Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí
Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Bakalářská práce

Možnosti hospodaření s dešťovými vodami v průmyslových zónách

Lubomír Lachman

2022 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lubomír Lachman

Krajinářství
Vodní hospodářství

Název práce

Možnosti hospodaření s dešťovými vodami v průmyslových zónách

Název anglicky

Rainwater management in industrial areas

Cíle práce

Bakalářská práce se zabývá aktuální problematikou nakládání a využívání dešťových vod v urbanizovaných oblastech. Konkrétně se zaměřuje na průmyslové a obchodní příměstské zóny.
Dílčím cílem práce je následné využití poznatků z literární rešerše k posouzení možností využití dešťových vod v areálu výrobní haly Knorr-Bremse v Liberci. Součástí je úvaha o konkrétních možnostech dalšího využití dešťové vody, případně zlepšení stávajících opatření.

Metodika

- literární rešerše studované problematiky
- přehled platné legislativy
- návrh hospodaření s dešťovými vodami na modelovém příkladu výrobní haly
- vyhodnocení zjištěných informací
- shrnutí

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

dešťová voda; hospodaření s dešťovou vodou; urbanizované povodí; průmyslové zóny

---

Doporučené zdroje informací

Butler, D., Davies, JW., 2004: Urban drainage. 2nd. Abingdon: Spon Press, 2004. 543 p.

Krejčí, V. a kolektiv autorů, 2002: Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000. 562 s.

Novak, C.A., Giesen, G.E.V., Debusk, K.M., 2014: Designing rainwater harvesting systems: integrating rainwater into building systems. Hoboken: Wiley, 294 p.

Vítek, J., Stránský, D., Kabelková, I., Bareš, V., Vítek., R., 2015: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. Praha: 01/71ZO ČSOP Koniklec, 127 s.

Vybrané právní předpisy a normy

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

Ing. Petra Sychová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 22. 3. 2022

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 3. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 27. 03. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma: „Možnosti hospodaření s dešťovými vodami v průmyslových zónách“ jsem vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorských a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím závěrečným zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti GDPR.

V ..... dne .....

Poděkování

Zvláštní poděkování patří vedoucímu práce Ing. Petře Sychové, Ph.D. za její odborné vedení, cenné připomínky, náměty a užitečné rady při zpracování bakalářské práce.

Dále chci vyjádřit velké poděkování Ing. Lubomíru Lachmanovi, správcovská organizace AWIGO s.r.o. Praha za odborné rady při řešení experimentální části. Děkuji také majiteli P3 PARKS Praha a provozovateli Knorr-Bremse Liberec za poskytnutí podkladů pro vypracování této práce.

V neposlední řadě bych také chtěl poděkovat mé rodině, která mě po celou dobu studia na vysoké škole podporovala.

ABSTRAKT

Voda je velmi cenou surovinou naší planety, která se na ní vyskytuje v různých podobách. Jedna z nich je dešťová voda, kterou je třeba řešit z hlediska jejího odvodu a využití v urbanizovaných územích. V posledních letech se ukazuje, že často vhodnou variantou je odvod dešťových vod jednotným stokovým systémem, odkud voda směřuje na čistírnu odpadních vod. S narůstajícím počtem průmyslových zón v okrajových částech měst se ukazuje, že i zde je velmi důležité řešit hospodaření s dešťovou vodou, neboť tyto lokality disponují velkým množstvím nepropustných ploch, skladových a výrobních budov atp. Daná problematika se v této bakalářské práci řeší na příkladu průmyslové haly Knorr-Bremse s.r.o. Liberec a je zde navrženo využití akumulované dešťové vody.

Klíčová slova:

dešťová voda	legislativa
zastavěná plocha	průmyslová hala
srážky	akumulační nádrž
hospodaření s vodou	vsakování

ABSTRACT

Water comes in many forms, and is a very valuable material of our planet. One them being rainwater, which should be the main focus of discussion in terms of its drainage and the use in urban areas. In recent years, it has been shown that a suitable option is often the drainage of rainwater through a unified sewer system, from where the water goes to the wastewater treatment plant. With the growing number of industrial zones in the suburbs, it turns out that even here, it is very important to address rainwater management, as these territories feature a large number of impermeable areas, warehouses and production buildings, etc. The given issue is solved in this bachelor thesis with the example of the industrial hall Knorr-Bremse s.r.o. Liberec, with the proposal of how to use the accumulated rainwater.

Keywords:

rainwater	legislation
built-up area	industrial hall
precipitation	storage tank
water management	soaking

Obsah

1. Úvod 1

1.1. Cíl práce 1

2. Obecné informace o vodě 2

2.1. Zemská atmosféra 2

2.2. Vznik oblaků 2

2.3. Atmosférické srážky 4

2.4. Voda jako základní součástí země 5

2.5. Hydrologie 6

2.5.1. Hydrologický cyklus

2.5.2. Modrá a zelená voda

2.5.3. Podzemní voda

2.5.4. Hydrologický průzkum

2.6. Odpadní vody 8

3. Legislativa 9

3.1. Plán hlavních povodí 12

3.2. Politika územního rozvoje 12

4. Srážková voda 13

4.1. Kvantita dešťových vod 14

4.1.1. Konvenční způsob

4.1.2. Decentrální způsob

4.2. Kvalita dešťových vod 16

4.2.1. Znečištění srážek při postupu atmosférou

4.2.2. Znečištění dešťových vod při styku s povrchy střech

4.2.3. Znečištění dešťových vod smyvem zpevněných ploch

4.3. Hygienický požadavek na kvalitu dešťových vod 19

5. Hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích 20

5.1. Zasakování dešťové vody 20

5.1.1. Propustné zpevněné povrchy

5.1.2. Zařízení bez regulovaného odtoku

5.1.3. Zařízení s regulovaným odtokem

5.2. Odvod do povrchových vod s regulovaným odtokem 24

5.3. Čištění dešťových vod 26

5.4. Akumulace srážkové vody 27

5.4.1. Plastové nádrže
5.4.2. Betonové nádrže
5.4.3. Čerpadla
6. Metodika 29
6.1. Aktuální srážkové poměry 29
6.2. Objem dešťových vod při vtoku do nádrže 29
6.3. Celkový plánovaný objem vody spotřebovaný v každém měsíci 30
6.3.1. Počty použití zařizovacích předmětů
6.3.2. Spotřeba čistícího stroje
6.3.3. Součet počítaných spotřeb na daném objektu
6.4. Akumulační nádrž 32
6.5. Nadbytečný objem dešťové vody 32
7. Metody hospodaření s dešťovými vodami pro halu Knorr-Bremse Liberec 33
7.1. Koncernová společnost Knorr-Bremse 33
7.1.1. Historie Knorr-Bremse v České republice
7.2. Charakteristika objektu Knorr-Bremse Liberec 34
7.3. Aplikace v oblasti dešťových vod na hale 35
8. Základní vstupní údaje 37
8.1. Klimatické podmínky v Libereckém kraji 37
8.2. Počet osob 38
8.3. Využití pitné vody na hale Knorr-Bremse 39
9. Výsledky 40
9.1. Množství vody ze sběrných ploch dle srážkového normálu 40
9.2. Spotřeba dešťově vody na splachování WC 40
9.3. Spotřeba dešťové vody pro úklidové práce 41
9.4. Bilance vtoků do nádrže, předpokládaných odběrů a nadbytečného objemu srážek 42
10. Návrh technologického řešení 43
10.1. Optimalizace nádrže 43
10.1.1. Materiál
10.2. Další úprava dešťové vody 44
10.2.1. Filtrace
10.2.2. Dezinfekce
10.3. Rozvody a potrubí 44
11. Diskuze 46

12. Závěr 49
13. Seznam použitých zdrojů 50
14. Seznam obrázků 55
15. Seznam tabulek 56
16. Seznam příloh 57

1. Úvod

Voda je hlavním symbolem modré planety Země a jako jediná poskytuje vhodné předpoklady k životu. Zásoby vody jsou však omezené, proto zpracování pitné vody ze surové povrchové nebo surové podzemní vody je stále obtížnější. Rychlým populačním a průmyslovým rozvojem se výrazně mění nejen vzhled krajiny, ale i hydrologický cyklus. Dochází k značně rozsáhlému znečištění životního prostředí, a to je jeden z důvodu stále většího nedostatku vody. Ve městech se hůře žije kvůli vznikajícím tepelným ostrovům, suchému vzduchu a prašnosti. Voda se vyskytuje ve všech složkách životního prostředí a je rovněž využívána k výrobě energie, v dopravě, v průmyslu či v zemědělství. Z těchto příčin dochází k tvorbě odpadních vod různého složení a jakosti. Odpadní vody poté obsahují různé znečišťující látky, např. látky toxické. Pitná voda se stává neustále cennější a často je vedena dálkovým potrubím z méně zatížených oblastí. Následkem jsou ale vysoké ceny a pokles spodní hladiny vody v oblastech, kde se voda odebírá.

Neoddělitelnou součástí globální politiky životního prostředí je vodní politika. Z hlediska principu trvale udržitelného rozvoje a odpovědnosti člověka za zachování příznivého životního prostředí budoucím generacím, je proto důležité hospodařit s dešťovými vodami především v urbanizovaných územích. V přírodním prostředí se srážky spadlé na zemský povrch vsáknou a následně se dostávají do podzemních vod, ale v městském prostředí je většina povrchů nepropustná. Značně se tím snižuje schopnost vsakování srážek do půdy, což má mimo jiné dopad i na podzemní vody. Díky tomu většina vody odtéká povrchovým odtokem pryč, nejčastěji do kanalizace, která mnohdy nedostačuje svou kapacitou. Odlehčit kanalizačním sítím a čističkám odpadních vod, by se dalo využitím předčištěné dešťové vody v domácnosti, průmyslových objektech atd. Na tuto část vody nejsou kladeny tak vysoké kvalitativní požadavky jako na vodu pitnou.

V naší republice stále přibývají průmyslové objekty, jako jsou např. stavby montovaných hal. S tím vzniká nutnost nakládání s dešťovými vodami na jejich pozemku, neboť právě průmyslové haly disponují velkou plochou střech a zpevněných ploch. Díky tomu dochází k zachycování velkého množství srážek. Nakládání s takto vzniklou vodou je ovlivněno technologickými, dispozičními, ale také ekonomickými aspekty. Existují způsoby, jak s dešťovou vodou nakládat efektivně. Jedním z nich je akumulace dešťové vody v nádržích, s následným využitím pro splachování WC, závlahy trávníků, stromů atd.

1.1. Cíl práce

Předmětem bakalářské práce je problematika hospodaření s dešťovou vodou, zejména pak v průmyslových areálech. Hlavním cílem je vypracování studie na téma hospodaření s dešťovou vodou v průmyslové hale Knorr-Bremse v Liberci. Zaměřena je na konkrétní možnosti dalšího využití dešťových vod a taktéž na úvahu vylepšení stávajících systémů.

2. Obecné informace o vodě

2.1. Zemská atmosféra

Atmosféra, na jejímž spodním okraji žijeme, je souhrn všech meteorologických prvků a jevů, v určitém místě a čase. Počasí se charakterizuje jako krátkodobá veličina teploty vzduchu, tlaku vzduchu, atmosférických srážek, oblačností, směru a rychlosti větru apod. Naopak klima je dlouhodobý režim počasí pro určitou oblast.

Stáří země se odhaduje na 5 miliard let, ale údaje máme pouze za poslední miliardu let. Na otázku vzniku Země byly dva názory. První pohled předpokládal, že Země měla vzniknout „horkou cestou" z luna praslunce, kde praplanety kroužily okolo a během dlouhého období se ochlazovaly, přičemž se na Zemi vytvořila kúra, praoceány a nad nimi atmosféra. Další modernější teorie, je vznik Země „studenou cestou", kdy už vznik neproběhl pouze ze Slunce. Zároveň s ním vznikla meteorická tělesa, dále pak prachové a plynné oblaky. Na gravitačním smršťování závisela hodnota teploty Země (Kropáček et Bednář 2005).

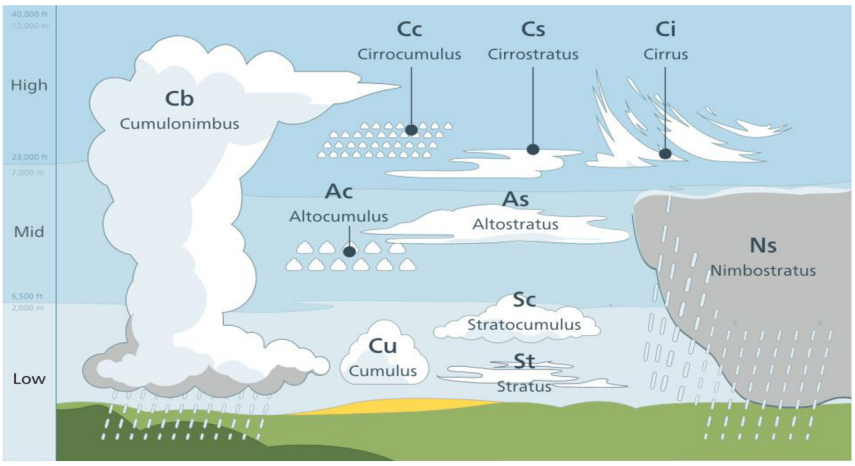
Země má poměrně hustou atmosféru, což bylo podmínkou pro vznik života na této planetě, neboť lidé, zvířata a rostliny potřebují atmosférický kyslík. Rostlinám by více prospívalo, kdyby byl vyšší obsah CO^2. Určujícím činitelem pro počasí je proměnlivý obsah vodní páry ve vzduchu, které se dostávají do ovzduší vypařováním z vodních ploch, povrchů pokrytých sněhem a ledem, a z vegetace. V ovzduší se pak vytváří mraky a proměnou složku tvoří také ozon (Roth 1999). Ve čtyřicátých letech bylo v USA analýzou prokázáno, že ve výšce 80 km probíhá rozklad atmosférické vodní páry ultrafialovým zářením Slunce, kde lehký vodík stoupá a kyslík difunduje k zemi. Ozon plně absorbuje vlnové délky záření, které vodní páru rozkládají (Kropáček et Bednář 2005). Celosvětově prochází atmosférou více jak 500 000 m^3 vody, což je malý zlomek celého objemu hydrosféry (Blažek et al. 2006).

2.2. Vznik oblaků

Oblak je viditelná soustava nepatrných vodních kapek nebo ledových částic v atmosféře. Oblak také může obsahovat i větší částice, ať už velké dešťové kapky, velké ledovcové částice jako krupky a kroupy, tak i tuhé částice jako prach nebo kouř (Dvořák 2016). Pojmem oblak dnes rozumíme také oblaky nepostřehnutelné lidským okem, ale detekovatelné jinými prostředky, např. družicovým pozorováním v infračervené oblasti (Řezáčová et al. 2007).

Oblaka členíme:

- podle vzhledu – druhy, tvary, zvláštnosti,
- podle vzniku a vývoje – genetická klasifikace přihlížející k místu vzniku,
- podle výšky - vysoké patro je ve výšce 5 - 12 km a obsahuje cirrus, cirrocumulus a cirrostralus, střední patro se nachází 2 - 7 km nad povrchem a vyskytuje se zde altokumulus a altostratus, nízké patro je do výšky 3 km a patří sem cumulus, stratokumulus a stratus. Vertikálně mohutná oblaka se jmenují cumulonimbus a nimbostratus a neřadící se do žádného patra (obr. 1), neboť svou velikostí zasahují do všech pater (Bratrych 2005, Dvořák 2016).



Obrázek 1: Druhy oblaků (Amatérská meteorologická společnost)

Drtivá většina oblaků se tvoří v nejspodnější vrstvě atmosféry, a tou je troposféra. Rozlišujeme oblaka vodní, ledové a smíšené, které mají největší vertikální rozsah (Dvořák 2016).

Obecně oblaka vznikají buď ochlazením vzduchu při izobarickém ději a to pod teplotu rosného bodu, nebo častěji ochlazením nenasyceného vzduchu nad teplotu kondenzace při jeho adiabatickém výstupu. Znamená to, že nedochází k žádné energetické výměně mezi stoupajícím vzduchem a okolím. Vzduchový element se stoupáním rozpíná a v určité hladině dosáhne ochlazení, kde kondenzuje na vodní páru, a tím vzniká oblak (Dvořák 2016).

Atmosférické děje, jimiž vznikají oblaky:
Vlnové oblaky vznikají na horizontální ploše rozhraní mezi dvěma vrstvami vzduchu s nestejnou rychlostí a hustotou proudění, kde se vyvíjejí stojaté gravitační vlny o délce 20 až 50 metrů. Dole vzduch klesá a adiabaticky se otepluje. Takto vzniká hlavně Cirrostratus, Altostratus a Cirrocumulus.

Turbulentní oblaky se tvoří turbulencí při dostatečně stálém teplotním zvrstvení nebo v téměř nasyceném vzduchu, kde se horní části této vrstvy ochlazují a přitom dochází ke

kondenzaci vodní páry. Vzniká souvislá oblačná horizontálně rozsáhlá vrstva. K těmto oblakům patří hlavně Stratus, Attocumulus a Cirrosrtrabus.

Oblaky z vyzařování, během noci může klesnout teplota vzduchové vrstvy až pod teplotu rosného bodu působením vyzařované dlouhodobé radiace. Za přítomnosti dostatečného množství páry, dojde ke kondenzaci. Obloha se pokrývá stejnoměrnou a souvislou oblačnou vrstvou druhu Stratus, který vzniká na podzim nebo v zimě a to během noci nebo k ránu. Počasí je fyzikální proces, který se odehrává ve spodních vrstvách ovzduší do výše 15 km a bere svou energii ze slunce (Roth 1999).

Oblačnost je množství oblaků, které se v určitém místě a čase vyskytují na obloze, tzv. bez ohledu na výšku a patří sem všechny druhy oblaků. Chod oblačnosti během dne je jiný v létě, kdy převládá konvenční oblačnost a jiný v zimě. V létě je maximální oblačnost přibližně ve 14 hodin, naopak v zimě je to okolo 6. hodiny ranní z důvodu výskytu mlh a z nich vznikajících Stratusů. Ve vysokých horách ležících nad výskytem mlh a oblaků je po celý rok chod konvenční oblačnosti. V odlišných klimatických oblastech, jako je Sibiř, s kontinentálním podnebím, je chod oblačnosti obrácený, což znamená, že minimum je v létě a maximum v zimě (Kropáček et al. 2019).

Orografická oblačnost je vlhká vzduchová hmota. Ta narazí na geografický reliéf, který jí přinutí vystoupat nad kondenzační hladinu, tím vlhkost zkondenzuje a vytvoří se mrak doprovázený srážkami. Odvrácený svah reliéfu bývá málo zavlažovaný (Ahern 2003). Oblaka jsou bez pohybu nebo se pohybují jen nepatrně, ačkoliv vítr může být v hladině oblaků i velmi silný. Tvoří se ve vzduchu proudícím přes kopec, přes horu nebo pohoří. Vyskytují se tudíž v podhorských a horských oblastech, kde mívají podobu oblačného límce kolem vrcholu, nebo podobu oblačné čepice, která vrchol zahaluje. Nejčastěji se jedná o oblaka typu altocumulus, stratocumulus a cumulus (Dvořák 2016). Orografická oblačnost vzniká nejvíce ve vzestupných proudech vzduchu při překonávání terénní překážky. Doba a intenzita trvání srážek je značně rozdílná, závisí hlavně na velkoplošném počasí. Vydatnost srážek obvykle roste na návětrné straně (Krejčí et al. 2002).

2.3. Atmosférické srážky

Částice vzniklé následkem kondenzace nebo desublimace vodní páry a ovzduší. Podle skupenství dělíme srážky na pevné a kapalné. K srážkám padajícím (vertikálním) patří déšť, mrznoucí déšť, mrholení, sněhové krupky, sněhová zrna, sníh, zmrzlý déšť, ledové jehličky a kroupy. Z hlediska délky výskytu dělíme srážky na **trvalé** (padající nepřetržitě po delší dobu, zpravidla z dešťové slohy neboli nimbostratu), **občasné** (přerušované srážky, které však nemají charakter přeháněk), **přeháňky** (srážky s krátkým trváním, s náhlým začátkem i koncem a častým kolísáním intenzity, vypadávající především

z bouřkového oblaku – cumulonimbu) a srážky usazené (horizontální), jako je jíní, jinovatka, rosa, námraza a ledovka (Kropáček et al. 2019).

Mechanismem vzniku padajících sněhových či dešťových srážek je to, že počet jednotlivých oblačných kapiček nebo ledových částic začne narůstat na úkor ostatních.

Déšť je forma padajících atmosférických srážek, kde kapalné srážky padají z oblaků na zemský povrch ve formě kapek o průměru 0,5 mm (Hlavínek et Říha 2004). Jejich nejčastější průměr je 1 – 3 mm a dosahují rychlosti 150 – 400 cm/s. Jsou-li kapičky drobnější, jedná se o mrholení. Déšť padá zejména z oblaků druhu Nimbostratus a Cumulonimbus (Roth 1999).

Sníh je forma srážek, vyskytující se hlavně v zimě. Vzniká ve vzduchu mrznutím přechlazených vodních kapek. Tvoří se ledové krystalky složitých tvarů. Základním tvarem jsou krystalky ledu šesterečné soustavy, známé jako šesticípé sněhové vločky (Roth 1999).

2.4. Voda jako základní součástí země

Voda je chemická sloučenina vodíku a kyslíku a je nejdůležitější složkou přírodního prostředí planety Země. Významnou vlastností vody je její schopnost nepřetržitě se obnovovat procesem výměny vody mezi světovým oceánem a pevninou. Za normální teploty a tlaku je voda bezbarvá, čirá a nezapáchající kapalina. Poměry pevniny a vody jsou na celkové ploše rozloženy nerovnoměrně. Zemský povrch je přibližně 510,1 mil. km^2. Z této plochy zaujímá zhruba 70,7 % (tj. asi 361,18 mil. km^2) vodní plocha a pevnina má rozlohu 149 mil. km^2 (29,3 %).

Obrázek 2: Voda na zemi (Klimatologie a hydrogeografie)

Střední hloubka oceánu je 3 795 m a je zde shromážděno 1 338 mil. km^3 vody, což je 0,1 % objemu Země. Kdyby se vody oceánu rovnoměrně rozprostřely po celém zemském povrchu, výška vody by dosahovala 2 440 m.

Zásoby vody na pevnině jsou výrazně menší, odhadují se asi na 47,9 mil. km^3, z čehož sladká voda je zhruba 35 mil. km^3. Z celkového objemu vody na Zemi lze pro lidskou společnost přímo využívat pouze nepatrnou část. (Bratrych 2005, Blažek et al. 2006). Jak ukazuje (obr. 2), tak z celkové spotřeby tvoří voda určená k pití pouze nepatrnou část.

2.5. Hydrologie

Jde o vědní obor zabývající se původem, fyzikálními a chemickými vlastnostmi, podmínkami výskytu a zákony pohybu vod. Dále řeší vztahy k atmosférickým a povrchovým vodám v rámci vzájemného působením s horninami. Hydrologie podzemních vod se zabývá režimem, oběhem a výskytem podzemní vody. Jakost podzemních a povrchových vod závisí na intenzitě využití území a na znečištění vzduchu a půdy (Hlavínek et Říha 2004).

2.5.1. **Hydrologický cyklus**

Koloběh vody na Zemi je procesem neustálé obnovy. Vodopády, vodní pára, mraky, déšť, prameny, řeky, moře, oceány, ledovce, to vše tvoří nepřerušený cyklus (Bauer et Stegman 1975). Voda protéká nepřetržitou cirkulací a tím vstupuje do hydrologického cyklu, kde hlavní silou je sluneční energie, jejímž účinkem dochází k vypařování vody ze zemského povrchu a ploch oceánů, kde se vypaří 5x více vody než z pevniny. Po kratším zdržení v atmosféře se vrací zpět do oceánu formou srážek, což odpovídá malému hydrologickému cyklu (Bratrych 2005). Každý rok se z oceánů vypaří 502 800 m^3, jelikož ale hladina neklesá, značí to, že světový oceán je neustále zásobován srážkami a vodními toky. V rozdělování vody po celé planetě, hraje tato globální distribuce rozhodující roli (Ahern 2003). Celkový oběh se nazývá velký hydrologický cyklus a v průběhu tohoto cyklu dochází k výparu a následné výměně vody mezi světovým oceánem a pevninou, kdy vodní pára je přenášena vzdušnými proudy právě mezi těmito dvěma celky, kde kondenzuje nebo desublimuje. V podobě srážek se tak voda z pevniny dostává povrchovým odtokem zpět do světového oceánu (Bratrych 2005, Nash 1989).

Jak již uvedl Bratrych (2005) vznik a vývoj atmosférických srážek je závislý na několika faktorech. Odpařující se voda z vodních ploch a oceánů, ale také vody z pevniny a rostlin stoupají vzhůru ve formě vodní páry s teplejším vzduchem. Obsahují prach, pyl, soli a jiné mikroskopické části, z nichž se stávají tzv. kondenzační jádra. Molekuly vodní páry se na nich následně srážejí a vytvářejí kapky vody nebo také krystalky ledu. Krystalky nebo kapky vody se zvětšují, dokud je výstupný proud teplého vzduchu dokáže udržet

a následně z oblaků padají ve formě srážek, a to jak dešťových, tak sněhových (Kropáček et al. 2019). Poměrná část vody se vsákne do půdy a doplní zásoby podzemní vody, část se vrátí do atmosféry díky evapotranspiraci a poslední část odteče po povrchu. Odtok závisí na typu povrchu, a liší se v čase během srážky (Butler et Davies 2004).

V urbanizovaných lokalitách se dopadající voda na povrch mnohdy nemůže přirozeně infiltrovat do podzemních vod. Tyto nepropustné plochy odstraňují přirozenou vegetaci, která zadržuje vodu a zachytává jí na svém povrchu (intercepce). Taktéž úroveň evapotranspirace (výparu) je oproti přirozeným podmínkám snížena a díky tomu není podpořen malý koloběh (Ballard 2007).

2.5.2. **Modrá a zelená voda**

Modrá voda je déšť, řeky, potoky a podzemní voda v zásobnících. Zelená voda je ta část vody, která je obsažena v půdě a primárně slouží k růstu rostlin. Přibližně dvě třetiny dešťové vody jdou do půdy a jedna třetina stéká po povrchu, kde tvoří vodní plochy v podobě vodních toků, jezer, atd. Obě vody se vrací výparem do atmosféry, ale zelená voda se větším dílem odpařuje z listů procesem evapotranspirace. Modrá voda má globální charakter, kdy je transportována stovky kilometrů. Naproti tomu zelená voda má lokální charakter a je nutné ji spotřebovat tam, kde dopadla (Cílek et al. 2017).

2.5.3. **Podzemní voda**

Voda přirozeně se vyskytující pod zemským povrchem, zejména v pórech mezi částicemi půdy a v místech, kde je narušena kontinuita hornin. Jde o vodu v zemských dutinách a zvodněných zemských vrstvách (Pittner 2009). Podzemní vody patří do kategorie neznečištěných, tzv. balastních vod, jež jsou v jednotných soustavách a ve splaškových sítích oddílných soustav nežádoucí. Zvyšují zde průtok a mají negativní teplotní účinek (ochlazování) v procesech biologického čištění (Valášek 2006).

Vsakování podzemních vod se rovněž neprovádí v ochranných pásmech vodních zdrojů, kde je hlavním problémem právě znečištění vsáknuté vody, která by mohla následně kontaminovat celý vodní zdroj. Navíc hrozí nebezpečí, že by zvýšená vlhkost půdy mohla narušit statiku staveb (Helmreich 2008).

Pohyb podzemních vod je obvykle vyvolaný gravitační silou, nazývající se filtrace hrubozrnných písků a štěrků. Ve zvodni je určitá část vody pevně poutána k povrchu. Filtračním prouděním se voda zbavuje látek, které se do ní dostaly z povrchu země, a zároveň jí obohacuje o minerální látky. Na rozdíl od povrchových vod bývají podzemní vody tvrdší (o minerály) a jejich teplota se přizpůsobuje horninovému prostředí (Bratrych 2005).

2.5.4. **Hydrologický průzkum**

Provádí se za účelem získání potřebných informací o množství výskytu podzemní vody v horninovém prostředí. Tyto informace jsou následně využívány. Hydrogeologický průzkum se dělí na základní, kde jsou stanoveny základní hydrogeologický charakteristiky. Druhé členění je regionální, zde se oceňuje využitelnost zásob podzemní vody v nižších kategoriích. Poslední dělení je účelový, kde se podzemní vody využijí podrobněji. K provádění hydrogeologického průzkumu se používá hydrologie, do které patří bilance podzemních vod, měření srážek a výparu, stanovení odtoku, sondáže apod. (Cílek et al. 2017).

2.6. Odpadní vody

Odpadní vody vznikají v obcích, domech, zemědělské a průmyslové výrobě, ve zdravotních zařízeních atd. Mění se jejich teplota a složení, tedy jakost. Do odpadních vod se řadí i vody srážkové, odtékající z volných prostranství do kanalizace. Řadí se sem i vody, které mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Příkladem jsou odtoky srážkových vod za předpokladu, že byly po spadnutí znečištěny. Kontaminaci vody lze definovat jako změnu fyzikální, chemickou a biologickou, znemožňující následné použití k určitému účelu (Chudoba et al. 1991).

Podle výskytu se přírodní vody dělí na atmosférické, povrchové a podzemní. Podle původu na vody přírodní a odpadní, a podle použití na vodu pitnou, užitkovou, odpadní a provozní. Znalost původu odpadních vod je podstatnou částí pro další úpravu a nakládání s ní (Sojka 2013, Vrána 2005). Podle kvality známe odpadní vody čerstvé, nahnilé, infekční, radioaktivní a toxické (Radvanská et al. 2008). Vody rozdělujeme také ještě podle původu na odpadní vody splaškové, dešťové, průmyslové, infekční, podzemní a ostatní. Jejich další dělení je podle jakosti. Dle těchto kritérií je s nimi také nakládáno (Valášek 2006).

Lidé již odpradávna využívali své fekálie, kdy je jako hnojivo používali u svých obydlí. Později staří Řekové a Římané používali odpadní vodu z měst v sousedních oblastech k zalévání a hnojení. Odpadní voda ve středověku byla jako celek odvážena na speciální farmy, kde i zde byla rovněž použita především k zemědělským účelům. Rostlo množství odpadních vod a v závislosti na tom taktéž zdravotní problémy a dopady na životní prostředí. V polovině 20. stol. takovéto využití končí (Angelakis et Snyder 2015).

3. Legislativa

Téma hospodaření s dešťovou vodou se stává v poslední době stále naléhavější a dostává se stále více do podvědomí široké veřejnosti. Česká legislativa má ale z hlediska odvodnění urbanizovaných území velký nedostatek. Právní předpisy jsou do zákonů a provádějících vyhlášek zaneseny nekoordinovaně. Z toho lze poznat, že byly vneseny bez znalosti problematiky a pochopení širších souvislostí (Vítek 2015).

Spornou otázkou v české legislativě je terminologie, týkající se srážkových vod, neboť vodní zákon nemá srážkovou ani dešťovou vodu jako samostatnou skupinu. Definována ve vodním zákoně je pouze voda, která vzniká atmosférickými procesy. Voda spadlá na zem je posuzována jako voda povrchová. Stavební zákon tuto vodu definuje jako vodu dešťovou a zákon o vodovodech a kanalizacích zase jako vodu srážkovou (Stránský et al. 2008). Cílem současné legislativy je přechod k decentrálnímu systému hospodaření s dešťovou vodou a zmírnění negativních dopadů z pohledu výstavby.

Srážkové vody komplexně podléhají ochraně dle Vodního zákona č. 254/2001 Sb. a při jejich odtékání jsou přidruženy Zákonu o vodovodech a kanalizacích č. 274/2001 Sb. Nakládání se srážkovou vodou je dále upravováno různými vyhláškami a normami.

- **Zákon o životním prostředí**

Zákon č.**17/1992 Sb**., o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů je hlavním pilířem v legislativě životního prostředí. Definuje základní pojmy a stanovuje základní zásady ochrany. Také stanovuje povinnosti právnických i fyzických osob při ochraně a zlepšování stavu životního prostředí a využívání přírodních zdrojů. Vychází přitom z principu trvale udržitelného rozvoje § 6 jako rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody. Zachovává přirozené funkce ekosystémů (Zákon č.17/1992 Sb.).

- **Vodní zákon**

Zákon č. **254/2001 Sb**., o vodách a o změně některých zákonů. Záměrem je chránit povrchové a podzemní vody a vymezit pravidla pro hospodaření se zdroji. Dalším cílem je zachování a zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod. Záměrem je také vytvoření podmínek pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha. Dále zákon udává, že stavby musí umožňovat zásobování vodou, čištění a dostatečné vsakování, eventuálně regulovaný odtok z daného pozemku. Stavební úřad není oprávněn vydat stavební povolení nebo rozhodnutí bez zajištění problému s hospodařením dešťové vody. Tento požadavek se netýká pouze rodinných domů a novostaveb, ale i ostatních objektů, u kterých jsou prováděny jakékoliv změny. Pokud se srážková voda po dopadu na zem

stane vodou povrchovou, po zasáknutí se stane vodou podzemní. Ta se řídí § 38, který mluví o odpadních vodách a o vypouštění odpadních vod (Zákon č. 254/2001 Sb.).

- **Zákon o vodovodech a kanalizacích**

Zákon č. **274/2001 Sb**., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů v platném znění je další předpis, zabývající se hospodařením s dešťovou vodou. Zákon č. 274/2001 Sb., stanovuje povinnost pro právnické osoby platit za odvádění srážkových vod do jednotné kanalizace. Povinnost platit se nevztahuje na místní komunikace, plochy silnic a dálnic, majitele celostátních a regionálních drah, pevná zařízení potřebná pro přímé zajištění bezpečnosti a plynulosti drážní dopravy, zoologické zahrady, plochy nemovitostí určených k trvalému bydlení a na domácnosti. Dále se nevztahuje na vodovody a kanalizace, o průměrné denní produkci menší než 10 m^3 nebo do 50 osob, které trvale využívají vodovod nebo kanalizaci. Dále na vodovody sloužící k trvalému rozvodu jiné než pitné vody a na kanalizace, které slouží k odvádění srážkových vod (Zákon č. 274/2001 Sb.).

Oba zákony jsou obsahem nového zákona o vodách. Nové je hlavně pojetí staronových pojmů v oblasti vodního hospodářství (Kyncl 2007).

- **Stavební zákon**

Zákon č. **183/2006 Sb**., o územním plánování a stavebním řádu v platném znění § 103, odst. 1, písm. b) používá termín dešťové vody. Z textu vyplývá, že byly myšleny srážkové vody, a že se jedná o jejich odvádění. Povinnost stavebníka hospodařit s dešťovou vodou udává tento zákon podle § 110 odstavce 5 stavebního zákona a jedná se o náležitost žádosti o stavebním povolení, úpravě staveb, územním plánování a veřejné infrastruktuře. Obsah projektové dokumentace stanoví prováděcí právní předpis, kterým je vyhláška o dokumentaci staveb č. 499/2006 Sb., v platném znění (Zákon č. 183/2006 Sb.).

- **Zákon o pozemních komunikacích**

Zákon č. **13/1997 Sb**., o pozemních komunikacích, kde součástí dálnice, silnice nebo místní komunikace je kanalizace včetně všech úprav k odvádění vody a lapolů. Řadí se sem i sedimentační nádrže za předpokladu, že slouží výhradně k odvádění povrchových vod z této komunikace. V ostatních případech je součástí pouze dešťová vpusť se šachtou a přípojkou do kanalizačního řadu (Zákon č. 13/1997 Sb.).

- **Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území**

Samotné nakládání s dešťovou vodou je pak definováno vyhláškou č. **501/2006 Sb**., o obecných požadavcích na využívání území, kde jsou dány priority jak a kam srážkovou vodu odvádět.

V této vyhlášce se touto problematikou zabývá § 20, ods. 5, písm. c), kde je psáno, že stavební pozemek se vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno:

1. akumulací s následným využitím, vsakováním nebo výparem, pokud to hydrogeologické poměry, velikost pozemku a jeho výhledové využití umožňují a pokud nejsou vsakováním ohroženy okolní stavby nebo pozemky,
2. odváděním do vod povrchových prostřednictvím dešťové kanalizace, pokud jejich akumulace s následným využitím, vsakováním nebo výparem není možná, nebo
3. regulovaným odváděním do jednotné kanalizace, není-li možné odvádění do vod povrchových.

Vsakování lze využít jak u velkých objektů a zpevněných ploch, kde se využívají velké nádrže, tak také u rodinných domů, kde se většinou používají vsakovací tunely. Instalaci je možné provést samostatně, a to v případě, že se nebude dešťová voda využívat (Vyhláška č. 501/2006 Sb.).

- **Norma vsakovací zařízení srážkových vod**

Norma **ČSN 75 9010** slouží pro návrh, výstavbu a provoz vsakovacích zařízení srážkových vod. V případě zasakování dešťové vody je nutná konzultace s geologem, který řeší návrh rozsahu a způsob provádění geologického průzkumu pro vsakování srážkových povrchových vod. Dále řeší výstavbu a provoz vsakovacích zařízení včetně jejich dimenzování. Geolog posoudí všechny místní podmínky, jako vlastnosti podloží, hloubku podzemní vody a směr jejího proudění. Dále posoudí sklon terénu, vliv na sousední pozemky a ochranná pásma vod. V další řadě norma uvádí postup a příklady výpočtů retenčních objemů vsakovacích zařízení. Také se zabývá opatřením proti přeplnění vsakovacích zařízení. Tato norma však není dostatečně komplexní z hlediska uceleného řešení hospodaření s dešťovými vodami pro větší urbanizované celky a neřeší otázku co se srážkovou vodou, pokud ji nelze vsáknout (ČSN 75 9010).

- **Norma hospodaření se srážkovými vodami**

Norma **TNV 75 9011** hospodaření se srážkovými vodami definuje alternativy pro decentrální odvodnění a zároveň uvádí centrální řešení pro větší urbanizované celky, v kombinaci s řešením na jednotlivých pozemcích. Je návodem pro návrh technického řešení a provoz vsakovacích a retenčních objektů, včetně bezpečnostních přelivů. Norma dává do souvislosti typické druhy znečištění s typem plochy, která je odvodňována s typem opatření či zařízení, které je vhodné pro odstranění daného specifického druhu znečištění. Stanovuje výpočetní postupy objektů a jejich dimenzování. Předkládá základní informace k jejich údržbě a provozu. Nedostatkem této normy je, že nespecifikuje délku trvání deště (TNV 75 9011).

- **Norma zařízení pro využití nepitné vody na místě**

Norma **ČSN EN 16941-1** „Zařízení pro využití nepitné vody na místě – Část 1: Zařízení pro využití srážkových vod“ platí v ČR od prosince 2018. Specifikuje požadavky a uvádí doporučení pro navrhování, dimenzování, instalaci, označování, údržbu a uvádění do provozu zařízení pro využití srážkových vod na místě. Srážkové vody slouží jako náhrada pitné (nepitné) vody. Norma specifikuje minimální požadavky pro tato zařízení.

Z výše citovaných zákonů a vyhlášek vyplývá, že v okamžiku, kdy se srážková voda dotkne povrchu, tak se v daný moment stává vodou povrchovou. Při styku s povrchem mění srážkové vody svoji jakost podle daného znečištění. Dle výkladu vodního zákona se v ten moment mění na vodu odpadní. Jakost srážkových vod je tudíž závislá na lokalitě, ve které spadnou. Dále na tom zda se v ní vyskytuje průmysl nebo je daným povrchem obdělávaná zemědělská půda. Tím je ovlivněna jakost odpadní vody (ČSN EN 16941-1).

3.1. Plán hlavních povodí

Plán hlavních povodí České republiky (PHP ČR) schválila vláda ČR v roce 2007 usnesením č. 562. Stal se významným strategickým dokumentem na podporu plánování v oblasti pro hospodaření s podzemními a povrchovými vodami v urbanizovaných povodích. Dále se PHP ČR věnuje zlepšování stavu vod pro užívání, ochranu před škodlivými účinky a ochranu ekologické stability krajiny. Důležité jsou hlavně tři rámcové cíle. První cíl se věnuje snižování množství srážkových vod odváděných do kanalizace, ale i zlepšení situace pro jejich přímé vsakování do půdního prostředí. Druhý cíl je úbytek znečištění vodních toků při přímém vypouštění srážkových vod z městských a průmyslových kanalizací, zavedením povinnosti oddělené likvidace srážkových a odpadních vod. Poslední cíl ukládá posílit výzkum vlivu přírodě blízkých opatření na zvyšování retenční kapacity, včetně kvantifikace jejich vlivu na vodní režim (Vítek 2015).

3.2. Politika územního rozvoje

Politiku územního rozvoje vláda ČR schválila v roce 2009 usnesením č. 929. Je nástrojem územního plánování staveb. Nutnost vytvářet podmínky spojené s minimalizací škod, nebo spjaté s riziky a přírodními katastrofami v podobě záplav a sesuvů. Nejdůležitějším úkolem je zajistit územní ochranu ploch potřebných pro umísťování staveb a opatření na ochranu před povodněmi, a taktéž vytvářet podmínky pro zvýšení přirozené retence srážkových vod v území. Významné také je v urbanizovaném území vytvářet podmínky pro vsakování, zadržování a využívání dešťových vod.

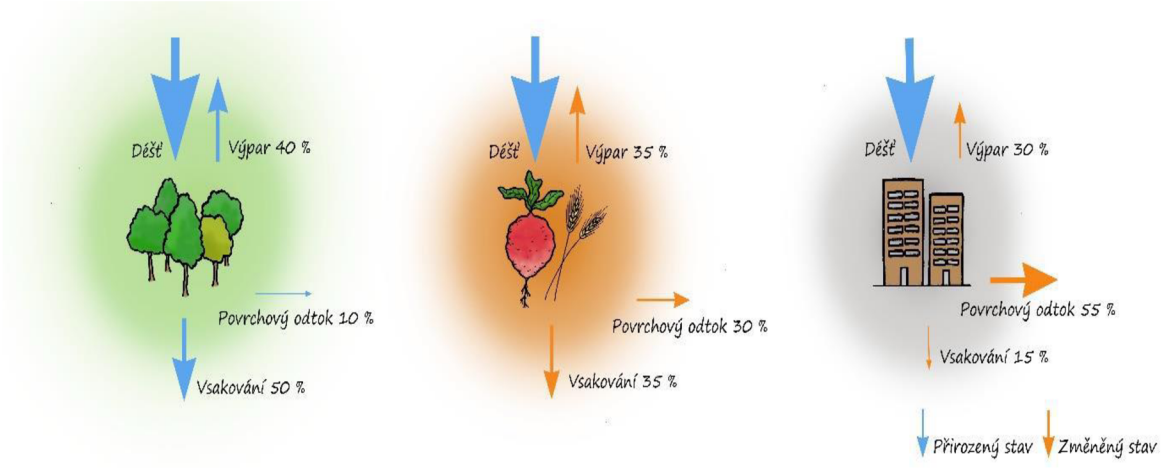
Politika územního rozvoje a plán hlavních povodí tvoří základní právní rámec pro aplikaci hospodaření s dešťovou vodou v České republice (Vítek 2015).

4. Srážková voda

Srážková voda vzniká v ovzduší z vodních par při poklesu teploty pod rosný bod. Může se vyskytovat v kapalném skupenství, jako je déšť, rosa, mlha, nebo v tuhém skupenství ve formě sněhu, ledu, jinovatky a náledí. Tyto srážky následně stékají po povrchu střech budov, dále po zpevněných a nezpevněných plochách, odkud stékají prostřednictvím domovních přípojek a uličních vpustí do kanalizace (Švehla 2007).

Někdy se srážková voda považuje za jednu z nejčistších vod, ale její kvalita je velice proměnlivá a závisí na mnoha okolnostech. Podle stavu ovzduší v lokalitě, ve které spadla, obsahuje různé znečišťující látky ještě dříve, než se dotkne povrchu země. Nicméně toto znečištění je z pohledu odpadních vod zanedbatelné. Závažnější problém činí látky, které srážkovou vodu znečistí po dopadu na povrch země, nebo látky, které srážkovou vodu znečistí při cestě srážkové vody do kanalizace. Nejproblematičtější je srážková voda, která spadla ve městě nebo na komunikacích, obsahující stopy ropných nebo jiných chemických látek. Srážková voda je často označována jako povrchová a její množství závisí na intenzitě a době trvání deště. Dále závisí na velikosti, sklonu a charakteru odvodňovaného území. Taktéž její kvalita je proměnlivá a závisí na charakteru odvodňovaného území a čase trvání. Nejvíce znečištěné vody odtékají z povrchu území krátce po započetí deště. Vyznačující se vysokým organickým a anorganickým znečištěním ve všech formách (Novák 2003).

V nezměněné krajině s přirozeným vegetačním krytem se 90 % dešťové vody vsákne, je pohlceno rostlinami, nebo se vypaří a jen pouze 10 % z celkové dotace srážek připadá povrchovému odtoku (obr. 3).



Obrázek 3: Koloběh vody v přirozeném zalesněném a v zemědělském povodí (Kabelková et al. 2014)

Naopak je tomu v případě urbanizovaných územích, kde se na vsakování, pohlcení rostlinami a výparu podílí pouze 45 % z celkové dotace srážek, kdy zbylých 55 % tvoří povrchový odtok. Mezi těmito extrémy se svými hodnotami nachází zemědělská území, která mají procentuální zastoupení u vsakování, pohlcení rostlinami a výparu 70 % a u povrchového odtoku je to 30 % (obr. 3).

S rozvíjející se výstavbou sídel a se zemědělskými, lesnickými a jinými zásahy do krajiny se mění přirozený hydrologický cyklus. Velké části parcel jsou tvořeny zpevněnými plochami, např. chodníky, silnice, zástavba, betonové povrchy a střechy, což způsobuje vysoký povrchový odtok z těchto ploch a snižuje přenos vody do podloží (Brutsaert 1982). Vedle objemu je podstatná také rychlost povrchového odtoku, která se projevuje sníženou schopností transformace kulminačního průtoku. Tyto parametry zhoršují absorpční vlastnosti půdy a schopnost zadržet vodu v krajině, která tím pádem rychleji odtéká po povrchu (Ballard 2007). Po dobu trvání srážky se na zpevněných plochách vytváří tenká vrstva vody, která se poměrně rychle vypaří. Vysoká rychlost vypařování vody v tenké vrstvě je způsobena též relativně vysokými teplotami nepropustných povrchů, a to především v letním období. V tomto období je rychlost vypařování z tenkých vrstev vyšší než z jakéhokoli jiného povrchu. Z fyzikálního hlediska je vypařování z tenkých vrstev vody identické s vypařováním z volné hladiny (Brutsaert 1982).

Z pohledu vývoje vodní bilance na urbanizovaném území je dynamika vody zrychlená důsledkem snížené akumulace v půdní vrstvě a zvýšeného povrchového odtoku (Nash 1989).

4.1. Kvantita dešťových vod

Zajištění vody v dostačujícím množství a vyhovující kvalitě je z pohledu vodního hospodářství v České republice velkým úkolem. Zásobování lidí vodou patří k nejpodstatnějším problémům, které významně ovlivňují hospodářský a společenský vývoj každého regionu, což platí rovněž i pro Liberecký kraj.

Klima v České republice je obecně ovlivněno vlivy Atlantského oceánu, Středozemního moře a Eurasie. Roční srážky kolísají mezi maximem v letních měsících (zejména v červenci) a minimem v zimních měsících (hlavně v lednu). Průměrné roční součty dešťových úhrnů se pohybují mezi hodnotami 400 mm a 1 450 mm. Změny v úhrnech jsou vázané na měnící se nadmořskou výšku a orografii (návětrné/závětrné). Časoprostorová analýza srážkové bilance nad územím ČR v letech 1961 - 2019, vychází z denních úhrnů srážek, které byly měřeny na 531 srážkoměrných stanic. Tyto stanice jsou všechny součástí sítě, která je provozována Českým hydrometeorologickým ústavem (Brázdil 2021).

Výsledky metody autora Brázdila (2021) jsou následující:

- měsíční, sezónní a roční úhrny srážek vykazují poměrně konstantní, téměř až cyklické fluktuace (náhodné kolísání hodnoty dané veličiny kolem rovnovážné polohy),
- srážková minima se vyskytují během měsíců únor a červenec, a maxima z hlediska průměru roční variace. Mohou se také vyskytovat případy, kdy jsou v některých desetiletích maxima posunuta na červen nebo srpen,
- v zimním období se nachází nejmenší podíl ročních součtů srážek a v letním období nejvyšší. Relativní podíl srážek v zimě neustále přibývá s nadmořskou výškou. U součtů v létě se tento podíl snižuje,
- vyskytují se výrazné změny srážkového režimu v časných a pozdních částech vegetačního období. Průběh je formou poklesů úhrnů srážek v časném vegetačním období a jejich zvýšením v pozdním vegetačním období. Dochází k tomu relativně rovnoměrně po celém území ČR,
- ve srovnání s lety 1961 - 1990 se mnohem vlhčí podmínky objevily v letech 2001 - 2010 a naopak sušší v letech 2011 - 2019. Rozdíl v denních kumulativních úhrnech srážek mezi těmito dvěma desetiletími dosáhl 90 mm. Srážkové deficity v nejsušších opakujících se 5letých období mohou dosahovat až 350 - 400 mm,
- změny lineárních trendů v počtu srážkových dnů (statisticky významné pro cca 29 % všech trendů) korespondují se změnami srážkových součtů. Výrazné poklesy se objevují zejména v měsících duben, květen a červen s protínáním do jara. Nárůsty se vyskytují v prosinci a lednu s protínáním do zimy.

4.1.1. **Konvenční způsob**

V konvenčním způsobu odvodnění urbanizovaného prostředí je dešťová voda odváděna ze staveb, hal a zpevněných ploch nejkratší cestou do recipientu nebo kanalizace, která ale může být nedostatečná. Dešťová voda je chápána jako problém a jako ideální řešení se navrhuje, co nejrychleji vodu odvézt pryč z místa, kde spadla, a to pomocí kanalizace mimo zastavěné území.

- neodstraňuje příčiny problému, řeší se následek jinde, i na úkor jiného,
- nechrání dostatečně zdraví a majetek obyvatel při současné změně klimatu a míře urbanizace,
- zatěžuje vodní toky přívalovými srážkami nesoucími velké množství nečistot.

S narůstající urbanizací krajiny a v ní budovanými nepropustnými povrchy, které brání vsakovaní vody do půdy je většina dešťové vody sice svedena do stokových systémů, ale tento systém je již nedostačující, neboť současné aglomerace průmyslových hal zachytí takové množství vody, že není možné zajistit bezpečný odtok (Vítek et al. 2015, Dufka 2017).

4.1.2. **Decentrální způsob**

Decentrální objekty a zařízení podporují hospodaření se srážkovými vodami na pozemku odvodněné stavby. Zahrnující nejen objekty a zařízení HDV, ale také přístupy a opatření, které přispívají k zachování přirozeného koloběhu vody nebo k jejímu hospodárnému využívání (zelené střechy nebo akumulace). V základním přístupu se jedná o hospodaření s dešťovými vodami a v širším slova smyslu o decentrální způsob odvodnění. Jedná se o způsob nakládání se srážkovými vodami (většinou dešťovými), jenž klade důraz na zachování přirozené bilance vody v území po jeho urbanizaci.

- aktivní hospodaření řeší odvodnění v místě dopadu srážkových vod vsakováním, akumulací nebo regulací odtoku,
- má za cíl splnění požadavků pro udržitelný rozvoj měst a obcí,
- zmirňuje důsledky urbanizace a lokální změny klimatu,
- lépe chrání majetek obyvatelstva,
- zamezuje kontaminaci vodních toků.

V ideálním případě se dešťová voda dá zasakovat a doplňuje zdroje podzemních vod, tím se podporuje místní koloběh vody. Často jsou však podmínky pouze pro krátkodobou retenci dešťové vody, která se následně předčištěná vypouští kanalizací do povrchových vod. Podstatou je se postarat o přívalové srážky v místě vzniku a nenechat je odtéct pryč s upravenou intenzitou. Toto zpoždění a zrovnoměrnění odtoků přívalových dešťů má pozitivní vliv na životní prostředí (Vítek et al. 2015, Dufka 2017).

4.2. Kvalita dešťových vod

Jelikož samotné dešťové mraky vznikají odpařováním vody, dalo by se předpokládat, že dešťová voda je skutečně vodou čistou bez rozpuštěných látek. Ovšem již v atmosféře dochází ke kontaktu této vody s různými chemickými látkami (Krejčí et al. 2002). Kontakt se znečištěním v atmosféře tak způsobuje, že dešťová voda obsahuje určité množství těžkých kovů (Šálek 2006). Z této skutečnosti vyplívá, jak uvádí Vávra (2005), že kvalita dešťové vody je silně ovlivněna úrovní znečištění vzduchu v dané lokalitě. Po průchodu zemskou atmosférou vykazuje dešťová voda mírně kyselý charakter s hodnotou cca. pH 5,6, poněvadž se váže s oxidem uhličitým (CO^2) obsaženém v ovzduší.

Znečištění zachycených dešťových vod lze dle Hlavínka (et al. 2007) rozdělit podle původu do 3 kategorií:

- rozpuštěné a nerozpuštěné látky v atmosféře,
- znečištění, které vzniká při kontaktu s materiály na povrchu urbanizovaných území,
- znečištění nahromaděné za bezdeštného období na urbanizovaných plochách, které je za deště odplavováno dešťovou vodou.

Pro určení míry znečištění v dešťovém odtoku je důležité znát objem dešťového odtoku, délku období bez deště a intenzitu atmosférických srážek. Převážná část látkového znečištění obsažená v dešťovém odtoku, vykazuje vyšší koncentrace znečištění na začátku odtoku, než v jeho dalším průběhu (tzv. "první splach"). Oddělení tohoto prvního splachu, tedy prvních 1 - 3 mm srážkové vody, většinou pomáhá k výraznému snížení látkového zatížení v zachycené dešťové vodě (Krejčí et al. 2002).

Dešťová voda při dopadu na střechy budov sebere různé nečistoty, které sem přináší vzduch. Obdobně to platí při odtékání vody z dešťových okapů až po samotné akumulační nádrže a tyto nečistoty je nutno odstranit. Většinou se jedná o hrubé nečistoty. K tomuto znečištění patří také případné nebezpečné mikroorganismy. Z tohoto důvodu tato voda není v žádném případě pitná a nesmí se ani používat v kontaktu s člověkem, jako je sprchování, mytí nádobí, apod. (Böse 1999, Vogel et Moore 2016). Podle Hlavínka (2007) je použití této vody vhodné pro splachování toalet a pro praní prádla, ale musí být relativně čerstvě nahromaděná, aby nezapáchala. Tímto způsobem se šetří hlavně pitná voda.

4.2.1. **Znečištění srážek při postupu atmosférou**

Během deště se vymývá látkové znečištění obsažené ve vzduchu, tím dochází k čištění atmosféry. Vlivem toho se polétavé látky vracejí na zem. Dešťová voda tedy není čistý kondenzát. Srážková voda odtékající z urbanizovaného území je znečištěna také z atmosféry, kde je velký obsah přirozených příměsí, např. mořské soli, eroze půdy atd. Znečištění vzniká také lidskou činností a látkami pocházejícími z různých materiálů. Atmosférickou depozici lze rozlišit na depozici suchou (zejm. tuhé látky, plyny), a mokrou, tedy srážky. (Bareš et al. 2019).

Zásadité látky pocházejí hlavně z přirozeného prostředí, je to např. uhličitan vápenatý a uhličitan hořečnatý. Znečištění kyselinami člověk způsobuje sám a to ze spalování fosilních paliv, z výfukových plynů motorových vozidel a mikrobiální denitrifikací v půdě a vodě, kdy vznikají sloučeniny síry a dusíku, které jsou právě zdrojem kyselin v atmosféře. V pásmech s významným antropogenním znečištěním mnohdy mluvíme o kyselém dešti. Kyselé srážky mají negativní vliv na ekologii, způsobují kyselost půdy, ničí vegetaci a zamořují podzemní a povrchové vody. Další zdroj kyselin je spalování umělých hmot s obsahem PVC za vzniku sloučeniny chloru. Patří sem hlavně městské a průmyslové spalovny (James et al. 2005, Hlavínek et al. 2007).

4.2.2. **Znečištění dešťových vod při styku s povrchy střech**

V úvahu připadá hlavně odtok z velkých střech, neboť dešťová voda je zpravidla méně znečištěna oproti odtoku na parkovišti, silnici apod. Jakost vody ze střech ovlivňuje mimo

suchých a mokrých depozic i instalace, která je na ní umístěna. Na střechách se nejčastěji vyskytuje pyl, listí, ptačí trus, klacíky, písek, štěrk, atmosférický prach apod.

Kvalita vody také závisí na povrchu střechy, ze které dešťová voda stéká. Důležitá je střešní krytina. Betonové střechy vykazují úlomky. Při použití kovové střechy z mědi, zinku či olova odtékající voda obsahuje značné množství těžkého kovu. Koroze střešních konstrukcí závisí na znečištění vzduchu a použitých materiálech. Z tohoto důvodu by neměly být z takových materiálu ani svody. Na střešní konstrukce působí slunce, déšť, sníh a mráz. Během těchto procesů se plocha střech opotřebovává. Tím se uvolňují kousky krytiny, asfaltu, barvy, cihel a betonu, záleží podle toho, čím je plocha tvořena (Kropáček et al. 2019). Všechny tyto částice znečišťují dešťový odtok, který by se měl hromadit přes dešťovou klapku. Dešťová klapka se nechá zavřená a po dešti bude počáteční znečištění vyplavené do kanalizace. Klapka se později otevře a výsledkem bude, že se zachytí pouze čistější dešťová voda (Hlavínek et al. 2007, Krejčí et al. 2002).

4.2.3. **Znečištění dešťových vod smyvem zpevněných ploch**

Kvalita vody je závislá na všech materiálech, se kterými přijde do styku během její cesty do retenčních nádrží, vsakování do půdy apod. Z různých odvodňovacích ploch proniká do srážkového odtoku mnoho nečistot. Rozsah znečištění závisí na technickém stavu a použitých materiálech. U betonových ploch se uvolňují kousky vápníku a hliníku. Dále u různých kovových součástí se uvolňují toxické látky jako měď, chrom a zinek (Bareš 2019).

Hlavní složkou znečištění je automobilová doprava, která přináší širokou škálu znečisťujících látek. Ta zapříčiňuje znečištění vozovky, které je nejčastěji způsobené odstřikující vodou. Dále způsobuje kontaminaci okolí vozovky, která v zimním období vzniká solením silnic se zvýšeným obsahem chloridu sodného a posypem štěrku a písku. Způsobené znečištění může být tvořeno i vegetací. Další znečištění dopravou je vzniklé z pevných částeček, polyaromatických uhlovodíku uvolněných z nespáleného paliva, sloučenin olova, olejů a mazadel. Zdrojem nečistot může být také koroze dopravních prostředků díky uvolňování železa, chromu, olova a mědi. Dále k tomu patří opotřebování pneumatik, nebo vozovek (Butler et Davies 2004).

Městské chodníky a blízké okolí jsou vysoce znečištěny lidskou činností. Zvyšuje se množství odpadků, smetí, posekané trávy apod. Tyto materiály mohou být příčinou ucpání vpustí a to má za následek špatný odtok dešťové vody. Může docházet i k nezákonnému vypouštění použitých motorových olejů a čisticích prostředků z domácností, což zvyšuje znečištění komunikace a odvodňovacího systému (Butler et Ali Memon 2006). Další složkou přispívající k znečištění a to především bakteriologického a organického charakteru bývají zvířata, která produkují fekální znečištění na zpevněné povrchy, které

jsou následně za deště splachovány do kanalizace (Butler et Davies 2004, Krejčí et al. 2002).

K dalšímu znečišťování dochází také díky průmyslu. Je způsobeno vlivem manipulace a zpracování surovin. Může dojít k chemickému znečištění, např. ze stavebních odpadů apod. Závažné znečištění vzniká také při mytí strojů a motorových vozidel (Hlavínek et al. 2007).

4.3. Hygienický požadavek na kvalitu dešťových vod

Koncentrace látkového znečištění v průběhu deště kolísá, proto užíváním dešťové vody z hlediska jejího složení dle Hlavínka (2007) nesmí dojít:

- k ohrožení lidského zdraví,
- ke znečištění životního prostředí, jmenovitě podzemní vody a půdy,
- k omezení komfortu užívání vody pro uživatele
- k ohrožení kvality pitné vody chybnou instalací.

5. Hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích

Hospodaření se srážkovou vodou lze rozdělit do skupin, které se navzájem propojují. První skupinou jsou ekologické důvody, pro které je důležitá zejména obnova podzemních vod vsakováním a zmírňovat negativní vlivy rychlého odtoku. Další kategorie je bezpečnostní. U ní je podstatné, že při rychlém odtoku dešťových vod z pozemků může nastat problém s kapacitou městské kanalizace, neboť ve městě je velké množství nepropustných ploch, a to i z důvodu stále se rozšiřující zástavby. Díky tomu se vody nemají kde vsakovat a směřují ke zrychlenému povrchovému odtoku z těchto ploch. Následně mohou být naráz vypuštěny do vodního toku, a to je příčinou větších kulminačních průtoků na dolních tocích a případných povodní. Za třetí jsou to ekonomické důvody, neboť v současné době jsou častokrát přetíženy kanalizační sítě a jejich aktuální dimenze nedovoluje napojení dalších přípojek. Čistírny odpadních vod (ČOV) nelze zásobovat dalším přebytečným přítokem, poněvadž jejich kapacity jsou již naplněny. Hospodaření s dešťovou vodou v daném místě je finančně méně náročné, než budování nových ČOV, eventuálně zvětšování jejich kapacit a kapacit kanalizačních sítí. Poslední skupinou je platná legislativa, která říká, že je nutné řešit nakládání s dešťovými vodami již na pozemku stavby (Tzbinfo 2021).

Vhodnou variantou pro města, ale i jednotlivce je vsakování vody pomocí vsakovacích zařízení. Pokud je tato voda vsakována, obohacuje podzemní vody, jejichž procento se stále snižuje, z důvodu častějšího sucha. Pokud je voda částečně zadržena a postupně vypouštěna z retenčních nádrží do vodního toku, snižuje se tím i hydraulický stres daných toků. Nejvhodnějším řešením je ale vodu shromažďovat v akumulačních nádržích pro její další využití. Díky tomu je tak ušetřeno za použití pitné vody z vodovodu.

Poslední variantou nakládání s dešťovými vodami je jejich vypouštění do jednotné kanalizace. Z retenčních nádrží by měly být vody vypouštěny do povrchových vod. Hlavní je v dnešní době řešit, co s dešťovou vodou udělat již ve fázi projektové dokumentace stavby (Vítek et al. 2015).

5.1. Zasakování dešťové vody

Odvod dešťových vod, resp. vsakování do půdního prostředí by mělo být legislativně předepsáno před ostatními variantami. Nejprve se musí provést geologický průzkum v dané lokalitě, který zkoumá hydrogeologické, inženýrskogeologické a geotechnické poměry, kterými se posoudí vsakovací schopnost horninového prostředí. Od toho se rozvíjí velikost vsakovacího zařízení. Dále zhodnotí mocnost špatně propustných vrstev

nad horninovým prostředím, které ovlivňují technické řešení vsakování. V posledním bodě je důležitá hloubka podzemní vody, přičemž základová spára vsakovacího zařízení má být alespoň 1 m nad hladinou podzemní vody.

Při volbě způsobu odvodnění musí být brán zřetel na místní proveditelnost a přípustnost vsakování, stanovující norma ČSN 75 9010. Tato norma řeší hlavně způsob, rozsah a výstupy geologického průzkumu a jeho výsledku je nutno respektovat. Srážkové vody z pohledu jejich znečištění a systému vsakování dělíme do dvou kategorií.

Povrchové vsakování
Přednostně se doporučuje přes souvislou zatravněnou humusovou vrstvu. Tento způsob je vhodný pro odstranění všech nečistot obsažený ve srážkových vodách.

Podzemní vsakování
K vsakování přímo do půdy bez styku s humusovou vrstvou je možné přistupovat jen výjimečně, a to pouze pro nejméně znečištěné srážkové vody. Dává se přednost podzemnímu liniovému vsakování (vsakovací rýhy) či plošnému (podzemí prostory vyplněné bloky a štěrky) před vsakováním bodovému (vsakovací šachty). Vsakovací zařízení musí být chráněno před vniknutím jemných nerozpuštěných látek (Vítek et al. 2015).

5.1.1. Propustné zpevněné povrchy

Bez cest, chodníků a pěšin to již nejde. Tyto plochy nejsou považovány za vsakovací objekty, ale za plochy se zvýšeným odtokem. Jedna z hlavních podmínek při hospodaření s dešťovou vodou je v co největší míře ponechat původní nezpevněný povrch pro přirozené vsakování vody, což v urbanizovaném území není tak úplně možné zachovat. Je proto nezbytné minimalizovat nepropustné zpevněné povrchy. Během projektu je v jeho počátku možné navrhnout přiměřené množství zpevněných ploch z propustných a polopropustných materiálů. Používají se například zatravňovací tvárnice a dlažby, zasakovací rošty, kamenná či betonová dlažba s pískovými spárami, porézní asfalt, porézní dlažba, vegetační tvárnice a zatravněné štěrkové vrstvy. Jejich nejvhodnější využití je v parcích a u méně frekventovaných komunikací, parkovišť apod. (Hlavínek et al. 2007).

5.1.2. Zařízení bez regulovaného odtoku

Tato zařízení jsou využívána pro všechny typy běžných ploch. Individuálně je nutné posoudit plochy autobazarů, autovrakovišť a zemědělských areálů, kde může hrozit vysoké riziko znečištění. Výběr druhu odvodnění se řídí prioritami v následném pořadí. V první řadě přichází odvádění srážkových vod a následné vsakování do půdního

a horninového prostředí. Až poté se při nedostatečné vsakovací schopnosti hornin provádí kombinace vsaku s retenční nádrží a regulovaným odtokem.

Proveditelnost – dané řešení je omezeno hydrogeologickými podmínkami, do kterých spadá maximální hladina podzemní vody, která má být alespoň 1 m pod základovou spárou objektu. Dále k nim patří vsakovací schopnost podloží a sklonitost terénu, pakliže hrozí riziko sesuvu. Nutnost prokázat hydrologickým průzkumem.
Přípustnost - toto řešení je nevhodné v případě rizika kontaminace podzemních vod nebo půdy. Je nevhodné především pro plochy, ze kterých by mohla odtékat značně znečištěná srážková voda a u kterých se objevují nebezpečné látky. Nemístné je také v přítomnosti nesanované ekologické zátěže (Vítek et al. 2015).

Povrchové vsakování bez retenze – vsakování plošné

Jedná se o nejjednodušší řešení, a z pohledu funkčnosti a schopnosti předčištění je plošné vsakování velmi účinné v rámci hospodaření s dešťovou vodou. Srážkový odtok je bez jakékoliv retence odvodněn pomalým tokem po povrchu ploch. Během plošného vsakování musí být zajištěno, aby vsakovací schopnost půdy byla celkově větší než očekávaný dešťový odtok. Pro plošné vsakování se využívá zatravněná plocha s humusovou vrstvou. V humusové vrstvě dochází také k odbourávání některých znečišťujících látek. Nejvhodnějšími povrchy pro plošné vsakování jsou travnaté plochy, zatravněné štěrkové plochy, zatravňovací tvárnice, propustné dláždění a také propustný asfalt.(Bareš et al. 2019, Hlavínek et al. 2007).

Povrchové vsakování s retencí – vsakovací průleh

Při nedostatečné ploše pro plošné vsakování se volí vsakovací průleh. Jde o návrh mělké tvarované prohlubně u zařízení se zatravněnou humusovou vrstvou. Zde by mělo dojít ke krátkodobé retenci vody, a to maximálně 24 hodin. Následně dojde k vsáknutí do podloží. Používá se pro všechny typy zpevněných povrchů, tj. střechy, parkoviště, komunikace. Není zde náročnost na místo. Pouze zhruba 7 - 20 % z celkové velikosti odvodněné plochy, vyžaduje dobré vsakovací podmínky. Přívod vody se navrhuje jako povrchový rovnoměrný pruh, který by měl být po délce průlehu zatravněný pro jeho vyšší čistící schopnost. Na druhé straně se zmenšuje riziko eroze půdní vrstvy a redukuje se riziko zmenšení propustnosti průlehu nerozpuštěnými látkami. Dno průlehu je v určitém sklonu a je nutno ho zemními hrázkami rozdělit do více celků (Bareš et al. 2019).

Povrchové vsakování s retencí – vsakovací nádrž

Stejně jako u průlehu, tak i zde probíhá vsakování do podloží přes zatravněnou humusovou vrstvu. Jedná se o objekt s výraznou retenční funkcí. Nevyžaduje velké nároky na místo. Často je to méně než 7 % z celkové velikosti zpevněných ploch. Tento objekt je vhodný u střech a komunikací. Hloubka nádrže se pohybuje od 0,3 m až po 2 m. Jedná se o zařízení semicentrálního charakteru, do kterého je svedeno více staveb a více typů povrchů. Jeví se zde možnost velkého znečištění, a je proto vhodné individuálně zvážit nutnost předčištění (přívod přes příkopy, kalová jímka), z důvodu zamezení

zmenšování propustnosti vsakovací vrstvy a lokálního opevnění svahů v místě zaústění přívodu (Vítek et al. 2015).

Podzemní vsakování s retenzí – vsakovací rýha

Jedná se o hloubené zařízení s retenzí, které je vyplněné propustným štěrkovým materiálem. V objektu dochází k vsakování do propustnějších půdních a horninových vrstev. Vsakovací rýha má uplatnění u liniových staveb typu parkovišť, a všude tam, kde je omezenost prostoru a nemožnost aplikace povrchového vsakování. Je zde doporučený rovnoměrný přítok přes vegetační pás, kde dochází k předčištění (kalová jímka, revizní šachta a proplachovací šachta na opačném konci drenáže), aby nedocházelo k zanášení a následnému snižování infiltračních schopností rýhy (Vítek et al. 2015). Rýha se může využívat kdekoliv, ale v místě zasakovacího objektu se nesmí vysazovat stromy a velké keře (Kabelková et Doležalová 2009).

Podzemní vsakování - prostory vyplněné štěrkem nebo bloky

Po technické stránce je prakticky stejné jako podzemní vsakování s retenzí. Podzemní prostory slouží k plošné infiltraci dešťové vody do propustnějších vrstev a jsou vyplněné propustnými štěrkovými materiály nebo prefabrikovanými bloky. Voda do podzemních prostor natéká přes vstupní šachtu nebo vstupním otvorem. Doporučuje se před objekt vsakování předřadit prvek pro čištění srážkových vod, např. kalovou jímku s nepropustným dnem nebo filtrační šachtu (Vítek et al. 2015).

Podzemní vsakování – vsakovací šachta

Slouží k bodovému vsakování, a to jen za vhodných podmínek. Je možná pouze u vymezených odvodňovacích ploch, kvůli nedostatku místa. Šachty by neměly prostupovat vrstvami s malou propustností, které účinně chrání podzemní vody. Z tohoto důvodu musí být konstrukce a maximální hladina v minimální vzdálenosti 1 m. Návrh šachty je stanoven na základě vhodnosti vsakování a provádí se geologický průzkum. Šachta je zpravidla tvořena ze skruží, jejichž hloubka je větší než jejich půdorys. Následně se šachta vybaví kalovou jímkou s nepropustným dnem a stěnami. Stejným principem se řídí i prefabrikované vsakovací zařízení (Bareš et al. 2019).

5.1.3. Zařízení s regulovaným odtokem

Tyto zařízení jsou využitelné pro všechny typy ploch, kde není možné využít vsakování.

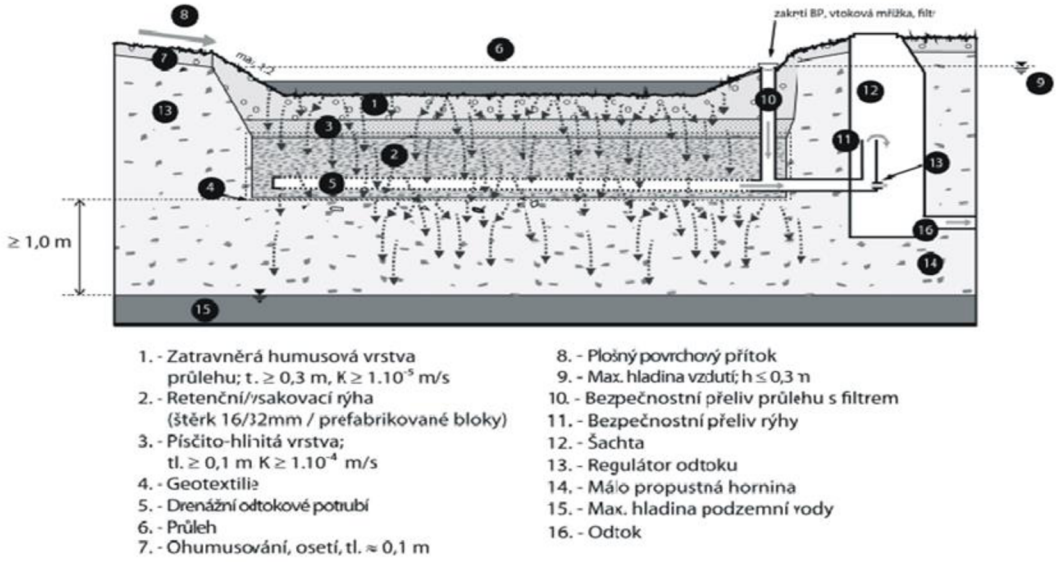
Proveditelnost - proveditelnost je totožná jako u zařízení bez regulovaného odtoku, ale oproti nim je možné použití i v podmínkách s horší propustností půdních vrstev. Limit je ve vzdálenosti povrchové vody od kanalizace, do které bude zaústěn regulovaný odtok z bezpečnostního přelivu.

Přípustnost - toto řešení je nevhodné v případě ohrožení podzemních vod nebo při kontaminaci půdy. Nevhodné je především pro plochy, ze kterých by mohla odtékat

značně znečištěná srážková voda, a kde se objevují nebezpečné látky. Problémem je i přítomnost nesanované ekologické zátěže (Vítek et al. 2015).

Vsakovací průleh – rýha s regulovaným odtokem

Rýha je doplněna drenážním odvodňujícím potrubím, které je zakončeno regulátorem odtoku. Bezpečnostní přeliv musí být vytvořen zvlášť pro průleh a zvlášť pro rýhu (obr. 4).



Obrázek 4: Vsakovací průleh - rýha s regulovaným odtokem (Vítek, Asio)

Vsakovací rýha s podpovrchovým přítokem a regulovaným odtokem

Také v tomto případě je rýha odvodněna drenážním potrubím zakončeným regulátorem odtoku (Vítek et al. 2015).

Vsakovací nádrž s regulovaným odtokem

Regulátor je umístěn ve sloučeném objektu s bezpečnostním přelivem. Šachtu je třeba pomocí regulátoru chránit před zanesením (Vítek et al. 2015).

Konečným článkem v řetězci hospodaření s dešťovou vodou je společné ustanovení pro několik pozemků, které spočívá v zaústění regulovaných odtoků a vod z bezpečnostních přelivů do umělých mokřadů či suchých zatravněných retenčních nádrží (Bareš et al. 2019).

5.2. Odvod do povrchových vod s regulovaným odtokem

Jedná se o retence s regulovaným odtokem, využitelné u všech ploch, kde není možné vsakování. Bezpečnostní přeliv musí být navržen tak, aby bezpečně převedl průtok, který bude způsobený vyšší než návrhovou srážkou. Retence přispívá k řešení problému odvodnění větších ploch (Bhan 2009).

Proveditelnost - vzdálenost povrchové vody od kanalizace, zaústění regulovaného odtoku a vody z bezpečnostního přelivu je limitovaná.
Přípustnost - v rámci regulovaného odtoku je řešení nevhodné tam, kde by mohlo dojít k ohrožení jakosti u příjemce. Hlavně v místě zaústění do povrchových vod (Vítek et al. 2015).

Suché retenční nádrže (poldry)
Poldry jsou povrchové nádrže s ochranným prostorem na zachycení povodňových průtoků. Snižují nejvyšší hodnoty povodňového průtoku s následným řízeným vyprazdňováním, po průchodu povodňové vlny. Navrhují se hlavně s trávním krytem. Jsou vhodné k zemědělským a lesnickým účelům. Regulátor odtoku se osazuje do samostatné šachty. Kvůli zanášení retenční nádrže se na přítoku vody zbuduje oddělený prostor, určený k usazování naplavenin (Vítek et al. 2015, Hlavínek et al. 2007).

Mokré retenční nádrže
Slouží k transformaci povodňové vlny ve vymezeném ochranném prostoru. Po jejím průchodu je ochranný prostor řízeně vyprazdňován až po vymezenou hladinu zásobního prostoru. Využití zásobního prostoru je různé (Hlavínek et al. 2007).

Podzemní retenční nádrže
Tyto nádrže s retenčním prostorem se navrhují při nedostatku místa a bývají umístěné vně budovy. Většinou jsou tvořeny potrubím velkého průměru nebo vodotěsnou jímkou z plastu či betonu. Místo odtoku se umisťuje pod úroveň terénu a je osazené regulátorem. Nádrž musí splňovat podmínku správného osazení uzavíratelného poklopu pro přístup, odvětrávání a revizní funkci (Vítek et al. 2015).

Retenční nádrž se zásobním prostorem
Jedná se o kombinaci akumulační a retenční nádrže. Při větším množství srážek retenční nádrž vodu zadrží a postupně ji vypouští až po hladinu zásobního prostoru, kde zůstává zadržená voda připravená k dalšímu využití. Regulátor odtoku se nachází v jímce na úrovni hladiny stálého nadržení. Pro omezení vnosu nerozpuštěných látek a sedimentů je vhodné zbudovat v místě vtoku oddělený usazovací prostor (Vítek et al. 2015).

Dešťové nádrže slouží ke snížení odnosu znečištěných dešťových vod nebo zředěných odpadních vod. Nádrže jsou v hlavním směru, tedy stále protékané, nebo ve vedlejším směru, kdy jsou v bezdeštném období prázdné a plní se přepadem z přilehlé odlehčovací komory (Kyncl 2007). Návrhem a provozem se zabývá norma ČSN 75 6261 Dešťové nádrže. Jmenovitě jsou to dešťové nádrže retenční, záchytné, průtočné, usazovací a kombinované (Pytl 2004).

Umělé mokřady
Mělké nádrže se stálým nadržením a s vodními rostlinami, plnícími funkci biologického čištění na místech, kde je srážkový odtok znečištěn živinami. Plní zároveň funkci

okrasnou. Regulátor odtoku je umístěn v jímce na úrovni hladiny stálého nadržení. Vhodné je na vtoku do mokřadu doplnit sedimentační prostor (Bareš et al. 2019).

Odvod do jednotné kanalizace

Jestliže není možné vsakování ani odvod dešťové vody do vod povrchových, je konečnou variantou odvod dešťové vody jednotnou kanalizací. Jedná se o nejméně vhodný způsob odvodu vody, neboť se veškerá voda odvede pryč bez dalšího využití. Neprospívá to ani lokálnímu mikroklimatu, ani zásobám podzemní vody. Tento způsob odvodu zatěžuje kanalizace. V těch se nacházejí splašky, díky kterým dojde ke znehodnocení dešťové vody. Díky nadměrnému zatěžování kanalizace maximálním průtokem se většinou navrhuje retenční nádrž, obsahující regulátor odtoku dle místních podmínek. Přeliv je součástí nádrže, jež bezpečně odvede srážkovou vodu v případě přívalových dešťů (Kabelková et al. 2013).

5.3. Čištění dešťových vod

Každoročně se v přírodě následkem znečištění vyskytují milióny tun průmyslového odpadu, odpadu z domácností, hnojiv a pesticidů. Organické látky se poměrně rychle rozloží, ale anorganické produkty jsou stále různorodější a prosakují do půdy, kde tvoří toxické usazeniny. Kontaminace půdy stále narůstá, vlivem čeho se ničí životní prostředí (Ahern 2003).

K využití dešťové vody pro zalévání nebo umývání auta, není nutné využívat filtraci. Stačí nádrže pouze zabezpečit před splavováním listí a jiných větších nečistot, které by nádrže zanášely. Znečisťující látky se odstraňují především fyzikálním procesem a to buď odplavením usazenin, nebo sedimentací nerozpustných látek. Při čištění dešťové vody se uplatňují dva procesy, tj. filtrace a sedimentace. Sedimentace probíhá přímo v akumulační nádrži anebo v předřazené usazovací nádrži (Radvanská et al. 2008).

Pro odstranění hrubých nečistot, které se při proudění deště spláchnou z ploch, je nutné nainstalovat určité jednoduché filtry - interní nebo externí. Interní filtry jsou usazeny uvnitř nádrže, kde mají jeden přítok a napojení na přepadový sifon kvůli odtoku přebytku vody. U externích filtrů jsou samostatné filtrační šachty, které se napojují mezi okapový svod a jímku. Většinou umožňují spojení dvou větví okapových svodů a po přefiltrování odteče čistá voda do jímky. V případě samočistících filtrů odtéká přebytečná voda a nečistoty do kanalizace. Kvůli nečistotám je možné použít i jemný filtr do tlakového potrubí, které je za čerpadlem (Hlavínek et al. 2007).

Možností je také vytvoření šachtového filtru před nádrží. Následně se do šachty zaústí potrubí ze všech využívaných dešťových svodů a umístí se do šachty sítový košíček, který se musí občas vyčistit. Další možností jsou i samočistící šachty, kde voda

odstraňuje nečistoty na základě vodního skoku. Typ tohoto filtru je možné provést i na přívodním potrubí do nádrže (Hlavínek et al. 2007).

5.4. Akumulace srážkové vody

Zásobní nádrže mohou být nadzemní nebo podzemní. Ideálnějším řešením je umístění nádrže na chladné místo, poněvadž nedochází k přímému vystavení slunci a vysokému kolísání teplot. Z tohoto důvodu je vhodné uložení cisteren pod povrch terénu, aby se docílilo co nejmenšího množství světla, a co nejnižších teplot. Toto opatření v nádržích snižuje proces kažení vody. V případě nadzemních nádrží k nim má přístup světlo, které podporuje množení různých mikroorganizmů. Povrchové nádrže se většinou používají ke krátkodobému skladování dešťové vody určené na zalévání, neboť v letních měsících se voda kazí rychleji. Pro využívání dešťové vody k ostatním činnostem jsou kladeny vyšší nároky na jakost vody a technologické vybavení systému.

Velikost nádrže závisí na velikosti odvodňované plochy, resp. na srážkových úhrnech. Nádrž je vždy vybavena přítokem a bezpečnostním přepadem se sifonem (Hlavínek et al. 2007). V minulosti se dělaly hlavně zděné nádrže, a to buď z cihel, nebo betonových skruží. Někdy se nádrže dělaly i z cestních prefabrikátů. V dnešní době se nejčastěji vyskytují nádrže z plastu, oceli, betonu či sklolaminátu. Při výběru nádrže by měly rozhodovat hlavně místní podmínky. Systém akumulace nelze použít jako samostatný prvek, ale je nutné jej vhodně doplnit například vsakovacím zařízením, aby nedošlo k přeplnění akumulační nádrže. (Böse 1999, Hlavínek et al. 2007).

5.4.1. **Plastové nádrže**

Nejvíce se vyrábějí polyethylenové nebo polypropylenové zásobní nádrže, které jsou vhodné pro osazení do země. Plastové nádrže mohou být bezešvé, svařované, válcové nebo pravoúhlé. Dále mohou být samostatné nebo určené k obetonování a mezi jejich velkou výhodu patří malá hmotnost, snadná manipulace, odolnost proti korozi, jednoduchá montáž a snadná údržba. Plastové nádrže neovlivňují kvalitu uskladněné vody. Jímky se osazují na kačírek nebo betonovou desku a snadno se dají přidat další přípojky odvodu či přívodu. Do nádrže se je možné dostat revizní šachtou, která je umístěna na vrchu zásobníku. Slouží pro kontrolu nádrže (Böse 1999, Hlavínek et al. 2007).

5.4.2. **Betonové nádrže**

Hlavní nevýhodou betonových nádrží je horší manipulace při osazování. Stavba díky velké hmotnosti betonových dílců musí být přesně naplánovaná, aby zásobník mohl být dobře osazen. Nádrž musí mít vždy základovou desku, nejčastěji tvořenou z betonu, který

musí být silný alespoň 15 cm. Tu a tam se místo betonu používá i zhutněné pískové lože. Při osazování je nutný přístup těžké techniky. Výhodou je naopak jejich odolnost proti vnějšímu tlaku a přirozená neutralizace kyselé dešťové vody. Prefabrikované nádrže jsou z vodostavebního betonu. Oproti jiným nádržím jsou levnější a více trvanlivější. Šachty se budují jako studny z jednotlivých betonových skruží, mající různou velikost. Pro horní skruž se použije kónická přechodová skruž, která současně zmenší horní průměr nádrže natolik, že jí může uzavřít poměrně malý poklop. V období dešťů odtéká přebytečná voda dešťovým kanálkem, proto je vhodnější jí odvést do vsakovací šachty, kde se postupně vsákne do půdy (Böse et Herle 1991, Böse 1999).

5.4.3. **Čerpadla**

Pro zajištění bezpečné dopravy dešťové vody z nádrže, je potřeba čerpadlo, které se stará, aby byla voda trvale k dispozici na všech výtocích a s dostatečným tlakem. K rozvodu srážkové vody slouží buď ponorná, nebo sací čerpadla. Ponorné čerpadlo je opatřeno plovákovým spínačem, který vypnutím chrání čerpadlo při nedostatku vody. Čerpadlo se zavěšuje 10 - 15 cm nad dno nádrže, aby nedocházelo k odběru sedimentovaného kalu. Naopak sací čerpadla jsou umístěna mimo prostor nádrže. Z čerpadla do nádrže je napojeno sací vedení, obsahující zpětnou klapku a sací koš, který je opatřen plovákem. To zaručuje odběr relativně čisté vody (Böse 1999).

Ovládání čerpadel je možné buď ručně, nebo pomocí tlakové jednotky, která podle odběru čerpadlo buď zapíná, nebo vypíná. Rozvody od čerpadla jsou závislé na použití dešťové vody. Nedílnou složkou je řídící doplňující jednotka, mající za úkol zajistit doplnění pitné vody do systému v případě sucha (Dvořáková 2007).

6. Metodika

S ohledem na zaměření práce, byl proveden výběr zájmové lokality, kterou je areál haly H7 v Liberci, spadající pod společnost Knorr-Bremse. Bude provedena charakteristika objektu z dispozičního a stavebního hlediska.

Fotografie použité v této práci byly pořízeny autorem v listopadu 2021.
V průběhu tvorby bakalářské práce jsem spolupracoval s provozovatelem Knorr-Bremse Liberec a správcovskou organizací AWIGO s.r.o., Praha, kteří mi poskytli písemné a ústní podklady, potřebné k vytvoření praktické části.

6.1. Aktuální srážkové poměry

Velmi podstatnou částí postupu bude charakterizovat aktuální srážkové poměry v rámci celého areálu haly H7. Obsahem popisu je současné nakládání s dešťovou vodou, zahrnující části, jako jsou dešťová kanalizace v rámci celého areálu, způsob svodu vody ze střechy a jednotlivých zpevněných ploch, odlučovač ropných látek a následný svod veškerých dešťových vod do aktuální retenční nádrže a recipientu.

6.2. Objem dešťových vod při vtoku do nádrže

K výpočtu objemů dešťových vod (u daného objektu k výpočtu vtoků do nádrže) v jednotlivých měsících je třeba znát zastavěnou plochu daného objektu a celkovou plochu zpevněných ploch, ze kterých je voda sbírána. Dále vstupují do výpočtu jednotlivé hodnoty dlouhodobého srážkového normálu 1991 - 2020, platného v rámci zkoumaného regionu (lokality), nacházející se na webu ČHMÚ. Vlastní vzorec pro výpočet objemů dešťových vod je:

$$(N \times A) / 1000 = V_1 \ [m^3]$$

S - úhrn srážek v měsíci [mm]
N - dlouhodobý srážkový normál [mm]
A - celková řešená plocha, na kterou dopadají srážky [m^2]
V_1 - objem vtoku do nádrže [m^3]

Stejným způsobem a vzorcem případně proběhne i výpočet objemů z úhrnů srážek (S), který ve vzorci nahradí dlouhodobý srážkový normál (N).

6.3. Celkový plánovaný objem vody spotřebovaný v každém měsíci

Na určení celkového množství vody pro potřeby daného objektu je třeba nejdříve z interních zdrojů zjistit průměrné počty zaměstnanců pracujících v průběhu jednoho celého dne, respektive řečeno počítat se všemi směnami v jednom dnu. Dále opět na základě interních informací, popřípadě na základě vlastního průzkumu je nutné určit poměry nebo přímo výsledné počty mužů a žen z celkového počtu zaměstnanců. V případě poměrů uvedených v % je výpočet následovný:

Σz / 100 x Pm = Mz

Σz - celkový počet zaměstnanců
Pm - daný poměr dle které ho se z (Σz) určí počet mužů a žen, např. 90 % na 10 % [%]
Mz - počet mužů nebo počet žen

Dalším krokem je určení počtu pracovních dnů po jednotlivých měsících za předpokladu, že se v daném provozu nepracuje během víkendů. Vzhledem k charakteru provozu haly nebyly odpočteny svátky, neboť i v tyto dny může probíhat práce. Výsledný počet pracovních dnů včetně svátků bude určen odpočtem z kalendáře.

6.3.1. Počty použití zařizovacích předmětů

Následně se podle normy ČSN 75 6780 určí počty použití zařizovacích předmětů v průběhu jednoho dne:

- Záchodová mísa pro muže, pokud jsou instalovány také pisoáry: 1 spláchnutí/den
- Záchodová mísa pro ženy: 4 spláchnutí/den - tento počet je třeba rozdělit na hodnoty 3 a 1, kdy hodnota 3 náleží malému spláchnutí a hodnota 1 velkému. Je to tímto způsobem rozděleno z důvodu předpokládané jedné velké potřeby a třech malých u jedné ženy v průběhu dne.
- Pisoárová mísa: 3 spláchnutí/den

Dále se dle této normy stanoví i jednotlivé objemy vody pro jedno spláchnutí (V_T) záchodové nebo pisoárové mísy:

- Záchodová mísa: $\mathbf{V_T v}$ - velké spláchnutí: 4,5 l; $\mathbf{V_T m}$ - malé spláchnutí: 3 l
- Pisoárová mísa: $\mathbf{V_T p}$ - 2 l

Celkové počty spláchnutí u jednotlivých zařizovacích předmětů se vypočítají následovně:

(Mz x n) x m = s

Mz - počet mužů nebo počet žen
n - počet použití daného zařizovacího předmětu během jednoho dne
m - počet pracovních dnů v měsíci

s - celkový počet spláchnutí daného zařizovacího předmětu během měsíce

Z vypočtených předešlých hodnot se určí objemy vody pro splachování u daných zařizovacích předmětů v jednotlivých měsících podle vzorce:

$(s \times V_T) / 1000 = Vs\ [m^3]$

s - celkový počet spláchnutí daného zařizovacího předmětu během měsíce
V_T - objem vody na jedno spláchnutí daného zařizovacího předmětu (V_Tv, V_Tm, V_Tp) [l]
Vs - objemy vody pro splachování u konkrétního zařizovacího předmětu po jednotlivých měsících [m^3]

Součtem objemů (Vs) jednotlivých zařizovacích předmětů ve stejném měsíci dostaneme celkový objem vody, který je v daném měsíci potřeba na splachování (ΣVs).

6.3.2. Spotřeba čistícího stroje

Pro výpočet měsíční spotřeby čistícího stroje (ΣVu) je třeba znát počet pracovních dnů v měsíci, jeho spotřebu vody na 1 m^2 a plochu, která bude tímto strojem uklízena. Z plochy je třeba vyřadit ty části, které jsou zabrány stroji, regály atd. Nejdříve se spočte spotřeba vody na jeden den (Vd):

$(H \times A \times f) / 1000 = Vd\ [m^3/den]$

H - spořeba vody čistícího stroje na 1 m^2 [l/m^2]
A - udržovaná plocha [m^2]
f - počet opakování úklidu za den
Vd - spotřeba vody čistícího stroje na jeden den [m^3/den]

Konečná měsíční spotřeba čistícího stroje se spočte jako:

$Vd \times m = \Sigma Vd\ [m^3]$

Vd - spotřeba vody čistícího stroje na jeden den [m^3/den]
m - počet pracovních dnů v měsíci
ΣVd - konečná měsíční spotřeba čistícího stroje [m^3]

6.3.3. Součet počítaných spotřeb na daném objektu

Celkový objem vody spotřebovaný na daném objektu v jednom měsíci je pak vypočten:

$\Sigma Vd + \Sigma Vs = V_2\ [m^3]$

ΣVd - konečná měsíční spotřeba čistícího stroje [m^3]
ΣVs - konečná měsíční spotřeba na splachování [m^3]
V_2 - celkový plánovaný objem vody spotřebovaný na objektu v jednotlivých měsících [m^3]

6.4. Akumulační nádrž

V další části proběhne návrh velikosti nové akumulační nádrže, který bude stanoven na základě vypočteného celkového plánovaného objemu vody spotřebované na daném objektu v každém měsíci (V_2), kde nejdůležitější pro návrh bude maximální hodnota těchto objemů. Důležitá z hlediska návrhu bude také maximální povolená doba zdržení vody v nádrži. Vlivem těchto aspektů se určí její výsledný objem. Tomu odpovídající rozměry pak budou určeny ještě na základě dispozičního hlediska v areálu.

Dále proběhne určení materiálů vlastní konstrukce akumulační nádrže a celkových rozvodů. Určí se technologické řešení akumulační nádrže a celé její funkce, včetně způsobu filtrace pevných látek a dezinfekce dešťové vody.

6.5. Nadbytečný objem dešťové vody

Za předpokladu, že u výpočtu budeme jako hodnotu maximálního odběru v každém měsíci uvažovat objem nové akumulační nádrže, bude výpočet vypadat následovně:

$$\mathbf{V_1 - V_2 = V_{zbytek}\ [m^3]}$$

$\mathbf{V_1}$ - objem vtoku do nádrže [m^3]
$\mathbf{V_2}$ - celkový plánovaný objem vody spotřebovaný na objektu v jednotlivých měsících [m^3]
$\mathbf{V_{zbytek}}$ - nadbytečný objem dešťové vody [m^3]

Hodnoty, které tímto výpočtem vyjdou, budou takto počítány z důvodu lepší výsledné výpovědní úrovně, kterou poskytnou. Jednotlivé odběry vody sice velikosti objemu akumulační nádrže nedosahují, ale je třeba počítat s celým objemem, který bude z dešťových vod odebrán v rámci celé nádrže.

7. Metody hospodaření s dešťovými vodami pro halu Knorr-Bremse Liberec

Nově budované, ale i stávající průmyslové areály se potýkají s problémem nakládání s dešťovou vodou. Pro detailnější ukázku byla vybrána demonstrační studijní lokalita průmyslového areálu v Liberci, konkrétně hala H7 Knorr-Bremse.

7.1. Koncernová společnost Knorr-Bremse

Společnost KNORR-BREMSE byla založena v roce 1905 inženýrem Georgem Knorrem. Koncernová společnost s hlavním sídlem v Mnichově, je celosvětově vedoucím výrobcem brzdicích systémů pro železniční a užitková vozidla. Výrobce Knorr-Bremse významně působí v oblasti vývoje, výroby, prodeje a servisních služeb moderních brzdicích systémů už více než 110 let. V roce 2006 dosáhl koncern Knorr-Bremse celosvětového obratu 3,1 miliardy EUR, při celkovém počtu 13 000 zaměstnanců ve 47 společnostech. V roce 2020 již koncern dosáhl obratu ve výši 6,2 miliard EUR a zaměstnával na celém světě cca 29 700 pracovníků.

7.1.1. Historie Knorr-Bremse v České republice

Začátek strojírenské výroby v Hejnicích roku 1957 byl započat výrobou hydraulických a mechanických zvedáků a rokem 1968 se výroba mění na vzduchotlakové brzdné systémy pro nákladní a užitková vozidla. V roce 1970 - 1990 se podnik stal monopolním výrobcem některých přístrojů vzduchotlakových brzdových systémů na československém trhu, kde hlavními zákazníky byli AVIA, KAROSA, LIAZ a TATRA. Vlivem politických změn se v letech 1990 - 1991 uvažovalo o úplné likvidaci hejnického závodu, neboť poptávka klesla o 20 %.

V roce 1991 vzniká kooperace pro závod Knorr-Bremse Aldersbach v SRN. O dva roky později se zakládá společný podnik Knorr-Autobrzdy Jablonec s majoritním podílem (67 %) Knorr-Bremse Mnichov. V roce 1998 Knorr-Bremse Mnichov odkoupila zbývající podíl společnosti, a tím vznikl Knorr-Bremse Systémy pro užitková vozidla, ČR, s. r. o. se sídlem v Hejnicích a stala se 100 % vlastníkem. Dále přišla výroba hlavních brzdičů (MB), posilovačů spojky (VG), membránových válců (BS) a vysoušecích patron (FP). Doplňujícím výrobním programem jsou přístroje ATESO a součástková kooperace pro další evropské závody Knorr-Bremse.

Knorr-Bremse ČR začátkem roku 2009 rozjel ambiciózní projekt relokace závodu do nové lokality a úspěšně se přestěhoval do nového závodu v průmyslové zóně Liberec sever, kde v červnu 2010 byl slavnostně otevřen nový závod Knorr-Bremse ČR v Liberci. Tímto

krokem dala Knorr-Bremse GMBH najevo, že i v období krize chce pokračovat s tradicí Knorr-Bremse v České republice (Knorr-Bremse Česká republika 2021).

7.2. Charakteristika objektu Knorr-Bremse Liberec

Pozemek haly H7 se nachází v průmyslové zóně Liberec Sever a byl v době výstavby územním plánem určen k zastavění. Staveniště bylo vhodné pro navrhovanou halu především tím, že veškeré inženýrské sítě byly v blízkosti lokality. Hala je z větší části řešena jako výrobní, kde zbylou složku tvoří skladová část. Příjem materiálu a expedici zboží zajišťuje celkem devět vrat, vybavených nakládacími můstky a těsnícími límci. Dvoje vrata jsou umístěna také v úrovni terénu. Hala nezasahuje do chráněných území, nedotýká se památných stromů a ani nezasahuje do pozemků určených k plnění funkcí lesa. Stavba je navržena v obdobném duchu jako ostatní haly ve VGP Parku Liberec. Orientací os respektuje stávající urbanistické osy v lokalitě. Objekt je navržen v jednoduchém kubickém tvaru s jednou ustupující lodí, aby byl maximálně využit tvar pozemku. Barevné řešení je navrženo v dominantním odstínu stříbrošedé (Grey Aluminium). V části haly, kde je vestavěná administrativní budova, jsou navrženy horizontální pásy ve dvou světlejších odstínech šedé (White aluminium) – (příloha 1). Do vestavby jsou navrženy dva samostatné vstupy, jeden pro zaměstnance a druhý pro řidiče. Uvnitř přízemí jsou v jedné části umístěny kanceláře, recepce, jednací místnost, server a odpovídající sociální zázemí pro pracovníky v administrativě. Ve druhé části se nacházejí šatny se sociálním zázemím a denní místnost pro pracovníky ve výrobním a skladovém provozu, což vše odpovídá bezbariérovému řešení. Také je ve vestavbě vyčleněna samostatná část jen pro řidiče. Podstatná část 2.np je prozatím bez využití, jako rezerva pro budoucí expanzi. Je zde umístěna denní místnost pro administrativu a technická místnost pro potřeby VZT (vzduchotechniky a klimatizace) a ÚT (ústředního topení).

Hala nepravidelného půdorysu je navržena jako betonový prefabrikovaný skelet s maximálními modulovými rozměry 120 x 78 m. Hala je trojlodní o šířce modulu 26 m a krajní loď ustupuje o 12 m. Obvodové sloupy v podélném směru jsou v rozteči 6 m, vnitřní sloupy pak v rozteči 12 m. Nejnižší hrana prefabrikované konstrukce je na úrovni +10,07 m. V hale je umístěna dvoupodlažní vestavba o modulových rozměrech 32,85 x 12 m a horní hrana vestavby je na úrovni +7,72 m. Obvodový plášť administrativní budovy je navržen ze stěnových sendvičových panelů Kingspan KS 1000 TL-M/B IPN o tl. 100 mm. Panely jsou osazeny horizontálně a kotveny přímo na betonové sloupy, respektive na pomocné ocelové konstrukce v prostoru všech otvorů v opláštění. Celková zastavěná plocha haly je 9 207 m^2.

Střecha je plochá se sklonem 2,5 %. Střešní konstrukce je navržena jako bezvaznicový systém z trapézových plechů. Trapézové plechy jsou uloženy jako spojité nosníky

o rozpětí 2 x 6 m. Kotveny jsou přistřelením k betonovým vazníkům. Plechy mají povrchovou úpravou pozink. Byla na nich provedena parozábrana z folie ALUJET AF Super tl. 0,25 mm, tepelná izolace Kingspan Thermaroof tl. 100 mm a hydroizolace Sikaplan 12G 1,2 mm. Hydroizolace je kotvena pomocí přítlačné talířové podložky a nerezových šroubů k trapézovým plechům na atiku. Výškově se atika nachází na úrovni +12,5 m. Na střeše se nachází střešní vpusti a v hřebenech jsou do střešního pláště osazeny pásové světlíky. V každém pásu jsou umístěna vždy tři otvíravá křídla o rozměru 1 x 2 m pro účely denního větrání (příloha 2).

Venkovní úpravy zahrnují sjezd a zpevněné plochy, které jsou určeny pro nakládku, vykládku a manipulaci nákladních vozidel. Šířka manipulačního prostoru je 32,5 m. U haly se nachází i plocha pro kontejnery navazující na manipulační prostor. Parkoviště se nachází u administrativní vestavby s celkovým počtem 35 parkovacích míst. Dále jsou zde chodníky šířky 1,5 m a okolo nich jsou umístěny záhonové obrubníky. Všem zpevněným plochám nacházejícím se u haly H7 připadá prostor 4 351 m^2 (příloha 1). Nakonec je zde protihluková stěna, která se nachází v prostoru mezi opěrnou zdí a zpevněnou plochou. Venkovní úpravy respektují ochranné pásmo a celý areál je oplocen.

Splaškové odpadní vody z administrativní vestavby a vrátnice jsou vypouštěny splaškovou kanalizací do centrální čerpací šachty, odkud je splašková voda čerpána do tlakové kanalizace zaústěné do ČOV Liberec. Následně jsou vody vedeny do Lužické Nisy (B - Souhrnná technická zpráva 2013).

7.3. Aplikace v oblasti dešťových vod na hale

V areálu haly H7 je navržena nová dešťová kanalizace, pro odvodnění dešťových vod z její střechy a přilehlých zpevněných ploch (obr. 5). Ty zahrnují plochu pro kontejnery, manipulační a odstavnou plochu, chodníky a parkoviště pro osobní automobily. Dešťové vody ze střechy haly H7 jsou odváděny pomocí podtlakového dešťového systému QuickStream vnitřní částí haly, který vede pod podlahou. Dešťové vody jsou svedeny jednotlivými dešťovými svody před halu a napojeny do navržené dešťové kanalizace (stoka B, C). Tyto stoky jsou napojeny do „hlavní“ stoky A, která je zaústěna do stávající retenční nádrže v severozápadní části areálu.

Dešťové vody ze zpevněných ploch jsou svedeny jednotlivými odvodňovacími prvky. Veškeré odvodňovací části jsou napojeny do „hlavní“ stoky A dešťové kanalizace, která je vedena přes odlučovač ropných látek (ACO SN65) a následně je svedena do stávající retenční nádrže o objemu 130 m^3. Odtok z retenční nádrže je navržen jako tlakový, kde čerpací zařízení pro výtlak je osazeno přímo v retenční nádrži. Retenční nádrž obsahuje dva kusy ponorných kalových čerpadel Faggiolatti o výkonu 8 kW. Celé čerpání je řízeno PLC (miniaturní průmyslový počítač, který obsahuje potřebný software a hardware)

řídicím systémem BMTO ČŠ EL, které je ovládáno pomocí nerezových sond. Čerpadla a jejich funkce jsou ovládána ve střídavém režimu, a v případě poruchy jednoho z čerpadel dojde k jeho zastoupení druhým z páru. Přesná specifikace čerpacího zařízení byla provedena firmou BMTO přímo pro investora stavby.

Obrázek 5: Ortofoto střechy haly Knorr-Bremse (Goodle/Maps)

Tlaková část, stoka D (PE 100, SDR11; 160 x 14,6 mm; délky 184 m), je napojena do revizní šachty RŠ3, která je osazena na stávající dešťové kanalizaci vyhotovené v dřívější části výstavby technické infrastruktury průmyslové zóny, kde se nachází hala H7.

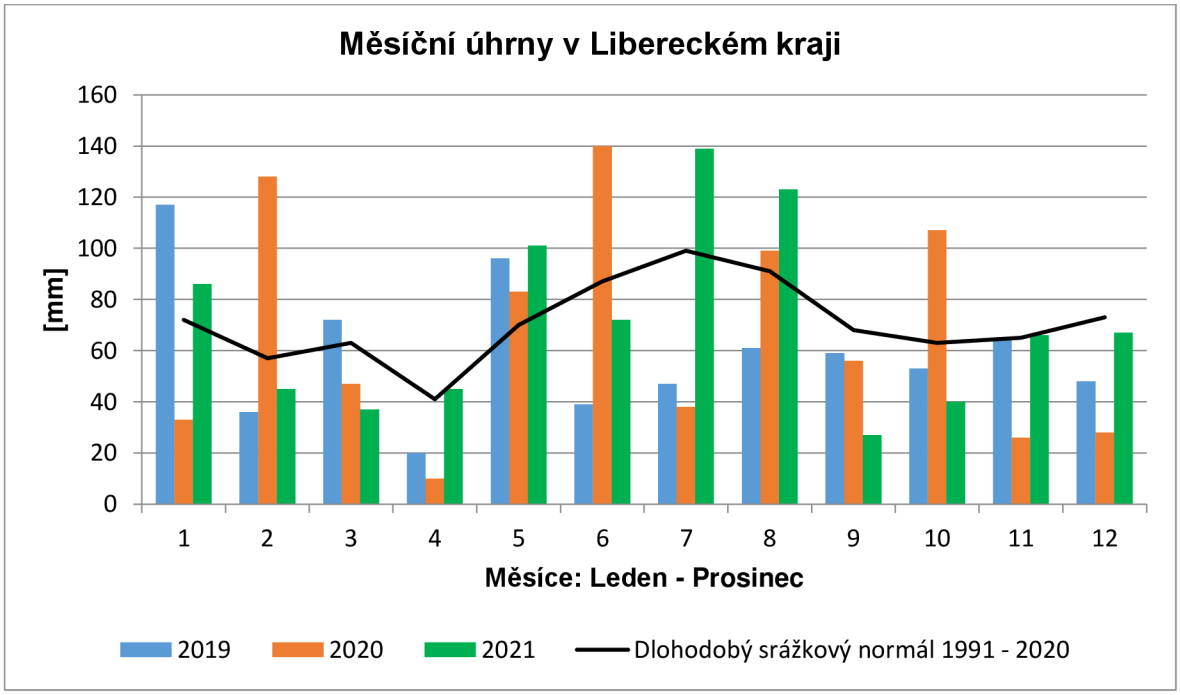
Trasy dešťové kanalizace jsou znázorněny na doloženém situačním řešení (příloha 3). Veškerá dešťová kanalizace směřující do retenční nádrže je navržena gravitační formou, v dimenzích o rozsahu DN 150 - 600. Spády jsou navrženy dle aktuální konfigurace terénu (B - Souhrnná technická zpráva 2013).

8. Základní vstupní údaje

8.1. Klimatické podmínky v Libereckém kraji

Vstupními daty pro tuto část poslouží hydrometeorologické údaje pro přehled srážek v Libereckém kraji. Ty poskytuje Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ 2022). Pro stanovení množství srážek se používají hodnoty dlouhodobého srážkového normálu, které jsou uváděny v měsíčních časových intervalech. Z těch se určí roční úhrn srážek. Dlouhodobý srážkový normál obsahuje hodnoty, které jsou průměrem srážek ve sledované oblasti za 30ti letí. Dle ČHMÚ bylo použito rozhodné období 1991 - 2020. Z těchto údajů (příloha 4) se následně určí, zda období bylo srážkově podprůměrné, v normálu, či nadprůměrné (Územní srážky 2022).

Z následujícího (obr. 6, tab. 1) je patrné časové a kvantitativní rozdělení srážek Libereckého kraje v letech 2019 - 2021, v porovnání s dlouhodobým srážkovým normálem 1991 - 2020.



Obrázek 6: Měsíční úhrny Libereckého kraje

Srážkové úhrny v zájmových letech [mm]														
Měsíce: 1 - 12		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**Σ**
Liberecký kraj	2019	117	36	72	20	96	39	47	61	59	53	65	48	**713**
	2020	33	128	47	10	83	140	38	99	56	107	26	28	**795**
	2021	86	45	37	45	101	72	139	123	27	40	66	67	**848**
Dlouhodobý srážkový normál 1991 - 2020		72	57	63	41	70	87	99	91	68	63	65	73	**849**

Tabulka 1: Srážkové úhrny

Největší srážkový úhrn za sledované roky a měsíce byl v červnu roku 2020, ale až přímo takto vysoká maxima nejsou stěžejní hodnoty pro určení využitelnosti daných srážek, ale i tyto hodnoty jsou podstatné. Podstatnější jsou srážková minima v daných letech a měsících, která nastala v dubnu roku 2019. Stejným způsobem se projevil i rok 2020, kdy srážkové minimum bylo rovněž v dubnu. Jinak se srážkové minimum vyvíjelo v roce 2021, ve kterém se vyskytlo v září. Na minimálních hodnotách srážkových úhrnů je patrné, že minima se pohybovala v rozmezí 10 až 27 mm spadlé vody. Jednotlivá srážková minima jsou důležitá, ale pro praktické účely využitelnosti dešťové vody je nutno použít minimum dlouhodobého srážkového normálu.

Roční úhrn srážek se v uváděných letech postupně s každým rokem zvyšoval, ale z budoucího hlediska tento jev není jistotou. Co se týče srovnání rovnoměrnosti měsíčních srážek v jednotlivých letech, tak data ukazují, že v jednotlivých měsících jsou srážkové úhrny nevyrovnané. Tyto konkrétní data jsou nejvhodnější pro posouzení stávající retenční nádrže o objemu 130 m^3, co se týče její praktické využitelnosti v uváděných letech. Pro návrh nové akumulační nádrže se použije dlouhodobý srážkový normál, který lépe poskytuje představu z hlediska budoucího průběhu srážek.

8.2. Počet osob

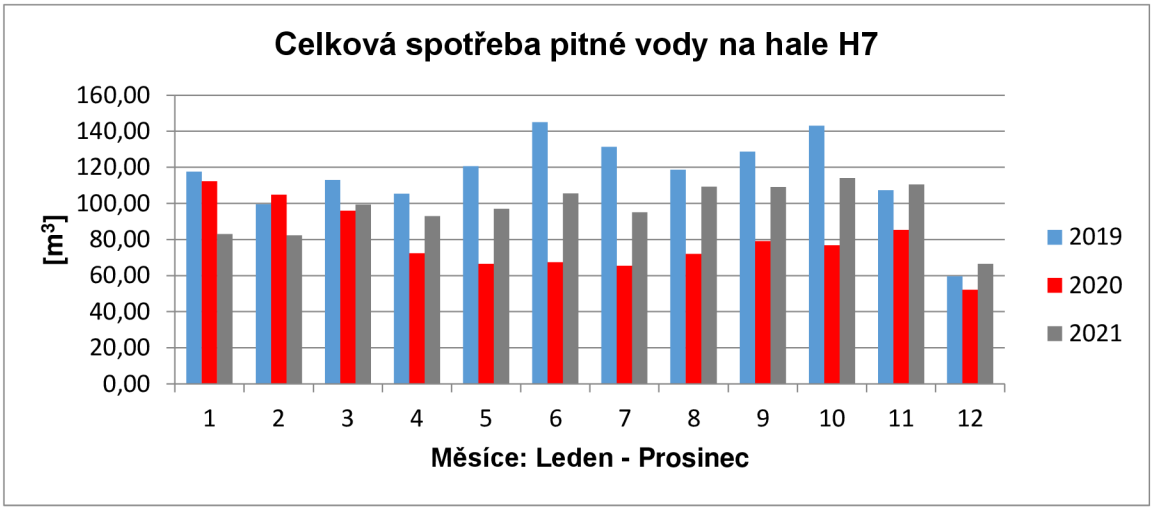
Počty zaměstnanců na hale H7 nebývají vždy konstantní, a proto jsou uvedeny jejich průměrné počty. Z genderového hlediska na hale pracuje výrazněji více mužů než žen, z důvodu daného charakteru práce, který je pro daný provoz typický. Poměrové rozdělení pro dané zaměstnance odpovídá, že 90 % z celkového počtu pracovníků jsou muži a zbylých 10 % připadá na ženy. Jinak tomu je v případě THP zaměstnanců, kteří pracují v kancelářských prostorech, kde je daný poměr rozdělení mužů a žen rovnoměrný. Určení uvedených poměrů bylo stanoveno na základě interních informací a odhadu z toho vzniklého (tab. 2).

Průměrný počet lidí na jeden den				
Směna	Celkem	Poměr rozdělení	Muži	Ženy
Noční	14	Muži 90%, Ženy 10%	13	1
Odpolední	33	Muži 90%, Ženy 10%	30	3
Ranní	46	Muži 90%, Ženy 10%	41	5
THP	37	Muži 50%, Ženy 50%	18	19
Σ	**130**	-	**102**	**28**

Tabulka 2: Průměrný počet zaměstnanců

8.3. Využití pitné vody na hale Knorr-Bremse

Na grafu (obr. 7) je přehled celkových spotřeb pitné vody na hale H7. Vznikají vlivem hygienických potřeb zaměstnanců, díky kterým jsou využívany zařizovací předměty, jako jsou již zmíněné pisoáry a záchodové mísy. Dále jsou to sprchy, u kterých byly nainstalovány úsporné hlavice a v konečné řadě sem patří umyvadla. Další odběry pitné vody tvoří úklidové práce, kterým i v tomto případě připadají stejné hodnoty jako v tabulce níže (tab. 4). Nedílnou součástí spotřeby vody jsou také výrobní procesy probíhající na hale. Vyšší spotřeba vody v roce 2019 byla způsobena vyšším množstvím zakázek. Nižší spotřeba vody v letech 2020 a 2021 byla důsledkem pandemie COVID-19.



Obrázek 7: Celková spotřeba pitné vody

9. Výsledky

9.1. Množství vody ze sběrných ploch dle srážkového normálu

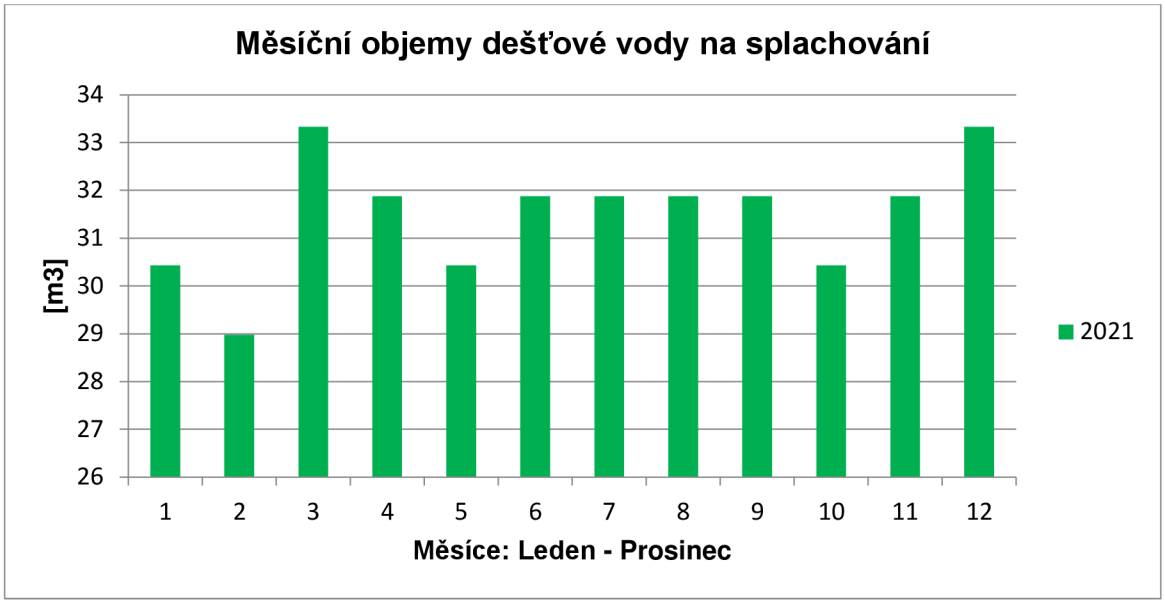
Předpokládaný vtokový objem dešťové vody do nádrže je určený z dlouhodobého srážkového normálu 1991 - 2020 (tab. 3). Jeho hodnoty jsou vzhledem ke srážkovému normálu a ploše dopadu srážek odpovídající.

Množství vody ze sběrných ploch	
Měsíce	Objem vody dlouhodobého srážkového normálu 1991 - 2020 [m^3]
1. Leden	976,18
2. Únor	772,81
3. Březen	854,15
4. Duben	555,88
5. Květen	949,06
6. Červen	1179,55
7. Červenec	1342,24
8. Srpen	1233,78
9. Září	921,94
10. Říjen	854,15
11. Listopad	881,27
12. Prosinec	989,73

Tabulka 3: Objem vody z dlouhodobého srážkového normálu

9.2. Spotřeba dešťově vody na splachování WC

Hala H7 je vybavena záchodovými mísami (klozety) a pisoáry, které se nachází v administrativní části haly. Zařizovací předměty disponují úspornou funkcí. Tím vzniká malý objem vody, který je potřebný na jedno spláchnutí. Pro malé spláchnutí jsou potřeba 3 l vody a pro spláchnutí velké je zapotřebí 4,5 l vody. Bidety (urinály) také disponují úspornou funkcí, a mají spotřebu 2 l na jedno spláchnutí (příloha 5). Průměrné množství (objem) vody potřebné během jednoho dne na splachování odpovídá 10,5 l/den pro muže a pro ženy je tato hodnota 13,5 l/den. Celková spotřeba v jednotlivých měsících je závislá na počtu pracovních dnů v daném měsíci. Průměrná hodnota této spotřeby je 31,52 m^3. V následujícím (obr. 8) je znázorněno rozložení spotřeb dešťové vody pro splachování WC, které je možné implementovat i do následujících let, za předpokladu, že nedojde k výraznější změně v počtu zaměstnanců.



Obrázek 8: Měsíční objemy dešťové vody pro potřeby WC

9.3. Spotřeba dešťové vody pro úklidové práce

Další využití dešťové vody na hale připadá pro úklidové práce (tab. 4), které jsou zajištěny v případě podlah čistícím strojem. Stroj pro vytření podlahy spotřebovává 0,2 l/m^2 vody. Celková plocha, která je tímto způsobem udržována odpovídá oblasti velké 8 682 m^2. V praxi bylo zjištěno, že v průměru za den se úklid provádí pouze na 30 % z celkové plochy, neboť velkou její část zabírají stroje pro výrobní procesy a regály s uloženým materiálem. Vlivem těchto aspektů je spotřeba tohoto čistícího stroje 0,52 m^3/den. Během jednoho měsíce činí střední hodnota této spotřeby 11,33 m^3.

Měsíční spotřeba dešťové vody pro úklidové práce [m^3]											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2021											
10,94	10,42	11,98	11,46	10,94	11,46	11,46	11,46	11,46	10,94	11,46	11,98

Tabulka 4: Měsíční spotřeba dešťové vody pro úklid

Jinou doplňující možností pro úklid v prostorech, kde není možno využít čistící stroj je vytírání podlah pomocí mopů. Výsledný odběr dešťové vody pro tento konkrétní způsob úklidu je v celkovém měřítku kapacit nádrže a dotací srážek zanedbatelný.

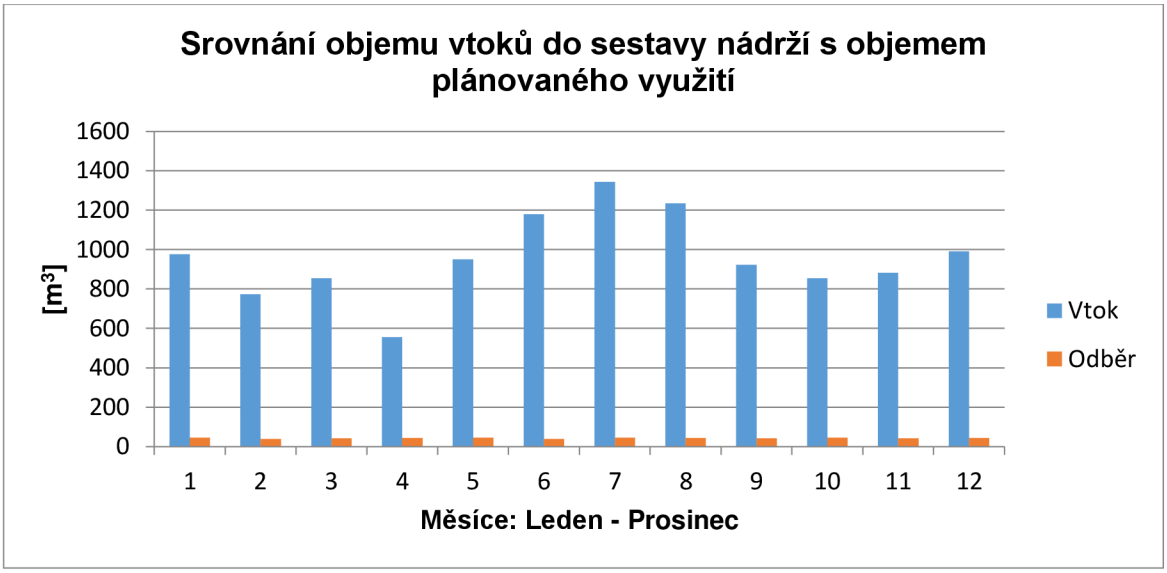
9.4. Bilance vtoků do nádrže, předpokládaných odběrů a nadbytečného objemu srážek

Průměrné hodnoty objemů pro splachování jsou 31,52 m^3 (obr. 8) a pro úklid 11,33 m^3 (tab. 4). Jejich součet tedy činí 42,9 m^3. Vzhledem k charakteru plánovaných odběrů bude z vtokového objemu využita poměrně malá část. Nadbytečný objem dešťové vody je vlivem těchto aspektů značný a následně nevyužitý, kdy odtéká do místního recipientu.

Bilance dešťové vody v rámci areálu haly H7 Knorr-Bremse			
Měsíce	Objem vody dlouhodobého srážkového normálu 1991 - 2020 [m^3]	Objem vody pro plánované využití (splachování + úklid) [m^3]	Nadbytečný objem vody [m^3]
Leden	976,18	41,37	934,81
Únor	772,81	39,40	733,41
Březen	854,15	45,31	808,85
Duben	555,88	43,34	512,54
Květen	949,06	41,37	907,69
Červen	1179,55	43,34	1136,21
Červenec	1342,24	43,34	1298,90
Srpen	1233,78	43,34	1190,44
Září	921,94	43,34	878,61
Říjen	854,15	41,37	812,79
Listopad	881,27	43,34	837,93
Prosinec	989,73	45,31	944,43

Tabulka 5: Bilance objemů dešťové vody

Tvrzení z (tab. 5) je doloženo grafem (obr. 9) v rámci vizuálního zobrazení.



Obrázek 9: Objem vtoků a plánovaného využití

10. Návrh technologického řešení

10.1. Optimalizace nádrže

Funkce aktuální retenční nádrže o objemu 130 m^3 jako ochrany místní vodoteče před účinky přívalových dešťů zůstává zachována v plném rozsahu. Důvodem je, že by využitím části objemu retenční nádrže pro akumulaci vody došlo ke zmenšení jejího retenčního prostoru, a tím by mohlo dojít k následnému přeplnění nádrže a omezení její ochranné funkce. Z projektové dokumentace vyplývá, že objem nádrže odpovídá skutečným potřebám haly a jejího areálu. Důkazem je, že v minulosti již musela být retenční nádrž zvětšována o 9 m^3, protože její tehdejší rozměry odpovídaly objemu 121 m^3 a byly nedostatečné. Důvodem bylo zvětšení rozměrů zpevněných ploch a tím následné prodloužení stoky A.

Vzhledem k tomu, že strop stávající retenční nádrže se nachází dva metry pod okolním terénem, nabízí se varianta umístění nové akumulační nádrže přímo na stropě retenční nádrže, která by sloužila jako základ a celou stavbu by mohla díky tomu zlevnit. Dalším přispívajícím vlivem ke zlevnění stavby, díky tomuto řešení, by bylo snížení množství zemních prací. Rozměry stávající retenční nádrže jsou 6,4 x 12,75 x 1,9 m. Protože jsou na jedné její kratší straně umístěny dvě šachty (příloha 6), kde jsou osazena dvě ponorná čerpadla, bude muset být akumulační nádrž na její protější straně. Stávající retenční nádrž je umístěna na úpatí malé stráňky o výšce cca 2,5 metru. Pokud by dno nové nádrže bylo přímo na stropu retenční nádrže, tak bude v hloubce 2 metrů pod stávajícím terénem. Je ale třeba ještě počítat s tloušťkou vlastní konstrukce akumulační nádrže, respektive s tloušťkou spodní části nádrže a jejího stropu. Stanovení tlouštěk už závisí na vypracování vlastní projektové dokumentace a posouzení statika. Vlivem těchto tlouštěk a předpokládaných rozměrů bude akumulační nádrž z malé části přesahovat nad současný upravený terén. Zasypání této části nádrže bude realizováno za pomoci odtěžené zeminy, odebrané během zemních prací, tedy během výkopu zeminy pro akumulační nádrž. Musí být tímto postupem zajištěna nezámrzná hloubka, která se na Liberecku uvádí 1,2 m. Mimo technických požadavků je zakrytí zeminou nezbytné také z estetického hlediska.

V úplně nejvyšší části akumulační nádrže bude umístěna šachta, která bude sloužit k údržbě a montáži technologických zařízení. Na vrcholu této šachty bude umístěn odnímatelný poklop, který bude opatřen průduchy, kterými bude zajištěno odvětrávání akumulační nádrže. Tvar této šachty bude kruhový se standardizovaným rozměrem 1 m. Uvnitř šachty se bude nacházet přístupový žebřík.

10.1.1. Materiál

Materiálem pro konstrukci akumulační nádrže je zvolen železobeton, kde bude použit vodostavební zhutněný beton. Zvýšení vodotěsnosti bude zajištěno přípravkem na krystalizaci betonu, která bude nanesena nátěrem na vnitřní povrchy nádrže.

Akumulační nádrž bude opatřena bezpečnostním přepadem, svedeným do potrubí, které se vyústí do aktuální retenční nádrže.

10.2. Další úprava dešťové vody

10.2.1. Filtrace

Potrubí z akumulační nádrže bude vyústěno v místnosti aktuální kompresorovny, která se nachází v severozápadní části haly H7. Zde je dostatek prostoru pro umístění filtračního a dezinfekčního zařízení. Pro zbavení vody pevných látek, je možné použít předfiltr na vodu, u kterého by bylo vhodné, aby byl opatřen kalovým ventilem na odvod zachycených nečistot. Jednou z variant je filtr s propiratelnou vložkou, zachycující mechanické nečistoty. Její výhodou je, že při ucpání jí stačí pouze proprat ve vodě a následně je možné opětovné použití. V případě jejího poškození je výměna snadná a levná (Agwa shop 2022).

10.2.2. Dezinfekce

Variantou pro dezinfekci vody jsou UV lampy, které zajišťují odstranění bakterií, cyst a virů z vody. Jejich principem je, že voda proudí přes vstupní port do UV reaktoru a dále protéká okolo výkonné rtuťové lampy, která bývá umístěna uvnitř termicky zabezpečené křemenné trubice. Ultrafialové záření spolehlivě zabíjí choroboplodné látky a poškozuje jejich strukturu molekul DNA, a tím je znemožněno jejich rozmnožování. UV lampy nemění chemické složení vody a nevytváří vedlejší produkty. Ultrafialové záření je pro lidský organismus zcela neškodné, a tím pádem vhodné pro úpravu dešťové vody. Jedná se dnes o jeden z nejmodernějších způsobů dezinfekce vody (Agwa shop 2022).

10.3. Rozvody a potrubí

Napájecí potrubí akumulační nádrže povede od trojcestného ventilu umístěného na výtlačném potrubí od stávajících ponorných čerpadel uložených v retenční nádrži. Jeho dimenze bude přizpůsobena tomuto výtlačnému potrubí. Po úplném naplnění akumulační nádrže trojcestný ventil přesměruje dešťovou vodu do místního recipientu. Použitým materiálem pro potrubí vedené od ventilu do akumulační nádrže bude PE (polyethylenová) trouba vedená v zemi. Následně bude vyústěna v nejvyšším bodě

akumulační nádrže. Celý tento systém musí být uložen v nezámrzné hloubce, která je minimálně 1,2 m pod úrovní upraveného terénu.

Vnější potrubí bude umístěno ve výkopu v minimální hloubce 1,2 m pod úrovní terénu. Jeho začátek bude v akumulační nádrži u ponorného čerpadla, které bude standardně opatřeno mřížkou proti vniknutí pevných látek, které by ohrozili jeho funkci. Ukončení vnější části potrubí bude v již zmíněné kompresorovně. Jako materiál bude použita PE (polyethylenová) trouba, určená pro rozvod vody o průměru jednoho coulu, což odpovídá 25,4 mm.

Vnitřní potrubí bude začínat cejchovaným vodoměrem, který bude umístěn za filtrační a dezinfekční stanicí v kompresorovně. Tento vodoměr bude sloužit k určení poplatků za stočné. Pro zajištění stálého tlaku v potrubí bude sloužit vzdušník o objemu 150 až 200 l a tlakový spínač, který ovládá chod čerpadla v závislosti na tlaku v celém trubním systému. Vnitřní nový okruh užitkové vody povede od kompresorovny výrobní částí haly, směrem do administrativní vestavby. V ní jsou aktuální rozvody pitné vody vedeny pod podhledem v prvním nadzemním podlaží. Nový okruh užitkové vody povede souběžně s tímto rozvodem, tak aby bylo napojení k zařizovacím předmětům co nejjednodušší. Přívodní potrubí k zařizovacím předmětům WC a pisoárům bude odpojeno od stávajícího potrubí a napojeno na nový okruh užitkové vody. Vývody z původního potrubí k těmto předmětům budou zaslepeny a opatřeny tepelnou izolací. Materiál pro vnitřní okruh bude použit, stejně jako u stávajícího potrubí z PPR (polypropylenu) o shodných průměrech, jako u stávajících rozvodů studené vody. Veškeré nové rozvody budou opatřeny tepelnou izolací pro zabránění kondenzace vlivem rozdílů teplot a tím způsobených úkapů.

V případě vyčerpání akumulační nádrže nebo poruše čerpadla, bude možnost přepojit okruh užitkové vody na pitnou vodu tak, aby mohl být zajištěn provoz sociálních zařízení. Propojení se bude uskutečňovat pomocí flexibilní hadice, kterou bude možno odšroubovat z vývodu předpokládané UV lampy a následně jí bude možné našroubovat na kohoutek pitné vody, který bude umístěn v těsné blízkosti. Tím, že tímto řešením dojde k odpojení od akumulační nádrže, se zamezí možnému znečistění okruhu pitné vody. Z tohoto důvodu se nebude navrhovat stabilní připojení k tomuto okruhu.

11. Diskuze

V Libereckém kraji jsou vzhledem k dlouhodobému srážkovému normálu jedny z největších srážkových úhrnů v rámci celé České republiky. Díky tomu se dá o tomto regionu mluvit jako o lokalitě s nadprůměrnými srážkami. To přispívá k vhodnosti praktického využití těchto dešťových vod. Ovšem i v rámci zbytku České republiky jsou jednotlivé srážkové úhrny dobře využitelné (ČHMÚ 2022). Pro výsledné praktické využití jsou důležitá minima těchto úhrnů, která napomáhají odvodit, zda i s daným minimem srážek je schopno konkrétní praktické využití fungovat, respektive řečeno zda i za minimální dotace vody v konkrétním období je příjem srážek dostačující.

V rámci této bakalářské práce vyplývá, že jednotlivé dopadající srážky díky současnému uspořádání a řešení jednotlivých stok v areálu haly H7, jsou všechny sváděny přímo do aktuální retenční nádrže. Vlivem toho by bylo z návrhového hlediska velmi komplikované rozdělit dešťové vody ze střechy a zpevněných ploch do jednotlivých akumulačních nádrží. Dalším ovlivňujícím faktorem, který znemožňuje v případě posuzované haly provést toto řešení je faktor finanční, kdy vzhledem ke komplikovanosti návrhu by byla konečná realizace velmi nákladná. Překážkou je také dispoziční hledisko celého areálu haly, kde by byl problém s umístěním další akumulační nádrže. V konečných dopadech těchto aspektů je nejideálnějším návrhem ponechat aktuální řešení svodu všech dešťových vod do jedné retenční nádrže, popřípadě akumulační nádrže. V případech jiných hal, kde by situace dovolovala rozdělit akumulaci dešťových vod podle místa dopadu, by ale toto řešení bylo vhodné. Pomohlo by zvýšit kvalitu vod, které by pocházely ze střech, neboť by se nemísily s vodami ze zpevněných ploch. Na těch může dojít ke znečištění z provozu a mytí automobilů. K dalšímu znečišťování dochází také díky průmyslu, které je zapříčiněno manipulací a zpracováním různých surovin. Může dojít i k chemickému znečištění (Hlavínek et al. 2007), ale v konkrétním případě haly H7 je rizikem pouze provoz automobilů.

Kdyby se u projektů nových hal počítalo rovnou s návrhem jak retenčních nádrží, tak také s návrhem akumulačních nádrží, tak by bylo daleko více snadné určit a vyřešit jejich dispoziční umístění vzhledem k celému areálu budoucí haly. Umožňovalo by to lepší vyprojektování a rozložení celé stokové sítě v areálu, vzhledem k umístění nádrží. Důležitým aspektem je také to, že by se již v úplně prvotním projektu počítalo s druhým vnitřním okruhem pro rozvod užitkové vody, a tím by došlo k lepšímu stavebnímu a konstrukčnímu přizpůsobení celé stavby. Bylo by vhodné i rovnou počítat s možností, vybavit všechny prostory haly úspornými zařizovacími předměty. To vše by nakonec přispělo k celkovému usnadnění celé realizace a k finančním úsporám.

Navrženou variantou pro nakládání s dešťovou vodou byla v této práci nová akumulační nádrž. Vlastní objem nádrže je dle maximální předpokládané spotřeby (45,31 m^3)

a maximální povolené doby zdržení stanoven na 50 m^3, ale hladina bude omezena plovákovým snímačem hladiny na maximální objem 46 m^3. Díky tomu bude téměř vždy zajištěna úplná výměna vody v nádrži během jednoho měsíce. Zbývající 4 m^3 představují rezervu pro případné navýšení počtu zaměstnanců na hale H7, a to o cca 9 %. Navrhované vnitřní rozměry akumulační nádrže vychází a jsou přizpůsobeny rozměrům stávající retenční nádrže. Jsou tedy určeny na hodnoty 6,4 x 4,2 x 1,9 m.

Maximální doba zdržení je dle normy ČSN 75 6780 21 dní a v odůvodněných případech je uváděno až 30 dní. Na hale Knorr-Bremse probíhají pracovní činnosti pouze v pracovních dnech včetně svátků, které jsou v jednotlivých měsících v intervalu 20 až 23 dnů. Výpočet spotřeby byl stanoven právě na tento počet pracovních dnů. Vzhledem k charakteru dlouhodobého srážkového normálu v Libereckém kraji by docházelo k poměrně časté obměně vody v nádrži, a tím pádem by v ní voda takřka nikdy nestála maximální povolenou dobu pro zdržení. V případě, že dojde k delšímu období bez srážek a nedojde k doplnění a zároveň vyčerpání formou spotřeby na hale, tak je možnost použití dezinfekčních prostředků na bázi chlóru určených pro úpravu zbývající vody v akumulační nádrži.

V rámci daného řešení nové akumulační nádrže vzniká velký nadbytečný objem dešťové vody, který následně odtéká bez dalšího využití do recipientu. Potenciál tohoto nadbytku by bylo možné zhodnotit v případech změny výrobních procesů na H7, při kterých by bylo možno tuto vodu využít. K dalšímu zhodnocení nadbytečných objemů by mohlo dojít navýšením počtů zaměstnanců, se kterými je ale již do jisté míry počítáno v aktuálním návrhu nové akumulační nádrže. Tato nadbytečná voda může také sloužit pro potřeby jiných objektů v rámci dané lokality.

Hala H7 úzce sousedí s halou H5, která stejně jako H7 spadá pod koncernovou společnost Knorr-Bremse. Vzhledem k daným nadbytečným objemům dešťové vody v průběhu jednotlivých měsíců by bylo možné také navrhnout řešení pro využití této vody na zmíněné hale H5. Pokud by se nová akumulační nádrž, umístěná v areálu haly H7 navrhla větší než je objem 50 m^3, nebo by se případně v budoucnu zvětšila, tak by bylo možné nově navýšený objem srážkové vody v ní naakumulovaný využít pro potřeby vedlejší haly H5. Na této hale v současné době pracuje v průměru 551 zaměstnanců během jednoho dne. Z toho vyplývá, že aby akumulační nádrž u haly H7 pokryla celkovou potřebu haly H5, tak by musela být výrazně větší. V takovém případě by bylo třeba posoudit, zda by to bylo z dispozičního a srážkového hlediska možné. Důležitým aspektem by také bylo finanční hledisko takovéhoto projektu a technologické řešení.

Možností pro další alternativní využití dešťové vody na hale H7 by případně mohla být vegetační střecha, která by zvyšovala poměr zelených ploch v zastavěné části. Zelené střechy jsou výhodné díky své ekonomické a ochranné funkci. Zelené plochy zmírňují sluneční záření, a tím v sobě naakumulují méně tepla. Vlivem toho v letních měsících udržují chladnější teploty v objektech. Naopak v zimním období mají tepelně izolační

funkci, a tím zajišťují energetickou úsporu (Ballard 2007). Využití zelených střech u průmyslových hal by vzhledem k jejich ploše bylo výhodné, ale z hlediska konstrukčního řešení střech hal toto řešení není možné. Únosnost těchto střech není pro takové zatížení dimenzována. Možností by také bylo využívat dešťovou vodu pro zavlažování zelených ploch přilehlých k hale. Mohly by se k nim využít výsuvné rozstřikovače vhodného poloměru dostřiku. Je třeba u daného řešení počítat s další investicí, která by se ve výsledku příliš nevyplatila z důvodu dostatečného množství srážek v průběhu převážné části roku. Dalším hlediskem by byla doba návratnosti investice, kdy finanční vklad vzhledem k výsledné užitečnosti řešení by se v konečném důsledku nemusel vyplatit.

Dalším alternativním způsobem jak dešťovou vodu využívat je v případě potřeby oplachovat zpevněné plochy za účelem jejich čištění. V aktuálním provozu haly, by ale toto využití bylo také občasného charakteru a s nejvyšší pravděpodobností by nebylo vůbec zapotřebí. Možností pro využití dešťové vody by také bylo provést zasakování, které by se uskutečnilo v rámci odtoku z retenční nádrže v případě, že už by došlo k doplnění akumulační nádrže. Z obecného hlediska má být zasakování dešťové vody plynulé a výrazným způsobem přispívá k ekologické stabilitě ekosystémů. Během přívalových dešťů je schopno i zabránit případným povodním. Technologický návrh pro vsakování srážek závisí na povrchové úpravě, celkové rozloze ploch a na vsakovacích vlastnostech půdního a horninového prostředí (Markovič et al. 2014). Ovšem vzhledem k půdním poměrům v areálu haly H7, kde je půda převážně jílového charakteru, je návrh zasakování nevhodný. Vlivem toho by i v lokalitě mohlo dojít k nepříznivým vlivům, kde jeden z nich by mohl být např. podmáčení nejbližšího okolí.

12. Závěr

V úvodu této bakalářské práce byl stanoven hlavní cíl, který byl postupně vypracován. V teoretické části je vysvětlena a rozebrána problematika týkající se dešťových vod s následným využitím. Důležitým bodem v rámci daného tématu bylo zpřehlednění příslušné legislativy, která se těmito tématy zabývá.

Výpočet v souvislosti s halou H7 Knorr-Bremse ukázal, že množství spadlých srážek je v rámci celého areálu značné. Z toho vyplynulo, že je tyto srážky možné využít pro praktické účely, např. splachování, úklid, závlahy. Na základě zjištěného dlouhodobého srážkového normálu bylo ale rozhodnuto, že řešení závlah je v dané lokalitě zbytečné, neboť jsou dotace srážek v jednotlivých měsících dostatečné. Z průzkumu technické zprávy bylo zjištěno, že využití dešťové vody pro účely zasakování je v areálu haly H7 nevhodné.

Aktuální retenční nádrž není možné použít pro akumulaci vody, proto musela být navržena nová akumulační nádrž. V rámci vypočtených objemů předpokládané spotřeby vody pro splachování a úklidové práce se ukázalo, že výsledná akumulační nádrž, by byla vzhledem k objemu celkových dotací srážek v jednotlivých měsících poměrně malá (50 m^3). S tím by vznikl značný nadbytečný objem srážkové vody, který by následně bez dalšího využití odtékal do místního recipientu.

Z umístění retenční nádrže vyplývá, že by bylo vhodné novou akumulační nádrž umístit přímo na její strop. Celkový návrh akumulační nádrže a technologického řešení je proveden i s jistou flexibilitou, tak aby investor v případě, že by došlo k uskutečnění projektu a následné realizaci, mohl celý návrh ještě přizpůsobit aktuálním potřebám. Postup, kterým proběhlo vyhodnocení vstupních dat a následně dle kterého byl stanoven návrh nové akumulační nádrže, je případně možné aplikovat i u jiných objektů (hal). Rovněž je daný návrh v rámci aktuálního stavu a chodu haly H7 snadno proveditelný.

Závěrem práce lze říct, že řešení tématiky hospodaření s dešťovými vodami je v dnešní době velmi aktuální, a to i právě v zde řešených průmyslových oblastech. Ty mnohdy disponují velkou rozlohou nepropustných ploch, ze kterých voda bývá bez užitku odváděna do kanalizace nebo recipientu. Možnosti hospodaření s dešťovou vodou jsou dnes mnohdy stále opomíjeny. Dílčím faktorem tohoto problému může být i ekonomická stránka z hlediska časové návratnosti vstupní investice, která může být poměrně vysoká. Přitom rozhodujícím faktorem v rámci hospodaření s dešťovými vodami by mělo být prioritně životní prostředí.

13. Seznam použitých zdrojů

Odborné publikace:

AHERN Jean-Yves., 2003: Počasí. Fortuna Print, Praha. 128 s. ISBN 80-7321-062-2

ANGELAKIS A., SNYDER S., 2015: Water 7(9), 4887-4895 DOI: 10.3390/w7094887. Wastewater Treatment and Reuse: Past, resent, and Future. ISSN 2073-4441. https://www.mdpi.com/2073-4441/7/9/4887

BALLARD W., 2007: The SuDS Manual [online]. 2015: Ciria, ISBN 978-0-86017-759-3. Dostupné z: https://www.ciria.org/Resources/Free_publications/SuDS_manual_C753.aspx

BAREŠ V., [eds], 2019: Hospodaření s vodou. Informační centrum ČKAIT s. r. o., Praha. 128 s. ISBN 978-80-88265-15-3

BAUER A., STEGMAN, E. 1975: Soil, water and plat relationships. North Dakota State Univ., Cooper Extension Service Circulars, 70-74 s.

BHAN S., 2009: Rainwater management. Jurnal of soil and water conservation 1-48 s.

BLAŽEK V. [eds], 2006: Voda v České republice. Consolt, Praha. 259 s. ISBN 80-903482-1-1

BÖSE K., 1999: Dešťová voda pro zahradu a dům. HEL, Ostrava. 84 s. ISBN 80-86167-08-9

BÖSE K., HERLE J., 1991: Voda pro dům a zahradu. Nakladatelství technické literatury, Praha, 112 s.

BUTLER D., DAVIES J. W., 2004: Urban drainage. 2nd ed. New York, Spon Press. 546 s. ISBN 04-153-0607-8.

BUTLER D., ALI MEMON F., 2006: Water demand management. IWA publishing, London, 380 s.

BRÁZDIL R., ZAHRADNÍČEK P., DOBROVOLNÝ P., ŠTĚPÁNEK P., TRNKA M., 2021: Observed changes in precipitation during recent warming: The Czech Republic, 1961–2019. Int J Climatol. 1–22 s. https://doi.org/10.1002/joc.7048

BRUTSAERT W., 1982: Evaporation into the atmosphere. Doortrecht, D. Reidel Publication company., 48-69 s.

BRATRYCH V., c2005: Živel voda. Koniklec, Praha. 293 s. ISNB 80-902606-5-9

CÍLEK V., JUST T., SŮVOVÁ Z., MUDRA P. [eds], 2017: Voda a krajina: kniha o životě s vodou a návratu k přirozené krajině. Dokořán, Praha. 198 s. ISBN 978-80-7363-837-5.

DVOŘÁK P., 2016: Atlas oblaků. Svět křídel, Cheb. 128 s. ISBN 978-80-7573-007-7

HELMREICH B., 2008: Opportunities in rainwater harvesting. Desalination 251/2010. 124 s.

HANOUSEK M., 2005: Voda pro chataře a zahrádkáře. Grada Publishting, a.s., Praha. 94 s. ISNB 80-247-0400-5

HLAVÍNEK P., ŘÍHA J., 2004: Jakost vody v povodí. CERM s.r.o., Brno. 216 s. ISBN 80-214-2815-5

HLAVÍNEK P., PRAX P., KUBÍK J., c2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. ARDEC s.r.o., Brno. 188 s. ISBN 80-860-2055-X.

CHUDOBA J., DOHÁNYOS M., WANNER J., 1991: Biologické čištění odpadních vod. Vydání 1. SNTL - Nakladatelství technické literatury, Praha. 465 s. ISBN 80-03-00611-2

JAMES B. K., & kol. 2005: Management of excess rainwater in medium and lowlands for sustainable productivity. Water technology centre for eastern region (Indian council of agricultural research), India, 28 s.

Kabelková I., Doležalová A., 2009: (překlad) Jak hospodařit s dešťovou vodou na soukromém pozemku: praktický rádce pro obnovu propustnosti povrchů a zasakování. Praha: Pro Středisko ekologické výchovy, Lesy hl. m. Prahy vydal Ústav pro ekopolitiku ve spolupráci s Asociací pro vodu ČR a Fakultou stavební ČVUT, 43 s. ISBN 978-80-87099-06-3.

KABELKOVÁ I., STRÁNSKÝ D., BAREŠ V., 2013: TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami: 1. část: Volba způsobu odvodnění a technického řeše-ní. Vodní hospodářství [online]. 63 s. ISSN 1211-0760.

KABELE K., 2005: Energetické a ekologické systémy 1: zdravotní technika, vytápění. Česká technika - nakladatelství ČVUT, Praha. ISBN 80-01-03327-9.

KOPÁČEK J., BEDNÁŘ J., Žák M., 2019: Jak vzniká počasí. Nakladatelství Karolinum, Praha. 333 s. ISBN 978-80-246-4423-3

KREJČÍ V. [eds], 2002: Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup. 2000. Noel, Brno. 604 s. ISBN 80-860-2039-8.

KYNCL M., 2007: hydrotechnická vybavenost. VŠB – Technická univerzita, Ostrava. 118 s. ISBN 978-80- 248-1685-2

MARKOVIČ G., ZELEŇÁKOVÁ M., KÁPOSZTÁSOVÁ D., HUDÁKOVÁ G., 2014: Rainwater infiltration in the urban areas. 2014-05-14, 313-320. ISSN 1743-3541. Dostupné z: doi:10.2495/EID140271

NASH J. E., 1989: Potential evaporation and „the complementary relationship“ J. of. Hydrology, 111, s. 1-7

NOVÁK J., 2003: Příručka provozovatele stokové sítě. Vyd. 1. Medim, spol. s r.o., Praha. 156 s. ISBN 80-238-9947-3.

PITTER P., 2009: Hydrochemie. 4. aktul. Vydání. Vydavatelství VŠCHT, Praha. 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9

PYTL V. [eds], 2004: Příručka pro provozovatele čistírny odpadních vod. První vydání. Medim, spol. s r.o., Praha. 209 s. ISBN 80-239-2528-8.

RADVANSKÁ A., HLOCH S., Fečko P., 2008: Technika a technológia pre ochranu životného prostredia. Vysoká škola báňská TU, Ostrava. 119 s. ISBN 978-80-248-1700-2

ROTH G. D., 1999: Encyklopedie počasí. BLV Verlagsgesellschaft, Mnichov. Přeložil Vojtěch Vítek. 296 s.

ŘEZÁČOVÁ D., NOVÁK P., KAŠPAR M., SETVÁK M., 2007: Fyzika oblaků a srážek. Academie, Praha. 574 s. ISBN 978-80-200-1505-1

SOJKA J., 2013: Čistírny odpadních vod: pro rodinné domy. 1. vydání. Grada Publishing, a.s., Praha. 95 s. ISBN 978-80-247-4504-6.

STRÁNSKÝ D., KABELKOVÁ I., VÍTEK J., SUCHÁNEK M., 2008: Koncepce hospodaření s dešťovou vodou v ČR - současný stav. Sborník semináře Hospodaření s dešťovými vodami ve městech a obcích. ARDEC s.r.o., 20 s.

ŠÁLEK J., KRIŠKA-DUNAJSKÝ M., ROZKOŠNÝ M., 2006: Úprava inundací podél vodních toků a ochrana zemědělské půdy zátopových území. In Říční krajina 4. Sborník příspěvků z konference. Olomouc: Olomouc. 308-316 s. ISBN: 80-244-1495- 3.

ŠVEHLA P., TLUSTOŠ P., BALÍ J., 2007: Odpadní vody. Vyd. 2. Přeprac. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 142 s. ISBN: 978-80-213-1716-1

VALÁŠEK J. [eds], 2006: Zdravotnětechnická zařízení a instalace. 2. dopl. vyd. Bratislava: Jaga group, Bratislava. ISBN 80-8076-038-1

VÍTEK J., STRÁNSKÝ D., KABELKOVÁ I., BAREŠ V., VÍTEK R., 2015: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. 01/71 ZO ČSOP Koniklec, Praha. 127 s. ISBN 978-80-260-7815-9.

VOGEL R., MOORE L., 2016: Urban Stormwater Characterization, Control, and Treatment. DOI https://doi.org/10.2175/106143016X14696400495938. http://www.ingentaconnect.com/content/wef/wer/2016/00000088/00000010/art00037

VRÁNA J., 2005: Voda a kanalizace v domě a bytě - instalatérské práce. GRADA Publishing,a.s., Praha 145 s. ISBN 80-247-0800-0.

Internetové zdroje:

AGWA SHOP. 2022: Propiratelný předfiltr na vodu PX 80. (online)] [cit. 2022-03-06]. Dostupné z https://www.aqua-shop.cz/mechanicke-filtry/propiratelny-predfiltr-na-vodu-px-80/

AGWA SHOP. 2022: UV lampa VIQUA Sterilight VP-600 - 70 W. (online)] [cit. 2022-03-06]. Dostupné z https://www.aqua-shop.cz/uv-lampy-pro-desinfekci-vody/viqua-sterilight-vp-600/

Český hydrometeorologický ústav. 2022: Územní srážky. (online)] [cit. 2022-03-03]. Dostupné z https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#

DUFKA J. 2017: Srážkové vody - 2. část (online) [cit. 2021.05.31], Dostupné z http://www.topin.cz

DVOŘÁKOVÁ, Denisa. Využívání dešťové vody (II) - možnosti použití dešťové vody a části zařízení. TZB-info [online]. 2007 [cit. 09. 05. 2019]. Dostupné z https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni

KNORR-BREMSE Česká republika. 2021: Historie Knorr-Bremse v České republice. [online]. [cit. 2021-01-03]. Dostupné z https://www.knorr-bremse.cz/cz/group/kbinczechrepublic/knorrbremse_cz.jsp

Motivace k hospodaření s dešťovou vodou. Tzbinfo [online]. [cit. 2021-01-03]. Dostupné z https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/9961-motivace-k-hospodareni-s-destovou-vodou

Legislativní zdroje:

Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, v platném znění.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) v platném znění.

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) v platném znění.

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) v platném znění.

Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích.

Vyhláška Stavebního zákona č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území.

Norma ČSN EN 16941-1 „Zařízení pro využití nepitné vody na místě – Část 1: Zařízení pro využití srážkových vod“

Norma ČSN 75 9010 – Vsakovací zařízení srážkových vod.

Norma TNV 75 9011 – Hospodaření se srážkovými vodami

Ostatní zdroje:

VGP – industriální stavby, s.r.o., 2013: B – Souhrnná technická zpráva. 40 s. „nepublikováno“. Dep.: AWIGO s.r.o. Praha

VGP – industriální stavby, s.r.o., 2013: Situace. 1 s. „nepublikováno“. Dep.: AWIGO s.r.o. Praha

14. Seznam obrázků

Obrázek 1: Druhy oblaků (Amatérská meteorologická společnost) 3
Obrázek 2: Voda na zemi (Klimatologie a hydrogeografie) 5
Obrázek 3: Koloběh vody v přirozeném zalesněném a v zemědělském povodí (Kabelková et al. 2014) 13
Obrázek 4: Vsakovací průleh - rýha s regulovaným odtokem (Vítek, Asio) 24
Obrázek 5: Ortofoto střechy haly Knorr-Bremse (Goodle/Maps) 36
Obrázek 6: Měsíční úhrny Libereckého kraje 37
Obrázek 7: Celková spotřeba pitné vody 39
Obrázek 8: Měsíční objemy dešťové vody pro potřeby WC 41
Obrázek 9: Objem vtoků a plánovaného využití 42

Zdroje obrázků:

Obrázek 1: Druhy mraků (Meteorologická společnost (online) [cit. 2021.02.25]. Dostupné z <https://www.bourky.cz/>

Obrázek 2: Voda na Zemi (Klimatologie a hydrogeografie pro učitele (online) [cit. 2021.02.05]. Dostupné z <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/07-voda.html>

Obrázek 3: Ministerstvo životního prostředí (Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích (online) [cit. 2021.02.05]. Dostupné z <https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/koncepcni_dokumenty/$FILE/OOV-studie_HDV-20191220.pdf>

Obrázek 4: Asio. Hospodaření se srážkovými vodami. (online) [cit. 2021.03.12]. Dostupné z <https://www.asio.cz/cz/99.hospodareni-se-srazkovymi-vodami-hdv-tnv-75-9011>

Obrázek 5: Střecha haly Konrr-Bremse. Goodle/Maps. (online) [cit. 2021.03.12]. Dostupné z <https://www.google.com/maps/@50.7786174,15.0167738,185m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4>

15. Seznam tabulek

Tabulka 1: Srážkové úhrny 38
Tabulka 2: Průměrný počet zaměstnanců 39
Tabulka 3: Objem vody z dlouhodobého srážkového normálu 40
Tabulka 4: Měsíční spotřeba dešťové vody pro úklid 41
Tabulka 5: Bilance objemů dešťové vody 42

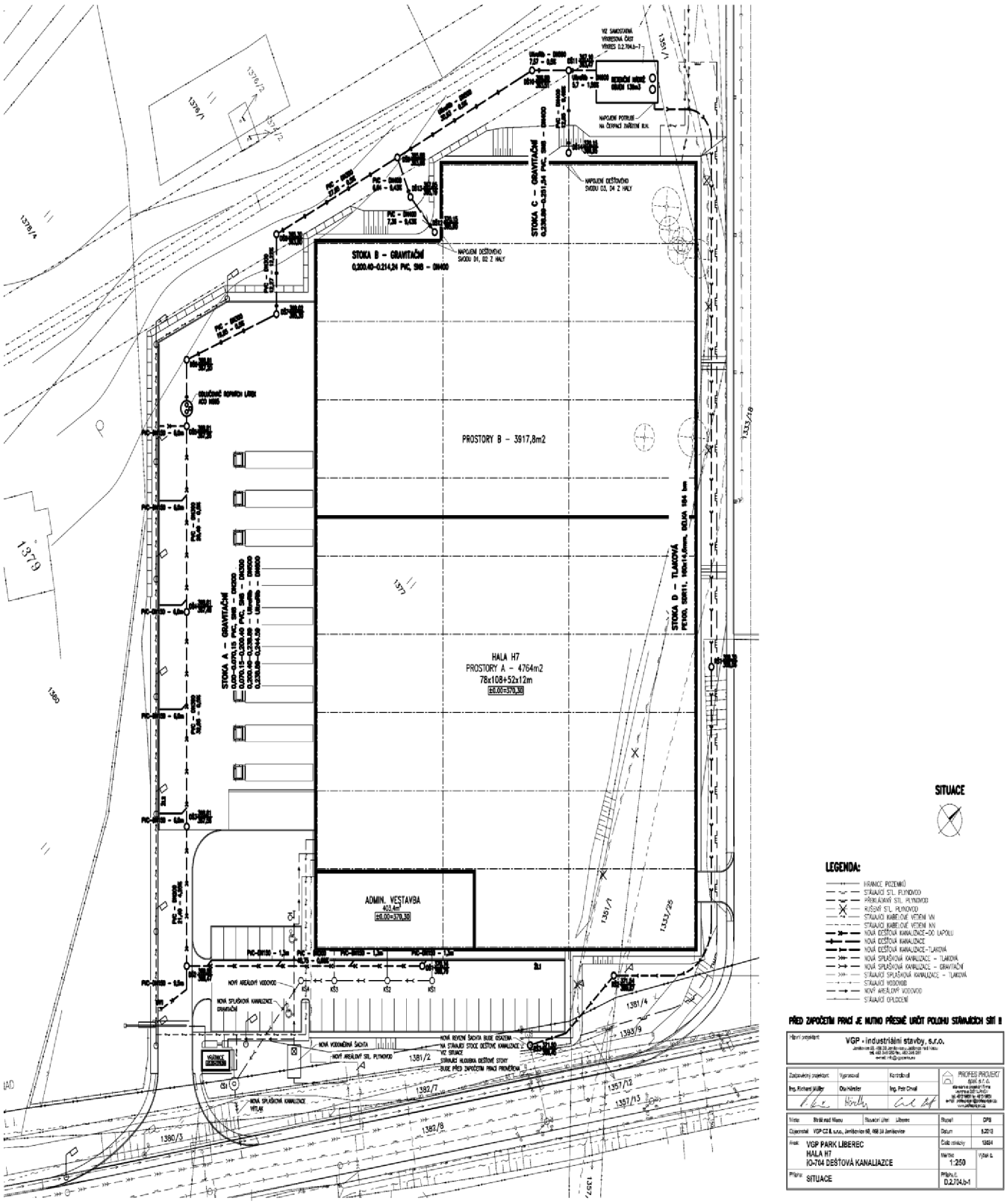
16. Seznam příloh

Příloha 1: Hala Knorr Bremse I
Příloha 2: Střecha haly Knorr-Bremse III
Příloha 3: Situace (VGP – industriální stavby, s.r.o.) VII
Příloha 4: Územní srážkový úhrn v letech 2019, 2020, 2021 VIII
Příloha 5: Zařizovací předměty Knorr-Bremse (záchodová mísa, pisoár) X
Příloha 6: Šachty stávající retenční nádrže XI

Příloha 1: Hala Knorr Bremse

Příloha 2: Střecha haly Knorr-Bremse

Příloha 3: Situace (VGP – industriální stavby, s.r.o.)



Zdroj: Situační řešení haly Knorr-Bremse (VGP – industriální stavby, s.r.o.)

Příloha 4: Územní srážkový úhrn v letech 2019, 2020, 2021

2019

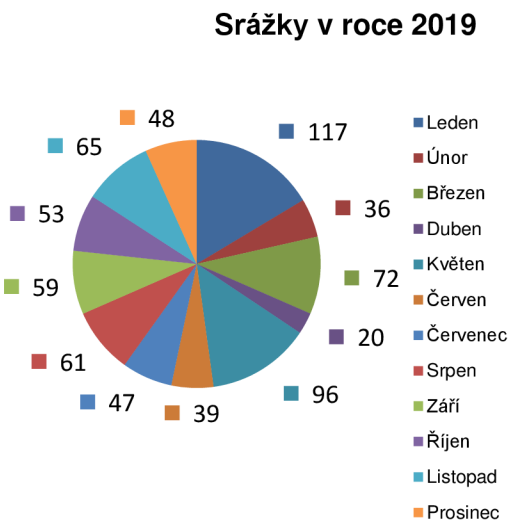
Ústecký	**S**	69	29	44	25	66	47	45	58	59	40	36	31	547
	N	42	37	44	38	61	66	79	79	50	41	49	49	636
	%	164	78	100	66	108	71	57	73	118	98	73	63	86
Liberecký	**S**	117	36	72	20	96	39	47	61	59	53	65	48	712
	N	74	60	68	50	70	83	100	99	71	60	74	81	893
	%	158	60	106	40	137	47	47	62	83	88	88	59	80
Královéhradecký	**S**	77	28	58	32	87	36	51	89	60	52	60	39	669
	N	61	48	57	43	66	73	92	83	62	49	58	66	760
	%	126	58	102	74	132	49	55	107	97	106	103	59	88

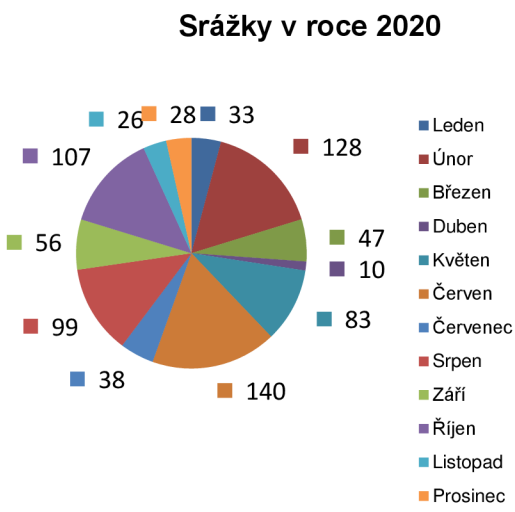
2020

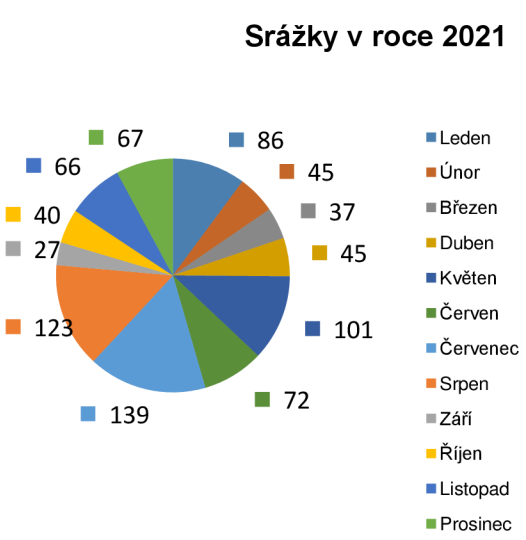
Ústecký	**S**	18	81	36	9	50	96	28	96	56	69	10	21	569
	N	42	37	44	38	61	66	79	79	50	41	49	49	636
	%	43	219	82	24	82	145	35	122	112	168	20	43	89
Liberecký	**S**	33	128	47	10	83	140	38	99	56	107	26	28	793
	N	74	60	68	50	70	83	100	99	71	60	74	81	893
	%	45	213	69	20	119	169	38	100	79	178	35	35	89
Královéhradecký	**S**	24	102	34	19	66	168	41	104	72	83	26	26	768
	N	61	48	57	43	66	73	92	83	62	49	58	66	760
	%	39	213	60	44	100	230	45	125	116	169	45	39	101

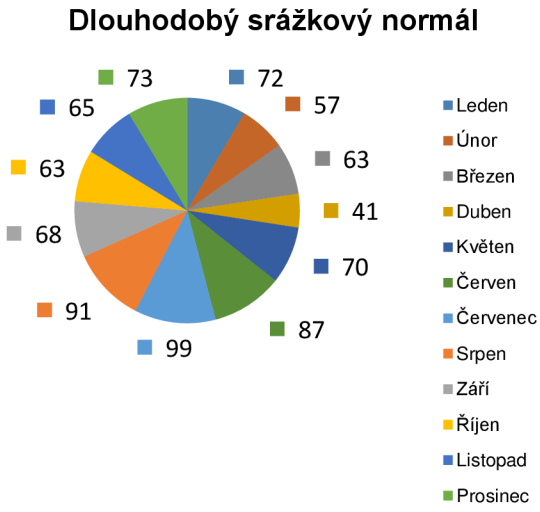
2021

Ústecký	**S**	63	48	25	22	84	88	117	87	20	14	53	37	655
	N	43	35	42	33	62	75	81	78	54	47	45	47	640
	%	147	137	60	67	135	117	144	112	37	30	118	79	102
Liberecký	**S**	86	45	37	45	101	72	139	123	27	40	66	67	850
	N	72	57	63	41	70	87	99	91	68	63	65	73	850
	%	119	79	59	110	144	83	140	135	40	63	102	92	100
Královéhradecký	**S**	57	41	32	28	105	69	117	95	24	32	44	46	689
	N	56	45	53	37	69	77	93	77	60	54	52	59	732
	%	102	91	60	76	152	90	126	123	40	59	85	78	94









Zdroj: Český hydrometeorologický ústav
https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#

Příloha 5: Zařizovací předměty Knorr-Bremse (záchodová mísa, pisoár)

A – záchodová mísa

B - pisoáry

Příloha 6: Šachty stávající retenční nádrže