícím hloubkou postupně přibližuje svému minimu v daném období, přičemž od určitého metru již nedochází k výrazným teplotním změnám mezi jednotlivými metry v nádrži. V případě, že došlo k nějakému podstatnějším vychýlení predikce od skutečnosti, nebylo to v rámci těchto teplotních map nijak patrné. Z toho důvodu byla vytvořena teplotní mapa reziduí, uvedená níže, jež se těmito odchýleními věnuje.

Teplotní mapa 3: Teplota vody – MODEL_A – rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,797	0,136	-0,111	0,141	0,340	-0,271	0,239	0,602	0,705	0,919
1	0,896	0,639	0,055	0,542	0,587	0,184	0,828	1,087	0,894	1,432
2	1,379	1,591	0,967	1,580	1,581	1,122	1,879	2,119	1,483	1,545
3		0,454	0,371	1,134	2,226	2,528	2,290	2,247	0,657	0,347
4			-0,063	0,791	1,467	1,605	2,307	1,150	0,448	0,485
5				0,945	0,163	0,882	0,455	-0,088	0,720	0,829
6				0,535	0,048	0,488	-0,011	0,302	1,010	0,738
7				0,890	0,000	-0,450	-0,454	0,627	0,477	0,648
8					-0,414	-1,276	-0,701	-0,046	-0,260	-0,890
9					-0,193	-1,569	-0,839	-0,189	-0,653	-0,727
10						-1,227	-0,715	-0,306	-0,596	-0,617
11						-0,746	-0,541	-0,146	-0,308	-0,409
12						-0,441	-0,346	-0,103	-0,312	-0,338
13							-0,183	0,035	-0,131	-0,126
14							0,017	0,199	-0,018	0,007
15							0,131	0,198	0,012	0,114
16							0,259	0,195	0,101	0,161
17							0,330	0,231	0,171	0,227
18								0,213	0,184	0,227
19								0,222	0,216	0,201
20								0,246	0,210	0,226
21								0,261	0,210	0,240
22									0,208	0,210
23									0,211	0,218
24									0,219	0,222
25										0,224
26										0,217
27										0,224
28										0,231
29										0,233
30										

Teplotní mapa reziduí identifikuje konkrétní metr na konkrétní svislici, kde došlo k vychýlení predikovaných hodnot od skutečně naměřených hodnot. To znamená, o kolik °C se odchyluje predikce od skutečnosti. Nesprávně predikované hodnoty jsou označeny výraznou červenou barvou, které jsou vyšší než hodnota 3 v absolutní hodnotě. Naproti tomu hodnoty blízké 0 jsou vyznačeny výrazně zelenou barvou, jelikož tyto hodnoty jsou žádoucí. V tomto konkrétním případě bylo identifikováno nejvyšší reziduum v hodnotě 2,528. V rámci celé teplotní mapy bylo identifikováno 6 reziduí, které přesáhly hodnotu 2 v absolutní hodnotě.

Teplotní mapa 4: Teplota vody – MODEL_A – skutečně naměřený teplotní spád

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,265	0,056	0,216	0,142	0,303	0,107	0,053	0,099	0,400	0,074
2	0,312	0,117	0,056	0,118	0,111	0,177	0,149	0,109	0,573	1,032
3		3,514	2,360	2,518	1,257	0,510	1,613	1,652	2,917	3,226
4			3,678	3,186	3,652	4,706	3,418	4,987	3,456	3,142
5				2,526	3,809	3,468	4,364	3,339	2,281	2,071
6				2,378	1,945	2,210	2,286	1,540	1,630	2,045
7				1,565	2,072	2,630	2,244	1,626	2,373	2,000
8					2,277	2,127	1,775	2,343	2,308	3,164
9					1,046	1,401	1,207	1,249	1,454	0,878
10						0,467	0,658	0,921	0,709	0,631
11						0,220	0,449	0,386	0,290	0,389
12						0,217	0,244	0,388	0,476	0,395
13							0,168	0,132	0,147	0,103
14							0,037	0,054	0,123	0,114
15							0,067	0,143	0,140	0,064
16							-0,002	0,104	0,027	0,065
17							0,022	0,033	0,019	0,019
18								0,066	0,049	0,059
19								0,025	0,011	0,070
20								0,000	0,037	0,005
21								0,000	0,022	0,007
22									0,017	0,045
23									0,006	0,002
24									-0,003	0,003
25										0,002
26										0,008
27										-0,007
28										-0,009
29										-0,006
30										

Teplotní mapa 5: Teplota vody – MODEL_A – predikovaný teplotní spád

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,364	0,559	0,382	0,543	0,550	0,562	0,643	0,585	0,590	0,587
2	0,795	1,069	0,968	1,156	1,105	1,114	1,200	1,141	1,162	1,145
3		2,377	1,764	2,072	1,902	1,917	2,024	1,780	2,091	2,028
4			3,244	2,843	2,893	3,782	3,435	3,890	3,247	3,281
5				2,680	2,505	2,745	2,512	2,101	2,553	2,414
6				1,968	1,830	1,817	1,820	1,930	1,920	1,954
7				1,920	2,024	1,692	1,802	1,952	1,839	1,911
8					1,862	1,301	1,527	1,670	1,572	1,626
9					1,268	1,108	1,070	1,105	1,061	1,041
10						0,809	0,782	0,804	0,765	0,741
11						0,701	0,623	0,547	0,579	0,597
12						0,522	0,438	0,431	0,472	0,466
13							0,332	0,270	0,328	0,315
14							0,237	0,217	0,237	0,247
15							0,181	0,142	0,169	0,170
16							0,126	0,101	0,117	0,112
17							0,092	0,068	0,089	0,085
18								0,049	0,061	0,060
19								0,034	0,043	0,043
20								0,024	0,031	0,030
21								0,016	0,022	0,021
22									0,015	0,015
23									0,009	0,010
24									0,005	0,006
25										0,004
26										0,001
27										0,000
28										-0,002
29										-0,004
30										

Teplotní mapy skutečně naměřeného teplotního spádu a predikovaného teplotního spádu zobrazují, o kolik °C klesla teplota vody oproti předchozímu metru. Pro Povodí Labe jsou zajímavé ty oblasti, ve kterých došlo k teplotnímu spádu převyšujícímu 1 °C/m. Z výše

uvedených map je možné vidět, že predikce se v tomto ohledu blíží skutečnosti. Ve skutečnosti byla tato oblast naměřena v rozmezí mezi 3-9 metrem a predikce tuto oblast definuje v rozmezí mezi 2-9 metrem. Model vícevrstvé neuronové sítě správně odhadl „termoklinu“ neboli konkrétní metr v nádrži, kde se vyskytují nejvyšší teplotní skoky. V rámci tohoto podrobného měření byla „termoklina“ naměřena ve 4. metru, přičemž v rámci teplotní mapy predikovaných hodnot je „termoklina“ rovněž ve 4. metru vodní nádrže. Z hlediska odhadu velikosti teplotního spádu se výsledky predikce pouze přibližují realitě. Nejvyšší hodnota teplotního spádu 4,987 byla naměřena na svislici 8 ve 4. metru. Predikce nejvyšší teplotní spád udává na stejném místě nádrže, nýbrž v hodnotě 3,890.

V příloze č. 19 jsou k nahlédnutí pro MODEL_A teplotní mapy čtyř po sobě jdoucích podrobných měření. Jedná se o měření z roku 2018 a to konkrétně pro daty 9.4.2018, 4.6.2018, 27.8.2018 a 8.10.2018., na kterých je vidět vývoj teploty vody v průběhu sezonního cyklu. V dubnovém měření se vodní nádrž nachází ve fázi jarní cirkulace, kdy je vodní sloupec promíchán a prakticky neexistují výraznější teplotní rozdíly mezi jednotlivými metry v nádrži. S oteplováním vzduchu se opožděně otepluje i teplota vody na hladině a vodní nádrž se rozdělí do 3 vrstev (viz kapitola 3.2 Teplotní stratifikace a cirkulace vody). Červnové a srpnové měření spadá do fáze letní stratifikace. Tato fáze je charakteristická vysokým rozpětím teplot mezi hladinou a dnem nádrže a velkým rozsahem skočné vrstvy (metalimnion), který se pohybuje okolo 6-7 metrů. Říjnové měření už spadá do fáze podzimní cirkulace, kdy se svrchní vrstva začíná pozvolna ochlazovat. Tím pádem se zužuje skočná vrstva, dokud se epilimnion a hypolimnion nespojí a nedojde k promíchání celého vodního sloupce. V průběhu sezonního cyklu lze rozpoznat chování nádrže v oblasti posunu skočné vrstvy, tudíž i „termokliny“ směrem ke dnu nádrže s přibývajícím časem. Struktura vícevrstvé neuronové sítě pro MODEL_A tuto vlastnost s postupným oteplováním predikuje.

Srovnání teplotních map skutečně naměřených a predikovaných hodnot v rámci všech čtyř období dopadlo podobně. Odhadované hodnoty na hladině i u dna nádrže jsou srovnatelné s realitou. Predikovaný teplotní zlom neboli změna barvy (z červené na bílou a z bílé na modrou) se nachází přibližně ve stejných místech nádrže jako u skutečně naměřených hodnot.

Četnost reziduí je spojena se skočnou vrstvou. S rostoucím tempem poklesu teploty vody na 1 metr a rozsahem skočné vrstvy, roste i velikost a četnost reziduí. Vícevrstvá

neuronová síť si s tímto specifickým chováním nedokáže adekvátně poradit, a proto se zejména ve fázi letní stratifikace v oblasti skočné vrstvy tvoří nepřesnosti v odhadu. Například v červnu je nejvyšší reziduum -3,474 a celkem identifikováno 23 hodnot přesahujících hodnotu 2 v absolutní hodnotě. V srpnu je nejvyšší reziduum dokonce -4,752 a celkem identifikováno 27 reziduí převyšujících hodnotu 2 v absolutní hodnotě. V rámci říjnového měření se četnost reziduí snižuje vzhledem k postupnému promíchávání nádrže a zužující se skočné vrstvě. Jarní měření nedisponuje žádným reziduem, jež by svojí hodnotou převyšovalo 2 v absolutní hodnotě. Důvodem je absence skočné vrstvy ve fázi jarní cirkulace.

Výsledky predikce skočné vrstvy tudíž i „termokliny“ jsou velice podobné skutečnosti. Posouzení těchto výsledků je nejzajímavější ve fázi letní stratifikace, kdy skočná vrstva dosahuje svého maxima z hlediska rozsahu. V červnu byla oblast teplotního spádu naměřena mezi 3-8 metrem, přičemž predikce tuto oblast udává mezi 3-9 metrem. V srpnu byla tato oblast posunuta mezi 5-11 metr, čemuž odpovídá i teplotní mapa skutečně naměřených hodnot. Co se týká odhadu velikosti poklesu teploty vody na 1 metr, tak tyto výsledky se realitě příliš nepřibližují. V červnu a srpnu byly naměřeny nejvyšší poklesy teplot 5,436 respektive 5,349. Pro tato stejná období jsou nejvyšší poklesy teploty vody odhadnuty v hodnotách 3,853 respektive 2,812. To pouze potvrzuje tvrzení z předchozího odstavce, že vícevrstvá neuronová síť pro MODEL_A má své nedostatky zejména ve fázi letní stratifikace v oblasti teplotních spádů.

6.4.2 Teplota vody – MODEL_B

Kvalita modelu bude i pro MODEL_B posuzovaná na základě Relative Error. Obrázek č. 21 poskytuje informaci ohledně variability závislé proměnné vysvětlené chybou. Na základě výstupu z programu IBM SPSS Modeler 18.1.1. je možné říci, že variabilita závislé proměnné je v trénovací množině vysvětlena z 95,5 % modelem a v testovací množině je vysvětlena z 95,6 % modelem.

Obrázek 21: Teplota vody – MODEL_B – shrnutí modelu

Training	Sum of Squares Error	152,243
	Relative Error	0,045
	Stopping Rule Used	1 consecutive step(s) with no decrease in error ^a
	Training Time	0:00:00,51
Testing	Sum of Squares Error	70,445
	Relative Error	0,044
Dependent Variable: TEPLOTA_nadrz		
a. Error computations are based on the testing sample.		

Teplotní mapa 6: Teplota vody – MODEL_B – skutečně naměřené hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	24,411	24,385	24,359	24,458	24,447	24,332	24,421	24,602	24,811	24,946
1	24,146	24,329	24,143	24,316	24,144	24,225	24,368	24,503	24,411	24,872
2	23,834	24,212	24,087	24,198	24,033	24,048	24,219	24,394	23,838	23,840
3		20,698	21,727	21,680	22,776	23,538	22,606	22,742	20,921	20,614
4			18,049	18,494	19,124	18,832	19,188	17,755	17,465	17,472
5				15,968	15,315	15,364	14,824	14,416	15,184	15,401
6				13,590	13,370	13,154	12,538	12,876	13,554	13,356
7				12,025	11,298	10,524	10,294	11,250	11,181	11,356
8					9,021	8,397	8,519	8,907	8,873	8,192
9					7,975	6,996	7,312	7,658	7,419	7,314
10						6,529	6,654	6,737	6,710	6,683
11						6,309	6,205	6,351	6,420	6,294
12						6,092	5,961	5,963	5,944	5,899
13							5,793	5,831	5,797	5,796
14							5,756	5,777	5,674	5,682
15							5,689	5,634	5,534	5,618
16							5,691	5,530	5,507	5,553
17							5,669	5,497	5,488	5,534
18								5,431	5,439	5,475
19								5,406	5,428	5,405
20								5,406	5,391	5,400
21								5,406	5,369	5,393
22									5,352	5,348
23									5,346	5,346
24									5,349	5,343
25										5,341
26										5,333
27										5,340
28										5,349
29										5,355
30										

Teplotní mapa 7: Teplota vody – MODEL_B – predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	24,264	24,381	24,093	24,201	23,893	24,121	24,046	23,984	24,043	23,930
1	23,840	23,989	23,478	23,499	23,157	23,434	23,193	23,165	23,229	23,098
2	23,099	23,284	22,503	22,402	21,991	22,347	21,879	21,905	21,980	21,814
3		22,169	21,073	20,810	20,303	20,759	20,025	20,117	20,206	19,997
4			19,138	18,685	18,088	18,636	17,672	17,817	17,916	17,671
5				16,137	15,509	16,092	15,037	15,191	15,290	15,038
6				13,453	12,883	13,413	12,463	12,572	12,657	12,434
7				10,983	10,550	10,949	10,251	10,285	10,347	10,176
8					8,710	8,945	8,542	8,503	8,539	8,426
9					7,389	7,466	7,320	7,231	7,244	7,180
10						6,449	6,495	6,380	6,374	6,346
11						5,779	5,961	5,836	5,816	5,813
12						5,351	5,631	5,504	5,473	5,487
13							5,440	5,311	5,272	5,301
14							5,342	5,211	5,165	5,206
15							5,307	5,168	5,119	5,170
16							5,314	5,163	5,112	5,175
17							5,349	5,181	5,129	5,204
18								5,211	5,161	5,249
19								5,246	5,199	5,302
20								5,280	5,239	5,357
21								5,310	5,276	5,411
22									5,307	5,459
23									5,330	5,497
24									5,343	5,525
25										5,540
26										5,542
27										5,532
28										5,510
29										5,477
30										

Porovnání dvou výše uvedených teplotních map vede k posouzení, jak je MODEL_B kvalitní v predikční schopnosti teploty vody ve vodní nádrži. Na první pohled nejsou patrné výrazné odlišnosti těchto teplotních map. Na hladině je teplota vody velice podobná,

dále je ovšem možné si všimnout, že hodnoty teploty vody u teplotní mapy predikovaných hodnot začínají klesat o 1 metr dříve než u teplotní mapy skutečně naměřených hodnot, což se nejspíše projeví v teplotní mapě reziduí. K teplotnímu zlomu, popřípadě změně barvy v rámci teplotní mapy (z červené na bílou a z bílé na modrou), dochází u obou teplotních map ve stejném místě, a to konkrétně mezi 4-6 metrem nádrže. V následujících metrech se teplota vody s přibývajícím hloubkou postupně přibližuje svému minimu v daném období, přičemž od určitého metru již nedochází k výraznějším změnám teploty vody mezi jednotlivými metry ve vodní nádrži.

Teplotní mapa 8: Teplota vody – MODEL_B – rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,147	0,004	0,266	0,257	0,554	0,211	0,375	0,618	0,768	1,016
1	0,306	0,340	0,665	0,817	0,987	0,791	1,175	1,338	1,182	1,774
2	0,735	0,928	1,584	1,796	2,042	1,701	2,340	2,489	1,858	2,026
3		-1,471	0,654	0,870	2,473	2,779	2,581	2,625	0,715	0,617
4			-1,089	-0,191	1,036	0,196	1,516	-0,062	-0,451	-0,199
5				-0,169	-0,194	-0,728	-0,213	-0,775	-0,106	0,363
6				0,137	0,487	-0,259	0,075	0,304	0,897	0,922
7				1,042	0,748	-0,425	0,043	0,965	0,834	1,180
8					0,311	-0,548	-0,023	0,404	0,334	-0,234
9					0,586	-0,470	-0,008	0,427	0,175	0,134
10						0,080	0,159	0,357	0,336	0,337
11						0,530	0,244	0,515	0,604	0,481
12						0,741	0,330	0,459	0,471	0,412
13							0,353	0,520	0,525	0,495
14							0,414	0,566	0,509	0,476
15							0,382	0,466	0,415	0,448
16							0,377	0,367	0,395	0,378
17							0,320	0,316	0,359	0,330
18								0,220	0,278	0,226
19								0,160	0,229	0,103
20								0,126	0,152	0,043
21								0,096	0,093	-0,018
22									0,045	-0,111
23									0,016	-0,151
24									0,006	-0,182
25										-0,199
26										-0,209
27										-0,192
28										-0,161
29										-0,122
30										

Teplotní mapa reziduí slouží pro identifikování nesprávných předpovědí pro konkrétní metr na konkrétní svisllici. Tmavě červené body znamenají chybnou predikci oproti skutečně naměřeným hodnotám. U předchozích teplotních map bylo zmíněno, že predikce začaly klesat o 1 metr dříve než skutečně naměřené hodnoty. Tento brzký pokles teploty vody u predikovaných hodnot se promítl do teplotní mapy reziduí. Vysoká rezidua byla zaznamenána mezi 2-3 metrem, kde tato rezidua převyšovala hodnotu 2 v absolutní hodnotě, přičemž takovýchto hodnot bylo zaznamenáno 8 a nejvyšší reziduum činí 2,779.

Teplotní mapa 9: Teplota vody – MODEL_B – skutečně naměřený teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,265	0,056	0,216	0,142	0,303	0,107	0,053	0,099	0,400	0,074
2	0,312	0,117	0,056	0,118	0,111	0,177	0,149	0,109	0,573	1,032
3		3,514	2,360	2,518	1,257	0,510	1,613	1,652	2,917	3,226
4			3,678	3,186	3,652	4,706	3,418	4,987	3,456	3,142
5				2,526	3,809	3,468	4,364	3,339	2,281	2,071
6				2,378	1,945	2,210	2,286	1,540	1,630	2,045
7				1,565	2,072	2,630	2,244	1,626	2,373	2,000
8					2,277	2,127	1,775	2,343	2,308	3,164
9					1,046	1,401	1,207	1,249	1,454	0,878
10						0,467	0,658	0,921	0,709	0,631
11						0,220	0,449	0,386	0,290	0,389
12						0,217	0,244	0,388	0,476	0,395
13							0,168	0,132	0,147	0,103
14							0,037	0,054	0,123	0,114
15							0,067	0,143	0,140	0,064
16							-0,002	0,104	0,027	0,065
17							0,022	0,033	0,019	0,019
18								0,066	0,049	0,059
19								0,025	0,011	0,070
20								0,000	0,037	0,005
21								0,000	0,022	0,007
22									0,017	0,045
23									0,006	0,002
24									-0,003	0,003
25										0,002
26										0,008
27										-0,007
28										-0,009
29										-0,006
30										

Teplotní mapa 10: Teplota vody – MODEL_B – predikovaný teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,424	0,392	0,615	0,702	0,735	0,687	0,853	0,819	0,814	0,832
2	0,741	0,705	0,976	1,096	1,166	1,087	1,314	1,260	1,249	1,284
3		1,115	1,430	1,592	1,688	1,588	1,854	1,788	1,774	1,817
4			1,935	2,126	2,214	2,123	2,354	2,301	2,290	2,326
5				2,547	2,579	2,544	2,635	2,626	2,626	2,633
6				2,684	2,625	2,679	2,574	2,619	2,633	2,604
7				2,470	2,334	2,464	2,212	2,287	2,311	2,257
8					1,840	2,004	1,709	1,782	1,808	1,750
9					1,320	1,478	1,222	1,272	1,295	1,246
10						1,018	0,825	0,852	0,870	0,834
11						0,670	0,534	0,544	0,558	0,533
12						0,428	0,330	0,332	0,343	0,325
13							0,191	0,192	0,200	0,187
14							0,098	0,101	0,107	0,095
15							0,035	0,042	0,046	0,035
16							-0,007	0,005	0,007	-0,004
17							-0,034	-0,018	-0,017	-0,029
18								-0,030	-0,031	-0,045
19								-0,035	-0,038	-0,053
20								-0,034	-0,040	-0,056
21								-0,030	-0,037	-0,053
22									-0,031	-0,048
23									-0,023	-0,039
24									-0,013	-0,028
25										-0,015
26										-0,002
27										0,011
28										0,022
29										0,032
30										

Výše uvedené teplotní mapy se zaměřují na posouzení schopnosti predikce oblasti teplotního spádu, tudíž i „termokliny“ a velikosti teplotního spádu mezi jednotlivými metry ve vodní nádrži. Z teplotních map je patrné, že MODEL_B se blíží skutečnosti v odhadu

oblasti teplotních skoků, které převyšují 1 °C/m. V teplotní mapě skutečně naměřeného teplotního spádu byly tyto hodnoty naměřeny mezi 3-9 metrem, přičemž v teplotní mapě predikovaného teplotního spádu jsou tyto hodnoty identifikovány mezi 2-9 metrem vodní nádrže. Z pohledu odhadu „termokliny“ se výsledky predikce liší od skutečnosti. Model predikce udává „termoklinu“ okolo 5. a 6. metru, ačkoliv ve skutečnosti byla naměřena ve 4. metru vodní nádrže. Navíc je nutné dodat, že nejvyšší teplotní skok byl naměřen na svislici 8 ve 4. metru v hodnotě 4,987 °C, přičemž predikce v tomto místě udává 2,301 °C. Nejvyšší teplotní skok se predikuje v hodnotě 2,684 °C na svislici 4 v 6. metru vodní nádrže. Tento nedostatek se dá přičíst absenci proměnné Spad_Mean v modelu.

Vývoj teploty vody v průběhu roku je znázorněn v příloze č. 20, kde jsou pro MODEL_B vyobrazeny další teplotní mapy. Příloha obsahuje čtyři po sobě jdoucí podrobná měření z roku 2018. Stejně jako pro MODEL_A jsou i v rámci tohoto modelu zastoupeny měření ve fázích jarní cirkulace, letní stratifikace a podzimní cirkulace. Opět je možné vidět, jak s přibývajícím časem a postupným oteplováním svrchní vrstvy dochází k posunu skočné vrstvy směrem ke dnu nádrže. Vícevrstvá neuronová síť toto chování vodní nádrže ve svých výsledcích adekvátně predikuje i v rámci tohoto modelu.

Vyhodnocení kvality modelu z pohledu predikce teploty vody na základě porovnání teplotních map skutečně naměřených a predikovaných hodnot odhalilo mírné nepřesnosti. V dubnovém a srpnovém měření jsou viditelné nepřesnosti jak v epilimniu, tak v hypolimniu. S postupem času se čím dál více vychyluje odhadovaný teplotní zlom od skutečnosti. Například v říjnovém měření byl teplotní zlom naměřen mezi 7-9 metrem a v rámci predikovaných hodnot je mezi 10-12 metrem.

Výskyt reziduí se i pro MODEL_B koncentruje na oblast teplotních spádů ve fázi letní stratifikace. Nicméně největší četnost reziduí je identifikována v říjnovém měření tedy ve fázi podzimní cirkulace. Nejvyšší reziduum je -4,940 a celkem je identifikováno 36 reziduí, jež přesahují hodnotu 2 v absolutní hodnotě.

Při srovnání teplotních map skutečně naměřeného teplotního spádu a predikovaného teplotního spádu nedosahuje MODEL_B příliš dobrých výsledků. V žádném podrobném měření, jež by obsahovalo skočnou vrstvu, se odhad metalimnia nepřibližoval realitě. Například v červnu byla skočná vrstva naměřena mezi 3-8 metrem, „termoklina“ v 5. metru a nejvyšší teplotní pokles byl 5,436. Predikce odhadovala skočnou vrstvu mezi 2-9 metrem, „termoklinu“ v 6. metru a nejvyšší teplotní pokles 2,670. Pro srpnové měření jsou

výsledky predikce dosti podobné a v rámci říjnového měření nebyla skočná vrstva vůbec predikována, i když ve skutečnosti byla naměřena mezi 8-10 metrem vodní nádrže. Absence proměnné Spad_Mean jako prediktoru ve struktuře proměnných měl evidentně nezanedbatelný vliv zejména na rychlost poklesu teploty vody na 1 metr. Tyto predikované hodnoty ani přibližně nedosahovaly skutečně naměřeným hodnotám, což vedlo k vysokým reziduím v teplotních mapách reziduí (viz příloha č. 20).

6.4.3 Teplota vody – MODEL_C

Číselné vyhodnocení kvality modelu bude provedeno pomocí Relative Error (viz obr. 22). To tedy znamená, že pro MODEL_C je variabilita závislé proměnné v trénovací množině z 94,5 % a v testovací množině z 94,4 % vysvětlená modelem. Zbytek je v těchto množinách vysvětlen chybou.

Obrázek 22: Teplota vody – MODEL_C – shrnutí modelu

Training	Sum of Squares Error	176,869
	Relative Error	0,055
	Stopping Rule Used	1 consecutive step(s) with no decrease in error ^a
	Training Time	0:00:00,89
Testing	Sum of Squares Error	80,664
	Relative Error	0,056
Dependent Variable: TEPLOTA_nadrz		
a. Error computations are based on the testing sample.		

Teplotní mapa 11: Teplota vody – MODEL_C – skutečně naměřené hodnoty

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	24,411	24,385	24,359	24,458	24,447	24,332	24,421	24,602	24,811	24,946
1	24,146	24,329	24,143	24,316	24,144	24,225	24,368	24,503	24,411	24,872
2	23,834	24,212	24,087	24,198	24,033	24,048	24,219	24,394	23,838	23,84
3		20,698	21,727	21,68	22,776	23,538	22,606	22,742	20,921	20,614
4			18,049	18,494	19,124	18,832	19,188	17,755	17,465	17,472
5				15,968	15,315	15,364	14,824	14,416	15,184	15,401
6				13,59	13,37	13,154	12,538	12,876	13,554	13,356
7				12,025	11,298	10,524	10,294	11,25	11,181	11,356
8					9,021	8,397	8,519	8,907	8,873	8,192
9					7,975	6,996	7,312	7,658	7,419	7,314
10						6,529	6,654	6,737	6,71	6,683
11						6,309	6,205	6,351	6,42	6,294
12						6,092	5,961	5,963	5,944	5,899
13							5,793	5,831	5,797	5,796
14							5,756	5,777	5,674	5,682
15							5,689	5,634	5,534	5,618
16							5,691	5,53	5,507	5,553
17							5,669	5,497	5,488	5,534
18								5,431	5,439	5,475
19								5,406	5,428	5,405
20								5,406	5,391	5,4
21								5,406	5,369	5,393
22									5,352	5,348
23									5,346	5,346
24									5,349	5,343
25										5,341
26										5,333
27										5,34
28										5,349
29										5,355
30										

Teplotní mapa 12: Teplota vody – MODEL_C – predikované hodnoty

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	23,544	23,688	23,720	24,505	23,867	23,667	23,900	24,024	24,047	23,944
1	23,169	23,331	23,334	23,987	23,433	23,256	23,618	23,815	23,558	23,495
2	21,997	22,387	22,128	22,850	22,298	22,208	22,386	22,525	22,185	22,217
3		20,552	20,212	20,787	20,520	20,619	20,829	20,875	20,265	20,368
4			16,893	17,857	17,631	17,263	17,236	16,967	16,947	16,744
5				14,793	14,449	14,245	13,934	14,516	13,991	13,857
6				13,346	13,483	13,219	13,111	13,264	12,850	12,601
7				12,079	12,077	12,060	12,110	12,314	11,892	11,903
8					10,166	10,181	10,448	10,426	10,354	10,465
9					7,875	8,239	8,295	8,273	8,129	8,126
10						6,957	7,209	7,201	6,896	6,925
11						6,305	6,584	6,498	6,181	6,265
12						5,901	6,168	6,125	5,823	5,900
13							5,935	5,849	5,600	5,662
14							5,794	5,756	5,492	5,583
15							5,758	5,702	5,454	5,562
16							5,740	5,709	5,423	5,532
17							5,794	5,711	5,484	5,561
18								5,744	5,534	5,594
19								5,795	5,550	5,654
20								5,820	5,611	5,710
21								5,872	5,678	5,751
22									5,733	5,802
23									5,794	5,857
24									5,854	5,908
25										5,945
26										5,995
27										6,034
28										6,069
29										6,101
30										

Vyhodnocení kvality modelu z pohledu predikční schopnosti teploty vody pro MODEL_C bude provedeno na základě výše zobrazených teplotních map. Z jejich srovnání není zřejmé vážné vychýlení predikce od skutečnosti. Ve svrchní vrstvě nádrže dosahují teploty svého maxima. Nicméně obdobně jako v přechozích modelech, i zde začíná teplota vody u predikovaných hodnot klesat o něco dříve, než je tomu u skutečně naměřených hodnot. Tato nepřesnost se pravděpodobně projeví v rámci následující teplotní mapy reziduí. S dalším posunem směrem ke dnu nádrže již teplotní mapy dosahují srovnatelných hodnot. Skutečně naměřený teplotní zlom se vyskytuje v oblasti mezi 4–6 metrem a predikce tento údaj vymezuje v přibližně stejné oblasti. S přibývajícimi metry teplota vody stále klesá, přičemž rychlost poklesu teploty vody na 1 metr se zpomaluje, dokud rozdíly mezi sousedními metry v nádrži nedosahují desetin nebo dokonce setin °C.

Teplotní mapa 13: Teplota vody – MODEL_C – rezidua

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,867	0,697	0,639	-0,047	0,580	0,665	0,521	0,578	0,764	1,002
1	0,977	0,998	0,809	0,329	0,711	0,969	0,750	0,688	0,853	1,377
2	1,837	1,825	1,959	1,348	1,735	1,840	1,833	1,869	1,653	1,623
3		0,146	1,515	0,893	2,256	2,919	1,777	1,867	0,656	0,246
4			1,156	0,637	1,493	1,569	1,952	0,788	0,518	0,728
5				1,175	0,866	1,119	0,890	-0,100	1,193	1,544
6				0,244	-0,113	-0,065	-0,573	-0,388	0,704	0,755
7				-0,054	-0,779	-1,536	-1,816	-1,064	-0,711	-0,547
8					-1,145	-1,784	-1,929	-1,519	-1,481	-2,273
9					0,100	-1,243	-0,983	-0,615	-0,710	-0,812
10						-0,428	-0,555	-0,464	-0,186	-0,242
11						0,004	-0,379	-0,147	0,239	0,029
12						0,191	-0,207	-0,162	0,121	-0,001
13							-0,142	-0,018	0,197	0,134
14							-0,038	0,021	0,182	0,099
15							-0,069	-0,068	0,080	0,056
16							-0,049	-0,179	0,084	0,021
17							-0,125	-0,214	0,004	-0,027
18								-0,313	-0,095	-0,119
19								-0,389	-0,122	-0,249
20								-0,414	-0,220	-0,310
21								-0,466	-0,309	-0,358
22									-0,381	-0,454
23									-0,448	-0,511
24									-0,505	-0,565
25										-0,604
26										-0,662
27										-0,694
28										-0,720
29										-0,746
30										

Na teplotní mapě č. 13 je pro MODEL_C znázorněna teplotní mapa reziduí, jež červeně vyznačuje největší odchylky predikce od skutečnosti. Je zjevné, že nepřesnosti vznikají na hranici mezi epilimniem a metalimniem a také na hranici mezi metalimniem a hypolimniem. Nejvyšší reziduum bylo identifikováno na svislici 6 ve 3. metru v hodnotě 2,919. Takto vysoké reziduum je ovšem ojedinělé, jelikož v teplotní mapě se vyskytují pouze 3 rezidua převyšující hodnotu 2 v absolutní hodnotě. Ostatní údaje nevykazují známky výrazných nepřesností.

Teplotní mapa 14: Teplota vody – MODEL_C – skutečně naměřený teplotní spád

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,265	0,056	0,216	0,142	0,303	0,107	0,053	0,099	0,4	0,074
2	0,312	0,117	0,056	0,118	0,111	0,177	0,149	0,109	0,573	1,032
3		3,514	2,36	2,518	1,257	0,51	1,613	1,652	2,917	3,226
4			3,678	3,186	3,652	4,706	3,418	4,987	3,456	3,142
5				2,526	3,809	3,468	4,364	3,339	2,281	2,071
6				2,378	1,945	2,21	2,286	1,54	1,63	2,045
7				1,565	2,072	2,63	2,244	1,626	2,373	2
8					2,277	2,127	1,775	2,343	2,308	3,164
9					1,046	1,401	1,207	1,249	1,454	0,878
10						0,467	0,658	0,921	0,709	0,631
11						0,22	0,449	0,386	0,29	0,389
12						0,217	0,244	0,388	0,476	0,395
13							0,168	0,132	0,147	0,103
14							0,037	0,054	0,123	0,114
15							0,067	0,143	0,14	0,064
16							-0,002	0,104	0,027	0,065
17							0,022	0,033	0,019	0,019
18								0,066	0,049	0,059
19								0,025	0,011	0,07
20								0	0,037	0,005
21								0	0,022	0,007
22									0,017	0,045
23									0,006	0,002
24									-0,003	0,003
25										0,002
26										0,008
27										-0,007
28										-0,009
29										-0,006
30										

Teplotní mapa 15: Teplota vody – MODEL_C – predikovaný teplotní spád

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,375	0,357	0,386	0,518	0,434	0,412	0,283	0,209	0,489	0,449
2	1,172	0,944	1,206	1,137	1,135	1,048	1,232	1,290	1,373	1,278
3		1,835	1,916	2,063	1,779	1,589	1,557	1,650	1,920	1,849
4			3,320	2,930	2,889	3,356	3,593	3,908	3,319	3,624
5				3,063	3,182	3,018	3,302	2,451	2,955	2,887
6				1,447	0,966	1,026	0,824	1,252	1,141	1,256
7				1,267	1,406	1,160	1,000	0,950	0,959	0,697
8					1,911	1,879	1,663	1,888	1,538	1,438
9					2,291	1,942	2,153	2,153	2,225	2,339
10						1,282	1,085	1,072	1,233	1,201
11						0,652	0,625	0,703	0,715	0,660
12						0,404	0,416	0,373	0,358	0,365
13							0,233	0,276	0,223	0,239
14							0,141	0,093	0,108	0,078
15							0,037	0,054	0,038	0,021
16							0,017	-0,008	0,031	0,031
17							-0,054	-0,001	-0,061	-0,029
18								-0,033	-0,050	-0,033
19								-0,052	-0,015	-0,060
20								-0,025	-0,061	-0,056
21								-0,052	-0,067	-0,040
22									-0,055	-0,051
23									-0,061	-0,055
24									-0,060	-0,052
25										-0,036
26										-0,051
27										-0,039
28										-0,035
29										-0,031
30										

Na základě porovnání skutečně naměřeného a predikovaného teplotního spádu se vyhodnotí MODEL_C z hlediska odhadu skočné vrstvy, „termokliny a rychlosti poklesu teploty vody. Skočná vrstva neboli oblast, ve které teplotní změny jsou větší než 1 °C/m, byla

naměřena mezi 3-9 metrem. V teplotní mapě predikovaných hodnot se tato oblast pohybuje mezi 2-10 metrem. Co se týká predikce „termokliny“, tak MODEL_C se svým odhadem shoduje se skutečností. V rámci sledovaného podrobného měření byla „termoklina“ naměřena ve 4. metru nádrže, což koresponduje s predikcí. Posledním sledovaným parametrem je rychlost poklesu teploty vody. V tomto ohledu se predikované hodnoty přibližují skutečně naměřeným. Nejvyšší teplotní pokles 4,987 byl naměřen na svislici 8 ve 4. metru, přičemž ve stejném místě nádrže je odhadován nejvyšší pokles teploty vody v hodnotě 3,908.

Další teplotní mapy pro MODEL_C jsou součástí přílohy č. 21. Stejně jako v předchozích modelech teploty vody jsou v příloze umístěny 4 podrobná měření z roku 2018, a to z období 9.4., 4.6., 27.8. a 8.10., na kterých je vidět vývoj teploty vody v průběhu roku. MODEL_C rovněž jako předcházející modely predikuje posun metalimnia i „termokliny“ směrem ke dnu nádrže s přibývajícím časem a pozvolným oteplováním svrchní vrstvy vodní nádrže tak, jak je tomu ve skutečnosti.

MODEL_C disponuje nepřesnostmi v odhadu teploty vody, jež byly objeveny na základě porovnání teplotních map skutečně naměřených a predikovaných hodnot v rámci přílohy č. 21. 9.4.2018 a 4.6.2018 nejsou patrné vážné odchylky predikce od skutečnosti. Vrstvy epilimnia a hypolimnia se svými hodnotami přibližně shodují se skutečností, stejně jako oblast teplotního zlomu. Pro období 27.8.2018 a 8.10.2018 jsou na první pohled patrné nepřesnosti v odhadu. Predikované hodnoty udávají od hranice mezi epilimniem a skočnou vrstvou až ke dnu nádrže vyšší hodnoty, než byly naměřeny v rámci těchto podrobných měření. Tyto nepřesnosti se promítly v teplotních mapách reziduí.

V teplotní mapě reziduí pro období 27.8.2018 jsou zaznamenány vysoké hodnoty reziduí. Nejvyšší z nich má hodnotu -5,167. Dohromady je identifikováno 40 reziduí převyšující hodnotu 2 v absolutní hodnotě. Takovéto chybné odhady se vyskytují zejména v oblasti skočné vrstvy, kde dochází ke zvýšenému tempu poklesu teploty vody v nádrži. Napříč celým sezonním cyklem 2018 pro MODEL_C se rezidua vyskytují především v oblasti teplotních spádů.

Z pohledu vyhodnocení kvality modelu v oblasti predikce teplotního spádu, nedosahuje MODEL_C konzistentních výsledků, na základě porovnání skutečně naměřených a predikovaných teplotních spádů (viz příloha č. 21). Konkrétně 4.6. byl teplotní spád naměřen mezi 3-8 metrem, přičemž je predikován mezi 2-10 metrem vodní nádrže. Naopak

s ohledem na rychlost tempa poklesu teploty vody se výsledky predikce částečně přibližují realitě, kdy nejvyšší spád byl naměřen 5,436 a odhad činí 4,212. V následujícím podrobném měření, tedy 27.8. se výsledky predikce otočily. Odhad oblasti teplotního spádu se shoduje se skutečností a je definován mezi 5-11 metrem, avšak rychlost poklesu teploty vody na 1 metr se nepřibližuje realitě. Nejvyšší pokles byl naměřen 5,349, ale v rámci predikce činí nejvyšší pokles pouze 1,989. Model vícevrstvé neuronové sítě i v tomto případě disponoval nedostatky v odhadu skočné vrstvy. Absence MONTH1 jako faktoru ve struktuře proměnných vedlo k mírnému zhoršení modelu a nekonzistentnosti výsledků predikce.

6.4.4 Teplota vody – MODEL_D

Z obrázku č. 23 je patrná hodnota Relative Error, jež bude nápomocná pro MODEL_D a jeho číselné vyjádření kvality modelu. Tento údaj znázorňuje variabilitu závislé proměnné vysvětlené chybou, což vede k závěru, že trénovací množina je z 94,1 % vysvětlená modelem. V testovací množině je variabilita závislé proměnné vysvětlená z 94 % modelem.

Obrázek 23: Teplota vody – MODEL_D – shrnutí modelu

Training	Sum of Squares Error	186,873
	Relative Error	0,059
	Stopping Rule Used	1 consecutive step(s) with no decrease in error ^a
	Training Time	0:00:00,50
Testing	Sum of Squares Error	85,721
	Relative Error	0,060
Dependent Variable: TEPLOTA_nadrz		
a. Error computations are based on the testing sample.		

Teplotní mapa 16: Teplota vody – MODEL_D – skutečně naměřené hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	24,411	24,385	24,359	24,458	24,447	24,332	24,421	24,602	24,811	24,946
1	24,146	24,329	24,143	24,316	24,144	24,225	24,368	24,503	24,411	24,872
2	23,834	24,212	24,087	24,198	24,033	24,048	24,219	24,394	23,838	23,84
3		20,698	21,727	21,68	22,776	23,538	22,606	22,742	20,921	20,614
4			18,049	18,494	19,124	18,832	19,188	17,755	17,465	17,472
5				15,968	15,315	15,364	14,824	14,416	15,184	15,401
6				13,59	13,37	13,154	12,538	12,876	13,554	13,356
7				12,025	11,298	10,524	10,294	11,25	11,181	11,356
8					9,021	8,397	8,519	8,907	8,873	8,192
9					7,975	6,996	7,312	7,658	7,419	7,314
10						6,529	6,654	6,737	6,71	6,683
11						6,309	6,205	6,351	6,42	6,294
12						6,092	5,961	5,963	5,944	5,899
13							5,793	5,831	5,797	5,796
14							5,756	5,777	5,674	5,682
15							5,689	5,634	5,534	5,618
16							5,691	5,53	5,507	5,553
17							5,669	5,497	5,488	5,534
18								5,431	5,439	5,475
19								5,406	5,428	5,405
20								5,406	5,391	5,4
21								5,406	5,369	5,393
22									5,352	5,348
23									5,346	5,346
24									5,349	5,343
25										5,341
26										5,333
27										5,34
28										5,349
29										5,355
30										

Teplotní mapa 17: Teplota vody – MODEL_D – predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	23,009	23,489	24,371	24,670	24,007	23,714	23,973	24,389	24,031	24,001
1	22,180	22,759	23,542	23,724	23,112	22,764	22,881	23,267	22,991	23,044
2	21,031	21,736	22,380	22,436	21,885	21,487	21,424	21,773	21,599	21,750
3		20,358	20,845	20,786	20,290	19,854	19,587	19,893	19,836	20,083
4			18,947	18,808	18,352	17,904	17,430	17,691	17,755	18,072
5				16,615	16,179	15,757	15,107	15,327	15,497	15,838
6				14,374	13,951	13,589	12,838	13,020	13,260	13,578
7				12,265	11,865	11,581	10,824	10,974	11,235	11,500
8					10,070	9,866	9,185	9,307	9,547	9,749
9					8,638	8,501	7,944	8,043	8,237	8,380
10						7,479	7,054	7,134	7,277	7,374
11						6,750	6,442	6,507	6,603	6,667
12						6,249	6,035	6,087	6,147	6,188
13							5,769	5,811	5,846	5,872
14							5,600	5,634	5,652	5,668
15							5,495	5,522	5,529	5,538
16							5,430	5,452	5,452	5,458
17							5,392	5,409	5,406	5,410
18								5,384	5,380	5,382
19								5,370	5,365	5,366
20								5,363	5,357	5,358
21								5,360	5,355	5,355
22									5,355	5,355
23									5,356	5,356
24									5,358	5,358
25										5,360
26										5,363
27										5,365
28										5,367
29										5,369
30										

Srovnání teplotních map skutečně naměřených a predikovaných hodnot poslouží k identifikaci predikční schopnosti posledního modelu teploty vody rozšířeného o tzv. „termoklinu“. MODEL_D rovněž jako předchozí modely má v rámci predikce nedostatek

ve vrstvě epilimnia, kdy pokles teploty nastává o 1 metr dříve než u skutečně naměřených hodnot. V dalších aspektech porovnání těchto teplotních map nejsou očividné podstatné odchylky predikce od skutečnosti. Na hladině teploty vody vykazují své maximum v nádrži. V rámci predikce se teplotní zlom neboli změna barvy pohybuje ve stejné oblasti jako je tomu u skutečně naměřených hodnot. S přibývajícím hloubkou postupně klesá teplota vody i tempo poklesu, což je spojeno se vstupem do spodní vrstvy nádrže čili hypolimnia. Následuje teplotní mapa reziduí, jež znázorní nepřesnosti predikce na konkrétní svislici a hloubce.

Teplotní mapa 18: Teplota vody – MODEL_D – rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1,402	0,896	-0,012	-0,212	0,440	0,618	0,448	0,213	0,780	0,945
1	1,966	1,570	0,601	0,592	1,032	1,461	1,487	1,236	1,420	1,828
2	2,803	2,476	1,707	1,762	2,148	2,561	2,795	2,621	2,239	2,090
3		0,340	0,882	0,894	2,486	3,684	3,019	2,849	1,085	0,531
4			-0,898	-0,314	0,772	0,928	1,758	0,064	-0,290	-0,600
5				-0,647	-0,864	-0,393	-0,283	-0,911	-0,313	-0,437
6				-0,784	-0,581	-0,435	-0,300	-0,144	0,294	-0,222
7				-0,240	-0,567	-1,057	-0,530	0,276	-0,054	-0,144
8					-1,049	-1,469	-0,666	-0,400	-0,674	-1,557
9					-0,663	-1,505	-0,632	-0,385	-0,818	-1,066
10						-0,950	-0,400	-0,397	-0,567	-0,691
11						-0,441	-0,237	-0,156	-0,183	-0,373
12						-0,157	-0,074	-0,124	-0,203	-0,289
13							0,024	0,020	-0,049	-0,076
14							0,156	0,143	0,022	0,014
15							0,194	0,112	0,005	0,080
16							0,261	0,078	0,055	0,095
17							0,277	0,088	0,082	0,124
18								0,047	0,059	0,093
19								0,036	0,063	0,039
20								0,043	0,034	0,042
21								0,046	0,014	0,038
22									-0,003	-0,007
23									-0,010	-0,010
24									-0,009	-0,015
25										-0,019
26										-0,030
27										-0,025
28										-0,018
29										-0,014
30										

Vysoká rezidua se objevují na hranici mezi svrchní a skočnou vrstvou vodní nádrže. Jedná se o kladné hodnoty, což je důsledek dřívějšího poklesu teploty vody u predikovaných hodnot. Nejvyšší reziduum 3,684 je identifikováno na svislici 6 ve 3. metru. Dohromady 12 reziduí převyšuje hodnotu 2 v absolutní hodnotě. Ve zbytku nádrže rezidua nedosahují takto vysokých hodnot.

Teplotní mapa 19: Teplota vody – MODEL_D – skutečně naměřený teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,265	0,056	0,216	0,142	0,303	0,107	0,053	0,099	0,4	0,074
2	0,312	0,117	0,056	0,118	0,111	0,177	0,149	0,109	0,573	1,032
3		3,514	2,36	2,518	1,257	0,51	1,613	1,652	2,917	3,226
4			3,678	3,186	3,652	4,706	3,418	4,987	3,456	3,142
5				2,526	3,809	3,468	4,364	3,339	2,281	2,071
6				2,378	1,945	2,21	2,286	1,54	1,63	2,045
7				1,565	2,072	2,63	2,244	1,626	2,373	2
8					2,277	2,127	1,775	2,343	2,308	3,164
9					1,046	1,401	1,207	1,249	1,454	0,878
10						0,467	0,658	0,921	0,709	0,631
11						0,22	0,449	0,386	0,29	0,389
12						0,217	0,244	0,388	0,476	0,395
13							0,168	0,132	0,147	0,103
14							0,037	0,054	0,123	0,114
15							0,067	0,143	0,14	0,064
16							-0,002	0,104	0,027	0,065
17							0,022	0,033	0,019	0,019
18								0,066	0,049	0,059
19								0,025	0,011	0,07
20								0	0,037	0,005
21								0	0,022	0,007
22									0,017	0,045
23									0,006	0,002
24									-0,003	0,003
25										0,002
26										0,008
27										-0,007
28										-0,009
29										-0,006
30										

Teplotní mapa 20: Teplota vody – MODEL_D – predikovaný teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,828	0,730	0,830	0,946	0,895	0,949	1,093	1,121	1,040	0,957
2	1,149	1,024	1,162	1,287	1,227	1,278	1,457	1,494	1,392	1,294
3		1,378	1,535	1,650	1,595	1,633	1,837	1,880	1,763	1,667
4			1,898	1,977	1,938	1,950	2,157	2,202	2,081	2,011
5				2,194	2,173	2,147	2,322	2,364	2,258	2,234
6				2,241	2,228	2,168	2,269	2,307	2,237	2,260
7				2,108	2,087	2,008	2,014	2,046	2,025	2,079
8					1,795	1,716	1,639	1,666	1,687	1,751
9					1,432	1,365	1,242	1,264	1,310	1,368
10						1,022	0,890	0,909	0,960	1,007
11						0,729	0,612	0,627	0,673	0,707
12						0,501	0,408	0,420	0,456	0,479
13							0,265	0,276	0,301	0,316
14							0,169	0,177	0,194	0,204
15							0,106	0,112	0,123	0,129
16							0,065	0,070	0,076	0,080
17							0,038	0,043	0,046	0,048
18								0,025	0,027	0,028
19								0,014	0,015	0,016
20								0,007	0,007	0,008
21								0,003	0,003	0,003
22									0,000	0,000
23									-0,001	-0,001
24									-0,002	-0,002
25										-0,002
26										-0,002
27										-0,002
28										-0,002
29										-0,002
30										

Stejně jako předchozí modely, tak i MODEL_D bude vyhodnocen na základě teplotních map věnujících se teplotním spádům. Oblast teplotních spádů je odhadována mezi 2-10 metrem vodní nádrže, což příliš neodpovídá skutečnému měření, kde je tato oblast

identifikována mezi 3-9 metrem. Ani oblast nejvyšších teplotních skoků neboli „termoklina“ se příliš neshoduje s realitou. V rámci predikovaných hodnot se tato oblast nachází okolo 5. a 6. metru, přičemž ve skutečnosti byla naměřena ve 4. metru vodní nádrže. Co se týká tempa poklesu teploty vody, tak výsledky predikce se dokonce nepřibližují skutečnosti. Model vícevrstvé neuronové sítě bez proměnných MONTH1 a Spad_Mean ve své struktuře má v tomto ohledu obrovské nedostatky. Nejvyšší pokles teploty vody byl naměřen 4,987 na svislici 8 ve 4. metru. Na tomto místě predikce udává 2,202. Nejvyšší pokles teploty vody je odhadován 2,364 na svislici 8 v 5. metru.

V rámci přílohy č. 22 jsou k dispozici teplotní mapy z roku 2018. Jedná se o čtyři podrobná měření v průběhu jednoho roku, z kterých je zřejmý průběh teploty vody během sezonního cyklu. Predikované hodnoty pro MODEL_D přibližně kopírují vývoj teploty vody v rámci sezonního cyklu roku 2018. Tzn, že stejně jako v případě předchozích modelů se skočná vrstva s přibývajícím časem a pozvolným prohříváním vody u hladiny posouvá směrem ke dnu nádrže.

Vzhledem k tomu, že ve struktuře proměnných pro MODEL_D byly současně vynechány MONTH1 a Spad_Mean, lze očekávat, že se tyto změny projeví ve schopnosti predikce teploty vody. Výsledné predikce pro období 9.4.2018 nezaznamenaly výrazné změny, jelikož ve fázi jarní cirkulace se nevyskytuje vrstva metalimnia. V rámci podrobného měření 4.6.2018 se pouze drobně vychyluje odhad teplotního zlomu od skutečnosti. Srovnání teplotních map skutečně naměřených a predikovaných hodnot pro následující období podrobných měření již ukázalo výrazné změny a nepřesnosti. 27.8.2018 jsou patrné výrazné nepřesnosti v odhadu ve vrstvě epilimnia, kde jsou predikce vyšší až o 3 °C oproti skutečnosti, což má vliv i na teplotní zlom, jež je odhadovaný ve větší hloubce. Tyto chyby se následně výrazně projeví v teplotní mapě reziduí (viz příloha č. 22). Predikované hodnoty v období 8.10.2018 oproti skutečnosti vykazují nepřesnosti v epilimniu, kde se odhadují nižší hodnoty. V hypolimniu se naopak odhadují vyšší hodnoty teploty vody a teplotní zlom je oproti skutečnosti posunut do větší hloubky.

Jak již bylo zmiňováno, tak pro podrobné měření z 27.8.2018 teplotní mapa reziduí identifikovala vysoké hodnoty a velké množství reziduí především ve svrchní a skočné vrstvě. Nejvyšší reziduum je zaznamenáno v hodnotě -5,780. Napříč celou teplotní mapou je identifikováno 54 reziduí, jež přesahují 2 v absolutní hodnotě. V rámci období 4.6.2018 a 8.10.2018 je registrováno nezanedbatelné množství 33 respektive 20 reziduí přesahujících hodnotu 2 v absolutní hodnotě.

MODEL_D se v oblasti teplotního spádu svými odhady zcela minimálně přibližuje skutečně naměřeným hodnotám (viz příloha č. 22). 4.6.2018 byla skočná vrstva naměřena mezi 3-8 metrem a nejvyšší pokles teploty vody v hodnotě 5,436. Predikce tyto parametry odhaduje mezi 1-10 metrem, respektive v hodnotě 2,441. V následujícím podrobném měření tedy 27.8.2018 byl teplotní spád naměřen mezi 5-11 metrem, přičemž odhad je mezi 3-13 metrem. V tomto období byl nejvyšší pokles naměřen v hodnotě 5,349 a predikce udává hodnotu 1,669. Je zřejmé, že vypuštění MONTH1 a Spad_Mean ze struktury proměnných modelu vedlo ke zhoršení predikční schopnosti především v oblasti metalimnia ve fázi letní stratifikace.

6.4.5 Kyslík

Pro vyhodnocení kvality modelu kyslíku se stejně jako pro předešlé modely využije Relative Error (viz obr. č. 24). Ovšem oproti teplotním modelům převyšuje chyba modelu 10 % u obou množin. Konkrétně je variabilita závislé proměnné u trénovací množiny vysvětlena modelem z 86,6 % a u testovací množiny je vysvětlena modelem z 85,4 %.

Obrázek 24: Kyslík – shrnutí modelu

Training	Sum of Squares Error	458,395
	Relative Error	0,134
	Stopping Rule Used	Maximum number of epochs (100) exceeded
	Training Time	0:00:01,26
Testing	Sum of Squares Error	225,002
	Relative Error	0,146
Dependent Variable: KYSLIK_nadrz_upraveno		

Teplotní mapa 21: Kyslík – skutečně naměřené hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	109,1	106,6	108,1	114	114,1	112,1	111,3	108,7	106,6	106,7
1	109,9	106,7	110,6	115,8	114,4	113,6	111,3	109,2	106,8	106,5
2	94,4	106,5	110,5	115,9	114,2	114,2	112,2	109,4	105,7	109
3		60,4	100,9	127,8	133,9	121,4	141,1	132	123,4	128,3
4			39,3	101,2	118,1	123,5	129,9	121,5	117,1	113,7
5				63,1	71,8	82,3	81,4	92	105,1	106,4
6				12,5	23,5	34,6	35,9	70,8	94,3	91,4
7				0,4	3,5	1,8	6,4	50,1	100,7	98,1
8					0,4	0,2	1,7	5,1	84,7	39,3
9					0,2	0,2	0,3	2,1	14,1	18,6
10						0,2	0,3	2,1	9,5	12,5
11						0,2	1,7	9,2	14	17,6
12						0,2	0,6	16,4	17,1	21,3
13							0,6	11,6	20,3	25,2
14							0,6	9,3	23	27,7
15							0,6	11,3	25,6	28,4
16							0,6	16,5	24,9	28,9
17							0,6	16,7	21,2	28,8
18								16,3	16,9	27,6
19								10,9	16	25,8
20								3,3	12,1	21,4
21								0,7	3,6	14
22									1	4,6
23									0	1
24									0	0
25										0
26										0
27										0
28										0
29										0
30										0

Teplotní mapa 22: Kyslík – predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	134,9	127,2	138,5	129,7	126,3	126,6	128,9	127,8	129,9	134,2
1	130,4	112,9	130,8	121,9	120,9	121,7	125,6	123,7	125,6	130,1
2	121,9	95,0	117,7	109,7	111,1	113,6	119,5	117,9	118,7	124,4
3		77,3	98,8	93,8	97,0	100,8	107,2	107,3	107,1	114,6
4			76,1	75,7	81,1	85,2	88,6	91,1	91,8	98,8
5				55,5	62,9	67,2	66,3	71,1	74,2	78,6
6				37,3	42,7	47,1	43,9	49,6	54,2	56,4
7				25,8	26,2	30,3	27,1	31,5	35,6	37,1
8					16,5	20,3	17,7	20,7	23,4	24,9
9					11,9	15,4	13,3	15,4	17,3	18,8
10						13,0	11,2	12,8	14,3	15,8
11						11,6	10,0	11,4	12,7	13,9
12						10,5	9,1	10,2	11,5	12,5
13							8,2	9,1	10,3	11,1
14							7,1	7,9	9,0	9,6
15							5,9	6,5	7,6	8,1
16							4,5	5,0	6,3	6,6
17							3,1	3,4	4,9	5,2
18								2,0	3,8	4,1
19								0,8	3,0	3,3
20								0,0	2,4	2,7
21								0,0	2,1	2,4
22									2,0	2,3
23									2,1	2,4
24									2,3	2,6
25										2,9
26										3,3
27										3,7
28										4,2
29										4,7
30										

I v rámci modelu kyslíku se porovnají teplotní mapy skutečně naměřených hodnot a predikovaných hodnot za účelem vyhodnocení kvality modelu. Oproti modelům teploty vody disponují teplotní mapy kyslíku pouze dvěma barvami. Výrazně červená

představuje nejvyšší hodnoty rozpuštěného kyslíku v nádrži, naopak bílá jeho nedostatek. Je zcela patrné, že svrchní vrstva (epilimnion) obsahuje největší množství rozpuštěného kyslíku, přičemž vrstva u dna nádrže (hypolimnion) trpí nedostatkem kyslíku. Obsah rozpuštěného kyslíku v nádrži se dostane ze svého maxima na minimum velmi rychlým až skokovým způsobem (skočná vrstva neboli metalimnion). Mezi největší odchylky mezi skutečně naměřenými a predikovanými hodnotami patří rozdíly na hladině a rychlost poklesu kyslíku ve skočné vrstvě. Predikce udávají na hladině vyšší hodnoty kyslíku, přičemž ve skočné vrstvě nedochází k tak rychlému nebo skokovému poklesu kyslíku jako u skutečně naměřených hodnot. Tyto nepřesnosti či nedostatky se zřetelně promítají do teplotní mapy reziduí vyobrazené níže.

Teplotní mapa 23: Kyslík – rezidua

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	-25,8	-20,6	-30,4	-15,7	-12,2	-14,5	-17,6	-19,1	-23,3	-27,5
1	-20,5	-6,2	-20,2	-6,1	-6,5	-8,1	-14,3	-14,5	-18,8	-23,6
2	-27,5	11,5	-7,2	6,2	3,1	0,6	-7,3	-8,5	-13,0	-15,4
3		-16,9	2,1	34,0	36,9	20,6	33,9	24,7	16,3	13,7
4			-36,8	25,5	37,0	38,3	41,3	30,4	25,3	14,9
5				7,6	8,9	15,1	15,1	20,9	30,9	27,8
6				-24,8	-19,2	-12,5	-8,0	21,2	40,1	35,0
7				-25,4	-22,7	-28,5	-20,7	18,6	65,1	61,0
8					-16,1	-20,1	-16,0	-15,6	61,3	14,4
9					-11,7	-15,2	-13,0	-13,3	-3,2	-0,2
10						-12,8	-10,9	-10,7	-4,8	-3,3
11						-11,4	-8,3	-2,2	1,3	3,7
12						-10,3	-8,5	6,2	5,6	8,8
13							-7,6	2,5	10,0	14,1
14							-6,5	1,4	14,0	18,1
15							-5,3	4,8	18,0	20,3
16							-3,9	11,5	18,6	22,3
17							-2,5	13,3	16,3	23,6
18								14,3	13,1	23,5
19								10,1	13,0	22,5
20								3,3	9,7	18,7
21								0,7	1,5	11,6
22									-1,0	2,3
23									-2,1	-1,4
24									-2,3	-2,6
25										-2,9
26										-3,3
27										-3,7
28										-4,2
29										-4,7
30										

Z teplotní mapy č. 23 je vidět, že formátování teplotní mapy reziduí pro model kyslíku je stejné jako pro předchozí modely teploty vody. Jedinou odlišností je hranice určující nepřesnost predikce. Pro model kyslíku se tato hranice nachází na hodnotě 40 v absolutní hodnotě a opět je označena výraznou červenou barvou. Je očividné, že horší kvalita modelu v podobě vyšší hodnoty Relative Error (viz obr. č. 24) se projevila na množství vysokých reziduí. Z teplotní mapy lze identifikovat celkem 23 reziduí, jež převyšují hodnotu 25 v absolutní hodnotě. Nejvyšší reziduum 65,1 se nachází na svislici 9 v 7. metru.

Největší koncentrace těchto reziduí je ve skočné vrstvě. Vícevrstvá neuronová síť nedokázala správně odhadnout okamžik a rychlost snižování obsahu rozpuštěného kyslíku v nádrži.

Chování kyslíku ve vodní nádrži v rámci sezonního cyklu je možné vidět v příloze č. 23, kde jsou umístěny teplotní mapy čtyř podrobných měření z roku 2018. Jsou zde definovány fáze jarní a podzimní cirkulace a letní stratifikace.

Ve fázi jarní cirkulace je vodní nádrž promíchána, proto se kyslík nachází i u dna nádrže. Nejvyšší hodnoty rozpuštěného kyslíku jsou naměřeny ve svrchní vrstvě a s přibývajícím hloubkou dochází k jeho pozvolnému poklesu. Z toho důvodu v období 9.4.2018 nejsou identifikovány v rámci teplotních map vysoké hodnoty reziduí.

S postupným oteplováním vodní nádrže ve fázi letní stratifikace se kyslík začíná odpařovat. U dna nádrže nastává jeho nedostatek a tvoří se skočná vrstva, kde na malou změnu hloubky připadá razantní pokles rozpuštěného kyslíku. Ke konci této fáze (přelom srpen a září) se kyslík nachází pouze ve vrstvě epilimnia. Na hranici mezi epilimniem a metalimniem přichází prudký pokles kyslíku, kdy během 1-2 metru klesne prakticky ze svého maxima na minimum. Směrem ke dnu nádrže se kyslík v nádrži nevyskytuje. Jak již bylo nastíněno, tak model vícevrstvé neuronové sítě má problém správně odhadnout okamžik, a především rychlost poklesu kyslíku ve skočné vrstvě. V této oblasti je největší četnost vysokých reziduí.

S ochlazováním teploty vzduchu a promícháváním vodního sloupce se obsah rozpuštěného kyslíku pozvolna dostává i do hlubších částí vodní nádrže. Tzn. že ve skočné vrstvě dochází ke zmírnění tempa poklesu kyslíku na 1 metr. V období 8.10.2018 se tedy snižuje četnost výskytu vysokých hodnot reziduí.

6.4.6 pH

Relative Error je znázorněn na obrázku č. 25. Z výstupu z programu IBM SPSS Modeler 18.1.1. je vidět, že pro model pH chyba převyšuje 10 % rovněž jako u modelu kyslíku. Pro trénovací množinu je podstatný údaj 89,8 % a pro testovací množinu 87,8 %. Jedná se o procentuální vyjádření variability závislé proměnné vysvětlené modelem.

Obrázek 25: pH – shrnutí modelu

Training	Sum of Squares Error	320,932
	Relative Error	0,102
	Stopping Rule Used	Maximum number of epochs (100) exceeded
	Training Time	0:00:01,94
Testing	Sum of Squares Error	171,683
	Relative Error	0,122
Dependent Variable: PH_nadrz		

Teplotní mapa 24: pH – skutečně naměřené hodnoty

	SVISLICE										
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	7,86	7,83	7,9	8,03	8,05	8,02	8,02	7,98	7,94	7,95	
1	7,9	7,84	7,98	8,08	8,06	8,04	8,02	8	7,96	7,95	
2	7,49	7,85	7,98	8,06	8,03	8,04	8,04	8	7,85	8,01	
3		6,95	7,51	8,1	8,23	8,11	8,36	8,33	8,25	8,26	
4			6,78	7,51	7,88	8,14	8,24	8,15	8,22	8,17	
5				6,88	7,02	7,27	7,24	7,59	8,11	8,13	
6				6,56	6,63	6,73	6,73	7,2	7,85	7,84	
7				6,53	6,56	6,54	6,57	6,78	8,15	7,98	
8					6,53	6,5	6,53	6,52	7,2	6,7	
9					6,5	6,46	6,49	6,5	6,53	6,53	
10						6,44	6,46	6,47	6,5	6,51	
11						6,43	6,44	6,48	6,51	6,52	
12						6,42	6,43	6,49	6,52	6,53	
13							6,42	6,46	6,52	6,54	
14							6,42	6,44	6,52	6,55	
15							6,42	6,46	6,53	6,55	
16							6,43	6,48	6,52	6,54	
17							6,43	6,47	6,5	6,54	
18								6,46	6,49	6,53	
19								6,44	6,48	6,52	
20								6,42	6,45	6,49	
21								6,42	6,43	6,46	
22									6,42	6,42	
23									6,43	6,42	
24									6,44	6,43	
25										6,45	
26										6,46	
27										6,47	
28										6,47	
29										6,47	
30											

Teplotní mapa 25: pH – predikované hodnoty

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	8,24	8,21	8,16	8,24	8,34	8,35	8,30	8,49	8,49	8,51
1	8,05	8,02	7,98	8,05	8,16	8,15	8,08	8,27	8,28	8,29
2	7,87	7,82	7,80	7,87	7,98	7,97	7,90	8,08	8,09	8,10
3		7,60	7,62	7,67	7,80	7,79	7,74	7,89	7,91	7,93
4			7,41	7,45	7,59	7,59	7,57	7,69	7,73	7,76
5				7,20	7,35	7,36	7,38	7,47	7,53	7,57
6				6,99	7,10	7,10	7,16	7,22	7,29	7,35
7				6,83	6,88	6,88	6,93	6,99	7,06	7,11
8					6,74	6,73	6,76	6,83	6,88	6,92
9					6,65	6,64	6,65	6,72	6,77	6,79
10						6,58	6,59	6,66	6,71	6,72
11						6,55	6,55	6,63	6,67	6,68
12						6,52	6,53	6,60	6,64	6,65
13							6,51	6,58	6,63	6,63
14							6,50	6,57	6,61	6,62
15							6,49	6,55	6,60	6,60
16							6,48	6,54	6,59	6,59
17							6,47	6,53	6,58	6,58
18								6,52	6,57	6,57
19								6,51	6,56	6,56
20								6,50	6,55	6,56
21								6,49	6,54	6,55
22									6,53	6,54
23									6,52	6,53
24									6,52	6,53
25										6,52
26										6,51
27										6,51
28										6,50
29										6,50
30										

Z důvodu ověření predikční schopnosti modelu pH, budou porovnány teplotní mapy skutečně naměřených a predikovaných hodnot. Jak je možné vidět, formátování těchto teplotních map se skládá ze tří barev. Bílá barva představuje hodnotu 7 neboli neutralnost vody z pohledu pH. Vyšší hodnoty reprezentují zásaditost vody a jsou vyznačeny červeně, naopak nižší hodnoty znamenají kyselost vody a jsou označeny modře. V rámci daného období podrobného měření je zjevné, že ve svrchní vrstvě u hladiny se vyskytuje mírně zásaditá voda a ve spodní vrstvě u dna nádrže naopak mírně kyselá voda. Ve skočné vrstvě dochází ke změně vody ze zásadité na kyselou. Největší nepřesnosti lze vyzorovat na hladině a ve skočné vrstvě. Predikované hodnoty mají na hladině vyšší hodnoty pH než skutečně naměřené. Ve skutečnosti byl naměřen rychlý až skokový pokles pH ve skočné vrstvě, avšak v rámci predikce je tento pokles pouze pozvolný. Tyto nedostatky se nejspíš projeví v teplotní mapě reziduí.

Teplotní mapa 26: pH – rezidua

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	-0,38	-0,38	-0,26	-0,21	-0,29	-0,33	-0,28	-0,51	-0,55	-0,56
1	-0,15	-0,18	0,00	0,03	-0,10	-0,11	-0,06	-0,27	-0,32	-0,34
2	-0,38	0,03	0,18	0,19	0,05	0,07	0,14	-0,08	-0,24	-0,09
3		-0,65	-0,11	0,43	0,43	0,32	0,62	0,44	0,34	0,33
4			-0,63	0,06	0,29	0,55	0,67	0,46	0,49	0,41
5				-0,32	-0,33	-0,09	-0,14	0,12	0,58	0,56
6				-0,43	-0,47	-0,37	-0,43	-0,02	0,56	0,49
7				-0,30	-0,32	-0,34	-0,36	-0,21	1,09	0,87
8					-0,21	-0,23	-0,23	-0,31	0,32	-0,22
9					-0,15	-0,18	-0,16	-0,22	-0,24	-0,26
10						-0,14	-0,13	-0,19	-0,21	-0,21
11						-0,12	-0,11	-0,15	-0,16	-0,16
12						-0,10	-0,10	-0,11	-0,12	-0,12
13							-0,09	-0,12	-0,11	-0,09
14							-0,08	-0,13	-0,09	-0,07
15							-0,07	-0,09	-0,07	-0,05
16							-0,05	-0,06	-0,07	-0,05
17							-0,04	-0,06	-0,08	-0,04
18								-0,06	-0,08	-0,04
19								-0,07	-0,08	-0,04
20								-0,08	-0,10	-0,07
21								-0,07	-0,11	-0,09
22									-0,11	-0,12
23									-0,09	-0,11
24									-0,08	-0,10
25										-0,07
26										-0,05
27										-0,04
28										-0,03
29										-0,03
30										

Jak již bylo avizováno, tak vysoká rezidua se objevují na hladině a v oblasti skočné vrstvy (viz teplotní mapa č. 26), kde dochází ke změně vody ze zásadité na kyselou. Na hladině se jedná o záporné hodnoty reziduí, tzn. že predikce udávají vyšší hodnoty, než ve skutečnosti byly naměřeny. Ve skočné vrstvě se naopak vyskytují kladné hodnoty reziduí, což je zapříčiněno dřívějším poklesem pH oproti skutečnosti. Vícevrstvá neuronová síť neodhadla vhodný moment a rychlost poklesu pH, jež by korespondoval se skutečně naměřenými hodnotami. Teplotní mapa reziduí pro model pH identifikuje vysoká rezidua na hranici 0,7 v absolutní hodnotě, tyto nepřesnosti jsou opět označeny červenou barvou. Nejvyšší reziduum 1,09 je označeno na svislici 9 v 7. metru a v rámci celé mapy je identifikováno 17 reziduí převyšující hodnotu 0,45 v absolutní hodnotě.

V příloze č. 24 jsou zobrazeny teplotní mapy čtyř po sobě jdoucích podrobných měření, jež vymezují změnu chování pH v průběhu roku. Jedná se o měření z 9.4., 4.6., 27.8. a 8.10. roku 2018.

9.4.2018 je spojeno s fází jarní cirkulace, kdy nejsou identifikovány významné nepřesnosti v predikci pH. Důvodem je promíchání celého vodního sloupce, což představuje malé rozpětí hodnot pH mezi hladinou a dnem vodní nádrže. To tedy vede i k pozvolnému a mírnému poklesu pH mezi jednotlivými metry v nádrži. Jedinou nepřesností v rámci

tohoto měření jsou predikce na dně nádrže, kde model udává vyšší hodnoty, než ve skutečnosti byly.

Ve fázi letní stratifikace a rozdělením vodní nádrže na jednotlivé vrstvy, způsobené prohříváním vodního sloupce, dochází ke zvětšování rozpětí mezi maximální a minimální hodnotou pH. Ve vrstvě epilimnia se nachází nejvyšší hodnoty pH. Ve skočné vrstvě při malé změně hloubky nastává prudký pokles pH. V hypolimniu se již hodnoty příliš nemění a drží se u svého minima. Na přelomu srpna a září dosahuje rozpětí hodnot mezi epilimniem a hypolimniem svého maxima, což vede i k největší četnosti reziduí. Vícevrstvá neuronová síť provádí pozvolný pokles pH rozprostřený do několika metrů, přičemž ve skutečnosti je pokles velmi rychlý a prudký. To vede k výskytu vysokých hodnot reziduí ve skočné vrstvě.

Z teplotních map v rámci období 8.10.2018 je patrné, že se snižuje četnost vysokých hodnot reziduí. Podzimní cirkulace postupně promíchává celou vodní nádrž a snižuje se rozpětí hodnot mezi epilimniem a hypolimniem. Tím pádem se snižuje i tempo poklesu pH a je rozprostřeno do několika metrů.

7 Shrnutí výsledků

Na základě cíle diplomové práce byly pomocí vícevrstvé perceptronové sítě sestaveny modely pro predikování kyslíku, pH a teploty vody rozšířené o tzv. „termoklinu“ ve vodní nádrži Vrchlice. Pro predikování teploty vody byly vytvořeny 4 modely, které se drobně lišily z hlediska struktury proměnných. U žádného z těchto modelů hodnota ukazatele Relative Error nepřekročila 6 %. Nejnižší chyby dosáhl MODEL_A, a to konkrétně 3,4 %, což naznačovalo, že v porovnání s ostatními modely budou jeho výsledky predikce nejlepší, ovšem pouze za podmínky, že chování v nádrži a v podnebí bude standardní. Například při delší zimě, chladnějším létu či jiným nestandardním projevům bude MODEL_A i MODEL_B generovat vysoká rezidua vzhledem k přítomnosti proměnné MONTH1 ve struktuře proměnných. Na základě srovnání teplotních map, které jsou v textu práce i přílohách se domněnka potvrdila a MODEL_A vykazoval nejlepší výsledky. Nicméně ze srovnání byly patrné určité nedostatky při predikování teploty vody. Vzhledem ke specifickému chování teploty vody zejména ve fázi letní stratifikace, kdy dochází k posunu skočné vrstvy tudíž i termokliny směrem ke dnu nádrže v závislosti na postupném prohřívání vodního sloupce, bylo identifikováno relativně vysoké množství reziduí. Predikce ve vrstvách epilimnia a hypolimnia dopadly uspokojivě a nebyla v nich identifikována vysoká koncentrace reziduí. Naopak ve skočné vrstvě, jež odděluje zmiňované vrstvy, byla identifikována nejvyšší rezidua i jejich nejvyšší četnost. Na základě poskytnutých dat a jejich rozsahu se neuronová síť nedokázala lépe naučit chování ve skočné vrstvě, o které šlo zadavateli dat především. Nicméně z výsledků predikce je možné s určitou mírou nejistoty alespoň předpovídat oblast, ve které se bude skočná vrstva vyskytovat.

Pro predikování kyslíku byl vytvořen pouze jeden model, jehož Relative Error převyšovala 14 %, což nenaznačovalo příliš optimistické výsledky predikce. Teplotní mapy ukázaly, že stejně jako u teploty vody byla nejvyšší koncentrace reziduí v oblasti skočné vrstvy. Relativně vysoká koncentrace byla identifikována i ve vrstvě epilimnia. Kyslík je svým chováním ve fázi letní stratifikace ještě specifitější než teplota vody, a to tím, že ve skočné vrstvě je schopen na 2-3 metrech spadnout takřka ze svého maxima na své minimum. Toto chování kyslíku se neuronová síť nebyla schopna naučit, a proto rezidua ve skočné vrstvě dosahovala až několika desítek procent.

Rovněž jeden model byl vytvořen pro predikování pH. Hodnota Relative Error byla opět vyšší než 10 %. Vzhledem k tomu, že struktura proměnných tohoto modelu byla zcela stejná jako u modelu kyslíku, tak byly i výsledky predikce dosti podobné. Jedinou odlišností bylo, že rezidua nebyla tak vysoká jako v případě kyslíku, a to díky tomu, že hodnota pH ve skočné vrstvě neklesá tak prudce.

Výsledky modelů pro predikování teploty vody, kyslíku a pH byly prezentovány zadavateli dne 2.7.2020. Představené modely pro zástupce Povodí Labe nedosahovaly dostatečně dobrých výsledků. Nicméně zadání bylo splněno a na žádost Povodí Labe bude sepsána podrobná zpráva z celého šetření. Zda bude některý z výše představených modelů alespoň částečně použitelný, záleží na interním vyhodnocení Povodí Labe, státní podnik.

8 Závěr

Metody a techniky data miningu, potažmo neuronových sítí, jsou neustále rostoucím a rozvíjejícím se trendem, jež stále pronikají do nových oblastí jejich využití. V rámci diplomové práce byly tyto techniky použity pro predikování veličin ve vodní nádrži. I přes neustále rostoucí poptávku po těchto nástrojích výsledky ukazují, že mají své limity a nedokáží vždy, pro každý problém a při jakékoli struktuře a rozsahu dat dosáhnout kvalitního výsledku.

Nicméně není namístě upouštět od využívání těchto technik v rámci dané oblasti, jež byla předmětem práce, nýbrž se zamyslet nad možným vylepšením stávajících modelů. Za vyzkoušení by stálo doplnit poskytnutá data o další signály, jež má Povodí Labe k dispozici, a které by případně mohly mít vliv na výsledky modelů. Dalším přínosem by mohlo být zvýšení rozsahu datových souborů. V tuto chvíli byly k dispozici data za posledních cca 15 let. Pokud by bylo možné získat data pro dalších 10, 20 nebo dokonce 30 let, dalo by se uvažovat nad rozdělením modelů podle jednotlivých fází vodní nádrže a snížení tak množství nepřesných predikcí. Řešením by rovněž mohlo být měření denní teploty vody do omezené hloubky např. 10-12 metrů, což by mohlo zlepšit predikční schopnosti modelů ve skočné vrstvě ve fázi letní stratifikace. Dalším možným řešením pro zlepšení modelů by mohlo být snížení intervalu mezi jednotlivými podrobnými měřeními. Závislé proměnné v modelech byly měřeny 6krát do roka, tzn. přibližně jednou za dva měsíce. Toto zvýšení počtu měření by znamenalo, že neuronová síť by měla k dispozici více záznamů, tedy informací k naučení. V tomto případě by ovšem vyvstala otázka, zda by Povodí Labe stále potřebovalo modely pro predikování veličin ve vodní nádrži při zvýšení počtu podrobných měření v průběhu jednoho roku.

9 Použité zdroje

- [1] *Základní údaje o státním podniku* [online]. Ministerstvo zemědělství: © 2009-2020 [cit. 2020-06-27]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/pla/portal/zakladni-informace/>
- [2] *Předmět činnosti* [online]. Povodí Labe – státní podnik: © 2009 [cit. 2020-06-27]. Dostupné z: http://www.pla.cz/planet/webportal/internet/cs/obsah/predmet-cinnosti_495.html
- [3] *Přehrada Vrchlice* [online]. Povodí Labe – státní podnik: © 2009 [cit. 2020-06-30]. Dostupné z: http://www.pla.cz/planet/public/vodnidila/prehrada_vrchlice.pdf
- [4] Téma: Poskytnutá data pro výzkum; Data předal LINDER, J. referent aplikačního software. Hradec Králové 17.10.2019
- [5] Téma: Způsob měření poskytnutých signálů; Informace poskytli MEDEK, J. referent kvality vody v nádržích, RIEGR, M. referent provozu monitorovacích systémů. Hradec Králové 16.6.2020
- [6] Téma: Korekce získaných dat; Informace poskytli MEDEK, J. referent kvality vody v nádržích, RIEGR, M. referent provozu monitorovacích systémů. Hradec Králové 16.6.2020
- [7] Téma: Následné využití dat; Informace poskytli MEDEK, J. referent kvality vody v nádržích, RIEGR, M. referent provozu monitorovacích systémů. Hradec Králové 16.6.2020
- [8] Téma: Využití modelů predikce; Informace poskytli MEDEK, J. referent kvality vody v nádržích, RIEGR, M. referent provozu monitorovacích systémů. Hradec Králové 16.6.2020
- [9] SPURNÝ, P., MAREŠ, J., KOPP, R., ŘEZNÍČKOVÁ, P. *Hydrobiologie a rybářství*. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015, 254 s., ISBN 978-80-7509-345-5
- [10] AMBROŽOVÁ, J. *Aplikovaná a technická hydrobiologie*. 2. vyd. Praha: VŠCHT v Praze, 2003, 226 s., ISBN 90-7090-521-8

- [11] PETRTÝL, M. *Úvod do hydrobiologie* [online]. Praha: ČZU v Praze, 2014 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: http://ryby.agrobiologie.cz/wp-content/uploads/hydrobiologie_e-learning_Petrtyl_CZU.pdf
- [12] ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J. *Encyklopedie hydrobiologie: Tepelný režim ve vodách* [online]. Praha: VŠCHT v Praze, 2007 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: https://vydavatelstvi-old.vscht.cz/knihy/uid_es-006/ebook.anotace.htm
- [13] BEJČKOVÁ, K. *Vliv změny klimatu na teplotní stratifikaci vodních nádrží Josefovův Důl a souš* [online]. Praha, 2019 [cit. 2020-06-11]. Diplomová práce. Fakulta stavební. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80972/F1-DP-2019-Bejckova-Karolina-Text.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>
- [14] ŠVEHLÁKOVÁ, H., NOVÁKOVÁ, J., MELČÁKOVÁ, I. *Ekologické aspekty technické hydrobiologie: Teplota a teplotní stratifikace* [online]. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2006 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: <http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/>
- [15] KOPP, R., HILSCEROVÁ, K., POŠTULKOVÁ, E. *Základy vodní ekotoxikologie*. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015, 152 s., ISBN 978-80-7509-334-9
- [16] LIPTÁKOVÁ, L., PUČOVÁ, J. Kyselost a zásaditost. In: *Portál Webchemie* [online]. 6.1.2015 [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: <https://www.webchemie.cz/pH.html>
- [17] SMITH-MILES, K. Exploratory data analysis. *International Encyclopedia of Statistical Science* [online]. Berlín, Heidelberg: Springer, 2011 [cit. 2020-07-08]. Dostupné z: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-642-04898-2_242
- [18] HAN, J., KAMBER, M. a PEI, J. *Data mining: concepts and techniques*. 3. vyd. Waltham: Morgan Kaufmann, 2012, 744 s., ISBN 978-0-12-381479-1
- [19] BŘEZINA, T. *Využití neuronových sítí pro prostorové interpolace* [online]. Ostrava, 2018 [cit. 2020-07-04]. Bakalářská práce. VŠB-TUO, Hornicko-geologická fakulta. Dostupné z: https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/130147/BRE0114_HGF_B1316_3646R006_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=n

- [20] GURNEY, K. *An introduction to neural networks*. 1. vyd. Londýn: Routledge, 2003, 317 s., ISBN 0-203-45151-1
- [21] JIMÉNEZ, S. G. *Multilayer neural networks: learning models and applications* [online]. Barcelona, 1994 [cit. 2020-07-08]. Disertační práce. Barcelonská univerzita, Katedra struktury a složení látek. Dostupné z: https://deim.urv.cat/~sergio.gomez/papers/Gomez-Multilayer_neural_networks_learning_models_and_applications.pdf
- [22] ŠÍMA, J., NERUDA., R. *Teoretické otázky neuronových sítí*, 1. vyd. Praha: Matfyzpress, 1996, 390 s. ISBN 80-85863-18-9
- [23] HAYKIN, S. *Neural networks and learning machines*. 3. vyd. Hamilton: Pearson, 2008, 936 s., ISBN 0-13-147139-2
- [24] VOŽENÍLEK, V. *Metody umělé inteligence v geoinformatice*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011, 192 s., ISBN 978-80-244-2945-8.
- [25] MEHTA, A. A Comprehensive Guide to Types of Neural Networks. *Digital Vidya* [online]. 2019 [cit. 2020-07-16]. Dostupné z: <https://www.digitalvidya.com/blog/types-of-neural-networks/>
- [26] VOLNÁ, E. *Neuronové sítě I* [online]. 2. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2008 [cit. 2020-07-18]. Dostupné z: https://www1.osu.cz/~volna/Neuronove_site_skripta.pdf
- [27] Types of neural networks and definition of neural networks. *Great learning* [online]. 2020 [cit. 2020-07-16]. Dostupné z: <https://www.mygreatlearning.com/blog/types-of-neural-networks/>
- [28] MALADKAR, K. 6 Types of Artificial Neural Networks Currently Being Used in Machine Learning. *Analytics india magazine* [online]. 2018 [cit. 2020-07-16]. Dostupné z: <https://analyticsindiamag.com/6-types-of-artificial-neural-networks-currently-being-used-in-todays-technology/>
- [29] LE, J. The 10 Neural Network Architectures Machine Learning Researchers Need To Learn. *Medium* [online]. 2018 [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: <https://medium.com/cracking-the-data-science-interview/a-gentle-introduction-to-neural-networks-for-machine-learning-d5f3f8987786>

- [30] MACEČEK, A. *Rychlost učení vícevrstvé sítě* [online]. Brno, 2011 [cit. 2020-07-20]. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Dostupné z: <https://core.ac.uk/download/pdf/30281265.pdf>.
- [31] KAČER, P. *Vícevrstvá neuronová síť* [online]. Brno, 2013 [cit. 2020-07-20]. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=64938
- [32] AGGARWAL, Ch. C. *Neural networks and deep learning*. 1. vyd. Berlín, Heidelberg: Springer, 2018, 512 s. ISBN 978-3-319-94462-3
- [33] FAUSETT, L. V. *Fundamentals of neural networks: architectures, algorithms and applications*. 1. vyd. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1994, 461 s. ISBN 978-0-13-334186-7
- [34] MASTERS, T. *Practical neural network recipes in C++*. 1. vyd. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1993, 493 s. ISBN 978-0-12-479040-7
- [35] DUNHAM, M. H. *Data Mining*. 1. vyd. New Jersey: Prentice-Hall, 2003, 336 s. ISBN 0-13-088892-3
- [36] BROWNIEE, J. When to Use MLP, CNN, and RNN Neural Networks. *Machine Learning Mastery* [online]. Vermont, Victoria: Browniee, 2018 [cit. 2020-07-25]. Dostupné z: <https://machinelearningmastery.com/when-to-use-mlp-cnn-and-rnn-neural-networks/>
- [37] DEV, A. a JAIN, V. Identifying Phished Website Using Multilayer Perceptron. In: *Springer Link* [online]. Singapur: Springer, 2020 [cit. 2020-07-25]. Dostupné z: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-4218-3_37
- [38] QI, YL., ZHANG, GS. a LI, YL. A New Method to Generate Semantic Templates Based on Multilayer Perceptron. In: *Springer Link* [online]. Singapur: Springer, 2016 [cit. 2020-07-25]. Dostupné z: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-0740-8_5
- [39] SENHAJI, K., RAMCHOUN H. a ETTOUIL. M. Multilayer Perceptron: NSGA II for a New Multi-objective Learning Method for Training and Model

- Complexity. In: *Springer Link* [online]. Cham: Springer, 2018 [cit. 2020-07-25]. Dostupné z: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-91337-7_15
- [40] BANSAL, P., GUPTA S., KUMAR, S. a kol. MLP-LOA: a metaheuristic approach to design an optimal multilayer perceptron. In: *Springer Link* [online]. Singapur: Springer, 2019 [cit. 2020-07-25]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00500-019-03773-2#citeas>
- [41] JAČANINOVÁ, A. Co je to interpolace. In: *Matematika v ekonomii* [online]. 2009 [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <http://matematika-v-ekonomii.blog.cz/0910/co-je-to-interpolace>

Seznam tabulek

Tabulka 1: Vrchlice_nadrz.sgl - EDA	47
Tabulka 2: Vrchlice data.dsv - EDA	47
Tabulka 3: Přehled proměnných po propojení souborů.....	55

Seznam obrázků

Obrázek 1: Klenbová hráz z ptačí perspektivy	4
Obrázek 2: Příčný řez hrází v místě spodní výpusti	9
Obrázek 3: Schéma teplotního profilu vodní nádrže	12
Obrázek 4: Názorné schéma cyklu dimiktického jezera mírného pásu.....	13
Obrázek 5: Změny teploty vody a vzduchu v průběhu vegetačního období	14
Obrázek 6: Teplotní profil vodní nádrže v ročních obdobích	15
Obrázek 7: Průběh vertikální stratifikace kyslíku, oxidu uhličitého a teploty v době letní stratifikace	16
Obrázek 8: Vertikální distribuce rozpuštěného kyslíku v typech vod (A – D)	16
Obrázek 9: Co je kyselé a co zásadité?.....	17
Obrázek 10: Biologický model neuronu.....	27
Obrázek 11: Přehled nejvyžívanějších typů neuronových sítí.....	30
Obrázek 12: Neuron.....	34
Obrázek 13: Značení neuronů, vah, vstupů a výstupů v neuronové síti	36
Obrázek 14: Teplota vody – MODEL_A – informace o neuronové síti	63
Obrázek 15: Teplota vody – MODEL_B – informace o neuronové síti	66
Obrázek 16: Teplota vody – MODEL_C – informace o neuronové síti	68
Obrázek 17: Teplota vody – MODEL_D – informace o neuronové síti	71
Obrázek 18: Kyslík – informace o neuronové síti.....	74
Obrázek 19: pH – informace o neuronové síti.....	77
Obrázek 20: Teplota vody – MODEL_A – shrnutí modelu	80
Obrázek 21: Teplota vody – MODEL_B – shrnutí modelu	85
Obrázek 22: Teplota vody – MODEL_C – shrnutí modelu	90
Obrázek 23: Teplota vody – MODEL_D – shrnutí modelu	95
Obrázek 24: Kyslík – shrnutí modelu.....	100
Obrázek 25: pH – shrnutí modelu	104

Seznam grafů

Graf 1: Lineární aktivační funkce.....	41
Graf 2: Skoková aktivační funkce	42
Graf 3: Sigmoidní aktivační funkce.....	42
Graf 4: Funkce hyperbolického tangens	43
Graf 5: Gaussova aktivační funkce.....	43
Graf 6: Grafické vyobrazení lineární interpolace	53
Graf 7: TEPLOTA_nadrz – predikce podle pozorování (anomálie)	58
Graf 8: KYSLIK_nadrz_upraveno – predikce podle pozorování (anomálie)	59
Graf 9: PH_nadrz – predikce podle pozorování (anomálie).....	60
Graf 10: Teplota vody – MODEL_A – predikce podle pozorování.....	63
Graf 11: Teplota vody – MODEL_A – rezidua podle predikcí.....	64
Graf 12: Teplota vody – MODEL_A – histogram reziduí	64
Graf 13: Teplota vody – MODEL_B – predikce podle pozorování	66
Graf 14: Teplota vody – MODEL_B – rezidua podle predikcí.....	67
Graf 15: Teplota vody – MODEL_B – histogram reziduí.....	67
Graf 16: Teplota vody – MODEL_C – predikce podle pozorování	69
Graf 17: Teplota vody – MODEL_C – rezidua podle predikcí.....	69
Graf 18: Teplota vody – MODEL_C – histogram reziduí.....	70
Graf 19: Teplota vody – MODEL_D – predikce podle pozorování.....	71
Graf 20: Teplota vody – MODEL_D – rezidua podle predikcí.....	72
Graf 21: Teplota vody – MODEL_D – histogram reziduí	72
Graf 22: Kyslík – predikce podle pozorování	74
Graf 23: Kyslík – rezidua podle predikcí	75
Graf 24: Kyslík – histogram reziduí.....	76
Graf 25: pH – predikce podle pozorování	77
Graf 26: pH – rezidua podle predikcí	78
Graf 27: pH – histogram reziduí.....	78

Seznam teplotních map

Teplotní mapa 1: Teplota vody – MODEL_A – skutečně naměřené hodnoty	80
Teplotní mapa 2: Teplota vody – MODEL_A – predikované hodnoty.....	81

Teplotní mapa 3: Teplota vody – MODEL_A – rezidua.....	82
Teplotní mapa 4: Teplota vody – MODEL_A – skutečně naměřený teplotní spád	83
Teplotní mapa 5: Teplota vody – MODEL_A – predikovaný teplotní spád.....	83
Teplotní mapa 6: Teplota vody – MODEL_B – skutečně naměřené hodnoty	86
Teplotní mapa 7: Teplota vody – MODEL_B – predikované hodnoty.....	86
Teplotní mapa 8: Teplota vody – MODEL_B – rezidua.....	87
Teplotní mapa 9: Teplota vody – MODEL_B – skutečně naměřený teplotní spád	88
Teplotní mapa 10: Teplota vody – MODEL_B – predikovaný teplotní spád.....	88
Teplotní mapa 11: Teplota vody – MODEL_C – skutečně naměřené hodnoty	90
Teplotní mapa 12: Teplota vody – MODEL_C – predikované hodnoty.....	91
Teplotní mapa 13: Teplota vody – MODEL_C – rezidua.....	92
Teplotní mapa 14: Teplota vody – MODEL_C – skutečně naměřený teplotní spád	93
Teplotní mapa 15: Teplota vody – MODEL_C – predikovaný teplotní spád.....	93
Teplotní mapa 16: Teplota vody – MODEL_D – skutečně naměřené hodnoty.....	96
Teplotní mapa 17: Teplota vody – MODEL_D – predikované hodnoty.....	96
Teplotní mapa 18: Teplota vody – MODEL_D – rezidua.....	97
Teplotní mapa 19: Teplota vody – MODEL_D – skutečně naměřený teplotní spád	98
Teplotní mapa 20: Teplota vody – MODEL_D – predikovaný teplotní spád.....	98
Teplotní mapa 21: Kyslík – skutečně naměřené hodnoty	101
Teplotní mapa 22: Kyslík – predikované hodnoty	101
Teplotní mapa 23: Kyslík – rezidua	102
Teplotní mapa 24: pH – skutečně naměřené hodnoty	104
Teplotní mapa 25: pH – predikované hodnoty	105
Teplotní mapa 26: pH – rezidua	106

Seznam příloh

Příloha 1: Výstup z programu IBM SPSS Modeler – EDA (Vrchlice_nadrz.sql)	120
Příloha 2: Výstup z programu IBM SPSS Modeler – EDA (Vrchlice data.dsv)	121
Příloha 3: Dopočítané hodnoty pro datum 17.červenec 2008	122
Příloha 4: TEPLOTA_nadrz – rezidua podle predikcí (anomálie)	125
Příloha 5: KYSLIK_nadrz_upraveno – rezidua podle predikcí (anomálie).....	125
Příloha 6: PH_nadrz – rezidua podle predikcí (anomálie)	126
Příloha 7: Teplota vody – MODEL_A – důležitost nezávislých proměnných	126

Příloha 8: Teplota vody – MODEL_A – rezidua podle pozorování	127
Příloha 9: Teplota vody – MODEL_B – důležitost nezávislých proměnných.....	127
Příloha 10: Teplota vody – MODEL_B – rezidua podle pozorování	128
Příloha 11: Teplota vody – MODEL_C – důležitost nezávislých proměnných.....	128
Příloha 12: Teplota vody – MODEL_C – rezidua podle pozorování	129
Příloha 13: Teplota vody – MODEL_D – důležitost nezávislých proměnných	129
Příloha 14: Teplota vody – MODEL_D – rezidua podle pozorování	130
Příloha 15: Kyslík – důležitost nezávislých proměnných	130
Příloha 16: Kyslík – rezidua podle pozorování.....	131
Příloha 17: pH – důležitost nezávislých proměnných.....	131
Příloha 18: pH – rezidua podle pozorování.....	132
Příloha 19: Teplotní mapy teploty vody – MODEL_A.....	132
Příloha 20: Teplotní mapy teploty vody – MODEL_B.....	142
Příloha 21: Teplotní mapy teploty vody – MODEL_C.....	152
Příloha 22: Teplotní mapy teploty vody – MODEL_D.....	162
Příloha 23: Teplotní mapy kyslíku.....	172
Příloha 24: Teplotní mapy pH.....	178

Příloha 1: Výstup z programu IBM SPSS Modeler – EDA (Vrchlice_nadrz.sql)

Field	Sample Graph	Measurement	Min	Max	Mean	Std. Dev	Skewness	Unique	Valid
DATUM		Continuous	2003-02-24	2019-08-26	--	--	--	--	13509
SVISLICE		Nominal	1	10	--	--	--	10	13509
HLOUBKA		Continuous	0	32	9.296	7.438	0.702	--	13509
1001_HODNOTA_Mean		Continuous	0.540	25.042	9.808	5.600	0.825	--	13487
1002_HODNOTA_Mean		Continuous	5.940	10.130	7.575	0.736	0.975	--	13381
1003_HODNOTA_Mean		Continuous	-1.000	208.900	65.196	40.374	-0.082	--	13487
16_HODNOTA_Mean		Continuous	0.000	2.700	0.188	0.344	3.512	--	2275

Field	Measurement	Outliers	Extremes	% Complete	Valid Records	Null Value	Empty String
DATUM	Continuous	0	0	99,99	13509	1	0
SVISLICE	Nominal	--	--	99,99	13509	1	0
HLOUBKA	Continuous	1	0	99,99	13509	1	0
1001_HODNOTA_Mean	Continuous	0	0	99,83	13487	23	0
1002_HODNOTA_Mean	Continuous	43	0	99,05	13381	129	0
1003_HODNOTA_Mean	Continuous	18	0	99,83	13487	23	0
16_HODNOTA_Mean	Continuous	43	16	16,84	2275	11235	0

Příloha 2: Výstup z programu IBM SPSS Modeler – EDA (Vrchlice data.dsv)

Field	Sample Graph	Measurement	Min	Max	Mean	Std. Dev	Skewness	Unique	Valid
DATUM		Continuous	2004-12-01	2019-10-14	--	--	--	--	5431
HODNOTA_Mean_PRRVCL05		Continuous	0.500	64.800	11.428	10.757	2.822	--	117
HODNOTA_Mean_PRRVRKH01		Continuous	319.656	324.220	322.946	0.865	-1.314	--	5329
HODNOTA_Mean_PRRVRKH05		Continuous	319.656	324.260	322.945	0.862	-1.299	--	5423
HODNOTA_Mean_PRRVROB05		Continuous	-0.100	0.990	0.106	0.021	20.588	--	5422
HODNOTA_Mean_PRRVRON01		Continuous	5055.045	8721.571	7572.256	729.257	-1.137	--	5329
HODNOTA_Mean_PRRVRON05		Continuous	5055.459	8760.512	7571.096	727.410	-1.123	--	5423
HODNOTA_Mean_PRRVRPT05		Continuous	35.000	510.000	218.762	82.358	0.437	--	953
HODNOTA_Mean_PRRVRQP05		Continuous	0.000	14.942	0.345	0.770	8.245	--	5420
HODNOTA_Mean_PRRVRSD05		Continuous	0.000	61.300	1.788	4.541	4.992	--	5407
HODNOTA_Mean_PRRVRT001		Continuous	-16.472	29.677	10.535	8.174	-0.196	--	5365
HODNOTA_Mean_PRRVRT005		Continuous	-21.400	25.400	7.879	7.446	-0.346	--	5422
HODNOTA_Mean_PRRVRTV01		Continuous	7.381	27.725	19.136	5.193	-0.402	--	201
HODNOTA_Mean_PRRVRTV05		Continuous	0.000	27.300	12.129	7.950	0.002	--	5380
HODNOTA_Mean_VRMATV01		Continuous	0.343	24.674	10.762	4.537	0.213	--	5385
HODNOTA_Mean_VRMA_Q01		Continuous	0.000	12.933	0.150	0.513	13.156	--	5381
HODNOTA_Mean_VRVR_Q01		Continuous	0.014	16.890	0.238	0.738	9.879	--	5359

Field	Measurement	Outliers	Extremes	% Complete	Valid Records	Null Value	Empty String
DATUM	Continuous	0	0	100	5431	0	0
HODNOTA_Mean_PRRVCL05	Continuous	4	0	2,15	117	5314	0
HODNOTA_Mean_PRRVRKH01	Continuous	76	0	98,12	5329	102	0
HODNOTA_Mean_PRRVRKH05	Continuous	75	0	99,85	5423	8	0
HODNOTA_Mean_PRRVROB05	Continuous	22	3	99,83	5422	9	0
HODNOTA_Mean_PRRVRON01	Continuous	59	0	98,12	5329	102	0
HODNOTA_Mean_PRRVRON05	Continuous	58	0	99,85	5423	8	0
HODNOTA_Mean_PRRVRPT05	Continuous	2	0	17,55	953	4478	0
HODNOTA_Mean_PRRVRQP05	Continuous	30	49	99,8	5420	11	0
HODNOTA_Mean_PRRVRQP05	Continuous	46	41	99,8	5420	11	0
HODNOTA_Mean_PRRVRSD05	Continuous	82	43	99,56	5407	24	0
HODNOTA_Mean_PRRVRT001	Continuous	3	0	98,78	5365	66	0
HODNOTA_Mean_PRRVRT005	Continuous	21	0	99,83	5422	9	0
HODNOTA_Mean_PRRVRTV01	Continuous	0	0	3,7	201	5230	0
HODNOTA_Mean_PRRVRTV05	Continuous	0	0	99,06	5380	51	0
HODNOTA_Mean_VRMATV01	Continuous	1	0	99,15	5385	46	0
HODNOTA_Mean_VRMA_Q01	Continuous	38	31	99,08	5381	50	0
HODNOTA_Mean_VRVR_Q01	Continuous	32	45	98,67	5359	72	0

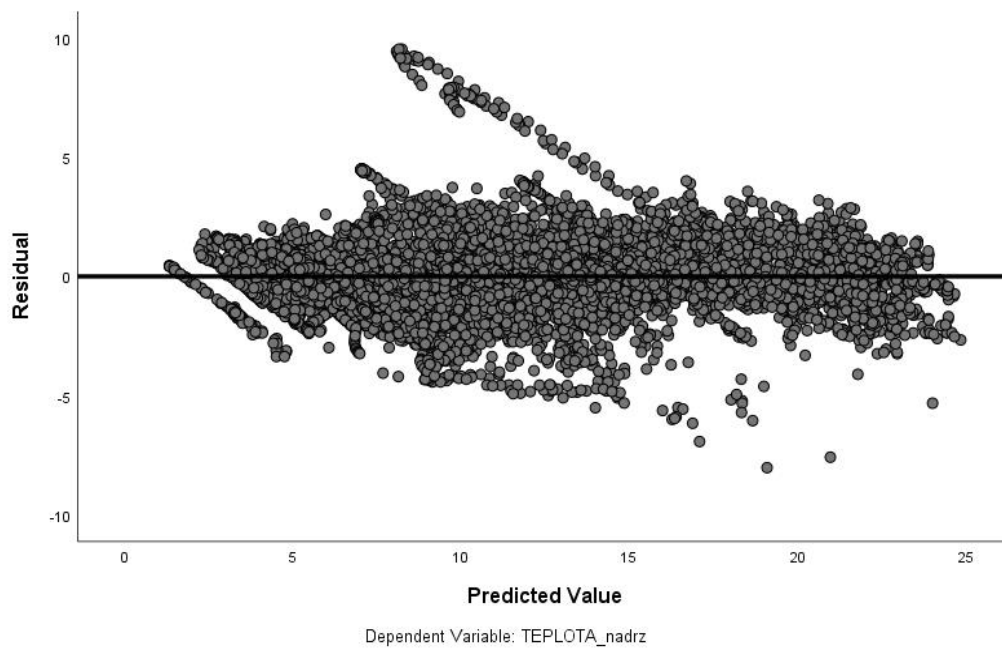
Příloha 3: Dupočítané hodnoty pro datum 17.červenec 2008

SUMA				=(((B\$3/\$F\$3)*\$E7)+((B\$3/\$I\$3)*\$H7))/2					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	DATUM:	17.VII.08			DATUM:	09.VI.08		DATUM:	25.VIII.08
3	TEPLVODY:	21,5			TEPLVODY:	20,9		TEPLVODY:	19,2
4									
5			Dupočítané hodnoty						
6	SVISLICE	HLOUBKA	TEPLOTA_nadrz		TEPLOTA_nadrz			TEPLOTA_nadrz	
7	1	0	/2		21,92			19,62	
8	1	1	21,70464327		21,57			18,95	
9	1	2	21,45210078		21,46			18,6	
10	2	0	22,34528197		22,01			19,69	
11	2	1	21,97521494		21,53			19,47	
12	2	2	21,85659203		21,43			19,35	
13	2	3	21,15101612		20,08			19,33	
14	3	0	22,63155216		22,24			19,99	
15	3	1	22,09292701		21,65			19,57	
16	3	2	21,99292265		21,51			19,52	
17	3	3	20,69916143		19,06			19,46	
18	3	4	19,30025232		16,46			19,35	
19	4	0	22,5285474		21,92			20,1	
20	4	1	22,18537679		21,71			19,68	
21	4	2	22,07417452		21,57			19,61	
22	4	3	20,88979391		19,3			19,58	
23	4	4	19,63763644		16,92			19,53	
24	4	5	18,08983254		14,27			19,2	
25	4	6	16,70338043		12,38			18,46	
26	5	0	22,7480855		22,14			20,29	
27	5	1	22,178867		21,73			19,65	
28	5	2	22,0387591		21,61			19,51	
29	5	3	20,93107618		19,5			19,47	
30	5	4	19,79344286		17,31			19,45	
31	5	5	18,49785997		14,9			19,35	
32	5	6	16,23486281		11,48			18,45	
33	5	7	14,61802295		10,1			16,83	
34	5	8	12,67625598		8,97			14,4	
35	5	9	10,86171127		8,12			11,94	
36	6	0	22,63200758		22,23			20	
37	6	1	22,18583221		21,7			19,69	
38	6	2	22,01349681		21,55			19,52	
39	6	3	20,99325409		19,61			19,48	
40	6	4	19,57135977		16,9			19,43	
41	6	5	18,22661857		14,34			19,38	
42	6	6	16,48025257		11,87			18,53	
43	6	7	14,08872047		9,92			16,05	
44	6	8	12,26075434		8,75			13,86	
45	6	9	10,73990044		8,09			11,75	
46	6	10	10,19112216		7,6			11,22	
47	6	11	9,486296352		7,34			10,2	
48	7	0	22,64138382		22,27			19,98	
49	7	1	22,19006492		21,73			19,67	
50	7	2	22,03211536		21,51			19,59	

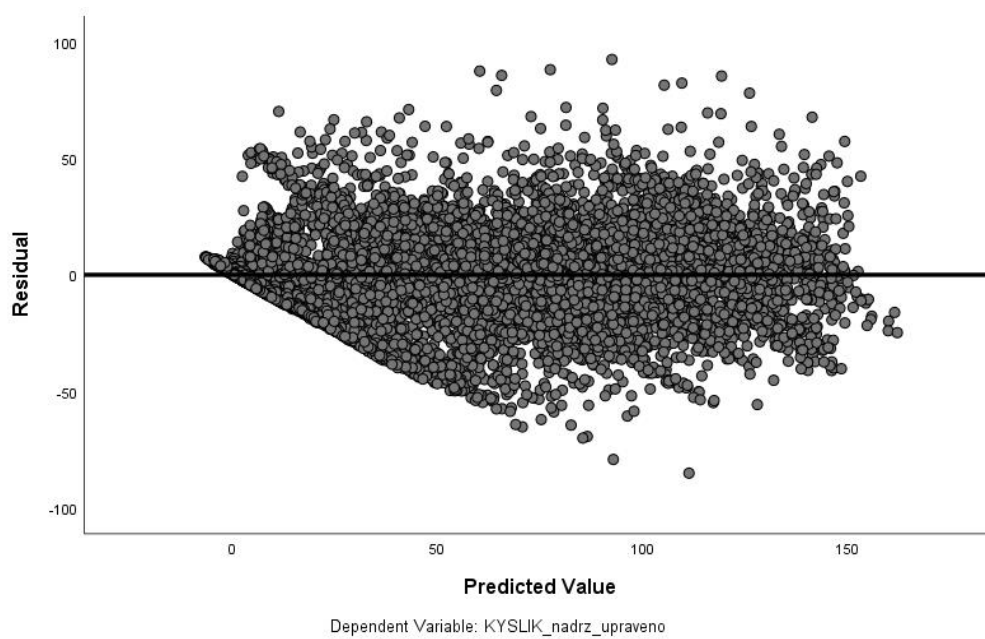
51	7	3	21,29900007	20,15	19,53
52	7	4	19,90327888	17,48	19,49
53	7	5	18,26066774	14,33	19,45
54	7	6	16,27100155	11,67	18,34
55	7	7	14,49530129	10,09	16,62
56	7	8	12,63264304	9,19	14,12
57	7	9	11,15058002	8,17	12,41
58	7	10	9,765011962	7,49	10,56
59	7	11	9,235575533	7,19	9,89
60	7	12	8,673911608	6,86	9,19
61	7	13	8,246756629	6,65	8,62
62	7	14	7,713542913	6,31	7,98
63	7	15	7,176685855	6,05	7,26
64	7	16	6,962880657	5,95	6,97
65	8	0	22,58526029	22,15	19,99
66	8	1	22,21519326	21,67	19,77
67	8	2	21,97039287	21,39	19,59
68	8	3	21,52349419	20,63	19,49
69	8	4	19,77846765	17,27	19,46
70	8	5	18,34446459	14,58	19,37
71	8	6	16,4784309	11,91	18,49
72	8	7	14,50877629	10,04	16,69
73	8	8	12,53269226	8,68	14,41
74	8	9	10,9091015	7,94	12,19
75	8	10	10,11019176	7,41	11,25
76	8	11	9,348331589	7,05	10,22
77	8	12	8,384908916	6,69	8,83
78	8	13	8,087440814	6,46	8,51
79	8	14	7,600063547	6,22	7,86
80	8	15	7,244328773	6,04	7,39
81	8	16	6,948226924	5,78	7,1
82	8	17	6,65043735	5,68	6,66
83	8	18	6,450107157	5,53	6,44
84	8	19	6,298801336	5,41	6,28
85	8	20	6,216638631	5,37	6,17
86	8	21	6,184866552	5,33	6,15
87	9	0	22,59235945	22,24	19,92
88	9	1	22,2552968	21,65	19,86
89	9	2	21,90443767	21,24	19,61
90	9	3	21,4103363	20,41	19,49
91	9	4	19,64942372	17,03	19,45
92	9	5	18,14659901	14,13	19,43
93	9	6	16,23909552	11,51	18,43
94	9	7	14,41514778	9,76	16,78
95	9	8	12,39427208	8,4	14,42
96	9	9	10,75720631	7,71	12,13
97	9	10	9,574058014	7,38	10,32
98	9	11	9,083814294	7,08	9,72
99	9	12	8,512908069	6,83	8,93
100	9	13	8,004501221	6,56	8,27

101	9	14	7,630924791	6,28	7,86
102	9	15	7,257026889	6,13	7,33
103	9	16	6,957281699	5,95	6,96
104	9	17	6,695818381	5,79	6,64
105	9	18	6,457661732	5,61	6,38
106	9	19	6,306811329	5,48	6,23
107	9	20	6,188188422	5,38	6,11
108	9	21	6,134475927	5,33	6,06
109	9	22	6,075619891	5,27	6,01
110	9	23	6,038704271	5,22	5,99
111	9	24	6,022818232	5,2	5,98
112	10	0	22,76378402	22,41	20,07
113	10	1	22,48694366	21,85	20,09
114	10	2	22,1414156	21,2	20,07
115	10	3	21,60980924	20,21	20,03
116	10	4	19,88230288	17,08	19,82
117	10	5	18,11619318	14,06	19,44
118	10	6	15,88199449	11,36	17,93
119	10	7	14,65343837	10,06	16,93
120	10	8	12,44160873	8,59	14,33
121	10	9	10,74737465	7,68	12,14
122	10	10	9,722363437	7,32	10,64
123	10	11	9,12346242	7,07	9,8
124	10	12	8,421369119	6,75	8,84
125	10	13	8,037184136	6,58	8,31
126	10	14	7,600652911	6,33	7,76
127	10	15	7,180007725	6,1	7,22
128	10	16	6,840158991	5,94	6,76
129	10	17	6,674333383	5,77	6,62
130	10	18	6,475369443	5,59	6,43
131	10	19	6,307266746	5,47	6,24
132	10	20	6,171846965	5,37	6,09
133	10	21	6,096649472	5,3	6,02
134	10	22	6,020085726	5,26	5,92
135	10	23	5,993457187	5,23	5,9
136	10	24	5,988313646	5,22	5,9
137	10	25	5,983625523	5,2	5,91
138	10	26	5,972427607	5,2	5,89
139	10	27	5,966828648	5,2	5,88
140	10	28	5,972427607	5,2	5,89
141	10	29	5,972427607	5,2	5,89

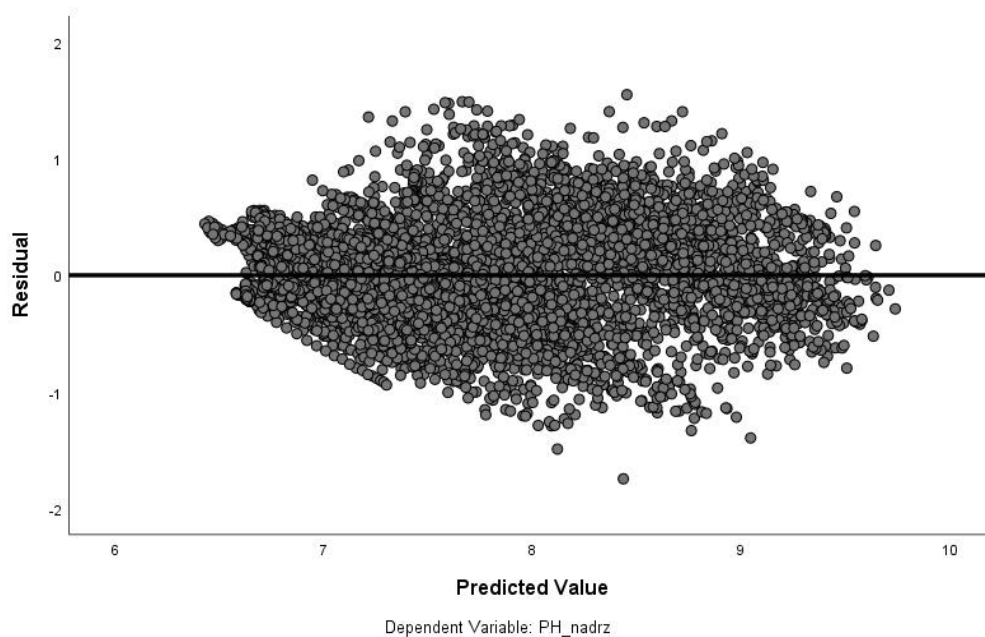
Příloha 4: TEPLOTA_nadrz – rezidua podle predikcí (anomálie)



Příloha 5: KYSLIK_nadrz_upraveno – rezidua podle predikcí (anomálie)



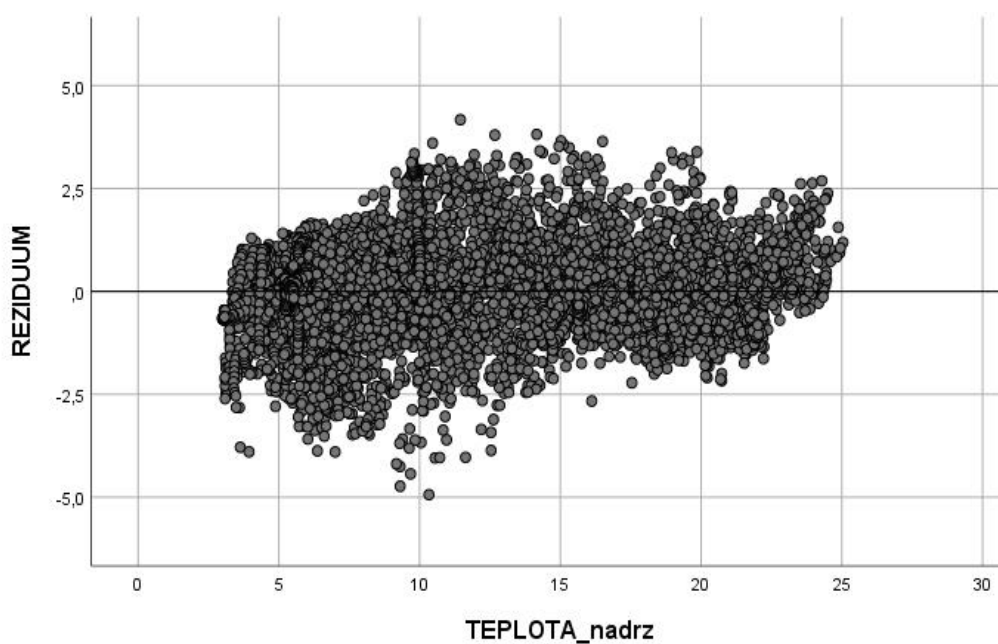
Příloha 6: PH_nadrz – rezidua podle predikcí (anomálie)



Příloha 7: Teplota vody – MODEL_A – důležitost nezávislých proměnných

Independent Variable Importance		
	Importance	Normalized Importance
MONTH1	,107	51,3%
SVISLICE	,018	8,5%
TEPLVODY_7A	,147	70,6%
TEPLVODY_14A	,040	19,3%
TEPLVODY_21A	,084	40,3%
HLOUBKA	,208	100,0%
Spad_Mean	,031	15,1%
TEPLVZDUCHU_7A	,065	31,4%
TEPLVZDUCHU_14A	,023	11,1%
TEPLVZDUCHU_21A	,060	28,7%
PTVO_7A	,091	43,7%
PTVO_14A	,037	17,8%
PTVO_21A	,088	42,1%

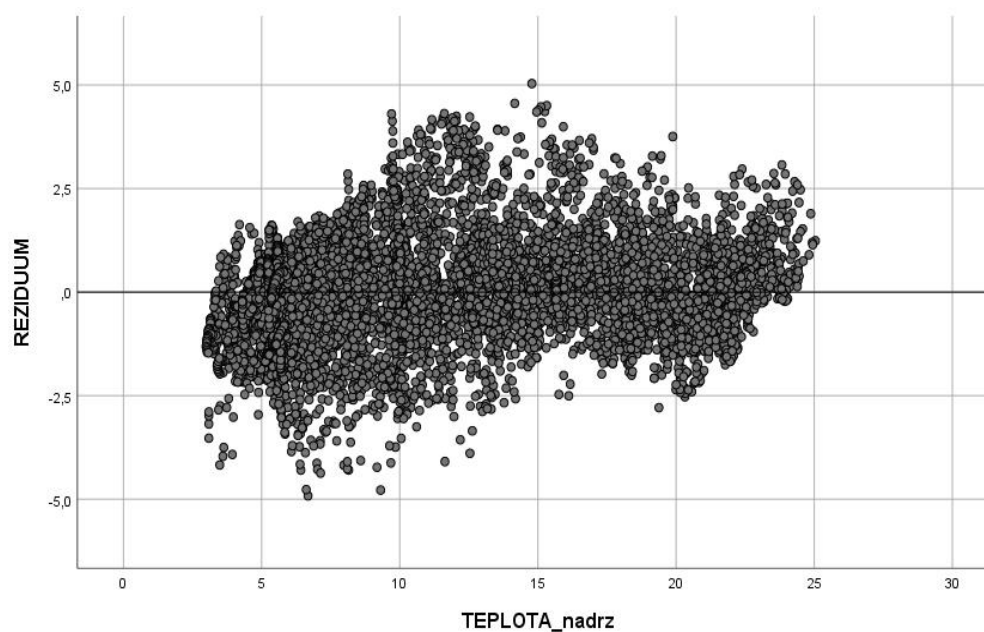
Příloha 8: Teplota vody – MODEL_A – rezidua podle pozorování



Příloha 9: Teplota vody – MODEL_B – důležitost nezávislých proměnných

Independent Variable Importance		
	Importance	Normalized Importance
MONTH1	0,079	26,6%
SVISLICE	0,031	10,4%
TEPLVODY_7A	0,128	42,8%
TEPLVODY_14A	0,053	17,9%
TEPLVODY_21A	0,058	19,5%
HLOUBKA	0,298	100,0%
TEPLVZDUCHU_7A	0,089	29,7%
TEPLVZDUCHU_14A	0,061	20,6%
TEPLVZDUCHU_21A	0,058	19,3%
PTVO_7A	0,088	29,5%
PTVO_14A	0,017	5,6%
PTVO_21A	0,040	13,3%

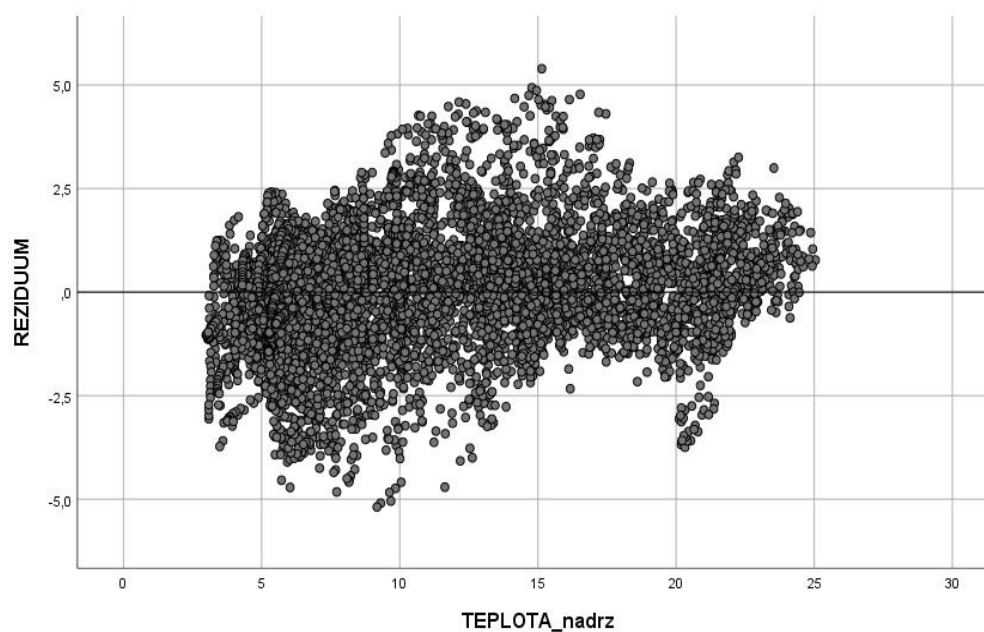
Příloha 10: Teplota vody – MODEL_B – rezidua podle pozorování



Příloha 11: Teplota vody – MODEL_C – důležitost nezávislých proměnných

Independent Variable Importance		
	Importance	Normalized Importance
SVISLICE	0,016	7,9%
HLOUBKA	0,200	100,0%
Spad_Mean	0,038	19,1%
TEPLVODY_7A	0,132	66,2%
TEPLVODY_14A	0,083	41,6%
TEPLVODY_21A	0,121	60,8%
TEPLVZDUCHU_7A	0,072	36,2%
TEPLVZDUCHU_14A	0,051	25,7%
TEPLVZDUCHU_21A	0,069	34,8%
PTVO_7A	0,062	31,1%
PTVO_14A	0,106	53,3%
PTVO_21A	0,049	24,3%

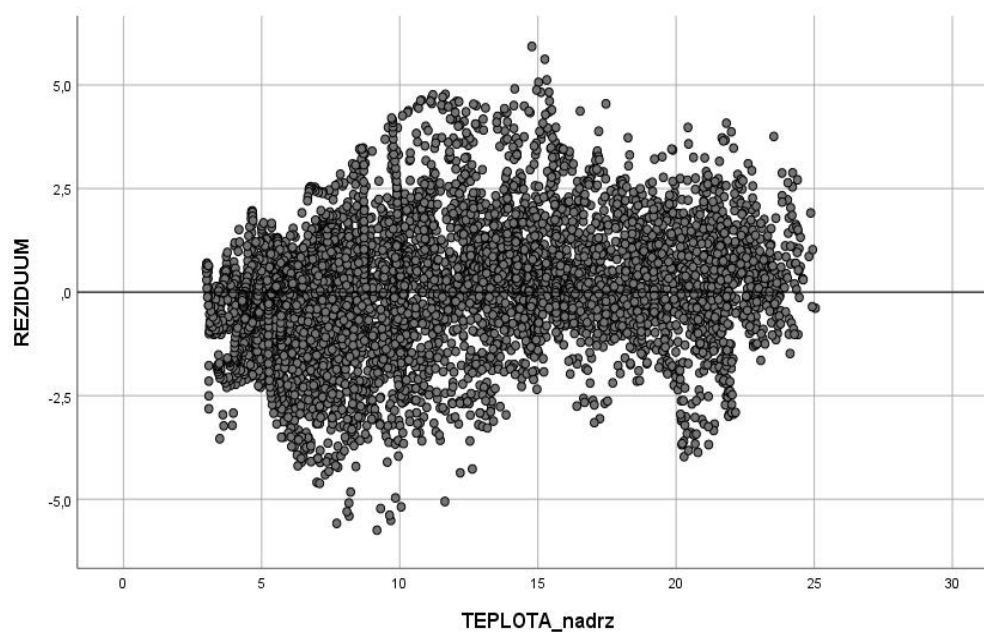
Příloha 12: Teplota vody – MODEL_C – rezidua podle pozorování



Příloha 13: Teplota vody – MODEL_D – důležitost nezávislých proměnných

Independent Variable Importance		
	Importance	Normalized Importance
SVISLICE	0,040	14,6%
HLOUBKA	0,272	100,0%
TEPLVODY_7A	0,109	39,9%
TEPLVODY_14A	0,035	12,7%
TEPLVODY_21A	0,127	46,7%
TEPLVZDUCHU_7A	0,111	40,7%
TEPLVZDUCHU_14	0,048	17,7%
TEPLVZDUCHU_21	0,090	32,9%
PTVO_7A	0,051	18,9%
PTVO_14A	0,083	30,5%
PTVO_21A	0,035	12,7%

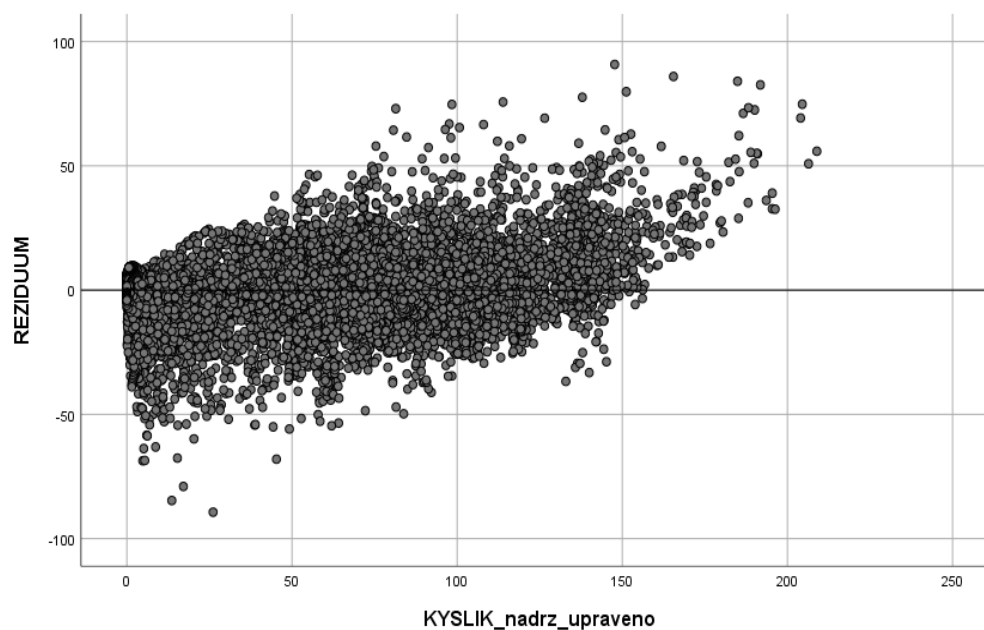
Příloha 14: Teplota vody – MODEL_D – rezidua podle pozorování



Příloha 15: Kyslík – důležitost nezávislých proměnných

Independent Variable Importance		
	Importance	Normalized Importance
SVISLICE	0,028	20,5%
HLOUBKA	0,137	100,0%
TEPLVODY_7A	0,059	42,9%
TEPLVODY_14A	0,098	71,4%
TEPLVODY_21A	0,114	83,1%
TEPLVZDUCHU_7A	0,077	56,2%
TEPLVZDUCHU_14A	0,098	71,6%
TEPLVZDUCHU_21A	0,048	34,9%
SRAZUHRN_7A	0,058	42,2%
SRAZUHRN_14A	0,056	41,2%
SRAZUHRN_21A	0,028	20,7%
PTVO_7A	0,060	44,0%
PTVO_14A	0,069	50,1%
PTVO_21A	0,069	50,7%

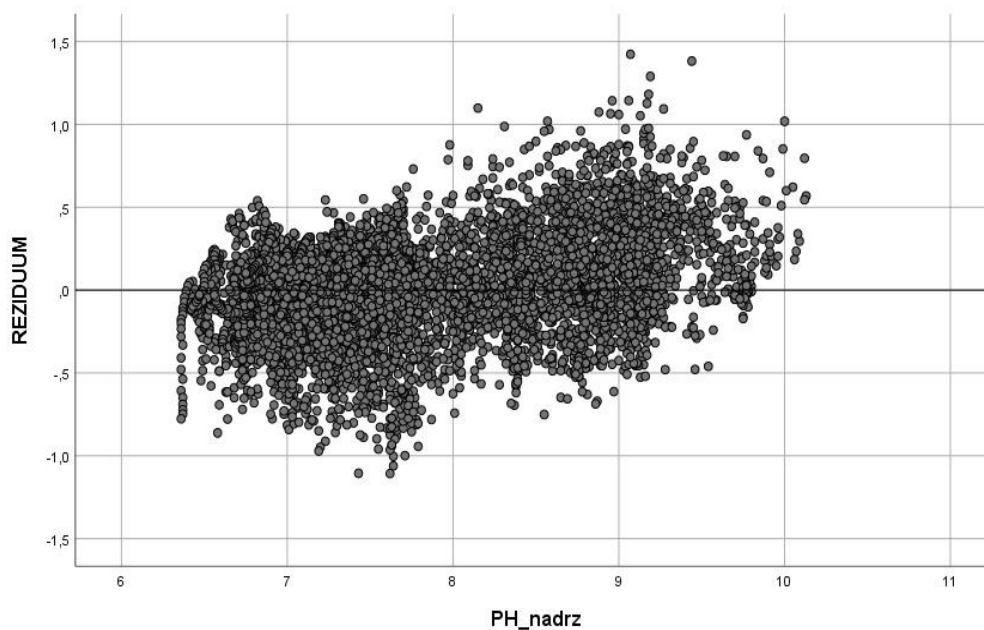
Příloha 16: Kyslík – rezidua podle pozorování



Příloha 17: pH – důležitost nezávislých proměnných

Independent Variable Importance		
	Importance	Normalized Importance
SVISLICE	0,020	17,2%
TEPLVODY_7A	0,102	85,5%
TEPLVODY_14A	0,076	63,8%
TEPLVODY_21A	0,056	47,2%
TEPLVZDUCHU_7A	0,048	40,6%
TEPLVZDUCHU_14A	0,083	69,6%
TEPLVZDUCHU_21A	0,074	62,4%
SRAZUHRN_7A	0,029	24,6%
SRAZUHRN_14A	0,055	46,1%
SRAZUHRN_21A	0,042	35,1%
PTVO_7A	0,119	100,0%
PTVO_14A	0,079	66,0%
PTVO_21A	0,114	95,5%
HLOUBKA	0,102	85,5%

Příloha 18: pH – rezidua podle pozorování



Příloha 19: Teplotní mapy teploty vody – MODEL_A

Teplotní mapy k datu 9.4.2018

Skutečně naměřené hodnoty

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	8,737	8,728	8,816	9,311	8,821	8,982	9,036	9,543	9,438	8,558
1	8,374	8,282	8,154	8,612	8,448	8,285	8,354	8,460	8,611	8,208
2	8,165	8,026	8,080	8,144	8,118	8,002	8,138	8,169	8,181	8,149
3		7,763	7,193	7,448	7,605	7,556	7,790	7,946	7,971	8,069
4		6,790	6,789	6,672	6,835	7,066	7,197	7,771	6,730	7,001
5				6,359	6,353	6,736	6,550	6,942	6,317	6,189
6				5,949	5,963	6,316	6,168	6,486	6,090	5,856
7				5,335	5,400	5,692	5,787	5,998	5,542	5,332
8					5,128	5,337	5,265	5,511	5,287	5,203
9					4,913	5,117	5,109	5,138	5,087	4,992
10					4,887	4,936	4,946	4,857	4,919	4,820
11						4,788	4,790	4,763	4,769	4,707
12							4,728	4,691	4,672	4,647
13							4,667	4,589	4,559	4,541
14							4,604	4,545	4,492	4,486
15							4,541	4,514	4,448	4,450
16							4,504	4,465	4,424	4,424
17							4,513	4,450	4,393	4,403
18								4,434	4,378	4,389
19								4,411	4,376	4,355
20								4,414	4,369	4,334
21								4,402	4,353	4,321
22									4,345	4,311
23									4,346	4,310
24									4,347	4,310
25									4,338	4,306
26										4,306
27										4,309
28										4,299
29										4,299
30										

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	8,994	8,524	8,363	8,586	9,215	8,725	9,439	8,939	8,864	8,741
1	8,027	7,559	7,363	7,637	8,228	7,914	8,532	8,204	8,017	8,009
2	7,555	6,934	7,136	7,203	7,437	7,357	7,739	7,385	7,305	7,358
3		6,438	6,347	6,739	6,842	6,843	7,211	6,919	6,819	6,873
4		6,118	5,968	6,260	6,390	6,540	6,855	6,583	6,492	6,564
5				5,997	6,150	6,341	6,584	6,397	6,265	6,380
6				5,945	5,941	6,182	6,353	6,247	6,076	6,263
7				5,748	5,738	6,024	6,124	6,098	5,896	6,087
8					5,565	5,861	5,857	5,904	5,713	5,916
9					5,330	5,665	5,628	5,711	5,449	5,696
10					5,038	5,395	5,262	5,455	5,167	5,404
11						5,050	4,794	5,093	4,790	5,068
12							4,377	4,643	4,353	4,680
13							3,975	4,244	3,951	4,285
14							3,660	3,869	3,619	3,972
15							3,467	3,627	3,416	3,784
16							3,413	3,503	3,341	3,719
17							3,468	3,504	3,384	3,767
18								3,598	3,512	3,902
19								3,795	3,723	4,088
20								4,008	3,962	4,309
21								4,231	4,215	4,566
22									4,457	4,769
23									4,705	5,002
24									4,928	5,172
25									5,115	5,338
26										5,480
27										5,591
28										5,665
29										5,701
30										

Rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	-0,257	0,204	0,453	0,725	-0,394	0,257	-0,403	0,604	0,574	-0,183
1	0,347	0,723	0,791	0,975	0,220	0,371	-0,178	0,256	0,594	0,199
2	0,610	1,092	0,944	0,941	0,681	0,645	0,399	0,784	0,876	0,791
3		1,325	0,846	0,709	0,763	0,713	0,579	1,027	1,152	1,196
4		0,672	0,821	0,412	0,445	0,526	0,342	1,188	0,238	0,437
5				0,362	0,203	0,395	-0,034	0,545	0,052	-0,191
6				0,004	0,022	0,134	-0,185	0,239	0,014	-0,407
7				-0,413	-0,338	-0,332	-0,337	-0,100	-0,354	-0,755
8					-0,437	-0,524	-0,592	-0,393	-0,426	-0,713
9					-0,417	-0,548	-0,519	-0,573	-0,362	-0,704
10					-0,151	-0,459	-0,316	-0,598	-0,248	-0,584
11						-0,262	-0,004	-0,330	-0,021	-0,361
12							0,351	0,048	0,319	-0,033
13							0,692	0,345	0,608	0,256
14							0,944	0,676	0,873	0,514
15							1,074	0,887	1,032	0,666
16							1,091	0,962	1,083	0,705
17							1,045	0,946	1,009	0,636
18								0,836	0,866	0,487
19								0,616	0,653	0,267
20								0,406	0,407	0,025
21								0,171	0,136	-0,245
22									-0,112	-0,458
23									-0,359	-0,692
24									-0,581	-0,862
25									-0,777	-1,032
26										-1,174
27										-1,282
28										-1,366
29										-1,402
30										

Skutečně naměřený teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,363	0,446	0,662	0,699	0,373	0,697	0,682	1,083	0,827	0,350
2	0,209	0,256	0,074	0,468	0,330	0,283	0,216	0,291	0,430	0,059
3		0,263	0,887	0,696	0,513	0,446	0,348	0,223	0,210	0,080
4		0,973	0,404	0,776	0,770	0,490	0,593	0,175	1,241	1,068
5				0,313	0,482	0,330	0,647	0,829	0,413	0,812
6				0,410	0,390	0,420	0,382	0,456	0,227	0,333
7				0,614	0,563	0,624	0,381	0,488	0,548	0,524
8					0,272	0,355	0,522	0,487	0,255	0,129
9					0,215	0,220	0,156	0,373	0,200	0,211
10					0,026	0,181	0,163	0,281	0,168	0,172
11						0,148	0,156	0,094	0,150	0,113
12							0,062	0,072	0,097	0,060
13							0,061	0,102	0,113	0,106
14							0,063	0,044	0,057	0,055
15							0,063	0,031	0,044	0,036
16							0,037	0,049	0,024	0,026
17							-0,009	0,015	0,031	0,021
18								0,016	0,015	0,014
19								0,023	0,002	0,034
20								-0,003	0,007	0,021
21								0,012	0,016	0,013
22									0,008	0,010
23									-0,001	0,001
24									-0,001	0,000
25									0,009	0,004
26										0,000
27										-0,003
28										0,010
29										0,000
30										

Predikovaný teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,968	0,965	1,000	0,949	0,987	0,811	0,907	0,735	0,846	0,732
2	0,472	0,625	0,227	0,434	0,791	0,556	0,793	0,820	0,712	0,651
3		0,496	0,789	0,464	0,595	0,514	0,528	0,465	0,486	0,485
4		0,320	0,379	0,479	0,451	0,303	0,355	0,336	0,327	0,310
5				0,263	0,240	0,200	0,271	0,187	0,227	0,184
6				0,052	0,210	0,159	0,231	0,150	0,190	0,117
7				0,197	0,203	0,158	0,229	0,150	0,180	0,176
8					0,173	0,163	0,267	0,193	0,183	0,171
9					0,235	0,196	0,229	0,193	0,264	0,220
10					0,292	0,269	0,366	0,256	0,282	0,292
11						0,346	0,468	0,362	0,377	0,336
12							0,417	0,450	0,437	0,389
13							0,402	0,399	0,401	0,395
14							0,315	0,375	0,332	0,312
15							0,193	0,241	0,203	0,188
16							0,053	0,125	0,075	0,065
17							-0,054	-0,001	-0,043	-0,048
18								-0,094	-0,128	-0,134
19								-0,198	-0,211	-0,186
20								-0,212	-0,239	-0,221
21								-0,223	-0,253	-0,257
22									-0,241	-0,203
23									-0,248	-0,233
24									-0,223	-0,169
25									-0,188	-0,167
26										-0,141
27										-0,112
28										-0,074
29										-0,036
30										

Teplotní mapy k datu 4.6.2018

Skutečně naměřené hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	24,283	24,081	24,414	24,126	24,084	24,173	24,249	25,042	24,286	24,929
1	23,798	23,758	23,673	23,617	23,454	23,492	23,576	23,697	23,629	24,579
2	23,437	23,377	23,266	23,376	23,218	23,239	23,394	23,395	23,355	23,451
3		21,144	21,627	20,799	21,284	21,862	21,632	22,898	21,378	22,357
4			17,707	18,734	18,856	18,612	18,453	18,941	18,726	18,772
5				14,965	14,802	14,936	14,008	14,180	13,290	13,634
6					11,433	11,556	11,336	11,053	10,638	10,135
7						8,411	8,564	8,261	8,630	7,610
8							7,102	7,101	6,735	6,973
9								6,507	6,411	6,267
10									6,008	5,879
11										5,633
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	23,417	24,197	24,391	24,302	24,149	24,593	24,287	23,983	24,183	24,122
1	23,130	23,727	24,063	23,858	23,731	24,127	23,798	23,507	23,736	23,678
2	22,408	22,789	23,202	22,861	22,792	23,156	22,758	22,493	22,717	22,680
3		20,673	21,646	20,991	21,071	21,432	20,914	20,918	20,829	20,855
4			18,647	18,201	18,101	17,667	17,224	17,065	17,440	17,396
5				15,381	15,394	14,787	14,555	14,892	14,717	14,828
6					13,423	13,665	12,980	12,774	12,979	12,888
7						11,492	11,627	11,263	10,976	11,084
8							9,769	10,008	9,456	9,388
9								8,388	8,864	8,306
10									7,461	7,977
11										7,426
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										

Rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,866	-0,116	0,023	-0,176	-0,065	-0,420	-0,038	1,059	0,103	0,807
1	0,668	0,031	-0,390	-0,241	-0,277	-0,635	-0,222	0,190	-0,107	0,901
2	1,029	0,588	0,064	0,515	0,426	0,083	0,636	0,902	0,638	0,771
3		0,471	-0,019	-0,192	0,213	0,430	0,718	1,980	0,549	1,502
4			-0,940	0,533	0,755	0,945	1,229	1,876	1,286	1,376
5				-0,416	-0,592	0,149	-0,547	-0,712	-1,427	-1,194
6				-1,990	-2,109	-1,644	-1,721	-2,341	-2,681	-2,286
7				-3,081	-3,063	-3,002	-2,346	-3,474	-3,301	-3,160
8					-2,667	-2,907	-2,721	-2,415	-3,029	-2,760
9					-1,881	-2,453	-2,039	-2,219	-2,374	-2,412
10					-1,453	-2,098	-1,593	-1,700	-1,875	-1,876
11						-1,561	-1,178	-1,373	-1,462	-1,513
12						-1,046	-0,959	-0,993	-1,126	-1,159
13							-0,622	-0,762	-0,966	-1,031
14							-0,374	-0,519	-0,785	-0,839
15							0,010	-0,456	-0,673	-0,738
16							0,105	-0,326	-0,579	-0,703
17							0,145	0,016	-0,397	-0,661
18								0,260	-0,340	-0,627
19								0,241	-0,304	-0,678
20								0,239	0,039	-0,599
21								0,191	0,081	-0,480
22								0,239	0,280	-0,228
23									0,453	-0,065
24									0,369	-0,073
25									0,373	0,412
26										0,448
27										0,458
28										0,421
29										
30										

Skutečně naměřený teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,485	0,323	0,741	0,509	0,630	0,681	0,673	1,345	0,657	0,350
2	0,361	0,381	0,407	0,241	0,236	0,253	0,182	0,302	0,274	1,128
3		2,233	1,639	2,577	1,934	1,377	1,762	0,497	1,977	1,094
4			3,920	2,065	2,428	3,250	3,179	3,957	2,652	3,585
5				3,769	4,054	3,676	4,445	4,761	5,436	5,138
6				3,532	3,246	3,600	2,955	3,542	3,155	3,032
7				3,022	2,992	3,075	2,423	3,028	2,446	2,734
8					1,462	1,160	1,895	0,637	1,294	1,258
9					0,595	0,690	0,468	1,020	0,502	0,800
10					0,499	0,532	0,434	0,394	0,371	0,310
11						0,246	0,266	0,304	0,239	0,305
12							0,061	0,253	0,106	0,147
13								0,004	0,079	0,183
14								-0,010	-0,008	0,058
15								-0,216	0,090	0,053
16								0,022	-0,027	0,021
17								0,033	-0,271	-0,105
18									-0,197	-0,004
19									0,047	0,005
20									0,024	-0,320
21									0,057	-0,029
22									-0,044	-0,192
23										-0,174
24										0,077
25										-0,016
26										
27										-0,046
28										-0,022
29										0,020
30										

Predikovaný teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,287	0,470	0,329	0,445	0,418	0,466	0,489	0,476	0,447	0,444
2	0,722	0,937	0,861	0,997	0,939	0,971	1,040	1,014	1,019	0,998
3		2,116	1,556	1,870	1,721	1,724	1,844	1,575	1,888	1,825
4			2,999	2,789	2,970	3,765	3,690	3,853	3,389	3,459
5				2,820	2,707	2,880	2,669	2,173	2,723	2,568
6				1,958	1,730	1,807	1,781	1,913	1,901	1,940
7				1,931	2,037	1,716	1,798	1,895	1,825	1,860
8					1,859	1,256	1,519	1,696	1,566	1,658
9					1,380	1,143	1,150	1,216	1,157	1,148
10					0,927	0,887	0,880	0,913	0,869	0,847
11						0,782	0,681	0,631	0,652	0,667
12						0,577	0,472	0,485	0,506	0,501
13							0,341	0,311	0,343	0,333
14							0,239	0,234	0,239	0,244
15							0,167	0,153	0,165	0,163
16							0,117	0,103	0,115	0,110
17							0,073	0,071	0,077	0,077
18								0,047	0,053	0,054
19								0,028	0,041	0,036
20								0,022	0,023	0,024
21								0,009	0,013	0,017
22								0,005	0,007	0,009
23									-0,001	0,003
24									-0,007	-0,001
25									-0,012	-0,002
26										-0,010
27										-0,012
28										-0,017
29										
30										

Teplotní mapy k datu 27.8.2018

Skutečně naměřené hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	20,732	20,732	21,823	21,921	21,909	21,902	22,017	22,076	22,014	22,152
1		20,688	21,818	21,779	21,873	21,888	21,948	21,981	21,955	22,034
2			21,782	21,729	21,742	21,819	21,848	21,821	21,829	22,014
3				21,709	21,629	21,765	21,832	21,700	21,734	21,867
4				21,537	21,545	21,648	21,706	21,617	21,640	21,812
5				19,654	20,344	19,732	20,459	21,144	21,474	21,621
6					17,130	16,117	17,393	17,975	17,551	16,877
7					13,848	12,540	12,190	12,626	13,167	11,633
8					9,679	9,308	9,176	10,051	9,843	9,628
9						8,220	7,718	8,167	8,160	8,087
10						7,099	7,434	7,763	7,993	7,678
11							6,541	6,447	6,753	6,310
12							6,156	6,144	6,169	5,812
13							5,807	5,751	5,732	5,731
14							5,660	5,600	5,643	5,498
15								5,471	5,555	5,460
16								5,401	5,395	5,391
17								5,351	5,369	5,377
18								5,326	5,352	5,345
19								5,310	5,317	5,307
20									5,313	5,276
21									5,297	5,234
22									5,268	5,201
23										5,209
24										5,228
25										5,252
26										5,278
27										
28										
29										
30										

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	22,841	23,016	23,101	23,111	23,146	23,322	23,279	23,050	23,240	23,299
1		22,934	23,044	23,021	23,059	23,285	23,193	22,908	23,145	23,193
2			22,796	22,764	22,815	23,021	22,944	22,605	22,897	22,943
3				22,342	22,449	22,575	22,508	22,193	22,482	22,497
4				21,716	21,853	21,900	21,844	21,508	21,786	21,857
5				20,615	20,787	20,736	20,594	20,322	20,662	20,764
6					18,787	18,843	18,395	18,352	18,266	18,211
7					16,336	16,447	15,583	15,786	15,662	15,702
8					14,133	14,060	13,381	13,740	13,470	13,450
9						11,705	11,168	11,585	11,258	11,338
10						9,962	9,531	10,040	9,728	9,722
11							8,233	8,509	8,414	8,474
12							7,342	7,645	7,449	7,458
13							6,770	6,918	6,793	6,874
14							6,216	6,396	6,307	6,311
15								5,957	5,951	5,913
16								5,720	5,683	5,639
17								5,545	5,528	5,510
18								5,444	5,426	5,386
19								5,370	5,360	5,310
20									5,325	5,267
21									5,316	5,245
22									5,325	5,241
23										5,251
24										5,266
25										5,289
26										5,342
27										
28										
29										
30										

Rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	-2,109	-2,284	-1,278	-1,190	-1,237	-1,420	-1,262	-0,974	-1,226	-1,147
1		-2,246	-1,226	-1,242	-1,186	-1,397	-1,245	-0,927	-1,190	-1,159
2			-1,014	-1,035	-1,073	-1,202	-1,096	-0,784	-1,068	-0,929
3				-0,633	-0,820	-0,810	-0,676	-0,493	-0,748	-0,630
4				-0,179	-0,308	-0,252	-0,138	0,109	-0,146	-0,045
5				-0,961	-0,443	-1,004	-0,135	0,822	0,812	0,857
6					-1,657	-2,726	-1,002	-0,377	-0,715	-1,334
7					-2,488	-3,907	-3,393	-3,160	-2,495	-4,069
8					-4,454	-4,752	-4,205	-3,689	-3,627	-3,822
9						-3,485	-3,450	-3,418	-3,098	-3,254
10						-2,863	-2,097	-2,277	-1,735	-2,044
11							-1,692	-2,062	-1,661	-2,164
12							-1,186	-1,501	-1,280	-1,646
13							-0,963	-1,167	-1,061	-1,143
14							-0,556	-0,796	-0,664	-0,813
15								-0,486	-0,396	-0,453
16								-0,319	-0,288	-0,248
17								-0,194	-0,159	-0,133
18								-0,118	-0,074	-0,041
19								-0,060	-0,043	-0,003
20									-0,012	0,009
21									-0,019	-0,011
22									-0,057	-0,040
23										-0,042
24										-0,038
25										-0,037
26										-0,054
27										
28										
29										
30										

Skutečně naměřené teplotní spády

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1		0,044	0,005	0,142	0,036	0,014	0,069	0,095	0,059	0,118
2			0,036	0,050	0,131	0,069	0,100	0,160	0,126	0,020
3				0,020	0,113	0,054	0,016	0,121	0,095	0,147
4				0,172	0,084	0,117	0,126	0,083	0,094	0,055
5				1,883	1,201	1,916	1,247	0,473	0,166	0,191
6					3,214	3,615	3,066	3,169	3,923	4,744
7					3,282	3,577	5,203	5,349	4,384	5,244
8					4,169	3,232	3,014	2,575	3,324	2,005
9						1,088	1,458	1,884	1,683	1,541
10						1,121	0,284	0,404	0,167	0,409
11							0,893	1,316	1,240	1,368
12							0,385	0,303	0,584	0,498
13							0,349	0,393	0,437	0,081
14							0,147	0,151	0,089	0,233
15								0,129	0,088	0,038
16								0,070	0,160	0,069
17								0,050	0,026	0,014
18								0,025	0,017	0,032
19								0,016	0,035	0,038
20									0,004	0,031
21									0,016	0,042
22									0,029	0,033
23										-0,008
24										-0,019
25										-0,024
26										-0,026
27										
28										
29										
30										

Predikované teplotní spády

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1		0,083	0,057	0,090	0,088	0,036	0,086	0,143	0,095	0,106
2			0,248	0,257	0,244	0,264	0,249	0,303	0,247	0,249
3				0,422	0,366	0,446	0,436	0,412	0,415	0,446
4				0,626	0,596	0,674	0,664	0,685	0,696	0,641
5				1,101	1,065	1,164	1,250	1,185	1,124	1,093
6					2,000	1,893	2,199	1,971	2,396	2,553
7					2,451	2,396	2,812	2,566	2,604	2,509
8					2,202	2,387	2,202	2,046	2,192	2,253
9						2,355	2,214	2,156	2,212	2,112
10						1,743	1,636	1,544	1,531	1,615
11							1,298	1,531	1,314	1,248
12							0,891	0,864	0,964	1,016
13							0,573	0,727	0,657	0,584
14							0,554	0,522	0,485	0,562
15								0,438	0,357	0,398
16								0,237	0,268	0,275
17								0,175	0,155	0,129
18								0,101	0,103	0,123
19								0,074	0,066	0,076
20									0,034	0,043
21									0,010	0,022
22									-0,009	0,004
23										-0,010
24										-0,015
25										-0,023
26										-0,053
27										
28										
29										
30										

Teplotní mapy k datu 8.10.2018

Skutečně naměřené hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	13,778	14,047	14,417	14,239	14,214	14,100	14,223	14,221	14,214	14,277
1		13,926	14,377	14,210	14,195	14,088	14,198	14,202	14,175	14,200
2			14,322	14,151	14,117	14,029	14,058	13,946	13,880	13,977
3				14,105	14,070	13,960	13,914	13,813	13,796	13,918
4				13,904	13,914	13,870	13,737	13,704	13,702	13,813
5					13,715	13,655	13,712	13,652	13,665	13,714
6					13,405	13,414	13,576	13,536	13,591	13,504
7					12,981	12,627	12,984	13,021	13,141	12,874
8						10,489	9,929	10,768	10,530	9,959
9						8,585	7,973	8,148	8,101	8,101
10							7,021	6,680	7,133	6,614
11							6,585	6,420	6,882	6,391
12							6,468	6,078	6,315	6,113
13							6,232	5,849	5,909	5,837
14							5,946	5,713	5,710	5,715
15								5,649	5,632	5,618
16								5,627	5,588	5,542
17								5,617	5,587	5,535
18								5,602	5,584	5,532
19									5,588	5,531
20									5,572	5,527
21									5,577	5,527
22										5,503
23										5,470
24										5,465
25										5,492
26										5,518
27										
28										
29										
30										

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	12,878	13,789	14,002	14,066	14,320	14,177	14,284	14,033	14,121	14,186
1		13,673	13,657	13,781	13,971	13,965	14,024	13,708	13,845	13,897
2			13,374	13,419	13,505	13,786	13,768	13,443	13,648	13,649
3				13,250	13,297	13,669	13,611	13,196	13,465	13,485
4				13,139	13,150	13,573	13,483	13,044	13,331	13,389
5					12,981	13,442	13,309	12,850	13,179	13,226
6					12,752	13,240	13,085	12,600	12,968	13,015
7					12,414	12,953	12,751	12,260	12,653	12,699
8						12,518	12,150	11,745	12,118	12,134
9						11,834	11,383	10,973	11,351	11,404
10							10,057	9,969	10,159	10,148
11							9,042	8,780	8,906	8,952
12							8,384	8,367	8,300	8,234
13							7,467	7,536	7,487	7,580
14							6,755	6,771	6,810	6,666
15								6,271	6,201	6,259
16								5,806	5,703	5,696
17								5,470	5,499	5,551
18								5,341	5,332	5,349
19									5,180	5,181
20									5,070	5,087
21									4,991	5,007
22										4,954
23										4,919
24										4,897
25										4,883
26										4,874
27										
28										
29										
30										

Rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,900	0,258	0,415	0,173	-0,106	-0,077	-0,061	0,188	0,093	0,091
1		0,253	0,720	0,429	0,224	0,123	0,174	0,494	0,330	0,303
2			0,948	0,732	0,612	0,243	0,290	0,503	0,232	0,328
3				0,855	0,773	0,291	0,303	0,617	0,331	0,433
4				0,765	0,764	0,297	0,254	0,660	0,371	0,424
5					0,734	0,213	0,403	0,802	0,486	0,488
6					0,653	0,174	0,491	0,936	0,623	0,489
7					0,567	-0,326	0,233	0,761	0,488	0,175
8						-2,029	-2,221	-0,977	-1,588	-2,175
9						-3,249	-3,410	-2,825	-3,250	-3,303
10							-3,036	-3,289	-3,026	-3,534
11							-2,457	-2,360	-2,024	-2,561
12							-1,916	-2,289	-1,985	-2,121
13							-1,235	-1,687	-1,578	-1,743
14							-0,809	-1,058	-1,100	-0,951
15								-0,622	-0,569	-0,641
16								-0,179	-0,115	-0,154
17								0,147	0,088	-0,016
18								0,261	0,252	0,183
19									0,428	0,350
20									0,502	0,440
21									0,586	0,520
22										0,549
23										0,551
24										0,568
25										0,609
26										0,644
27										
28										
29										
30										

Skutečně naměřené teplotní spády

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1		0,121	0,040	0,029	0,019	0,012	0,025	0,019	0,039	0,077
2			0,055	0,059	0,078	0,059	0,140	0,256	0,295	0,223
3				0,046	0,047	0,069	0,144	0,133	0,084	0,059
4				0,201	0,156	0,090	0,177	0,109	0,094	0,105
5					0,199	0,215	0,025	0,052	0,037	0,099
6					0,310	0,241	0,136	0,116	0,074	0,210
7					0,424	0,787	0,592	0,515	0,450	0,630
8						2,138	3,055	2,253	2,611	2,915
9						1,904	1,956	2,620	2,429	1,858
10							0,952	1,468	0,968	1,487
11							0,436	0,260	0,231	0,223
12							0,117	0,342	0,567	0,278
13							0,236	0,229	0,406	0,276
14							0,286	0,136	0,199	0,122
15								0,064	0,078	0,097
16								0,022	0,044	0,076
17								0,010	0,001	0,007
18								0,015	0,003	0,003
19									-0,004	0,001
20									0,016	0,004
21									-0,005	0,000
22										0,024
23										0,033
24										0,005
25										-0,027
26										-0,026
27										
28										
29										
30										

Predikované teplotní spády

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1		0,116	0,346	0,285	0,349	0,212	0,260	0,325	0,276	0,288
2			0,283	0,362	0,466	0,179	0,256	0,265	0,197	0,248
3				0,169	0,208	0,117	0,157	0,247	0,183	0,164
4				0,110	0,147	0,096	0,128	0,152	0,134	0,096
5					0,169	0,131	0,174	0,194	0,152	0,163
6					0,229	0,202	0,223	0,250	0,212	0,211
7					0,338	0,288	0,335	0,340	0,315	0,316
8						0,435	0,600	0,515	0,535	0,565
9						0,684	0,767	0,772	0,767	0,731
10							1,326	1,004	1,192	1,256
11							1,016	1,189	1,253	1,195
12							0,658	0,413	0,606	0,718
13							0,916	0,831	0,813	0,654
14							0,712	0,765	0,677	0,914
15								0,500	0,609	0,408
16								0,465	0,498	0,563
17								0,336	0,204	0,144
18								0,129	0,167	0,202
19									0,172	0,168
20									0,091	0,094
21									0,079	0,080
22										0,053
23										0,035
24										0,023
25										0,014
26										0,008
27										
28										
29										
30										

Příloha 20: Teplotní mapy teploty vody – MODEL_B

Teplotní mapy k datu 9.4.2018

Skutečně naměřené hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	8,737	8,728	8,816	9,311	8,821	8,982	9,036	9,543	9,438	8,558
1	8,374	8,282	8,154	8,612	8,448	8,285	8,354	8,460	8,611	8,208
2	8,165	8,026	8,080	8,144	8,118	8,002	8,138	8,169	8,181	8,149
3		7,763	7,193	7,448	7,605	7,556	7,790	7,946	7,971	8,069
4		6,790	6,789	6,672	6,835	7,066	7,197	7,771	6,730	7,001
5				6,359	6,353	6,736	6,550	6,942	6,317	6,189
6				5,949	5,963	6,316	6,168	6,486	6,090	5,856
7				5,335	5,400	5,692	5,787	5,998	5,542	5,332
8					5,128	5,337	5,265	5,511	5,287	5,203
9					4,913	5,117	5,109	5,138	5,087	4,992
10					4,887	4,936	4,946	4,857	4,919	4,820
11						4,788	4,790	4,763	4,769	4,707
12							4,728	4,691	4,672	4,647
13							4,667	4,589	4,559	4,541
14							4,604	4,545	4,492	4,486
15							4,541	4,514	4,448	4,450
16							4,504	4,465	4,424	4,424
17							4,513	4,450	4,393	4,403
18								4,434	4,378	4,389
19								4,411	4,376	4,355
20								4,414	4,369	4,334
21								4,402	4,353	4,321
22									4,345	4,311
23									4,346	4,310
24									4,347	4,310
25									4,338	4,306
26										4,306
27										4,309
28										4,299
29										4,299
30										

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	7,790	8,129	8,105	8,143	8,155	7,855	7,913	8,041	8,009	7,952
1	7,147	7,434	7,479	7,471	7,501	7,225	7,377	7,467	7,429	7,364
2	6,754	6,996	7,106	7,059	7,092	6,844	7,076	7,137	7,096	7,016
3		6,771	6,937	6,858	6,872	6,657	6,947	6,991	6,952	6,848
4		6,701	6,911	6,803	6,770	6,603	6,918	6,961	6,928	6,788
5				6,824	6,714	6,619	6,918	6,975	6,953	6,765
6				6,850	6,631	6,642	6,871	6,957	6,952	6,703
7				6,803	6,447	6,602	6,705	6,833	6,849	6,531
8					6,108	6,435	6,375	6,552	6,587	6,201
9					5,616	6,104	5,910	6,122	6,169	5,735
10					5,061	5,648	5,420	5,640	5,683	5,238
11						5,182	5,044	5,245	5,266	4,850
12							4,860	5,033	5,018	4,660
13							4,859	5,009	4,951	4,664
14							4,976	5,112	5,012	4,797
15							5,137	5,266	5,126	4,979
16							5,282	5,404	5,229	5,145
17							5,370	5,485	5,281	5,253
18								5,489	5,262	5,281
19								5,418	5,174	5,232
20								5,289	5,035	5,122
21								5,130	4,870	4,978
22									4,706	4,827
23									4,566	4,694
24									4,461	4,591
25									4,395	4,522
26										4,486
27										4,477
28										4,487
29										4,511
30										

Rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,947	0,599	0,711	1,168	0,666	1,127	1,123	1,502	1,429	0,606
1	1,227	0,848	0,675	1,141	0,947	1,060	0,977	0,993	1,182	0,844
2	1,411	1,030	0,974	1,085	1,026	1,158	1,062	1,032	1,085	1,133
3		0,992	0,256	0,590	0,733	0,899	0,843	0,955	1,019	1,221
4		0,089	-0,122	-0,131	0,065	0,463	0,279	0,810	-0,198	0,213
5				-0,465	-0,361	0,117	-0,368	-0,033	-0,636	-0,576
6				-0,901	-0,668	-0,326	-0,703	-0,471	-0,862	-0,847
7				-1,468	-1,047	-0,910	-0,918	-0,835	-1,307	-1,199
8					-0,980	-1,098	-1,110	-1,041	-1,300	-0,998
9					-0,703	-0,987	-0,801	-0,984	-1,082	-0,743
10					-0,174	-0,712	-0,474	-0,783	-0,764	-0,418
11						-0,394	-0,254	-0,482	-0,497	-0,143
12							-0,132	-0,342	-0,346	-0,013
13							-0,192	-0,420	-0,392	-0,123
14							-0,372	-0,567	-0,520	-0,311
15							-0,596	-0,752	-0,678	-0,529
16							-0,778	-0,939	-0,805	-0,721
17							-0,857	-1,035	-0,888	-0,850
18								-1,055	-0,884	-0,892
19								-1,007	-0,798	-0,877
20								-0,875	-0,666	-0,788
21								-0,728	-0,517	-0,657
22									-0,361	-0,516
23									-0,220	-0,384
24									-0,114	-0,281
25									-0,057	-0,216
26										-0,180
27										-0,168
28										-0,188
29										-0,212
30										

Skutečně naměřený teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,363	0,446	0,662	0,699	0,373	0,697	0,682	1,083	0,827	0,350
2	0,209	0,256	0,074	0,468	0,330	0,283	0,216	0,291	0,430	0,059
3		0,263	0,887	0,696	0,513	0,446	0,348	0,223	0,210	0,080
4		0,973	0,404	0,776	0,770	0,490	0,593	0,175	1,241	1,068
5				0,313	0,482	0,330	0,647	0,829	0,413	0,812
6				0,410	0,390	0,420	0,382	0,456	0,227	0,333
7				0,614	0,563	0,624	0,381	0,488	0,548	0,524
8					0,272	0,355	0,522	0,487	0,255	0,129
9					0,215	0,220	0,156	0,373	0,200	0,211
10					0,026	0,181	0,163	0,281	0,168	0,172
11						0,148	0,156	0,094	0,150	0,113
12							0,062	0,072	0,097	0,060
13							0,061	0,102	0,113	0,106
14							0,063	0,044	0,067	0,055
15							0,063	0,031	0,044	0,036
16							0,037	0,049	0,024	0,026
17							-0,009	0,015	0,031	0,021
18								0,016	0,015	0,014
19								0,023	0,002	0,034
20								-0,003	0,007	0,021
21								0,012	0,016	0,013
22									0,008	0,010
23									-0,001	0,001
24									-0,001	0,000
25									0,009	0,004
26										0,000
27										-0,003
28										0,010
29										0,000
30										

Predikovaný teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,642	0,695	0,626	0,672	0,654	0,630	0,536	0,574	0,580	0,588
2	0,393	0,438	0,373	0,412	0,409	0,382	0,301	0,330	0,333	0,348
3		0,225	0,169	0,201	0,220	0,186	0,130	0,145	0,144	0,168
4		0,070	0,026	0,055	0,102	0,054	0,029	0,030	0,024	0,060
5				-0,021	0,056	-0,016	0,000	-0,013	-0,025	0,023
6				-0,026	0,083	-0,022	0,047	0,018	0,001	0,062
7				0,046	0,184	0,040	0,167	0,124	0,103	0,172
8					0,339	0,167	0,330	0,282	0,261	0,330
9					0,492	0,331	0,465	0,430	0,418	0,466
10					0,555	0,457	0,490	0,482	0,486	0,497
11						0,465	0,376	0,395	0,417	0,388
12							0,184	0,212	0,248	0,190
13							0,001	0,024	0,066	-0,004
14							-0,117	-0,103	-0,061	-0,133
15							-0,161	-0,154	-0,114	-0,182
16							-0,145	-0,138	-0,103	-0,166
17							-0,088	-0,081	-0,051	-0,107
18								-0,004	0,019	-0,028
19								0,071	0,088	0,049
20								0,128	0,139	0,110
21								0,159	0,165	0,144
22									0,163	0,150
23									0,140	0,133
24									0,105	0,103
25									0,066	0,069
26										0,036
27										0,009
28										-0,010
29										-0,024
30										

Teplotní mapy k datu 4.6.2018

Skutečné naměřené hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	24,283	24,081	24,414	24,126	24,084	24,173	24,249	25,042	24,286	24,929
1	23,798	23,758	23,673	23,617	23,454	23,492	23,576	23,697	23,629	24,579
2	23,437	23,377	23,266	23,376	23,218	23,239	23,394	23,395	23,355	23,451
3		21,144	21,627	20,799	21,284	21,862	21,632	22,898	21,378	22,357
4			17,707	18,734	18,856	18,612	18,453	18,941	18,726	18,772
5				14,965	14,802	14,936	14,008	14,180	13,290	13,634
6				11,433	11,556	11,336	11,053	10,638	10,135	10,602
7				8,411	8,564	8,261	8,630	7,610	7,689	7,868
8					7,102	7,101	6,735	6,973	6,395	6,610
9					6,507	6,411	6,267	5,953	5,893	5,810
10					6,008	5,879	5,833	5,559	5,522	5,500
11						5,633	5,567	5,255	5,283	5,195
12						5,572	5,314	5,149	5,113	5,048
13							5,310	5,070	4,930	4,843
14							5,320	5,078	4,872	4,791
15							5,536	4,988	4,819	4,729
16							5,514	5,015	4,798	4,654
17							5,481	5,286	4,903	4,619
18								5,483	4,907	4,600
19								5,436	4,902	4,513
20								5,412	5,222	4,568
21								5,355	5,251	4,670
22								5,399	5,443	4,913
23									5,617	5,073
24									5,540	5,066
25									5,556	5,553
26										5,599
27										5,621
28										5,601
29										
30										

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	23,857	23,946	23,930	24,120	23,736	23,979	23,969	23,931	24,009	23,857
1	23,568	23,691	23,463	23,547	23,166	23,428	23,246	23,252	23,329	23,170
2	22,956	23,116	22,625	22,577	22,159	22,474	22,063	22,128	22,211	22,029
3		22,128	21,319	21,102	20,617	21,013	20,339	20,465	20,560	20,343
4			19,490	19,074	18,522	19,005	18,101	18,265	18,371	18,125
5				16,589	16,020	16,550	15,554	15,700	15,808	15,560
6				13,919	13,422	13,917	13,029	13,093	13,191	12,978
7				11,414	11,070	11,444	10,824	10,774	10,852	10,699
8					9,178	9,384	9,084	8,927	8,981	8,895
9					7,787	7,820	7,804	7,570	7,603	7,575
10					6,827	6,701	6,902	6,625	6,641	6,658
11						5,930	6,285	5,988	5,992	6,042
12						5,406	5,875	5,568	5,563	5,640
13							5,610	5,296	5,285	5,384
14							5,447	5,122	5,108	5,227
15							5,351	5,012	4,996	5,134
16							5,302	4,944	4,928	5,084
17							5,281	4,903	4,888	5,060
18								4,878	4,865	5,051
19								4,863	4,852	5,050
20								4,854	4,845	5,051
21								4,849	4,841	5,052
22								4,846	4,840	5,051
23									4,839	5,046
24									4,839	5,038
25									4,840	5,028
26										5,015
27										5,002
28										4,989
29										
30										

Rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,426	0,135	0,484	0,006	0,348	0,194	0,280	1,111	0,277	1,072
1	0,230	0,067	0,210	0,070	0,288	0,064	0,330	0,445	0,300	1,409
2	0,481	0,261	0,641	0,799	1,059	0,765	1,331	1,267	1,144	1,422
3		-0,984	0,308	-0,303	0,667	0,849	1,293	2,433	0,818	2,014
4			-1,783	-0,340	0,334	-0,393	0,352	0,676	0,355	0,647
5				-1,624	-1,218	-1,614	-1,546	-1,520	-2,518	-1,926
6				-2,486	-1,866	-2,581	-1,976	-2,455	-3,056	-2,376
7				-3,003	-2,506	-3,183	-2,194	-3,164	-3,163	-2,831
8					-2,076	-2,283	-2,349	-1,954	-2,586	-2,285
9					-1,280	-1,409	-1,537	-1,617	-1,710	-1,765
10					-0,819	-0,822	-1,069	-1,066	-1,119	-1,158
11						-0,297	-0,718	-0,733	-0,709	-0,847
12						0,166	-0,561	-0,419	-0,450	-0,592
13							-0,300	-0,226	-0,355	-0,541
14							-0,127	-0,044	-0,236	-0,436
15							0,185	-0,024	-0,177	-0,405
16							0,212	0,071	-0,130	-0,430
17							0,200	0,383	0,015	-0,441
18								0,605	0,042	-0,451
19								0,573	0,050	-0,537
20								0,558	0,377	-0,483
21								0,506	0,410	-0,382
22								0,553	0,603	-0,138
23									0,778	0,027
24									0,701	0,028
25									0,716	0,525
26										0,584
27										0,619
28										0,612
29										
30										

Skutečně naměřený teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,485	0,323	0,741	0,509	0,630	0,681	0,673	1,345	0,657	0,350
2	0,361	0,381	0,407	0,241	0,236	0,253	0,182	0,302	0,274	1,128
3		2,233	1,639	2,577	1,934	1,377	1,762	0,497	1,977	1,094
4			3,920	2,065	2,428	3,250	3,179	3,957	2,652	3,585
5				3,769	4,054	3,676	4,445	4,761	5,436	5,138
6				3,532	3,246	3,600	2,955	3,542	3,155	3,032
7				3,022	2,992	3,075	2,423	3,028	2,446	2,734
8					1,462	1,160	1,895	0,637	1,294	1,258
9					0,595	0,690	0,468	1,020	0,502	0,800
10					0,499	0,532	0,434	0,394	0,371	0,310
11						0,246	0,266	0,304	0,239	0,305
12						0,061	0,253	0,106	0,170	0,147
13							0,004	0,079	0,183	0,205
14							-0,010	-0,008	0,058	0,052
15							-0,216	0,090	0,053	0,062
16							0,022	-0,027	0,021	0,075
17							0,033	-0,271	-0,105	0,035
18								-0,197	-0,004	0,019
19								0,047	0,005	0,087
20								0,024	-0,320	-0,055
21								0,057	-0,029	-0,102
22								-0,044	-0,192	-0,243
23									-0,174	-0,160
24									0,077	0,007
25									-0,016	-0,487
26										-0,046
27										-0,022
28										0,020
29										
30										

Predikovaný teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,288	0,255	0,467	0,573	0,570	0,550	0,723	0,679	0,680	0,687
2	0,612	0,575	0,838	0,970	1,007	0,954	1,182	1,124	1,118	1,141
3		0,988	1,306	1,475	1,542	1,461	1,725	1,663	1,651	1,686
4			1,829	2,028	2,095	2,008	2,238	2,200	2,189	2,218
5				2,485	2,502	2,455	2,547	2,565	2,562	2,565
6				2,670	2,598	2,634	2,525	2,606	2,617	2,582
7				2,505	2,352	2,472	2,205	2,319	2,340	2,279
8					1,892	2,060	1,740	1,847	1,871	1,804
9					1,391	1,565	1,281	1,357	1,378	1,320
10					0,960	1,118	0,902	0,945	0,962	0,917
11						0,772	0,616	0,637	0,649	0,615
12						0,524	0,410	0,420	0,429	0,402
13							0,265	0,272	0,278	0,256
14							0,164	0,174	0,177	0,158
15							0,095	0,110	0,111	0,093
16							0,049	0,068	0,068	0,050
17							0,021	0,041	0,040	0,024
18								0,025	0,023	0,009
19								0,015	0,013	0,001
20								0,009	0,007	-0,002
21								0,005	0,004	-0,001
22								0,003	0,002	0,001
23									0,001	0,005
24									0,000	0,008
25									-0,001	0,011
26										0,012
27										0,013
28										0,013
29										
30										

Teplotní mapy k datu 27.8.2018

Skutečně naměřené hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	20,732	20,732	21,823	21,921	21,909	21,902	22,017	22,076	22,014	22,152
1		20,688	21,818	21,779	21,873	21,888	21,948	21,981	21,955	22,034
2			21,782	21,729	21,742	21,819	21,848	21,821	21,829	22,014
3				21,709	21,629	21,765	21,832	21,700	21,734	21,867
4				21,537	21,545	21,648	21,706	21,617	21,640	21,812
5				19,654	20,344	19,732	20,459	21,144	21,474	21,621
6					17,130	16,117	17,393	17,975	17,551	16,877
7					13,848	12,540	12,190	12,626	13,167	11,633
8					9,679	9,308	9,176	10,051	9,843	9,628
9						8,220	7,718	8,167	8,160	8,087
10						7,099	7,434	7,763	7,993	7,678
11							6,541	6,447	6,753	6,310
12							6,156	6,144	6,169	5,812
13							5,807	5,751	5,732	5,731
14							5,660	5,600	5,643	5,498
15								5,471	5,555	5,460
16								5,401	5,395	5,391
17								5,351	5,369	5,377
18								5,326	5,352	5,345
19								5,310	5,317	5,307
20									5,313	5,276
21									5,297	5,234
22									5,268	5,201
23										5,209
24										5,228
25										5,252
26										5,278
27										
28										
29										
30										

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	22,790	22,649	23,226	23,583	23,100	23,441	23,662	23,733	23,736	23,541
1		22,956	23,368	23,648	23,231	23,502	23,683	23,754	23,747	23,571
2			23,280	23,478	23,113	23,323	23,434	23,516	23,500	23,336
3				22,996	22,657	22,822	22,823	22,930	22,910	22,746
4				22,112	21,766	21,911	21,757	21,903	21,885	21,705
5				20,748	20,366	20,527	20,178	20,370	20,358	20,151
6					18,464	18,675	18,128	18,352	18,349	18,111
7					16,193	16,464	15,781	16,003	16,006	15,750
8					13,813	14,103	13,415	13,594	13,594	13,346
9						11,848	11,312	11,420	11,405	11,196
10						9,924	9,645	9,681	9,644	9,488
11							8,444	8,427	8,368	8,265
12							7,640	7,595	7,521	7,458
13							7,135	7,082	6,997	6,963
14							6,836	6,786	6,697	6,681
15								6,631	6,542	6,536
16								6,563	6,478	6,478
17								6,547	6,467	6,472
18								6,561	6,488	6,496
19								6,590	6,524	6,534
20									6,567	6,580
21									6,611	6,626
22									6,652	6,669
23										6,708
24										6,741
25										6,768
26										6,788
27										
28										
29										
30										

Rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	-2,058	-1,917	-1,403	-1,662	-1,191	-1,539	-1,645	-1,657	-1,722	-1,389
1		-2,268	-1,550	-1,869	-1,358	-1,614	-1,735	-1,773	-1,792	-1,537
2			-1,498	-1,749	-1,371	-1,504	-1,586	-1,695	-1,671	-1,322
3				-1,287	-1,028	-1,057	-0,991	-1,230	-1,176	-0,879
4				-0,575	-0,221	-0,263	-0,051	-0,286	-0,245	0,107
5				-1,094	-0,022	-0,795	0,281	0,774	1,116	1,470
6					-1,334	-2,558	-0,735	-0,377	-0,798	-1,234
7					-2,345	-3,924	-3,591	-3,377	-2,839	-4,117
8					-4,134	-4,795	-4,239	-3,543	-3,751	-3,718
9						-3,628	-3,594	-3,253	-3,245	-3,109
10						-2,825	-2,211	-1,918	-1,651	-1,810
11							-1,903	-1,980	-1,615	-1,955
12							-1,484	-1,451	-1,352	-1,646
13							-1,328	-1,331	-1,265	-1,232
14							-1,176	-1,186	-1,054	-1,183
15								-1,160	-0,987	-1,076
16								-1,162	-1,083	-1,087
17								-1,196	-1,098	-1,095
18								-1,235	-1,136	-1,151
19								-1,280	-1,207	-1,227
20									-1,254	-1,304
21									-1,314	-1,392
22									-1,384	-1,468
23										-1,499
24										-1,513
25										-1,516
26										-1,510
27										
28										
29										
30										

Skutečně naměřené teplotní spády

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1		0,044	0,005	0,142	0,036	0,014	0,069	0,095	0,059	0,118
2			0,036	0,050	0,131	0,069	0,100	0,160	0,126	0,020
3				0,020	0,113	0,054	0,016	0,121	0,095	0,147
4				0,172	0,084	0,117	0,126	0,083	0,094	0,055
5				1,883	1,201	1,916	1,247	0,473	0,166	0,191
6					3,214	3,615	3,066	3,169	3,923	4,744
7					3,282	3,577	5,203	5,349	4,384	5,244
8					4,169	3,232	3,014	2,575	3,324	2,005
9						1,088	1,458	1,884	1,683	1,541
10						1,121	0,284	0,404	0,167	0,409
11							0,893	1,316	1,240	1,368
12							0,385	0,303	0,584	0,498
13							0,349	0,393	0,437	0,081
14							0,147	0,151	0,089	0,233
15								0,129	0,088	0,038
16								0,070	0,160	0,069
17								0,050	0,026	0,014
18								0,025	0,017	0,032
19								0,016	0,035	0,038
20									0,004	0,031
21									0,016	0,042
22									0,029	0,033
23										-0,008
24										-0,019
25										-0,024
26										-0,026
27										
28										
29										
30										

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1		-0,307	-0,142	-0,064	-0,131	-0,062	-0,021	-0,021	-0,011	-0,030
2			0,088	0,170	0,118	0,179	0,249	0,239	0,247	0,235
3				0,482	0,456	0,501	0,611	0,586	0,590	0,590
4				0,884	0,891	0,911	1,066	1,027	1,025	1,041
5				1,364	1,400	1,384	1,578	1,533	1,526	1,554
6					1,902	1,852	2,050	2,018	2,009	2,040
7					2,271	2,211	2,347	2,349	2,343	2,361
8					2,381	2,361	2,366	2,409	2,412	2,403
9						2,255	2,103	2,174	2,189	2,151
10						1,924	1,667	1,740	1,761	1,707
11							1,201	1,254	1,276	1,223
12							0,803	0,831	0,847	0,807
13							0,505	0,514	0,523	0,495
14							0,299	0,296	0,300	0,282
15								0,155	0,155	0,144
16								0,068	0,065	0,058
17								0,016	0,010	0,006
18								-0,014	-0,021	-0,023
19								-0,029	-0,036	-0,039
20									-0,043	-0,045
21									-0,044	-0,046
22									-0,041	-0,044
23										-0,039
24										-0,033
25										-0,027
26										-0,020
27										
28										
29										
30										

Teplotní mapy k datu 8.10.2018

Skutečně naměřené hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	13,778	14,047	14,417	14,239	14,214	14,100	14,223	14,221	14,214	14,277
1		13,926	14,377	14,210	14,195	14,088	14,198	14,202	14,175	14,200
2			14,322	14,151	14,117	14,029	14,058	13,946	13,880	13,977
3				14,105	14,070	13,960	13,914	13,813	13,796	13,918
4				13,904	13,914	13,870	13,737	13,704	13,702	13,813
5					13,715	13,655	13,712	13,652	13,665	13,714
6					13,405	13,414	13,576	13,536	13,591	13,504
7					12,981	12,627	12,984	13,021	13,141	12,874
8						10,489	9,929	10,768	10,530	9,959
9						8,585	7,973	8,148	8,101	8,101
10							7,021	6,680	7,133	6,614
11							6,585	6,420	6,882	6,391
12							6,468	6,078	6,315	6,113
13							6,232	5,849	5,909	5,837
14							5,946	5,713	5,710	5,715
15								5,649	5,632	5,618
16								5,627	5,588	5,542
17								5,617	5,587	5,535
18								5,602	5,584	5,532
19									5,588	5,531
20									5,572	5,527
21									5,577	5,527
22										5,503
23										5,470
24										5,465
25										5,492
26										5,518
27										
28										
29										
30										

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	13,621	14,189	14,493	14,894	14,395	14,155	14,550	14,745	14,793	14,450
1		13,412	13,804	14,232	13,694	13,495	13,978	14,136	14,188	13,831
2			13,325	13,739	13,201	13,056	13,627	13,736	13,786	13,431
3				13,470	12,961	12,877	13,496	13,568	13,608	13,270
4				13,393	12,930	12,911	13,515	13,573	13,597	13,284
5					13,010	13,063	13,574	13,647	13,650	13,367
6					13,079	13,221	13,556	13,670	13,651	13,398
7					13,017	13,272	13,352	13,527	13,488	13,260
8						13,113	12,892	13,132	13,076	12,872
9						12,679	12,182	12,470	12,396	12,223
10							11,326	11,620	11,525	11,404
11								10,479	10,733	10,566
12								9,758	9,937	9,831
13								9,190	9,280	9,107
14								8,738	8,737	8,750
15									8,260	8,325
16									7,812	7,920
17									7,377	7,521
18									6,958	7,131
19										6,405
20										6,431
21										6,144
22										5,904
23										5,708
24										5,550
25										5,423
26										5,321
27										
28										
29										
30										

Rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,157	-0,142	-0,076	-0,655	-0,181	-0,055	-0,327	-0,524	-0,579	-0,173
1		0,514	0,573	-0,022	0,501	0,593	0,220	0,066	-0,013	0,369
2			0,997	0,412	0,916	0,973	0,431	0,210	0,094	0,546
3				0,635	1,109	1,083	0,418	0,245	0,188	0,648
4				0,511	0,984	0,959	0,222	0,131	0,105	0,529
5					0,705	0,592	0,138	0,005	0,015	0,347
6					0,326	0,193	0,020	-0,134	-0,060	0,106
7					-0,036	-0,645	-0,368	-0,506	-0,347	-0,386
8						-2,624	-2,963	-2,364	-2,546	-2,913
9						-4,094	-4,209	-4,322	-4,295	-4,122
10							-4,305	-4,940	-4,392	-4,790
11							-3,894	-4,313	-3,728	-4,175
12							-3,290	-3,859	-3,472	-3,718
13							-2,958	-3,431	-3,198	-3,398
14							-2,792	-3,024	-2,841	-3,035
15								-2,611	-2,437	-2,707
16								-2,185	-2,034	-2,378
17								-1,760	-1,606	-1,986
18								-1,356	-1,199	-1,599
19									-0,817	-1,232
20									-0,500	-0,904
21									-0,213	-0,617
22										-0,401
23										-0,238
24										-0,085
25										0,069
26										0,197
27										
28										
29										
30										

Skutečně naměřený teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1		0,121	0,040	0,029	0,019	0,012	0,025	0,019	0,039	0,077
2			0,055	0,059	0,078	0,059	0,140	0,256	0,295	0,223
3				0,046	0,047	0,069	0,144	0,133	0,084	0,059
4				0,201	0,156	0,090	0,177	0,109	0,094	0,105
5					0,199	0,215	0,025	0,052	0,037	0,099
6					0,310	0,241	0,136	0,116	0,074	0,210
7					0,424	0,787	0,592	0,515	0,450	0,630
8						2,138	3,055	2,253	2,611	2,915
9						1,904	1,956	2,620	2,429	1,858
10							0,952	1,468	0,968	1,487
11							0,436	0,260	0,251	0,223
12							0,117	0,342	0,567	0,278
13							0,236	0,229	0,406	0,276
14							0,286	0,136	0,199	0,122
15								0,064	0,078	0,097
16								0,022	0,044	0,076
17								0,010	0,001	0,007
18								0,015	0,003	0,003
19									-0,004	0,001
20									0,016	0,004
21									-0,005	0,000
22										0,024
23										0,033
24										0,005
25										-0,027
26										-0,026
27										
28										
29										
30										

Predikovaný teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,777	0,688	0,662	0,701	0,660	0,572	0,609	0,604	0,619	
2		0,479	0,493	0,493	0,439	0,352	0,400	0,403	0,400	
3			0,268	0,240	0,179	0,130	0,168	0,178	0,162	
4			0,077	0,031	-0,034	-0,019	-0,005	0,011	-0,014	
5					-0,080	-0,152	-0,059	-0,074	-0,053	-0,083
6					-0,069	-0,158	0,019	-0,023	-0,001	-0,030
7					0,063	-0,051	0,204	0,143	0,163	0,138
8						0,159	0,460	0,394	0,412	0,388
9						0,434	0,710	0,663	0,680	0,648
10							0,856	0,850	0,872	0,819
11							0,847	0,887	0,915	0,838
12							0,721	0,796	0,823	0,735
13							0,568	0,657	0,679	0,595
14							0,452	0,543	0,556	0,485
15								0,477	0,482	0,426
16								0,448	0,447	0,405
17								0,435	0,429	0,399
18								0,419	0,410	0,390
19									0,378	0,368
20									0,334	0,332
21									0,281	0,287
22										0,240
23										0,196
24										0,158
25										0,127
26										0,101
27										
28										
29										
30										

Příloha 21: Teplotní mapy teploty vody – MODEL_C

Teplotní mapy k datu 9.4.2018

Skutečně naměřené hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	8,737	8,728	8,816	9,311	8,821	8,982	9,036	9,543	9,438	8,558
1	8,374	8,282	8,154	8,612	8,448	8,285	8,354	8,46	8,611	8,208
2	8,165	8,026	8,08	8,144	8,118	8,002	8,138	8,169	8,181	8,149
3		7,763	7,193	7,448	7,605	7,556	7,79	7,946	7,971	8,069
4		6,79	6,789	6,672	6,835	7,066	7,197	7,771	6,73	7,001
5				6,359	6,353	6,736	6,55	6,942	6,317	6,189
6				5,949	5,963	6,316	6,168	6,486	6,09	5,856
7				5,335	5,4	5,692	5,787	5,998	5,542	5,332
8					5,128	5,337	5,265	5,511	5,287	5,203
9					4,913	5,117	5,109	5,138	5,087	4,992
10					4,887	4,936	4,946	4,857	4,919	4,82
11						4,788	4,79	4,763	4,769	4,707
12							4,728	4,691	4,672	4,647
13							4,667	4,589	4,559	4,541
14							4,604	4,545	4,492	4,486
15							4,541	4,514	4,448	4,45
16							4,504	4,465	4,424	4,424
17							4,513	4,45	4,393	4,403
18								4,434	4,378	4,389
19								4,411	4,376	4,355
20								4,414	4,369	4,334
21								4,402	4,353	4,321
22									4,345	4,311
23									4,346	4,31
24									4,347	4,31
25									4,338	4,306
26										4,306
27										4,309
28										4,299
29										4,299
30										

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	8,042	8,734	8,953	8,604	8,753	8,906	8,625	8,578	8,966	8,786
1	7,305	7,856	8,054	7,743	7,986	8,011	8,192	8,291	8,328	8,190
2	7,785	7,922	8,189	7,760	7,532	7,848	7,373	7,283	7,758	7,568
3		7,306	7,188	7,350	6,939	6,692	6,637	6,688	7,224	6,803
4		6,521	6,285	6,135	5,929	6,069	6,038	5,937	6,594	6,171
5				5,553	5,582	5,690	5,702	5,590	6,089	5,790
6				5,607	5,259	5,453	5,445	5,355	5,843	5,666
7				5,184	5,037	5,309	5,309	5,270	5,625	5,357
8					5,206	5,342	5,237	5,119	5,632	5,337
9					5,236	5,381	5,393	5,269	5,557	5,265
10					5,246	5,295	5,322	5,346	5,608	5,140
11						5,125	5,059	5,197	5,471	5,020
12							4,875	4,860	5,178	4,772
13							4,574	4,640	4,886	4,405
14							4,239	4,274	4,548	4,055
15							3,856	4,055	4,286	3,803
16							3,702	3,879	4,088	3,614
17							3,547	3,702	3,947	3,489
18								3,653	3,898	3,438
19								3,588	3,856	3,451
20								3,631	3,876	3,493
21								3,703	3,922	3,530
22									3,989	3,633
23									4,044	3,697
24									4,103	3,791
25									4,162	3,863
26										3,927
27										3,986
28										4,043
29										4,097
30										

Rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,695	-0,006	-0,137	0,707	0,068	0,076	0,411	0,965	0,472	-0,228
1	1,069	0,426	0,100	0,869	0,462	0,274	0,162	0,169	0,283	0,018
2	0,380	0,104	-0,109	0,384	0,586	0,154	0,765	0,886	0,423	0,581
3		0,457	0,005	0,098	0,666	0,864	1,153	1,258	0,747	1,266
4		0,269	0,504	0,537	0,906	0,997	1,159	1,834	0,136	0,830
5				0,806	0,771	1,046	0,848	1,352	0,228	0,399
6				0,342	0,704	0,863	0,723	1,131	0,247	0,190
7				0,151	0,363	0,383	0,478	0,728	-0,083	-0,025
8					-0,078	-0,005	0,028	0,392	-0,345	-0,134
9					-0,323	-0,264	-0,284	-0,131	-0,470	-0,273
10					-0,359	-0,359	-0,376	-0,489	-0,689	-0,320
11						-0,337	-0,269	-0,434	-0,702	-0,313
12							-0,147	-0,169	-0,506	-0,125
13							0,093	-0,051	-0,327	0,136
14							0,365	0,271	-0,056	0,431
15							0,685	0,459	0,162	0,647
16							0,802	0,586	0,336	0,810
17							0,966	0,748	0,446	0,914
18								0,781	0,480	0,951
19								0,823	0,520	0,904
20								0,783	0,493	0,841
21								0,699	0,431	0,791
22									0,356	0,678
23									0,302	0,613
24									0,244	0,519
25									0,176	0,443
26										0,379
27										0,323
28										0,256
29										0,202
30										

Skutečně naměřený teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,363	0,446	0,662	0,699	0,373	0,697	0,682	1,083	0,827	0,35
2	0,209	0,256	0,074	0,468	0,33	0,283	0,216	0,291	0,43	0,059
3		0,263	0,887	0,696	0,513	0,446	0,348	0,223	0,21	0,08
4		0,973	0,404	0,776	0,77	0,49	0,593	0,175	1,241	1,068
5				0,313	0,482	0,33	0,647	0,829	0,413	0,812
6				0,41	0,39	0,42	0,382	0,456	0,227	0,333
7				0,614	0,563	0,624	0,381	0,488	0,548	0,524
8					0,272	0,355	0,522	0,487	0,255	0,129
9					0,215	0,22	0,156	0,373	0,2	0,211
10					0,026	0,181	0,163	0,281	0,168	0,172
11						0,148	0,156	0,094	0,15	0,113
12							0,062	0,072	0,097	0,06
13							0,061	0,102	0,113	0,106
14							0,063	0,044	0,067	0,055
15							0,063	0,031	0,044	0,036
16							0,037	0,049	0,024	0,026
17							-0,009	0,015	0,031	0,021
18								0,016	0,015	0,014
19								0,023	0,002	0,034
20								-0,003	0,007	0,021
21								0,012	0,016	0,013
22									0,008	0,01
23									-0,001	0,001
24									-0,001	0
25									0,009	0,004
26										0
27										-0,003
28										0,01
29										0
30										

Predikovaný teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,737	0,878	0,899	0,862	0,767	0,895	0,433	0,287	0,638	0,596
2	-0,479	-0,065	-0,135	-0,017	0,454	0,163	0,820	1,008	0,570	0,622
3		0,615	1,001	0,409	0,593	1,157	0,736	0,595	0,533	0,765
4		0,785	0,903	1,216	1,010	0,622	0,599	0,751	0,630	0,632
5				0,582	0,348	0,379	0,337	0,347	0,505	0,381
6				-0,054	0,322	0,237	0,257	0,235	0,246	0,124
7				0,422	0,223	0,144	0,136	0,085	0,218	0,309
8					-0,170	-0,033	0,072	0,151	-0,007	0,020
9					-0,030	-0,039	-0,156	-0,150	0,075	0,071
10					-0,010	0,086	0,070	-0,077	-0,051	0,126
11						0,171	0,263	0,148	0,137	0,119
12							0,185	0,337	0,292	0,248
13							0,300	0,220	0,292	0,367
14							0,335	0,366	0,338	0,350
15							0,383	0,219	0,263	0,253
16							0,154	0,175	0,197	0,188
17							0,156	0,177	0,142	0,125
18								0,049	0,049	0,052
19								0,065	0,042	-0,013
20								-0,043	-0,021	-0,042
21								-0,072	-0,046	-0,037
22									-0,067	-0,103
23									-0,055	-0,064
24									-0,059	-0,095
25									-0,059	-0,072
26										-0,064
27										-0,059
28										-0,057
29										-0,054
30										

Teplotní mapy k datu 4.6.2018

Skutečné naměřené hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	24,283	24,081	24,414	24,126	24,084	24,173	24,249	25,042	24,286	24,929
1	23,798	23,758	23,673	23,617	23,454	23,492	23,576	23,697	23,629	24,579
2	23,437	23,377	23,266	23,376	23,218	23,239	23,394	23,395	23,355	23,451
3		21,144	21,627	20,799	21,284	21,862	21,632	22,898	21,378	22,357
4			17,707	18,734	18,856	18,612	18,453	18,941	18,726	18,772
5				14,965	14,802	14,936	14,008	14,18	13,29	13,634
6					11,433	11,556	11,336	11,053	10,638	10,135
7						8,411	8,564	8,261	8,63	7,689
8							7,102	7,101	6,735	6,395
9								6,267	5,953	5,893
10									6,008	5,833
11										5,559
12										5,522
13										5,283
14										5,195
15										5,149
16										5,113
17										5,048
18										5,31
19										5,07
20										4,93
21										4,843
22										4,791
23										5,32
24										5,078
25										4,872
26										4,729
27										5,536
28										4,988
29										4,819
30										4,729

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	23,941	24,164	24,306	24,790	24,468	24,048	24,283	24,307	24,480	24,333
1	23,402	23,656	23,791	24,162	23,941	23,510	23,854	23,988	23,891	23,771
2	22,060	22,550	22,434	22,923	22,684	22,318	22,466	22,548	22,357	22,341
3		20,606	20,363	20,727	20,734	20,566	20,782	20,775	20,349	20,329
4			16,751	17,555	17,403	16,845	16,992	16,563	16,695	16,335
5				14,241	13,805	13,688	13,631	13,959	13,503	13,321
6					12,850	13,022	12,628	12,758	12,719	12,464
7						11,748	11,755	11,594	11,853	11,990
8							10,146	9,964	10,390	10,282
9								8,060	8,177	8,432
10									6,880	6,994
11										7,358
12										7,230
13										7,025
14										6,957
15										6,285
16										6,667
17										6,502
18										6,255
19										6,253
20										5,818
21										6,190
22										6,066
23										5,897
24										5,743
25										5,710
26										5,606
27										5,357
28										5,641
29										5,523
30										5,280

Rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,342	-0,083	0,108	-0,664	-0,384	0,125	-0,034	0,735	-0,194	0,596
1	0,396	0,102	-0,118	-0,545	-0,487	-0,018	-0,278	-0,291	-0,262	0,808
2	1,377	0,827	0,832	0,453	0,534	0,921	0,928	0,847	0,998	1,110
3		0,538	1,264	0,072	0,550	1,296	0,850	2,123	1,029	2,028
4			0,956	1,179	1,453	1,767	1,461	2,378	2,031	2,437
5				0,724	0,997	1,248	0,377	0,221	-0,213	0,313
6				-1,417	-1,466	-1,292	-1,705	-2,081	-2,329	-1,445
7				-3,337	-3,191	-3,333	-3,223	-4,380	-4,036	-3,645
8					-3,044	-2,863	-3,655	-3,309	-3,980	-3,644
9					-1,553	-1,766	-2,165	-2,339	-2,364	-2,308
10					-0,872	-1,115	-1,525	-1,671	-1,503	-1,457
11						-0,652	-1,100	-1,247	-0,972	-1,058
12						-0,246	-0,876	-0,917	-0,696	-0,773
13							-0,587	-0,673	-0,589	-0,689
14							-0,390	-0,528	-0,485	-0,617
15							-0,105	-0,535	-0,461	-0,630
16							-0,087	-0,500	-0,422	-0,654
17							-0,172	-0,219	-0,363	-0,709
18								-0,054	-0,401	-0,756
19								-0,160	-0,412	-0,907
20								-0,210	-0,155	-0,916
21								-0,331	-0,201	-0,860
22								-0,333	-0,073	-0,679
23									0,027	-0,588
24									-0,126	-0,663
25									-0,177	-0,224
26										-0,248
27										-0,281
28										-0,351
29										
30										

Skutečně naměřený teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,485	0,323	0,741	0,509	0,63	0,681	0,673	1,345	0,657	0,35
2	0,361	0,381	0,407	0,241	0,236	0,253	0,182	0,302	0,274	1,128
3		2,233	1,639	2,577	1,934	1,377	1,762	0,497	1,977	1,094
4			3,92	2,065	2,428	3,25	3,179	3,957	2,652	3,585
5				3,769	4,054	3,676	4,445	4,761	5,436	5,138
6				3,532	3,246	3,6	2,955	3,542	3,155	3,032
7				3,022	2,992	3,075	2,423	3,028	2,446	2,734
8					1,462	1,16	1,895	0,637	1,294	1,258
9					0,595	0,69	0,468	1,02	0,502	0,8
10					0,499	0,532	0,434	0,394	0,371	0,31
11						0,246	0,266	0,304	0,239	0,305
12							0,061	0,253	0,106	0,147
13								0,004	0,079	0,183
14								-0,01	-0,008	0,058
15								-0,216	0,09	0,053
16								0,022	-0,027	0,021
17								0,033	-0,271	-0,105
18									-0,197	-0,004
19									0,047	0,005
20									0,024	-0,32
21									0,057	-0,029
22									-0,044	-0,192
23										-0,174
24									0,077	0,007
25									-0,016	-0,487
26										-0,046
27										-0,022
28										0,02
29										
30										

Predikovaný teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,539	0,508	0,514	0,629	0,526	0,537	0,429	0,319	0,589	0,562
2	1,342	1,106	1,357	1,239	1,258	1,192	1,388	1,440	1,534	1,429
3		1,944	2,071	2,196	1,949	1,752	1,684	1,773	2,008	2,012
4			3,612	3,172	3,331	3,721	3,790	4,212	3,654	3,995
5				3,314	3,598	3,157	3,361	2,603	3,192	3,014
6				1,391	0,783	1,060	0,873	1,240	1,039	1,274
7				1,102	1,267	1,034	0,905	0,729	0,739	0,535
8					1,609	1,630	1,463	1,709	1,350	1,259
9					2,086	1,787	1,959	1,990	2,118	2,136
10					1,180	1,183	1,074	1,062	1,231	1,161
11						0,708	0,691	0,728	0,770	0,704
12						0,467	0,477	0,436	0,446	0,432
13							0,292	0,322	0,291	0,289
14							0,188	0,137	0,162	0,124
15							0,069	0,083	0,077	0,050
16							0,040	0,008	0,060	0,050
17							-0,051	0,010	-0,046	-0,019
18								-0,032	-0,042	-0,028
19								-0,059	-0,006	-0,064
20								-0,026	-0,064	-0,064
21								-0,064	-0,075	-0,046
22								-0,046	-0,064	-0,062
23									-0,074	-0,070
24									-0,076	-0,068
25									-0,067	-0,048
26										-0,070
27										-0,054
28										-0,050
29										
30										

Teplotní mapy k datu 27.8.2018

Skutečně naměřené hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	20,732	20,732	21,823	21,921	21,909	21,902	22,017	22,076	22,014	22,152
1		20,688	21,818	21,779	21,873	21,888	21,948	21,981	21,955	22,034
2			21,782	21,729	21,742	21,819	21,848	21,821	21,829	22,014
3				21,709	21,629	21,765	21,832	21,7	21,734	21,867
4				21,537	21,545	21,648	21,706	21,617	21,64	21,812
5				19,654	20,344	19,732	20,459	21,144	21,474	21,621
6					17,13	16,117	17,393	17,975	17,551	16,877
7					13,848	12,54	12,19	12,626	13,167	11,633
8					9,679	9,308	9,176	10,051	9,843	9,628
9						8,22	7,718	8,167	8,16	8,087
10						7,099	7,434	7,763	7,993	7,678
11							6,541	6,447	6,753	6,31
12							6,156	6,144	6,169	5,812
13							5,807	5,751	5,732	5,731
14							5,66	5,6	5,643	5,498
15								5,471	5,555	5,46
16								5,401	5,395	5,391
17								5,351	5,369	5,377
18								5,326	5,352	5,345
19								5,31	5,317	5,307
20									5,313	5,276
21									5,297	5,234
22									5,268	5,201
23										5,209
24										5,228
25										5,252
26										5,278
27										
28										
29										
30										

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	22,049	21,955	22,259	22,647	22,201	22,266	22,411	22,492	22,479	22,458
1		22,142	22,360	22,844	22,399	22,343	22,382	22,515	22,433	22,315
2			21,926	22,648	22,083	22,049	22,076	22,309	22,109	22,147
3				22,233	21,526	21,492	21,535	21,766	21,444	21,605
4				21,504	20,752	20,683	20,694	21,010	20,547	20,685
5				20,503	19,629	19,504	19,503	19,854	19,324	19,476
6					18,181	17,964	17,958	18,341	18,184	18,196
7					16,605	16,294	16,249	16,609	16,395	16,324
8					14,708	14,382	14,343	14,620	14,563	14,443
9						12,628	12,514	12,688	12,722	12,562
10						11,317	11,235	11,487	11,150	11,098
11							10,255	10,279	10,096	10,149
12							9,435	9,544	9,194	9,228
13							8,770	8,724	8,448	8,591
14							7,936	8,024	7,797	7,858
15								7,362	7,261	7,272
16								6,970	6,830	6,833
17								6,668	6,572	6,619
18								6,496	6,403	6,421
19								6,354	6,294	6,303
20									6,229	6,240
21									6,199	6,207
22									6,190	6,195
23										6,195
24										6,203
25										6,213
26										6,224
27										
28										
29										
30										

Rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	-1,317	-1,223	-0,436	-0,726	-0,292	-0,364	-0,394	-0,416	-0,465	-0,306
1		-1,454	-0,542	-1,065	-0,526	-0,455	-0,434	-0,534	-0,478	-0,281
2			-0,144	-0,919	-0,341	-0,230	-0,228	-0,488	-0,280	-0,133
3				-0,524	0,103	0,273	0,297	-0,066	0,290	0,262
4				0,033	0,793	0,965	1,012	0,607	1,093	1,127
5				-0,849	0,715	0,228	0,956	1,290	2,150	2,145
6					-1,051	-1,847	-0,565	-0,366	-0,633	-1,319
7					-2,757	-3,754	-4,059	-3,983	-3,228	-4,691
8					-5,029	-5,074	-5,167	-4,569	-4,720	-4,815
9						-4,408	-4,796	-4,521	-4,562	-4,475
10						-4,218	-3,801	-3,724	-3,157	-3,420
11							-3,714	-3,832	-3,343	-3,839
12							-3,279	-3,400	-3,025	-3,416
13							-2,963	-2,973	-2,716	-2,860
14							-2,276	-2,424	-2,154	-2,360
15								-1,891	-1,706	-1,812
16								-1,569	-1,435	-1,442
17								-1,317	-1,203	-1,242
18								-1,170	-1,051	-1,076
19								-1,044	-0,977	-0,996
20									-0,916	-0,964
21									-0,902	-0,973
22									-0,922	-0,994
23										-0,986
24										-0,975
25										-0,961
26										-0,946
27										
28										
29										
30										

Skutečně naměřené teplotní spády

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1		0,044	0,005	0,142	0,036	0,014	0,069	0,095	0,059	0,118
2			0,036	0,05	0,131	0,069	0,1	0,16	0,126	0,02
3				0,02	0,113	0,054	0,016	0,121	0,095	0,147
4				0,172	0,084	0,117	0,126	0,083	0,094	0,055
5				1,883	1,201	1,916	1,247	0,473	0,166	0,191
6					3,214	3,615	3,066	3,169	3,923	4,744
7					3,282	3,577	5,203	5,349	4,384	5,244
8					4,169	3,232	3,014	2,575	3,324	2,005
9						1,088	1,458	1,884	1,683	1,541
10						1,121	0,284	0,404	0,167	0,409
11							0,893	1,316	1,24	1,368
12							0,385	0,303	0,584	0,498
13							0,349	0,393	0,437	0,081
14							0,147	0,151	0,089	0,233
15								0,129	0,088	0,038
16								0,07	0,16	0,069
17								0,05	0,026	0,014
18								0,025	0,017	0,032
19								0,016	0,035	0,038
20									0,004	0,031
21									0,016	0,042
22									0,029	0,033
23										-0,008
24										-0,019
25										-0,024
26										-0,026
27										
28										
29										
30										

Predikované hodnoty

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1		-0,187	-0,101	-0,197	-0,198	-0,078	0,029	-0,024	0,046	0,143
2			0,435	0,196	0,316	0,294	0,306	0,207	0,324	0,167
3				0,414	0,557	0,557	0,541	0,543	0,665	0,542
4				0,730	0,774	0,809	0,841	0,756	0,897	0,920
5				1,001	1,123	1,179	1,191	1,156	1,224	1,209
6					1,449	1,540	1,545	1,513	1,139	1,280
7					1,575	1,670	1,709	1,732	1,789	1,872
8					1,898	1,912	1,906	1,989	1,832	1,882
9						1,754	1,828	1,932	1,841	1,880
10						1,311	1,279	1,201	1,572	1,464
11							0,980	1,208	1,055	0,949
12							0,820	0,735	0,902	0,921
13							0,665	0,819	0,745	0,637
14							0,833	0,700	0,651	0,733
15								0,662	0,536	0,586
16								0,392	0,430	0,439
17								0,302	0,258	0,214
18								0,172	0,169	0,198
19								0,142	0,109	0,118
20									0,065	0,062
21									0,030	0,033
22									0,010	0,013
23										-0,001
24										-0,008
25										-0,010
26										-0,011
27										
28										
29										
30										

Teplotní mapy k datu 8.10.2018

Skutečně naměřené hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	13,778	14,047	14,417	14,239	14,214	14,1	14,223	14,221	14,214	14,277
1		13,926	14,377	14,21	14,195	14,088	14,198	14,202	14,175	14,2
2			14,322	14,151	14,117	14,029	14,058	13,946	13,88	13,977
3				14,105	14,07	13,96	13,914	13,813	13,796	13,918
4				13,904	13,914	13,87	13,737	13,704	13,702	13,813
5					13,715	13,655	13,712	13,652	13,665	13,714
6					13,405	13,414	13,576	13,536	13,591	13,504
7					12,981	12,627	12,984	13,021	13,141	12,874
8						10,489	9,929	10,768	10,53	9,959
9							8,585	7,973	8,148	8,101
10								7,021	6,68	7,133
11								6,585	6,42	6,882
12								6,468	6,078	6,315
13								6,232	5,849	5,909
14								5,946	5,713	5,71
15									5,649	5,632
16									5,627	5,588
17									5,617	5,587
18									5,602	5,584
19										5,588
20										5,572
21										5,577
22										5,503
23										5,47
24										5,465
25										5,492
26										5,518
27										
28										
29										
30										

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	13,893	14,072	13,961	14,824	14,588	14,355	14,393	14,868	14,585	14,459
1		13,491	13,285	14,306	14,028	13,784	13,766	14,282	13,938	13,852
2			12,582	13,699	13,401	13,146	13,118	13,611	13,239	13,189
3				13,105	12,788	12,543	12,521	12,992	12,635	12,584
4				12,620	12,301	12,076	12,071	12,476	12,205	12,104
5					11,988	11,791	11,828	12,143	11,960	11,836
6					11,814	11,665	11,707	11,952	11,845	11,696
7					11,675	11,588	11,632	11,801	11,761	11,586
8						11,361	11,177	11,478	11,453	11,183
9						10,805	10,821	10,788	10,948	10,744
10							9,448	9,726	9,795	9,436
11								8,748	8,272	8,484
12								8,719	8,523	8,411
13								7,902	7,759	7,772
14								7,286	6,972	7,243
15									6,618	6,646
16									6,138	5,955
17									5,773	6,176
18									6,052	6,282
19										6,191
20										6,283
21										6,302
22										6,166
23										6,217
24										6,266
25										6,314
26										6,354
27										
28										
29										
30										

Rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	-0,115	-0,025	0,456	-0,585	-0,374	-0,255	-0,170	-0,647	-0,371	-0,182
1		0,435	1,092	-0,096	0,167	0,304	0,432	-0,080	0,237	0,348
2			1,740	0,452	0,716	0,883	0,940	0,335	0,641	0,788
3				1,000	1,282	1,417	1,393	0,821	1,161	1,334
4				1,284	1,613	1,794	1,666	1,228	1,497	1,709
5					1,727	1,864	1,884	1,509	1,705	1,878
6					1,591	1,749	1,869	1,584	1,746	1,808
7					1,306	1,039	1,352	1,220	1,380	1,288
8						-0,872	-1,248	-0,710	-0,923	-1,224
9						-2,220	-2,848	-2,640	-2,847	-2,643
10							-2,427	-3,046	-2,662	-2,822
11							-2,163	-1,852	-1,602	-1,845
12							-2,251	-2,445	-2,096	-1,820
13							-1,670	-1,910	-1,863	-1,785
14							-1,340	-1,259	-1,533	-0,810
15								-0,969	-1,014	-0,849
16								-0,511	-0,367	-0,028
17								-0,156	-0,589	-0,520
18								-0,450	-0,698	-0,516
19									-0,603	-0,460
20									-0,711	-0,561
21									-0,725	-0,592
22										-0,663
23										-0,747
24										-0,801
25										-0,822
26										-0,836
27										
28										
29										
30										

Skutečně naměřený teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1		0,121	0,04	0,029	0,019	0,012	0,025	0,019	0,039	0,077
2			0,055	0,059	0,078	0,059	0,14	0,256	0,295	0,223
3				0,046	0,047	0,069	0,144	0,133	0,084	0,059
4				0,201	0,156	0,09	0,177	0,109	0,094	0,105
5					0,199	0,215	0,025	0,052	0,037	0,099
6					0,31	0,241	0,136	0,116	0,074	0,21
7					0,424	0,787	0,592	0,515	0,45	0,63
8						2,138	3,055	2,253	2,611	2,915
9						1,904	1,956	2,62	2,429	1,858
10							0,952	1,468	0,968	1,487
11							0,436	0,26	0,251	0,223
12							0,117	0,342	0,567	0,278
13							0,236	0,229	0,406	0,276
14							0,286	0,136	0,199	0,122
15								0,064	0,078	0,097
16								0,022	0,044	0,076
17								0,01	0,001	0,007
18								0,015	0,003	0,003
19									-0,004	0,001
20									0,016	0,004
21									-0,005	0
22										0,024
23										0,033
24										0,005
25										-0,027
26										-0,026
27										
28										
29										
30										

Predikovaný teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,581	0,676	0,517	0,560	0,571	0,626	0,586	0,647	0,607	
2		0,703	0,607	0,627	0,639	0,648	0,671	0,699	0,664	
3			0,594	0,613	0,602	0,597	0,620	0,604	0,605	
4			0,486	0,487	0,467	0,450	0,516	0,430	0,480	
5				0,312	0,284	0,243	0,332	0,245	0,268	
6				0,174	0,126	0,121	0,192	0,115	0,141	
7				0,140	0,077	0,075	0,150	0,083	0,110	
8					0,227	0,455	0,324	0,308	0,403	
9					0,555	0,356	0,690	0,505	0,439	
10						1,372	1,062	1,153	1,307	
11						0,700	1,455	1,310	1,200	
12						0,029	-0,252	0,073	0,304	
13						0,817	0,764	0,639	0,310	
14						0,616	0,788	0,529	1,097	
15							0,354	0,598	0,058	
16							0,480	0,691	0,897	
17							0,365	-0,221	-0,485	
18							-0,279	-0,106	0,007	
19								0,091	0,057	
20								-0,092	-0,097	
21								-0,019	-0,031	
22									-0,047	
23									-0,051	
24									-0,049	
25									-0,047	
26									-0,040	
27										
28										
29										
30										

Příloha 22: Teplotní mapy teploty vody – MODEL_D

Teplotní mapy k datu 9.4.2018

Skutečně naměřené hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	8,737	8,728	8,816	9,311	8,821	8,982	9,036	9,543	9,438	8,558
1	8,374	8,282	8,154	8,612	8,448	8,285	8,354	8,46	8,611	8,208
2	8,165	8,026	8,08	8,144	8,118	8,002	8,138	8,169	8,181	8,149
3		7,763	7,193	7,448	7,605	7,556	7,79	7,946	7,971	8,069
4		6,79	6,789	6,672	6,835	7,066	7,197	7,771	6,73	7,001
5				6,359	6,353	6,736	6,55	6,942	6,317	6,189
6				5,949	5,963	6,316	6,168	6,486	6,09	5,856
7				5,335	5,4	5,692	5,787	5,998	5,542	5,332
8					5,128	5,337	5,265	5,511	5,287	5,203
9					4,913	5,117	5,109	5,138	5,087	4,992
10					4,887	4,936	4,946	4,857	4,919	4,82
11						4,788	4,79	4,763	4,769	4,707
12							4,728	4,691	4,672	4,647
13							4,667	4,589	4,559	4,541
14							4,604	4,545	4,492	4,486
15							4,541	4,514	4,448	4,45
16							4,504	4,465	4,424	4,424
17							4,513	4,45	4,393	4,403
18								4,434	4,378	4,389
19								4,411	4,376	4,355
20								4,414	4,369	4,334
21								4,402	4,353	4,321
22									4,345	4,311
23									4,346	4,31
24									4,347	4,31
25									4,338	4,306
26										4,306
27										4,309
28										4,299
29										4,299
30										

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	9,072	8,771	9,000	9,676	9,196	9,416	8,763	9,001	9,018	9,230
1	8,410	8,357	8,440	9,006	8,633	8,811	8,407	8,619	8,521	8,735
2	7,807	8,048	7,972	8,404	8,147	8,267	8,103	8,288	8,080	8,308
3		7,788	7,531	7,808	7,667	7,717	7,784	7,941	7,627	7,885
4		7,507	7,052	7,164	7,133	7,106	7,389	7,519	7,106	7,404
5				6,453	6,512	6,420	6,889	6,993	6,501	6,833
6				5,706	5,822	5,693	6,300	6,378	5,846	6,186
7				4,997	5,131	5,001	5,686	5,742	5,218	5,526
8					4,520	4,421	5,135	5,170	4,694	4,937
9					4,047	3,992	4,715	4,730	4,322	4,484
10					3,730	3,715	4,450	4,448	4,106	4,188
11						3,564	4,327	4,311	4,022	4,035
12							4,315	4,287	4,035	3,993
13							4,379	4,342	4,111	4,026
14							4,487	4,446	4,224	4,104
15							4,615	4,574	4,350	4,202
16							4,743	4,707	4,475	4,301
17							4,856	4,830	4,584	4,387
18								4,933	4,668	4,451
19								5,006	4,721	4,487
20								5,045	4,740	4,495
21								5,048	4,728	4,478
22									4,693	4,446
23									4,645	4,409
24									4,595	4,379
25									4,555	4,364
26										4,368
27										4,394
28										4,439
29										4,499
30										

Rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	-0,335	-0,043	-0,184	-0,365	-0,375	-0,434	0,273	0,542	0,420	-0,672
1	-0,036	-0,075	-0,286	-0,394	-0,185	-0,526	-0,053	-0,159	0,090	-0,527
2	0,358	-0,022	0,108	-0,260	-0,029	-0,265	0,035	-0,119	0,101	-0,159
3		-0,025	-0,338	-0,360	-0,062	-0,161	0,006	0,005	0,344	0,184
4		-0,717	-0,263	-0,492	-0,298	-0,040	-0,192	0,252	-0,376	-0,403
5				-0,094	-0,159	0,316	-0,339	-0,051	-0,184	-0,644
6				0,243	0,141	0,623	-0,132	0,108	0,244	-0,330
7				0,338	0,269	0,691	0,101	0,256	0,324	-0,194
8					0,608	0,916	0,130	0,341	0,593	0,266
9					0,866	1,125	0,394	0,408	0,765	0,508
10					1,157	1,221	0,496	0,409	0,813	0,632
11						1,224	0,463	0,452	0,747	0,672
12							0,413	0,404	0,637	0,654
13							0,288	0,247	0,448	0,515
14							0,117	0,099	0,268	0,382
15							-0,074	-0,060	0,098	0,248
16							-0,239	-0,242	-0,051	0,123
17							-0,343	-0,380	-0,191	0,016
18								-0,499	-0,290	-0,062
19								-0,595	-0,345	-0,132
20								-0,631	-0,371	-0,161
21								-0,646	-0,375	-0,157
22									-0,348	-0,135
23									-0,299	-0,099
24									-0,248	-0,069
25									-0,217	-0,058
26										-0,062
27										-0,085
28										-0,140
29										-0,200
30										

Skutečně naměřený teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,363	0,446	0,662	0,699	0,373	0,697	0,682	1,083	0,827	0,35
2	0,209	0,256	0,074	0,468	0,33	0,283	0,216	0,291	0,43	0,059
3		0,263	0,887	0,696	0,513	0,446	0,348	0,223	0,21	0,08
4		0,973	0,404	0,776	0,77	0,49	0,593	0,175	1,241	1,068
5				0,313	0,482	0,33	0,647	0,829	0,413	0,812
6				0,41	0,39	0,42	0,382	0,456	0,227	0,333
7				0,614	0,563	0,624	0,381	0,488	0,548	0,524
8					0,272	0,355	0,522	0,487	0,255	0,129
9					0,215	0,22	0,156	0,373	0,2	0,211
10					0,026	0,181	0,163	0,281	0,168	0,172
11						0,148	0,156	0,094	0,15	0,113
12							0,062	0,072	0,097	0,06
13							0,061	0,102	0,113	0,106
14							0,063	0,044	0,067	0,055
15							0,063	0,031	0,044	0,036
16							0,037	0,049	0,024	0,026
17							-0,009	0,015	0,031	0,021
18								0,016	0,015	0,014
19								0,023	0,002	0,034
20								-0,003	0,007	0,021
21								0,012	0,016	0,013
22									0,008	0,01
23									-0,001	0,001
24									-0,001	0
25									0,009	0,004
26										0
27										-0,003
28										0,01
29										0
30										

Predikovaný teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,662	0,415	0,559	0,670	0,562	0,605	0,356	0,382	0,497	0,495
2	0,603	0,308	0,468	0,602	0,487	0,544	0,304	0,331	0,441	0,427
3		0,261	0,441	0,596	0,479	0,550	0,319	0,347	0,453	0,423
4		0,280	0,479	0,644	0,534	0,610	0,394	0,422	0,521	0,481
5				0,712	0,621	0,687	0,500	0,527	0,605	0,571
6				0,747	0,689	0,727	0,590	0,614	0,655	0,647
7				0,709	0,691	0,691	0,613	0,637	0,629	0,660
8					0,611	0,581	0,551	0,572	0,524	0,589
9					0,472	0,429	0,420	0,440	0,372	0,453
10					0,317	0,277	0,265	0,282	0,216	0,296
11						0,151	0,123	0,137	0,084	0,153
12							0,012	0,024	-0,013	0,042
13							-0,064	-0,055	-0,076	-0,033
14							-0,108	-0,104	-0,112	-0,078
15							-0,128	-0,128	-0,127	-0,098
16							-0,128	-0,133	-0,125	-0,099
17							-0,114	-0,124	-0,109	-0,087
18								-0,103	-0,084	-0,064
19								-0,073	-0,053	-0,036
20								-0,039	-0,019	-0,007
21								-0,003	0,012	0,017
22									0,035	0,032
23									0,048	0,037
24									0,049	0,030
25									0,040	0,015
26										-0,005
27										-0,026
28										-0,045
29										-0,060
30										

Teplotní mapy k datu 4.6.2018

Skutečné naměřené hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	24,283	24,081	24,414	24,126	24,084	24,173	24,249	25,042	24,286	24,929
1	23,798	23,758	23,673	23,617	23,454	23,492	23,576	23,697	23,629	24,579
2	23,437	23,377	23,266	23,376	23,218	23,239	23,394	23,395	23,355	23,451
3		21,144	21,627	20,799	21,284	21,862	21,632	22,898	21,378	22,357
4			17,707	18,734	18,856	18,612	18,453	18,941	18,726	18,772
5				14,965	14,802	14,936	14,008	14,18	13,29	13,634
6				11,433	11,556	11,336	11,053	10,638	10,135	10,602
7				8,411	8,564	8,261	8,63	7,61	7,689	7,868
8					7,102	7,101	6,735	6,973	6,395	6,61
9					6,507	6,411	6,267	5,953	5,893	5,81
10					6,008	5,879	5,833	5,559	5,522	5,5
11						5,633	5,567	5,255	5,283	5,195
12						5,572	5,314	5,149	5,113	5,048
13							5,31	5,07	4,93	4,843
14							5,32	5,078	4,872	4,791
15							5,536	4,988	4,819	4,729
16							5,514	5,015	4,798	4,654
17							5,481	5,286	4,903	4,619
18								5,483	4,907	4,6
19								5,436	4,902	4,513
20								5,412	5,222	4,568
21								5,355	5,251	4,67
22								5,399	5,443	4,913
23									5,617	5,073
24									5,54	5,066
25									5,556	5,553
26										5,599
27										5,621
28										5,601
29										
30										

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	24,128	24,773	25,473	25,650	25,145	24,974	25,188	25,482	25,359	25,338
1	23,248	23,901	24,721	24,814	24,247	23,945	24,051	24,363	24,298	24,320
2	21,965	22,669	23,567	23,562	22,948	22,520	22,506	22,831	22,820	22,899
3		21,062	21,975	21,863	21,228	20,690	20,568	20,898	20,922	21,063
4			19,966	19,757	19,132	18,519	18,323	18,646	18,676	18,870
5				17,377	16,789	16,151	15,930	16,236	16,245	16,464
6				14,936	14,400	13,795	13,589	13,872	13,845	14,054
7				12,659	12,181	11,656	11,492	11,746	11,686	11,856
8					10,293	9,869	9,758	9,981	9,900	10,018
9					8,804	8,481	8,421	8,612	8,521	8,590
10					7,698	7,463	7,443	7,604	7,513	7,544
11						6,747	6,756	6,888	6,802	6,810
12						6,259	6,285	6,391	6,315	6,309
13							5,968	6,053	5,986	5,974
14							5,757	5,824	5,768	5,753
15							5,617	5,670	5,623	5,609
16							5,526	5,567	5,529	5,516
17							5,467	5,499	5,467	5,457
18								5,453	5,428	5,419
19								5,423	5,403	5,396
20								5,404	5,388	5,382
21								5,391	5,378	5,374
22								5,383	5,373	5,370
23									5,370	5,368
24									5,369	5,367
25									5,369	5,367
26										5,368
27										5,369
28										5,370
29										
30										

Rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,155	-0,692	-1,059	-1,524	-1,061	-0,801	-0,939	-0,440	-1,073	-0,409
1	0,550	-0,143	-1,048	-1,197	-0,793	-0,453	-0,475	-0,666	-0,669	0,259
2	1,472	0,708	-0,301	-0,186	0,270	0,719	0,888	0,564	0,535	0,552
3		0,082	-0,348	-1,064	0,056	1,172	1,064	2,000	0,456	1,294
4			-2,259	-1,023	-0,276	0,093	0,130	0,295	0,050	-0,098
5				-2,412	-1,987	-1,215	-1,922	-2,056	-2,955	-2,830
6				-3,503	-2,844	-2,459	-2,536	-3,234	-3,710	-3,452
7				-4,248	-3,617	-3,395	-2,862	-4,136	-3,997	-3,988
8					-3,191	-2,768	-3,023	-3,008	-3,505	-3,408
9					-2,297	-2,070	-2,154	-2,659	-2,628	-2,780
10					-1,690	-1,584	-1,610	-2,045	-1,991	-2,044
11						-1,114	-1,189	-1,633	-1,519	-1,615
12						-0,687	-0,971	-1,242	-1,202	-1,261
13							-0,658	-0,983	-1,056	-1,131
14							-0,437	-0,746	-0,896	-0,962
15							-0,081	-0,682	-0,804	-0,880
16							-0,012	-0,552	-0,731	-0,862
17							0,014	-0,213	-0,564	-0,838
18								0,030	-0,521	-0,819
19								0,013	-0,501	-0,883
20								0,008	-0,166	-0,814
21								-0,036	-0,127	-0,704
22								0,016	0,070	-0,457
23									0,247	-0,295
24									0,171	-0,301
25									0,187	0,186
26										0,231
27										0,252
28										0,231
29										
30										

Skutečně naměřený teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,485	0,323	0,741	0,509	0,63	0,681	0,673	1,345	0,657	0,35
2	0,361	0,381	0,407	0,241	0,236	0,253	0,182	0,302	0,274	1,128
3		2,233	1,639	2,577	1,934	1,377	1,762	0,497	1,977	1,094
4			3,92	2,065	2,428	3,25	3,179	3,957	2,652	3,585
5				3,769	4,054	3,676	4,445	4,761	5,436	5,138
6				3,532	3,246	3,6	2,955	3,542	3,155	3,032
7				3,022	2,992	3,075	2,423	3,028	2,446	2,734
8					1,462	1,16	1,895	0,637	1,294	1,258
9					0,595	0,69	0,468	1,02	0,502	0,8
10					0,499	0,532	0,434	0,394	0,371	0,31
11						0,246	0,266	0,304	0,239	0,305
12						0,061	0,253	0,106	0,17	0,147
13							0,004	0,079	0,183	0,205
14							-0,01	-0,008	0,058	0,052
15							-0,216	0,09	0,053	0,062
16							0,022	-0,027	0,021	0,075
17							0,033	-0,271	-0,105	0,035
18								-0,197	-0,004	0,019
19								0,047	0,005	0,087
20								0,024	-0,32	-0,055
21								0,057	-0,029	-0,102
22								-0,044	-0,192	-0,243
23									-0,174	-0,16
24									0,077	0,007
25									-0,016	-0,487
26										-0,046
27										-0,022
28										0,02
29										
30										

Predikovaný teplotní spád

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1	0,880	0,872	0,752	0,836	0,898	1,029	1,138	1,119	1,061	1,018
2	1,282	1,232	1,154	1,252	1,299	1,425	1,545	1,532	1,478	1,421
3		1,607	1,592	1,699	1,720	1,829	1,938	1,934	1,898	1,836
4			2,009	2,106	2,096	2,172	2,245	2,252	2,245	2,193
5				2,380	2,343	2,367	2,394	2,410	2,432	2,406
6				2,441	2,389	2,356	2,340	2,364	2,399	2,409
7				2,277	2,219	2,140	2,098	2,126	2,159	2,198
8					1,888	1,786	1,734	1,765	1,786	1,838
9					1,489	1,388	1,337	1,369	1,378	1,427
10					1,106	1,019	0,978	1,009	1,009	1,046
11						0,716	0,687	0,716	0,710	0,734
12						0,488	0,471	0,496	0,487	0,501
13							0,317	0,339	0,329	0,335
14							0,211	0,229	0,219	0,221
15							0,139	0,154	0,144	0,144
16							0,091	0,103	0,095	0,093
17							0,059	0,069	0,061	0,059
18								0,046	0,039	0,038
19								0,030	0,025	0,023
20								0,020	0,016	0,014
21								0,013	0,009	0,008
22								0,008	0,005	0,004
23									0,003	0,002
24									0,001	0,001
25									0,000	0,000
26										-0,001
27										-0,001
28										-0,001
29										
30										

Teplotní mapy k datu 27.8.2018

Skutečně naměřené hodnoty

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	20,732	20,732	21,823	21,921	21,909	21,902	22,017	22,076	22,014	22,152
1		20,688	21,818	21,779	21,873	21,888	21,948	21,981	21,955	22,034
2			21,782	21,729	21,742	21,819	21,848	21,821	21,829	22,014
3				21,709	21,629	21,765	21,832	21,7	21,734	21,867
4				21,537	21,545	21,648	21,706	21,617	21,64	21,812
5				19,654	20,344	19,732	20,459	21,144	21,474	21,621
6					17,13	16,117	17,393	17,975	17,551	16,877
7					13,848	12,54	12,19	12,626	13,167	11,633
8					9,679	9,308	9,176	10,051	9,843	9,628
9						8,22	7,718	8,167	8,16	8,087
10						7,099	7,434	7,763	7,993	7,678
11							6,541	6,447	6,753	6,31
12							6,156	6,144	6,169	5,812
13							5,807	5,751	5,732	5,731
14							5,66	5,6	5,643	5,498
15								5,471	5,555	5,46
16								5,401	5,395	5,391
17								5,351	5,369	5,377
18								5,326	5,352	5,345
19								5,31	5,317	5,307
20									5,313	5,276
21									5,297	5,234
22									5,268	5,201
23										5,209
24										5,228
25										5,252
26										5,278
27										
28										
29										
30										

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	23,340	24,153	24,316	24,854	24,896	24,905	24,730	25,023	24,925	25,063
1		23,713	24,016	24,495	24,407	24,308	24,115	24,434	24,354	24,522
2			23,450	23,852	23,648	23,433	23,261	23,604	23,517	23,713
3				22,921	22,631	22,295	22,201	22,562	22,433	22,651
4				21,725	21,393	20,940	20,977	21,349	21,141	21,375
5				20,311	19,983	19,425	19,623	19,997	19,688	19,933
6					18,449	17,811	18,155	18,520	18,117	18,367
7					16,840	16,163	16,588	16,933	16,480	16,719
8					15,219	14,556	14,956	15,270	14,842	15,043
9						13,062	13,326	13,601	13,275	13,407
10						11,721	11,777	12,007	11,834	11,879
11							10,371	10,556	10,542	10,503
12							9,149	9,295	9,404	9,302
13							8,132	8,248	8,420	8,287
14							7,325	7,418	7,600	7,462
15								6,790	6,946	6,822
16								6,332	6,449	6,348
17								6,011	6,089	6,011
18								5,790	5,837	5,780
19								5,641	5,666	5,626
20									5,553	5,525
21									5,480	5,460
22									5,433	5,419
23										5,394
24										5,380
25										5,371
26										5,367
27										
28										
29										
30										

Rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	-2,608	-3,421	-2,493	-2,933	-2,987	-3,003	-2,713	-2,947	-2,911	-2,911
1		-3,025	-2,198	-2,716	-2,534	-2,420	-2,167	-2,453	-2,399	-2,488
2			-1,668	-2,123	-1,906	-1,614	-1,413	-1,783	-1,688	-1,699
3				-1,212	-1,002	-0,530	-0,369	-0,862	-0,699	-0,784
4				-0,188	0,152	0,708	0,729	0,268	0,499	0,437
5				-0,657	0,361	0,307	0,836	1,147	1,786	1,688
6					-1,319	-1,694	-0,762	-0,545	-0,566	-1,490
7					-2,992	-3,623	-4,398	-4,307	-3,313	-5,086
8					-5,540	-5,248	-5,780	-5,219	-4,999	-5,415
9						-4,842	-5,608	-5,434	-5,115	-5,320
10						-4,622	-4,343	-4,244	-3,841	-4,201
11							-3,830	-4,109	-3,789	-4,193
12							-2,993	-3,151	-3,235	-3,490
13							-2,325	-2,497	-2,688	-2,556
14							-1,665	-1,818	-1,957	-1,964
15								-1,319	-1,391	-1,362
16								-0,931	-1,054	-0,957
17								-0,660	-0,720	-0,634
18								-0,464	-0,485	-0,435
19								-0,331	-0,349	-0,319
20									-0,240	-0,249
21									-0,183	-0,226
22									-0,165	-0,218
23										-0,185
24										-0,152
25										-0,119
26										-0,089
27										
28										
29										
30										

Skutečně naměřené teplotní spády

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1		0,044	0,005	0,142	0,036	0,014	0,069	0,095	0,059	0,118
2			0,036	0,05	0,131	0,069	0,1	0,16	0,126	0,02
3				0,02	0,113	0,054	0,016	0,121	0,095	0,147
4				0,172	0,084	0,117	0,126	0,083	0,094	0,055
5				1,883	1,201	1,916	1,247	0,473	0,166	0,191
6					3,214	3,615	3,066	3,169	3,923	4,744
7					3,282	3,577	5,203	5,349	4,384	5,244
8					4,169	3,232	3,014	2,575	3,324	2,005
9						1,088	1,458	1,884	1,683	1,541
10						1,121	0,284	0,404	0,167	0,409
11							0,893	1,316	1,24	1,368
12							0,385	0,303	0,584	0,498
13							0,349	0,393	0,437	0,081
14							0,147	0,151	0,089	0,233
15								0,129	0,088	0,038
16								0,07	0,16	0,069
17								0,05	0,026	0,014
18								0,025	0,017	0,032
19								0,016	0,035	0,038
20									0,004	0,031
21									0,016	0,042
22									0,029	0,033
23										-0,008
24										-0,019
25										-0,024
26										-0,026
27										
28										
29										
30										

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1		0,441	0,300	0,359	0,488	0,597	0,615	0,588	0,571	0,541
2			0,566	0,643	0,759	0,876	0,854	0,830	0,837	0,808
3				0,931	1,017	1,137	1,061	1,042	1,085	1,062
4				1,196	1,238	1,355	1,224	1,213	1,292	1,276
5				1,415	1,410	1,515	1,354	1,352	1,453	1,443
6					1,534	1,614	1,468	1,476	1,570	1,566
7					1,609	1,648	1,568	1,588	1,637	1,648
8					1,621	1,607	1,632	1,662	1,638	1,676
9						1,494	1,629	1,669	1,567	1,636
10						1,341	1,550	1,594	1,441	1,528
11							1,406	1,451	1,291	1,376
12							1,222	1,261	1,139	1,201
13							1,017	1,047	0,983	1,015
14							0,807	0,830	0,821	0,825
15								0,629	0,654	0,640
16								0,457	0,497	0,474
17								0,322	0,360	0,337
18								0,221	0,252	0,231
19								0,149	0,171	0,154
20									0,113	0,101
21									0,073	0,065
22									0,047	0,041
23										0,025
24										0,015
25										0,008
26										0,004
27										
28										
29										
30										

Teplotní mapy k datu 8.10.2018

Skutečně naměřené hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	13,778	14,047	14,417	14,239	14,214	14,1	14,223	14,221	14,214	14,277
1		13,926	14,377	14,21	14,195	14,088	14,198	14,202	14,175	14,2
2			14,322	14,151	14,117	14,029	14,058	13,946	13,88	13,977
3				14,105	14,07	13,96	13,914	13,813	13,796	13,918
4				13,904	13,914	13,87	13,737	13,704	13,702	13,813
5					13,715	13,655	13,712	13,652	13,665	13,714
6					13,405	13,414	13,576	13,536	13,591	13,504
7					12,981	12,627	12,984	13,021	13,141	12,874
8						10,489	9,929	10,768	10,53	9,959
9						8,585	7,973	8,148	8,101	8,101
10							7,021	6,68	7,133	6,614
11							6,585	6,42	6,882	6,391
12							6,468	6,078	6,315	6,113
13							6,232	5,849	5,909	5,837
14							5,946	5,713	5,71	5,715
15								5,649	5,632	5,618
16								5,627	5,588	5,542
17								5,617	5,587	5,535
18								5,602	5,584	5,532
19									5,588	5,531
20									5,572	5,527
21									5,577	5,527
22										5,503
23										5,47
24										5,465
25										5,492
26										5,518
27										
28										
29										
30										

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	12,371	12,244	12,377	12,953	12,205	12,737	12,717	12,961	12,801	12,881
1		12,228	12,335	12,936	12,252	12,790	12,801	13,038	12,849	12,906
2			12,395	13,007	12,393	12,921	12,944	13,171	12,968	13,012
3				13,114	12,576	13,078	13,094	13,307	13,106	13,146
4				13,198	12,746	13,204	13,200	13,392	13,207	13,253
5					12,841	13,237	13,202	13,368	13,211	13,272
6					12,797	13,112	13,041	13,176	13,051	13,139
7					12,550	12,770	12,662	12,763	12,671	12,794
8						12,173	12,035	12,101	12,035	12,199
9						11,333	11,179	11,214	11,164	11,360
10							10,177	10,186	10,146	10,355
11							9,162	9,151	9,118	9,314
12							8,267	8,243	8,215	8,379
13							7,580	7,544	7,522	7,644
14							7,121	7,076	7,054	7,138
15								6,809	6,784	6,835
16								6,695	6,663	6,687
17								6,683	6,640	6,640
18								6,732	6,672	6,650
19									6,725	6,680
20									6,773	6,704
21									6,797	6,703
22										6,665
23										6,586
24										6,469
25										6,322
26										6,159
27										
28										
29										
30										

Rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1,407	1,803	2,040	1,286	2,009	1,363	1,506	1,260	1,413	1,396
1		1,698	2,042	1,274	1,943	1,298	1,397	1,164	1,326	1,294
2			1,927	1,144	1,724	1,108	1,114	0,775	0,912	0,965
3				0,991	1,494	0,882	0,820	0,506	0,690	0,772
4				0,706	1,168	0,666	0,537	0,312	0,495	0,560
5					0,874	0,418	0,510	0,284	0,454	0,442
6					0,608	0,302	0,535	0,360	0,540	0,365
7					0,431	-0,143	0,322	0,258	0,470	0,080
8						-1,684	-2,106	-1,333	-1,505	-2,240
9						-2,748	-3,206	-3,066	-3,063	-3,259
10							-3,156	-3,506	-3,013	-3,741
11							-2,577	-2,731	-2,236	-2,923
12							-1,799	-2,165	-1,900	-2,266
13							-1,348	-1,695	-1,613	-1,807
14							-1,175	-1,363	-1,344	-1,423
15								-1,160	-1,152	-1,217
16								-1,068	-1,075	-1,145
17								-1,066	-1,053	-1,105
18								-1,130	-1,088	-1,118
19									-1,137	-1,149
20									-1,201	-1,177
21									-1,220	-1,176
22										-1,162
23										-1,116
24										-1,004
25										-0,830
26										-0,641
27										
28										
29										
30										

Skutečně naměřený teplotní spád

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1		0,121	0,04	0,029	0,019	0,012	0,025	0,019	0,039	0,077
2			0,055	0,059	0,078	0,059	0,14	0,256	0,295	0,223
3				0,046	0,047	0,069	0,144	0,133	0,084	0,059
4				0,201	0,156	0,09	0,177	0,109	0,094	0,105
5					0,199	0,215	0,025	0,052	0,037	0,099
6					0,31	0,241	0,136	0,116	0,074	0,21
7					0,424	0,787	0,592	0,515	0,45	0,63
8						2,138	3,055	2,253	2,611	2,915
9						1,904	1,956	2,62	2,429	1,858
10							0,952	1,468	0,968	1,487
11							0,436	0,26	0,251	0,223
12							0,117	0,342	0,567	0,278
13							0,236	0,229	0,406	0,276
14							0,286	0,136	0,199	0,122
15								0,064	0,078	0,097
16								0,022	0,044	0,076
17								0,01	0,001	0,007
18								0,015	0,003	0,003
19									-0,004	0,001
20									0,016	0,004
21									-0,005	0
22										0,024
23										0,033
24										0,005
25										-0,027
26										-0,026
27										
28										
29										
30										

Predikovaný teplotní spád

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
1		0,016	0,042	0,017	-0,047	-0,053	-0,084	-0,078	-0,048	-0,026
2			-0,060	-0,071	-0,141	-0,131	-0,142	-0,132	-0,119	-0,105
3				-0,107	-0,183	-0,157	-0,151	-0,136	-0,138	-0,134
4				-0,085	-0,170	-0,126	-0,105	-0,085	-0,101	-0,107
5					-0,095	-0,033	-0,002	0,024	-0,003	-0,019
6					0,044	0,125	0,161	0,192	0,159	0,133
7					0,247	0,343	0,379	0,413	0,381	0,345
8						0,597	0,627	0,661	0,635	0,596
9						0,840	0,856	0,887	0,871	0,838
10							1,002	1,028	1,019	1,005
11							1,016	1,035	1,028	1,041
12							0,895	0,909	0,902	0,935
13							0,687	0,698	0,694	0,735
14							0,459	0,469	0,467	0,506
15								0,267	0,270	0,303
16								0,114	0,122	0,148
17								0,011	0,023	0,047
18								-0,049	-0,032	-0,010
19									-0,053	-0,030
20									-0,048	-0,024
21									-0,024	0,001
22										0,038
23										0,079
24										0,117
25										0,146
26										0,163
27										
28										
29										
30										

Příloha 23: Teplotní mapy kyslíku

Teplotní mapy k datu 9.4.2018

Skutečně naměřené hodnoty

109,8	111	110,7	112,8	111,8	112,6	112,8	113,6	113,1	110,6
110,1	110,8	109,9	111,3	111,3	111,4	112	112,4	112,2	110,7
108,6	109,9	109,8	111,2	110,9	110	111,1	112	110	110,8
	108,4	106	107,3	108,8	109,1	109,7	110,3	109,3	110,6
	101,1	103,6	104,4	106,1	106,9	107,2	109	104,6	106,4
			102,6	103,1	105,7	103,3	106,6	100,6	98,9
			98,6	100,1	101,9	99,6	104,4	97,7	96,6
			91,7	92	95,6	96,4	99,8	94,8	91,5
				89,1	91,7	92,7	95,7	91,6	90,4
				85,1	89,4	90,7	92,5	89,5	88,5
				82,5	87,2	88,5	89,1	87,7	86,8
					81,8	86,2	85,5	86,1	85,9
						84,5	84,7	85,5	85,4
						82,5	83,7	84,6	84,9
						81,6	83	83,6	84,4
						81	82,3	83,3	83,6
						80	82,1	82,7	83,3
						79,1	81,7	81,7	82,9
							80,7	81,2	82,6
							79,8	80,9	81,9
							79,2	80,4	81,4
							77,9	80,1	80,6
								79,3	80,4
								78,4	79,7
								77,7	79,4
								77	78,9
									78
									77,4
									76,6
									75,9

Predikované hodnoty

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	116,2	119,7	120,9	114,3	114,5	113,4	116,8	117,1	120,1	121,4
1	112,9	119,3	118,0	113,5	115,2	113,9	116,2	116,6	119,1	119,2
2	108,4	116,5	113,5	111,3	116,1	114,4	115,5	116,2	118,8	117,4
3		108,5	104,8	105,0	114,6	112,7	112,3	114,1	117,1	114,3
4		97,3	93,2	94,6	107,9	106,2	104,2	107,4	111,5	107,1
5				85,6	97,4	95,8	93,5	96,8	101,2	95,8
6				82,5	89,5	87,9	86,5	88,3	91,5	86,2
7				83,9	86,9	85,6	85,3	85,7	87,5	82,8
8					87,7	86,8	87,2	87,0	88,1	84,3
9					89,4	89,1	89,8	89,5	90,3	87,3
10					91,0	91,1	92,0	91,8	92,4	90,2
11						92,6	93,4	93,3	93,8	92,1
12							94,2	94,1	94,4	93,1
13							94,3	94,2	94,3	93,2
14							93,9	93,7	93,5	92,7
15							92,9	92,6	92,1	91,6
16							91,0	90,7	89,9	89,9
17							87,6	87,4	85,9	87,3
18								81,2	78,5	82,3
19								71,3	67,8	73,5
20								61,4	58,9	62,6
21								57,8	57,4	56,1
22									62,4	57,7
23									69,1	64,2
24									74,3	71,0
25									77,6	75,9
26										78,8
27										80,3
28										81,0
29										81,3
30										

Rezidua

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	-6,4	-8,7	-10,2	-1,5	-2,7	-0,8	-4,0	-3,5	-7,0	-10,8
1	-2,8	-8,5	-8,1	-2,2	-3,9	-2,5	-4,2	-4,2	-6,9	-8,5
2	0,2	-6,6	-3,7	-0,1	-5,2	-4,4	-4,4	-4,2	-8,8	-6,6
3		-0,1	1,2	2,3	-5,8	-3,6	-2,6	-3,8	-7,8	-3,7
4		3,8	10,4	9,8	-1,8	0,7	3,0	1,6	-6,9	-0,7
5				17,0	5,7	9,9	9,8	9,8	-0,6	3,1
6				16,1	10,6	14,0	13,1	16,1	6,2	10,4
7				7,8	5,1	10,0	11,1	14,1	7,3	8,7
8					1,4	4,9	5,5	8,7	3,5	6,1
9					-4,3	0,3	0,9	3,0	-0,8	1,2
10					-8,5	-3,9	-3,5	-2,7	-4,7	-3,4
11						-10,8	-7,2	-7,8	-7,7	-6,2
12							-9,7	-9,4	-8,9	-7,7
13							-11,8	-10,5	-9,7	-8,3
14							-12,3	-10,7	-9,9	-8,3
15							-11,9	-10,3	-8,8	-8,0
16							-11,0	-8,6	-7,2	-6,6
17							-8,5	-5,7	-4,2	-4,4
18								-0,5	2,7	0,3
19								8,5	13,1	8,4
20								17,8	21,5	18,8
21								20,1	22,7	24,5
22									16,9	22,7
23									9,3	15,5
24									3,4	8,4
25									-0,6	3,0
26										-0,8
27										-2,9
28										-4,4
29										-5,4
30										

Teplotní mapy k datu 4.6.2018

Skutečné naměřené hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	125,4	136	135,4	130,2	125,5	122,9	121	114,3	113,1	113,8
1	122,3	134,2	133,9	131,9	127,8	126,9	121,7	117,5	114,1	113,9
2	87,5	125,1	123	130,6	127,9	125,3	119,5	116,7	112,5	112,9
3		26,1	84,8	105,5	112,7	125,1	124,4	121,1	136	133
4			45,3	94	113,2	131,7	139,5	143,3	155,8	143,7
5				78,5	81,7	104,3	121,3	145,5	156,7	153,1
6				28,6	51,4	85,5	86,6	119,1	140,7	143,5
7				5,7	13	25,8	40,6	31,7	92,2	110,7
8					13	18,4	22,4	25,8	54,6	71,1
9					9,2	17,7	22,3	24,7	38,9	40,4
10					9,5	25,3	23,3	32,9	39,4	41,3
11						29,8	31,8	37,8	40,5	43,4
12						31,7	36,4	39,2	43,1	46,3
13							37,5	40,6	45,5	49,1
14							37,7	41,4	47,5	51,6
15							33,6	43,2	47,8	52,6
16							32,3	42,9	46,7	53,1
17							29,5	36,8	39,7	52,2
18								31,1	35,7	51,4
19								30,9	34,8	53,7
20								29,9	26,2	44,1
21								28,7	24,7	32
22								26,5	17,4	18
23									18,1	9,5
24									18,6	8,8
25									19,2	9,3
26										9,4
27										7,5
28										3,1
29										
30										

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	116,1	111,3	118,0	116,0	121,0	119,1	122,6	118,7	119,4	117,0
1	117,7	110,4	118,4	115,0	120,6	119,3	125,5	121,8	121,1	120,4
2	115,6	113,0	118,1	114,2	118,2	117,0	123,4	120,6	119,4	120,4
3		115,5	117,8	113,5	116,3	114,7	118,9	117,2	117,4	118,0
4			113,2	108,7	112,3	111,2	113,1	113,1	115,3	115,4
5				95,4	102,1	102,0	102,4	104,8	109,4	109,9
6				75,7	83,5	84,6	84,1	88,8	95,5	97,1
7				57,4	61,3	63,2	62,9	67,9	75,0	78,0
8					43,4	45,9	46,1	50,0	55,8	60,0
9					32,0	35,0	35,3	38,2	42,7	47,4
10					25,0	28,5	28,5	31,0	34,6	39,2
11						24,5	24,0	26,3	29,4	33,5
12						21,7	20,7	23,0	25,8	29,3
13							18,2	20,4	23,0	26,0
14							16,1	18,2	20,6	23,1
15							14,1	16,1	18,5	20,6
16							12,2	14,1	16,5	18,4
17							10,4	12,2	14,7	16,5
18								10,4	13,2	14,8
19								8,8	12,0	13,6
20								7,5	11,2	12,7
21								6,5	10,6	12,1
22								5,9	10,4	11,7
23									10,3	11,6
24									10,5	11,7
25									10,8	11,9
26										12,1
27										12,5
28										13,0
29										
30										

Rezidua

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	9,3	24,7	17,4	14,2	4,5	3,8	-1,6	-4,4	-6,3	-3,2
1	4,6	23,8	15,5	16,9	7,2	7,6	-3,8	-4,3	-7,0	-6,5
2	-28,1	12,1	4,9	16,4	9,7	8,3	-3,9	-3,9	-6,9	-7,5
3		-89,4	-33,0	-8,0	-3,6	10,4	5,5	3,9	18,6	15,0
4			-67,9	-14,7	0,9	20,5	26,4	30,2	40,5	28,3
5				-16,9	-20,4	2,3	18,9	40,7	47,3	43,2
6				-47,1	-32,1	0,9	2,5	30,3	45,2	46,4
7				-51,7	-48,3	-37,4	-22,3	-36,2	17,2	32,7
8					-30,4	-27,5	-23,7	-24,2	-1,2	11,1
9					-22,8	-17,3	-13,0	-13,5	-3,8	-7,0
10					-15,5	-3,2	-5,2	1,9	4,8	2,1
11						5,3	7,8	11,5	11,1	9,9
12						10,0	15,7	16,2	17,3	17,0
13							19,3	20,2	22,5	23,1
14							21,6	23,2	26,9	28,5
15							19,5	27,1	29,3	32,0
16							20,1	28,8	30,2	34,7
17							19,1	24,6	25,0	35,7
18								20,7	22,5	36,6
19								22,1	22,8	40,1
20								22,4	15,0	31,4
21								22,2	14,1	19,9
22								20,6	7,0	6,3
23									7,8	-2,1
24									8,1	-2,9
25									8,4	-2,6
26										-2,7
27										-5,0
28										-9,9
29										
30										

Teplotní mapy k datu 27.8.2018

Skutečně naměřené hodnoty

	SVISLICE											
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	156,2	137,2	142,8	138,8	146,6	154,5	153,3	151,1	149	160,5		
1		136,9	143,9	135,1	147,3	154,4	154	153,3	151,6	160,9		
2			143,3	131,5	145,4	154	154,8	155,1	153,8	163		
3				130,5	141	152,4	154,4	156,1	154,9	164,6		
4				112,6	136,8	148,9	150,7	153	149,5	161,8		
5					15	30,3	10,9	17,5	42,3	137,9	151,2	
6						9,7	8	7,4	11,7	16,2	18,8	
7						6,7	4,8	2,6	7,5	9,3	6,2	
8							3,3	3	1,9	4,9	7,3	4,8
9								2,4	1,4	2,9	4,8	3,7
10								1,8	1,3	2,4	4,2	3,1
11									1	1,9	3,4	2,6
12									0,9	1,7	2,9	2,1
13									0,8	1,4	2,4	2
14									0,7	1,2	2,2	1,7
15										1	2	1,7
16									0,8	1,7	1,5	
17									0,7	1,6	1,3	
18									0,6	1,2	1,3	
19									0,5	1,1	1,1	
20										0,9	1	
21										0,8	1	
22										0,7	0,8	
23											0,7	
24											0,7	
25											0,7	
26											0,6	
27												
28												
29												
30												

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	156,3	152,6	160,4	156,6	152,7	154,1	152,5	150,7	151,7	150,8
1		143,6	151,6	149,9	147,8	151,3	149,2	149,7	150,1	151,0
2			133,0	133,5	135,7	141,5	139,2	142,4	142,4	145,0
3				105,4	112,2	120,7	119,2	125,4	125,2	129,9
4				71,7	77,7	88,5	89,4	97,3	95,9	103,9
5				43,4	43,6	54,1	56,8	64,1	60,4	71,5
6					20,2	28,8	30,2	35,3	30,9	41,3
7					7,6	14,3	13,5	16,4	12,8	19,7
8					1,2	6,8	4,6	6,1	3,5	7,5
9						2,5	0,0	0,8	0,0	1,3
10						0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11							0,0	0,0	0,0	0,0
12							0,0	0,0	0,0	0,0
13							0,0	0,0	0,0	0,0
14							0,0	0,0	0,0	0,0
15								0,0	0,0	0,0
16								0,0	0,0	0,0
17								0,0	0,0	0,0
18								0,0	0,0	0,0
19								0,0	0,0	0,0
20									0,0	0,0
21									0,0	0,0
22									0,0	0,0
23										0,0
24										0,0
25										0,0
26										0,0
27										0,0
28										0,0
29										0,0
30										0,0

Rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	-0,1	-15,4	-17,6	-17,8	-6,1	0,4	0,8	0,4	-2,7	9,7
1		-6,7	-7,7	-14,8	-0,5	3,1	4,8	3,6	1,5	9,9
2			10,3	-2,0	9,7	12,5	15,6	12,7	11,4	18,0
3				25,1	28,8	31,7	35,2	30,7	29,7	34,7
4				40,9	59,1	60,4	61,3	55,7	53,6	57,9
5				-28,4	-13,3	-43,2	-39,3	-21,8	77,5	79,7
6				-10,5	-20,8	-22,8	-23,6	-14,7	-22,5	
7				-0,9	-9,5	-10,9	-8,9	-3,5	-13,5	
8				2,1	-3,8	-2,7	-1,2	3,8	-2,7	
9					-0,1	1,4	2,1	4,8	2,4	
10						1,8	1,3	2,4	4,2	3,1
11							1,0	1,9	3,4	2,6
12							0,9	1,7	2,9	2,1
13							0,8	1,4	2,4	2,0
14							0,7	1,2	2,2	1,7
15								1,0	2,0	1,7
16								0,8	1,7	1,5
17								0,7	1,6	1,3
18								0,6	1,2	1,3
19								0,5	1,1	1,1
20									0,9	1,0
21									0,8	1,0
22									0,7	0,8
23										0,7
24										0,7
25										0,7
26										0,6
27										
28										
29										
30										

Teplotní mapy k datu 8.10.2018

Skutečně naměřené hodnoty

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	95,7	99,4	113,8	116,6	116,3	111,7	114,5	115,9	112,5	109,8
1		99,5	115	116,5	116,6	113,2	114,6	115,9	112,6	109,4
2			115,7	115,7	115,9	113,4	113,9	112	111,1	110,1
3				114	114,6	112,1	111	106,1	108,3	110,2
4				105,7	109,5	105,3	99	96,3	105,5	108,6
5					100,9	99,5	98	93,4	99,5	99,9
6					87,7	94,6	94,4	87,3	90,5	86,2
7					66,4	33,9	56,3	57,5	61,4	51,7
8						13,5	13,6	13,3	24,8	13,9
9						8,3	1,6	9,4	14,4	8,1
10							1,3	5,9	6,2	5,8
11							1,1	4,4	5,3	4,4
12							0,9	3,5	4,4	3,8
13							0,9	3	3,7	3,3
14							0,7	2,5	3,2	2,9
15								2,2	2,9	2,5
16								1,9	2,4	2,2
17								1,8	2,2	1,9
18								1,5	2	1,8
19									1,8	1,6
20									1,7	1,5
21									1,4	1,4
22										1,3
23										1,2
24										1,1
25										1
26										0,9
27										
28										
29										
30										

Predikované hodnoty

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	103,9	120,5	115,2	107,5	103,0	100,0	99,1	96,3	95,7	95,2
1		121,6	119,9	113,5	109,9	105,8	104,6	100,2	100,0	97,4
2			123,6	119,9	117,6	113,6	111,7	106,2	106,6	101,6
3				122,7	122,6	120,1	117,4	112,5	113,5	106,7
4				116,2	119,7	119,9	116,4	114,4	116,0	109,4
5					105,0	108,4	104,9	106,6	108,7	104,1
6					80,8	87,1	85,8	89,7	90,6	89,9
7					53,5	61,8	64,8	69,1	67,0	71,6
8						37,4	43,0	47,5	42,9	52,1
9						18,4	23,0	27,0	22,2	31,9
10							9,2	12,1	8,9	15,3
11							2,0	4,0	2,2	5,5
12							0,0	0,3	0,0	0,8
13							0,0	0,0	0,0	0,0
14							0,0	0,0	0,0	0,0
15								0,0	0,0	0,0
16								0,0	0,0	0,0
17								0,0	0,0	0,0
18								0,0	0,0	0,0
19									0,0	0,0
20									0,0	0,0
21									0,0	0,0
22										0,0
23										0,0
24										0,0
25										0,0
26										0,0
27										
28										
29										
30										

Rezidua

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	-8,2	-21,1	-1,4	9,1	13,3	11,7	15,4	19,6	16,8	14,6
1		-22,1	-4,9	3,0	6,7	7,4	10,0	15,7	12,6	12,0
2			-7,9	-4,2	-1,7	-0,2	2,2	5,8	4,5	8,5
3				-8,7	-8,0	-8,0	-6,4	-6,4	-5,2	3,5
4				-10,5	-10,2	-14,6	-17,4	-18,1	-10,5	-0,8
5					-4,1	-8,9	-6,9	-13,2	-9,2	-4,2
6					6,9	7,5	8,6	-2,4	-0,1	-3,7
7					12,9	-27,9	-8,5	-11,6	-5,6	-19,9
8						-23,9	-29,4	-34,2	-18,1	-38,2
9						-10,1	-21,4	-17,6	-7,8	-23,8
10							-7,9	-6,2	-2,7	-9,5
11							-0,9	0,4	3,1	-1,1
12							0,9	3,2	4,4	3,0
13							0,9	3,0	3,7	3,3
14							0,7	2,5	3,2	2,9
15								2,2	2,9	2,5
16								1,9	2,4	2,2
17								1,8	2,2	1,9
18								1,5	2,0	1,8
19									1,8	1,6
20									1,7	1,5
21									1,4	1,4
22										1,3
23										1,2
24										1,1
25										1,0
26										0,9
27										
28										
29										
30										

Příloha 24: Teplotní mapy pH

Teplotní mapy k datu 9.4.2018

Skutečně naměřené hodnoty

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	8,14	8,14	8,14	8,12	8,13	8,18	8,16	8,13	8,13	8,14
1	8,14	8,15	8,12	8,15	8,14	8,17	8,18	8,17	8,15	8,15
2	8,08	8,12	8,11	8,14	8,14	8,1	8,11	8,15	8,11	8,16
3		8,04	7,9	7,94	8,01	8,04	8,06	8,1	8,09	8,14
4		7,71	7,86	7,85	7,93	8,01	8,01	8,04	7,88	7,93
5				7,82	7,81	7,95	7,83	7,95	7,75	7,74
6				7,71	7,74	7,81	7,77	7,83	7,71	7,69
7				7,54	7,57	7,69	7,69	7,72	7,64	7,61
8					7,54	7,65	7,23	7,65	7,57	7,6
9					7,52	7,62	7,96	7,59	7,58	7,59
10					7,52	7,6	7,57	7,55	7,57	7,56
11						7,56	7,52	7,52	7,55	7,55
12							7,52	7,51	7,54	7,55
13							7,28	7,5	7,53	7,55
14							7,58	7,5	7,52	7,54
15							7,7	7,5	7,51	7,54
16							7,63	7,49	7,5	7,53
17							7,58	7,49	7,5	7,52
18								7,49	7,49	7,51
19								7,48	7,49	7,5
20								7,46	7,48	7,49
21								7,44	7,47	7,49
22									7,46	7,49
23									7,46	7,48
24									7,45	7,47
25									7,44	7,47
26										7,46
27										7,46
28										7,45
29										7,44
30										

Predikované hodnoty

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	7,89	8,14	8,27	8,13	8,13	8,17	8,30	8,17	8,19	8,22
1	7,83	8,07	8,23	8,06	8,10	8,15	8,31	8,16	8,18	8,22
2	7,72	7,95	8,13	7,94	8,03	8,09	8,28	8,10	8,14	8,20
3		7,83	7,99	7,81	7,90	7,98	8,19	7,99	8,04	8,12
4		7,75	7,89	7,71	7,78	7,86	8,05	7,86	7,91	7,99
5				7,66	7,70	7,76	7,92	7,76	7,80	7,87
6				7,64	7,67	7,72	7,83	7,70	7,73	7,79
7				7,64	7,67	7,70	7,78	7,69	7,71	7,75
8					7,68	7,70	7,74	7,69	7,70	7,73
9					7,68	7,69	7,69	7,68	7,68	7,71
10					7,67	7,66	7,64	7,66	7,65	7,68
11						7,61	7,57	7,62	7,61	7,63
12							7,49	7,56	7,55	7,57
13							7,41	7,49	7,48	7,50
14							7,35	7,42	7,41	7,43
15							7,31	7,36	7,36	7,37
16							7,30	7,32	7,33	7,34
17							7,31	7,30	7,32	7,33
18								7,31	7,35	7,36
19								7,35	7,40	7,41
20								7,42	7,48	7,48
21								7,50	7,56	7,56
22									7,65	7,65
23									7,74	7,74
24									7,82	7,83
25									7,89	7,90
26										7,96
27										8,01
28										8,05
29										8,07
30										

Rezidua

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,25	0,00	-0,13	-0,01	0,00	0,01	-0,14	-0,04	-0,06	-0,08
1	0,31	0,08	-0,11	0,09	0,04	0,02	-0,13	0,01	-0,03	-0,07
2	0,36	0,17	-0,02	0,20	0,11	0,01	-0,17	0,05	-0,03	-0,04
3		0,21	-0,09	0,13	0,11	0,06	-0,13	0,11	0,05	0,02
4		-0,04	-0,03	0,14	0,15	0,15	-0,04	0,18	-0,03	-0,06
5				0,16	0,11	0,19	-0,09	0,19	-0,05	-0,13
6				0,07	0,07	0,09	-0,06	0,13	-0,02	-0,10
7				-0,10	-0,10	-0,01	-0,09	0,03	-0,07	-0,14
8					-0,14	-0,05	-0,51	-0,04	-0,13	-0,13
9					-0,16	-0,07	0,27	-0,09	-0,10	-0,12
10					-0,15	-0,06	-0,07	-0,11	-0,08	-0,12
11						-0,05	-0,05	-0,10	-0,06	-0,08
12							0,03	-0,05	-0,01	-0,02
13							-0,13	0,01	0,05	0,05
14							0,23	0,08	0,11	0,11
15							0,39	0,14	0,15	0,17
16							0,33	0,17	0,17	0,19
17							0,27	0,19	0,18	0,19
18								0,18	0,14	0,15
19								0,13	0,09	0,09
20								0,04	0,00	0,01
21								-0,06	-0,09	-0,07
22									-0,19	-0,16
23									-0,28	-0,26
24									-0,37	-0,36
25									-0,45	-0,43
26										-0,50
27										-0,55
28										-0,60
29										-0,63
30										

Teplotní mapy k datu 4.6.2018

Skutečné naměřené hodnoty

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	8,68	8,79	8,78	8,76	8,71	8,69	8,67	8,58	8,6	8,59
1	8,63	8,77	8,79	8,77	8,74	8,73	8,7	8,64	8,63	8,6
2	8,09	8,62	8,65	8,76	8,73	8,71	8,68	8,65	8,62	8,63
3		7,31	7,84	8,21	8,35	8,59	8,58	8,63	8,79	8,77
4			7,34	7,82	8,34	8,63	8,74	8,8	8,88	8,86
5				7,53	7,57	7,98	8,35	8,77	8,91	8,89
6				7,17	7,31	7,61	7,62	8,24	8,74	8,79
7				7,07	7,07	7,12	7,18	7,14	7,61	7,68
8					7,05	7,07	7,07	7,09	7,2	7,33
9					7,02	7,05	7,06	7,07	7,14	7,17
10					7,04	7,07	7,06	7,11	7,15	7,17
11						7,08	7,09	7,14	7,16	7,19
12						7,09	7,11	7,14	7,17	7,2
13							7,11	7,13	7,19	7,22
14							7,11	7,14	7,2	7,23
15							7,08	7,15	7,2	7,24
16							7,08	7,14	7,19	7,24
17							7,08	7,1	7,13	7,23
18								7,07	7,12	7,22
19								7,07	7,12	7,25
20								7,07	7,09	7,14
21								7,06	7,08	7,09
22								7,04	7,06	7,06
23									7,07	7,04
24									7,07	7,04
25									7,06	7,04
26										7,04
27										7,03
28										7,02
29										
30										

Predikované hodnoty

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	8,69	8,59	8,68	8,84	8,87	8,86	8,80	9,03	9,04	9,03
1	8,49	8,40	8,50	8,65	8,66	8,65	8,58	8,79	8,81	8,80
2	8,33	8,23	8,35	8,48	8,49	8,48	8,41	8,59	8,62	8,60
3		8,04	8,20	8,31	8,32	8,32	8,26	8,41	8,46	8,44
4			8,01	8,10	8,14	8,14	8,12	8,23	8,30	8,29
5				7,87	7,93	7,94	7,95	8,03	8,11	8,12
6				7,66	7,69	7,70	7,74	7,79	7,89	7,92
7				7,50	7,48	7,49	7,52	7,57	7,66	7,69
8					7,34	7,33	7,34	7,40	7,48	7,50
9					7,25	7,23	7,22	7,29	7,37	7,37
10					7,19	7,17	7,15	7,23	7,30	7,29
11						7,13	7,11	7,19	7,25	7,24
12						7,10	7,08	7,16	7,22	7,21
13							7,06	7,14	7,20	7,19
14							7,04	7,12	7,18	7,17
15							7,03	7,10	7,16	7,15
16							7,01	7,08	7,14	7,14
17							7,00	7,06	7,13	7,13
18								7,05	7,11	7,11
19								7,03	7,10	7,10
20								7,02	7,08	7,09
21								7,01	7,07	7,07
22								6,99	7,06	7,06
23									7,04	7,05
24									7,03	7,04
25									7,02	7,03
26										7,02
27										7,01
28										7,00
29										
30										

Rezidua

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	-0,01	0,20	0,10	-0,08	-0,16	-0,17	-0,13	-0,45	-0,44	-0,44
1	0,14	0,37	0,29	0,12	0,08	0,08	0,12	-0,15	-0,18	-0,20
2	-0,24	0,39	0,30	0,28	0,24	0,23	0,27	0,06	0,00	0,03
3		-0,73	-0,36	-0,10	0,03	0,27	0,32	0,22	0,33	0,33
4			-0,67	-0,28	0,20	0,49	0,62	0,57	0,58	0,57
5				-0,34	-0,36	0,04	0,40	0,74	0,80	0,77
6				-0,49	-0,38	-0,09	-0,12	0,45	0,85	0,87
7				-0,43	-0,41	-0,37	-0,34	-0,43	-0,05	-0,01
8					-0,29	-0,26	-0,27	-0,31	-0,28	-0,17
9					-0,23	-0,18	-0,16	-0,22	-0,23	-0,20
10					-0,15	-0,10	-0,09	-0,12	-0,15	-0,12
11						-0,05	-0,02	-0,05	-0,09	-0,05
12						-0,01	0,03	-0,02	-0,05	-0,01
13							0,05	-0,01	-0,01	0,03
14							0,07	0,02	0,02	0,06
15							0,05	0,05	0,04	0,09
16							0,07	0,06	0,05	0,10
17							0,08	0,04	0,00	0,10
18								0,02	0,01	0,11
19								0,04	0,02	0,15
20								0,05	0,01	0,05
21								0,05	0,01	0,02
22								0,05	0,00	0,00
23									0,03	-0,01
24									0,04	0,00
25									0,04	0,01
26										0,02
27										0,02
28										0,02
29										
30										

Teplotní mapy k datu 27.8.2018

Skutečně naměřené hodnoty

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	9,93	9,74	9,78	9,71	9,82	9,88	9,89	9,92	9,95	10,06
1		9,74	9,78	9,69	9,82	9,88	9,89	9,91	9,96	10,07
2			9,77	9,65	9,79	9,87	9,9	9,96	9,97	10,08
3				9,64	9,75	9,87	9,89	10,01	9,98	10,12
4				9,45	9,7	9,84	9,87	9,99	9,91	10,12
5				7,67	8,04	7,62	7,71	8,32	9,77	10
6					7,52	7,58	7,51	7,65	7,63	7,63
7					7,36	7,38	7,36	7,48	7,58	7,5
8					7,24	7,28	7,3	7,44	7,52	7,46
9						7,21	7,24	7,34	7,43	7,41
10						7,17	7,22	7,3	7,41	7,37
11							7,19	7,28	7,37	7,3
12							7,15	7,23	7,3	7,21
13							7,12	7,16	7,21	7,18
14							7,07	7,13	7,18	7,14
15								7,11	7,16	7,13
16								7,08	7,12	7,11
17								7,07	7,11	7,1
18								7,07	7,09	7,09
19								7,06	7,08	7,08
20									7,07	7,08
21									7,06	7,07
22									7,05	7,04
23										7,03
24										7,02
25										7,01
26										7
27										
28										
29										
30										

Predikované hodnoty

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	9,77	9,73	9,90	9,74	9,67	9,79	9,77	9,73	9,82	9,89
1		9,64	9,79	9,63	9,61	9,72	9,70	9,70	9,77	9,85
2			9,59	9,45	9,47	9,58	9,58	9,60	9,67	9,76
3				9,17	9,25	9,36	9,38	9,43	9,50	9,60
4				8,80	8,92	9,03	9,10	9,17	9,23	9,35
5				8,37	8,51	8,62	8,74	8,79	8,86	9,01
6					8,07	8,17	8,31	8,36	8,43	8,59
7					7,69	7,77	7,89	7,94	8,01	8,16
8					7,42	7,48	7,55	7,61	7,68	7,80
9						7,29	7,33	7,38	7,45	7,55
10						7,18	7,18	7,24	7,31	7,39
11							7,10	7,15	7,22	7,29
12							7,05	7,10	7,17	7,23
13							7,02	7,07	7,14	7,20
14							7,00	7,05	7,12	7,18
15								7,04	7,11	7,16
16								7,03	7,10	7,15
17								7,02	7,09	7,14
18								7,01	7,08	7,13
19								7,00	7,07	7,12
20									7,06	7,11
21									7,05	7,10
22									7,04	7,09
23										7,08
24										7,07
25										7,06
26										7,05
27										
28										
29										
30										

Rezidua

HLOUBKA	SVISLICE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,16	0,01	-0,12	-0,03	0,15	0,09	0,12	0,19	0,13	0,17
1		0,10	-0,01	0,06	0,21	0,16	0,19	0,21	0,19	0,22
2			0,18	0,20	0,32	0,29	0,32	0,36	0,30	0,32
3				0,47	0,50	0,51	0,51	0,58	0,48	0,52
4				0,65	0,78	0,81	0,77	0,82	0,68	0,77
5				-0,70	-0,47	-1,00	-1,03	-0,47	0,91	0,99
6					-0,55	-0,59	-0,80	-0,71	-0,80	-0,96
7					-0,33	-0,39	-0,53	-0,46	-0,43	-0,66
8					-0,18	-0,20	-0,25	-0,17	-0,16	-0,34
9						-0,08	-0,09	-0,04	-0,02	-0,14
10						-0,01	0,04	0,06	0,10	-0,02
11							0,09	0,13	0,15	0,01
12							0,10	0,13	0,13	-0,02
13							0,10	0,09	0,07	-0,02
14							0,07	0,08	0,06	-0,04
15								0,07	0,05	-0,03
16								0,05	0,02	-0,04
17								0,05	0,02	-0,04
18								0,06	0,01	-0,04
19								0,06	0,01	-0,04
20									0,01	-0,03
21									0,01	-0,03
22									0,01	-0,05
23										-0,05
24										-0,05
25										-0,05
26										-0,05
27										
28										
29										
30										

Teplotní mapy k datu 8.10.2018

Skutečně naměřené hodnoty

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	9,55	9,58	9,73	9,74	9,8	9,69	9,79	9,8	9,77	9,76
1		9,59	9,74	9,75	9,8	9,7	9,78	9,8	9,77	9,75
2			9,74	9,74	9,78	9,7	9,77	9,75	9,76	9,77
3				9,73	9,76	9,68	9,75	9,7	9,73	9,77
4				9,69	9,72	9,65	9,66	9,64	9,71	9,76
5					9,65	9,62	9,65	9,6	9,66	9,7
6					9,54	9,59	9,65	9,56	9,57	9,51
7					9,13	8,42	9,03	9,04	9,08	8,8
8						7,76	7,81	7,79	8	7,87
9						7,54	7,43	7,73	7,81	7,75
10							7,41	7,68	7,71	7,73
11							7,37	7,62	7,69	7,66
12							7,35	7,56	7,65	7,61
13							7,33	7,51	7,59	7,56
14							7,31	7,46	7,54	7,51
15								7,44	7,5	7,47
16								7,42	7,45	7,43
17								7,41	7,43	7,41
18								7,39	7,41	7,39
19									7,4	7,38
20									7,39	7,37
21									7,37	7,36
22										7,35
23										7,32
24										7,28
25										7,26
26										7,25
27										
28										
29										
30										

Predikované hodnoty

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	9,62	9,51	9,71	9,82	9,78	9,72	9,75	9,66	9,74	9,68
1		9,53	9,73	9,85	9,82	9,76	9,79	9,72	9,79	9,74
2			9,69	9,83	9,81	9,76	9,81	9,75	9,82	9,77
3				9,75	9,74	9,70	9,77	9,74	9,79	9,75
4				9,58	9,60	9,58	9,66	9,66	9,70	9,67
5					9,40	9,38	9,49	9,51	9,54	9,52
6					9,15	9,13	9,23	9,27	9,30	9,30
7					8,84	8,83	8,91	8,96	8,99	9,01
8						8,51	8,55	8,61	8,64	8,66
9						8,21	8,18	8,26	8,29	8,30
10							7,88	7,98	7,99	7,99
11							7,66	7,78	7,77	7,75
12							7,52	7,63	7,61	7,58
13							7,43	7,52	7,50	7,46
14							7,39	7,44	7,43	7,39
15								7,39	7,39	7,35
16								7,37	7,37	7,34
17								7,37	7,38	7,35
18								7,39	7,40	7,38
19									7,44	7,42
20									7,49	7,47
21									7,53	7,52
22										7,57
23										7,61
24										7,65
25										7,68
26										7,71
27										
28										
29										
30										

Rezidua

	SVISLICE									
HLOUBKA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	-0,07	0,07	0,02	-0,08	0,02	-0,03	0,04	0,14	0,03	0,08
1		0,06	0,01	-0,10	-0,02	-0,06	-0,01	0,08	-0,02	0,01
2			0,05	-0,09	-0,03	-0,06	-0,04	0,00	-0,06	0,00
3				-0,02	0,02	-0,02	-0,02	-0,04	-0,06	0,02
4				0,11	0,12	0,07	0,00	-0,02	0,01	0,09
5					0,25	0,24	0,16	0,09	0,12	0,18
6					0,39	0,46	0,42	0,29	0,27	0,21
7					0,29	-0,41	0,12	0,08	0,09	-0,21
8						-0,75	-0,74	-0,82	-0,64	-0,79
9						-0,67	-0,75	-0,53	-0,48	-0,55
10							-0,47	-0,30	-0,28	-0,26
11							-0,29	-0,16	-0,08	-0,09
12							-0,17	-0,07	0,04	0,03
13							-0,10	-0,01	0,09	0,10
14							-0,08	0,02	0,11	0,12
15								0,05	0,11	0,12
16								0,05	0,08	0,09
17								0,04	0,05	0,06
18								0,00	0,01	0,01
19									-0,04	-0,04
20									-0,10	-0,10
21									-0,16	-0,16
22										-0,22
23										-0,29
24										-0,37
25										-0,42
26										-0,46
27										
28										
29										
30										

Podklad pro zadání DIPLOMOVÉ práce studenta

Jméno a příjmení: Bc. Martin Skalický
Osobní číslo: I1700350
Adresa: Štefánikova 310/8, Hradec Králové – Moravské Předměstí, 50011 Hradec Králové 11, Česká republika
Téma práce: Statistický model kvality vody ve vodní nádrži
Téma práce anglicky: Statistical model of water quality in a water reservoir
Vedoucí práce: Mgr. Jan Draessler, Ph.D.
Katedra informatiky a kvantitativních metod

Zásady pro vypracování:

Data mining měřených dat v údolní nádrži. Cílem práce je sestavení modelu pro predikování kyslíku, pH a teploty vody rozšířené o tzv. „termoklímu“ ve vodní nádrži Vrchlice na základě poskytnutých dat.

Osnova:

1. Úvod
2. Zadavatel a sledovaný objekt dat
3. Hydrobiologie stojatých vod
4. Teoretické aspekty přípravy dat
5. Umělé neuronové sítě
6. Data mining
7. Shnutí výsledků
8. Závěr

Seznam doporučené literatury:

Han J., Kamber M., Pei J.: Data Mining – Concepts and Techniques
Dunham M. H.: Data Mining – Introductory and Advanced Topics
Spurný P., Mareš J., Kopp R., Řezníčková P.: Hydrobiologie a rybářství
Ambrožová J.: Aplikovaná a technická hydrobiologie
Kopp R., Hilscherová K. a Poštulková E.: Základy vodní ekotoxikologie
Gurney K.: An Introduction to Neural Networks
Haykin S.: Neural Networks and Learning Machines
Aggarwal Ch. C.: Neural Networks and Deep Learning

Podpis studenta:



Datum:

10.8.2020

Podpis vedoucího práce:



Datum:

10.8.2020