

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební

Ekologické systémy budov

Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.

Praha 2010



Evropský sociální fond

Praha & EU: Investujeme do vaší budoucnosti

Obsah

Předmluva.....	3
1 Úvod	4
2 Z historie zdravotní techniky	6
3 Hospodaření s vodou.....	9
3.1 Legislativa.....	9
3.2 Základní pojmy	11
3.3 Zdroje vody v ČR	14
3.4 Vlastnosti vody a její složení.....	25
3.5 Spotřeba vody	30
4 Vnitřní vodovod.....	31
4.1 Ochrana proti zpětnému nasátí vody	31
4.2 Příprava teplé vody.....	37
4.3 Legionella pneumophila.....	46
4.4 Úspory vody.....	54
5 Vnější kanalizace	64
5.1 Stokové sítě a kanalizační přípojky	64
5.2 Splaškové stoky a potrubí.....	67
5.3 Dešťové stoky.....	67
5.4 Kanalizační systémy.....	70
6 Vnitřní kanalizace	79
6.1 Připojovací potrubí.....	85
6.2 Splašková odpadní potrubí	88
6.3 Dešťová odpadní potrubí	90
6.4 Větrací potrubí	91
6.5 Odvádění dešťových vod ze střech	93
6.6 Přivzdušňovací ventily	103
6.7 Kanalizace ve výškových budovách	108
6.8 Odvodnění podzemních prostor	115
7 Hospodaření s odpadními vodami	132
7.1 Odpadní voda	132
7.2 Likvidace splaškových odpadních vod.....	138
7.3 Předčištění odpadních vod	150
7.4 Decentrální čištění odpadních vod	162
7.5 Zpětné využití dešťových odpadních vod	165

Předmluva

Výukový materiál „Ekologické systémy budov“ je určen pro výuku posluchačů magisterského programu Inteligentní budovy na fakultě stavební ČVUT Praha. Obsah a zaměření vychází z poznatků a informací získaných v bakalářských studijních programech se zaměřením na problematiku zdravotní techniky v budovách. Cílem obsahu tohoto materiálu je tedy rozšíření problematiky zdravotně-technických systémů, jejich návaznost na vnější systémy, nové trendy a alternativní způsoby hospodaření s vodou v budovách i mimo ně. Stále širší uplatnění inteligentních systémů v těchto oblastech a měnící se legislativa vyžaduje aktualizaci této problematiky pro dostatečnou orientaci studenta v oboru. Materiál předpokládá základní znalost v oboru zdravotní techniky na úrovni bakalářského studia a rozšiřuje ji o informace z oblasti vodárenství a vybrané problematiky, které nejsou obsahem bakalářského studia. Výukový materiál vychází z aktuálního stavu legislativy (norem, předpisů, vyhlášek a nařízení) platného do srpna roku 2010.

Skriptum je studijní materiál a předpokládá se, že si posluchač jednotlivá témata doplní o výklad na přednáškách, dalším studiem doporučené literatury a informacemi z odborných exkurzí absolvovaných v rámci předmětu.

1 Úvod

V souladu s vývojem nových technologií se v oblasti zdravotní techniky v budovách uplatňují stále více systémy hospodaření s vodou, které podle požadavků uživatele zajišťují optimální zásobování objektu, odvod vody mimo objekt či její zpětné využití. Kromě přímého využití vody v budovách pro základní lidské potřeby je toto médium s výhodou používáno i v dalších oblastech technických zařízení budov jako např. základní teplotonosná či chladicí látka, zdroj obživy pro rostliny, sportovní vyžití v podobě bazénů či odraz architektury v podobě fontán apod. Většina vody související s existencí a provozem objektu je v současné době využívána poměrně nevhodně a nakládání s vodou má často negativní dopad na prostředí mimo objekt. Jedná se především o životní prostředí okolo nás, ale nakonec i provozní a investiční náklady spojené s provozem objektu. Aktuálním a stále častějším argumentem pro změnu v hospodaření s vodou v budovách bude v budoucnu jistě její cena, ale i dopad na životní prostředí v podobě povodní či zhoršení kvality přírodních zdrojů vody. Žijeme naštěstí v oblasti světa, kde je zatím vody dostatek a stále je to médium dostupné pro všechny vrstvy obyvatelstva. To vše ale za cenu složitého a drahého získávání z dostupných podzemních a povrchových zdrojů a její úpravy ke konečnému spotřebiteli.

Hlavními kritérii, která se berou v úvahu při návrhu systémů hospodaření s vodou, jsou zejména hlediska ekonomická (investice a provoz), energetická (energetická náročnost zařízení) a environmentální (vliv na životní prostředí – znečištění recipientu, povodně).

Stejně jako u všech systémů technických zařízení budov je třeba zohlednit při návrhu energii spotřebovanou v průběhu provozu, investiční náklady, provoz a údržbu jednotlivých zařízení během životnosti. To je vzhledem k současné ceně vody často velmi složitý úkol, nicméně podle vývoje cen v posledním desetiletí a rozvoji nových technologií se toto může velmi rychle měnit.

Součástí každého stavebního díla mohou být různé systémy hospodaření s vodou, jako např.

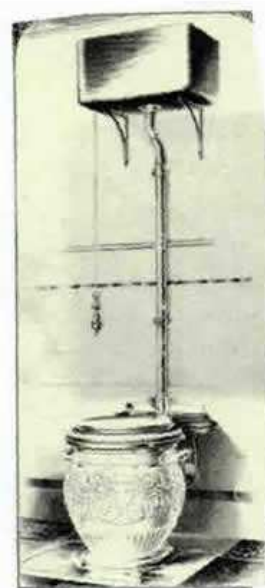
- rozvod pitné vody
- rozvod užitkové vody
- příprava a rozvod teplé vody
- zpětné využití odpadní vody
- přečerpání odpadní vody
- odvod odpadních vod
- využití vody pro požární účely aj.

Následující materiál je tedy pro studenty posledních ročníků magisterského studia komplexním pohledem na celkovou problematiku hospodaření s vodou

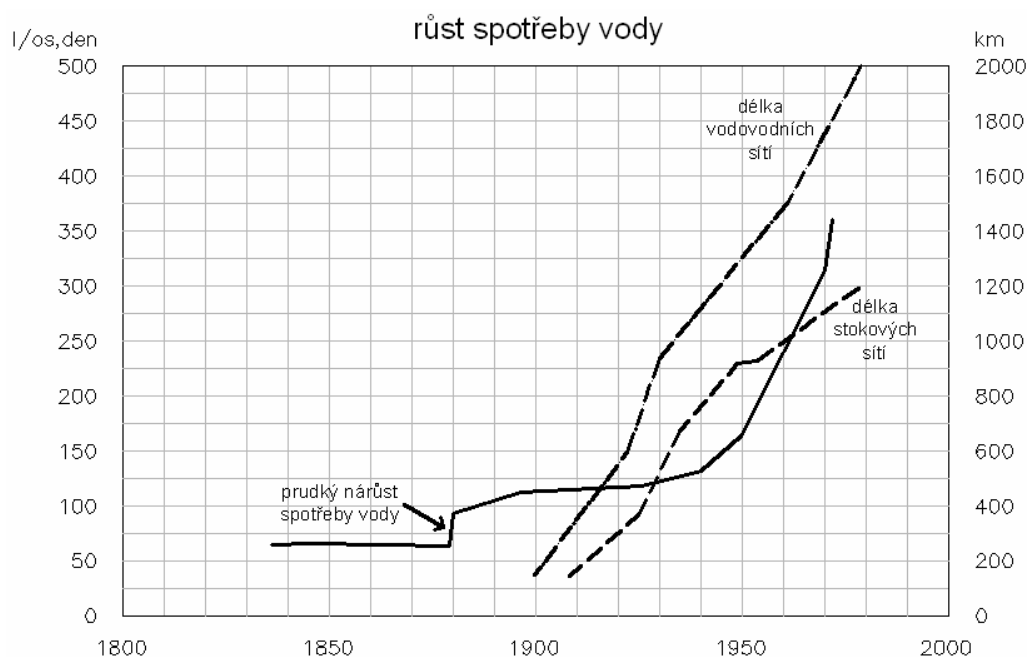
v budovách v širších souvislostech s důrazem na environmentální a ekonomické dopady jednotlivých řešení.

2 Z historie zdravotní techniky

Pro vývoj zdravotní techniky v novodobé historii v souvislosti s vnějšími a posléze vnitřními instalacemi v objektech je důležité období druhé poloviny 19. století. Ta představovala zásadní přelom v hygieně bydlení díky bouřlivému rozvoji v oblasti kanalizace, vodovodů, ale i plynu. V roce 1843 se poprvé v Evropě, v Hamburku, zavádí jednotná kanalizace, do níž se svádějí i fekálie ze záchodů. Po přelomu 19. století se pak začíná zavádět kanalizace i v ostatních městech v Evropě, začínají se užívat nálevkovité záchodové mísy a kameninové kanalizační trubky. Od 60. let 19. stol. se objevují porcelánové záchodové mísy (obr. 2.1), lité trubky a začíná se od r. 1886 vyrábět bezešvé ocelové potrubí. V Anglii se od roku 1860 předepisují splachovací záchody, v Praze se ojedinele objevují od roku 1870. Právě odvod odpadní vody z WC má zásadní význam pro zlepšení hygieny v obytných prostorech. Dochází tím vlastně k propojení vodovodní sítě s kanalizační a od tohoto okamžiku se množí další technická hygienická zařízení. Začíná se klást důraz na čištění odpadních vod, zřizují se čistící stanice jako nová zařízení patřící nezbytně k běžnému vybavení měst. Postupně se přistupuje k odželezování vody, roku 1875 je v Praze ustanovena vodárenská komise, jejímž úkolem je vypracovat program zajištění pitné vody. Zahajuje se výstavba nových modernějších vodáren s filtračními zařízeními, osazují se přípojky, vodoměry a místo surové říční vody se dodává přirozeně filtrovaná vltavská voda přímo do domů. V Praze se roku 1882 ruší veřejné kašny, což znamená prudký nárůst ve spotřebě vody (obr. 2.2).



obr. 2.1 – splachovací záchod z přelomu 19. století



obr. 2.2 – růst spotřeby vody v Praze v období 1840-1970

K období druhé poloviny 19. stol se rovněž vztahují první konkrétní zmínky o ohřevu užitkové vody plynem (obr. 2.3). V roce 1895 si dal Johann Vaillant patentovat plynový ohřev vody v uzavřeném systému.



obr.2.3 – ohříváč vody z počátku 20. století

První polovina 20. století

Na počátku 20. století je v Evropě budována soustavná splachovací kanalizace, v Praze se začala zřizovat v roce 1902. V roce 1908 byla zahájena výstavba jednotného vodovodu v Praze, který byl dokončen v roce 1913 a nahradil dodávky přirozeně filtrované vltavské vody. Ruku v ruce s tím jde zdokonalování čistících stanic. V té době se již běžně vyrábějí lité i ocelové trubky. V roce 1902 se ve světě poprvé zavádí pravidelné chlorování pitné vody, což je

neobyčejný hygienický pokrok.

V první polovině 20. stol. dochází k postupné integraci všech instalací v syntetické celky – systémy, které se aplikují při průmyslové výrobě hygienických center budov. Velký pokrok v tomto období vykazují domovní instalace, standard bydlení dostupuje v této oblasti značné výše. V nových domech se díky rozšíření plynových ohříváčů jako součást bytové instalace objevuje centrální rozvod teplé vody nebo alespoň plynové či elektrické ohříváče, objevují se umyvadla a kuchyňské dřezy. Běžné jsou již záchodové mísy se splachovacími zařízeními, objevují se bidety, domovní a dvorní vpusti, žumpy se ve městech již téměř nevyskytují, ty se omezují na oblast venkova. Sanitární zařízení, jako záchodové mísy a umyvadla se vyrábí keramické, vany jsou lité či smaltované. Rozvoj kanalizačních zařízení probíhá souběžně se zařízeními vodovodními. Pravidla upravující kanalizaci a vodovody se začínají vydávat v normách, během 2. světové války se o jednotnou normu snažilo Německo.

Období po 2. světové válce

Již před 2. světovou válkou se vyskytovaly domy s ústředním vytápěním a ústřední přípravou teplé vody, které byly vybaveny často i dvěma vodoměry – jedním pro koupelnu a WC a druhým pro kuchyň. Dispoziční uspořádání sanitárních místností bylo uvolněné, se dvěma instalačními vertikálními vedeními. Snahy po zlevnění domovních instalačních vedení dospěly, zejména po druhé světové válce, k pokusům soustředit sanitární místnosti do jednoho místa v bytě. Výsledkem těchto snah byla tzv. instalační jádra, spojující kanalizační, vodovodní, event. i topná a větrací zařízení, patřící k jednomu bytu.

Ta se vztahují především k panelové výstavbě bytových domů, k jejímuž rozmachu u nás došlo v období po únoru 1948, v souvislosti se znárodněním stavebnictví. Největší rozmach prodělala panelová výstavba v 60. a 70. letech 20. století.

Podstatou panelové výstavby v minulých letech bylo vytvoření mnohonásobně opakovatelného vzorového řešení, umožňujícího zprůmyslnění výroby jednotlivých součástí. V oblasti zdravotní techniky byla tato myšlenka dovedena do důsledku v řešení bytových jader.

Současnost

Snaha soustředit rozvody zdravotní techniky, ale i jiné instalace, do instalačních celků je používána pro její nesporné výhody i dnes. Výhody tohoto způsobu vedení spočívají zejména v možnosti jednoduché výměny instalací bez větších zásahů do stavební konstrukce, soustředění armatur a měřicích prvků do neobytných místností a možnosti souběžného vedení ostatních instalací.

Poměrně velkou revoluci v oblasti zdravotní techniky znamenal v 80. a 90. letech nástup nových materiálů jak pro potrubí či armatury, tak pro zařizovací předměty. Postupem času se v běžných instalacích používají zejména plasty, a to jak pro rozvody vody, kanalizace, tak v poslední době i plynu. Značný technický pokrok v oblasti čerpání vody potrubím ve vnějších sítích či stavebních objektech zaznamenal rozvoj čerpací techniky. Díky konstrukcím umožňujícím regulaci těchto zařízení odběrovým požadavkům sítě v podobě změny jejich výkonu dochází jednak k větší hydraulické stabilitě a zároveň k úsporám energie pro pohon těchto zařízení. Tímto směrem se tedy ubírá i další vývoj.

3 Hospodaření s vodou

3.1 Legislativa

Základním dokumentem v oblasti hospodaření s vodou obecně je zákon č. 254/2001Sb. o vodách, tzv. „vodní zákon“. V současné době však probíhá jeho novelizace a nahradí ho v nejbližší době zákon č. 150/2010 Sb. Novelizace tohoto zákona v posledním desetiletí velmi úzce souvisí s hospodařením s vodou v budovách a jejich bezprostředním okolí. Účelem zákona je vymezit právní rámec v oblasti vodního hospodářství, nicméně právě v oblastech jako je zásobování obyvatel pitnou vodou, likvidace odpadních vod či řešení srážkových vod je tlak na změnu zákonných ustanovení ve prospěch ochrany jak vodních ekosystémů, na nich závisících suchozemských ekosystémů, vodních zdrojů, tak ochrany obyvatel například před povodněmi. Vodní zákon je základním dokumentem pro rozhodování stavebních a vodoprávních úřadů spolu s vyhláškami, nařízeními vlády a nakonec samotnými technickými předpisy, normami apod. Dále je uveden souhrnný výčet

legislativy, ze které vychází obsah výukového materiálu. V jednotlivých kapitolách je pak legislativa citována přímo v textu.

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

Zákon č. 274/2001 Sb. - o vodovodech a kanalizacích a související předpisy

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

Vyhláška č. 252/2004 Sb. kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody

Vyhláška č. 428/2001 Sb. kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů

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

Vyhláška č. 194/2007 Sb. kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům

Nařízení č. 61/2003 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech

ČSN 75 0101 - Vodní hospodářství – Základní terminologie

ČSN 75 0150 - Vodní hospodářství - Terminologie vodárenství

ČSN EN 752 - Odvodňovací systémy vně budov

ČSN 75 0130 - Vodní hospodářství. Názvosloví ochrany vod a procesů změn jakosti vod

ČSN EN 12056-5 Vnitřní kanalizace - Gravitační systémy - Část 5: Instalace a zkoušení, pokyny pro provoz, údržbu a používání

ČSN EN 12056-1 Vnitřní kanalizace - Gravitační systémy - Část 1: Všeobecné a funkční požadavky

ČSN EN 12056-2 Vnitřní kanalizace - Gravitační systémy - Část 2: Odvádění splaškových odpadních vod - Navrhování a výpočet

ČSN EN 12056-3 Vnitřní kanalizace - Gravitační systémy - Část 3: Odvádění dešťových vod ze střech - Navrhování a výpočet

ČSN EN 12056-4 Vnitřní kanalizace - Gravitační systémy - Část 4: Čerpací stanice odpadních vod - Navrhování a výpočet

ČSN 75 5115 - Jímání podzemní vody

ČSN EN 806-1 Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě - Část 1: Všeobecně

ČSN EN 806-2 Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě - Část 2: Navrhování

ČSN 06 0830 Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení

ČSN EN 1717 Ochrana proti znečištění pitné vody ve vnitřních vodovodech a všeobecné požadavky na zařízení na ochranu proti znečištění zpětným průtokem

ČSN EN 1091 - Venkovní podtlakové systémy stokových sítí

ČSN EN 1671 - Venkovní tlakové systémy stokových sítí

ČSN EN 858-1 - Odlučovače lehkých kapalin (např. oleje a benzinu) - Část 1: Zásady pro navrhování, provádění a zkoušení, označování a řízení jakosti

ČSN EN 858-2 - Odlučovače lehkých kapalin (např. oleje a benzinu) - Část 2: Volba jmenovité velikosti, instalace, provoz a údržba

ČSN EN 1825-1 - Lapáky tuku - Část 1: Zásady pro navrhování, provádění a zkoušení, označování a řízení jakosti

ČSN EN 1825-2 - Lapáky tuků - Část 2: Výběr jmenovitého rozměru, osazování, obsluha a údržba

3.2 Základní pojmy

V každém oboru je předpokladem vzdělaného člověka dobrá základní znalost jednotlivých pojmů. Níže jsou uvedeny důležité pojmy ze současně platné legislativy v návaznosti na obsah těchto skript. Kromě samotných definic zde uvedených je vždy v příslušné kapitole zabývající se danou problematikou tento pojem rozšířen a uveden do souvislostí. Pojmy jsou jak z oblasti zdravotechiky, tak z oblasti vodárenství.

Čerpací stanice odpadních vod - zařízení vnitřní kanalizace pro shromažďování a automatické čerpání splaškových odpadních vod obsahujících fekálie nebo bez nich, popř. i dešťových vod, do výšky nad hladinu zpětného vzduť, s napojením na venkovní stokovou síť.

Čerpaný průtok Q_p - průtočné množství, které čerpá čerpací zařízení čerpací stanice odpadních vod v provozní bodě na celkovou dopravní výšku.

Dešťová voda - přirozená srážková voda, která nebyla znečištěna použitím.

Dopravní výška H_p - výtlačná výška, kterou překonává čerpací zařízení čerpací stanice odpadních vod hydrostatickou a tlakovou ztrátovou výšku ve výtlačném potrubí, aby dosáhlo provozního bodu.

Hladina zpětného vzduť - maximální hladina, které mohou odpadní vody v kanalizačním systému dosáhnout.

Hladina zpětného vzduť - vypočtená nebo skutečně se vyskytující hladina odpadních vod v odvodňovacím systému daná hydraulickými podmínkami po proudu NP5).

Jednotná soustava - soustava ke společnému odvádění znečištěných a srážkových povrchových vod jednou sběrnou soustavou.

Kanalizace - provozně samostatný soubor staveb a zařízení zahrnující kanalizační stoky k odvádění odpadních vod a srážkových vod (dále jen „odpadní vody“), kanalizační objekty včetně čistíren odpadních vod, jakož i stavby k čištění odpadních vod před jejich vypouštěním do kanalizace.

Oddělovací komora - objekt nebo zařízení na jednotné soustavě, které odděluje nadměrné průtoky.

Oddílná soustava - soustava, obvykle s dvěma stokami, z nichž jedna odvádí znečištěné a druhá srážkové povrchové vody.

Odpadní voda - voda změněná použitím, nebo odvedená do systému stokových sítí a kanalizačních přípojek. Vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z nich odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody jsou i průsakové vody z odkališť nebo ze skládek odpadu.

Pitná voda - zdravotně nezávadná voda určená k pití a jiné konzumaci, jejíž jakost odpovídá obecně závaznému předpisu (ČSN 75 0150).

Podzemní voda - voda vyskytující se přirozeně pod zemským povrchem v pásmu nasycení v přímém styku s horninami včetně vody protékající podzemními drenážními systémy a vody ve studních.

Potřeba vody - množství vody za jednotku času potřebné ve zdroji ke splnění daného účelu.

Povrchová voda - voda vyskytující se přirozeně na zemském povrchu včetně vody protékající přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních.

Provozní objem; užitiný objem - čerpaný objem mezi zapínací a vypínací hladinou.

Přívzdušňovací ventil - konstrukční součást systému vnitřní kanalizace, která umožňuje vstup vzduchu do potrubí, zamezuje však úniku stokového plynu NP1.

Retence vody - dočasné přirozené nebo umělé zadržení vody na povrchu terénu, v půdě, v korytě toku, vodní nádrži apod.

Retenční nádrž - objekt sloužící k zadržení dešťových srážek a jejich následnému řízenému odtoku.

Revizní šachta - kanalizační šachta s odnímatelným poklopem, umístěná na stoce nebo potrubí, která umožňuje kontrolu z povrchu, neslouží však ke vstupu osob.

Shybka - tlakový úsek gravitační stoky nebo potrubí, který je uložen níže než navazující úseky proti a po proudu, umožňující podchod překážky NP7).

Smyčka proti zpětnému vzduť - část výtlačného potrubí čerpací stanice odpadních vod nad hladinou zpětného vzduť.

Spadiště - objekt, propojující stoky nebo potrubí v různých výškových úrovních, se svislou troubou vyústěnou do dna nebo bezprostředně nad dno nejnižší ležící stoky nebo potrubí NP4).

Specifická potřeba vody - množství vody za jednotku času připadající na jednoho obyvatele nebo na jednotku, charakterizující určitý výrobní nebo nevýrobní proces.

Spotřeba vody - množství vody, které se při jejím užití spotřebuje a nevrací se bezprostředně do povrchových nebo podzemních vod.

Srážková voda - povrchová voda, která vzniká dopadem atmosférických srážek na povrch staveb.

Stokový systém - síť stok, kanalizačních přípojek a objektů k odvádění odpadních vod do čistírny nebo jiného místa zabezpečení.

Unášecí schopnost - schopnost vodního proudu ve stoce nebo potrubí unášet pevné částice, které by se jinak usadily.

Užitková voda - zdravotně nezávadná voda, která není určena k pití nebo jiné konzumaci.

Voda nepitná - souhrnný název pro všechny jiné druhy vod než je voda pitná.

Vodní recipient - vodní útvar přijímající vody z určitého povodí včetně vod odpadních.

Vodní zdroj - vodní útvar povrchové nebo podzemní vody, kterou lze použít pro uspokojení potřeb člověka.

Vodovod - provozně samostatný soubor staveb a zařízení zahrnující vodovodní řady a vodárenské objekty, jimiž jsou zejména stavby pro jímání a odběr povrchové nebo podzemní vody, její úpravu a shromažďování.

Vstupní šachta - kanalizační šachta s odnímatelným poklopem, umístěná na stoce nebo potrubí, která umožňuje vstup osob.

Vydatnost vodního zdroje - množství vody, které může poskytovat vodní zdroj za časovou jednotku v daném okamžiku; pro delší období se stanoví vydatnosti průměrné, minimální, maximální.

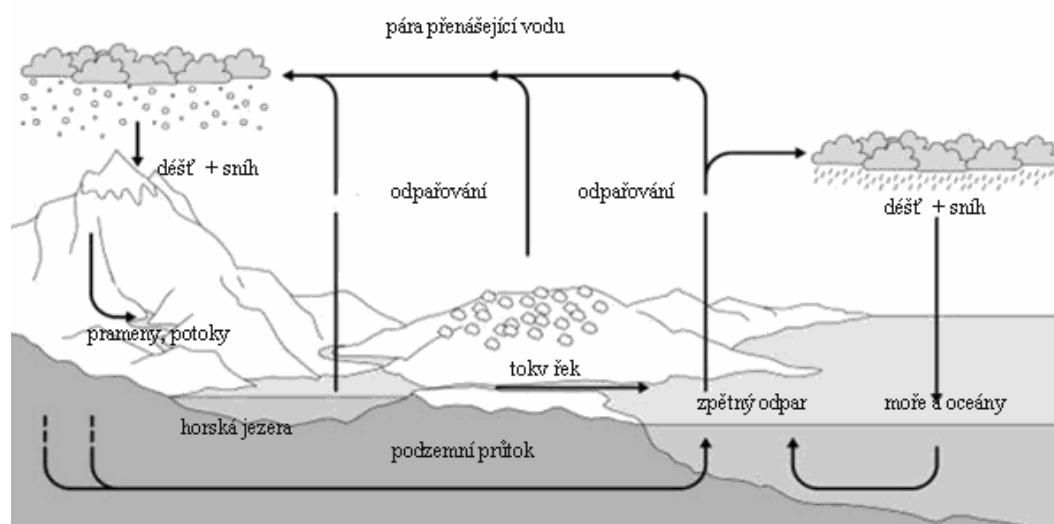
Výustní objekt - objekt nebo místo, ze kterého vody vytékají do čistírny nebo vodního recipientu.

3.3 Zdroje vody v ČR

Voda

Voda je jednou ze základních látek potřebných pro existenci života na Zemi. Je nepostradatelná pro všechny formy života. Všechny živé organismy (lidé, zvířata i rostliny) obsahují vodu, a to z větší části. Lidské tělo obsahuje 70 % a rostliny až 90 % vody. Už ztráta 20 % tělesné vody je smrtelná.

Většinu povrchu Země (71 %) pokrývá slaná voda moří a oceánů, jež tvoří 97 % celého vodstva na naší planetě. Sladká voda tvoří jen nepatrnou část hydrosféry - 3 %, přičemž 69 % této vody je v ledovcích, které jsou v polárních oblastech. Dalších 30 % je voda podzemní a jen necelé procento tvoří voda povrchová a atmosférická.



obr. 2.3.1 - Koloběh vody na Zemi

Koloběh vody

Koloběh vody (obr. 2.3.1) spočívá v odpařování z volné vodní hladiny (moře, jezera, řeky...) a v důsledku změny prostředí v atmosféře, zejména ochlazení ve vyšších vrstvách atmosféry, pak k její kondenzaci. Neustále se vypařuje z vodní plochy i pevniny obrovské množství vody, stejné se však vrací na povrch v podobě srážek deštěm, sněhem, rosou a námrazou. Voda proniká vsakováním také do zemského masivu, kde se soustřeďuje do podzemních vod, vodonosných vrstev a podzemních jezer. Rozpouštěním některých hornin se obohacuje o různé minerální látky. V důsledku sil pod zemským povrchem či samotnou strukturou podloží voda vyvěrá na zemský povrch a dostává se přirozeným odtokem zpět do moří a oceánů.

Sladkovodní zdroje tvoří pouze nepatrnou část (2,77 %) celkového množství vody na zemské kouli. Zbytek je slaná voda v mořích a oceánech.

Povrchová voda

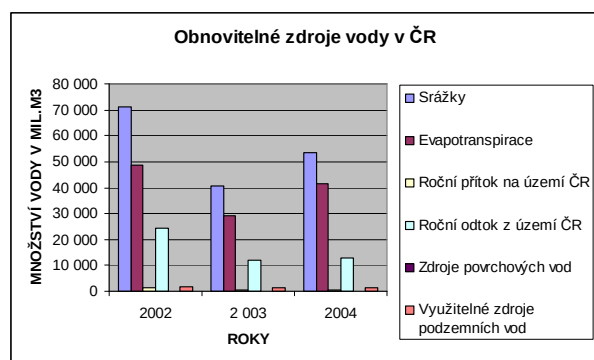
Pokud oddělíme vodu v ledovcích, v atmosféře, organismech a půdě, dostáváme povrchové zdroje, které činí pouze 0,34 %. Ty jsou navíc velmi nerovnoměrně rozdělena v prostoru i v čase. Proto i v našich podmínkách dochází ke značným výkyvům v množství vody v povrchových zdrojích z důvodu proměny počasí. V současné době existuje 195 významných nádrží a přes 23 000 rybníků a drobných vodních nádrží. Díky dlouhodobé výstavbě vodních děl je zásobování vodou bez výrazných problémů. Z povrchových zdrojů je připraveno přes 54 % pitné vody.

Zdroje vody v ČR

Česká republika má díky své geografické poloze a utváření reliéfu specifické postavení. Území leží na rozvodnici tří moří (Severního, Baltského a Černého) a prakticky všechny její významnější toky odvádějí vodu na území sousedních států. Důsledkem této skutečnosti je naprostá závislost našich vodních zdrojů na atmosférických srážkách. Přítok vody ze sousedních států je v podstatě zanedbatelný. Objem obnovitelných zdrojů vody na obyvatele i plochu je tedy podstatně menší než u ostatních států Evropy. Kolísání srážkových poměrů je pak příčinou nerovnoměrných odtokových poměrů, což v konečné bilanci znamená buď povodně nebo naopak extrémní sucho. Celková bilance zdrojů vody je rozdělena do

oblastí, které lze určitým způsobem měřit či podle matematických modelů spočítat. Skládá se z množství srážek dopadajících na zemský povrch, přítoku a odtoku na území ČR, množství využitelných povrchových a podzemních zdrojů a tzv. evapotranspirace. To je celkový výpar, který se vztahuje k určitému území. Výpar se skládá z fyzikálního výparu (evaporace) a fyziologického (transpirace, výdej vody vegetací zejména listy). Určuje se experimentálně nebo výpočtem na základě hodnoty výparu a druhu vegetačního pokryvu.

Na následujícím grafu lze vidět přehled srážek a zdrojů vody v posledních třech letech, kde je vidět výrazný deficit či nadprůměr srážek ve dvou následujících



graf 2.3.2 - přehled srážek a zdrojů vody v posledních třech letech

letech po sobě. Důsledkem těchto výkyvů jsou rozsáhlé povodně v roce 2002 a naopak sucho v roce 2003.

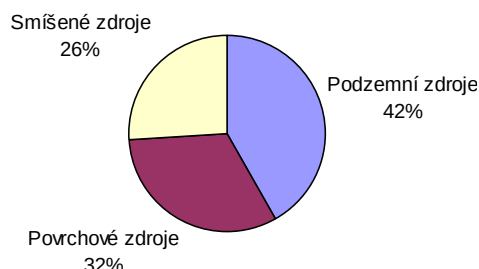
To lze považovat také za extrémní jev, který ovšem nastává nenápadně a má obvykle dlouhodobé důsledky.

Agronomické sucho ve vegetační sezoně poškozuje zemědělskou produkci a dlouhotrvající

sucho (hydrologické), přináší problémy v zásobování vodou. Pokles průtoků ve vodních tocích působí výrazné změny vodních ekosystémů. Jen v Evropě v roce 2003 zemřelo v důsledku vysokých teplot a sucha několik tisíc lidí. Jedná se zejména o oblasti Francie, Španělska a Portugalska. Pokles hladiny vodních toků i hladiny podzemní vody znamená nedostatek pitné vody pro obyvatelstvo s katastrofálními následky. Nezanedbatelným doprovodným jevem sucha na postiženém území jsou i rozsáhlé požáry lesů, které jinak přirozeně zadržují vláhu.

Obyvatelé ČR jsou zásobováni z podzemních, povrchových a smíšených zdrojů. Podíl povrchových a podzemních zdrojů je přibližně na stejné úrovni (obr. 2.3.3), což je dáno jednak klimatickými podmínkami (srážkový úhrny, průměrná teplota) a jednak dlouhodobou politikou v oblasti vodního hospodářství (stavba přehrad, nádrží).

Podzemní voda je čerpána z hloubky několika desítek až stovek metrů a její kvalita je velmi vysoká. To je dáno zejména geologickým složením spodních vrstev, které působí jako přirozený přírodní filtr. Často je tedy možné podzemní vodu bez jakýchkoli úprav použít jako vodu pitnou. Hlubinné podzemní zdroje jsou chráněny nepropustnými vrstvami, takže případné průsaky znečištění z povrchu na kvalitu vody nemají vliv. Česká republika a Slovensko se můžou pochlubit



obr. 2.3.3 - Zdroje vody v ČR

početnými zdroji podzemních a minerálních vod. U nás se vyskytují především ve velkém oblouku od západních Čech, přes severní Čechy až po severní Moravu, v menším měřítku ještě na východní a jihovýchodní Moravě.

Povrchové zdroje vody jsou dány soustavou přehrad a nádrží. Tyto zdroje jsou ovšem závislé na srážkových poměrech. V období srážkových deficitů vzrůstá problém s její kvalitou i množstvím.

Veškeré zdroje pitné vody mají ochranná pásma, kde musí být dodržovány podmínky obecné ochrany dle vodního zákona. Ochranným pásmem se rozumí území stanovená k ochraně vydatnosti, jakosti nebo zdravotní nezávadnosti vodních zdrojů povrchových a podzemních vod využívaných nebo využitelných pro zásobování pitnou vodou. Tato ochranná pásma stanovuje vodní zákon.

Česká republika patří k zemím s největším podílem obyvatelstva (téměř 92 %) zásobeným z vodovodních systémů. To zaručuje vysokou úroveň kvality pitné vody, která je průběžně kontrolována. Stále jsou ale místa bez připojení na veřejné sítě, která jsou obvykle zásobována lokálními podzemními zdroji, zpravidla veřejnými studnami. Veřejné sítě jsou postupně rozšiřovány a počet obyvatel připojených na veřejné vodovody průběžně roste. S ohledem na příznivý vývoj odběrů vody jak z povrchových, tak z podzemních zdrojů, se ve výhledu 15 let počítá s dostatkem vodních zdrojů pro Českou republiku a pravidelným zásobováním obyvatel kvalitní pitnou vodou.

Podzemní zdroje vody – studny

V případě absence veřejného zásobování pitnou vodou z vodovodní sítě nebo individuálním požadavku na zřízení záložního (kombinovaného) zdroje vody je možné zásobovat objekt vodou z podzemního zdroje – studny. Studna je ve smyslu vodního a stavebního zákona druh podzemní stavby, a sice svislé zařízení sloužící k odběru vody. Zásadním ukazatelem pro využití podzemního zdroje vody je její kvalita, tedy fyzikálně-chemické složení. Pro lokální podzemní zdroje vody platí, že podzemní vody jsou na našem území velmi proměnlivé kvality a jen velmi zřídka se vyskytuje zdroj podzemní vody, který by po všech stránkách vyhovoval. Kritéria pro kvalitu vody jsou stanoveny ve vyhlášce ministerstva zdravotnictví č. 252/2004, kterou se stanoví požadavky na kvalitu pitné vody v souladu s legislativou EU. V dnešní době je rozsah antropogenního znečištění podzemních vod natolik značný, že zasahuje nejenom mělké, ale i hlubší akumulace podzemních vod.

V rámci realizace podzemního zdroje je nutné odborně posoudit hydrogeologické poměry zájmové lokality a specifikovat základní hydrogeologické charakteristiky:

- hloubka podzemní vody – je obvykle známa nebo dána geologickým průzkumem, avšak v důsledku míry složitosti geologické stavby to není jednoznačný a definitivní údaj, v průběhu roku může i značně kolísat v závislosti na srážkových poměrech
- hydrogeologická skladba území – je nutné detailně specifikovat horizontální a zejména vertikální skladbu horninového prostředí a vymezit geologické vrstvy, které působí jako místo oběhu a tvorby zásob podzemních vod
- hydraulické propustnostní parametry - propustnostní parametry se získávají z archivní dokumentace nebo se ověřují prostřednictvím hydrodynamických zkoušek (např. čerpací zkouška) na průzkumném objektu před či v průběhu realizace

Výše uvedené informace je třeba porovnat s kapacitními požadavky na zdroj podzemní vody, včetně předpokládaných nárazových "špičkových" odběrů. Tyto údaje vychází z projektové dokumentace objektu, kde lze podle provozu, vybavení a počtu osob stanovit časový průběh spotřeby vody.

Zdroj podzemní vody (studna či vrt) je dle současných právních norem vodohospodářské dílo, jehož zřízení podléhá určitým legislativním postupům. Podle účelu se studny rozdělují na:

- veřejné – zásobování obyvatel pro území s větším počtem obyvatel a objektů (sídliště, skupiny bytových domů, hustá zástavba řadových RD)
- domovní – zásobování pitnou vodou jedné, výjimečně více nemovitostí
- požární – díky akumulaci a vydatnosti umožňují rychlý požární zásah

Z hlediska konstrukce se studny dělí na:

- šachtové - prostor studny je shora přístupný, obvykle v průměrech 1m (min. 0,8m) a více, mohou být kopané nebo spouštěné
- vrtané - studny zhotovené vrtnou soupravou s průměrem větším než 100mm, běžně 150, 200 a 300 mm.

Šachtové studny

Šachtové studny jsou prováděny do menších hloubek (max. 15-20m) z důvodů nákladů na jejich realizaci. Kopaná studna má plášť z prefabrikovaných skruží nebo cihelného, kamenného popř. jiného zdiva a buduje se odspodu v předem vyhloubené šachtě. Spouštěná studna, jejíž plášť se buduje postupně nad terénem a do horninového prostředí se spouští za současného těžení materiálu zevnitř studny.

Nespornou výhodou šachtových studní je velká statická zásoba podzemní vody. Velmi vhodné jsou v prostředí zvětralinového pláště s nízkou propustností, tzn. s nízkým množstvím přítoku podzemní vody do jímacího objektu (v řádu setin až tisícín litru za vteřinu) a mělce zastiženou hladinou podzemní vody (cca do 10 m). Jedná se o stavbu s dlouhou životností a díky přístupu je možné bezproblémové udržení výstroje studny v dobrém stavu. Hlavní nevýhodou je vyšší možnost znečištění vody při malé hloubce a propustném nadloží a možný budoucí pokles hladiny podzemní vody.

Studny je nutno chránit krytem (krycí deskou), který musí být zajištěn proti posunutí a musí zamezit vnikání nečistot do studny. Kryt musí přesahovat vnější líc pláště studny nejméně o 50 mm a být upraven tak, aby voda z něho nemohla stékat na plášť studny. Jeho povrch musí mít sklon k okrajům.

Pokud je nutné větrání studny z důvodu výskytu plynů, musí být provedeno tak, aby bylo vyloučeno znečištění jímané podzemní vody. Při stavbě šachtové studny ze skruží o světlosti 1 m do větší hloubky než 18 m a ze skruží o světlosti 1,5 m do větší hloubky než 15 m se doporučuje zřizovat vyztužovací věnce z prostého betonu ve vzdálenosti 6,0 m, na výšku asi 0,5 m v tloušťce 0,3 m až 0,5 m (podle velikosti mezikruží), které odlehčují vlastní hmotnost výstroje studny, snižují boční tlaky a zabraňují křivení výstroje.

Vrtané studny

Vrtané studny jsou na realizaci jednodušší a tudíž i levnější. Obecně lze říci, že pokud zásoba podzemní vody leží hlouběji pod povrchem terénu a zejména je-li vázána na puklinové systémy, které porušují jinak kompaktní horniny skalního podkladu, je vrtaná studna výhodnější. Jejich nevýhodou je menší možnost akumulace vody pro nárazový odběr a tudíž prudké kolísání hladiny. Lze ovšem očekávat vyšší hodnoty přítoku do vrtu, které snižují nároky na případnou akumulaci.

Vrtané studny musí být opatřeny vhodně upraveným zhlavím. Zhlaví vrtané studny, pokud jím neprochází potrubí, musí být opatřeno odnímatelným víkem. Zhlaví vrtané studny musí být upraveno tak, aby bezpečně zabránilo vnikání nečistot nebo povrchové vody do vrtané studny. Manipulační šachta vrtaných studní musí být vyvedena nejméně 0,5 m nad okolní upravený terén a 0,3 m nad hladinu velké vody (100leté), musí být zajištěna proti vnikání jak povrchové, tak i podzemní vody a její hmotnost se nemá přenášet na zárubnici. Vnitřní průměr manipulační šachty vrtané studny musí být nejméně 1 m, u domovních studní musí být její vnitřní průměr nejméně 0,8 m. Hloubku manipulační šachty je nutno volit tak, aby nemohlo dojít k zamrznutí potrubí, popř. jiných zařízení instalovaných v šachtě. Zhlaví vrtané studny má být ukončeno ve výši nejméně 200 mm nade dnem manipulační šachty.

Požadavky na úpravu okolí studní

Plocha kolem studny do vzdálenosti 10 m nesmí být znečišťována a nejsou na ní dovoleny činnosti, které by mohly zhoršovat jakost podzemní vody. Povrchové vody musí být odváděny mimo studnu a její okolí. Povrchovou vodu a nevyužitou

vyčerpanou vodu (výtokový stojan, pumpa) je nutné odvést do vzdálenosti nejméně 5 m od studny. Kolem studně do vzdálenosti 2,0 m od jejího pláště nebo konstrukce musí být zřízena vodotěsná dlažba nebo jiná ekvivalentní nepropustná úprava povrchu s vyspádováním směrem od studny ve sklonu nejméně 2 %. U domovních studní má být nepropustná úprava provedena do vzdálenosti alespoň 1 m od pláště studny.

S ohledem na možnost znečištění podzemního zdroje jsou stanoveny nejmenší vzdálenosti studní od zdrojů možného znečištění. Dříve byly tyto vzdálenosti uvedeny v ČSN 75 5115, v současné době jsou nejmenší vzdálenosti uvedeny ve vyhlášce č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území. Studna individuálního zásobování vodou musí být situována v prostředí, které není zdrojem možného znečištění ani ohrožení jakosti vody ve studni, a v takové poloze, aby nebyla ovlivněna vydatnost sousedních studní. Vzdálenosti jsou stanoveny na základě propustnosti prostředí v okolí studny a rozlišují pro stanovení prostupné prostředí a málo prostupné prostředí.

Nejmenší vzdálenost studny od zdrojů možného znečištění je stanovena podle druhu možného zdroje znečištění pro *málo prostupné prostředí* v tabulce 2.3.4.

Zdroje znečištění	nejmenší vzdálenost
žumpy, malé čistírny, kanalizační přípojky	12 m
nádrže tekutých paliv pro individuální vytápění umístěné v obytné budově nebo samostatné pomocné budově	7m
chlévny, močůvkové jímky a hnojiště při drobném ustájení jednotlivých kusů hospodářských zvířat	10m
veřejné pozemní komunikace	12m
individuální umývací plochy motorových vozidel a od nich vedoucí odtokové potrubí a strouhy	15m

tabulka 2.3.4 - vzdálenost studny pro málo prostupné prostředí

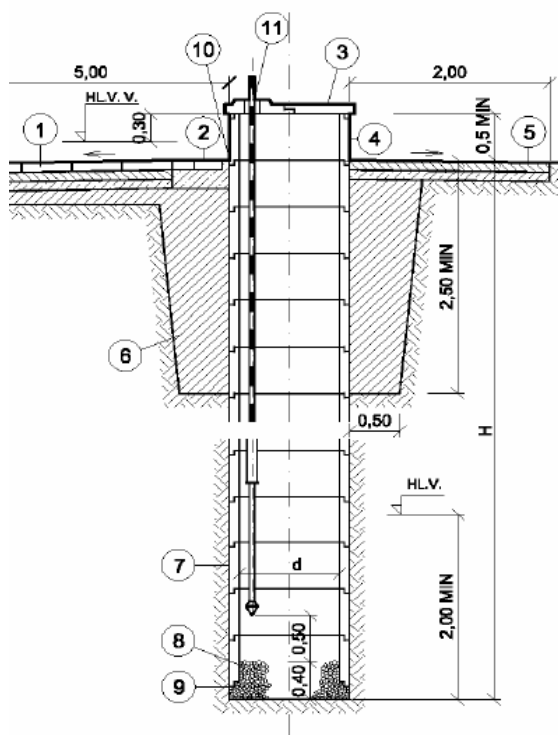
Nejmenší vzdálenost studny od zdrojů možného znečištění je stanovena podle druhu možného zdroje znečištění pro *prostupné prostředí* v tabulce 2.3.5.

Zdroje znečištění	nejmenší vzdálenost
-------------------	---------------------

žumpy, malé čistírny, kanalizační přípojky	30 m
nádrže tekutých paliv pro individuální vytápění umístěné v obytné budově nebo samostatné pomocné budově	20m
chlévny, močůvkové jímky a hnojiště při drobném ustájení jednotlivých kusů hospodářských zvířat	25m
veřejné pozemní komunikace	30m
individuální umývací plochy motorových vozidel a od nich vedoucí odtokové potrubí a strouhy	40m

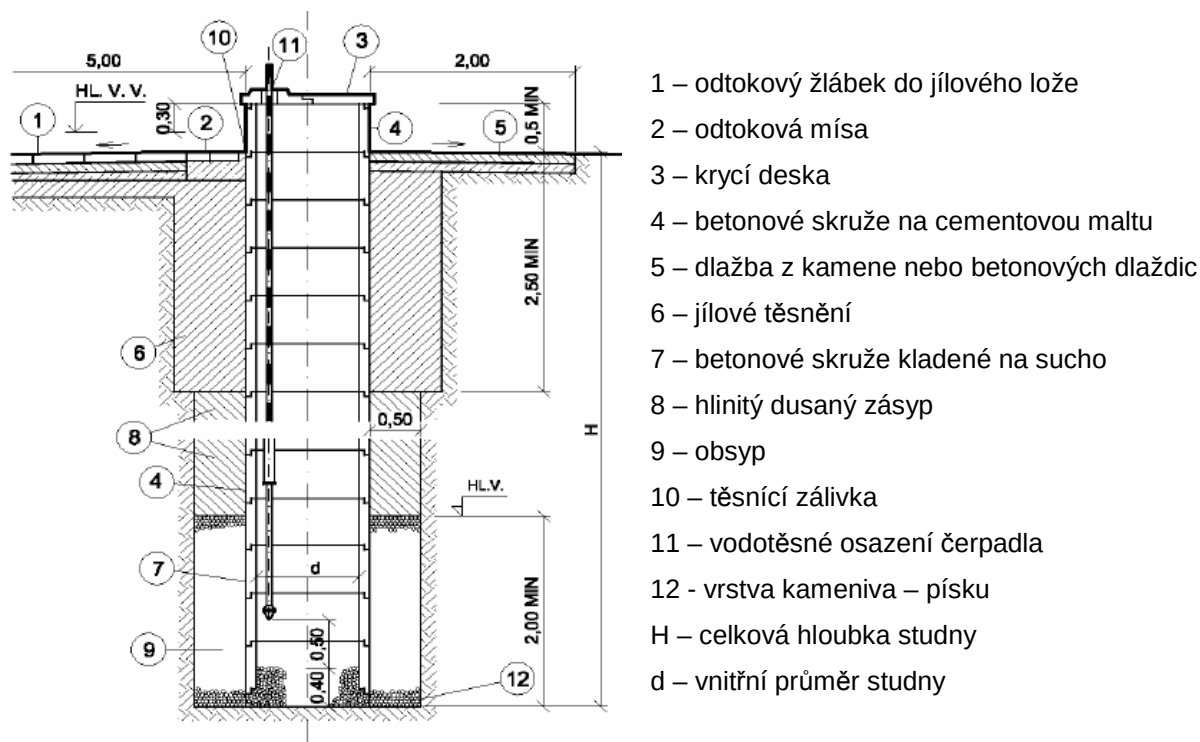
tabulka 2.3.5 - vzdálenost studny pro prostupné prostředí

Stavební provedení studny podle jejího typu a způsobu výstavby musí splnit požadovaná kritéria zejména na úpravu okolí studny, úpravu zhlaví proti znečištění vody ve studni vodou povrchovou, zhotovení krycí a zvodněné vrstvy a podloží. Na obr. 2.3.6 a) až d) jsou tyto požadavky znázorněny v závislosti na technologii provádění studny a jejím vystrojení jímacím zařízením.

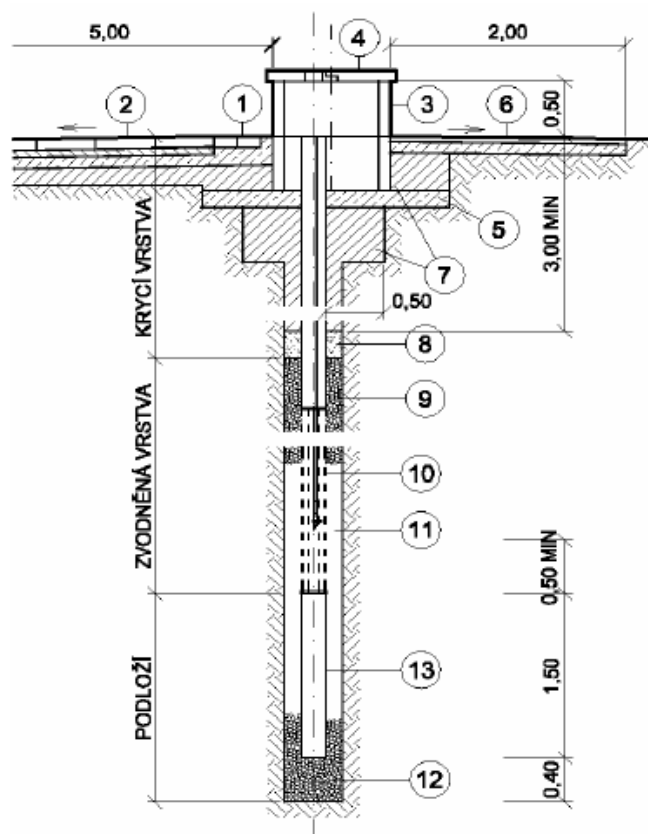


- 1 – odtokový žlábek do jílového lože
- 2 – odtoková mísa
- 3 – krycí deska
- 4 – betonové skruže na cementovou maltu
- 5 – dlažba z kamene nebo betonových dlaždic
- 6 – jílové těsnění
- 7 – betonové skruže kladené na sucho
- 8 – vrstva kameniva – písku
- 9 – břit studny
- 10 – těsnící zálivka
- 11 – vodotěsné osazení čerpadla
- H – celková hloubka studny
- d – vnitřní průměr studny

obr 2.3.6 a) - spouštěná studna z betonových skruží

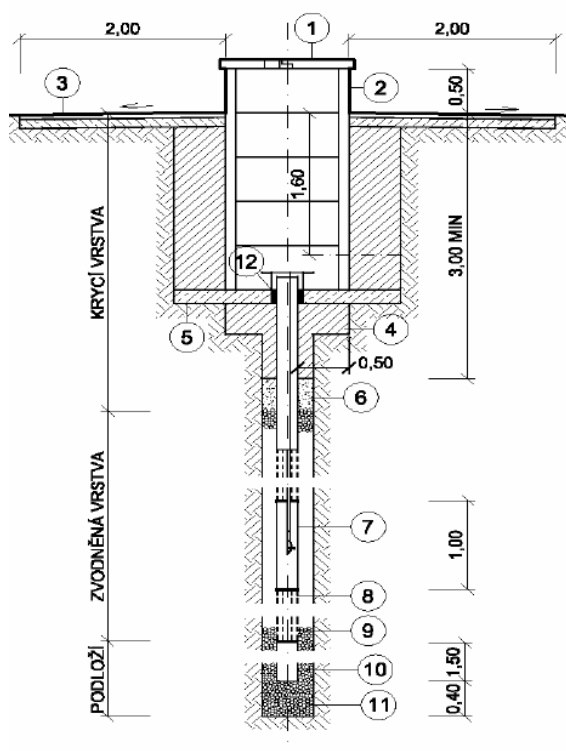


obr 2.3.6 b) - kopaná studna vystrojená betonovými skružemi



- 1 – odkapová mísa
- 2 – odtokový žlábek
- 3 – betonové skruže na cementovou maltu
- 4 – krycí deska
- 5 – betonová deska
- 6 – dlažba na cementovou maltu
- 7 – jílové těsnění
- 8 – zásyp z písku
- 9 – zárubnice plná
- 10 – zárubnice děrovaná
- 11 – obsyp
- 12 - vrstva kameniva – písku
- 13 - kalník

obr 2.3.6 c) - vrtaná studna – s úpravou pro ruční čerpadlo



- 1 – krycí deska
- 2 – betonové skruže na cementovou maltu
- 3 – dlažba na cementovou maltu
- 4 – jílové těsnění
- 5 – betonová deska
- 6 – zásyp z písku
- 7 – zárubnice plná
- 8 – zárubnice děrovaná
- 9 – obsyp
- 10 – kalník
- 11 – vrstva kameniva – písku
- 12 – kryt zhlaví zabraňující přenosu hmotnosti šachty na zárubnici

obr 2.3.6 d) - vrtaná studna – s úpravou pro motorové čerpadlo

3.4 Vlastnosti vody a její složení

Složení vody

Chemicky čistá voda o 100 % koncentraci H_2O se v přírodě nevyskytuje. I pitná voda je směsí minerálů a jiných látek rozpuštěných ve vodě. Množství těchto látek je závislé na původu vody – podzemní voda v sobě při průchodu zeminou rozpouští různé látky, proto je jejich obsah zpravidla vyšší než u vody povrchové, kde je zastoupen vyšší podíl dešťové vody s minimálním obsahem rozpuštěných látek.

Většina látek rozpuštěných v přírodní vodě je pro zdraví člověka prospěšná, a někdy pro správný vývoj dokonce nutná. Pitnou vodou přijímá lidské tělo významnou část důležitých minerálních látek. Chemicky čistá voda by byla naopak pro zdraví škodlivá – vlivem absence rozpustných sloučenin je tato voda z lidského těla odčerpává, což může vést k závažným zdravotním problémům (např. řídnutí kostí úbytkem vápníku a hořčíku, poškození ledvin apod.)

Zejména masivní používání umělých hnojiv v dřívějších dobách mělo za následek hromadné úniky nebezpečných chemických sloučenin do půdy a tím do podzemních vod, stejně tak splachy z polí do vodních toků. Úprava přírodních vod na vodu pitnou je tím pádem náročná a drahá.

Chemické složení vody

Vlivem příměsí přítomných ve vodách zjišťujeme chemickým rozbořem, že prakticky každý zdroj vody má jinou kvalitu. Nejobvyklejšími parametry, které se ve vodě běžně stanovují, jsou pH, tvrdost vody a koncentrace rozpuštěných a veškerých látek, které se pak stanovují jako kationy (vápník, hořčík, mangan, železo, sodík, draslík, zinek, hliník, olovo) nebo jako anionty (chloridy, sírany, fosforečnany, dusičnany, dusitany, hydrogenuhličitany, uhličitany). O obsahu organických látek svědčí hodnoty CHSK (chemická spotřeba kyslíku), TOC (celkový organický uhlík) a BSK (biochemická spotřeba kyslíku) a další skupinová stanovení. V některých

případech je důležitý obsah rozpuštěných plynů (kyslík, oxid uhličitý). Nedílnou součástí popisu kvality vody je i mikrobiologický rozbor.

Požadavky na kvalitu pitné a teplé vody pro zásobování obyvatelstva a zaměstnanců jsou v České republice stanoveny vyhláškou Ministerstva zdravotnictví číslo 252/2004 Sbírky zákonů.

Požadavky na kvalitu přípustného znečištění povrchových a odpadních vod jsou v České republice stanoveny nařízením vlády č. 229/2007 Sb.

Tvrdost vody

Tvrdost vody je termín vyjadřující celkový obsah solí vápníku a hořčíku ve vodě. Tyto minerální soli jsou velmi důležité pro lidský organismus, jejich přítomnost je v pitné vodě žádoucí. V systémech zdravotní techniky je tvrdá voda spíše komplikací, kterou musíme spíše odstranit nebo upravit na přijatelné hodnoty. Podle charakteru přítomných sloučenin je rozlišována:

- Tvrdost přechodná - tvořená uhličitany a hydrogenuhličitany vápenatými a hořečnatými. Ta se může měnit v důsledku změny rovnováhy mezi oxidem uhličitým, uhličitany a hydrogenuhličitany, např. při zahřívání, vaření. To se projevuje vysrážením formou tzv. vodního nebo kotelního kamene na teplosměnných plochách.
- Tvrdost trvalá - tvořená jinými solemi vápenatými a hořečnatými (např. sírany, chloridy, dusičnany, křemičitany, humáty). Tento typ tvrdosti se změnou teploty nebo tlaku nemění.
- Tvrdost celková - je součtem trvalé a přechodné tvrdosti. Povrchová voda je obvykle měkká, protože jejím zdrojem jsou z velké části srážky, které jsou minimálně mineralizovány. Naproti tomu voda z podzemních zdrojů bývá středně tvrdá až tvrdá. Její složení je dáno horninami, kterými voda prochází, a schopností vody rozpouštět jejich jednotlivé složky.

Oficiální jednotkou tvrdosti je jeden milimol na litr [mmol/l]. Stále se však v hojné míře užívají starší jednotky, jako např. stupně německé, značeno jako „N“, příp. „dH“

nebo také stupně francouzské, značeno jako „F“. V každé stupnici jsou odpovídající hodnoty tvrdosti jiné, v tabulce 3.4.1. je přepočítání mezi jednotlivými stupnicemi.

Voda	mmol/l	°dH	°F
velmi měkká	<0,5	<2,8	<5
měkká	0,7 - 1,25	3,9 - 7	7 - 12,5
středně tvrdá	1,26 - 2,5	7,01 - 14	12,51 - 25
tvrdá	2,51 - 3,75	14,01 - 21	25,01 - 37,5
velmi tvrdá	>3,76	>21,01	>37,51

tabulka 3.4.1 – hodnoty tvrdosti vody

Hodnota pH vody

Hodnota pH charakterizuje, do jaké míry je daný vzorek kyselý či zásaditý. Hodnota pH vody je závislá na chemickém a biologickém znečištění vody a na teplotě. Významně ovlivňuje chemické a biochemické procesy ve vodě a proto je její stanovení nezbytnou součástí každého rozboru vody. Umožňuje rozlišit jednotlivé formy výskytu některých prvků ve vodách, je jedním z hledisek posuzování agresivity vody a ovlivňuje účinnost většiny chemických, fyzikálně – chemických a biologických procesů používaných při úpravě a čištění vod.

Pro neutrální hodnoty se pohybuje hodnota pH kolem 7, čím je hodnota nižší, tím je roztok kyslejší, naopak vyšší hodnoty jsou u alkalických roztoků. Destilovaná voda zbavená oxidu uhličitého má při 25°C pH hodnotu 7, při 100°C klesá pH na 6,1. Při 0°C je pH hodnota 7,5. Hodnota pH podzemních, povrchových a většiny minerálních vod se zpravidla pohybuje mezi 5,5 až 8. To se netýká přírodních kyslesek a vod, které se vyskytují v rašeliništích anebo v okolí nalezišť sulfidických rud, jejichž pH je kyselé (2,5 až 4,5). V povrchových nádržích s mikrobiologickým oživením bývá vlivem fotosyntézy pH posunuto do zásadité oblasti nad 8.

Srážkové vody, které pocházejí z neznečištěných oblastí mívají hodnotu pH asi od 5 do 6, ve střední Evropě vzhledem ke znečištění atmosféry oxidy dusíku a síry bývá hodnota srážek 4 až 5, výjimečně byly naměřeny hodnoty kolem 3.

Mezní hodnota pH pro pitnou vodu je 6,5 až 9,5 pro balené vody může být nižší. Pro vodárenské toky platí hodnota pH 6,0 až 8,0 a pro ostatní povrchové vody v rozmezí 6,0 až 9,0. Ve vodě vhodná pro závlahu by měla pH být od 4,5 do 9,0.

Neutralizační kapacita

Většina přírodních a odpadních vod se vlivem obsažených látek vyznačuje určitou tlumivou neutralizační kapacitou (kyselinovou, zásadovou) – to znamená, že při přidávání silné kyseliny, resp. louhu do vzorku vody se pH vzorku nemění přímo úměrně dávce kyseliny resp. louhu, ale v určitém rozsahu má voda schopnost vázat vodíkové nebo hydroxidové ionty.

Neutralizační kapacita se tedy stanovuje titrací kyselinou (kyselinová neutralizační kapacita, zkratka KNK) nebo titrací louhem - zásadou (zásadová neutralizační kapacita, zkratka ZNK) a to většinou do pH 8,3 anebo do pH 4,5 a pH je udáváno jako index.

Chloridy

Patří mezi základní anionty vyskytující se ve vodách. Jejich koncentrace jsou relativně nízké v prostých podzemních vodách (jednotky mg/l) v povrchových vodách se vzhledem k jejich vysoké rozpustnosti postupně zvyšují: např. v labské vodě v profilu Děčín je 20 až 40 mg/l chloridů. V minerálních vodách jsou koncentrace chloridů stovky až několik tisíc mg/l. V mořích je průměrně 20 g/l chloridů, ve vodě Mrtvého moře přesahují i 100 g/l. Chloridy jsou hygienicky nezávadné, při vyšších koncentracích však ovlivňují chuť vody, a to i v závislosti na ostatních kationech. Protože jsou vždy přítomny v odpadních vodách, jsou považovány při větších koncentracích za indikátory fekálního znečištění, a proto jsou limitovány v pitné vodě hodnotou 100mg/l – při zvýšení chloridů vlivem geologického podloží a u mineralizovaných vod se povoluje až 250 mg/l. U povrchových vod, které nejsou zdrojem pitné vody, se povoluje až 250 mg/l chloridů. Zvýšená koncentrace chloridů podporuje vznik a rozvoj koroze kovových materiálů, proto výrobci limitují jejich obsah k oběhové vodě topných a chladících systémů.

Chlor

Chlor je plyn, který se ve vodě přirozeně nevyskytuje. Do vody se různým způsobem dává (chloruje se chlornanem, oxidem chloričitým, chloraminy) k hygienickému zabezpečení pitné vody nebo jako oxidační činidlo při úpravě vody a

při čištění odpadních vod. Chlor ve vodě reaguje s řadou organických látek za vzniku látek, které jsou různým způsobem v pitné vodě škodlivé (chlorfenoly, trichlormetan), proto se stanovuje v pitné vodě znečištění organickými látkami i produkty jejich chlorace. V pitné vodě je povolena koncentrace volného chloru 0,3 mg/l nebo vázaného chloru 0,4 mg/l. Chlorace se také používá k sanačním zákrokům proti mikrobiálnímu znečištění vodovodních systémů.

Kyslík

Kyslík je plyn, který se ve vodě přirozeně vyskytuje. Do vody se dostává jednak difúzí z atmosféry, jednak při fotosyntetické asimilaci vodních rostlin a řas, a naopak se spotřebovává různými chemickými, biochemickými i biologickými procesy. Podzemní vody jsou na kyslík poměrně chudé, v povrchových vodách kolísá koncentrace kyslíku podle toho, zda jde o tok nebo nádrž. V povrchových vrstvách nádrží je jeho koncentrace nejvyšší při hladině, pokud není přirozené promíchávání vrstev, pak směrem dolů koncentrace klesá. V tocích se kyslík spotřebovává při samočisticích pochodech, proto je jeho koncentrace nejvyšší v čistých vodách a naopak nejnižší v organicky znečištěných vodách. Proto je koncentrace kyslíku důležitým indikátorem čistoty povrchových vod.

U povrchových vod, které nejsou zdrojem pitné vody, se požaduje alespoň 6 mg/l kyslíku. V pitné vodě kyslík pozitivně ovlivňuje chuťové vlastnosti vody, jeho obsah není legislativně stanoven.

Obsah kyslíku ve vodě způsobuje korozi kovů, zpravidla její nebezpečnou bodovou (důlkovou) formu. Nebezpečí kyslíkové koroze se potlačuje dávkováním přípravků na pasivaci povrchů kovů anebo termickým či chemickým odplyněním.

Složení vod přírodních, pitných, užitkových a odpadních je tedy velmi rozmanité vzhledem k tomu, že existuje celá řada příměsí a znečištění. Proto je při rozhodování o nezávadnosti, kvalitě či vhodnosti použití zdroje vody potřeba provést rozbor vody a posoudit jej ve všech souvislostech.

V dnešní době jsou zejména v médiích časté diskuse o tom, jaký zdroj pitné vody zvolit. Na českém trhu jsou v současné době dva hlavní druhy pitné vody, a sice

voda z veřejného vodovodu a kupovaná balená voda. Rozdíly v kvalitě sice existují, ale nejsou rozhodně tak zásadní. Díky aktivitám vodárenských společností se spotřebitelé po letech, kdy dávali přednost balené vodě, vracejí k pití vody z kohoutku. Je to správný a logický posun, protože díky rozsáhlé síti a kvalitním technologiím na úpravu vody, kterou Česká republika disponuje, se šetří z přírodními zdroji, které jsou třeba k výrobě, distribuci a nakonec i k likvidaci obalů z vody balené. Voda z veřejného vodovodu je pravidelně a velmi přísně kontrolována. Díky neustálému průtoku ve vodovodní síti je zajištěna její čerstvost, což je hlavní výhoda proti balené vodě, jejíž kvalita může být zásadním způsobem ovlivněna časovým posunem od výroby ke spotřebě. Cena pitné vody z řadu pro pití je oproti vodě balené v podstatě zanedbatelná.

3.5 Spotřeba vody

Zlepšením technického vybavení domácností, změnou technologií a omezení rozsahu průmyslové spotřeby vody vedly v posledních dvaceti letech k dramatickému poklesu spotřeby dodávané vody. Další snížení má za následek nárůst cen vodného a stočného. Platí totiž nepřímá úměra, a sice čím méně vody se upraví na požadovanou kvalitu pitné vody, tím jsou náklady na úpravu jednotkového množství vyšší. V devadesátých letech minulého století činila celková spotřeba vody na osobu okolo 400 l/os,den. Během dvaceti let došlo k dramatickému poklesu téměř o 50%, tedy na cca 200 l/os,den.

Specifická potřeba vody v domácnostech se na začátku devadesátých let minulého století pohybovala okolo 250-300 l/os,den. Poslední statistiky z roku 2008 uvádí, že spotřeba pitné vody v domácnostech se pohybuje v rozmezí 90-120 l/os,den v závislosti na tom, kde se voda spotřebovává. Ve městech je spotřeba vody vyšší a v lokalitách s menším počtem obyvatel a s nižšími příjmy průměrná spotřeba vody na osobu klesá až k hodnotám kolem 60 l/os,den. K tomuto rozdílu přispívají i lokální zdroje pitné vody, které se nachází a využívají hlavně mimo města s velkým počtem obyvatel.

4 Vnitřní vodovod

4.1 Ochrana proti zpětnému nasátí vody

Problematika ochrany vnitřního vodovodu proti zpětnému nasátí vody je všeobecně podceňovaná oblast v systémech vnitřních vodovodů a i když je v legislativě zakotvena již z poloviny minulého století, v praxi se jí při navrhování vnitřních vodovodů věnuje minimální pozornost. V současné době je podrobně řešena zejména v souboru norem ČSN EN 806 a ČSN EN 1717 a dalších souvisejících normách.

Důležité pojmy dle ČSN EN 1717 :

Domovní použití - každé použití pitné vody v obytných domech nebo obdobných budovách:

- běžné použití v obydlích a obytných domech, v hotelích, školách a kancelářích, veřejných budovách apod. (např. kuchyňský dřez, umyvadlo, vana, sprcha, WC, ohřívač vody pro hygienické účely, domácí pračka prádla a myčka nádobí, bidet, zalévání zahrady),
- zvláštní použití vztahující se k podobným upotřebením, pro něž jsou však používány výrobky o nízkých koncentracích, které nejsou nebezpečné pro lidské zdraví (např. oprávněná úprava vody, klimatizace vzduchu),
- v průmyslových a obchodních prostorách je „domovní použití“ omezeno na vodu používanou pro popsání využití/přístroje pro běžné použití v obydlích a obytných domech (např. se netýká vody používané pro výrobní procesy, požární ochranu, ústřední topení a zavlažovací systémy).

Druh ochrany - stanovení principu provozu použitého na ochranné zařízení dané skupiny.

Kontaminace - znečištění vody způsobené stykem nebo smísením s nečistotou; znehodnocení; znečištění; zakalení; zašpinění; zbarvení nebo infikování.

Přepad - zařízení umožňující odvést přirozeným způsobem přebytek tekutiny ze zařízení, když byla dosažena určená hladina.

Přerušení tlaku volným výtokem - volná vzdálenost mezi spodním bodem přepadu odtoku nebo výpusti přístroje nebo zařízení a horním bodem sběrného zařízení této vody.

Vzduchová mezera - vzdálenost mezi nejnižší úrovní vtoku vody a nejvyšší poruchovou nebo kritickou hladinou přístroje nebo zařízení, či přírodním potrubím nebo otvorem pro přívod vzduchu začleněným do hydraulického okruhu.

Zařízení na ochranu proti zpětnému průtoku - ochranná jednotka, tj. zařízení určené na ochranu proti kontaminaci pitné vody zpětným prouděním.

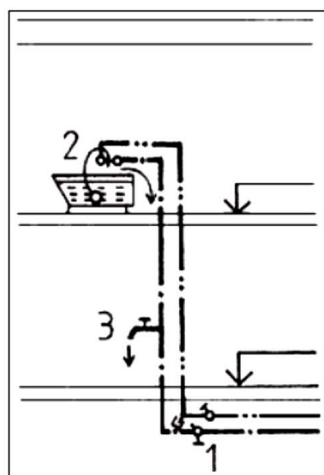
Znečištění pitné vody - každé snížení jakosti pitné vody.

Zpětný průtok - pohyb tekutiny proti určenému směru průtoku v rozvodu pitné vody.

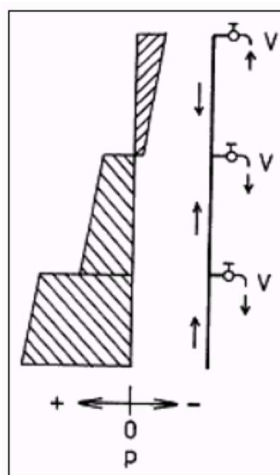
Vnitřní vodovod nesmí vzhledem ke své koncepci a konstrukci umožnit znečišťování veřejné nebo soukromé rozvodné sítě pitné vody zbytkovými látkami, toxickou vodou nebo jakoukoliv nežádoucí látkou. Jakost dodávané pitné vody může být zhoršena, jestliže se již použitá voda vrátí zpět do rozvodné sítě pitné vody.

Zpětné nasátí, a tedy pohyb tekutiny proti určenému směru toku pitné vody, vzniká podtlakem, ke kterému může dojít při:

- uzavření přívodu vody do vnitřního vodovodu nebo jeho části a otevření níže položené výtokové armatury (obr. 4.1.1)
- velké netěsnosti (prasknutí) potrubí vnitřního nebo vnějšího vodovodu
- velkém odběru vody v odběrové špičce v poddimenzovaném potrubí (obr. 4.1.2)
- přetlaku v zařízení napojeném na vnitřní vodovod, ve kterém je vyšší tlak než ve vnitřním vodovodu



1 - uzavřené uzávěry
 2 - sání vody ruční
 sprchou ponořenou pod
 hladinou vody ve vaně
 (nezabezpečená baterie)
 3 - vytékání nasáté vody
 níže položenou
 výtokovou armaturou



V - výtoková
 armatura
 p - tlak
 + přetlak
 - podtlak

obr. 4.1.1 - zpětné nasátí vody při uzavření stoupacího

obr. 4.1.2 - tlakové poměry v

potrubí

poddimenzovaném stoupacím potrubí

Pokud existuje v objektu více zdrojů pro zásobování vnitřního vodovodu pitnou vodou a dojde ke smísení pitné vody z veřejné sítě s vodou z jiného zdroje, musí být veřejná síť chráněna volným výtokem. To lze obvykle zajistit zejména napojením různých zdrojů přes přerušovací nádrž s volným výtokem vody a dále do objektu čerpat vodu čerpací zesilovací stanicí umístěnou v objektu. Pro zajištění požadované kvality vody je nutná průběžná kontrola a odběr vzorků pitné vody z přerušovací nádrže. Rozvod pitné vody je určen pouze pro pitnou vodu a nelze jím dopravovat, a to ani přechodně, jinou tekutinu, jako například různé plyny, chemikálie, topnou vodu, odpadní vodu apod.

Vnitřní rozvod nepitné vody, určený pro jinou, než lidskou spotřebu na vaření, mytí a pití, je nutné vést odděleně od instalace pitné vody a tento rozvod výrazně odlišit a označit (třeba barevně). Výtokové jednotky pak musí být označeny zřetelně viditelnými výstražnými návěstími. Typickým zakázaným propojením je propojení pitné vody z veřejné vodovodní sítě a vody z dalšího zdroje, nejčastěji studny. Bez ohledu na kvalitu vody ve studni, která může vykazovat i lepší hodnoty pro hodnocení parametrů pitné vody, nelze toto propojení provést a odběratel se k tomuto zavazuje i ve smluvním vztahu s dodavatelem vody z veřejné sítě. Další z možných propojení, které se mohou objevit v systémech vnitřních rozvodů a nejsou přípustné, je zpětné využití dešťové odpadní vody, kde dojde k propojení potrubí před zařizovacím předmětem, obvykle WC. Zavedení potrubí až do prostoru splachovací nádržky, kde je možné za určitých podmínek provést přerušování tlaku volným výtokem přes volnou hladinu, je diskutabilní a velmi problematické. Dodržení výšky nad volnou hladinou, volný výtok šířící hluk, integrace paralelního napouštěcího ventilu jsou problematická místa. Stagnace vody v případě nevyužívaných částí úseků potrubí může vést k zhoršení jakosti vody zvýšenou koncentrací látek rozpuštěných nebo suspendovaných, nebo k nárůstu bakterií. Z hygienických důvodů je nutné po době stagnace potrubí propláchnout a potrubí, která se používají jen zřídka anebo po krátkou dobu, se musí po použití uzavřít a

před opětovným uvedením do provozu propláchnout. Potrubí, která se již nepoužívají, musí být odpojena od rozvodné sítě pitné vody.

V rámci běžného použití jsou tekutiny, které jsou nebo by mohly být ve styku s pitnou vodou, zatříděny do pěti tříd:

Třída	Druh tekutiny
1	Voda určená k lidské spotřebě odebíraná přímo z rozvodné sítě pitné vody.
2	Tekutina, která nepředstavuje žádné ohrožení lidského zdraví. Tekutina uznaná jako vhodná k lidské spotřebě, včetně vody odebírané z rozvodné sítě pitné vody, u které případně došlo ke změně chuti, pachu, barvy nebo teploty (ohřevem nebo zchlazením).
3	Tekutina, která představuje určité nebezpečí pro lidské zdraví, vzhledem k přítomnosti jedné nebo více toxických látek (podle směrnice EU 93/21/EHS z 27. dubna 1993).
4	Tekutina, která představuje nebezpečí pro lidské zdraví, vzhledem k přítomnosti jedné nebo více toxických nebo velmi toxických látek (podle směrnice EU 93/21/EHS z 27. dubna 1993) nebo jedné či více radioaktivních, mutagenních, nebo karcinogenních látek.
5	Tekutina, která představuje nebezpečí pro lidské zdraví, vzhledem k přítomnosti mikrobiologických látek a virů.

Typy ochranných jednotek by měly být předmětem projektové dokumentace zdravotně technických instalací podle ČSN EN 1717 a ČSN 73 6660. Ochranné jednotky mohou být buď součástí zařízení (výtokové armatury apod.) připojovaných na vnitřní vodovod, nebo se musejí instalovat před tato zařízení.

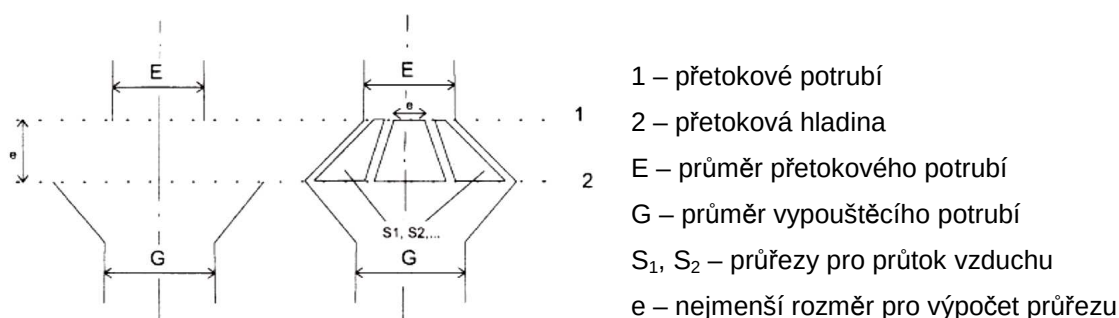
Ochranné jednotky zařízení pro domovní použití jsou uvedeny v tabulce 4.1.3. Pro napojování zařízení (výtokových armatur) k domovnímu použití jsou podle principu zmenšení rizika povolené ochranné jednotky pro nižší třídu tekutiny. Matice ochranných jednotek odpovídající třídám tekutin pro jiné, než domovní použití je uvedena v ČSN EN 1717 v tabulce 2.

Zařízení	Třída	Schválené úrovně jednotek
Armatura s volným výtokem pro umyvadlo, dřez, sprchu, vanu vyjma WC a bidetu	5	Ochranné jednotky odpovídající třídě 2 a EB, ED, HC
Vana s přítokem ponořeným pod homí okraj ^b	5	Ochranné jednotky odpovídající třídě 3
Odběrný uzávěr se šroubením na připojení hadice ^{a, b}	5	Ochranné jednotky odpovídající třídě 3
Zavodňovací systém trávníků - podzemní	5	Ochranné jednotky odpovídající třídě 4
^a Použití pro čištění, mytí nebo zalévání zahrady		
^b Ochranná jednotka musí být instalována nad maximální provozní hladinou		

tabulka 4.1.3 - výběr ochranných jednotek vhodných pro domovní použití

Ochranné celky musí být včleněny do domovních zařízení. Jestliže ze zvláštních technických důvodů nejsou včleněny, potom musí být včleněny v místě zásobování těchto zařízení tak, aby byla zajištěna ochrana pitné vody.

Přerušení tlaku volným výtokem je základní ochrannou jednotkou a může být provedeno úplným odpojením přítokového potrubí od hladiny přepadu nebo vniknutím vzduchu, podle parametrů na obrázku 4.1.4.



obrázek 4.1.4 – přerušení tlaku volným výtokem

Požadavky na volný výtok:

$$b \geq G$$

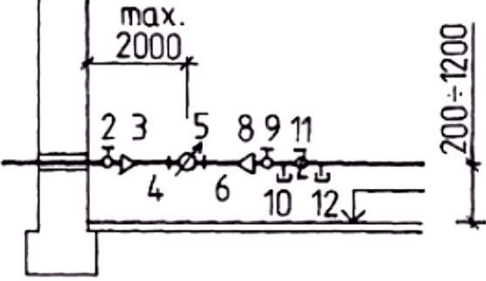
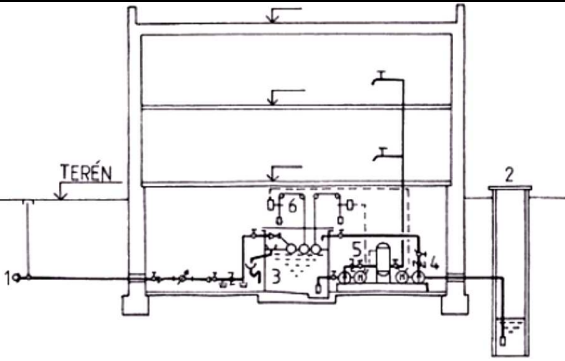
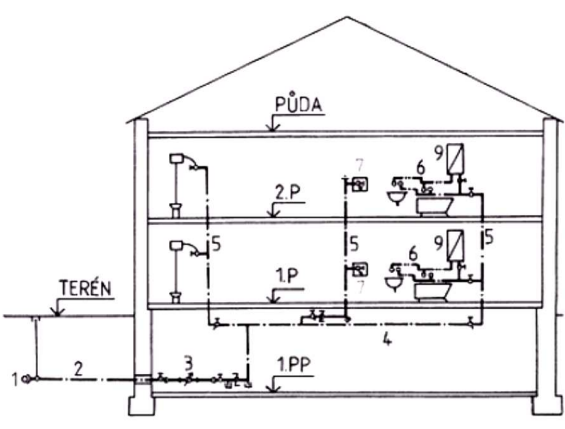
$$b \geq 20 \text{ mm}$$

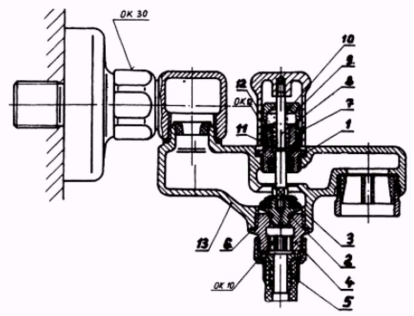
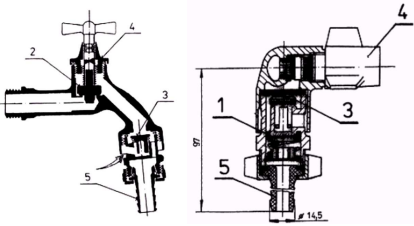
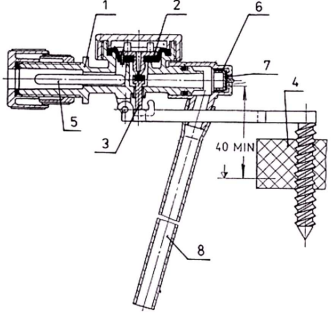
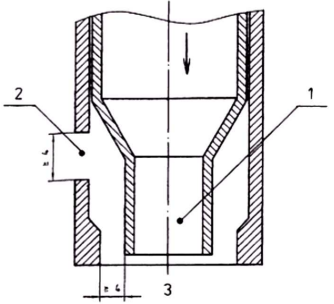
$G \geq E$ a vypouštěcí potrubí (G) musí být schopné odvést celý průtok výtoku

$$S_1 + S_2 + \dots \geq b \times 2\pi G / 3$$

$$e \geq 4 \text{ mm}$$

Následující tabulka 4.1.5 uvádí příklady ochrany vnitřního vodovodu zejména pro domovní použití. Ochrana je postavena zejména na instalaci kontrolovatelných zpětných armatur v celé soustavě, přerušení volným výtokem a pomocí speciálních armatur vybavených přívzdušňovacími a zpětnými ventily a zavzdušňovacími uzávěry. V soustavě vnitřního vodovodu občanské a bytové výstavby je mnoho zařízení, která je nutno připojit přes armatury vybavené ochranou proti zpětnému nasátí a tato místa by měla být jasně deklarována projektovou dokumentací a doložena dodavatelem systému např. prohlášeními o shodě u použitých výrobců.

	Na ochranu veřejného vodovodu v místě napojení vnitřního vodovodu na vodovodní přípojku musí být součástí vodoměrné sestavy kontrolovatelná zpětná armatura, tedy zpětný ventil (zpětná klapka) se zkušební kohoutem.
	Zásobování objektu vodou za dvou nezávislých zdrojů, přičemž jeden z nich je pitná voda z veřejné sítě. Ochrana je provedena přes volný výtok pomocí přerušovací nádrže. Kromě toho je na vodoměrné sestavě klasicky ochrana zpětnou armaturou.
	Vnitřní vodovod s napojením na požární rozvod vody k hydrantům, které jsou napojeny přímo na rozvod pitné vody. Napojení je provedeno přes zpětnou armaturu se zkušební kohoutem. Jednotlivé hadicové systémy v hydrantech nemusejí být podle ČSN 73 6660 proti zpětnému nasátí vody zabezpečeny.

	Ruční sprchy míchacích baterií musejí být zabezpečeny alespoň nekontrolovatelnou zpětnou armaturou. U vanových baterií se používá automatická přepínací armatura, která při podtlaku na přívodu vody do baterie automaticky přepne průtok do výtoku, takže se do vodovodního potrubí nasaje vzduch z výtoku, který je nad okrajem vany.
	Výtokové armatury s připojením na hadici umístěné nad maximální provozní hladinou musejí mít zpětný a přívzdušňovací ventil.
	V případě plnicího zařízení splachovače opatřeného výtokovou trubicou ponořenou pod hladinu vody v nádrže, je nutný speciální zavzdušňovací uzávěr, který je součástí plnicího zařízení. Plnicí zařízení bez výtokové trubky musí splňovat požadavky kladené na volný výtok.
	Pro záchodové mísy se smějí používat jen tlakové splachovače s přerušovačem průtoku s trvalým zavzdušněním z ovzduší podle ČSN EN 12541. Tlakový splachovač musí být instalován tak, aby jeho dolní část byla alespoň 400 mm nad horním okrajem záchodové mísy.
tabulka 4.1.5 - příklady ochrany vnitřního vodovodu	

4.2 Příprava teplé vody

Definice teplé vody vyplývá z ČSN 06 0320, jedná se o ohřátou pitnou vodu vhodnou pro trvalé používání člověkem a domácími zvířaty. Definice pitné vody je dána vyhláškou ministerstva zdravotnictví č. 376/2000 Sb., kde jsou stanoveny mikrobiologické, biologické, fyzikální a chemické ukazatele pitné vody a jejich hygienické limity. Samotnou změnou teploty se pravděpodobně výrazně nezmění její

složení a ukazatele natolik, aby se nedala pít, nicméně k pití není určena proto, že se obvykle nachází v systému, kde hrozí prudké snížení její kvality zejména z hlediska mikrobiologického. Ačkoli je zde legislativní požadavek a snaha různými způsoby zajistit mikrobiální nezávadnost teplé vody v rozvodech teplé vody v různých objektech, riziko mikrobiální kolonizace vždy existuje.

Nejdůležitějším parametrem teplé vody je její teplota, která se liší podle toho, kde se voda v systému nachází a k čemu je určena. Teplota je bezpochyby nejdůležitější parametr jak pro samotného uživatele, tak pro celý systém, a to ze dvou hledisek:

- namáhání celého systému teplotou a tudíž vliv na životnost všech prvků
- energetické ztráty závislé na teplotě při její přípravě a distribuci.

Systémy s rozvodem teplé vody jsou namáhány teplotním zatížením v podobě objemové roztažnosti vody, kterou je nutno kompenzovat zabezpečovacími prvky a délkovou roztažností potrubí, které je nutno opět kompenzovat různými způsoby. Objemová roztažnost je závislá na teplotě vody, vyjádřená součinitelem zvětšení objemu n , který je funkcí hustoty.

$$n = \frac{1000}{\rho_{t,\max}} - \frac{1000}{\rho_{10^{\circ}\text{C}}} = \frac{1000}{\rho_{t,\max}} - 1,0004 \quad [-]$$

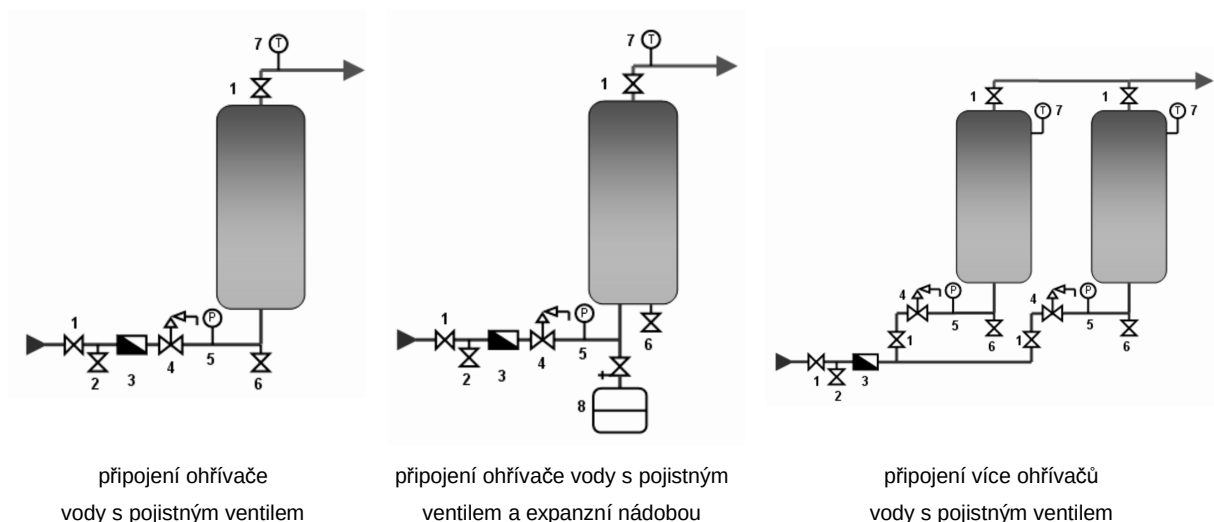
n součinitel zvětšení objemu - poměrné zvětšení objemu vody při jejím ohřátí z teploty 10°C na maximální teplotu vody $t_{\max}$

$\rho_{t,\max}$ hustota vody při maximální teplotě při ohřevu vody

$\rho_{10^{\circ}\text{C}}$ hustota vody při teplotě studené vody 10°C

Zvětšení objemu v zásobníku pak kompenzujeme přes pojistný ventil, to jest zvýšením tlaku v systému na hranici otevíracího tlaku ventilu a odpuštěním vody ze systému, nebo pomocí expanzní nádoby, jejíž objem je závislý na výpočtových tlakových poměrech v systému. Expanzní nádoba musí pojmut nejméně 4 % celkového objemu vody určené k ohřevu. Bez ohledu na kompenzaci roztažnosti musí být zásobníky vody vybaveny pojistným ventilem proti překročení nejvyššího

pracovního přetlaku. V případě více zásobníků, musí být pojistný ventil umístěn před každým zásobníkem (obr 4.2.1).



obr. 4.2.1 – připojení ohřívačů vody se zabezpečovacím zařízením

Délková roztažnost potrubí v systému teplé vody závisí na součiniteli délkové roztažnosti materiálu potrubí, které je možno řešit přirozenou změnou trasy potrubí, nebo kompenzátory vkládanými do potrubí (obr. 4.2.2). Délková změna potrubí, způsobená rozdílem teplot média, je rovna:

$$\Delta l = \alpha \cdot L \cdot \Delta t \quad [\text{mm}]$$

Δl délková změna (prodloužení nebo zkrácení) [mm]

α součinitel tepelné roztažnosti [mm . m⁻¹ . K⁻¹]

L délka úseku [m]

Δt rozdíl teploty prostředí při montáži a teploty media [°C]

Délka ohybových ramen u kompenzátorů vytvořených trasou potrubí, je dána:

$$L_s = k \cdot \sqrt{D \cdot \Delta l} \quad [\text{mm}]$$

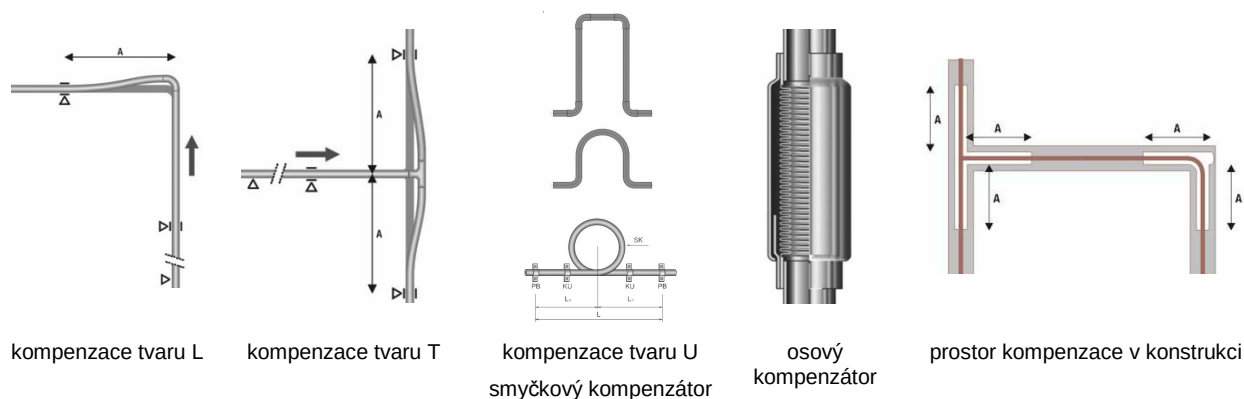
L_s kompenzační délka [mm]

k materiálová konstanta [-]

D vnější průměr potrubí [mm]

Δl prodloužení nebo zkrácení potrubí [mm]

Volba geometrie kompenzátorů je dána prostorem, který máme k dispozici a materiálem potrubí. Při volném vedení potrubí není problém instalovat v podstatě jakýkoliv typ kompenzace, ale při zabudování potrubí do konstrukce, zejména pak podlahové, je kompenzace velký problém. Ukládání potrubí do podlahy je často nejoblíbenější způsob, jak zjednodušit montáž potrubí a zároveň se potrubí „zbavit“. Z hlediska kompenzace je to však velmi problematické místo. Jak ve stěnách, tak v podlaze se tedy musí potrubí uložit s dostatečnou vůlí. Potrubí buď uloženo v tepelné izolaci, která tvoří díky své poddajnosti možnost částečné kompenzace kratších úseků potrubí. Pokud není možné osadit trasové kompenzátory, osadí se osově kompenzátory na potrubí. Jejich návrh je pak dán typem a podklady výrobce kompenzátoru.



obr 4.2.2 – druhy kompenzátorů (www.medportal.cz)

Tepelné namáhání systému kromě objemové a délkové roztažnosti způsobuje také namáhání materiálů armatur a zařízení. Ty musí být proti vyšším teplotám odolné, nicméně snižuje to v případě některých materiálů jejich životnosti a podporuje případnou korozi. Teplotní podmínky, které se vyskytují v systémech rozvodů a zařízení na přípravu teplé vody jsou uvedeny v tabulce 4.2.3.

Maximální teplota vody pro součásti a zařízení ve vnitřním rozvodu teplé vody při poruchách (ČSN EN 806-2)	95°C
Maximální doporučená teplota vody v akumulacích zásobníků tepla	95°C

s plovoucím zásobníkem teplé vody nebo průtokovým ohřevem (doporučení výrobců nádrží, nastavení havarijního termostatu)	
Doporučená teplota pro termickou desinfekci (ČSN 06 0320)	70°C
Doporučená maximální teplota pro samostatné ohřivače teplé vody (ČSN 06 0320)	60°C
Teplota vody v místě odběru (výtoku) u uživatele (ČSN 06 0320)	50-55°C
Teplota na výtoku u spotřebitele dle vyhlášky č. 194/2007 Sb. s výjimkou možnosti krátkodobého poklesu v době odběrných špiček	45-60°C
Maximální teplota na výtoku např. v nemocnicích, školách, domovech pro seniory (ČSN EN 806-2)	43°C
Výpočtová teplota vody pro mytí osob (ČSN 06 0320)	40°C
Maximální teplota nastavená na termostatických bateriích pojistkou	38°
Doporučení teplota na výtoku pro děti v mateřských školách (ČSN EN 806-2)	30-35° (max 38°C)

tabulka 4.2.3 – teploty v systémech přípravy teplé vody

Vysoké teploty kolem 95°C jsou uvažovány jako hraniční a vyskytují se v podstatě pouze v případě poruchy. Jednak jsou uvedeny jako maximální v projekčních podkladech výrobců akumulčních nádrží a zároveň jsou uvedeny v legislativě jako maximum pro rozvody teplé vody. V běžném provozu se tedy pohybujeme v teplotách od 40-60°C z důvodů požadavků teploty na výtoku a potřebné zásoby tepla v zásobníku. Při vyšších teplotách dochází ke zvýšení účinků koroze a vylučování usazenin.

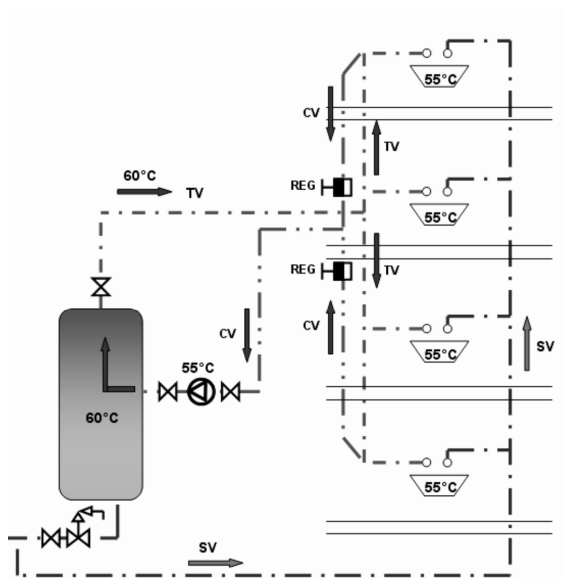
Rozvod teplé vody musí podle ČSN EN 806-2 zajistit, aby při úplném otevření výtokové armatury vytékala nejpozději po uplynutí 30 s voda o teplotě 50 °C až 55°C, výjimečně 60 °C (v odběrové špičce krátkodobě nejméně 45 °C). To lze u dlouhých rozvodů teplé vody zajistit cirkulačním potrubím nebo přehříváním vody v potrubí. Koncové úseky, které nejsou napojeny na cirkulačním okruh, musí být takové maximální délky, aby jejich vodní objem v trase od ohřivače vody nebo od odbočení z potrubí s cirkulací k nejvzdálenější výtokové armatuře nebyl větší než:

- 2,0 l při napojení výtokových armatur u umyvadel a dřezů,

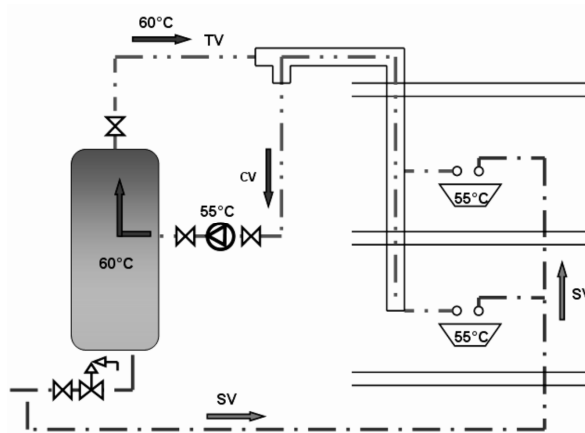
- 3,0 l při napojení výtokových armatur u van, sprch, velkokuchyňských dřezů a výlevků.

Cirkulaci teplé vody zajišťuje cirkulační oběhové čerpadlo s cirkulačním okruhem (obr. 4.2.4). Samotížná cirkulace není dnes v podstatě možná, protože díky povinnému izolování potrubí není možné využít rozdílu v měrné hmotnosti vody díky teplotě. Cirkulační potrubí je v systému vodovodu spojeno obvykle před nejvzdálenější nebo nejvyšší odbočkou pro zásobování samostatné jednotky (bytu, kanceláře, apod.) s potrubím teplé vody a vedeno zpět do ohřívače vody. Velmi důležité je nadimenzování cirkulačního oběhu teplé vody tak, aby byl splněn požadavek na rovnoměrné rozdělení teploty na všech výtocích a maximální rozdíl teplot v okruhu mezi potrubím teplé vody a cirkulační vratné vody byl do 5°C. Jen tak lze zajistit potřebnou předepsanou teplotu na výtoku teplé vody. Jelikož se obvykle jedná o větvné rozvody, je třeba mezi sebou větve s rozdílnou tlakovou ztrátou vyregulovat. Cirkulační systém pracuje převážně s konstantním průtokem, ale díky malému dovolenému teplotnímu rozdílu je nutné zajistit průtok ve všech větvích pomocí regulačních armatur.

Další variantou cirkulace teplé vody je provedení systému „trubka v trubce“ (obr. 4.2.4). Výhodou tohoto systému jsou menší tepelné ztráty a menší spotřeba materiálu (potrubí i izolace). Naproti tomu je třeba speciálních připojovacích armatur pro připojení do rozvodu a větší profil přívodního potrubí pro zasunutí cirkulačního potrubí. Tyto systémy se uplatní ale pouze v menších distribučních soustavách.



dvoutrubní rozvod teplé vody



rozvod trubka v trubce

obr. 4.2.4 – cirkulační systémy teplé vody

Výpočtový průtok cirkulace teplé vody Q_c , se stanoví za předpokladu nulového odběru vody výtokovými armaturami podle tepelných ztrát přívodního potrubí podle vztahu:

$$Q_c = \frac{q_c}{c \cdot \Delta t} \quad [\text{l/s}]$$

Q_c	výpočtový průtok teplé vody	[l/s]
q_c	tepelná ztráta celého přívodního potrubí	[W]
c	měrná tepelná kapacita teplé vody	[kJ/(kg·K)]
Δt	rozdíl teplot mezi teplotou vody na začátku a konci přívodního potrubí	[K]

Výpočtové průtoky cirkulace teplé vody se upraví tak, aby byly vyrovnány tepelné ztráty všech úseků potrubí, a popřípadě zvětší s cílem dodržet alespoň nejnižší doporučenou rychlost podle tabulky 4.2.5.

Cirkulace teplé vody musí zabezpečit, aby rozdíl teplot mezi výstupem přívodního potrubí z ohřívače nebo vstupem teplé vody do objektu (při ústředním ohřívání vody v okrskovém ohřívači) a spojením přívodního s cirkulačním potrubím

nepřekročil 3 K. Průtoky v jednotlivých větvích cirkulace se regulují buď ručním, nebo automatickým nastavením armatur. Vypočtené cirkulační průtoky se podle potřeby zvýší, aby průtočná rychlost vody v cirkulačním potrubí byla alespoň 0,3 m/s (u měděného potrubí alespoň 0,2 m/s). Při těchto průtočných rychlostech je omezeno usazování kalu v potrubí.

Druh potrubí		Průtočná rychlost v m/s	
		Nejnižší doporučená	Nejvyšší ¹⁾
Přívodní potrubí při výpočtovém průtoku podle vztahů (1), (2), (3)	Ocelové pozinkované potrubí	0,5	1,7 ²⁾
	Potrubí z nerezavějící oceli	0,5	2,0
	Měděné potrubí	0,5	2,0
	Potrubí z plastů nebo s vnitřním plastovým povrchem	0,5	3,0
Cirkulační potrubí teplé vody. Přívodní potrubí při nepřetržitém odběru vody podle 5.1.2, trvajícím však déle než 30 minut.	Měděné potrubí	0,2	0,5
	Ocelové pozinkované potrubí	0,3	0,8
	Potrubí z nerezavějící oceli	0,3	1,0
	Potrubí z plastů nebo s vnitřním plastovým povrchem	0,3	1,5
POZNÁMKY			
¹⁾ V prostorech, kde nesmí být překročena požadovaná hladina hluku, se nejvyšší průtočná rychlost stanoví podle pokynů výrobce potrubí.			
²⁾ Nejvyšší průtočnou rychlost 1,7 m/s je přípustné překročit pouze při stanovování výpočtového průtoku požární vody v potrubí zásobujícím stávající požární hydranty 52 (C).			

tabulka 4.2.5 - nejnižší doporučené a nejvyšší průtočné rychlosti (v)

Zásadním údajem pro výpočet je tedy stanovení tepelné ztráty přívodního potrubí:

$$q_c = \sum_{i=1}^n q_i \quad [\text{W}]$$

$$q = U(t_{wstř} - t_{VZD}) \cdot l \quad [\text{W}]$$

q_c tepelná ztráta celého přívodního potrubí [W]

q tepelná ztráta jednotlivých úseků potrubí [W]

- I délka úseku přívodního potrubí (m) včetně délkových přírážek na neizolované armatury a upevnění potrubí
- U součinitel prostupu tepla vztažený na jednotku délky (W/m.K)
- $t_{Wstř}$ střední teplota vody v úseku přívodního potrubí (°C)
- t_{vzd} teplota vzduchu v okolí tepelné izolace potrubí (°C)
- n počet úseků přívodního potrubí.

Dle vyhlášky č. 193/2007 Sb. je třeba část tepelné sítě, která prochází netemperovanými prostory, s teplonosnou látkou o teplotě vyšší než 40°C vybavit tepelnou izolací. Tepelná izolace u vnitřních rozvodů se navrhuje tak, že její povrchová teplota je o méně než 20 K vyšší oproti teplotě okolí.

Pro tepelné izolace rozvodů se použije materiál mající součinitel tepelné vodivosti λ u rozvodů menší nebo roven 0,045 W/m.K a u vnitřních rozvodů menší nebo roven 0,040 W/m.K. U vnitřních rozvodů se minimální tloušťka tepelné izolace $(d_{iz} - d)/2$ stanoví výpočtem tak, aby součinitel prostupu tepla vztažený na jednotku délky potrubí U byl menší nebo roven hodnotě uvedené v tabulce 4.2.5. U vnitřních rozvodů plastových a měděných se tloušťka tepelné izolace volí podle vnějšího průměru potrubí nejbližšího vnějšímu průměru potrubí řady DN.

DN potrubí	10 až 15	20 až 32	40 až 65	80 až 125	150 až 200
U (W/m.K)	0,15	0,18	0,27	0,34	0,40

Tabulka 4.2.5 - maximální hodnoty součinitelů prostupu tepla U na jeden metr

Součinitel prostupu tepla U vztažený na jednotku délky (W/m.K) lze s dostatečnou přesností stanovit podle vztahu :

$$U = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_i \cdot D} + \frac{1}{2\lambda_{ir}} \ln \frac{d}{D} + \frac{1}{2\lambda_{iz}} \ln \frac{d_{iz}}{d} + \frac{1}{\alpha_{iz} \cdot d_{iz}}} \quad [\text{W/mK}]$$

kde:	U	součinitel prostupu tepla vztažený na jednotku délky	[W/mK]
	D	vnitřní průměr trubky	[m]
	d	vnější průměr trubky	[m]
	d_{iz}	vnější průměr izolace	[m]
	α_{iz}	součinitel přestupu tepla na povrchu izolace	[W/m ² K]
	α_i	součinitel přestupu tepla na vnitřní straně trubky	[W/m ² K]
	λ_{iz}	součinitel tepelné vodivosti tepelné izolace	[W/m.K]
	λ_{tr}	součinitel tepelné vodivosti materiálu trubky	[W/mK]
	t_e	teplota okolního vzduchu	[°C]
	t_{iz}	povrchová teplota tepelné izolace	[°C]

Potrubí teplé vody bez cirkulace (zpravidla přípojovací a podlažní rozvodná potrubí k výtakovým armaturám) se tepelně neizolují. Důvodem je hygienický požadavek na rychlé vychladnutí stagnující teplé vody, aby bylo omezeno množení bakterií *Legionella pneumophila*.

Po předběžném návrhu světlosti potrubí se provede hydraulické posouzení, ve kterém se prokáže, že dopravní výška cirkulačního čerpadla je dostatečná k překonání tlakových ztrát v přívodním i cirkulačním potrubí při výpočtovém průtoku cirkulace teplé vody v nejdelším cirkulačním okruhu.

Nejmenší potřebná dopravní výška cirkulačního čerpadla (H), v m, se stanoví ze vztahu:

$$H = \frac{1000 \cdot \Delta p_{RF}}{\rho \cdot g} \quad [\text{m}]$$

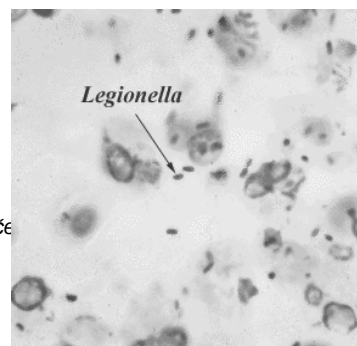
Δp_{RF} tlakové ztráty vlivem tření a místních odporů v potrubí v kPa

ρ hustota vody v kg/m³

g tíhové zrychlení m/s²

4.3 Legionella pneumophila

Legionely jsou všeobecně rozšířeny v nejrůznějších typech přirozených vod, v rozvodech pitné vody, v zařízeních jež ke své funkci a účelu jsou napojeny na zdroj pitné vody, v aerosolech, jež tato zařízení mohou tvořit. V přírodě se *Legionella*



vyskytuje ve všech sladkovodních zdrojích, ale i ve vlhké půdě. Legionella obsažená v pitné vodě však při nízké teplotě přežívá pouze v zanedbatelném množství bakterií. Ideální teplotní rozmezí pro množení bakterií nastává mezi 25°C a 45°C, tedy až v okamžiku ohřevu vody. Jak napovídá druhové jméno bakterie, pneumophila, jedná se o bakterii napadající dýchací orgány.

Objevení Legionelly

Bakterie je pojmenována dle srazu účastníku Americké Legie ve Philadelphském hotelu, kde propukla neznámá forma plicního onemocnění (pneumonie) a orgánového selhání. Najednou onemocnělo 221 legionářů a 34 z nich zemřelo. Po dlouhém bezvýsledném hledání původce onemocnění byl izolován v plicní tkáni nový druh bakterií, gramnegativní pohyblivé tyčinky s dvěma nebo více bičíky o průměru od 0,2 do 0,7 μm a délce od 1 až po 4 μm . Bakterie byla pojmenována po zesnulých legionářích Legionella pneumophila a nemoc, kterou způsobuje jako Legionářská nemoc. Další onemocnění způsobené bakteriemi Legionelly je Pontiačká horečka, která však nepatří mezi smrtelné nemoci. Riziko propuknutí legionelózy po infekci organismu, je závislé nejen na patogenitě bakterií, ale přímo také na věku, pohlaví a fyzickém stavu pacienta. Největší rizikové faktory pro rozpuk Legionářské nemoci, jsou kouření, chronické plicní nemoci, cukrovka (diabetes mellitus), srdeční nemoci, AIDS, užívání systémických steroidů (např. kortikosteroidy) a samozřejmě všechny léčebné postupy potlačující imunitu pacienta (imunosuprese), transplantace orgánů, kostní dřeň. Úmrtnost se výrazně zvyšuje s věkem pacientů nad padesát let. Vlivem infekce Legionellami umírá přibližně 20 % mužů a 15 % žen.

Nejrozšířenější teorií infekce lidského organismu bakteriemi Legionelly, je inhalace vodních aerosolů s mikroorganismy přímo do plic. Proniknou-li bakterie do žaludku, vůbec nijak se neprojeví.

Legionella a její životní prostředí

Na základě dlouhodobého výzkumu bakterie bylo prokázáno, že její rozmnožování probíhá v teplotním rozmezí od 5°C až do 45°C, ale do teploty vody 15°C je nárůst počtu bakterií prakticky zanedbatelný.

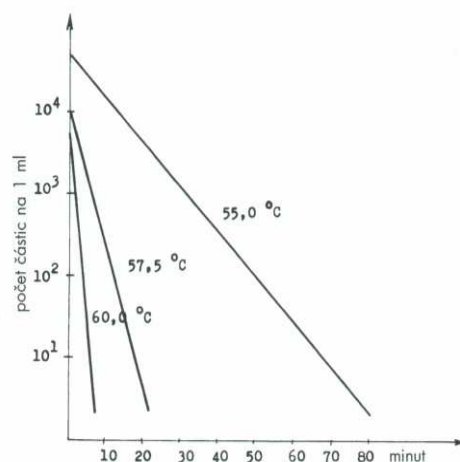
K exponenciálnímu množení *Legionelly* dochází při teplotách vyšších než 25°C. Optimální teplotní rozmezí pro množení nastává mezi 35°C a 42°C, kdy koncentrace bakterií může dosáhnout i 100 miliónů jedinců v jednom litru vody. V teplotním rozsahu mezi 45°C a 55°C se bakterie *Legionelly* p řestávají množit, ale přežívají po mnoho hodin.

V rozmezí mezi 60°C a 65°C dochází k úhynu bakterií během několika minut a při teplotě vody nad 70°C jde již pouze o sekundy. Rychlost úmrtí bakterií *Legionelly* pneumophily při různých teplotách je znázorněná na obr. 4.3.1.

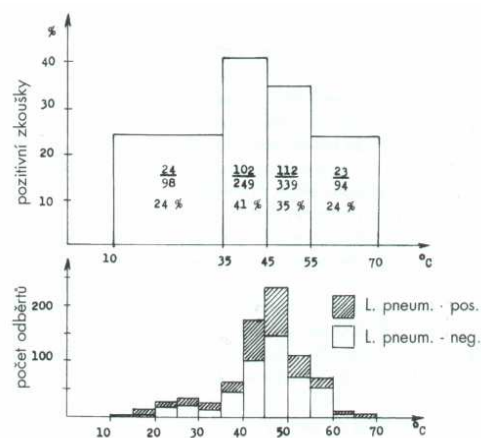
Výzkum prováděný univerzitou v Pittsburghu prokázal, že *Legionella pneumophila* při teplotě 62,5°C přežívá až 8 minut. Závislost pozitivních odběrů bakterie *Legionelly* na teplotě je vyjádřena v obr. 4.3.2.

Velký vliv na přežití bakterie má i mikrobiální složení prostředí, neboť *Legionella* je schopna přežívat uvnitř jiných buněk, v amébách, nebo jejich cystách, které jsou podstatně odolnější proti všem metodám dezinfekce. Přítomnost řas poskytuje bakteriím *Legionelly* i potřebné množství živin k množení.

Jako kritické koncentrace se v literatuře uvádí 10^3 - 10^4 zárodků v jednom mililitru vody. Je zřejmé, že tyto údaje jsou pouze spekulativní, protože jsou založeny



obr. 4.3.1 – rychlost úmrtí *Legionelly* při různých teplotách



ZÁVISLOST POZITIVNÍCH ODBĚRŮ BAKTERIE *LEGIONELLA* PNEUMOPHILY NA TEPLOTĚ VODY (H.E. MÜLER)
GRAF JE PŘEVZAT Z ČLÁNKU MILANA KOPŘIVY V ČASOPISU TOPENÁŘSTVÍ 5/93

obr. 4.3.2 – závislost pozitivních odběrů *Legionelly* na teplotě vody

pouze na pravděpodobném množství bakterií vdechnutých společně s aerosolem do lidského organismu.

Rozborem vzniklých epidemií nelze určit, který z možných zdrojů Legionelly je nejvýše v pořadí nebezpečnosti. Zvýšenou pozornost zasluhují potencionální zdroje infekce v prostředích, kde se pohybují lidé patřící do rizikových skupin. Mezi taková prostředí lze zařadit například nemocnice, domovy důchodců a lázeňské domy. U všech níže uvedených zdrojů je možné vhodným technickým řešením Legionelly odstranit, nebo alespoň zredukovat její koncentraci na zdravotně nezávadnou hladinu. Proto jsou preventivní opatření směřována právě na technická řešení a ne na lékařská opatření. Oblasti kontaminace a množení bakterií nastává zejména:

- v rozvodném potrubí při souběžném vedení rozvodů teplé a studené vody , kde dochází k ohřevu necirkulující studené vody absencí dostatečné izolace až na 25-30°C a rozmnožení bakterií
- v potrubí, které je napadeno korozí, inkrustací, přítomností biofilmu
- v prostředí, kde se hromadí sedimenty a kal (zásobníky)
- stagnující voda ve slepých, nebo málo používaných ramenech
- nízká teplota v dolní části zásobníků s malým průtokem
- v prostředí s teplotou mezi 20 až 45 °C a nízkém tlaku vody

a všude tam, kde dochází k použití vody o vyšší teplotě :

- zvlhčovače a pračky v klimatizačních jednotkách
- vířivé lázně a bazény s teplou vodou
- vodoléčba
- zubařské nástroje
- inhalátory
- nástroje s přímým vodním chlazením

Rozvody teplé vody

Bakterie Legionelly mohou kolonizovat v rozvodech teplé vody na mnoha místech. Jestliže se jedná o kolonii bakterií nacházející se v centru systému, mluvíme o systémové kontaminaci, neboť bakterie jsou z tohoto zdroje vyplavovány

do celého rozvodu. Typickým příkladem systémové kontaminace jsou zásobníkové ohřívače. Charakteristický znak systémové kontaminace lze pozorovat při měření výskytu Legionelly v místě výtoků, kdy se koncentrace bakterií ani po dlouhé době odběru vody nesnižuje, protože dochází k vyplavování dalších bakterií z jejich kolonií uvnitř systému.

V případech, kdy jsou kolonie Legionelly nalezeny pouze na některém odběrném místě, mluvíme o kontaminaci lokální, neboť se kolonie Legionelly nachází například ve sprchové hlavici, nebo na starém těsnění baterií. U lokální kontaminace se projeví při měření výskytu Legionelly na výtoku vysoká počáteční koncentrace bakterií, která po krátké době podstatně klesne.

Zásobníky teplé vody

V zásobnících je při ohřevu necirkulující voda s ideální teplotou pro množení Legionelly ideálním prostředím. Výrazně se na životaschopnosti Legionelly podílí také kal a usazeniny, které poskytují živnou půdu pro tvorbu biofilmu, v kterém je bakterie schopná přežít i zvýšené teploty. Důležitým prvkem v provozním řádu všech zásobníkových ohřívačů je tedy pravidelné odkalování a čištění.

Cirkulační porubí

U centrálního zásobníkového ohřevu s delšími rozvody je použito cirkulační potrubí. Potrubí by mělo být zavedeno co nejbližší k výtokovým bateriím, aby se minimalizovala délka potrubí s necirkulující vodou. Cirkulační čerpadla musí být schopná zajistit potřebný průtok vody k udržení maximálního poklesu teploty vody v systému o 5K.

Prevence legionelózy

Technicky je nemožné provozovat distribuční síť studené i teplé pitné vody prostou legionel či jiných nežádoucích mikroorganismů. Vyhnout se kontaktu s vodou v běžném životě nelze. Současně je třeba omezit či úplně eliminovat kontakt s aerosoly, což je také obtížné. Je však možné vhodnou technickou konstrukcí různých sprch, rozprašovačů a podobných zařízení vyloučit tzv. respirabilní frakci aerosolu, což je velikost částic $< 5 \mu\text{m}$.

Snížení rizika infekce legionelou je možné dosáhnout jen výraznou redukcí dávky legionel ve studené i teplé pitné vodě a omezení tvorby aerosolů. Odstranění systémové kontaminace v distribuční síti je předpokladem likvidace místní kontaminace.

Opatření vedoucí ke snížení kontaminace systému legionelou

Opatření, která vedou ke snížení počtu legionel na přijatelnou úroveň jsou obvyklou kombinací technických, provozních a sanačních opatření. Snaha o likvidaci legionel, ať již na bázi chemické, termické či kombinované dezinfekce mají obvykle jen krátkodobý efekt (1 až 2 měsíce dle reálných podmínek systému) a je nutno je podpořit systémem ostatních opatření. Teprve celý komplex opatření vede k výrazné redukci legionel na přijatelnou úroveň a tím i k minimalizaci rizika legionelózy.

Nejvýznamnější z provozně-technických opatření je hydraulické vyregulování systému rozvodu teplé vody a udržování její teploty do 55 °C, jedenkrát denně ohřát na 60 °C s možností termodezinfekce jednou týdně při ≥ 70 °C.

Vyregulovaný systém rozvodu TUV musí splňovat určité teplotní a tlakové charakteristiky:

- v systému cirkulující teplé vody nesmí poklesnout teplota vratné vody, vstupující do ohřevu proti výstupu z ohřevu o více než 5 °C
- max. teplotní rozdíl 3 °C po 30 s při plném průtoku vody mezi nejvzdálenějšími výtokovými místy TUV na stejném podlaží při stejném zdroji ohřevu
- musí být dosaženo na všech místech odběru vody vyrovnaného tlaku TUV i studené vody

Udržovat vodní distribuční systémy bez legionel je prakticky vyloučeno. Legionely byly prokázány v cirkulující vodě při teplotě 66 °C, ale i při 8 °C. Tyto skutečnosti ukazují, jak obtížná je kontrola legionel ve vodovodní síti.

Termická dezinfekce

Podstatou je periodické zvyšování teploty po určitou dobu v celé síti teplé vody včetně výtokových míst s určitou dobou proplachu těchto míst při zvýšené teplotě.

Podstatná je výše teploty a doba proplachu výtokových míst. Právě tyto hodnoty jsou různé podle různých doporučení jak světových organizací, tak národních předpisů. Ve většině předpisů se předpokládá teplota nad 70 °C a doby výtoku na koncových místech v rozsahu 3-10 minut.

Dále je důležité doporučení na pravidelnost termické desinfekce, která stanovuje, že teplota v systému přípravy a distribuce teplé vody nemá klesnout pod 55 °C, jedenkrát denně je třeba ohřát vodu na 60 °C a musí být možnost ohřát objem připravované teplé vody 1 x týdně na teplotu 70 °C s tříminutovým odtokem vody na distribučních místech. Z tohoto pohledu se zdá být termická desinfekce velmi účinná, ovšem její efekt je krátkodobý a musí se periodicky opakovat, aby se předešlo opětovné kolonizaci legionelou, a to v rozsahu 30-60 dní.

Překážkou efektivní termodezinfekce může být i současná legislativa, která předpokládá teplotu teplé vody v rozmezí 45 až 60 °C. Tím je i dáno, že stávající rozvody teplé vody nemusí být dimenzovány na teploty přes 70 °C. Nelze opomenout i finanční náročnost a zejména organizační zajištění termodezinfekce, aby nedošlo k opáření osob. Efektivní termodezinfekce vyžaduje zaregulovaný systém teplé vody s minimem inkrustů biofilmů, sedimentů, což prakticky nikde není splněno.

Chemická dezinfekce chlorováním

Chlorace a zejména její varianta hyperchlorace je další z možností redukce legionel v distribuční síti. Pro dosažení účinku musí být prováděna kontinuální chlorace v rozmezí 4 až 6 mg/l akt. chloru, nebo šoková dezinfekce s 20 až 50 mg/l v celém rozvodu po dobu 1 až 2 h. Koncentrace aktivního chloru při kontinuálním dávkování nesmí poklesnout pod 4 mg/l, často se v praxi používá jen 1 až 2 mg/l.

Běžným postupem je kontinuální chlorování. Vyšší dávky chlóru způsobují korozi potrubí, naopak nízké dávky jsou neúčinné. Biofilm a shlukování bakterií do kolonií vytváří nežádoucí ochranu Legionelly, proti dezinfekčnímu působení chlóru. K inaktivaci legionel ve volné vodě v potrubí postačí 0,4 mg/l; to však neplatí pro biofilmy, sedimenty nebo cysty améb a jiných prvoků, co by hostitelů legionel. Jejich rezistence k teplotě a chloru, je velmi vysoká, přežijí přes 50 mg/l Cl₂, někdy i 70.

Monochloramin (NH₂Cl) a oxid chlořičitý (ClO₂), mohou být vhodnou náhradou za chlór. Monochloramin je považován za vhodný druhotný prostředek k desinfekci,

vzhledem k jeho stabilitě. Vhodným se jeví také z hlediska schopnosti penetrace biofilmu, čímž zabraňuje rychlému znovu kolonizování biofilmu Legionellami.

Ionizace měď/stříbro

Využívá působení těžkých kovů na mikroorganismy. Zatímco Ag působí spíše na syntézu enzymů a proteinů v buňce, Cu ovlivňuje propustnost buněčné membrány. Pozitivně nabité ionty kovů se spojí s negativně nabitou částí mikroorganismu a denaturují buněčné proteiny a mění permeabilitu buněčné stěny. Ionizační jednotka se umísťuje na cirkulačním potrubí. Atomy mědi a stříbra jsou po vypouštění do potrubního systému vedeny skrz ionizační komoru, kde je jim pomocí nízkého napětí (5A, 50V) na elektrodách odebrán elektron, čímž vznikají pozitivně nabité ionty.

Výhodou ionizace proti termodezinfekci či chloraci je vyšší účinnost a delší protektivní účinek, což je dáno schopností penetrace Ag a Cu do biofilmů.

Tato metoda je schopna udržet systémovou kontaminaci legionellou na přijatelné úrovni, ale nepravidelně používané části potrubí, budou nadále osídleny koloniemi bakterií. Mezi nezanedbatelné nevýhody této metody patří zvýšené náklady na pořízení ionizační jednotky a chemikálií přidávaných do vody. Naopak mezi výhody se řadí především možný kontinuální provoz bez výkyvů teplot a nepříjemné chlorace.

Dezinfekce pomocí UV záření

Ultrafialové záření o vlnové délce 253,7 nm má maximálními germicidními účinky proti virům, bakteriím i plísním. UV záření poškozuje strukturu nukleových kyselin (DNA, RNA) exponovaných mikroorganismů, následkem čeho dochází k zastavení reprodukce mikroorganismů a k jejich rozpadu. Využití UV záření pro desinfekci vody je vysoce spolehlivé a bezpečné řešení s okamžitým efektem. UV záření neovlivňuje chuť, barvu ani zápach vody, zabraňuje riziku onemocnění vyvolané mikrobiální kontaminací. UV záření nemá reziduální vliv a proto je vhodné použití kontinuální dezinfekce.

Zařízení musí být umístěno těsně před odběrová místa ze sítě (baterie, kohouty, sprchy), průběžně provozované, ev. ve spojení s filtry ochrání armatury před osídlením mikroorganismy.

Ozonizace

Jedná se metodu dezinfekce a úpravy vody, při které se výrazně zlepšuje její kvalita. Ozonová dezinfekce odstraňuje zápachu i zbarvení vody, odbourává organické látky, sloučeniny síry a některých kovů, nitridy, sulfidy, sulfity, kyanidy a také například chlórphenoly. Při ozonizaci jsou rovněž odstraněny choroboplodné zárodky, včetně bakterií Legionelly.

Při ozonizaci dochází k mikroflokulačnímu efektu, při němž jsou ozonizací organické látky oxidované na polárnější sloučeniny, které na sebe váží kationty vápníku, hořčíku, železa, hliníku a manganu a vytvářejí nerozpustné látky. Výsledkem ozonizace je na pohled "překvapivě čistá, jiskřivě modrá voda". Tato metoda se používá pro čištění vody ze studní, vrtů a zejména pro dezinfekci bazénové vody.

Kromě výše uvedených způsobů dezinfekce rozvodů pitné vody je možné v některých objektech zvolit takové systémy a opatření, která již svou podstatou nevytváří vhodné podmínky pro rozmnožování legionel. Patří mezi ně lokální příprava teplé vody a průtokový ohřev, tedy decentralizovaná způsob přípravy teplé vody. Rozvody se pak sestávají zejména z potrubí se studenou vodou, a voda je pak na potřebnou teplotu ohřívána až v místě odběru. Průtoková centrální příprava teplé vody, pomocí deskových výměníků, eliminuje systémovou kontaminaci rychlostí ohřevu a malým vodním objemem, ale rozvody v objektu jsou shodné jako při použití akumulace. Je však třeba obvykle vysokých okamžitých výkonů, které nejsou vždy k dispozici.

Laboratorně byl tedy prokázán i vliv volby materiálu proti osídlování přirozené mikroflóry a bakterií Legionelly pneumophily u mědi. Z výsledků provedených testů se dá usuzovat na selektivní vliv iontů mědi na mikroorganismy. Proti těmto závěrům vycházejícím z výsledků těchto testů se ohradilo mnoho výrobců plastových potrubí i část odborníků. Poukázaly na vliv vápenných sedimentů, které výrazně potlačují pozitivní vliv mědi a nejpozději do pěti let úplně ztrácí.

4.4 Úspory vody

Úspory vody lze v systémech vnitřních vodovodů chápat jako úspory co do množství a v případě rozvodů teplé vody i energie. Spotřeba studené vody např. v bytových domech od 90. let minulého století výrazně klesla až na v posledních

letech ustálené hodnoty kolem 80-140 l/os,den podle typu objektu, lokality, vybavení a zejména pak chování uživatelů. Podobný efekt nastal i u spotřeby teplé vody, kde se ale úspora v množství projeví i jako úspora energetická. Tento jev nabývá velkého významu proto, že cena vody jako média a cena tepelné energie pro přípravu teplé vody je nesrovnatelně nižší. Pokud bychom to takto zjednodušili, je z ekonomického hlediska výhodnější uspořít co nejvíce teplé vody. Z dalších hledisek jsou ovšem úspory jak studené tak teplé vody na vstupu do objektu velmi důležité pro budoucí udržitelný rozvoj jak zdrojů vody, tak energie. Jelikož je v dnešní době stávající fond budov, a v nejbližší době tomu jinak nebude, v drtivé většině napojen na pitnou vodu z veřejných vodovodních řadů, tak úspora pitné vody z těchto zdrojů znamená významný ekologický dopad na celkovou bilanci koloběhu zdrojů vody v naší republice. Je třeba si ale uvědomit, že snížením spotřeby vody díky rozsáhlé vodovodní síti a jejich provozním nákladům neznámá vždy významnou úsporu nákladů u konečného spotřebitele. Naopak se projeví efekt vyšší jednotkové ceny pitné vody v případě, že vodovodní síť přenáší menší množství vody, jelikož náklady na provozování vodovodní sítě včetně zařízení a zdrojů jsou z větší části nezávislé na množství, které potrubím proteče. Přesto je cesta úspor jediným možným a správným postupem směrem do budoucnosti.

Úspory ve vnější vodovodní síti samotné jsou záležitostí majitelů těchto sítí a jejich provozovatelů, kdežto úspory v objektech jsou nejvíce závislé na:

- chování uživatelů,
- celkovém stavu vodovodního systému,
- vybavení objektu zařizovacími předměty, armaturami a zařízeními.

V chování samotných uživatelů je největší potenciál úspor. V případě, že uživatel nebude ochoten přijmout úsporné chování, tak samotným vybavením a nastavením parametrů vodovodního systému k významným úsporám nedojde. Proto se vychází pro návrh úsporného systému i z přirozených reakcí člověka v situacích, kdy dochází ke spotřebě vody a díky psychologickým vjemům v určitých situacích dojde k úspoře vody, aniž by to uživatel nějak pocítil na svém komfortu. Přirozeně budou v dohledné době největší motivací pro koncové uživatele stále náklady na energie, tedy i pitnou vodu, nicméně stále více uživatelů si uvědomuje i ostatní dopady a chování se úsporně z podstaty věci.

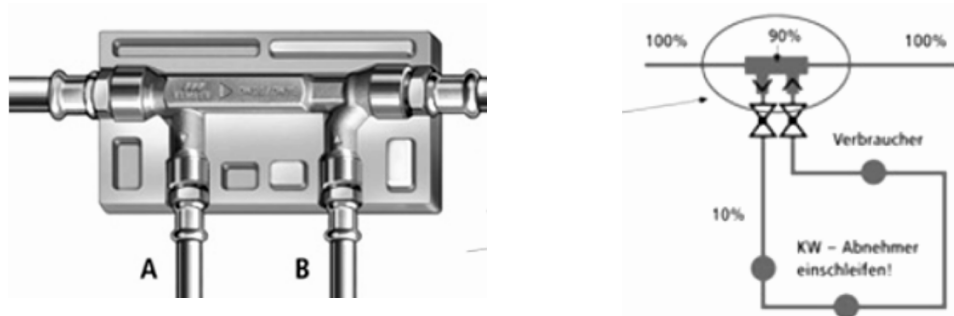
Celkový stav vodovodního systému v objektu má vliv na úspory v případě, že dochází díky špatnému stavu k nekontrolovatelným ztrátám ze systému. Nejčastější příčinou ztrát jsou:

- poruchy a netěsnosti koncových výtokových armatur
- poruchy a netěsnosti speciálních armatur
- chybný návrh geometrie rozvodu.

Koncové armatury a jejich stav hraje významnou roli, protože nezávisí na celkové spotřebě vody ani chování uživatele a probíhají obvykle kontinuálně bez ohledu na přítomnost uživatele nebo provozní době. Jsou to zejména netěsné, a tedy kapající, výtokové armatury, armatury pro napouštění vody do zařizovacích předmětů (nádržka WC) a v neposlední řadě speciální armatury pro bezpečný provoz systému, jako například pojistné ventily u zásobníků teplé vody. Největší ztráty špatnou funkcí armatury v obytných a občanských budovách jsou obvykle napouštěcí ventily pro plnění splachovacích nádrží u WC. V případě, že napouštěcí ventil neuzavírá přítok vody po naplnění nádrže na předepsané množství, tak voda přetéká do zařizovacího předmětu přepadem a do kanalizace a to nejčastěji téměř plným průtokem, který se pohybuje v rozmezí 0,05-0,1 l/s. V případě zjištění této poruchy po provozní přestávce objektu (víkend, dovolená) je pak množství odteklé vody obrovské a převyšuje obvykle denní či týdenní spotřebu vody v obvyklém režimu. Zatímco netěsnosti výtokových armatur jsou obvykle viditelné, tak napouštěcí ventily mohou propouštět až v době nepřítomnosti uživatele. Dříve používané ventily fungovaly pouze na principu mechanického uzavření přítoku těsnicí plochou díky pákovému principu plováku na hladině. Tento způsob uzavírání byl velmi spolehlivý a pokud docházelo k netěsnostem z důvodu únavy těsnění na dosedající ploše, tak průtok a tím i ztráty vody byly nejprve velmi malé a teprve časem se postupně zvětšovaly. Dnes se používají nejčastěji hydromechanické principy uzavírání ventilů ovládané tlakem vody ve vodovodní síti a zároveň plovákem. Takže uzavírací systém je závislý přímo na tlaku ve vodovodní síti a nejen na výšce hladiny v nádrži, což může často znamenat příčinu poruchy. Dále je méně odolný proti případným nečistotám v potrubí, které mohou ucpat trysky na přívodu a nechat ventil tak zcela otevřený.

Ke ztrátám díky chybnému návrhu geometrie potrubí dochází tehdy, kdy je třeba odpustit větší množství vody, abychom dostali obvykle požadovanou teplotu a

popřípadě i kvalitu, pokud voda v potrubí dlouhodobě stagnuje. Stagnace vody v potrubí je naprosto nežádoucí jev z hlediska udržení potřebné kvality vody. Dochází k ní jednak chybami v samotném návrhu geometrie potrubí (slepé nebo málo používané větve) nebo provozem vnitřního rozvodu. Tam, kde dochází ke stagnaci vody, dochází také ke zhoršení kvality vody díky zvyšující se teplotě a tudíž lepším podmínkám pro vznik mikroorganismů a bakterií. Řešením odstranění těchto jevů je hydraulické zajištění trvalého průtoku i v málo používaných větvích systému, jako jsou například osamoceně a málo používané zařizovací předměty, nebo je nutné zajistit vypuštění těchto úseků po dobu, kdy nebude k odběru docházet. Pokud nebude část objektu v provozu, je nutné systém vypustit, a aby to bylo možné, je třeba již v návrhu systému rozdělit objekt na jednotlivé provozní části, které budou vybaveny potřebnými armaturami pro uzavření a vypuštění. Dalším možným řešením je hydraulické zajištění alespoň minimálního průtoku v málo používaných větvích systému pomocí speciálních armatur. Jedním z nich je hydraulický dělič proudění vody (obr. 4.4.1) na principu využití Venturiho trubice. Nižší tlak v trysce způsobí tlakovou diferenci mezi přímým úsekem a odbočkou a tento minimální tlakový rozdíl mezi přívodním potrubím A a vratným potrubím B způsobí nucený průtok větví. Pohon Venturiho děliče proudění je dán samotným odběrem vody. Celý objem vody se tak vymění a jakost pitné vody zůstává zachována.



obr. 4.4.1 – Venturiho dělič proudění KHS (Kemper)

Významných úspor se dosáhne instalací moderních úsporných armatur a zařízení spolu s měřením vody. Samotným měřením vody u spotřebitele nebo provozní jednotky v případě nájmu znamená podle dosud získaných zkušeností automaticky úsporu 20-30% podle typu objektu a jeho vybavení a dnes se

předpokládá měření všech dílčích spotřeb na všech objektech už jen z důvodu spravedlivého rozúčtování spotřeb vody pro obyvatele.

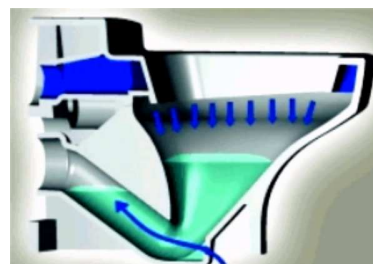
Instalace úsporných armatur je dnes běžnou záležitostí a zejména ve veřejných budovách s velkou spotřebou vody dochází k úsporám 50% i více. Kromě armatur jsou k dispozici zařizovací předměty a zařízení, které díky své konstrukci a inteligenci šetří vodu. Významné úspory vody lze v bytové a občanské výstavbě dosáhnout v oblasti splachování WC a mytí osob, které se spolu podílí na celkové spotřebě vody 60% a více. V případě spotřeby vody na splachování jsou k dispozici zařizovací předměty s nižší spotřebou vody pro jedno použití a jednak možnost dvojího splachování. Dříve používané jednorázové objemy kolem 10l pro spláchnutí WC jsou dnes nahrazovány objemy 6l na klasické spláchnutí a 3l na úsporné spláchnutí. Vše samozřejmě za předpokladu splnění všech hygienických podmínek při používání těchto předmětů, které jsou s menšími objemy vody kompenzovány zejména vhodně navrženým tvarem v úrovni zápachové uzávěrky a zároveň optimalizací přívodních otvorů vody, aby došlo k co největšímu využití polohové energie vody v nádrži. Poslední novinkou v oblasti úspor vody pro splachování je využití energie stlačeného vzduchu (obr. 4.4.2). Při napouštění vody do splachovací nádržky dochází v uzavřeném prostoru ke kompresi vzduchu v její horní části. Napouštění se zastaví automaticky poté, co tlak vzduchu dosáhne určité hodnoty. Uživatel WC pak jedním stlačením ovládacího tlačítka uvolní energetický potenciál stlačeného vzduchu, který do WC mísy pod velkým tlakem vstříkne dva proudy vody. Jeden proud vody vytéká z okrajů WC mísy a čistí její stěny. Druhý proud tryská ve spodní části a vytlačuje obsah mísy do kanalizačního potrubí. Tlak vody je srovnatelný s účinkem, který by mělo spláchnutí z nádržky umístěné 20m vysoko.



a) tlak vody v běžném systému



b) tlak vody v systému UPpowerflush

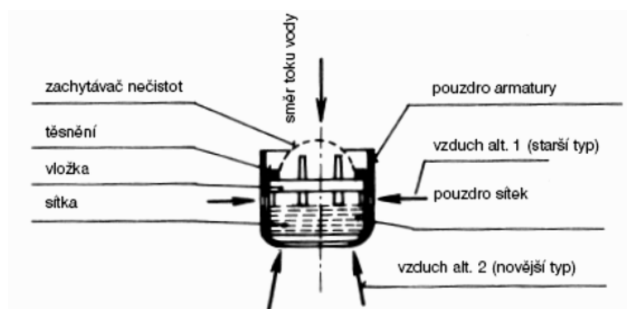


c) speciálně upravené WC

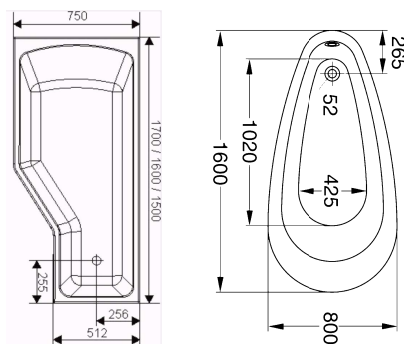
obr. 4.4.2 – splachovací systém UPpowerflush (Geberit)

V oblasti mytí osob lze uplatnit celou řadu úsporných principů, které jsou založeny zejména na omezení celkového množství vody, a to jak samotným průtokem, tak i časem, po kterou voda z armatury vytéká. Týká se to zejména umyvadel a sprch, kde lze uspořit 30-50% vody, naopak u van lze snížit množství vody jen těžko a množství vody závisí pouze na uživateli a velikosti vany. Díky různým tvarům a velikostem van (obr. 4.4.4) se jistě úspory dosáhnout může. Velmi důležitou roli hraje samotné ovládání těchto armatur, které je řízeno buď nezávisle na požadavcích uživatele, nebo s jeho částečným zásahem.

Jednoduchý princip omezení průtoku je použitím perlátorů (obr. 4.4.3) ve výtokových armaturách. Perlátor představuje zakončení výtokové armatury (umyvadlo, sprcha), které směšuje proud vody se vzduchem, tím mu dodává na objemu a díky menším otvorům pro průtok kapaliny zvyšuje rychlost vody. Běžně lze tímto způsobem dosáhnout úsporu 20-30% vody bez snížení komfortu pro uživatele.



obr. 4.4.3 – princip perlátoru

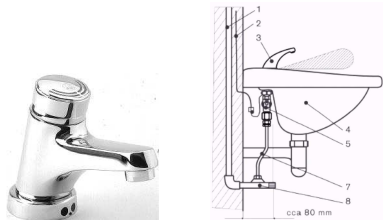
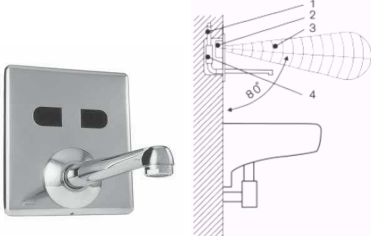


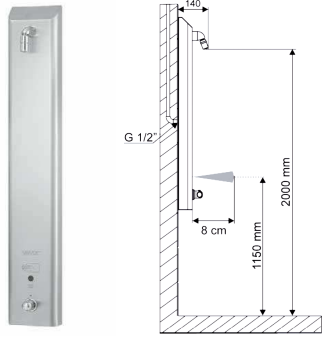
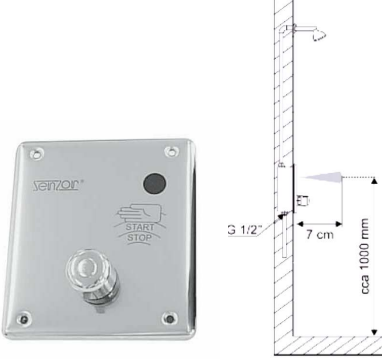
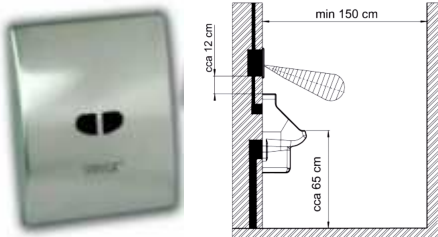
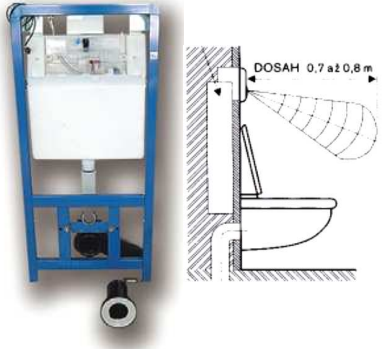
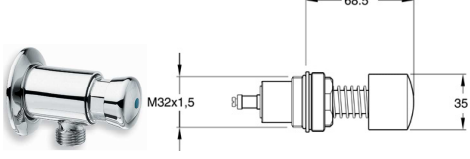
obr.4.4.4 – úsporné tvary van

Automatické ovládání armatur pro všechny běžně používané výtokové armatury a zařizovací předměty je v provozech s velkou spotřebou vody samozřejmostí. Nejlépe se tyto prvky uplatní ve veřejné sféře hromadných sociálních zařízení, jako jsou bazény, sportovní centra, školy apod. V soukromé a bytové sféře se plně automatické systémy vyskytují méně, protože uživatel má většinou zájem podílet se na správné funkci armatur, je-li mu to umožněno. Pokud to má za následek přímý ekonomický či ekologický dopad, aktivně spolupracuje na snižování

spotřeby vody i za cenu omezení vlastního komfortu. Ovládání armatur může být jak mechanické, tak elektronické, napojené na regulační prvky, které je možno v podstatě jakkoli naprogramovat, aby vyhovovaly potřebám uživatelů a provozu a zároveň vedly k úsporám vody. Je ale třeba také podotknout, že všechny systémy, které jsou závislé na dodatečné energii a složené z mnoha ovládacích i funkčních prvků, nemusí být za každých okolností dostatečně spolehlivé a zde stejně jako jinde platí, že čím složitější je systém, tím náchylnější je na poruchu. Základní přehled existujících systémů je uveden v tabulce 4.4.5, kde jsou uvedena běžně dostupná automatická sanitární zařízení s jejich popisem funkce. Lze je rozdělit dle jejich funkce a typu ovládání na:

- mechanicky ovládané tlačítkové ventily pro standardní ZP,
- automaticky ovládané výtokové armatury
 - umyvadlové
 - sprchové
 - pisoárové
- automatické splachovače toalet

obrázek (schéma)	automatické umyvadlové baterie se senzorovým ovládáním
	Stojánková umyvadlová baterie s automatickým ovládáním na studenou nebo předmíchanou vodu, elektronika ve výtoku. WBS snímá přítomnost rukou v umyvadle a okamžitě spouští vodu. Vypíná 1–2 sec. po vyjmutí rukou z umyvadla. V případě nepřetržitého chodu cca 1 min. automaticky vypíná (ochrana proti vytopení).
	Podomítková umyvadlová baterie s automatickým ovládáním na studenou nebo předmíchanou vodu. Zařízení optoelektronicky snímá přítomnost rukou v umyvadle, resp. přítomnost osoby před umyvadlem a spouští elektro magnetickým ventilem vodu. Vypíná cca 1–2 s po odtažení rukou, resp. po odstoupení ze zóny snímání. Při nepřetržitém spuštění déle než 1 min. automaticky vypíná.

	Nerezová nástěnná sprchovací armatura s chromovanou sprchovací hlavici (7 l/min.). Nastavení teploty termostatickým směšovačem. Zařízení spouští vodu přiblížením ruky do zóny snímání. Doba tečení vody je standardně nastavená na 20 s (možno nastavit na 10 až 70 s – pomocí DO 2), nebo opětovným přiblížením ruky do zóny snímání v průběhu tečení vody lze sprchu zastavit. Zařízení udržuje stálou teplotu vody a zabezpečuje ochranu osob před opařením.
	Automatická sprchová baterie s termostatickým směšovačem. Zařízení spouští vodu přiblížením ruky do zóny snímání. Doba tečení vody je standardně nastavená na 20 s (možno nastavit na 10 až 70 s – pomocí DO 2), nebo opětovným přiblížením ruky do zóny snímání v průběhu tečení vody lze sprchu zastavit. Teplota vody se nastavuje pomocí termostatického směšovače. Zařízení udržuje stálou teplotu vody a zabezpečuje ochranu osob před opařením. Možnost nastavení hygienického proplachu dálkovým ovladačem.
	Podomítkový pisoárový splachovač, elektronika s upevňovacím rámem, ukončena konektorem pro připojení externího zdroje 6 V DC. Zařízení optoelektronicky registruje osoby stojící před pisoárem nepřetržitě déle než 4 sekundy. Ke spuštění vody dojde po odchodu osoby. Na procházející osoby nereaguje. Množství vody je nastavitelné délkou času sepnutí ventilu. Hygienicky proplach 0 až 108 hod., nastavitelný dálkovým ovladačem.
	Automatický splachovač integrovaný do předstěnového modulu s nádržkou vhodný i pro sádkartonové aplikace, možnost i manuálního ovládání splachování. Snímač snímá přítomnost osoby na WC a po odchodu ze zóny snímání automaticky spláchně WC. Zachovaná funkce mechanického tlačítka je výhodná při výpadku napájecího napětí a při uklízení.
	Umyvadlové, pisoárové a sprchové tlačítko ventily, které pracují na hydromechanickém principu ovládání. Podle nastavené tuhosti stisku lze nastavit čas, po který bude ventil otevřen. Je třeba vyvinout počáteční energii pro stisk tlačítka.

	
	Umyvadlové ventily ovládané reversním pedálem nebo kolenem pro instalaci na podlahu nebo na zeď.
tabulka 4.4.5 – automatická sanitární zařízení (Senzor Bohemia)	

Standardním vybavením sanitárních automatických zařízení je možnost termostatického směšování vody, ovládání pomocí baterií a nastavení automatiky tak, aby ji nebylo možno uživatelem „oklamat“. Při instalaci těchto zařízení je velmi důležité znát předem stavební připravenost a zejména pak hydraulické vlastnosti. Je třeba pohlídat zejména minimální požadovaný vstupní tlak a teplotu pro správnou funkci armatur. V případě rozsáhlých rozvodů teplé vody zejména ve veřejných budovách, kde je vyšší pravděpodobnost výskytu bakteriemi Legionella je možné systém s těmito armaturami zapojit do systému termického proplachu rozvodu. Pro účely termického proplachu (teplota 70°C) je možné ve stavět zařízení typu „bypass“, které umožní v režimu termické desinfekce obtékání termostatu horkou vodou a její přímé vypouštění. Optoelektronická jednotka pak plní více funkcí, kdy při funkci termické desinfekce optický snímač „hlídá“ prostor okolí zařizovacího předmětu a vypíná při narušení snímané, aby nedošlo k opaření. Spuštění termické desinfekce může být provedeno pomocí dálkového ovladače v místě každé jednotlivé sprchy, nebo z centrálního místa pro více sprch nebo skupin přes vyvedený bezpotenciální vstup. Kromě termického proplachu lze nastavit i jen hygienický proplach a dosáhnout tak opakovatelného pravidelného odpouštění, což také snižuje případnou koncentraci bakterií v rozvodu.

V moderních budovách realizovaných podle EIB (European Installation Bus) lze již využít některé armatury s označením EIB. Jedná se o výrobky s komunikací EIB, mající schopnost mimo autonomní funkce komunikovat s nadřazeným systémem podle speciálního protokolu. Dají se tak v daném systému ošetřit požadavky mikrobiologické hygieny.

Úspory vody díky zařizovacím předmětům, které používají vodu k mytí nádobí a prádla byla již naprosto jasně prokázána. Kromě úspory vody dochází v případě mytí nádobí i prádla k úspoře elektrické energie, protože ohřev vody si obvykle zajišťují tyto předměty sami a to obvykle bez další akumulace. Voda je z velké části v těchto zařízeních cirkulována a po hrubém vyčištění v mechanických filtrech použita zpětně. V případě napojení na systém využití dešťové odpadní vody v případě pračky dojde opět k úspoře pitné vody.

Do úspor vody lze zahrnout i případy, kdy dojde ke dvojímu využití odpadní vody z jednoho zařizovacího předmětu do jiného. Umožňuje to fakt, že některé zařizovací předměty (WC, pračka, atd.) mohou pracovat s odpadní vodou. Spojením tedy například WC a umyvadla do jednoho zařizovacího předmětu (obr 4.4.6) nabízí úsporu vody pro splachování.



obr 4.4.6 – „Tlalok“, toaleta a umyvadlo v jednom.

V systémech rozvodů teplé a cirkulační vody znamená úspora množství vody výše popsaná zejména úsporu energetickou. Tato oblast bezesporu nabývá na významu v době, kdy se potřeba energie pro přípravu teplé vody stává rozhodujícím faktorem z pohledu celkové dodané

energie do budovy. Efektivní způsob přípravy teplé vody a úspory vody v systému v budovách se stále se snižující spotřebou tepla na vytápění je oblast s velkým potenciálem úspor. Z hlediska úspory tepla je zásadním parametrem v oblasti přípravy teplé vody její teplota. Ta je dána legislativními předpisy, a sice normou ČSN EN 806-2, kde by teplota vody neměla být po uplynutí 30 s u výtokových armatur studené vody vyšší než 25°C a u výtokových armatur teplé vody nižší než 60 °C. Ve vyhlášce MPO č. 194/2007 Sb. se uvádí teplota na výtoku u spotřebitele v rozmezí 45 °C až 60 °C, s výjimkou možnosti krátkodobého poklesu v době odběrných špiček spotřeby v zúčtovací jednotce. Ke ztrátě vody (a tudíž energie) dochází v systému vodovodu zejména při odpuštění studené (vychladlé) vody z potrubí teplé (cirkulační) vody, kdy uživatel potřebuje k uspokojení potřeb vodu teplou a není ochoten se smířit s vodou studenou. Nejhorší je asi situace, kdy

uživatel napustí do přívodního potrubí teplou vodu a než se ji dočká na výtok, tak vodu zavře. Tomuto jevu je nutné předejít především celkovou koncepcí návrhu teplé vody s minimalizací energetických ztrát. Snahou je tedy ohřev vody v místě spotřeby a co nejkratší připojovací potrubí. V případě delších rozvodů a nutnosti použití cirkulace teplé vody pak důsledné izolování rozvodů, časové spínání systému a zejména hydraulické vyvážení celého systému, aby byly splněny požadavky na teplotu na výtoku v co nejkratší možné době. Dosažení požadované teploty na výtoku uživatelem, která je vždy nižší než teplota vody v ohřívači vody je neefektivnější termostatickým směřováním, které znamená velkou úsporu jak vody, tak tepla. Rychlost smísení na požadovanou teplotu probíhá již po několika vteřinách.

5 Vnější kanalizace

Kanalizační systémy dle správy jednotlivých úseků a částí lze rozdělit na veřejnou část (vnější kanalizace) a vnitřní část (vnitřní kanalizace), která je obvykle součástí budov a majitelem je vlastník budovy. Veřejná část kanalizace zahrnuje vnější stokové sítě, objekty na stokových sítích, čistírny s příslušným zařízením a veřejné části kanalizačních přípojek.

Vnější i vnitřní kanalizace má za cíl zachytit, odvést a popřípadě zlikvidovat odpadní vody tak, aby nedošlo ke znehodnocení vodního hospodářství. Pod pojmem likvidace si lze představit čištění odpadních vod, odvedení odpadních vod nebo jejich zpětné využití. Vše zejména s ohledem na ekologické hledisko a přirozený oběh vody na povrchu i v podzemí.

5.1 Stokové sítě a kanalizační přípojky

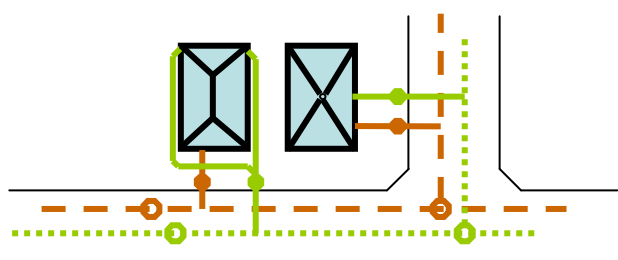
Účelem stokových sítí a kanalizačních přípojek je spolehlivé, hospodárné a zdravotně neškodné odvádění odpadních vod z určeného území nebo připojené nemovitosti do zařízení na čištění odpadních vod a posléze do vodního recipientu. Tím stokové sítě a kanalizační přípojky zajišťují ochranu vodního recipientu před znečištěním odpadními vodami z urbanizovaných povodí a jejich hlavním úkolem je tedy:

- odstraňování odpadních vod z pozemků z důvodu veřejného zdraví a hygieny,
- ochrana urbanizovaného území před povodněmi,
- ochrana životního prostředí.

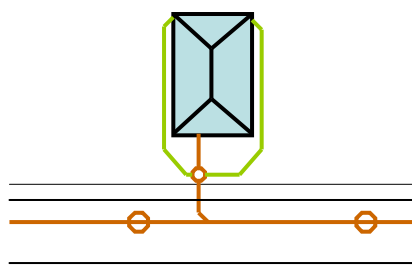
Celkový systém likvidace odpadních vod má čtyři na sebe navazující funkce:

- shromažďování odpadních vod
- odvádění odpadních vod
- čištění odpadních vod
- vypouštění odpadních vod

Z historického vývoje vyplývá, že stokové sítě byly zřizovány z potřeby odstraňovat znečištěné vody, a tím zabraňovat šíření nemocí. Tradičně byly budovány stokové sítě ke shromažďování a odvádění všech druhů odpadních vod bez ohledu na jejich původ. To vedlo k potížím během maximálních přítoků v důsledku přívalových dešťů a ke zřizování oddělovacích komor, které odváděly znečištěnou vodu do povrchových vodních recipientů. Později však bylo zjištěno, že oddílné soustavy, odvádějící odděleně znečištěné vody od srážkových povrchových vod, představují zlepšení proti soustavám jednotným (obr. 5.1.1).

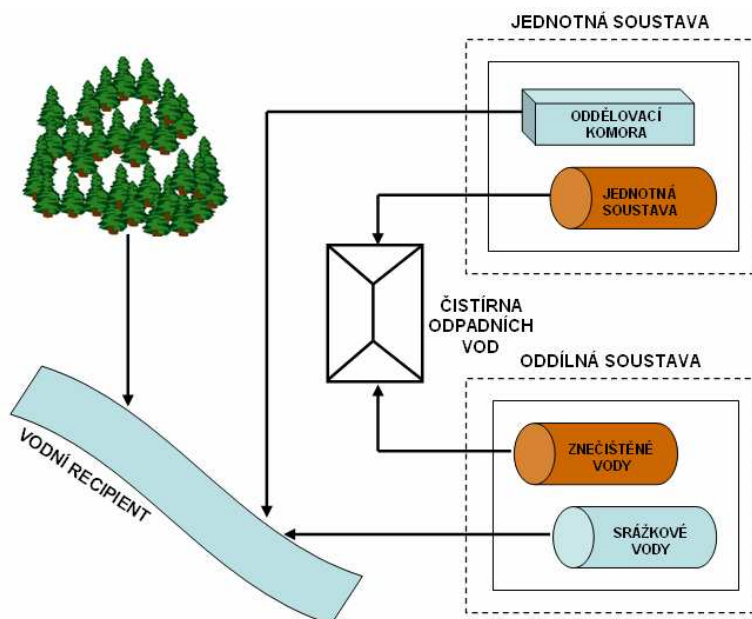


obr. 5.1.1 - Oddílná kanalizační soustava



Jednotná kanalizační soustava

Účinky znečištění různých druhů odpadních nejsou stejné a oddělování odpadních vod umožňuje různé čištění každé složky odpadních vod, čímž se mohou uskutečňovat řešení příznivá pro ochranu životního prostředí (obr 5.1.2).



obr. 5.1.2 – Princip oddělování odpadních vod

Stoková síť zpravidla nesplňuje požadavky na odvádění veškerých odpadních vod za každých okolností. S možností přetížení se počítá včetně důsledků, které to přináší.

Hydraulická kapacita musí být dostatečná, aby se četnosti povodňových stavů omezily na četnosti stanovené na místní úrovni, při zohlednění zpětného vzduť. Hydraulická kapacita musí navíc pojmout předvídatelné nárůsty průtočného množství během plánované životnosti systému. Musí být zohledněny účinky průtoků vypouštěných do stok, situovaných po proudu, nebo do vodních recipientů. U částí systému, u nichž je vysoké riziko poruch, mají být podniknuta opatření k zabránění nebo snížení rizika povodňových stavů v případě poruch těchto částí.

Hydraulické výpočty

Při navrhování musí hydraulické výpočty systému zajistit splnění všech příslušných funkčních požadavků, včetně:

- ochrany před povodňovými stavy
- možnosti údržby
- udržování průtoku

5.2 Splaškové stoky a potrubí

Návrhové průtoky zahrnují:

- přítoky splaškových (domovních) odpadních vod,
- povolené přítoky průmyslových odpadních vod.

Přítoky cizích vod mohou být zahrnuty do výpočtů, pokud jim nelze zabránit. Přehlcení splaškových stok a potrubí gravitačních systémů je nežádoucí. Splaškové stoky a potrubí nemají být proto navrhovány pro kapacitní plnění. Hydraulický návrh by měl zahrnovat rezervy pro budoucí zvětšení přítoku odpadních vod v závislosti na budoucím vývoji území.

Přítok splaškových odpadních vod se určuje buď z počtu obyvatel a množství odpadních vod vztaženého na jednoho obyvatele, nebo u nových obytných ploch, kde tyto údaje ještě nejsou k dispozici, z návrhových parametrů závislých na vývoji obyvatelstva nebo druhu a počtu bytových jednotek.

V tabulce 5.1.3 jsou uvedena množství splaškových odpadních vod na jednoho obyvatele a den, jak jsou používána v jednotlivých zemích.

Země	Množství znečištěných vod rozsah v l/(obyv.d)	Poznámka
Česká republika	100 až 150	Běžný denní odtok; neuvažují se žádná zařízení na infiltraci.
Dánsko	120 až 150	50 % až 100 % má být připočteno jako rezerva na infiltraci.
Francie	150 až 200	–
Německo	150 až 300	Závisí na úrovni a stáří systému zdravotních instalací. Neobsahuje rezervu na infiltraci.
Nizozemsko	100 až 120	–
Portugalsko	120 až 350	–
Švýcarsko	170 až 200	–
Spojené království	150 až 300	–

Tab. 5.1.3 – množství znečištěné vody na jednoho obyvatele

5.3 Dešťové stoky

Hydraulické výpočty stok a potrubí, odvodňujících nepropustné plochy jako silnice a parkoviště, jsou závislé na provedení povrchů mezi nepropustnými plochami

a odvodňovacím systémem. Odtok z tohoto rozhraní musí být dostatečně zohledněn, aby byly účinky povodňových stavů co možná nejmenší.

Ochrana před povodňovými stavy si může vyžádat opatření na retenci vody, při které se zachytí maxima dešťového odtoku a dočasně zadrží.

Jednotné soustavy

U jednotných soustav sestává návrhový průtok z dešťových odtoků, které mají zdaleka převažující podíl z průtoků znečištěných vod. Protože průtoky znečištěných vod jsou obvykle podstatně nižší než návrhové průtoky, má se dbát především na rychlosti umožňující proplach při bezdeštném průtoku.

Kapacita potrubí se stanovuje pro:

- odvádění potřebného návrhového průtoku
- omezení usazování sedimentů
- zajištění sníženého rizika ucpávání
- zajištění proveditelnosti účinných opatření údržby s přiměřenými náklady

K výpočtu turbulentního proudění ve stokách a potrubích se doporučují rovnice podle Colebrook-Whiteho a Manninga při zohlednění tlakových ztrát v potrubí.

Rychlost $\underline{v}$ v kruhovém zcela zaplněném potrubí se počítá podle Colebrooka:

$$v = -2\sqrt{2gDJ_E} \cdot \log_{10} \left(\frac{k}{3,71D} + \frac{2,51v}{D\sqrt{2gDJ_E}} \right)$$

- v je průměrná rychlost v příčném profilu v m/s
 g gravitační zrychlení v m/s²
 D vnitřní průměr potrubí v m
 J_E hydraulický sklon (ztráta energie na jednotku délky) -
 k hydraulická drsnost potrubí v m
 J kinematická viskozita kapaliny v m²/s.

Pro částečně plněné nebo nekruhové potrubí se vnitřní průměr potrubí D nahradí výrazem $4R_h$

$$R_h = \frac{A}{O}$$

R_h hydraulický poloměr v m

A průtočná plocha v m²

O omočený obvod v m

Dle Manninga se průtočná rychlost pro kruhové i nekruhové příčné profily při částečném i plném plnění se počítá podle rovnice:

$$v = K R_h^{\frac{2}{3}} \cdot J_E^{\frac{1}{2}}$$

K součinitel podle Manninga v m^{1/3}/s

R_h hydraulický poloměr v m

J_E hydraulický sklon (ztráta energie na jednotku délky)

Celkové hydraulické ztráty lze stanovit součtem místních ztrát a ztrát třením nebo zohledněním místních ztrát uplatněním vyšší hodnoty hydraulické drsnosti potrubí při výpočtu ztrát třením.

Ztráta třením:

$$K = 4 \cdot \sqrt{g \left(\frac{32}{D} \right)^{\frac{1}{6}}} \cdot \log_{10} \left(\frac{3,7D}{k} \right)$$

K součinitel podle Manninga v m^{1/3}/s

g gravitační zrychlení v m/s²

D vnitřní průměr potrubí v m

k hydraulická drsnost potrubí v m

Ztráty místní:

$$h_L = \frac{k_L v^2}{2g}$$

- h_L místní ztráty v m
 k_L součinitel místních ztrát, bez rozměru
 v průtočná rychlost v m/s
 g gravitační zrychlení v m/s²

Pokud se použijí doporučené hydraulické drsnosti pro potrubí nebo rychlostní součinitelé, je třeba prokázat, zda v nich jsou zohledněny místní ztráty. Pro drsnost k se používají hodnoty 0,03 mm až 0,3 mm (Colebrook-White), a pro součinitel K hodnoty 70 m^{1/3}/s až 90 m^{1/3}/s (Manning).

Pokud nelze zabránit tvorbě usazenin na dně, musí se při výpočtu hydraulických ztrát zohlednit zúžený příčný průřez.

5.4 Kanalizační systémy

Vnější kanalizační systémy je možné rozdělit podle způsobu odvodu odpadních vod, resp. podle energie, která způsobí pohyb kapaliny v potrubí. Používá se systém:

- gravitační
- tlakový
- podtlakový
- pneumatický

Gravitační systém

Stoky odvádějí odpadní vody z odvodňovaného území zpravidla gravitačně. Navrhují se jako zakryté s uzavřeným profilem. Otevřené profily se používají výjimečně, např. na odvedení vyčištěných odpadních vod v extravilánech.

Podmínkou fungování gravitační kanalizace je sklon potrubí, který zajistí odtok odpadní vody potrubím, aniž by došlo k zanášení potrubí nečistotami z odpadní

vody. K tomu slouží stanovení minimálních sklonů, které jsou závislé na druhu potrubí a profilu.

Sklon a profil gravitačních stok se navrhuje tak, aby bylo zabráněno zanášení stok. Tečné napětí na dně stoky se vypočítá podle vzorce:

$$\tau_u = \rho \cdot g \cdot R \cdot I$$

nebo vyjádřením sklonu dna I , např. z Manningova vzorce:

$$\tau_u = \rho \cdot g \cdot n^2 \cdot \frac{v^2}{R^{1/3}}$$

τ_u	tečné napětí na dně stoky v Pa
ρ	hustota znečištěné vody, zpravidla v kg/m ³
g	gravitační zrychlení v m/s ²
R	hydraulický poloměr v m
I	sklon dna stoky, podíl m/m
n	bezrozměrný drsnostní součinitel (dle Manninga obvykle $n = 0,014$)
v	průřezová (průtočná) rychlost ve stoce v m/s

Nejmenší sklon gravitační stoky jednotné a oddílné soustavy odvádějící dešťové vody má být z hlediska zanášení stok takový, při kterém hodnota $1/m$ návrhového dešťového průtoku vyvolá v navrženém stokovém profilu tečné napětí $\tau_u \geq 4,0$ Pa (pro plastové a sklolaminátové potrubí $\tau_u = 3,0$ Pa), kde m je rovno podílu výpočtové intenzity deště periodicit podle tab. 5.1.4 a intenzity deště periodicity 5 (pro stejnou dobu trvání deště t). U stok odvádějících jiné odpadní vody se tečné napětí posoudí pro jejich průměrný denní průtok.

Četnost výskytu výpočtových dešťů n	Lokalita
1 (1× za 1 rok)	venkovské území
0,5 (1× za 2 roky)	obytná území
0,5 (1× za 2 roky)	městská centra, průmyslová a komerční území: – s kontrolou povodňového stavu od dešťových přívalů ¹⁾ – bez kontroly povodňového stavu od dešťových přívalů
0,2 (1× za 5 let)	
0,1 (1× za 10 let)	podzemní dráhy, podjezdy ¹⁾
¹⁾ POZNÁMKA V místě jsou stanoveny intenzity dešťových srážek pro nucený odtok.	

Tab 5.1.4 - orientační hodnoty četnosti výpočtových dešťů

Při návrhu stokové sítě se doporučuje navrhovat minimální sklon dna $I_{\min}$ větší, než vychází podle Manningova vzorce:

$$I_{\min} \geq \left(\frac{\tau_u}{\rho \cdot g} \right)^4 \cdot \left(\frac{1}{v \cdot n} \right)^6$$

Při: $\tau_u = 4 \text{ Pa}$, $\rho = 1\,003 \text{ kg/m}^3$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, $n = 0,014$ platí vzorec:

$$I_{\min} \geq 0,003632 \cdot \frac{1}{v^6}$$

U stok a potrubí malých průměrů (menších než DN 300) může být obvykle očekáváno samoproplachování, pokud se denně dosáhne rychlosti nejméně 0,7 m/s nebo je určen sklon I (m/m) nejméně 1/DN. Větší sklony nebo vyšší rychlosti mohou být předepsány místními předpisy nebo příslušnými úřady.

Ke snižování rizika ucpávání mají stoky a potrubí vykazovat hladké vnitřní povrchy a mají být ukládány podle podmínek pro samoproplachování. Nízké průtoky ve stokách a potrubích mohou vyvolat požadavek na větší sklony (až do poměru 1/DN/2,5)

Maximální průřezová rychlost odpadních vod při kapacitním plnění ve stokách může být 5 m/s. V objektech a stokách budovaných z kameninových, litinových, sklolaminátových a čedičových trub, některých plastových trub s příslušnou certifikací nebo zděných z kanalizačních cihel, čedičových tvárnic či dlažebních kamenů na cementovou maltu, může být maximální průřezová rychlost vody až 10 m/s.

Na gravitační stokové síť se nesmí používat potrubí menší jmenovité světlosti než DN 250 pro potrubí z kameniny, plastů a sklolaminátů, nebo DN 300 pro potrubí z jiných materiálů. Toto ustanovení neplatí pro potrubí s tlakovým nebo podtlakovým režimem proudění (např. ve výtlačném potrubí čerpací stanice, ve shybkách, kapacitních, škrticích úsecích a u tlakové a podtlakové stokové sítě).

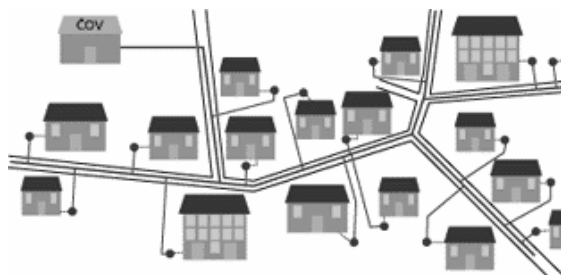
Tlakový a podtlakový systém

Tlakové a podtlakové systémy odkanalizování se používají tam, kde není možný gravitační způsob odkanalizování a to obvykle pro splaškové stoky oddílné stokové soustavy. Pohyb odpadní vody je dán tlakem čerpadel. V běžných systémech čerpání odpadní vody je nutné odpadní vodu akumulovat a v závislosti na množství odpadní vody v akumulační nádrži čerpat do gravitační sítě nebo dalších zařízení stokových sítí.

Důvody, které vedou k využití tlakových a podtlakových systémů jsou:

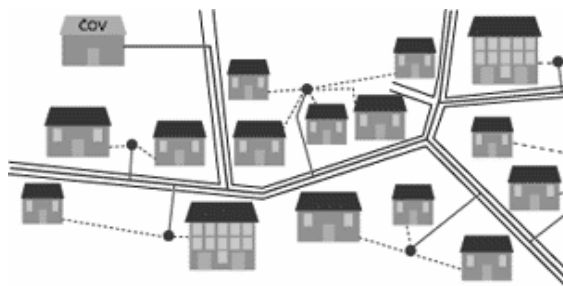
- nedostatečné spády pro gravitační kanalizaci nebo protispády
- izolovaná a řídká zástavba
- složité geologické podmínky → vysoká hladina podzemní vody, velmi pevný materiál podloží
- překážky v cestě → inženýrské sítě, vodoteče
- sezónní provoz kanalizace
- lokality pod úrovní gravitační kanalizace
- ekologicky citlivé oblasti, např. ochranná pásma vodních zdrojů, chráněné oblasti

Tlaková kanalizace se skládá z tlakové sítě a čerpacích jímek. Tlaková síť v podstatě kopíruje terén v nezámrzné hloubce a podle průtoku a tlakových ztrát se její profily pohybují v rozmezí DN 40-150. Tlakový systém potrubí je standardně veden ve veřejných komunikacích větevným systémem a odvádí odpadní vody z domovních nebo veřejných čerpacích šachet. Umístění šachet, jejich kapacita, obsluha a údržba záleží na okrajových podmínkách v lokalitě (obr. 5.1.5).



– systém z domovními čerpacími šachtami

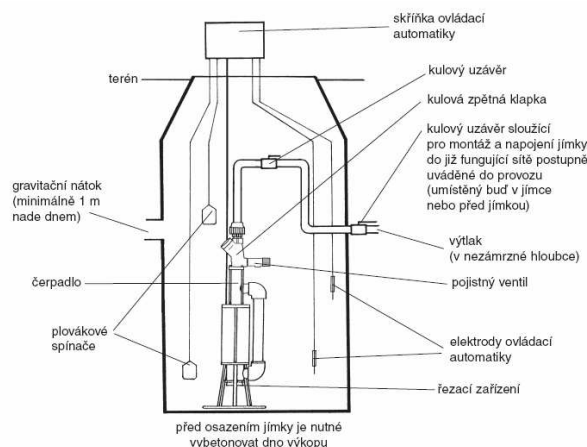
obr. 5.1.5 – tlakový kanalizační systém



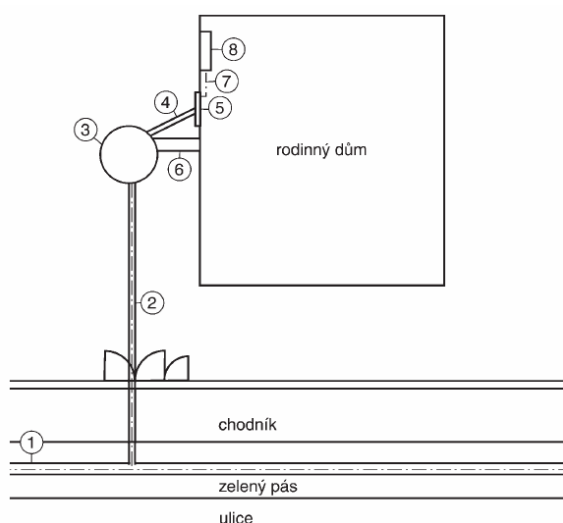
– systém z veřejnými čerpacími šachtami

Tlakový systém kanalizace pak odvádí odpadní vodu do gravitačního systému kanalizace nebo rovnou do čistírny odpadních vod (obr. 5.1.7).

Vnitřní kanalizační systém objektu je řešen vždy jako gravitační. Pokud se v objektu nachází zařizovací předměty v podlaží pod úrovní gravitačního kanalizačního svodného potrubí, pak je použito lokální přečerpání do tohoto potrubí. Gravitační svodné potrubí je pak svedeno do čerpacích šachet (obr. 5.1.6), které mají jednak akumulaci funkci pro odpadní vodu a jednak jsou vybaveny čerpací technikou, která odděluje gravitační a tlakový rozvod odpadní vody.



obr. 5.1.6 – čerpací šachta včetně výbavy



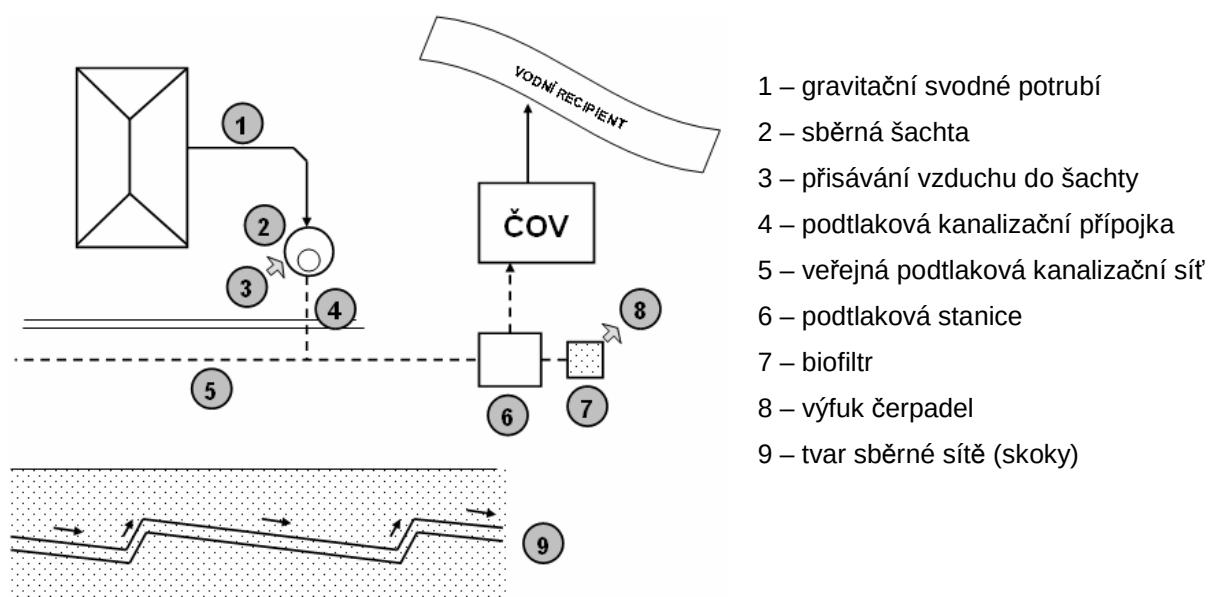
- 1 – veřejná tlaková kanalizační síť
- 2 – tlaková kanalizační přípojka
- 3 – čerpací šachta
- 4 – elektrorozvod pro ovládání šachty
- 5 – ovládací panel čerpací šachty
- 6 – gravitační svodné potrubí
- 7 – napájení ovládacího panelu
- 8 – domovní rozvaděč

obr. 5.1.7 – schéma propojení gravitační a tlakové části kanalizace

Výhody tlakového systému kanalizace jsou v dopravě odpadní vody v libovolném množství do velkých výšek a není omezena hloubka čerpacích šachet u objektů. Výtlačná potrubí jsou malých průměrů a nemají požadavky na geometrii vedení.

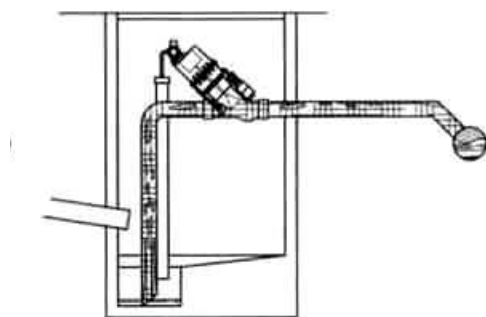
Nevýhodou je potřeba energie na pohon čerpadel v každé čerpací šachtě, kdy se v případě výpadku energie a následném obnovení nárazově zatíží rozvodná síť. Rotující části čerpadel přicházejí do styku s agresivním prostředím odpadních vod a to značně snižuje jejich životnost.

Podtlakový systém využívá záporného tlakového spádu k dopravě odpadních vod. Zdrojem podtlaku jsou vývěvy v podtlakové stanici. Potrubní vedení je složeno ze sestupných a vzestupných úseků (obr. 5.1.8), aby odpadní voda vytvořila souvislý sloupec vody v nejnižších místech a mohlo dojít k podtlakovému efektu. Podtlaková síť se skládá ze sběrné šachty (obr. 5.1.9), podtlakové stokové sítě a centrální čerpací stanice. Podtlakový systém potrubí je standardně veden ve veřejných komunikacích větveným systémem a odvádí odpadní vody ze sběrných šachet do podtlakové (vakuové) stanice a odtud do dalších částí sítě. Z vakuové stanice je proveden výfuk od čerpadel přes biofiltr.

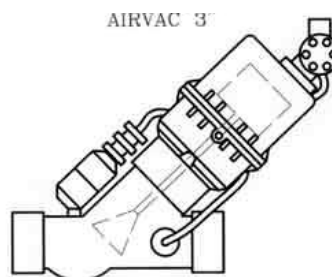


obr. 5.1.8 – schéma propojení gravitační a podtlakové části kanalizace

Součástí sběrné šachty je podtlakový ventil (obr. 5.1.10), který je přechodovým místem mezi gravitačním a podtlakovým potrubím a odtud jsou odpadní vody odsávány. Jakmile dosáhne objem odpadní vody ve sběrné jímce zapínací hladiny, podtlakový ventil se otevře. Rozdílem tlaků mezi podtlakovou sítí a atmosférou se nasaje do potrubí určité množství odpadní vody, které se poměrně rychle zpění a zaplní celý průřez potrubí. Provzdušněná směs odpadní vody takto překoná obvykle jeden výškový skok (cca 30cm) na síti. Po uzavření ventilu dojde ke klidovému stavu, kde převládne nakonec gravitační síly, a odpadní voda se ustálí v potrubí.



obr. 5.1.9 – sběrná kanalizační šachta



obr. 5.1.10 – podtlakový ventil

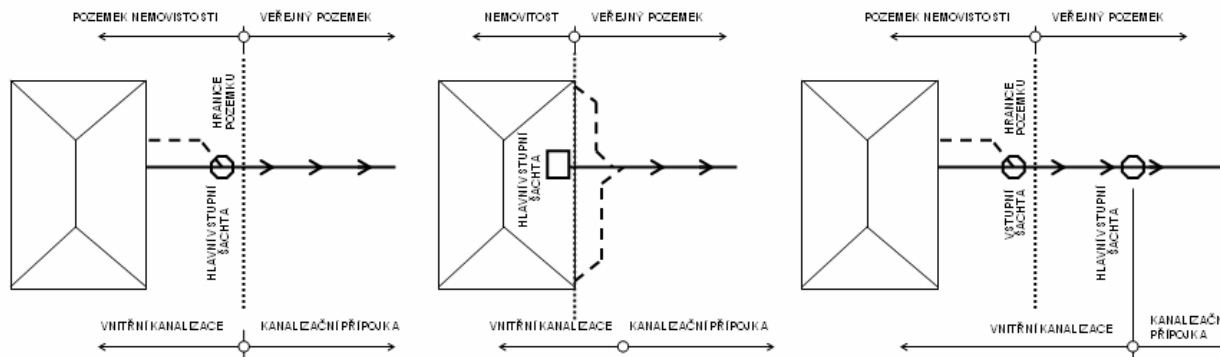
Výhody podtlakového systému jsou zejména v použití v oblastech, kde jsou ochranná pásma vodních zdrojů. Případná netěsnost potrubní sítě se projeví velmi rychle na kontrolních přístrojích v podtlakové sběrné stanici. Na zdroji energie je závislá pouze podtlaková stanice, čímž se systém stává bezpečnějším z provozního hlediska v případě instalace záložního zdroje ve stanici. Jelikož při proudění dochází k promísení odpadní vody se vzduchem, vytvoří se aerobní podmínky a nedochází ke vzniku sirovodíku.

Slabým článkem systému je podtlakový ventil, který je namáhán agresivním prostředím a je třeba předpokládat jeho výměnu.

Výběr mezi gravitačním, tlakovým a podtlakovým systémem je obvykle doprovázen rozbořem pořizovacích a provozních nákladů. Pokud lze uplatnit za srovnatelných nákladů a dle konfigurace území gravitační kanalizaci, je to nejlepší způsob dopravy odpadní vody. V případě specifických podmínek území výše řečených se nabízí tyto systémy jako plnohodnotná alternativa pro klasickou kanalizaci.

Kanalizační přípojky

Kanalizační přípojka spojuje stokovou síť s vnitřním kanalizačním systémem. Z hlediska majetkoprávního je kanalizační přípojka ve správě majitele nebo provozovatele stokové sítě. Hranice mezi kanalizační přípojkou a vnitřní kanalizací je obvykle hlavní vstupní šachta nebo hranice pozemku vlastníka nemovitosti (obr. 5.1.11). Mohou se však vyskytnout situace, kdy je třeba kanalizační přípojku z hlediska vlastnických vztahů a správy individuálně stanovit se správcem sítě.



a) budova umístěná uvnitř pozemku b) budova umístěná na hranici pozemku c) budova vzdálená od veřejné stokové sítě
 obr. 5.1.11 - rozsahu platnosti normy ČSN 75 6760 pro hranici kanalizační přípojky

Každá nemovitost připojená na stokovou síť, domovní čistírnu odpadních vod nebo žumpu má mít samostatnou domovní kanalizační přípojku. V případě, že jsou z objektu odváděny odpadní vody oddílnou stokovou sítí, bude objekt napojen dvěma přípojkami pro každý odváděný druh odpadní vody. Odvodnění dvou nebo více nemovitostí jednou domovní kanalizační přípojkou nebo odvodnění rozsáhlé nemovitosti několika přípojkami je možné u domovní čistírny odpadních vod nebo

žumpy. Napojení více přípojek na stokovou síť lze jen výjimečně se souhlasem provozovatele nebo vlastníka stokové sítě.

Zásady pro navrhování kanalizačních přípojek:

- Kanalizační přípojka má být co nejkratší, v jednotném sklonu, v přímém směru a kolmá na stoku a stejného profilu (od stoky k revizní šachtě, k dešťové vpusti, k lapači krytiny, apod.).
- Nejmenší jmenovitá světlost potrubí kanalizační přípojky je DN 150. Při jmenovité světlosti větší než DN 200 je nutno projektovou dokumentaci doložit hydrotechnickým výpočtem.
- Nejmenší dovolený sklon kanalizační přípojky je:
do DN 200 → 10‰
do DN 150 → 20‰
- Největší dovolený sklon kanalizační přípojky je 400 ‰. Při větším sklonu je provést na přípojce spadišťovou šachtu nebo spádový stupeň ve vstupní šachtě.
- Přístupnost kanalizačních přípojek se zajišťuje vstupními šachtami nebo čisticími kusy. Vstupní šachta nebo čisticí kus se obvykle umísťuje na hranici pozemku napojované nemovitosti. Ve dně vstupní šachty se provádí otevřený žlábek nebo se osazuje čisticí kus.

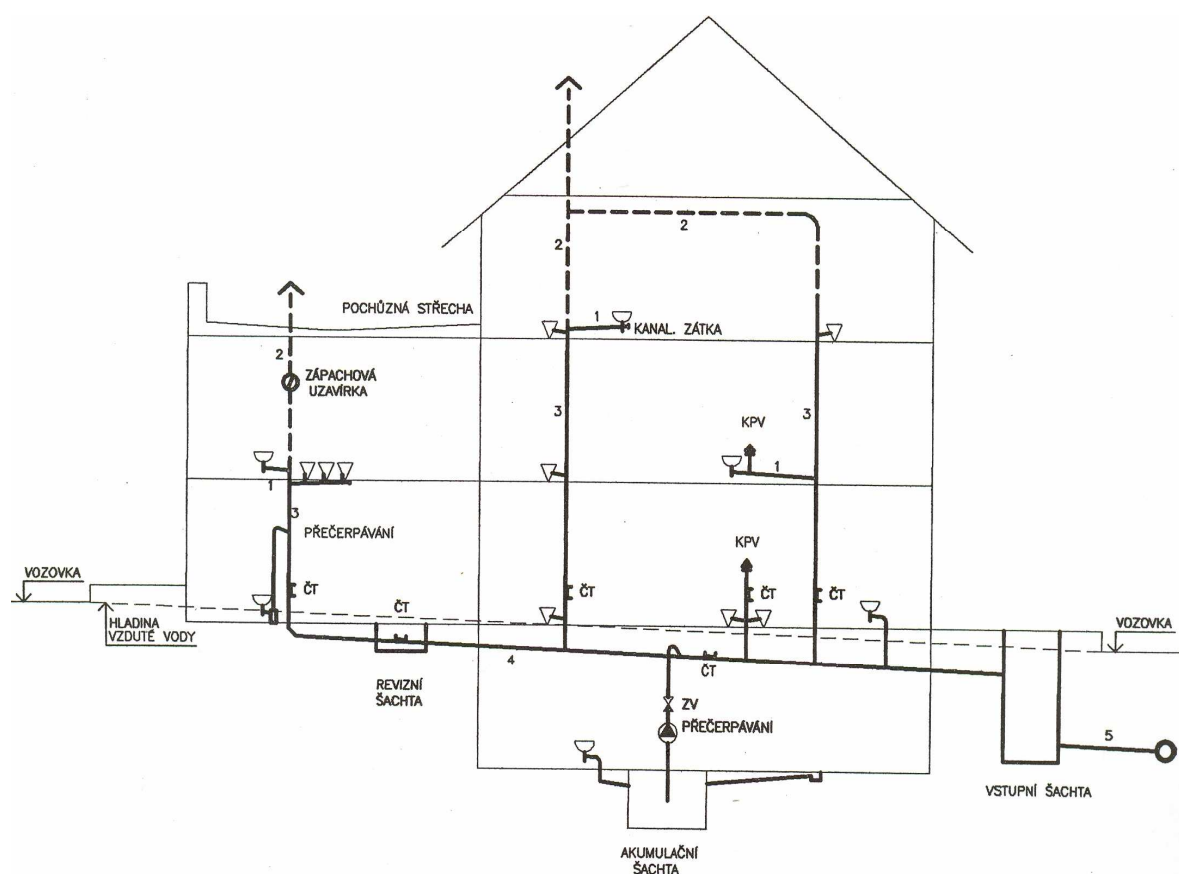
Množství odpadní vody

Při výpočtu množství splaškové odpadní vody vycházíme z předpokladu, že množství vody, které proteče vodoměrnou sestavou, obvykle přiteče do zařizovacího předmětu a odteče do kanalizačního systému. Vychází se tedy z hodnot, které se používají při návrhu vodovodu.

Specifická situace nastane tam, kde se voda z vodovodní sítě používá pro účely technologické nebo například k zalévání zeleně, což je velmi častá situace pro oblasti s hustou zástavbou rodinných domů. Problém může nastat i v případě, kdy se lépe hospodaří s odpadní vodou a dochází k jejímu zpětnému využití. Pokud není možné výpočtem stanovit množství odpadní vody, lze po dohodě se správcem sítě měřit množství vypouštěné odpadní vody do kanalizačního systému.

6 Vnitřní kanalizace

Vnitřní kanalizace objektu (obr. 6.1) odvádí odpadní vodu od zařizovacích předmětů, vypustí, výtoků a technologií v objektu i mimo objekt (přílehlé prostory patřící k objektu) do kanalizační přípojky. V rámci vnitřní kanalizace se využívá zejména gravitačního způsobu odvodu odpadní vody tam, kde jsou podlaží nad úrovní vyústění svodného potrubí do dalších objektů (kanalizační stoka, akumulární nádrž, septik, domovní čistírna apod.). Pokud jsou zařizovací předměty pod úrovní svodného potrubí, odpadní voda se přečerpá do podlaží s gravitačním systémem. Zařizovací předměty, které se nacházejí pod hladinou vzduté vody, se opatří ochranou proti vzduté vodě.



obr. 6.1 Schéma vnitřní kanalizace

- 1 – připojovací potrubí
2 – větrací potrubí

- 3 – odpadní potrubí
- 4 – svodné potrubí
- 5 – kanalizační přípojka

V současné době existuje mnoho druhů systémů vnitřní kanalizace vzniklých na základě rozdílných druhů a způsobů používání zařizovacích předmětů v různých zemích. Základní rozdíl je ve výšce plnění připojovacích potrubí a množství odpadních (svislých) potrubí.

V České republice se používá systém I. Další systémy jsou používány v různých státech Evropské unie, což je dáno jednak místními zvyklostmi a historickým vývojem kanalizačních systémů uvnitř budov.

Systémy vnitřní kanalizace:

Systém I - s jediným odpadním potrubím a s částečně plněnými připojovacími potrubími, která se navrhují na stupeň plnění 0,5 (50 %) s napojením na jediné odpadní potrubí.

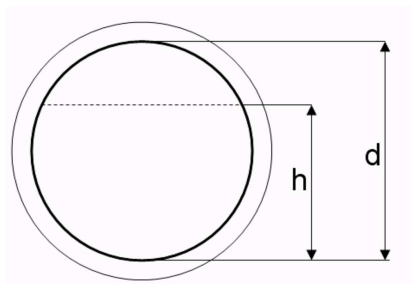
Systém II - s jediným odpadním potrubím a s připojovacími potrubími malých světlostí, která se navrhují na stupeň plnění 0,7 (70 %) s napojením na jediné odpadní potrubí.

Systém III - s jediným odpadním potrubím a s připojovacími potrubími s plným plněním, která se navrhují na stupeň plnění 1,0 (100 %) a každé připojovací potrubí je napojeno samostatně na jediné odpadní potrubí.

Systém IV - systémy vnitřní kanalizace I, II a III, které mohou být rozděleny do dvou a více odpadních potrubí. Odpadní potrubí pro různé druhy odpadní vody, např. černou a šedou.

Výška plnění hraje poměrně významnou roli pro dimenzování vnitřní kanalizace. Je třeba si uvědomit, že plnění je velmi rozdílné pro odpadní (svislé) potrubí a svodné (ležaté) potrubí. Plnění svislých potrubí se pohybuje mezi okolo 0,15 – 0,3, kdežto plnění ležatého potrubí pro ekonomický návrh se pohybuje mezi 0,5 – 0,8.

Výška plnění (obr. 6.2) je poměr h/d :

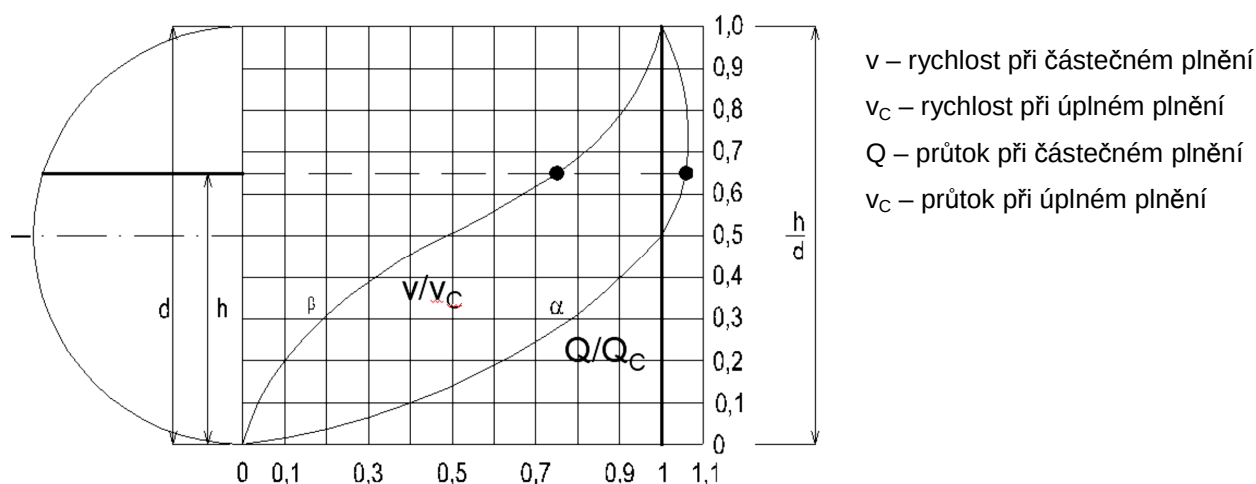


obr 6.2 – výška plnění profilu

Z hlediska výšky plnění a druhu proudu vody rozeznáváme proudění vody v potrubí:

Proudění plným profilem – celá průřezová plocha je zcela uzavřena a zaplněna kapalinou. Jedná se tlakové proudění, které je charakteristické pro vodovodní soustavy, otopné soustavy a například i tlakovou kanalizaci. V oblasti gravitační kanalizace se tento jev může vyskytovat při zahlcení potrubí, nicméně tato situace je v podstatě nežádoucí a může způsobit poruchu v systému (nepřípustný podtlak).

Proudění částečně zaplněným profilem – nad hladinou proudící kapaliny je vytvořen vzduchový prostor. S rostoucí výškou plnění h se zvětšuje hydraulický poloměr R , při uzavírání profilu se zase zmenšuje. Je to typické proudění ve svodném (ležatém) potrubí kanalizace a ve vnějších dešťových žlabech. Charakteristika tohoto proudění je na (obr. 6.3). Z grafu lze vyčíst, že průtok částečného proudění je výrazně závislý na výšce plnění a v případě překročení plnění přes 0,8 se zmenšuje z důvodu zvětšení tlakové ztráty třením, jelikož rychle narůstá smáčená plocha oproti průřezu (hydraulický poloměr).



obr. 6.3 – profil průtoku a rychlosti při částečném plnění vzhledem k úplnému plnění

Proudění s provzdušněním - kde sklon potrubí přestoupí 10 %, přesáhne rychlost proudění hodnotu 7 m/s a dochází k intenzivnímu provzdušnění proudu. Objem směsi vzduchu a vody je větší než objem vody, přestávají platit vztahy pro turbulentní proudění. Na skutečný průtok vody v potrubí má podstatně větší vliv velikost provzdušnění, resp. celkový objem směsi než tření.

Zápachové uzávěry

Základní funkcí zápachové uzávěrky, jak také vyplývá z názvu, je ochrana proti zápachu z kanalizačního systému. Díky výšce a objemu vody zápachová uzávěrka zabezpečuje ochranu před zápachem a při správném návrhu systému kanalizace by nemělo dojít k jejímu přetržení nebo dokonce vysátí. Znamená to v podstatě přetržení souvislého sloupce vody do takové míry, kdy je umožněn vstup vzduchu ze systému potrubí do interiéru. Výška a objem zápachových uzávěrů mají vliv na dovolený průtok, kterým lze zatížit připojovací a odpadní potrubí splaškové kanalizace.

Výška vodního uzávěru je dána konstrukcí uzávěrky nebo zařizovacího předmětu. Minimální výška předepsána normou je 50mm, běžně se pohybuje v rozmezí 50-80mm. Výpočet tlakového rozdílu, kterému bude zápachová uzávěrka odolávat je dán vztahem :

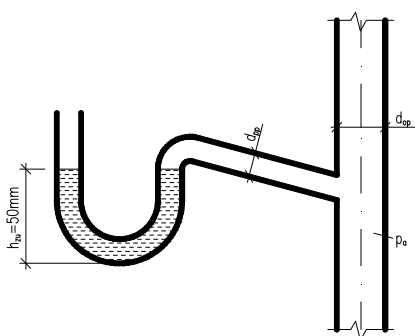
$$\Delta p = 1,1 \cdot \rho \cdot g \cdot h_{zu}$$

Při výšce uzávěrky 50mm a teplotě 15°C dostáváme tlakový rozdíl 540 Pa. V zápachové uzávěrce dochází vzhledem k volné hladině k odpařování, což má výrazný vliv na její funkci (obr. 6.4). Dle experimentálních měření se za den při 20°C z volné hladiny uzávěrky odpaří asi 1mm vodního sloupce. Tato hodnota je však dále závislá na poměrech v systému kanalizace, protože vzhledem k velmi vlhkému prostředí dochází v potrubí běžně ke kondenzaci, která může zápachovou uzávěrku částečně doplňovat. Pro doplnění výšky odpaření h_o do výše uvedeného vzorce dostáváme dovolený pokles tlaku:

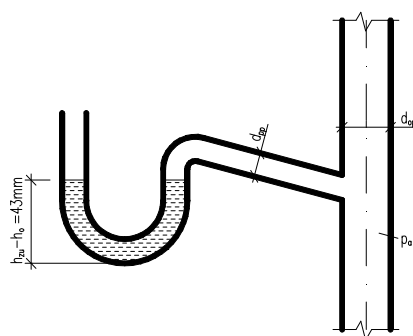
$$\Delta p_{adm} = 1,1 \cdot \rho \cdot g \cdot (h_{zu} - h_o)$$

Pro stanovení p_{adm} se uvažuje experimentální hodnota odpaření pouze 0,5mm za den. Pro výpočet tlakového rozdílu v období přerušení doplňování uzávěrky používáním zařizovacího předmětu se používá přestávka 14 dní. Výsledkem je pak tlakový rozdíl, kterému musí odolat zápachová uzávěrka během této doby.

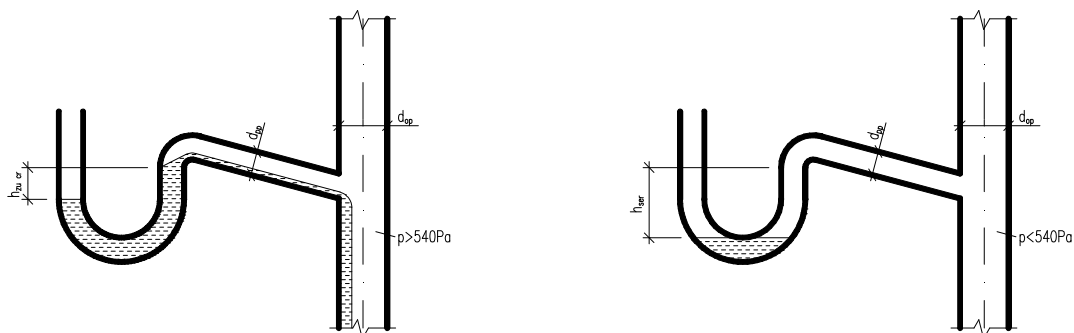
$$p_{adm} = 1,1 \cdot 999 \cdot 9,81 \cdot (0,05 - 14 \cdot 0,0005) = 464 \text{ Pa}$$



a) - mimo provoz,



b) - mimo provoz s odpařením



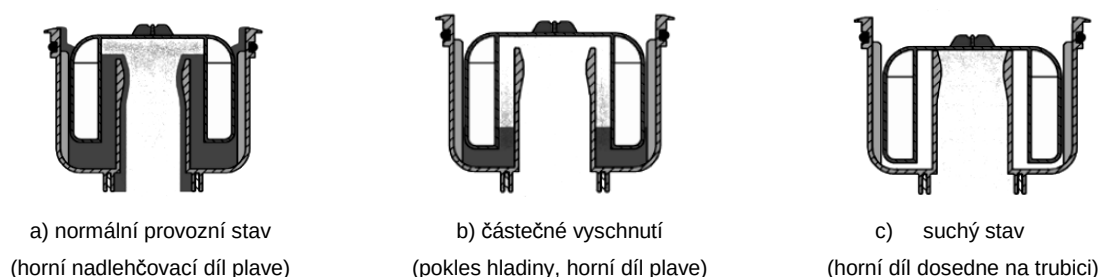
c) - provoz s dovoleným podtlakem v odpadním potrubí d) vysátí zápachové uzávěrky

h_{zu} – celková výška vodního uzávěru
 h_o – výška vodního uzávěru po odpaření
 h_{ser} – dovolené snížení hladiny za provozu
 $h_{zu\ cr}$ – snížení hladiny při zvětšení podtlaku nad kritickou hodnotu (odsátí uzávěru)
 p_a – atmosférický tlak

obr. 6.4 – provozní stavy zápachové uzávěrky

V případě delší přestávky v používání zařizovacích předmětů, a tudíž zápachových uzávěrek, je možné doplňovat zápachové uzávěrky v rámci údržby provozního stavu objektu nebo použít zápachové uzávěrky se suchým uzávěrem (obr. 6.5).

Vodou nadlehčovaný horní díl zápachové uzávěrky je funkční jako běžný sifon, avšak při vysychání vody se plovák postupně se snižující hladinou pohybuje dolů. Při vyschnutí vody spadne na přepadovou trubici sifonu a zajistí těsnost proti plynům z kanalizace.



obr. 6.5 – zápachová uzávěrka se suchým uzávěrem firmy HL

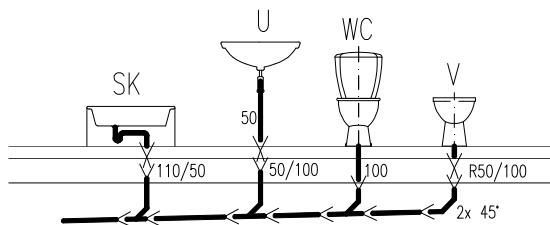
6.1 Připojovací potrubí

Spojuje zařizovací předmět přes zápachovou uzavírku s odpadním potrubím. Připojovací potrubí se vede od zařizovacího předmětu vždy ve sklonu a je možné ho zaústit do:

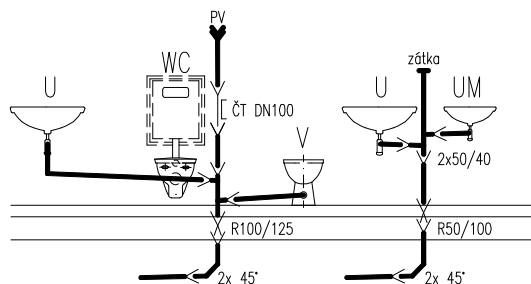
- odpadního potrubí
- svodného potrubí

Zaústění do svislého odpadního potrubí je obecně nejlepší a nejbezpečnější způsob zaústění vzhledem k možnosti přístupu vzduchu do větraného odpadního potrubí a vyrovnání případného podtlaku v systému. U přízemních objektů nebo nejnižších podlaží je možné zaústit zařizovací předmět přímo do svodného potrubí, ale doporučuje se připojení přes odpadní potrubí, které nutně nemusí procházet do vyšších podlaží. Výhody tohoto zaústění jsou v možnosti osazení přívzdušňovacího ventilu na ukončené odpadní potrubí, možnost případného čištění svodu přes čisticí kus odpadního potrubí a zejména pak lepší možnost budoucí změny dispozice, která není limitována polohou odpadního potrubí v základové desce (obr. 6.1.1). Napojení zařizovacích předmětů přímo do svodného potrubí vede k velkému počtu prostupů základovou konstrukcí a to je obecně nežádoucí z hlediska těsnosti prostupů, přesnosti uložení apod. (obr. 6.1.2).

Zaústění připojovacího potrubí se obecně doporučuje provést nad podlahou v podlaží, kde je zařizovací předmět osazen, aby nebylo připojovací potrubí součástí jiného funkčního prostoru, zejména pak obytných prostorů. Vedení pod stropem nižšího podlaží je možné ve veřejných budovách tam, kde potrubí nezasahuje do soukromých prostorů. Připojovací potrubí od dvou a více zařizovacích předmětů napojené do svodného potrubí má být opatřeno čisticí tvarovkou.



obr. 6.1.1

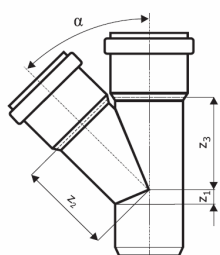


obr. 6.1.2

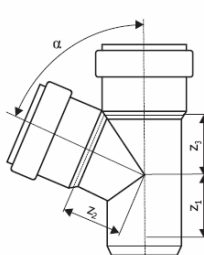
Obecně platí zásada, aby připojovací potrubí bylo co nejkratší a pokud možno přímé, zejména bez zalomení o 90° . Pokud to jinak nelze, doporučuje se pro zalomení použít hydraulicky příznivější zalomení pomocí dvou 45° kolen.

K napojení připojovacího potrubí na odpadní potrubí se používá odbočka (obr. 6.1.3):

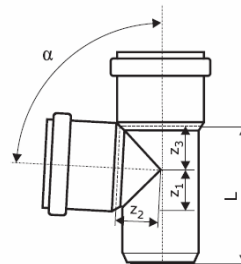
- jednoduchá (úhel 45° až 87°)
- dvojité (úhel 45° až 60°)
- speciální v prefabrikátech
- jednoduchá oblouková
- kulová



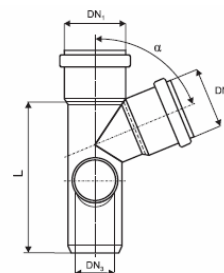
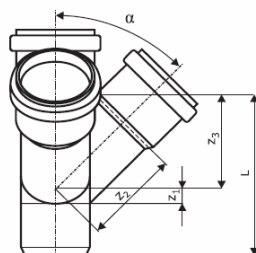
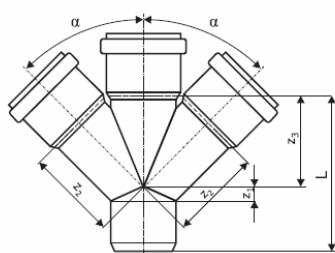
jednoduchá odbočka 45°



jednoduchá odbočka 67°



jednoduchá odbočka 87°



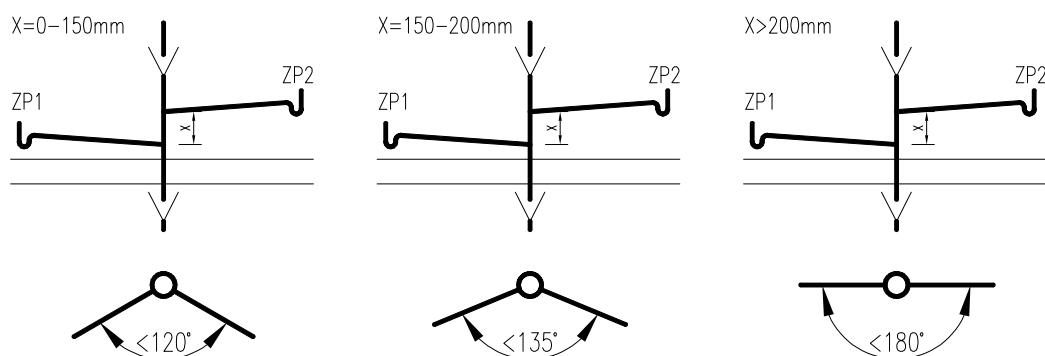
dvojitá odbočka 45°

rohová odbočka 45°

rohová paneláková odbočka

obr. 6.1.3

Dispozičně je velmi vhodné umístit zařizovací předměty s největší světlostí připojovacího potrubí (WC, výlevky) co nejbližší k odpadnímu potrubí. Pokud bude použito kolmých odboček, je třeba respektovat geometrii připojení podle úhlu připojení k odpadnímu potrubí (obr. 6.1.4).



obr. 6.1.4 – podmínky připojení na odpadní potrubí při použití kolmých odboček

Nejmenší jmenovité světlosti připojovacích potrubí, které je nutno dodržet bez ohledu na výpočet, jsou uvedeny v tabulce 6.1.5. Dříve byla dimenze připojovacího potrubí stanovena normou, která tabulkově na základě typu zařizovacího předmětu či jednotlivých sestav určila jmenovitou světlost. Vzhledem k množství různých kombinací zapojení zařizovacích předmětů je třeba navrhnout potrubí vždy výpočtem a posoudit s dovoleným průtokem potrubí dle dimenze. Hydraulické kapacity připojovacího potrubí jsou uvedeny v ČSN EN 12056-2.

Připojovací potrubí	Minimální jmenovitá světlost DN
Od více než jednoho zařizovacího předmětu	50
Od pisoárové mísy	50
Od dvou a více pisoárových mís	60
Které je nevětrané, zatížené průtokem $Q_{tot} \geq 0,6$ l/s a vedené s odklonem do 30° od svislice	60
Od pisoárových stání nebo stěn	70
Od umývacího žlabu nebo umývací fontánky	70
Délky nad 1,5 m od velkokuchyňského dřezu	70
Od pisoárů nad 6 míst	100
Od záchodových mís se splachovací nádrží o objemu 6 l a více nebo s tlakovým splachovačem při nárazovém odběru vody	100

Tabulka 6.1.5 – minimální jmenovité světlosti (DN) připojovacích potrubí bez ohledu na výpočet

6.2 Splašková odpadní potrubí

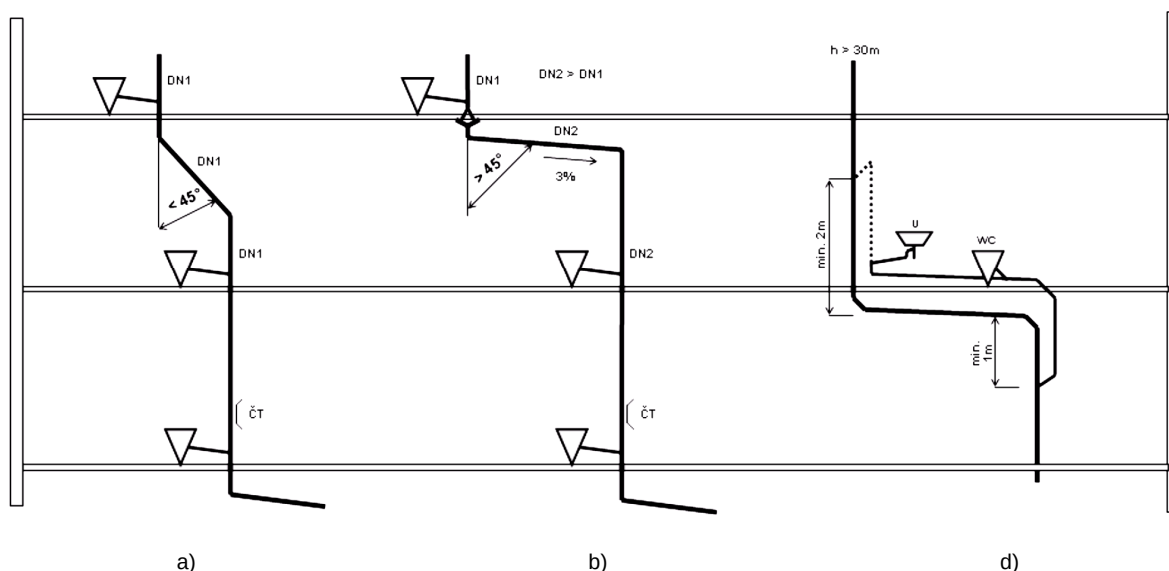
Splaškové odpadní potrubí je svislé potrubí, do kterého jsou zaústěna připojovací potrubí ze zařizovacích předmětů a vpusti. Geometrie vedení potrubí má výrazný vliv na hydraulické poměry v potrubí a zejména pak šířená hluku z potrubí do konstrukce a přilehlých prostorů. Zajištění těchto požadavků nejlépe splňuje přímé svislé vedení potrubí v instalačních prostorech.

Pokud je třeba provést změnu trasy svislého potrubí (obr. 6.2.1) u dispozičně složitých objektů, lze to udělat podle následujících zásad.

- a) potrubím vedeným pod úhlem nejvýše 45° od svislice
 - bez změny jmenovité světlosti
- b) potrubím vedeným pod úhlem větším než 45° (nejvýše 88,5°) od svislice
 - zvětšením průměru potrubí na jmenovitou světlost, která je nejbližší vyšší
 - zvětšení jmenovité světlosti se provede těsně nad zalomením
 - při větším počtu zalomení se jmenovitá světlost zvětšuje jen u nejvyššího zalomení
- c) ležatým potrubím s hydraulickou kapacitou stejnou jako má nevětrané připojovací potrubí (stupeň plnění nejvíce 50 %) v případě, že jsou napojeny

záchodové mísy s nádržkovým splachovačem o objemu menším než 6 l, sklon ležaté části potrubí musí být nejméně 2 %;

d) s obtokovým potrubím vedeným ve sklonu nejméně 3 %, pokud je odpadní potrubí nad zalomením vyšší než 30 m a zalomení je provedeno podle odstavce b nebo c; obtokové potrubí se s odpadním potrubím spojí nejméně 2 m nad zalomením a nejméně 1 m pod ním, jmenovitá světlost obtokového potrubí je stejná jako u odpadního potrubí, nejvýše však DN 100 (jmenovitou světlost větší než DN 100 nutno zdůvodnit výpočtem a obtokové potrubí dimenzovat na stupeň plnění 50 %);



obr. 6.2.1 – řešení zalomení odpadních potrubí

Za účelem čištění je třeba do splaškového odpadního potrubí osadit přístupnou čisticí tvarovku nebo umožnit čištění jiným způsobem:

- v nejnižším podlaží nad přechodem do svodného potrubí (asi 1m nad podlahou),
- v blízkosti zalomení potrubí, před samotným zalomením,
- v nejvyšším podlaží, pokud je napojeno na společné větrací potrubí.

Čisticí tvarovky není dovoleno instalovat v místnostech, ve kterých by případný únik odpadních vod z čisticího otvoru při čištění mohl způsobit hygienické závady a škody, např. v kuchyních, skladech potravin, elektrických rozvodnách.

Splaškové odpadní potrubí musí být chráněno před mrazem.

6.3 Dešťová odpadní potrubí

Dešťové odpadní potrubí odvádí dešťovou odpadní vodu z ploch, které jsou exponovány atmosférickými srážkami. Vnitřní dešťová odpadní potrubí se navrhuje podle stejných zásad jako splašková odpadní potrubí, je třeba však věnovat pozornost velikosti riziku zaplavení objektu vlivem ucpání potrubí a jeho naplnění po výšce. Stejně jako splaškové odpadní potrubí je vhodné systém dešťové kanalizace odvětrávat, ovšem v případě umístění vtokových prvků ze střechy v blízkosti pobytových zón či okenních otvorů musíme zabránit pronikání zápachu z potrubí do okolí. Řešením je klasické použití zápachové uzávěrky (sifonu) na potrubí, ať už na svislou část potrubí nebo svodné potrubí. Podmínkou je přístup pro čištění zápachové uzávěrky a ochrana před zamrznutím.

Nejmenší jmenovitá světlost dešťového odpadního potrubí je DN 70. Jmenovitá světlost svislého vnitřního dešťového odpadního potrubí s beztlakým prouděním se stanoví podle tabulky 6.3.1 nebo maximálního průtoku střešním vtokem. Jmenovitá světlost vnějšího dešťového odpadního potrubí s beztlakým prouděním navazujícího na ostrohranný výtok ze střešního žlabu nebo žlabového kotlíku se stanoví podle tabulky 6.3.2. Potrubí má být vedeno po celé délce svisle. Pokud je třeba zalomení a odskoků, platí stejná pravidla jako pro vedení svodného potrubí. Je třeba respektovat při vedení možnost vzniku hluku a umístit potrubí do podružných prostorů nebo učinit opatření proti šíření hluku do interiéru.

Jmenovitá světlost vnitřního odpadního potrubí DN	Hydraulická kapacita Q_{RWP} l/s stupeň plnění $f = 0,30$
70	3,2
90	4,8
100	8,1
125	12,6
150	25,0

Tabulky 6.3.1 - Hydraulické kapacity vnitřního dešťového odpadního potrubí

Jmenovitá světlost vnějšího odpadního potrubí DN	Hydraulická kapacita Q_{RWP} l/s
70	2,0
100	3,0
125	6,0
150	9,0

Tabulky 6.3.2 - Hydraulické kapacity vnějšího dešťového odpadního potrubí

Na vnitřním dešťovém odpadním potrubí se čisticí tvarovky osazují:

- ve výšce asi 1 m nad podlahou nejnižšího podlaží před přechodem do svodného potrubí
- v blízkosti zalomení.

Použití lapačů střešních splavenin na vnitřním dešťovém odpadním potrubí je nepřipustné. Volně vedené dešťové odpadní potrubí, osazené v prostoru s možností mechanického poškození, musí být do výšky alespoň 1,5 m nad terénem nebo podlahou z materiálu, který odolává tomuto poškození.

Spojení dešťového se splaškovým odpadním potrubím je možné výjimečně učinit tam, kde je nemovitost napojena na jednotnou stokovou síť. Dešťové odpadní potrubí nesmí sloužit jako odvětrání splaškové kanalizace, která musí být odvětrána hlavním větracím potrubím. Maximální odtok dešťových vod je 0,3 l/s, což odpovídá při nepropustných krytinách 10m² odvodněné plochy.

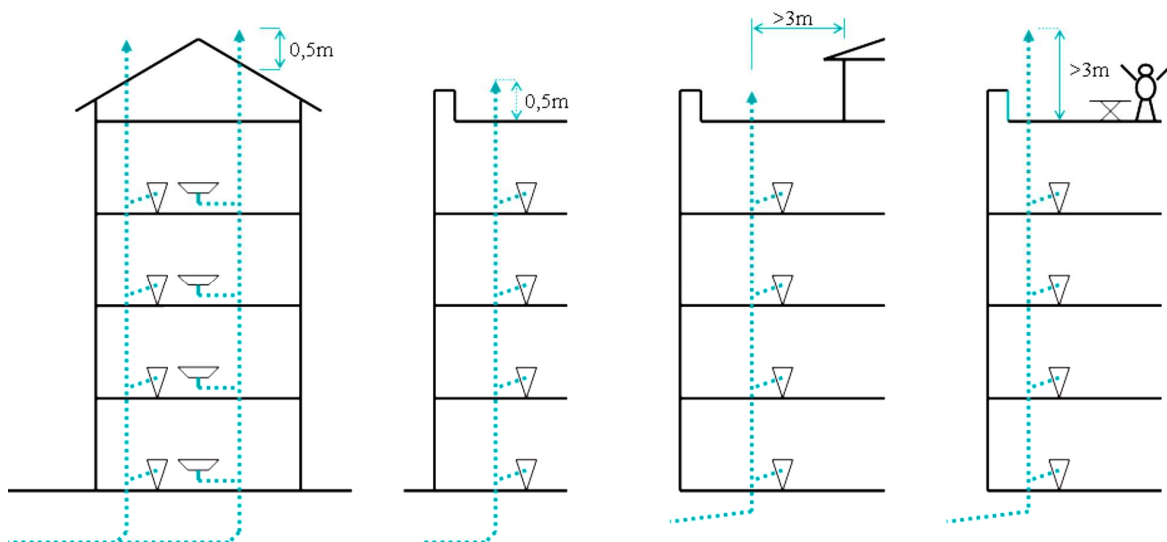
6.4 Větrací potrubí

Vnitřní kanalizace v každé budově musí být opatřena alespoň jedním větracím potrubím o jmenovité světlosti nejméně DN 70, které má být napojeno:

- a) jako hlavní větrací potrubí na jedno z nejvzdálenějších splaškových odpadních potrubí od vyústění svodného potrubí z budovy nebo
- b) na horní konec svodného potrubí v nejvzdálenějším místě od vyústění svodného potrubí z budovy.

Hlavní a doplňkové větrací potrubí má být přímé a svislé, případné ležaté úseky musí mít sklon nejméně 2% k odpadnímu potrubí z důvodu případného stékání kondenzátu do odpadního potrubí. Hlavní nebo společné větrací potrubí musí vyúšťovat do venkovního prostoru a má být ukončeno 0,5 m nad rovinou střechy. Tento požadavek však není často splněn některými systémovými prvky konstrukcí střech (odvětrací tašky). Obvykle nedochází k problémům s odvětráním, je však potřeba chránit ústí větrací hlavice před ucpáním sněhovou pokrývkou. Vyvedení větracího potrubí na fasádu je velmi problematické. V potrubí kanalizace je velmi vlhké prostředí a v průběhu celého roku dochází k velké kondenzaci. Stékání kondenzátu po fasádě je nepřijatelné. Stejně tak limitujícím prvkem mohou být okna umístěná na fasádě pro větrání interiéru.

Nejmenší vodorovná vzdálenost vyústění větracího potrubí od teras, oken nebo jiných otvorů, které jsou spojené s trvale používanými místnostmi budovy, je 3 m. Při menších vzdálenostech je třeba větrací potrubí vyústit nejméně 1 m nad úroveň nejvyšší části tohoto otvoru nebo 3 m nad úroveň terasy (obr. 6.4.1).



a) šikmá střecha b) plochá střecha c) střešní objekt a pochůzná střecha

obr. 6.4.1 – řešení vyústění odpadního potrubí na střechu

6.5 Odvádění dešťových vod ze střech

Gravitační systém

Základním údajem pro navrhování odvodnění střechy je výpočtová intenzita srážek. Její volba musí odpovídat stupni přijatelného rizika s přihlédnutím k druhu a využití budovy. Pokud nejsou k dispozici statisticky zpracované údaje o intenzitě deště, volí se jako základ pro návrh intenzita deště pro ČR 0,03 l/s.m². Tato intenzita je vzhledem k dlouhodobým srážkovým průměrům v našich klimatických podmínkách vyšší, nicméně pro návrh odvodnění střechy je opodstatněná z důvodu bezpečnosti objektu před zaplavením srážkovou vodou. Z tohoto důvodu jsou v evropských předpisech stanoveny i součinitele bezpečnosti podle různých typů budov (tab. 6.5.1), které zvyšují návrhové intenzity pro dimenzování systémů odvodnění. Pokud je voda odváděná z ploch, které neohrožují budovu zaplavením, intenzita deště se uvažuje podle ČSN 75 6101.

Situace střešních žlabů	Součinitel bezpečnosti
Podokapní, nástřešní a nadřímsové střešní žlaby	1,0
Podokapní, nástřešní a nadřímsové střešní žlaby, u kterých by přelití vody mohlo způsobit částečné nesnáze, např. nad vstupy do veřejných budov	1,5
Mezistřešní, zaatikové, zvláštní střešní žlaby a místa pro odvodnění střechy, kde by neobvykle silný dešťový příval nebo ucpání v systému odvodnění střechy způsobily vniknutí vody do budovy	2,0
Mezistřešní, zaatikové a zvláštní střešní žlaby v budovách vyžadujících vysoký stupeň ochrany jako např.: – nemocnice; – citlivá sdělovací zařízení; – skladiště látek, které ve styku s vodou uvolňují toxické nebo vznětlivé plyny; – budovy schraňující umělecká díla vysoké hodnoty.	3,0

tab. 6.5.1 – součinitelé bezpečnosti dle druhu odvodnění a budovy

Pro určení odtoku dešťových vod Q_r v l/s z odvodňované plochy se používá rovnice:

$$Q_r = i \cdot A \cdot C \quad [l/s]$$

i intenzita deště $[l/s.m^2]$

A půdorysný průmět odvodňované plochy nebo účinná plocha střechy $[l/s.m^2]$ (obr. 6.5.2)

C součinitel odtoku dešťových vod dle druhu odvodňované plochy a sklonu povrchu [-]

V případě, že se nezohledňuje účinek větru, počítá se účinná plocha dle:

$$A = L_R \cdot B_R \quad [m^2]$$

V případě, že se zohledňuje účinek větru, počítá se účinná plocha dle toho, pod jakým úhlem dopadají srážky. Uvažuje se s úhlem 26° od svislé osy, nebo s možností kolmého dopadu srážek na plochu střechy.

Déšť hnaný větrem pod úhlem 26° :

$$A = L_R \cdot (B_R + H_R/2) \quad [m^2]$$

Déšť hnaný kolmo ke střešní rovině, uvažována celá plocha střechy:

$$A = L_R \cdot T_R \quad [m^2]$$

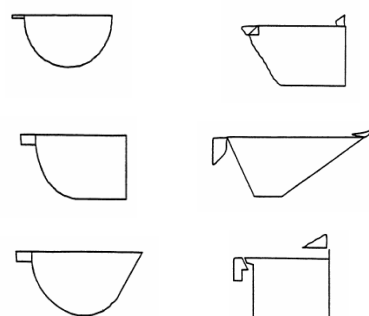
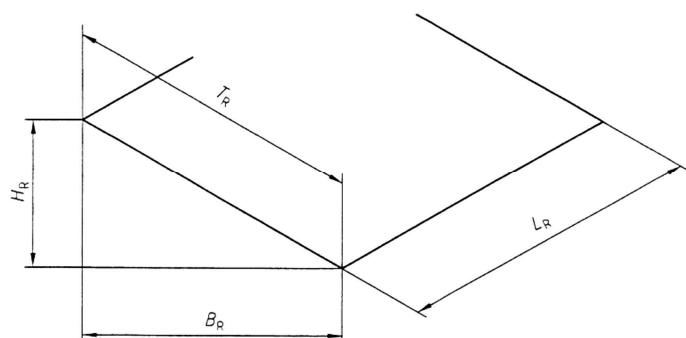
A je účinná plocha střechy $[m^2]$

L_R délka okapu $[m]$

B_R půdorysný průmět střechy od střešního žlabu po hřeben střechy

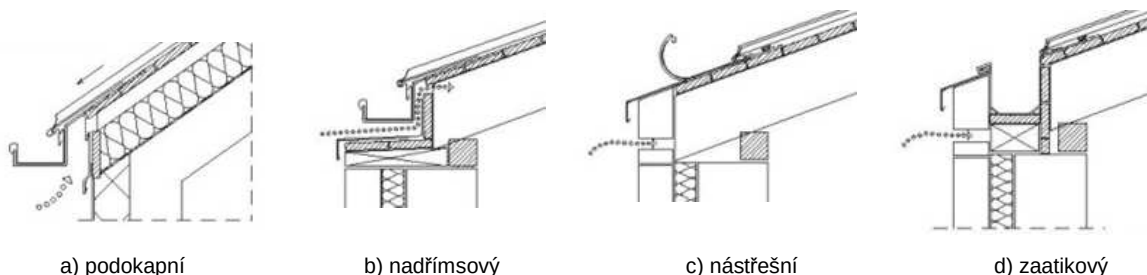
H_R výška střechy od střešního žlabu po hřeben střechy

T_R vzdálenost mezi střešním žlabem a hřebenem střechy měřená podél střechy



obr. 6.5.2 – geometrické rozměry plochy střechy a tvary žlabů

obr. 6.5.4 – tvary žlabů



obr. 6.5.3 – možnosti uložení střešních žlabů

Střešní žlaby, které se ukládají ve sklonu 3 mm/m a méně se navrhují a počítají jako střešní žlaby bez sklonu. Pro podokapní, nástřešní a nadřímsové střešní žlaby (obr. 6.5.3), jejichž příčný profil má polokruhový nebo obdobný tvar (obr. 6.5.4), navrhované bez sklonu a opatřené výtoky, schopnými zajistit volný odtok, se stanovuje odtokové množství podle:

$$Q_L = 0,9 \cdot Q_N$$

Q_L návrhový odtok dešťových vod ze střešního žlabu bez sklonu [l/s]

0,9 součinitel bezpečnosti [-]

Q_N návrhový odtok dešťových vod ze střešního žlabu počítaný podle rovnice:

$$2,78 \cdot 10^{-5} \cdot A_E^{1,25}$$

A_E celkový příčný profil střešního žlabu [mm²]

Pro podokapní, nástřešní a nadřímsové střešní žlaby, jejichž příčný profil má čtvercový, obdélníkový, lichoběžníkový nebo podobný tvar navrhované bez sklonu a

opatřené výtoky, schopnými zajistit volný odtok, se stanovuje odtokové množství podle:

$$Q_L = 0,9 \cdot Q_N$$

Q_L návrhový odtok dešťových vod ze střešního žlabu bez sklonu [l/s]

0,9 součinitel bezpečnosti [-]

Q_N návrhový odtok ze střešního žlabu $Q_N = Q_{SE} \cdot F_D \cdot F_S$ [l/s]

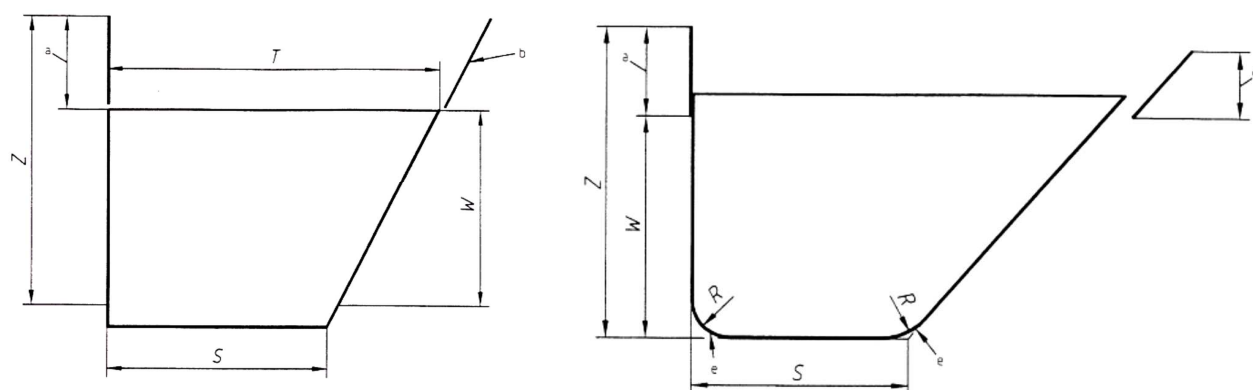
Q_{SE} odtok dešťových vod z ekvivalentního čtvercového nebo obdélníkového střešního žlabu (podokapního, nástřešního a nadřímsového)

$$Q_{SE} = 3,48 \cdot 10^{-5} \cdot A_E^{1,25} \quad [\text{l/s}]$$

A_E celkový příčný profil střešního žlabu (obr. 6.5.4) [mm²]

F_D faktor hloubky (obr. 6.5.5)

F_S tvarový faktor (obr. 6.5.5)



Legenda: a volný bok;

b rozšíření stěny střešních žlabů mezistřešních, zaatikových a popř. zvláštních, které není součástí žlabu pro účely použití ve smyslu obrázků 5, 6, 7 a 10 (viz 5.2.2);

c použitelné pro rozměry;

d výška přelivu;

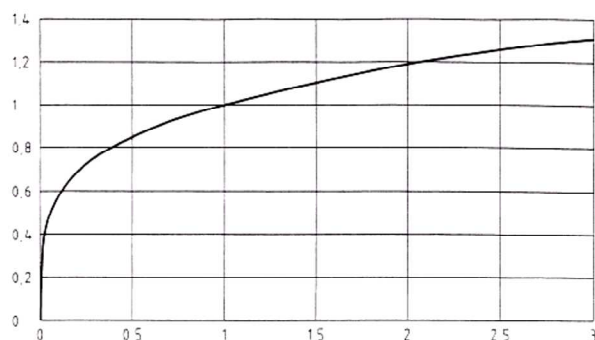
e zaoblené rohy se při výpočtu plochy příčného profilu uvažují, ale pro účely použití ve smyslu obrázků 6 a 10 se změří rozměr S až ke znázorněnému bodu, pokud vnitřní poloměr zakřivení R není větší než $W/4$;

S šířka dna střešního žlabu;

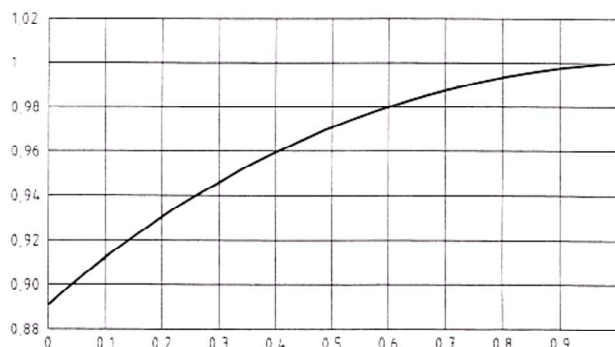
T šířka střešního žlabu při návrhové hloubce vody;

W návrhová hloubka vody.

obr 6.5.4 – profil střešního žlabu



F_D - faktor hloubky, osa x = F_D , osa y = W/T



F_S - tvarový faktor, osa x = F_S , osa y = S/T

obr. 6.5.5 – graf zobrazení faktorů

tabulka 6.5.6 – Odtoková množství svislých dešťových odpadů

Vnitřní průměr dešťových odpadů d_i mm	Odtok dešťových vod Q_{RWP} l/s		Vnitřní průměr dešťových odpadů d_i mm	Odtok dešťových vod Q_{RWP} l/s	
	stupeň plnění $f = 0,20$	stupeň plnění $f = 0,33$		stupeň plnění $f = 0,20$	stupeň plnění $f = 0,33$
50	0,7	1,7	140	11,4	26,3
55	0,9	2,2	150	13,7	31,6
60	1,2	2,7	160	16,3	37,5
65	1,5	3,4	170	19,1	44,1
70	1,8	4,1	180	22,3	51,4
75	2,2	5,0	191	25,7	59,3
80	2,6	5,9	200	29,5	68,0
85	3,0	6,9	220	38,1	87,7
90	3,5	8,1	240	48,0	110,6
95	4,0	9,3	260	59,4	137,0
100	4,6	10,7	280	72,4	166,9
110	6,0	13,8	300	87,1	200,6
120	7,6	17,4	>300	Použije se Wyly-Eatonovy rovnice	Použije se Wyly-Eatonovy rovnice
130	9,4	21,6			

POZNÁMKA Uvedené hodnoty vychází z Wyly-Eatonovy rovnice:

$$Q_{RWP} = 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot k_b^{-0,167} \cdot d_i^{2,667} \cdot f^{1,667}$$

kde Q_{RWP} je odtok z potrubí odvádějícího dešťové vody dešťových odpadů, v litrech za sekundu (l/s);

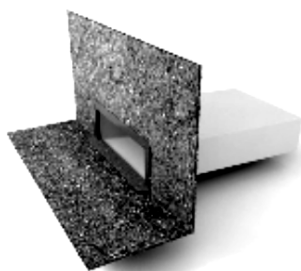
k_b drsnost potrubí, v milimetrech (mm) (uvažuje se 0,25 mm);

d_i vnitřní průměr dešťového odpadu, v milimetrech (mm);

f stupeň plnění, definovaný jako poměr části příčného profilu potrubí zaplněného vodou k celkovému příčnému profilu, bez rozměru

Maximální návrhový odtok dešťových vod počítaný z plochy odvodňované dešťovým potrubím podle protékající svislým kruhovým odpadem, nemá být větší než hodnoty uvedené v tabulce 6.5.6. Používá se stupeň plnění v rozmezí 0,20 a 0,33. Je nutno upozornit na to, že odtokové množství systému odvodnění střech obvykle závisí více na odtokovém množství výtoků střešních žlabů nebo střešních vtoků ploché střechy než na odtokovém množství dešťového potrubí. Dešťový odtok v odskoku se sklonem menším než 10° k vodorovné rovině se počítá jako svodné potrubí se stupněm plnění menším než 70 %.

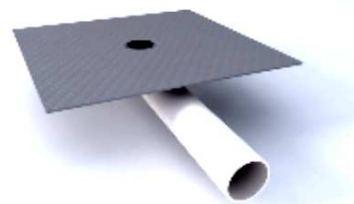
Střešní žlaby navržené bez sklonu nebo se sklonem, označované jako střešní žlaby bez sklonu, mají být pokud možno osazovány ve sklonu 1 mm/m až 3 mm/m. Sklon střešních žlabů podokapních, nástřešních a nadřímsových musí být takový, aby odtékající voda nepřetékala přes přední okraj žlabu. V územích, kde střechy mohou být pokryty sněhem, nesmí přední okraj střešního žlabu přesahovat sesuvnou plochu střechy, pokud nejsou použity střešní sněhové zachytávače. Pro ploché střechy s římsami se navrhují nejméně dva vtoky střešních žlabů (nebo jeden vtok střešního žlabu a nouzový přepad) a to pro každou část plochy střechy (obr. 6.5.7). U balkonů a lodžii je nutné individuálně zvážit nebezpečí zaplavení objektu a podle toho zvolit ochranu před zaplavením za všech provozních podmínek. V případě, že dojde vzhledem k umístění přepadu k částečnému zaplavení plochy střechy, je nutné toto zohlednit při výpočtu zatížení střechy.



a) hranatý přepad do atiky



b) přepad do atiky vyhříváný



c) balkónový přepad

obr. 6.5.7 – nouzové přepady plochých střech a balkonů (Topwet)

Pro výpočet odtokového množství vody je třeba uvažovat zejména s prvky, které snižují průtok odtokovými prvky, jako jsou např. sítky proti vnikání nečistot.

Tvarovky pro čištění a kontrolu se umísťují nad spodním koncem dešťového odpadu a u změn směru, kde by mohlo nastat nebezpečí ucpání. Vedení dešťových odpadů i umístění čisticích tvarovek by nemělo procházet obytnými prostory, jak z důvodu šíření hluku, tak z důvodu přístupu a údržby.

Dešťová odpadní potrubí včetně jejich spojů nemají být zabudována do nosných konstrukcí. V případě vedení potrubí v tepelně izolační vrstvě či mezi touto vrstvou a konstrukcí je nutné zajistit vodotěsnost potrubí a uložit potrubí s ohledem na eventuální lineární tepelné mosty. Tento druh vedení dešťové vody vyžaduje pečlivý přístup z hlediska detailů napojení a prostupů konstrukcí. Dešťová potrubí musí být schopna odolávat tlaku, který by mohl vzniknout v důsledku ucpání potrubí.

Zmenšování velikosti profilu potrubí ve směru proudění je nepřípustné s výjimkou podtlakových systémů.

V případě, že bude dešťová voda odváděna kaskádově na střešní plochy níže položené, je třeba zajistit, aby voda odtékala nejkratší cestou k vpusti směrem od konstrukce objektu a byl tlumen případný rozstřík.

V územích s častými mrazy, kde by led mohl ucpávat vtoky a způsobovat vnikání vody do budovy, se má uvažovat s instalací přídavného vytápění.

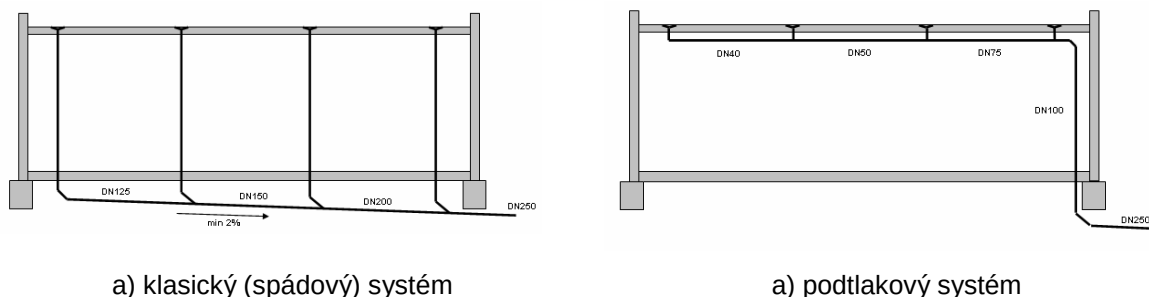
Podtlakový systém

Základním principem odvodu dešťové vody podtlakovým systémem je změna profilu proudění vody v potrubí. Klasický gravitační systém odvodnění střechy využívá proudění s částečně zaplněným profilem, kde je potrubí ukládáno alespoň s minimálním spádem, zatímco podtlakový systém využívá celý průřez a jedná se tedy již o tlakové proudění. V gravitačním systému je vznik vodních pístů a zahlcení profilu spíše nežádoucím jevem, protože způsobuje nerovnoměrný podtlak v systému, který není dimenzován na velké rychlosti a tlaky. Vždy jsou v systému pak místa, kde dochází k intenzivnímu provzdušnění proudu, který kapacitu potrubí nárazově snižuje a to může způsobovat vodní rázy, hluk a velké mechanické namáhání potrubí.

Hnací silou tlakového proudění je gravitace, díky které sloupec vody ve svislém potrubí systému bez přítomnosti vzduchu způsobuje podtlak, který vodu z ostatních částí systému v podstatě odsává. Z hlediska hydrauliky je podtlakový systém podstatně úspornější, protože vlivem velkých rychlostí proudění dojde ke zvýšení kapacity potrubí, kterých pak může být vzhledem k odvodňované ploše méně s menším profilem.

Základní výhody podtlakového systému odvodnění proti klasickému gravitačnímu způsobu jsou:

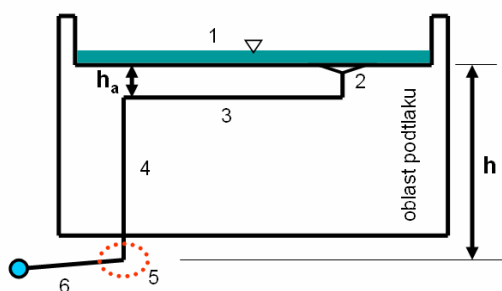
- menší profily potrubí a menší počet potrubí (obr. 6.5.8)
- menší počet střešních vtoků díky jejich vysoké odtokové kapacitě
- samočistící efekt díky vyšším rychlostem proudění vody
- vedení ležatého potrubí bez spádu
- malý počet svislých svodů, uvolnění dispozice
- kratší svodné potrubí a s tím spojené náklady na zemní práce



obr.6.5.8 – schéma potrubí v klasickém a podtlakovém odvodnění

Pro návrh systému je potřeba systém zcela naplnit vodou, proto je nutné použití speciálních střešních vtoků, které zajišťují 100% zaplnění potrubí vodou a zamezují nasávání vzduchu do systému. Při provozu se předpokládá plošné zavodnění střešní plochy, což klade nároky na kvalitní zpracování krytiny a zejména provedení všech detailů připojení prostupujících konstrukcí a prvků. Z důvodu bezpečné funkce systému se osazují přepady střechy min. 50mm nad úroveň vtoků. Maximální výška osazení střešních přepadů je dána statickými poměry konstrukce.

Návrh systému vychází z Bernoulliho rovnice pro ustálené proudění kapaliny. Tlakový rozdíl mezi střešním vtokem a místem napojení s atmosférickým prostředím by se měl pohybovat do 10 kPa. Předpokladem výpočtu je shodná tlaková ztráta při proudění kapaliny v jednotlivých větvích, aby docházelo k rovnoměrnému odtoku ze všech vpustí. Tlaková ztráta jednotlivých větví pak odpovídá dispozičnímu tlaku. Ten je dán hydrostatickým tlakem vody v systému (obr. 6.5.9). V místě napojení svislého potrubí na svodné potrubí (přechodová oblast proudění) dojde díky zvětšení profilu k částečnému zavzdušnění proudu, aby došlo ve svodném potrubí co nejdříve ke klasickému spádovému proudění a nebylo ovlivněno pod tlakem proudění ve vnější kanalizaci.



- 1 – zavodněná plocha střechy
- 2 – střešní vtok
- 3 – ležaté potrubí pod stropem beze spádu
- 4 – svislé potrubí
- 5 – přechodová oblast podtlakového proudění na proudění ve svodném potrubí
- 6 – svodné potrubí
- h_a – svislý úsek od vtoku k ležatému potrubí
- h – celková výška systému

obr. 6.5.9 – jednotlivé části systému podtlakového odvodnění

Návrh samotného systému je založen na výpočtu tlakových ztrát v potrubí, návrhu dimenzí jednotlivých tras a hydraulického vyregulování celého systému. Základními vstupními parametry je plocha střechy a návrhové množství dešťových vod. Postup výpočtu lze popsat těmito kroky:

- výpočet množství dešťových vod Q_r
- výpočet počtu střešních vtoků
 - o vzdálenost jednotlivých vtoků $\leq 20\text{m}$
 - o $n = Q_r / Q_{\text{vtoku}}$
- výpočet dispozičního tlaku $\Delta p = h \cdot \rho \cdot g$
- výpočet předběžné tlakové ztráty na bm – $R = \Delta p / 1,2 \cdot L$
- předběžný návrh potrubí (diagram výrobce, DIN)
- výpočet tlakových ztrát úseků $\Delta p = \Sigma (R \cdot L + Z)$

- výpočet celkových tlakových ztrát jednotlivých tras $\Delta p = h \cdot \rho \cdot g - \Sigma (R \cdot L + Z)$
 - o max. rozdíl 10 kPa, jinak úprava DN
- hydraulické vyvážení

Výpočet se obvykle provádí návrhovým softwarem dodavatelů, kteří mají k dispozici přesné hydraulické vstupní údaje pro výpočet. Mezi doporučení bez ohledu na výpočet patří následující zásady:

- úseky do délky 10m
- minimální průměr potrubí DN32 (40)
- min. rychlost proudění 0,7m/s – zanášení potrubí
- přímá trasa – malé odpory
- dimenze ve směru toku se zvětšují
- pro „nastartování“ systému je třeba $h_a > 100\text{cm}$
 - o minimální průtok pro podtlakový efekt DN100 - 5 l/s, DN150 – 16 l/s
- velké střechy nad 5000 m² – více svislých potrubí

Celý systém předpokládá těsné spoje potrubí, vysokou odolnost potrubí a kvalitní uchycení ke konstrukci z důvodu přenosu namáhání z proudění do konstrukce. Těmto požadavkům vyhovuje například vysokohustotní polyethylen, který je spojován svařováním natupo nebo elektrospojkami.

Svodné potrubí

Pro svodné potrubí je z hlediska hydrauliky nejdůležitější geometrie vedení a sklon potrubí. Minimální sklony jsou definovány podle profilu potrubí, a to do DN200 pro splaškové vody min. 2% a pro dešťové vody 1%. Změny směru, které je nutno provést na trase je nutné provádět hydraulicky příznivými úhly odbočení, to znamená použití kolen s maximálním úhlem 45°. V případě nutnosti změny trasy o 90° je vhodné použít oblouky s velkým poloměrem nebo více kolen (s max. úhlem 45°), které nebudou osazeny těsně za sebou, ale umožní mezi nimi zvýšení rychlosti proudění odpadní vody. Rovný mezikus mezi koleny by měl mít délku alespoň

250mm. Napojení vedlejších větví na hlavní svodné potrubí je možné provést pouze jednoduchými odbočkami s úhlem 45° nebo 60°.

V případě kratších kanalizačních přípojek je často nutné vést potrubí ve velkých spádech nad 15%. Dochází k velkým rychlostem v potrubí a provzdušnění proudu. Pokud je nutné změnit sklon potrubí, lze tak učinit nejlépe v šachtě pro zajištění přístupu a čištění. Je nepřípustné měnit sklon potrubí po své trase, zejména pak změnu sklonu z většího na menší. Při velkém rozdílu výšky kanalizační přípojky a napojení na vnější kanalizaci lze provést spadišťový stupeň před šachtou s možností čištění potrubí.

6.6 Přivzdušňovací ventily

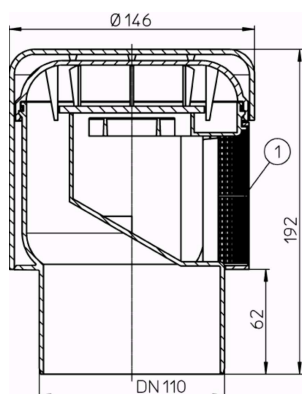
Podle požadavků norem je nutné vždy odvětrat vnitřní kanalizační soustavu do exteriéru. Vnitřní kanalizace v každé budově musí být opatřena alespoň jedním větracím potrubím o jmenovité světlosti nejméně DN 70, které má být napojeno:

- a) jako hlavní větrací potrubí na jedno z nejvzdálenějších splaškových odpadních potrubí od vyústění svodného potrubí z budovy
- b) na horní konec svodného potrubí v nejvzdálenějším místě od vyústění svodného potrubí z budovy.

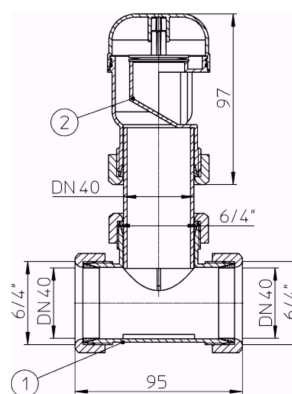
I přes tyto jasně dané požadavky mohou vzniknout situace, kdy je třeba přivést vzduch při podtlaku do systému kanalizace. Často je to případ rekonstrukcí objektů, kde není možné z technických důvodů dodatečné odvětrání potrubí do exteriéru nebo je to dáno půdorysem dispozice, která nemá soustředěny hygienické místnosti nad sebou. Tyto situace mohou být za splnění určitých podmínek řešeny použitím přivzdušňovacího ventilu. Stále však platí zásada, že nejspolehlivější způsob dobrého fungování kanalizace je odvětrání do exteriéru.

Přivzdušňovací ventil (obr. 6.6.1) umožňuje při vzniku podtlaku přísávání vzduchu do potrubí gravitačních systémů vnitřní kanalizace. V případě, že jsou v kanalizačním systému rovnotlaké poměry nebo přetlak, zabraňuje ventil vnikání

zápachu z kanalizačního potrubí do budovy. Přívzdušňovací ventil tak v žádném případě nenahrazuje větrací potrubí, které slouží i k odvětrání vnějšího systému kanalizace.



HL900N



HL904T

obr. 6.6.1 - přívzdušňovací ventily firmy HL

Druhy přívzdušňovacích ventilů se označují podle (tab. 6.6.2) v závislosti na rozsahu provozní teploty a na místě jejich osazení s ohledem na napojené zařízení předměty.

Určující faktor	Umístění/rozsah	Označení
Ventil lze osadit pod hladinou vody v napojených zařízeních předmětech	ano	A
	ne	B
Provozní teplota	-20 °C až + 60 °C	I
	0 °C až + 60 °C	II
	0 °C až + 20 °C	III

tab. 6.6.2 - provozní podmínky a označení ventilů

Dle požadavků normy ČSN EN 12056 musí být ventily otevřené, pokud uvnitř ventilů působí konstantní podtlak 150 Pa. Množství vzduchu, které musí protéct ventilem se uvažuje při podtlaku 250 Pa. ČSN 75 6760 povoluje použití přívzdušňovacích ventilů označených A I, A II nebo B I, B II.

Přívzdušňovací ventil musí být instalován na místě přístupném pro kontrolu a údržbu, kde je zajištěn dostatečný přívod vzduchu z místnosti nebo venkovního prostoru. Obvykle se tento požadavek zajistí umístěním ventilu za demontovatelnou

mřížku. Kontroly přívzdušňovacích ventilů musejí být prováděny nejméně dvakrát ročně.

Připojovací ventil se smí použít pro přivětrání připojovacího potrubí a splaškového odpadního potrubí za podmínek výše řečených, tedy celkového odvětrání vnitřní kanalizace.

Přívzdušňovací ventil se nesmí použít:

- pro ukončení odpadního potrubí, jehož spodní část se nachází pod hladinou zpětného vzduť v suterénu, pokud takové odpadní potrubí není zabezpečeno proti vniknutí vzduť vody, musí být vždy odvětráno nad střechu
- pro ukončení větracího potrubí čerpací stanice odpadních vod
- na výtlačném potrubí čerpací stanice odpadních vod (podle ČSN EN 12056-4)
- jako náhrada větracího potrubí žump, septiků, čistíren odpadních vod a zařízení pro předčištění odpadních vod (lapáky tuku apod.).

Přívzdušňovací ventily pro připojovací potrubí

Přívzdušňovací ventily se na připojovací potrubí vnitřní kanalizace osazují v případech, když nejsou dodrženy mezní hodnoty pro použití nevětraných připojovacích potrubí podle ČSN 75 6760 (tab. 6.6.3).

Připojovací potrubí	Mezní hodnoty pro použití	
	doporučené	maximální
Největší délka potrubí (L) v m	4 ¹⁾	6 ²⁾
Největší počet kolen s úhlem nad 67° (napojovací koleno nezahrnuto)	1	3 ³⁾
Největší spádová výška (H) v m u potrubí s odklonem do 45° od svislice	1 ⁴⁾	2 ⁵⁾
Nejmenší sklon v %	3	1 ⁶⁾
¹⁾ Pokud je napojen drtič domovního odpadu, smí být připojovací potrubí dlouhé nejvíce 1 m ²⁾ Pokud je možnost čištění a nejedná-li se o připojovací potrubí jmenovité světlosti DN 90 od záchodové mísy ³⁾ Nejsou-li připojeny záchodové mísy nebo keramické výlevky s napojením DN 100 ⁴⁾ Připojovací potrubí jmenovité světlosti DN 90 odvodňující záchodovou mísu smí mít spádovou výšku nejvíce 0,3 m a jeho odklon od svislice nesmí být menší než 45° ⁵⁾ Jen u připojovacího potrubí jmenovité světlosti DN 70 a DN 125 ⁶⁾ Jen u připojovacího potrubí jmenovité světlosti DN 90 ukončeného záchodovou mísou; u ostatních připojovacích potrubí je dovoleno zmenšení sklonu pod 3% jen pokud se výpočtem prokáže průtočná rychlost nejméně 0,7 m/s		

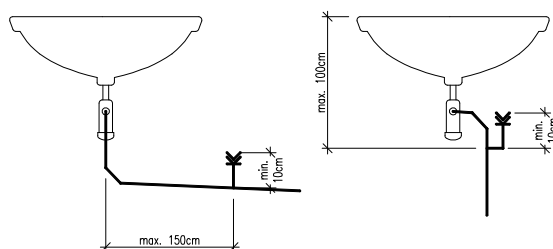
tab. 6.6.3 – mezní hodnoty pro použití nevětraných připojovacích potrubí

Množství vzduchu přiváděné přívzdušňovacím ventilem do připojovacího potrubí se musí rovnat nejméně vypočtenému průtoku splaškových odpadních vod tímto potrubím (tab. 6.6.4).

Systém	Q_a l/s
I	1x Q_{tot}
II	2x Q_{tot}
III	2x Q_{tot}
IV	1x Q_{tot}
Q_a - nejmenší množství vzduchu v l/s Q_{tot} - celkový průtok odpadních vod v l/s	

tab. 6.6.4 - Nejmenší množství vzduchu pro přívzdušňovací ventily v připojovacích potrubích

Umístění přívzdušňovacích ventilů vzhledem k zařizovacím předmětům je uvedeno na (obr. 6.6.5).

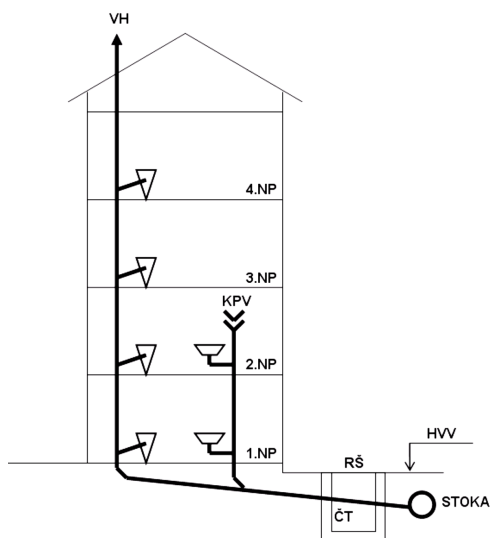


obr. 6.6.5 – umístění přívzdušňovacích ventilů vzhledem k ZP

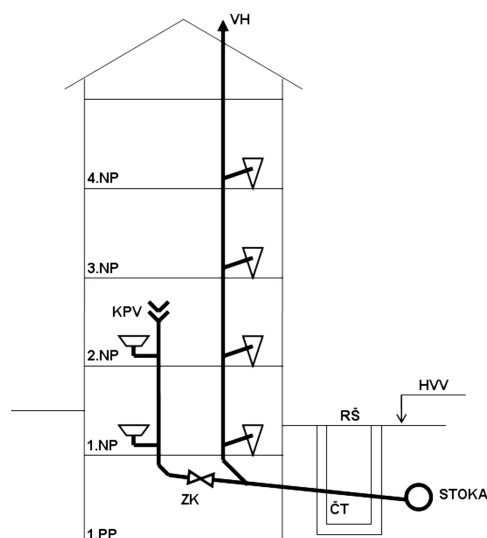
Přívzdušňovací ventily ve splaškovém odpadním potrubí

Množství vzduchu přiváděné přívzdušňovacím ventilem Q_a do splaškového odpadního potrubí musí být větší než osminásobek vypočteného průtoku Q_{tot} splaškových vod tímto potrubím.

$$Q_a \geq Q_{tot}$$



a) nepodsklepený objekt



b) podsklepený objekt

VH – větrací hlavice na střeše

KPV – kanalizační přívzdušňovací ventil

RŠ – revizní šachta

ČT – čistící tvarovka

ZK – zpětná klapka (ochrana proti vzduté vodě)

HVV – hladina vzduté vody

obr. 6.6.6 – použití přívzdušňovacího ventilu v objektu a) a b)

Pokud se odpadní potrubí dimenzuje podle ČSN EN 12056-2, nesmí být vyšší než 10 m. Navrhování přívzdušňovacích ventilů na odpadní potrubí vyšší než 10m vyžaduje hydraulický výpočet.

Umístění přívzdušňovacích ventilů je možné jen pro odpadní potrubí, do kterých se nemůže dostat vzduťá voda. Stoupající vzduťá voda ve spodní řásti odpadního potrubí totiž stlařuje sloupec vzduchu v odpadním potrubí a vzniká řetlak, který mŭže zapřičinit protržení vodních řápachových uzávřek, tedy vytlaření vodního uzávřu vzduchem z potrubí a ŭnik řápáchajícího vzduchu do budovy. Řetlak vzduchu v odpadním potrubí ŭkonřenřm přívzdušňovacím ventilem, které je ochrřněno řřed vzduťou vodou, nemŭže vzniknout, protože vzduch ŭnikne vřtracím potrubím jinřho odpadního potrubí do venkovního prostoru (obr. 6.6.6).

6.7 Kanalizace ve výřkovřch budovřch

Nřvřh vnitřní kanalizace břžných a výřkovřch budov se nijak řásadně neliří a s rozdřly řři projektování se setkřvřme u budov s výřkou vřtří než 100m. Ze stavebnřho hlediska je rozdřlení výřkovřch budov dle pořtu pater a výřky budovy ŭveden (v tab. 6.7.1). Z hlediska navřhování a dimenzování vnitřní kanalizace jsou vřak dŭležitř vřřky nad 70m.

Třřda	Pořet podlařř	Vřřka budovy (m)
Vřcepodlařní - I. skupina	9 ař 16	do 50
Vřcepodlařní - II. skupina	17 ař 25	50 ař 75
Vřcepodlařní - III. skupina	26 ař 40	75 ař 120
Vřřkovř	41 ař 60	120 ař 200
Velmi vysokř	nad 60	nad 200

tab 6.7.1 – rozdřlení budov podle vřřky a pořtu podlařř

Při navřhování vnitřní kanalizace v řřchto budovřch je řřeba splařkové odpadní potrubí dimenzovat vřpořtem. Svodnř potrubí se dimenzujř shodně bez ohledu na pořet podlařř objektu.

Kromř vřpořtu je řřeba zohlednit mořžnost vzniku hluku řři proudřní vody v potrubí, hmotnost potrubí a tlakovř pomřry v nich. Geometrie potrubí mř zejmřna ve vysokřch budovřch velkř vliv na řřřření hluku do konstrukce z dŭvodŭ vřtřřch řřřtokŭ a rychlostř v potrubí. Rychlost sice po ŭřřitř vřřce (3-4 podlařř) dosahuje svřho maxima, ale pokud dochřzř k jejř prudkř zmřně, řřnřřř to obvykle velké zatřžení na potrubí a konstrukci. Neřřadoucř jsou z řřchto dŭvodŭ zalomenř odpadního potrubí, kde dochřzř k zahlcenř potrubí a vytvřřření ŭzavřřenřch vodních přřstŭ zpŭsobujřřch podtlak a hluk. V neposlední řřadř i vřtřř pořžadavky na kotvenř potrubí ke konstrukci.

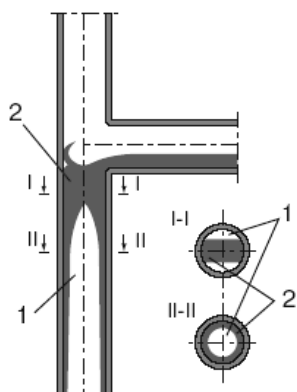
Při průtoku vody splaškovým odpadním potrubím s hlavním větracím potrubím dochází k přísávání vzduchu z venkovního prostoru. Jaké jsou tlakové poměry v potrubí a jaké množství vzduchu se do potrubí přisaje, záleží na velikosti průtoku a dimenzi potrubí. Při velmi malých průtocích z důvodu komínového efektu a tlakových poměrů ve vnější kanalizaci proudí vzduch obvykle opačným směrem než odpadní voda, a to do venkovního prostředí.

Proudění odpadní vody ve svislém potrubí má charakter dutého válce, na jehož okraji se při styku se stěnou potrubí vytvoří vodní povlak (obr. 6.7.2). Rychlost proudění je pak závislá zejména na drsnosti potrubí a tlakových ztrátách třením, které se vyrovnávají při volném proudění s gravitačními silami. Po vyrovnání se dosahuje tzv. konečné rychlosti, kterou lze určit ze vztahu:

$$v_t = 10,25 \cdot \left(\frac{Q_w}{d_{op}} \right)^{\frac{2}{5}} \quad \text{m/s}$$

Q_w průtok vody v odpadním potrubí v m^3/s

d_{op} skutečný vnitřní průměr odpadního potrubí v m



obr. 6.7.2 – proudění odpadní vody ve splaškovém odpadním potrubí

Jak je vidět z průřezu potrubí pod připojovacím potrubím v rovině I a II, dojde na části potrubí k uzavření průřezu a ke změně proudění, které vyvolává podtlak nad místem připojení připojovacího potrubí. Dále dojde ke zvýšení rychlosti i průtoku. Matematicky část vnitřního průřezu odpadního potrubí zaplněné vodou můžeme vyjádřit jako funkci stupně plnění f :

$$f = \frac{S_w}{S_{op}} = \frac{Q_w^{0,6}}{7,95 \cdot d_{op}^{1,6}}$$

S_w část vnitřního průřezu odpadního potrubí zaplněná vodou (m^2)

- S_{op} plocha vnitřního průřezu odpadního potrubí (m^2)
 Q_w průtok vody v odpadním potrubí (m^3/s)
 d_{op} skutečný vnitřní průměr odpadního potrubí (m)

Stupeň plnění je pro výpočet volen s ohledem na podtlak v potrubí a jeho výše je dána způsobem větrání systému vnitřní kanalizace a pohybuje se:

- pro odpadní potrubí s hlavním větracím potrubím od 0,16 až 0,25
- pro odpadní potrubí s doplňkovým větracím potrubím od = 0,19 až 0,29
- pro odpadní potrubí se sekundárním větracím potrubím od = 0,30 až 0,33

Průtok vody v odpadním potrubí lze potom určit podle vztahu:

$$Q_w = 31,66 \cdot f^{\frac{5}{3}} \cdot d_{op}^{\frac{8}{3}} \quad [m^3/s]$$

Hydraulické kapacity odpadních potrubí uvedené v ČSN EN 12056-2 se smí pro dimenzování použít, pokud součet výšky odpadního a hlavního větracího potrubí nepřekročí 70 m. Kromě této podmínky je dle ČSN 75 6760 ještě uveden maximální počet připojených záchodových mís. Tato podmínka však nemusí být splněna v případě, že je odpadní potrubí větráno s pomocí doplňkového potrubí nebo sekundárního větracího potrubí. Ve všech případech samozřejmě platí, že nesmí být překročena hydraulická kapacita odpadního potrubí a u výškových budov je třeba tuto podmínku prokázat výpočtem.

V případě předběžného návrhu odpadního a hlavního větracího potrubí je možné použít hydraulické kapacity uvedené v ČSN EN 12056-2 a výpočtem je nutné posoudit, zda nedojde k překročení největšího podtlaku v odpadním potrubí Δp_{max} a zda nebude překročena maximální hodnota tlakové ztráty při proudění vzduchu přísávaného do odpadního potrubí Δp_{op} . Maximální podtlak v odpadním potrubí Δp_{max} vychází z předpokládané výšky vodního sloupce 50mm po částečném vyschnutí za období 14 dnů. Maximální povolená tlaková ztráta proudění vzduchu odpadním potrubím je dána ČSN EN 12056.

Předpoklad výpočtu do 100m výšky potrubí :

a) $\Delta p_{max} \leq 464 \text{ Pa}$

$$\Delta p_{\max} = \frac{3590 \cdot \left[\frac{Q_{\text{tot}}}{(1 + \cos \alpha) \cdot d_{\text{op}}^2} \right]^{1,677}}{\left(\frac{d_{\text{op}}}{d_{\text{pp}}} \right)^{0,71}} \quad [\text{Pa}]$$

- Q_{tot} celkový průtok odpadních vod odpadním potrubím (m^3/s)
 d_{op} vnitřní průměr odpadního potrubí (m)
 d_{pp} vnitřní průměr připojovacího potrubí (m)
 α úhel připojení připojovacího potrubí na odpadní potrubí (°)

b) $\Delta p_{\text{op}} \leq 250 \text{ Pa}$

$$\Delta p_{\text{pop}} = 2240 \cdot Q_a^{1,85} \cdot \frac{L}{d_{\text{op}}^5 \cdot p_a} \quad [\text{Pa}]$$

- Q_a průtok vzduchu přisávaného do odpadního potrubí (m^3/s)
 L součet výšek odpadního a hlavního větracího potrubí (m)
 d_{op} vnitřní průměr odpadního potrubí (m)
 p_a atmosférický tlak (Pa)

Předpoklad výpočtu nad 100m výšky potrubí:

$$\Delta p'_{\max} = \Delta p_{\max} + \Delta p_{\text{op}}$$

- $\Delta p'_{\max}$ největší podtlak ve splaškovém odpadním potrubí (Pa)
 $\Delta p_{\max}$ největší podtlak ve splaškovém odpadním potrubí (Pa)
 Δp_{op} tlaková ztráta vzduchu přisávaného z vnějšího prostředí (Pa)

V případě nesplnění tlakových podmínek výše uvedených jsou možná následující opatření:

- zvětšení světlosti odpadního a větracího potrubí
- navržení doplňkového či sekundárního větracího potrubí

U budov s menším počtem podlaží a běžnými počty zařizovacích předmětů není obvykle problém odvětrat odpadní potrubí pomocí hlavního větracího potrubí nad střechu objektu. V případě potřeby použití doplňujícího větracího systému, který vyplývá z nedodržení výše uvedených podmínek, jsou používány systémy doplňkového větrání (obr. 6.7.3). Hlavní výhodou použití doplňkového větrání je zvětšení kapacity odpadního potrubí a zároveň přivedení vzduchu do více míst odpadního potrubí. To má za následek zmenšení podtlaku při proudění odpadní vody svislým potrubím.

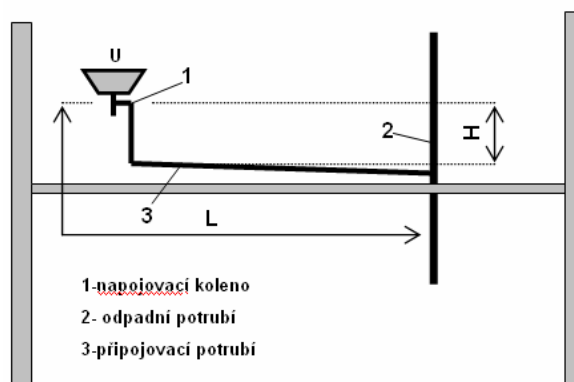
Větrané připojovací potrubí je možné zatížit větším průtokem odpadních vod (tab. 6.7.4), zvětšuje se jeho maximální délka (tab. 6.7.5) a zároveň spádová šířka (obr. 6.7.6). Větrání připojovacího potrubí je však velmi náročné na instalační prostory.

Mezní hodnoty pro použití Systém I	Připojovací potrubí	
	nevětrané	větrané
Největší délka potrubí (L)	4,0 m	10,0m
Největší počet kolen 90°	3	bez omezení
Největší spádová výška (H)	1,0m	3,0m
Nejmenší sklon	1%	0,5%

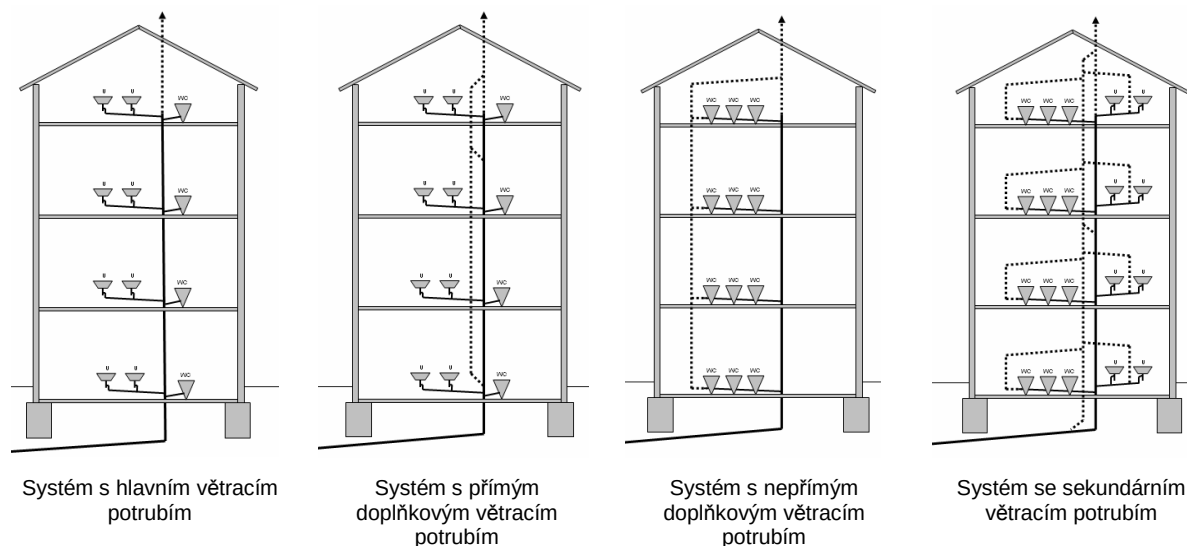
tab. 6.7.5 – Porovnání mezních hodnot pro připojovací potrubí

DN	Hydraulická kapacita $Q_{\max}$ (připojovací potrubí)	
	nevětrané	větrané
40	0,5	-
50	0,8	0,75
60	1,0	1,5
70	1,5	2,25
80	2,0	3,0
90	2,25	3,4
100	2,5	3,75

tab. 6.7.4 – Porovnání hydraulické kapacity připojovacího potrubí

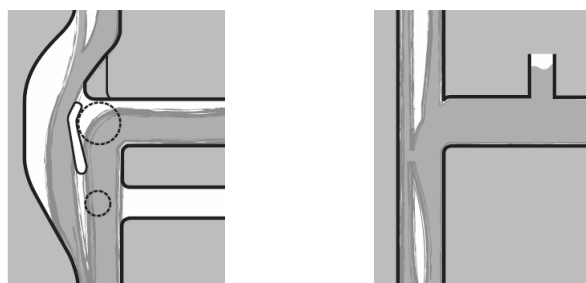


obr. 6.7.6 – znázornění spádové výšky a délky připojovacího potrubí



obr. 6.7.3 Větrání splaškového odpadního potrubí

Zatížení odpadního potrubí větším průtokem lze provést i speciálními tvarovkami, které v místě napojení připojovacího potrubí odkloní proud odpadní vody z horních podlaží a zabrání tak klasickému uzavření průřezu pod připojením připojovacího potrubí (obr. 6.7.7). Oddělení obou proudů zlepšuje i proudění odpadní vody z připojovacího potrubí, kde nedochází k zahlcení celého profilu potrubí. Tvarovky po výšce snižují rychlost proudění odpadní vody a tvorbu vodních pístů, což snižuje potřebné množství nasávaného vzduchu do potrubí a zvyšuje jeho kapacitu.



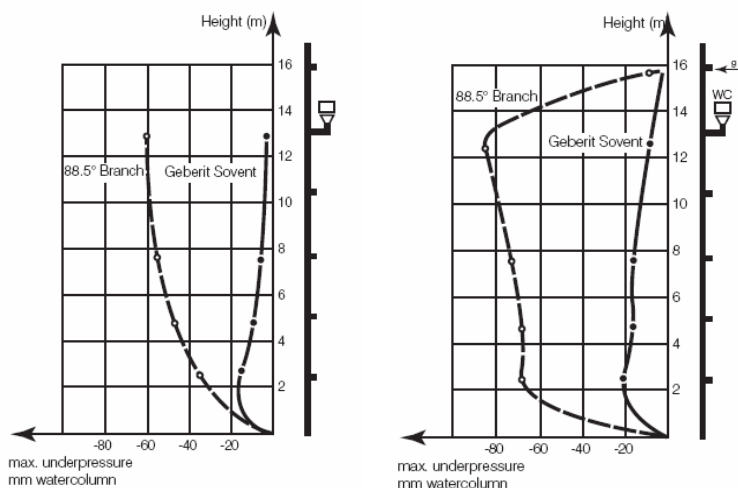
a) v tvarovce Sovent

b) v odbočce 87,5°

obr. 6.7.7 – proudění vody v odpadním a připojovacím potrubí

Dle předpisů výrobce není vhodné speciální tvarovky na jednom odpadním potrubí kombinovat s běžnými odbočkami. Při dimenzování a návrhu odpadních potrubí se speciálními tvarovkami se vychází z podkladů výrobce těchto tvarovek. Dle měření

výrobce těchto tvarovek odpovídá kapacita potrubí DN100 s použitím tvarovek Sovent kapacity potrubí DN150. Na (obr. 6.7.8) jsou patrné hodnoty podtlaků v potrubí z měření na měřicí věži.



a) spláchnutí WC v 5. podlaží

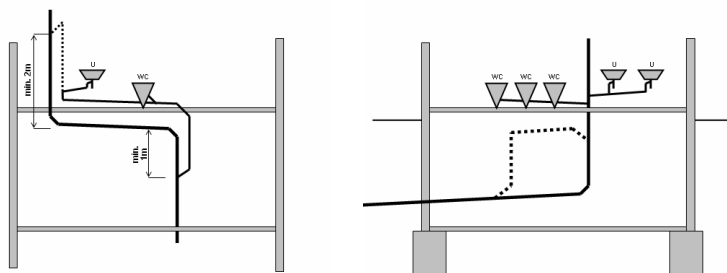
b) trvalý průtok 0,5 l/s ze 6. podlaží a současné spláchnutí WC na 5. podlaží

obr. 6.7.8 – grafický průběh podtlaku po výšce potrubí

větracím potrubím. Zde je vhodné použití instalačních předstěn pro vedení těchto potrubí.

Kritickým místem z hlediska hydrauliky, ale i hluku, bývá na vedení odpadního potrubí vždy prudká změna směru (odskok). Pokud se nemůžeme těmto zalomením zcela vyhnout, snažíme se provést zalomení pod úhlem menším než 45° (měřeno od svislice). Pokud je odpadní potrubí nad zalomením vyšší než 30 m, řešíme zalomení pod úhlem větším než 45° vždy s obtokovým potrubím a připojovací potrubí v místě zalomení napojujeme na obtokové potrubí. Při použití obtokového potrubí ve vysokých budovách není třeba v místě zalomení zvětšovat jmenovitou světlost odpadního potrubí. Přejechod odpadního potrubí do svodného potrubí je možné propojit dodatečným potrubím pro vyrovnání tlaku dle obr. 6.7.9.

Systém s využitím speciálních tvarovek umožňuje mimo jiné i úsporu místa v instalačních prostorech. Svislé odpadní potrubí je obvykle vedeno v instalačních šachtách, kde je sice prostor pro vedení doplňkového nebo sekundárního potrubí, avšak problém bývá u instalace větrání připojovacího potrubí s nepřímým doplňkovým



a) zalomení v běžném podlaží pod
úhlem větším jak 45°

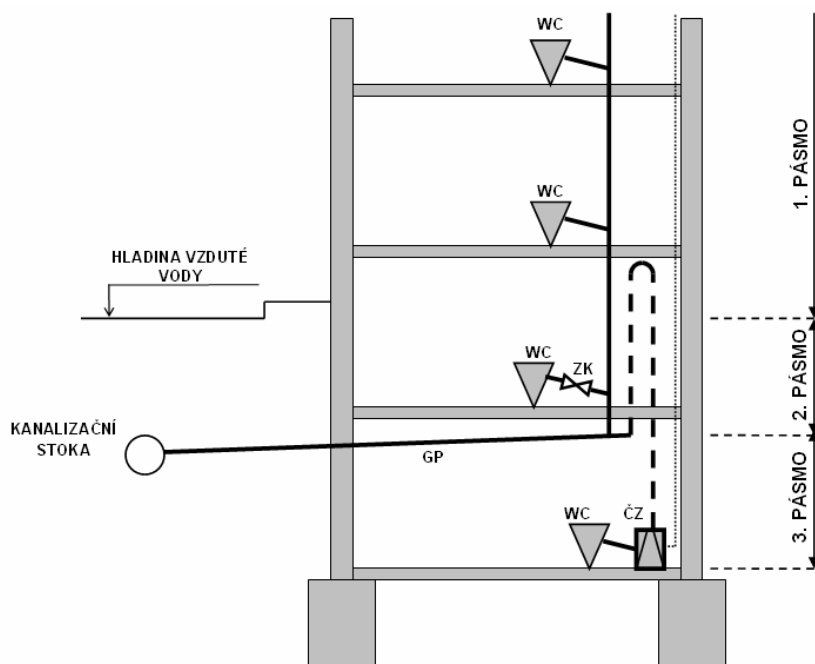
b) přechod z odpadního do svodného
potrubí

obr. 6.7.9 – řešení zalomení odpadního potrubí

6.8 Odvodnění podzemních prostor

Vybavení objektů zdravotnětechnickými instalacemi pod úrovní terénu vyžaduje opatření, která zabrání v případě přívalových dešťů nebo ucpání potrubí zpětnému toku odpadní vody do objektu. Vnější kanalizační systém je propojen s objektem přes kanalizační přípojku principem spojených nádob. V případě, že jsou zařizovací předměty umístěny pod kanalizační stokou, je třeba odpadní vodu čerpat do gravitační kanalizace. Z hlediska polohy umístění zařizovacích předmětů v objektu se nám mohou vyskytnout tři odtoková pásma kanalizace (obr. 6.8.1):

1. pásmo – gravitační pásmo, které se nachází nad hladinou vzduaté vody, kde je odvodnění zajištěno přímo do kanalizace a není třeba žádných dodatečných opatření - odvod odpadní vody ze zařizovacích předmětů je trvale zajištěn
2. pásmo – gravitační pásmo, které se nachází pod hladinou vzduaté vody nad kanalizační stokou - zde je třeba učinit opatření proti vyplavení objektu z vnější kanalizace
3. pásmo – čerpací pásmo, které se nachází pod hladinou vzduaté vody a pod kanalizační stokou - zde je třeba učinit jednak opatření proti vyplavení objektu a zároveň odpadní vodu přečerpat do gravitačního pásma nad hladinu vzduaté vody



GP – gravitační potrubí, ZK – zpětná klapka, ČZ – čerpací zařízení

obr. 6.8.1 – rozdělení vnitřní kanalizace na odtoková pásma

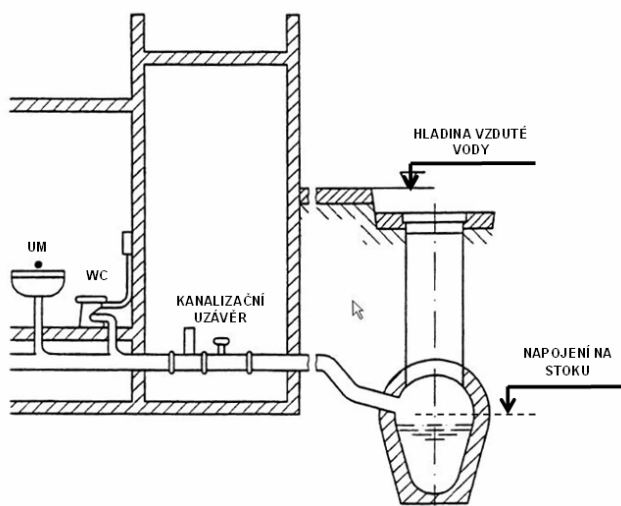
Ochrana proti vzduté vodě

Hladina vzduté vody je geodetická výška, do které mohou vystoupit odpadní vody ve stokových sítích při přívalových deštích. Určuje se na základě údajů správce kanalizace a obvykle odpovídá úrovni terénu nad místem napojení kanalizační přípojky na veřejnou stokovou síť.

Kanalizačním potrubím chráněným proti zpětnému vzduší se nesmí odvádět odpadní vody z ploch, zařizovacích předmětů a zařízení, která jsou nad nejvyšší hladinou zpětného vzduší ve stoce. To znamená, že zařizovací předměty pod hladinou zpětného vzduší je nutné připojit na samostatnou vedlejší větev, na kterou je možné umístit ochranu proti vzduté vodě. ČSN EN 12056-4 doporučuje ochranu proti zpětnému vzduší čerpací stanicí odpadních vod se smyčkou proti zpětnému vzduší, přičemž upozorňuje na vysoký stupeň zabezpečení proti zpětnému vzduší při použití smyčky dle obr. 6.8.2.

Zpětné armatury a uzávěry

Další možností ochrany před zpětným vzdutím je použití kanalizačních zpětných armatur nebo uzávěrů (obr. 6.8.4), které jsou určeny k tomu, aby bez zásahu uživatele zabránili zpětnému vzduť. Schéma použití uzávěru je na obr. 6.8.3.



obr. 6.8.3 - ochrana proti zpětnému vzduť pomocí uzávěru

Uzávěry je možné použít pokud:

- je sklon ke stoce
- místnosti mají méně důležité využití, tj. v případě zaplavení místnosti nedojde k ohrožení zdraví obyvatel ani k ohrožení cennějších věcí
- je malý počet uživatelů a mají k dispozici jeden záchod umístěný nad hladinou zpětného vzduť
- není zapotřebí používat zařizovacích předmětů při jejich zaplavení

Z hlediska ovládání se zpětné armatury dělí na armatury s ručním nebo automatickým ovládáním, přičemž ruční ovládání se obvykle používá jako doplněk automatického ovládání.

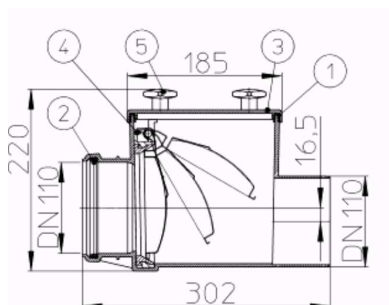
Zpětné armatury mohou být umístěny:

- v zápachové uzávěrci
- v připojovacím potrubí
- na svodném potrubí
- v podlahové nebo dvorní vpusti

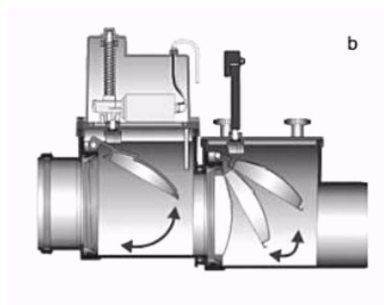
Z toho vyplývá, že ochrana proti vzduté vodě pomocí zpětné klapky zabezpečí jak osamělý zařizovací předmět, tak skupinu zařizovacích předmětů umístěných pod hladinou vzduté vody. Jedním z hlavních kritérií při volbě zpětné armatury je stupeň dosažení spolehlivosti automatického zařízení. Zde rozlišujeme ochranu:

- jednostupňovou – pouze zpětná klapka
- dvojestupňovou - zpětná klapka s kulovým uzávěrem
- trojestupňovou - zpětná klapka s kulovým uzávěrem a plovákovým ventilem

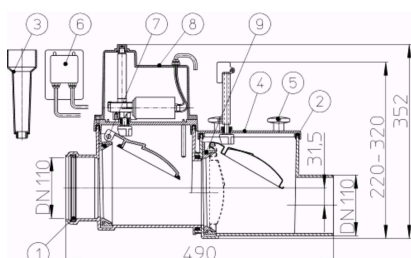
Vždy je vhodné doplnit zpětné armatury ručním uzávěrem pro případ netěsnosti nebo selhání automatického ovládání (výpadek proudu apod.) V souvislosti s tímto je třeba tyto armatury udržovat v provozuschopném stavu a pravidelně kontrolovat.



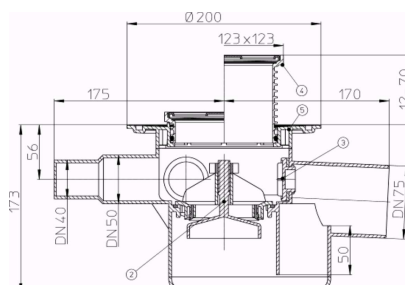
automatická zpětná armatura proti vzduté vodě s vyjímatelnou klapkou z nerezové oceli a revizním krytem k čištění



samočinná dvojitá klapka s automatickým a ručním uzávěrem

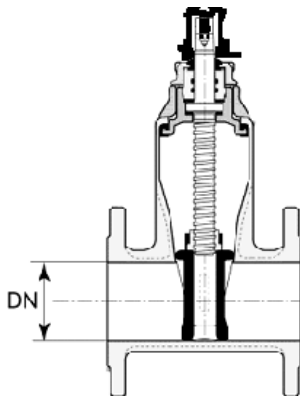


zpětná armatura proti vzduté vodě s jednou elektronicky uzavíranou klapkou, druhá klapka z nerezové oceli a ručním zajištěním a revizními



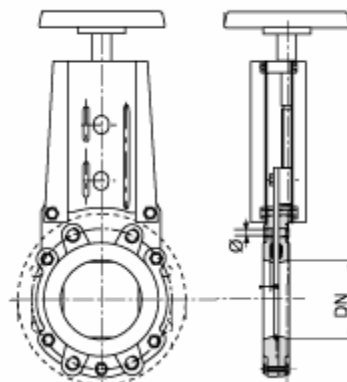
podlahová vpust s vodorovným odtokem, s izolačním límcem, s automatickým a nouzovým uzávěrem proti vzduté vodě

kryty k čištění, výstražné signalizační zařízení s
možností připojení k PC nebo vedení signálu o
poloze klapky po budově



kanalizační šoupě pro splaškové vody

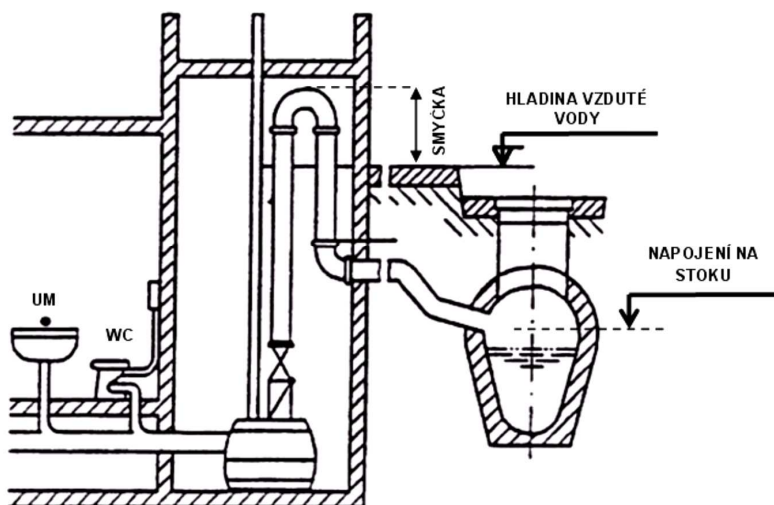
obr. 6.8.4. – kanalizační armatury



nožové šoupě pro splaškové vody

Přečerpávání odpadních vod

Čerpání odpadních vod nastane tam, kde není možné odvést odpadní vody k jejich likvidaci gravitačně, nebo tam, kde je nutná ochrana vysokého stupně zabezpečení proti zpětnému vzdutí. Nejčastěji je čerpána splašková odpadní voda z podlaží objektů pod úroveň stoky (viz obr 6.8.2). Další oblastí, kde je možné uplatnit čerpání jsou místa, kam stéká povrchová dešťová voda do suterénních místností, jako jsou například podzemní garáže. Čerpání dešťové vody a její likvidace je velmi závislá na jejím následném znečištění například ropnými látkami z garáží. Vždy by tedy mělo dojít k separaci nebezpečných látek přes různé lapače a usazovací nádrže. Čerpací zařízení by se mělo vždy umístit zejména s ohledem na jeho hlučnost a přístupnost pro údržbu a opravy.



obr. 6.8.2 – přečerpání odpadní vody a ochrana proti zpětnému vzduťi na vysoký stupeň zabezpečení (stoka je výše než zařizovací předměty)

Čerpací stanice odpadních vod se instaluje tak, aby bylo zabráněno pohybu čerpacího zařízení. Čerpací stanice odpadních vod, které by mohly být ohroženy vztlakem, se upevňují na dno.

Přečerpávací zařízení se navrhuje podle těchto zásad:

- Prostor pro čerpací stanici odpadních vod musí být dostatečně veliký, aby vedle všech obsluhovaných a udržovaných částí nebo nad nimi, byl k dispozici pracovní prostor o šířce, popř. výšce nejméně 600 mm.
- Prostor musí být dostatečně osvětlen a odvětrán. Pro odvodnění prostoru s čerpací stanicí odpadních vod s fekáliemi se zřizuje čerpací jímka.
- Všechna napojení potrubí na čerpací stanici odpadních vod musí mít pružné provedení tlumící hluk.
- Sběrná jímka pro odpadní vody s fekáliemi nesmí být konstrukčně spojena s budovou. V budově se pro odpadní vody s fekáliemi smějí používat jen čerpací stanice odpadních vod s fekáliemi s volně postavenými sběrnými nádržemi.
- U čerpacích stanic, v kterých nesmí být přerušen přítok odpadních vod, provádí zdvojení čerpacího zařízení.

- Srážkové vody přitékající z venkovních ploch situovaných pod hladinou zpětného vzduší, se oddělují od splaškových odpadních vod a odstraňují přečerpáním za použití čerpací stanice odpadních vod osazené mimo budovu.

Potrubí

Všechna potrubí se navrhují tak, aby se mohla sama vyprazdňovat, a jejich průřez nesmí být ve směru toku omezován ani zmenšován. Nejmenší jmenovitá světlost výtlačného potrubí musí odpovídat (tabulce 6.8.5).

Typ čerpací stanice odpadních vod	Nejmenší jmenovitá světlost výtlačného potrubí
Čerpací stanice odpadních vod s fekáliemi bez mělniče fekálií podle prEN 12050-1	DN 80
Čerpací stanice odpadních vod s fekáliemi s mělničem fekálií podle prEN 12050-1	DN 32
Čerpací stanice odpadních vod bez fekálií podle prEN 12050-2	DN 32
Čerpací stanice odpadních vod s fekáliemi bez mělniče fekálií pro omezené použití podle prEN 12050-3	DN 25
Čerpací stanice odpadních vod s fekáliemi s mělničem fekálií pro omezené použití podle prEN 12050-3	DN 20

tabulka 6.8.5 - nejmenší jmenovitá světlost výtlačného potrubí

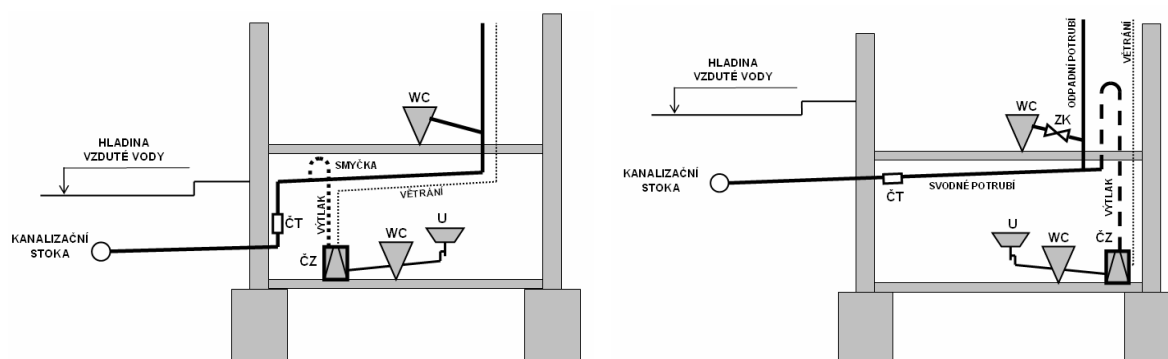
Všechna potrubí vnitřní kanalizace napojená na čerpací stanici musí být instalována tak, aby byla bez napjatosti a vhodně podepřena.

Uzavírací a zpětné armatury v systému přečerpání se instalují podle následujících zásad:

- na přítoku do čerpacího zařízení a na výtlačném potrubí za zpětnou klapkou se osazuje uzavírací armatura
- u čerpacích stanic odpadních vod může být v případě jmenovité světlosti výtlačného potrubí menší než DN 80 od uzavírací armatury upuštěno
- není - li na výtlačném potrubí osazena uzavírací armatura, musí být zpětná klapka vybavena vypouštěcím zařízením nebo musí být umožněn jiný způsob vyprázdnění výtlačného potrubí do sběrné jímky

Výtlačné potrubí slouží pouze k dopravě odpadní vody do gravitační kanalizace a je nutné dodržet tyto zásady:

- výtlačné potrubí čerpací stanice odpadních vod musí být tvarováno do smyčky proti zpětnému vzduť, umístěné nad hladinou zpětného vzduť
- na výtlačném potrubí se nesmí napojovat žádné jiné přípojky
- výtlačné potrubí čerpací stanice odpadních vod nesmí být napojeno na odpadní potrubí vnitřní kanalizace, ale vždy na větrané svodné potrubí (viz obr 6.8.6)
- výtlačné potrubí se napojuje na svodné potrubí stejným způsobem jako při spojování gravitačního potrubí
- ve svodném potrubí se mají navrhovat čisticí otvory
- výtlačné potrubí musí odolávat nejméně 1,5 násobku nejvyššího provozního tlaku čerpacího zařízení
- přívzdušňovací ventily na výtlačném potrubí nejsou přípustné



a) hladina vzduté vody je pod úrovní svodného potrubí

b) hladina vzduté vody je nad úrovní svodného potrubí

obr 6.8.6 – zaústění výtlačného potrubí (výtlaku) do svodného potrubí

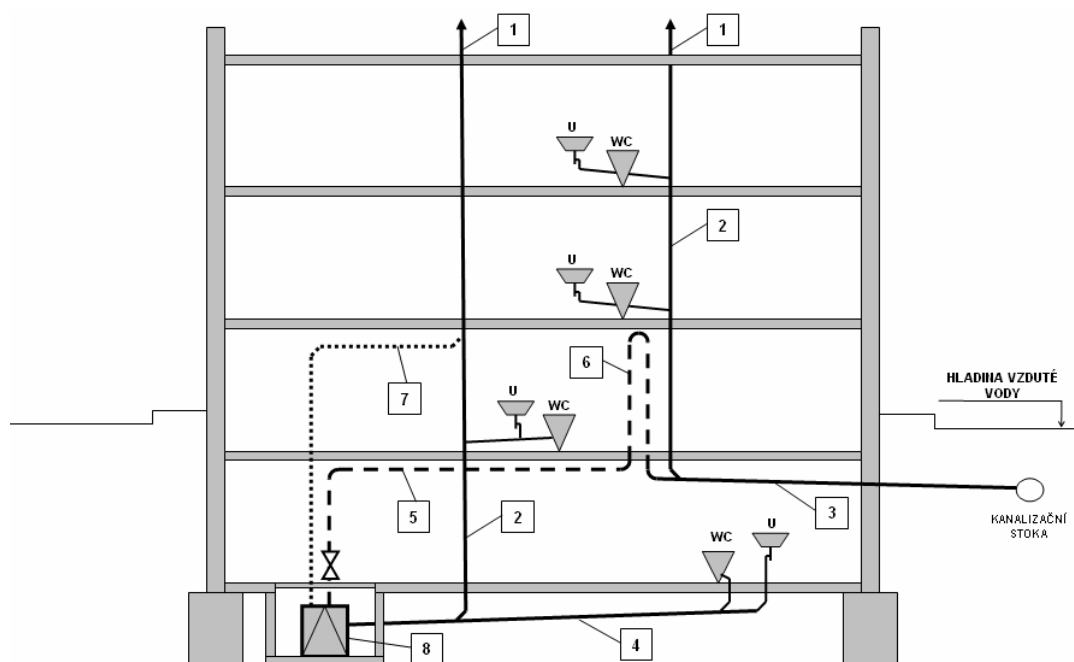
Čerpací stanice odpadních vod s fekáliemi musí být větrány nejlépe nad úroveň střechy. V případě, že je možné je zaústit do systému gravitační vnitřní kanalizace, může být napojeno buď na hlavní větrací potrubí, nebo na doplňkové větrací potrubí (obr. 6.8.7). Větrací potrubí čerpacích stanic odpadních vod nesmí být napojeno do větracího potrubí na straně přítoku lapače tuků.

Čerpací stanice odpadních vod bez fekálií nemusí být přímo větrány, ale jsou připojené na větrané svodné gravitační potrubí (obr 6.8.8).

Svodné potrubí se dimenzuje dle těchto požadavků:

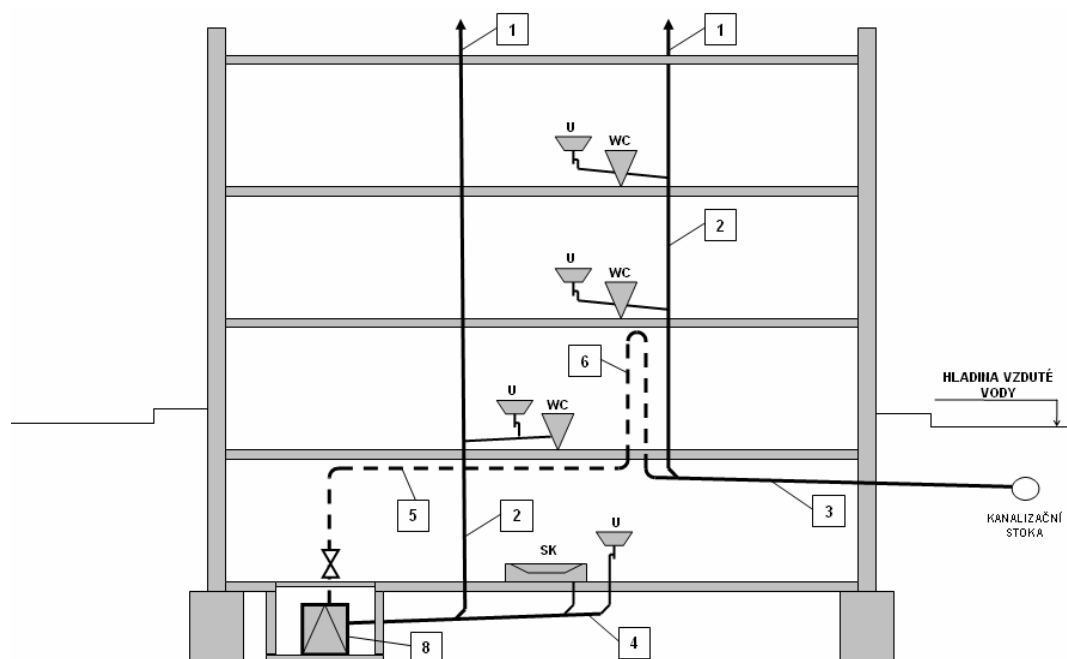
a) kapacita dešťového svodného potrubí musí být větší než součet čerpaného průtoku napojených čerpadel Q_P a odtoku dešťových vod Q_R

b) čerpá-li více čerpacích stanic odpadních vod do jediného společného svodného potrubí, uvažuje se jeho kapacita jako součet 100% největšího čerpaného průtoku a $0,4Q_P$ součtu ostatních čerpaných průtoků.



1-větrací potrubí, 2-splaškové odpadní potrubí, 3,4-svodné gravitační potrubí, 5-výtlačné potrubí čerpací stanice odpadních vod s fekáliemi, 6-smyčka proti zpětnému vzduť, 7-větrací potrubí čerpací stanice odpadních vod s fekáliemi, 8-čerpací stanice odpadních vod s fekáliemi se zpětnou klapkou

obr. 6.8.7 – schematické zobrazení připojení čerpací stanice odpadních vod s fekáliemi na svodné potrubí



1-větrací potrubí, 2-splaškové odpadní potrubí, 3,4-svodné gravitační potrubí, 5-výtlačné potrubí čerpací stanice odpadních vod bez fekálií, 6-smýčka proti zpětnému vzdutí, 8-čerpací stanice odpadních vod bez fekálií se zpětnou klapkou

obr. 6.8.8 – schematické zobrazení připojení čerpací stanice odpadních vod bez fekálií na svodné potrubí

Dimenzování čerpacích stanic odpadních vod

Podkladem pro dimenzování čerpacích stanic odpadních vod jsou celkový přítok Q_i a celková dopravní výška H_{tot} , přičemž provozní bod zvolené čerpací stanice musí mít parametry Q_P a H_P větší nebo rovny Q_i či H_{tot} .

Stanovení čerpaného průtoku Q_P

Celkový přítok Q se vypočítá podle ČSN EN 12056-2 nebo ČSN EN 12056-3.

Při stanovení hodnot podle je třeba vzít v úvahu, že průtočná rychlost ve výtlačném potrubí nesmí být menší než 0,7 m/s a větší než 2,3 m/s. Všeobecně Q_P má být nejméně rovno Q_i .

Stanovení dopravní výšky H_P

Dopravní výška H_P musí být stejná nebo větší než celková dopravní výška H_{tot} , která se vypočítá podle vzorců:

$$H_{\text{tot}} = H_{\text{geo}} + H_v$$

$$H_V = H_{V,A} + H_{V,R}$$

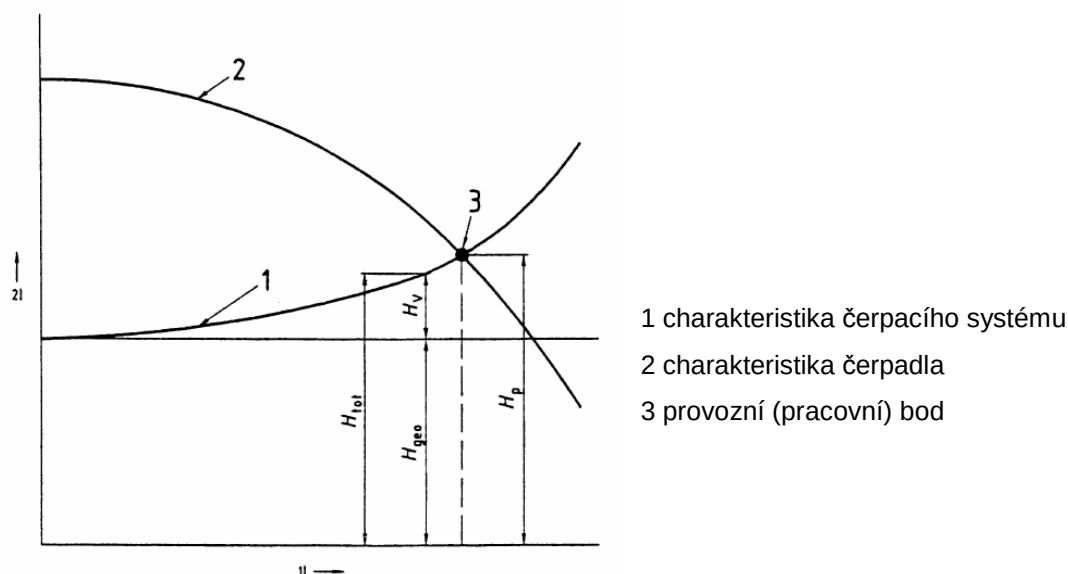
H_{tot} celková dopravní výška v m

H_{geo} hydrostatická výška (statická podíl dopravní výšky) v m

H_V tlaková ztrátová výška (dynamický podíl dopravní výšky) v m

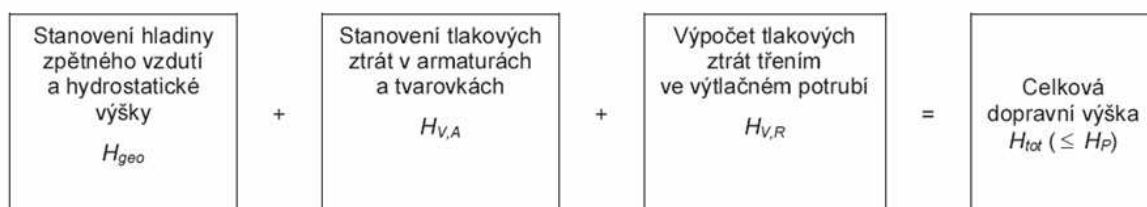
$H_{V,A}$ tlakové ztráty v armaturách a tvarovkách v m

$H_{V,R}$ tlakové ztráty třením v potrubí v m

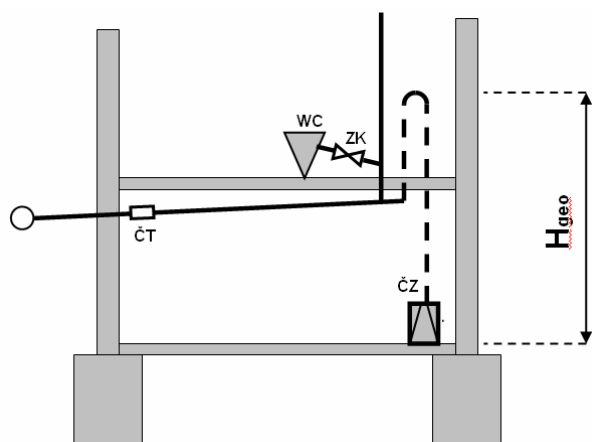


obr. 6.8.9 - vztah mezi dopravní výškou a průtokem

Postup výpočtu celkové dopravní výšky H_p (obr. 6.8.10) v provozním bodě čerpacího zařízení (obr. 6.8.9) je součtem geodetické výšky (obr. 6.8.11) a tlakových ztrát. Geodetická výška zahrnuje rozdíl výšek mezi čerpacím zařízením a horní hranou smyčky, jako ochrany proti zpětnému vzduť. Tlakové ztráty jsou součtem tlakových ztrát v armaturách a tvarovkách a tlakových ztrát třením v potrubí.



obr. 6.8.10



obr. 6.8.11 – hydrostatická výška H_{geo} stanovená dle hladiny zpětného vzduť

Tlakové ztráty v armaturách a tvarovkách $H_{V,A}$

Tlakové ztráty všech armatur a tvarovek ve výtláčném potrubí až po smyčku proti zpětnému vzduť se počítají na základě podkladů od výrobce, který poskytuje součinitel ztrát místními odpory tvarovek a armatur. Pro orientační stanovení místních ztrát lze použít tabulku 6.8.12 dle ČSN EN 12056-4. V tabulce 6.8.13 je potom uvedena tlaková ztráta v závislosti na rychlosti a součiniteli místních ztrát.

Tlaková ztráta $H_{V,A}$ se počítá dle:

$$H_{V,A} = \sum_i \xi_i \frac{v_i^2}{2g}$$

$H_{V,A}$ tlakové ztráta v armaturách a tvarovkách v m

v_i průtočná rychlost v armaturách a tvarovkách v m/s

g gravitační zrychlení 9,81 m/s²

ξ_i součinitel ztrát místními odpory

Druh armatury nebo tvarovky	ξ
Uzavírací šoupátko ^{*)}	0,5
Zpětná klapka ^{*)}	2,2
Koleno 90°	0,5
Koleno 45°	0,3
Volný výtok	1,0
T - kus 45° - Průchod při spojování průtoku	0,3
T - kus 90° - Průchod při spojování průtoku	0,5
T - kus 45° - Odbočka při spojování průtoku	0,6
T - kus 90° - Odbočka při spojování průtoku	1,0
T - kus 90° - Protiproud	1,3
Rozšíření příčného profilu	0,3
*) Přednostně má být použito pokynů výrobce.	

tabulku 6.8.12 - součinitelé ztrát místními odpory pro armatury a tvarovky

Průtočná rychlost v m/s	Součinitelé ztrát místními odpory												
	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
	Tlakové ztráty $H_{v,A}$ m												
0,7	0,010	0,015	0,02	0,025	0,029	0,034	0,039	0,044	0,049	0,061	0,074	0,086	0,098
0,8	0,013	0,019	0,026	0,032	0,038	0,045	0,051	0,058	0,064	0,080	0,096	0,112	0,128
0,9	0,016	0,024	0,032	0,041	0,049	0,057	0,065	0,073	0,081	0,101	0,122	0,142	0,162
1,0	0,02	0,030	0,040	0,050	0,060	0,070	0,080	0,090	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200
1,1	0,024	0,036	0,048	0,061	0,073	0,085	0,097	0,109	0,121	0,151	0,182	0,212	0,242
1,2	0,029	0,043	0,058	0,072	0,086	0,101	0,115	0,130	0,144	0,180	0,216	0,252	0,288
1,3	0,034	0,051	0,068	0,085	0,101	0,118	0,135	0,152	0,169	0,211	0,254	0,296	0,338
1,4	0,039	0,059	0,078	0,098	0,118	0,137	0,157	0,176	0,196	0,245	0,294	0,343	0,392
1,5	0,045	0,068	0,090	0,113	0,135	0,158	0,180	0,203	0,225	0,281	0,338	0,394	0,450
1,6	0,051	0,077	0,102	0,128	0,154	0,179	0,205	0,230	0,256	0,320	0,384	0,448	0,512
1,7	0,058	0,087	0,116	0,145	0,173	0,202	0,231	0,260	0,289	0,361	0,434	0,506	0,578
1,8	0,065	0,097	0,130	0,162	0,194	0,227	0,259	0,292	0,324	0,405	0,486	0,567	0,648
1,9	0,072	0,108	0,144	0,181	0,217	0,253	0,289	0,325	0,361	0,451	0,542	0,632	0,722
2,0	0,080	0,120	0,160	0,200	0,240	0,280	0,320	0,360	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800
2,1	0,088	0,132	0,176	0,221	0,265	0,309	0,353	0,397	0,441	0,551	0,662	0,772	0,882
2,2	0,097	0,145	0,194	0,242	0,290	0,339	0,387	0,436	0,484	0,605	0,726	0,847	0,968
2,3	0,106	0,159	0,212	0,265	0,317	0,370	0,423	0,476	0,529	0,661	0,794	0,926	1,058
2,4	0,115	0,173	0,230	0,288	0,346	0,403	0,461	0,518	0,576	0,720	0,864	1,008	1,152
2,5	0,125	0,188	0,250	0,313	0,375	0,438	0,500	0,563	0,625	0,781	0,938	1,094	1,250

tabulku 6.8.13 - tlakové ztráty $H_{v,A}$ a průtočná rychlost v v armaturách a tvarovkách

Tlakové ztráty třením ve výtlačném potrubí $H_{V,R}$

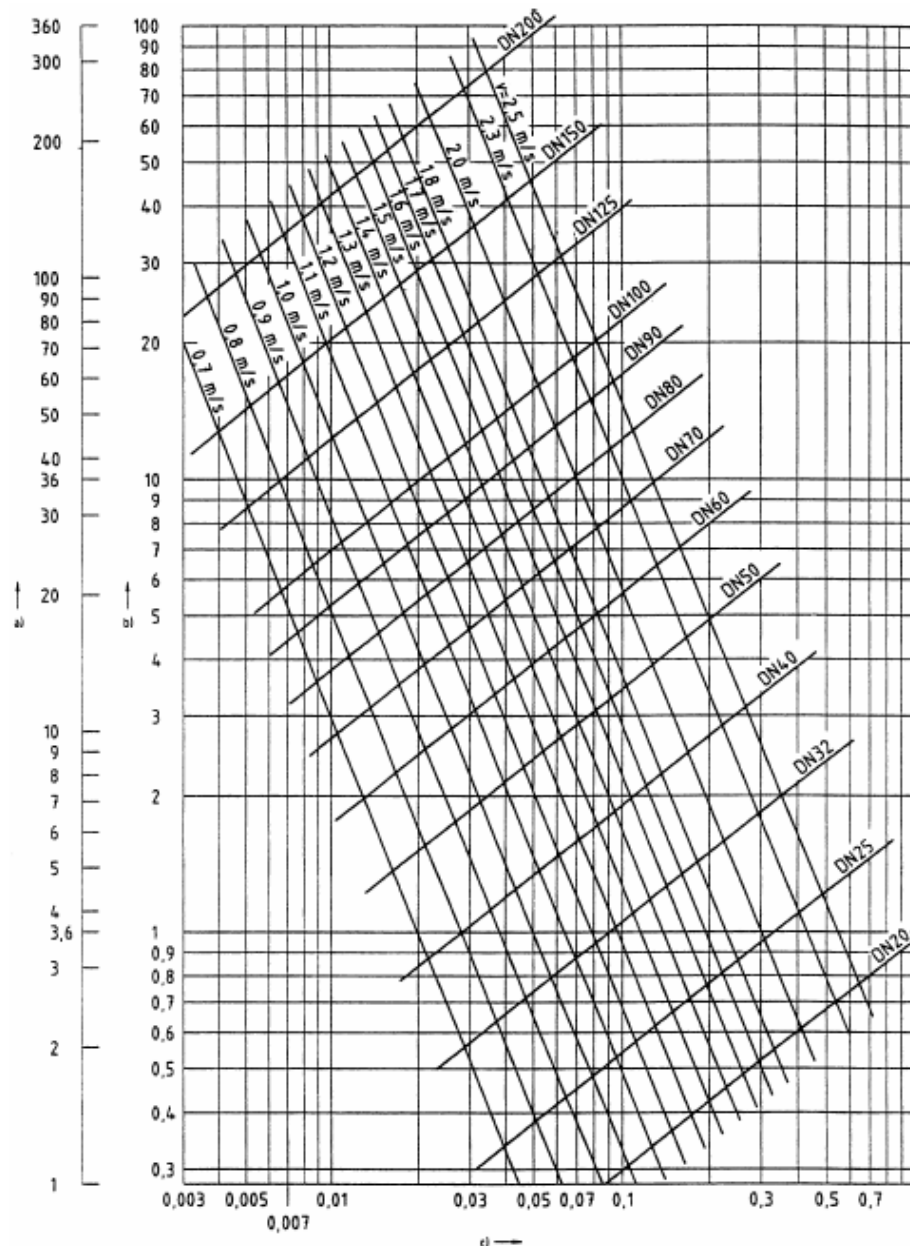
Tlakové ztráty třením $H_{V,R}$ se stanovují podle diagramu v obr 6.8.14, nebo pokynů výrobce pro všechny přímé trubní kusy ve výtlačném potrubí až ke smyčce proti zpětnému vzdutí. Výsledné tlakové ztráty se počítají dle:

$$H_{V,R} = \sum (H_{V,j} \cdot L_j)$$

$H_{V,R}$ tlakové ztráty třením v m

$H_{V,j}$ tlakové ztráty vztažené na délku potrubí

L_j délka přímého potrubí v m



obr. 6.8.14 - nomogram ke stanovení bezrozměrných tlakových ztrát $H_{V,j}$ v závislosti na jmenovité světlosti DN , průtočné rychlosti v a čerpaném průtoku Q

Pro výpočet $H_{v,j}$ lze použít vzorce podle White – Colebrooka. Hodnoty pro tlakové ztráty vztahované na délku potrubí $H_{v,j}$ platí pro čistou vodu o teplotě 10°C, případně pro kapaliny stejné kinematické viskozity při plném plnění potrubí.

Stanovení objemu nádrže

Provozní objem je dán zejména volbou četnosti sepnutí čerpadla. Dále je vhodné zohlednit dobu zdržení splaškové odpadní vody, aby nedocházelo k zahnívání a nadměrné sedimentaci. Minimální dobu chodu čerpadla, která vychází z provozních zkušeností je uvedena v tab. 6.8.15.

Výrobce čerpacích stanic odpadních vod může stanovit jiné hodnoty pro nejkratší doby chodu T . Provozní objem musí být větší než objem ve výtlačném potrubí mezi zpětnou klapkou a smyčkou proti zpětnému vzduť, avšak ne menší než 20 litrů. Tím je zajištěno, že objem ve výtlačném potrubí bude vyměněn při každém čerpacím cyklu.

Provozní objem:

$$V = T \cdot Q$$

V provozní objem v litrech

T nejnižší doba chodu v s

Q_P čerpaný průtok v l/s

Výkon motoru kW	Nejkratší doba chodu T s
až 2,5	2,2
2,5 až 7,5	5,5
více než 7,5	8,5
POZNÁMKA Tyto hodnoty vychází ze zkušeností.	

tab 6.8.15 - vztah mezi výkonem motoru a nejkratší dobou chodu T

Provozní objem lze stanovit i z četnosti sepnutí čerpadla, které je dáno doporučení výrobců, a pohybuje se okolo 20-30 sepnutí za hodinu. Vše je závislé na konstrukci a elektronickém vybavení čerpadel. V běžné praxi se uvažuje s průtokem čerpadla rovnému dvojnásobku přítoku odpadních vod do šachty. Pak je provozní objem nádrže dán vztahem:

$$V_n = Q_p / S.4$$

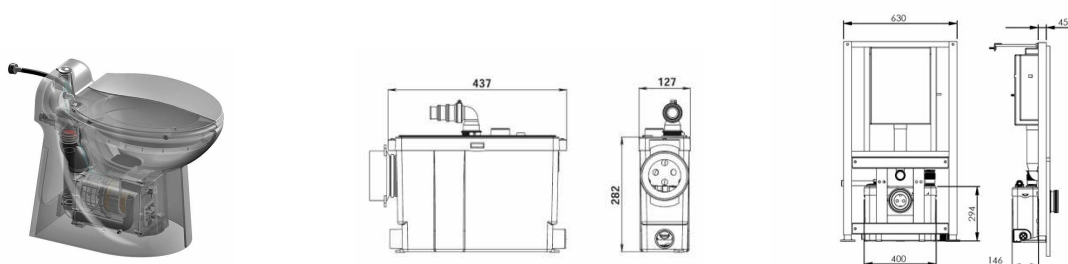
- V_n provozní objem v litrech
 Q_p průtok dopravním čerpadlem v l/s
 S počet sepnutí za hodinu

Pro jiný poměr přítoku odpadních vod a průtoku čerpadlem se provozní objem sběrné nádrže vypočítá dle:

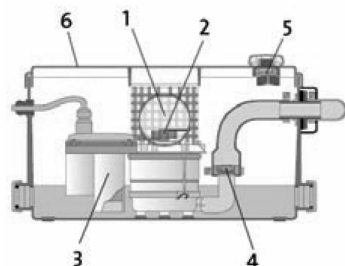
$$V_n = Q_{sd} (Q_p - Q_{sd}) / S \cdot Q_p$$

- Q_p průtok dopravním čerpadlem v l/s
 Q_{sd} výpočtový průtok splaškové odpadní vody v l/s
 S počet sepnutí za hodinu

Přečerpávací zařízení pro přečerpání odpadních vod z bytové a občanské výstavby se dnes vyrábějí zejména jako kompletní zařízení včetně elektronického vybavení v celé šíři průtokových kapacit jak pro odpadní vody s fekáliemi, tak i bez. V souvislosti s požadavky na prostor pro tato zařízení se snaží výrobci nabízet kompaktní zařízení pro jednotlivé zařizovací předměty, nebo skupiny zařizovacích předmětů, které lze instalovat přímo do interiéru za zařizovací předměty nebo do instalačních prostorů (obr. 6.8.16). Většinou je možné při vhodném výběru zařízení a kvalitní projektové dokumentaci umístit přečerpávací zařízení nad podlahu odvodňovaného podlaží, takže není třeba složitých stavebních úprav a zásahů. Pokud je třeba vzhledem k výšce vyústění připojovacích potrubí instalovat přečerpávací zařízení pod úroveň podlahy, je možné využít kompaktní přečerpávací zařízení v šachtovém provedení (obr. 6.8.16e), které umožňuje zároveň i odvodnit plochu podlahy.

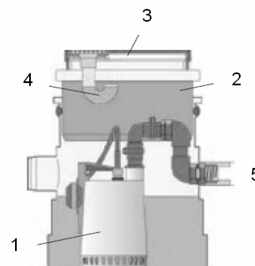


a) závěsné WC s integrovaným přečerpáním



- 1 – vtokové sítko
- 2 – řezací zařízení
- 3 – hladinový spínač
- 4 – zpětná klapka
- 5 – filtr s aktivním uhlím k odstraňování pachů

b) kompaktní přečerpávací zařízení k instalaci za WC



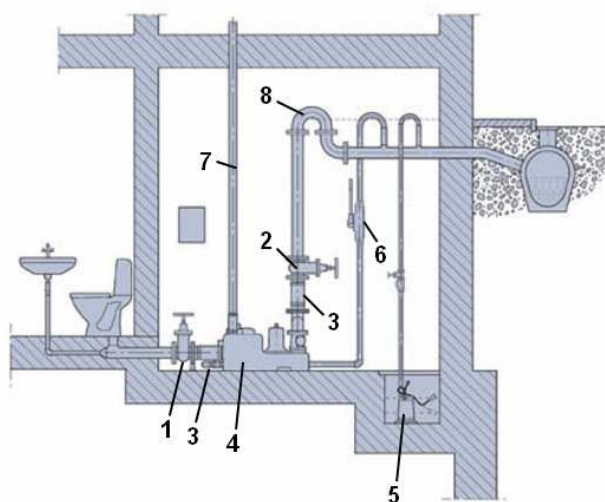
c) předstěnový modul s integrovaným přečerpávacím zařízením

- 1 – čerpadlo s plovákem
- 2 – teleskopická část
- 3 – otočný kryt s odvodňovací mřížkou
- 4 – zápachová uzávěrka
- 5 – výtlačné potrubí

d) přečerpávací zařízení pro skupinu zařizovacích předmětů
obr. 6.8.16 malá kompaktní přečerpávací zařízení

e) přečerpávací stanice určená k montáži pod podlahu

V případě větších průtoků odpadních vod z bytových domů, hotelů či restaurací jsou přečerpávací zařízení osazena do samostatných prostorů a jejich součástí je další vybavení potřebné pro provoz a údržbu (obr. 6.8.17). V případě potřeby vyšší spolehlivosti provozu jsou přečerpávací jednotky vybaveny zdvojenými (záložními) čerpadly a řídicími systémy, které zajišťují optimální provoz čerpadel s ohledem na vysokou životnost čerpadel a celého systému.



- 1 – uzavírací šoupě (sací strana)
- 2 – uzavírací šoupě (výtlačná strana)
- 3 - pružné spojení s zařízením s potrubím
- 4 – přečerpávací zařízení
- 5 – havarijní čerpadlo
- 6 – ruční membránové čerpadlo
- 7 – větrací potrubí
- 8 – smyčka nad hladinu vzduché vody

obr. 6.8.17 přečerpávací zařízení v samostatném prostoru

7 Hospodaření s odpadními vodami

7.1 Odpadní voda

Odpadní voda

Základním a důležitým pojmem v této oblasti je definice toho, co je vlastně „odpadní voda“, kdy a jak vzniká a co znamená její likvidace. Odpadní voda je voda změněná použitím, nebo odvedená do systému stokových sítí a kanalizačních přípojek. Pokud to dáme do souvislosti s činností člověka a stavebními objekty, tak lze říci, že odpadní vody jsou všechny vody, které byly nějakým způsobem užity při lidské činnosti (bydlení, služby, výroba). A v důsledku této činnosti mají takové jakosti, které mohou ohrozit jakost vod přirozeně se vyskytujících v přírodě - vod povrchových nebo podzemních. Změna jakosti vody je zejména změna jejího složení, ale i například teploty.

Likvidace odpadní vody je v legislativě nazývána jako zneškodňování odpadní vody. Základní povinnosti při zneškodňování odpadní vody stanoví vodní zákon. Stavebníci jsou povinni při provádění staveb nebo jejich změnách zabezpečit odvádění, čištění, popřípadě jiné zneškodňování odpadních vod v souladu se zákonem. Ten ale neupravuje jednotlivé způsoby zneškodňování odpadní vody, ale upravuje pouze vypouštění vyčištěných odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních v souladu s limity a podmínkami stanovenými k jejich vypouštění vodoprávním úřadem. Znamená to tedy, že pokud je objekt možné napojit na veřejnou kanalizaci a lze do ní vypouštět odpadní vody, pro které je kanalizace určena (popř. jak stanoví majitel či provozovatel kanalizační sítě), nejedná se o zneškodňování odpadní vody, protože nedochází k bezprostřednímu kontaktu odpadní vody s vodou povrchovou, popřípadě podzemní. V lokalitách, kde je tedy možné připojení na kanalizační systém odpovídající druhu vypouštěných odpadních vod, je odvedení odpadní vody nejjednodušší způsob její „likvidace“. Samotné čištění odpadní vody je potom zajištěno centrální čistírnou odpadních vod. Z hlediska účinnosti čištění, kontroly kvality vypouštěné vody do recipientu, a tedy vlivu na životního prostředí, je toto nejefektivnější způsob nakládání s odpadními vodami. Tuto situaci dokládá výrazné zlepšení čistoty recipientu (vodních toků) za posledních dvacet let v místech, kde byly postaveny nové čistírny odpadních vod pro čištění jak komunálních, tak průmyslových odpadních vod. Z hlediska výkladu zákona má obecně každý vlastník objektu, kde vznikají odpadní vody povinnost napojení na veřejnou kanalizaci, pokud je to technicky možné.

Problém se zneškodňováním odpadních vod tedy nastává zejména v lokalitách, kde dosud není vybudována kanalizační síť. Odpadní voda končí bez účinného vyčištění v nejbližším recipientu a výrazně zhoršuje tak jeho kvalitu nebo dochází k nekontrolovaným průsakům odpadní vody do podzemních vod. To je považováno z hlediska ochrany prostředí a přírodních podzemních zdrojů vody za velký problém a riziko kontaminace spodní vody.

Zneškodňováním odpadní vody vypouštěním vyčištěné odpadní vody je tedy možné pouze dvěma způsoby, a to vypouštěním do:

- povrchových vod nebo do
- podzemních vod

Vypouštění odpadních vod do vod podzemních lze s ohledem na ochranu podzemních vod považovat za možnost zcela výjimečnou. Přímé vypouštění odpadních vod do podzemních vod není možný. Vypouštění odpadních vod neobsahujících nebezpečné závadné látky nebo zvlášť nebezpečné závadné látky do půdních vrstev, z nichž by mohly do vod podzemních vniknout (tedy tzv. nepřímé vypouštění), lze povolit jen výjimečně z jednotlivých rodinných domů a staveb k individuální rekreaci na základě posouzení jejich vlivu na jakost podzemních vod. Samozřejmým předpokladem je maximálně možné vyčištění vypouštěných odpadních vod.

Vypouštění odpadních vod do vod povrchových se pro povolení vychází z nejvýše přípustných hodnot s ohledem na jejich množství a znečištění. Výchozí ukazatele vychází ze:

- stavu vody ve vodním toku,
- přípustného znečištění povrchových vod,
- přípustného znečištění odpadních vod.

Odpadní vody musí být před vypuštěním do povrchových vod vyčištěny na požadovanou míru, stanovenou vodohospodářským rozhodnutím, které obsahuje především množství vypouštěné odpadní vody a bilanční limity pro jednotlivé složky znečištění. Pro posuzování znečištění jsou stanoveny emisní a imisní limity.

Emisní limity jsou maximálně přípustné koncentrace ve vypouštěné odpadní vodě stanovené závazně pro jednotlivá odvětví průmyslu i pro městské odpadní vody.

Imisní limity jsou koncentrace ve vodním recipientu, které by při vypouštění odpadní vody neměly být překročeny ani za nejméně příznivých hydrologických poměrů.

Požadavky limitů jsou stanoveny odlišně pro povolování vypouštění různých druhů odpadních vod, a to:

- městských odpadních vod do vod povrchových,
- průmyslových odpadních vod do vod povrchových,
- odpadních vod s obsahem zvlášť nebezpečných nebo nebezpečných závadných látek do vod povrchových,
- odpadních vod s obsahem zvlášť nebezpečné látky do kanalizace.

U městských odpadních vod jsou takto limitovány koncentrace znečištění v hodnotách diferencovaně podle velikosti zdroje. V tab. 7.1 jsou uvedeny emisní standardy přípustného znečištění odpadních vod pro městské odpadní vody.

Kategorie ČOV (EO) ^{1) 7)}	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		N-NH ₄ ⁺		N _{celk.} ^{2), 8), 9)}		P _{celk.} ⁹⁾	
	p ³⁾	m ⁴⁾	p ³⁾	m ⁴⁾	p ³⁾	m ⁴⁾	průměr ⁵⁾	m ^{4), 6)}	průměr ⁵⁾	m ^{4), 6)}	průměr ⁵⁾	m ⁴⁾
< 500 ¹¹⁾	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500 - 2 000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-	-	-
2 001 – 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	3 ¹⁰⁾	8 ¹⁰⁾
10 001 – 100 000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	30	2	6
> 100 000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

Tab. 7.1 - emisní standardy přípustného znečištění odpadních vod pro městské odpadní vody

Hlavními ukazateli znečištění odpadní vody jsou hodnoty BSK₅, CHSK_{Cr}, NL, N-NH₄ a P_{celk.}. Průměrné ukazatele znečištění splaškových odpadních vod je v tab.7.2.

BSK₅ – biochemická spotřeba kyslíku, tzv. biologický ukazatel znečištění. Jeho hodnota vypovídá o tom, jak velká část znečištění je biologicky čistitelná. Je definována jako množství kyslíku spotřebované mikroorganismy při biochemických pochodech na rozklad organických látek obsažených ve vodě, za určitý časový úsek a to při aerobních podmínkách. Nejčastěji se používá pětidenním časový interval

měření, proto také označení BSK₅. Odpadní vody z domácností mají průměrnou hodnotu obvykle 300 - 400 mg/l, vyčištěné vody pak obvykle méně než 30 mg/l.

CHSK_{Cr} - chemická spotřeba kyslíku, tzv. chemický ukazatel znečištění. Jeho hodnota vypovídá o tom, jak velká část znečištění je organického původu a udává množství kyslíku, které je potřebné na uskutečnění všech chemických procesů ve znečištěné vodě. Odpadní vody z domácností mají průměrnou hodnotu obvykle 600 - 800 mg/l, vyčištěné vody pak obvykle méně než 100 mg/l. Pro odpadní vody se používá metoda dichromanová, proto také označení CHSK_{Cr}.

NL - obsah nerozpuštěných látek v odpadní vodě, které můžeme rozdělit na látky anorganické (prach, kalové částice) a organické (např. škroby, bakterie). Na odtoku u fungujících ČOV je obsah obvykle do 25 mg/l.

N-NH₄ – množství amoniakálního dusíku v odpadní vodě

N_{celk} – množství dusíku v odpadní vodě (zejména moč)

P_{celk} – množství fosforu v odpadní vodě (fekálie)

Ukazatel znečištění	Rozměr	Údaj
NL	g/obyv.den	55
BSK ₅	g/obyv.den	60
CHSK	g/obyv.den	109
C _{org}	g/obyv.den	40
BSK ₅ / CHSK	-	0,55
C _{org} / CHSK	-	0,37
BSK ₅ / C _{org}	-	1,50
Celkový N	g/obyv.den	12
Celkový P	g/obyv.den	2 až 4
Extrahované látky	g/obyv.den	12

tab.7.2. - Průměrné ukazatele znečištění splaškových odpadních vod

Druhy odpadních vod

Pro stanovení míry znečištění je podstatná analýza a rozbor odpadní vody, na jejímž základě se rozhoduje, jakým způsobem máme z objektu nebo určité plochy odvádět a čistit.

Základní dělení odpadní vody lze nejlépe vystihnout podle původu znečištění na:

- Splaškové (komunální) – odpadní vody z bytové a občanské výstavby, které mají charakter odpadní vody z biologických a hygienických potřeb obyvatel (koupelny, kuchyně, WC)
 - žluté vody – obsahují pouze moč (pisoáry...)
 - hnědé vody – obsahují pouze fekálie (WC...)
 - černé vody – obsahují fekálie a moč (WC...)
 - šedé vody – neobsahují fekálie a moč (kuchyně, koupelny...)
- Dešťové (povrchové, srážkové) – atmosférické srážky (déšť, kroupy...), tání sněhu.
- Infekční – znečištěné vody choroboplodnými zárodky a mikroorganismy, jež vyžadují předčištění před vypouštěním do stokové sítě.
- Průmyslové - vody z technologických procesů, znečištěné výrobou, zemědělstvím.
- Balastní – odpadní vody, které se dostanou do stokové sítě z okolního prostředí (obvykle zeminy) do poškozených kanalizačních stok.
- Ostatní – odpadní vody, které nelze zařadit do některé z výše uvedených skupin, nebo které se do stokové sítě dostaly za nepředvídatelných okolností.

Různé zdroje uvádí i jiné dělení odpadních vod a lze pozorovat i posun rozdělení a definování v legislativě. Vyplývá to ze snahy nového přístupu k nakládání s odpadními vodami, která se zaměřuje na dělení odpadních vod u zdroje s jejich dalším využitím a nikoli nákladným kanalizačním systémem dopravení k centrálnímu místu čištění. Cílem tohoto záměru je snížit obsah nutrientů (dusík, fosfor) v recipientu. Proto se začala například splašková odpadní voda v evropské a následně v české legislativě dělit dále podle obsahu znečišťujících látek.

7.2 Likvidace splaškových odpadních vod

Problematiku likvidace splaškových odpadních vod je nutné rozdělit na oblast centrálního čištění (velké čistírny) a oblast lokálního (domovního) čištění odpadních vod. To se týká lokalit a objektů, kde není možné z důvodu absence kanalizační sítě nebo čistírny centrálně vodu čistit. Velké čistírny odpadních vod obcí a měst spadají do oblasti vodohospodářských staveb a dále se jimi v následující kapitole zabývat nebudeme.

Pod pojem likvidace odpadních vod v rámci jednotlivých objektů nebo skupiny objektů lze zařadit jak čištění a následné vypuštění odpadní vody do povrchových nebo podzemních vod, tak pouze její akumulaci a následný odvoz k centrálnímu čištění. V následující části jsou uvedeny tyto možnosti likvidace odpadních vod:

- Domovní čistírny odpadních vod
- Septiky
- Akumulační jímky
- Kořenové čistírny

Účinnosti čištění odpadních vod podle použité technologie zobrazuje tabulka 7.2.1.

Technologie čištění odpadních vod	Účinnost čištění v %				
	BSK ₅	CHSK	NL	N-NH ₄	P-celk
Septik	15 až 30	0 až 20	50 až 60	-	-
Sedimentace	20 až 30	10 až 30	30 až 60	0 až 5	0 až 8
Rotační biofilmové reaktory (biodisky apod.)	80 až 90	60 až 85	65 až 90	5 až 70	5 až 20
Aktivační proces s biofilmovým reaktorem	80 až 95	70 až 90	80 až 90	65 až 95	15 až 25
Aktivační proces s $B_x \leq 0,3 \text{ kg/kg} \cdot \text{d}$	80 až 90	60 až 85	85 až 90	5 až 30	15 až 25
Aktivační proces s $B_x = 0,05 \text{ kg/kg} \cdot \text{d}$	85 až 95	70 až 90	85 až 90	5 až 30 65 až 95 ¹⁾	15 až 25
Biologické dočišťovací nádrže	65 až 70 80 až 90 ¹⁾	60 až 85	85 až 90	20 až 90	5 až 50
Zemní filtry	85 až 95	70 až 90	85 až 95	10 až 15	5 až 25
Vegetační čistírny	65 až 95	70 až 90	85 až 95	10 až 15	5 až 25

¹⁾ v letním období (tj. pro $T \geq 12 \text{ }^{\circ}\text{C}$)

Tab. 7.2.1 – účinnost čištění odpadních vod podle použité technologie

Domovní čistírny odpadních vod

Z pohledu velikosti čistíren odpadních vod legislativa dělí čistírny podle počtu ekvivalentních obyvatel (dále EO). V oblasti zdravotní techniky a hospodaření s vodou v objektech bytové a občanské výstavby se nejčastěji setkáme s tzv. domovními čistírnami odpadních vod. Legislativně tyto čistírny spadají do kategorie „Čistírny odpadních vod do 50EO“.

1 EO (jeden ekvivalentní obyvatel) - jedná se o jednotku používanou především pro dimenzování a návrh kapacity čističek odpadních vod. Vychází se z faktu, že ekvivalentní obyvatel vyprodukuje za určité časové období určité množství odpadních vod. Ekvivalentní obyvatel je definovaný produkcí látkového znečištění 60 g BSK₅ (biochemická spotřeba kyslíku při procesu rozkladu organického znečištění na anorganické za 5 dnů v temnu a při teplotě 20°C) za den. Celková produkce znečištění na 1 EO je 180 g/den (tab. 7.2.2).

Látky	Ukazatel specifického znečištění						
	Látky			Ostatní			
	Minerální	Organické	Veškeré	BSK ₅	CHSK	N _c	P _c
nerozpuštěné:							
a) usaditelné	10	30	40	20	40	1	0,2
b) neusaditelné	5	10	15	10	20	-	-
rozpuštěné	75	50	125	30	60	10	2,3
celkem	90	90	180	60	120	11	2,5

Tab. 7.2.2 Orientační hodnoty produkce specifického znečištění v g/d na 1 obyvatele (populační ekvivalent)

Volba vhodné velikosti ČOV obvykle vychází z počtu skutečných obyvatel a z toho, že jeden obyvatel vyprodukuje znečištění odpovídající 1EO, na kterého se kapacita přepočítává. Ve skutečnosti je množství vody zpravidla menší, znečištění je pak ale koncentrovanější. Obecně se pro výpočet vychází ze spotřeby vody 150 l/os.d, ačkoli je tato hodnota mnohdy nepřesná a záleží na mnoha jiných faktorech. Výpočtově odpovídá tato spotřeba směrnému číslu roční potřeby vody pro bytový fond s centrální přípravou teplé vody (56 m³/rok).

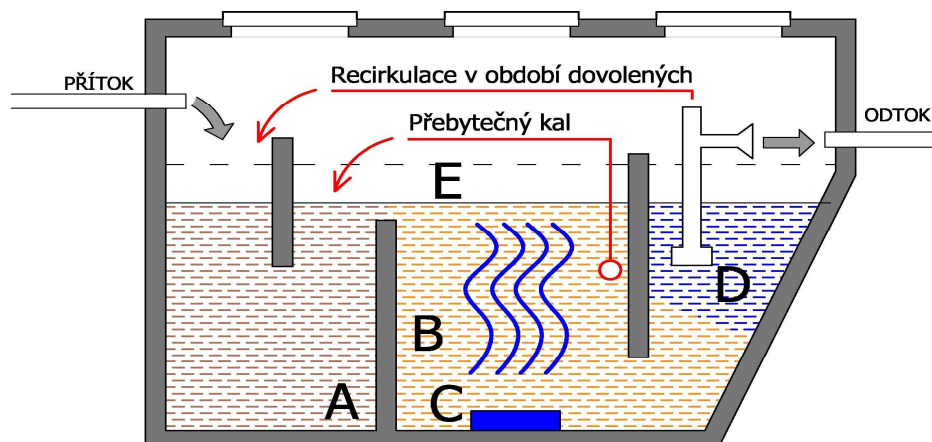
U nebytových staveb se při stanovování množství vyprodukované odpadní vody vychází z přepočtu na EO. Existuje tedy závislost mezi kapacitou a vybaveností objektu a počtem ekvivalentních obyvatel. Přepočet vyjadřuje (tab. 7.2.3).

objekt	měrná jednotka	přepočet na EO
Rodinný dům	1 osoba	1 osoba = 1 EO
Ubytovny jednoduché	1 postel	1 postel = 1 EO
Ubytovny vybavené (s praním)	1 postel	1 postel = 2 EO
Kempink	1 návštěvník	1 návštěvník = 0,5 EO
Hostinec bez kuchyně	1 místo u stolu	3 místa = 1 EO
Hostinec se studenou kuchyní	1 místo u stolu	2 místa = 1 EO
Hostinec s trojnásobným využitím místa u stolu	1 místo u stolu	1 místo = 1 EO
Zahrádka	1 místo u stolu	10 míst = 1 EO
Divadlo, Kino	1 místo	15 míst = 1 EO
Sportovní zařízení - návštěvníci	1 návštěvník	50 návštěvníků = 1 EO
Sportovní zařízení - sportovci	1 uživatel	5 uživatelů = 1 EO
Školy	1 žák	3 žáků = 1 EO
Školky	1 žák	5 žáků = 1 EO

Tab. 7.2.3 počet EO dle typu objektu

Čistírny odpadních vod - ČOV

Domovní čistírny odpadních vod využívají principy biologického čištění, což je působení mikroorganismů způsobujících rozklad organické hmoty až do vyčištění vody.



A) usazovací a kalový prostor

B) aktivace

C) provzdušňovací zařízení

D) dosazovací prostor

E) bezpečnostní akumulační rezerva

obr. 7.2.4 – schéma čistírny odpadních vod

Domovní čistírna má několik samostatných funkčních částí, které na sebe navazují a dohromady tak tvoří kompaktní kontinuální čistící zařízení, které potřebuje ke své funkci již pouze elektrickou energii a pochopitelně průběžnou údržbu a kontrolu. Čistírna se skládá z mechanické části, kde dochází k usazování tuhých částic a zachycení plovoucích částic. Dále je prostor pro biologické čištění, kam je dodáván kyslík pro aerobní procesy. Poslední částí je dosazovací prostor (dosazovák), kde dochází k odloučení vloček vzniklých při biologickém čištění od vody (obr. 7.2.4).

Usazovací a vyrovnávací prostor

V usazovacím prostoru dochází k tzv. egalizaci vody, což je vyrovnání hydraulických a látkových rázů, k omezení škodlivého vlivu desinfekčních prostředků a detergentů používaných v domácnosti. Cílem je snížení znečištění odpadní vody přiváděné na biologickou část (uvažuje se se snížením o 30%) a anaerobním rozkladem některých látek. To má pak za následek nižší hodnoty CHSK na odtoku a snížení obsahu např. uhlovodíků a tuků. Vyrovnávací prostor reguluje

nerovnoměrnost nátoku jak po stránce hydraulické tak i látkové. Tento prostor je důležitý pro biologické čištění v co nejrovnoměrnějším přísunu znečištění. Velký význam má vyrovnávací prostor pro dosazovák, který se dimenzuje tak, aby proudící vodou nebyly do odtoku vynášeny vločky kalu.

Biologická část

Prostor, ve kterém dochází k rozkladu organických látek. Biologické procesy mohou probíhat za přítomnosti kyslíku rozpuštěného ve vodě a pak se nazývají aerobní a nebo bez přístupu kyslíku a pak se nazývají anaerobní. Při aerobním způsobu čištění se bakterie čistící vodu volně vznášejí v substrátu ve formě vloček. Tento způsob čištění se vyznačuje vyšší účinností, avšak je zde podmínka kontinuální dodávky kyslíku do systému pomocí dmychadla, čerpadla s ejektorem apod. Při anaerobním způsobu čištění jsou bakterie přisedlé na nosiči, což znamená menší účinnost čištění, ale zato větší stabilitu. Tento způsob čištění se dnes používá jen výjimečně a pokud ano, pak ve spojení s dalším stupněm čištění. Koncentrace znečištění se u komunálních pohybuje u ukazatele BSK kolem 50 - 70 mg/l, což je dobré snížení znečištění, ale nedostatečné pro splnění legislativních požadavků u nás.

Dosazovací prostor

Zpravidla poslední prostor, kterým voda protéká před opuštěním čistírny. Slouží k tomu, aby se zde zachytily např. vločky kalu. Většinou si tyto vločky sedají na dno. Ze dna se odstraňují čerpáním a to pomocí čerpadel, vytvořením proudění odnášejícího vločky do jiných prostorů.

Domovní čistírny odpadních vod jsou ve většině instalací dodávány jako kompaktní funkční celky v „baleném“ provedení. Pro plášť čistírny, ve které jsou jednotlivé komory lze použít nejčastěji plasty dobře odolné agresivnímu prostředí a výhodné z hlediska hmotnosti. V případě osazení do země je nutné však počítat se zemním tlakem. U domovních čistíren se předpokládá použití technologie a konstrukce, která nevyžaduje trvalou obsluhu.

Důležité je umístění čistírny u objektu vzhledem k přístupu a možnosti šíření zápachu. Aerobní část čistírny musí být větraná a zejména v době nabíhání nebo

poruchy či servisu může nastat únik odérů do okolí. Z tohoto důvodu je vhodné situovat čistírnu s ohledem na provoz objektu, osazení oken obytných místností, poloze nasávání vzduchu vzduchotechnickými jednotkami atd. Anaerobní část čistírny je v kompaktním provedení obvykle utěsněna. I přes v podstatě bezúdržbový proces čištění je třeba pravidelně odvést kal, což je opět limitující podmínka pro umístění z hlediska příjezdu fekálního vozu.

Problematika kalu u domovních čistíren je závislá na samotném návrhu čistírny, kde by mělo být počítáno s kalovým a usazovacím prostorem s dostatečnou kapacitou. Větší množství kalu (větší prostor v ČOV) prodlužuje interval odstraňování kalu a určité množství nahromaděného kalu v čistírně se příznivě projeví na stabilitě čistícího procesu. To hraje roli zejména při použití dezinfekčních prostředků, které mají obecně velmi nepříznivý vliv na proces čištění a mohou proces i zastavit.

Likvidace kalu je možná buď odvezením na centrální čistírnu v lokalitě, nebo stabilizace kompostováním. Pak ho lze použít k přihnojení zemědělské půdy.

Septiky

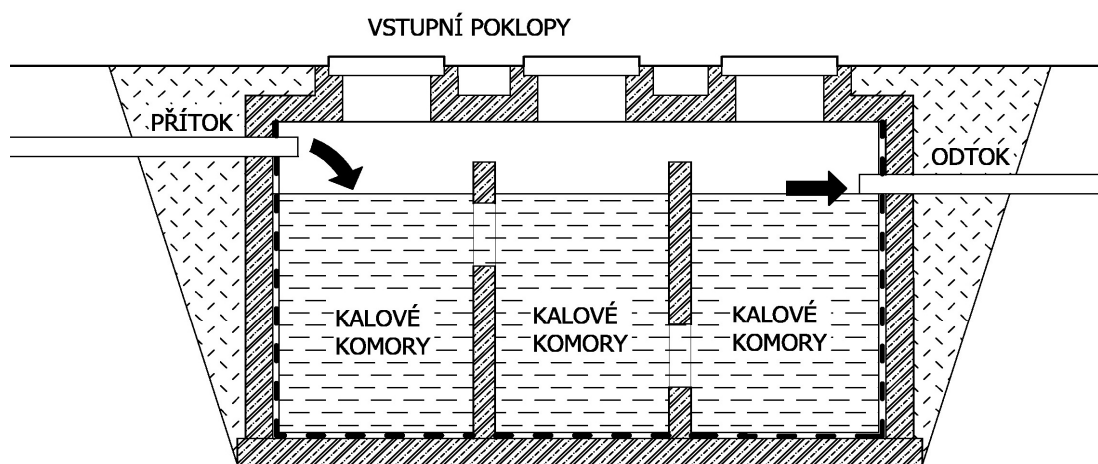
Septik je čistící zařízení, které využívá jak mechanického tak i biologického čištění. Čištění probíhá bez dotace vzdušného kyslíku, takže se jedná o anaerobní rozklad zachycených látek. Septik je v podstatě akumulární prostor rozdělený určitým počtem komor, které jsou vzájemně propojeny otvory v různých výškových úrovních.

Otvory postupně protéká voda a v jednotlivých komorách jsou zachycovány plovoucí látky a částice s vysokou hustotou.

Cílem je, aby se nahromaděný kal u dna a plovoucí částice na hladině nedostaly do další komory. Počet komor a doba zdržení odpadní vody v septiku určují účinnost čištění. Doba zdržení je velmi důležitá pro anaerobní čistící proces a předpokladem je zdržení od 3 do 5 dní. Celková účinnost čištění je ale okolo 30% pro organické znečištění a proto nelze použít samotný septik jako jediný stupeň čištění pro následné vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních. Proto je nutné kombinovat septiky s dalším stupněm čištění (dočištění), a to nejčastěji s pískovým nebo zemním filtrem či kořenovou čistírnou. Pak lze

dosáhnout účinnosti čištění přes 90%. Stejně jako u každého čištění dochází ke hromadění kalu, který je nutné vyvážet k další likvidaci.

Septik je vybaven vstupy do každé komory a musí být odvětrán (obr. 7.2.5). Materiál septiku obecně závisí na jeho tvaru a velikosti, nicméně běžně se používají plastové či betonové nádrže. Výhodou septiku oproti klasické biologické čistírně je možnost přerušovaného provozu objektu a nízká produkce kalu, což se s výhodou využívá u rekreačních objektů.



Obr. 7.2.5 - septik

Jak již bylo výše řečeno, pro účinný systém čištění je třeba doplnit septik o zemní filtr, který může sloužit k dočištění vod předčištěných v septiku. Stejně tak lze využít zemní filtr pro domovní čistírnu.

V zemním filtru probíhají současně biochemické a fyzikální procesy. Systém se skládá z rozváděcí drenáže, vlastního filtračního tělesa a sběrné drenáže. Filtrační lože je přitom odděleno od okolního terénu nepropustnou hydroizolační fólií. Velmi důležitý je návrh filtru podle zatížení pro dosažení vysoké účinnosti. Je třeba však počítat s životností filtru se kolem 15 let. Poté je třeba filtrační lože vyměnit.

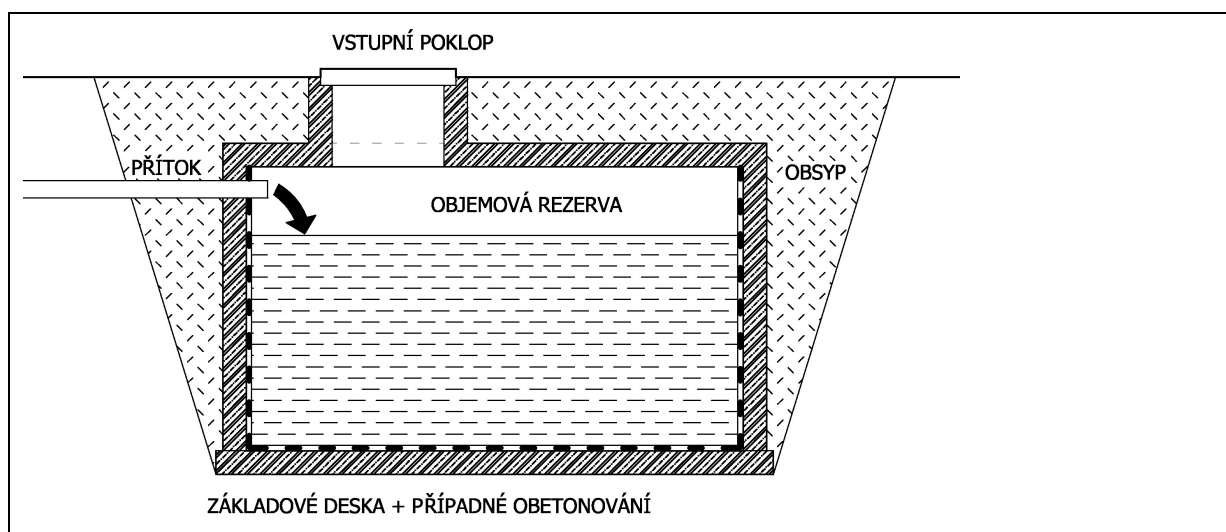
Akumulační jímky

Akumulační jímka (tzv. žumpa) je bezodtoká nádrž (obr. 7.2.6), jejímž účelem je pouhá akumulace odpadních vod bez možnosti vypouštění této vody do vod povrchových či podzemních. Jímky nesmějí být opatřovány odtokem ani přelivem.

Stejně tak není dovoleno přihnojování zahrad, luk a polí z důvodu vysokého obsahu patogenů v odpadní vodě. Je tedy třeba tuto odpadní vodu z jímky pravidelně odvážet k centrálnímu místu čištění v lokalitě. Ačkoli v jímce probíhá anaerobní proces čištění, tak účinnost čištění tohoto zařízení je nulová.

Akumulační jímka se dnes navrhuje pouze v krajních případech tam, kde není jiná možnost likvidace odpadních vod. Z hlediska legislativy není jímka vodním dílem, protože se nejedná o žádný způsob čištění odpadních vod a povoluje ji tedy pouze stavební úřad. Z ekonomického hlediska je jímka jedním z nejdražších způsobů likvidace odpadních vod, protože náklady na vyvážení jsou vysoké. Proti sobě při návrhu stojí dvě kritéria, a sice velikost jímky a četnost vyvážení. Při uvažované spotřebě vody 150 l/os.d vychází vyvážení odpadních vod pro rodinný domek se 4 osobami na interval cca 14 dní. Limitujícím prvkem je tedy zejména velikost jímky. Z výpočtů jasně vyplývá, že akumulovat odpadní vodu u o objektů s větším počtem obyvatel (bytové domy, školy, hotely) je investičně a provozně velmi náročné a využití jímky tak směřuje pouze k rodinným domům a menším rekreačním objektům.

Velmi problematická je pak vlastní těsnost stávajících jímek, kázeň majitelů k pravidelnému vyvážení a jejich kontrola. V současné době vodní zákon ani jiný právní předpis neukládá vlastníku žumpy povinnost uchovat a prokazovat doklady o vyvážení k předložení příslušným kontrolním orgánům. Proto by měl být tento způsob likvidace odpadních vod při povolání dotčenými orgány do budoucna spíše výjimkou.

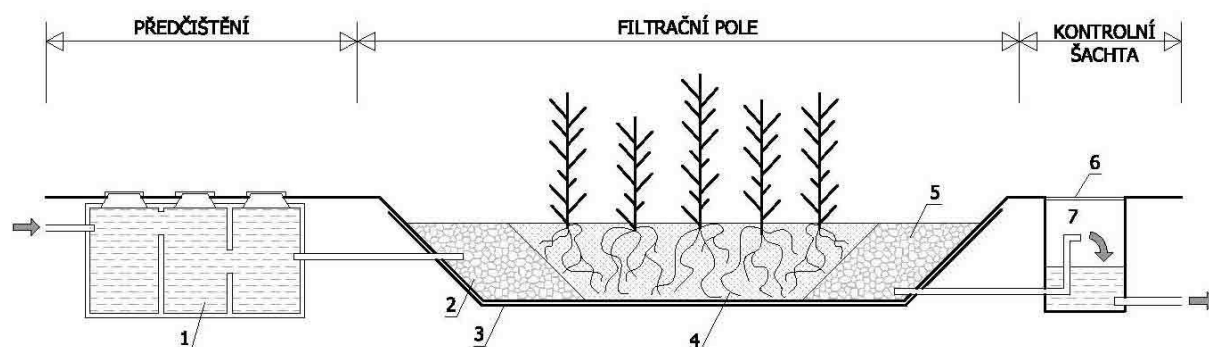


obr. 7.2.6 – akumulční jímka

Kořenové čistírny

Základním principem kořenové čistírny odpadních vod (umělého mokřadu) je horizontální průtok odpadní vody propustným substrátem (případně vertikální), který je osázen mokřadními rostlinami (obr. 7.2.7). Kořeny rostlin prorůstající substrátem pomáhají dopravit vzdušný kyslík i do nižších vrstev filtračního lože, což umožňuje život různých druhů rozkladných bakterií v celé jeho tloušťce. Znamená to tedy, že dochází jak k mechanickému, tak i biologickému a chemickému čištění. Stejně jako při anaerobním čištění je důležitá doba zdržení odpadní vody, aby došlo k rozkladu organických látek.

Čištění probíhá ve třech fázích. Nejprve se mechanicky oddělí hrubé nečistoty (předčištění). K tomuto účelu obvykle slouží septik, sedimentační nádrž nebo drtící šachta. Druhý stupeň představuje filtrační lože s mokřadními rostlinami. Zde dochází k odbourání rozpuštěných látek a zachycení zbytku nerozpuštěných látek. (přeměna nečistot na CO_2 a H_2O). Třetí fází je regulace výšky hladiny vody v mokřadu a kontrola jakosti vypouštěné vody. Pomocí kontrolní šachty je pak voda odváděna do recipientu, nebo v případě potřeby zpětně využívána. Pokud je součástí systému také dočišťování, je buď předřazeno kontrolní šachtě nebo je přímo její součástí. K návrhu musíme mít k dispozici potřebné údaje o tom jaké látky a v jaké koncentraci se mohou a budou vyskytovat, množství čištěné vody, informace o místě výstavby apod.



1- zóna předčištění (septik), 2 - distribuční zóna (kamenivo), 3 - nepropustná bariéra (fólie), 4 - filtrační lože prorostlé vegetací

v kamenivu, 5 - odtoková zóna, 6 - kontrolní šachta, 7 - regulace výšky hladiny

Obr. 7.2.7 – kořenová čistírna

Mechanické předčištění

Účelem předčištění je oddělení tuhých kalů od kapalných. Znečištěná odpadní voda přitéká do čistírny přes nádrž, kde dochází a sedimentaci. Tuhé odpady pak přetékají do filtračního "záhonu" osázeného speciálními rostlinami. Tento stupeň zajišťuje, aby nedošlo k ucpání filtračního lože.

Filtrační lože

Rostliny dokáží rozložit organické nečistoty na oxid uhličitý a vodu, což jsou všechno prvky, které využívají ve svůj prospěch. Z bílkovin obsažených ve fekáliích získávají dusík a bakterie obsažené v půdě ničí všechny choroboplodné zárodky.

Díky zdržení vody ve filtračním loži se voda důkladně vyčistí díky biologickým čisticím procesům. Funkci substrátu plní v kořenové čističce nejlépe praný štěrk zbavený prachu a zeminy, osázený vegetací.

V závislosti na použitém substrátu, druhu rostlin a také charakteru znečištění odpadní vody se plocha mokřadu v přepočtu na jednoho ekvivalentního obyvatele pohybuje okolo 4-5 m² s hloubkou okolo 1m. Lze to ale považovat spíše za spodní hranici plochy.

Regulace výšky hladiny a odtok vody

Možnost regulace výšky hladiny v kořenovém poli je důležitá především v období silných mrazů, kdy je nutno snížit výšku vodní hladiny jako prevenci proti zamrznání. Jako vhodné systémy regulace se jeví otočné nástavce nebo zavěšené flexibilní hadice. Tyto systémy umožňují velmi snadnou a přesnou regulaci výšky hladiny vody v kořenovém poli.

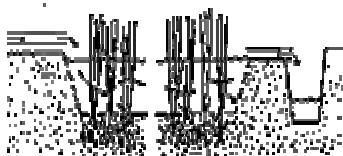
Dle polohy umístění rostlin dělíme mokřady na:

- umělé mokřady s emerzními (vynořenými) rostlinami
- umělé mokřady se submerzními (ponořenými) rostlinami
- umělé mokřady s plovoucími rostlinami

Umělé mokřady s vynořenými rostlinami lze rozdělit do tří hlavních skupin:

- s povrchovým tokem
- s podpovrchovým horizontálním tokem
- s podpovrchovým vertikálním tokem

Povrchový tok



Čištění odpadních vod se uskutečňuje při průtoku odpadní vody hustým porostem mokřadních rostlin, které rostou v relativně málo propustném substrátu. K rozkladu látek dochází především díky bakteriím žijícím na ponořených částech rostlin nebo na tlejících zbytcích rostlin, ležících na dně. V případě, že se čistička nachází na propustném podloží je nutné substrát pro růst rostlin oddělit nepropustnou vrstvou.

Podpovrchový horizontální tok



Základním principem tohoto způsobu čištění je horizontální průtok odpadní vody propustným substrátem, který je osázen mokřadními rostlinami. Substrát musí být dostatečně propustný, aby nedocházelo k ucpávání a následnému povrchovému odtoku.

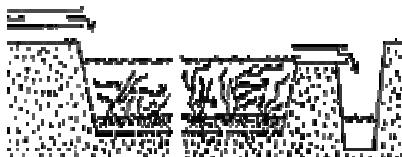
Při průchodu odpadní vody substrátem dochází k vysokému stupni odstraňování organických a nerozpuštěných látek a mikrobiálního znečištění. Odstranění dusíku a fosforu je nižší, ale tyto systémy nejsou určeny speciálně pro odstraňování těchto živin. Jedná se o nejčastěji používaný systém v Evropě.

Podpovrchový vertikální tok



V tomto systému je odpadní voda střídavě přiváděna na povrch filtračního lože osázeného mokřadními rostlinami. Voda prosakuje vrstvami šterku a písku a ve spodní části je sváděna do drenážních trubek a odváděna. Tento systém je obdobou zemní (pískové) filtrace. Systém je obvykle navržen s několika paralelními loži, která jsou střídavě zaplavována. To má za následek střídání aerobních a anaerobních podmínek, což je optimální pro proces odbourávání dusíku a fosforu.

Umělé mokřady s ponořenými rostlinami mohou přežít pouze v dobře okysličené vodě. Z tohoto důvodu není možno využívat tyto systémy pro odpadní vody s vysokým obsahem snadno rozložitelných organických látek a jejich využití se omezuje především na dočišťování.



Rostliny přijímají živiny především systémem kořenů ze sedimentů, jsou však schopny asimilovat i živiny z vodního sloupce. Přítomnost ponořených rostlin má za následek odčerpání rozpuštění anorganického uhlíku a zvýšení koncentrace rozpuštěného kyslíku v průběhu vysoké fotosyntetické aktivity rostlin.

Umělé mokřady s plovoucími rostlinami snášejí velké zatížení znečištěnou vodou – až 440kg BSK₅/ha*d. Využívají většinou vodní hyacint nebo rostliny z čeledi Lemnaceae (okřehkovité, např. Lemna, Spirodela, Wolffia).



Jejich hlavní nevýhodou je nízká tolerance k nízkým teplotám. Růst vodního hyacintu je značně omezen už od teplot kolem 10°C. Můžeme rozlišit dva hlavní systémy využívající plovoucích rostlin, a sice dočišťovací systémy zaměřené na odstranění živin a kombinované sekundární a terciární čištění pro odstranění organického a minerálního znečištění. Dočišťovací systémy zachycují živiny rozpuštěné ve vodě a vážou je v rostlinách formou biomasy, která je následně odstraněna pravidelným sklízením. Při kombinovaném čištění se

rozklad látek děje pomocí mikroorganismů žijících na ponořených částech těl rostlin a v tomto případě je vhodné použití aerátorů pro zvýšení množství kyslíku rozpuštěného ve vodě. Těla rostlin se v tomto případě sklízí méně často, pouze v rámci údržby systému.

I přes velkou účinnost biologického čištění v malých čistírnách je zapotřebí respektovat určitou kázeň vzhledem ke složení vypouštěné odpadní vody. Odpadní vody určené k čištění by neměly obsahovat jakékoliv látky, které zhoršují nebo dokonce znemožňují funkci čištění, protože dojde k likvidaci bakterií. Je zakázáno vypouštění zejména jedů a toxických látek, barev, ředidel, kyselin a zásad. U čisticích prostředků pak obecně platí, že chlór obsažený v prostředku má likvidační účinek na biologický proces. Desinfekční prostředky sanitární hygieny likvidují nejen viry a bakterie v domácnosti, ale spolehlivě i bakterie v čistírně a ve filtru, které zabezpečují čistící efekt. Je tedy třeba používat zejména biologicky rozložitelné a ekologické čisticí prostředky.

7.3 Předčištění odpadních vod

V případě znečištění odpadní vody látkami, které není možné podle legislativy či podmínek správce stokové sítě vypouštět do kanalizace, je nutné z odpadní vody odstranit nežádoucí látky. Jakým způsobem to bude provedeno a jaké hodnoty znečištění jsou přípustné pro vypouštění odpadní vody do stokové sítě, určí obvykle příslušný orgán při procesu schvalování projektu. Ve vyhláškách zákonů a nařízeních vlády (61/2003 Sb.) jsou dále stanoveny ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitosti povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací. Kromě norem pro samotná zařízení je třeba při návrhu dodržovat základní technické normy pro kanalizaci. V České republice chybí v současné legislativě jasné stanovení požadavků, kde se musí zařízení na předčištění umístit a kde ne. Požadavky stanovuje většinou správce kanalizace a příslušný vodoprávní úřad, což znamená však různé podmínky v různých lokalitách.

Zařízení na předčištění odpadních vod jsou obvykle realizována jako soustava jednotlivých prvků, které mají samostatnou funkci. Vzhledem k tradičně využívaným

procesům předčištění mají zařízení obvykle kalový (usazovací) prostor, prostor předčištění a výstupní kontrolní prostory.

Hlavními údaji, které charakterizují velikost a typ zařízení je přítok odpadní vody do zařízení během časové periody a různé součinitele hustot pro odpadní vody.

Materiál zařízení na předčištění je závislý zejména na velikosti zařízení a způsobu jeho uložení, zda bude uložen v objektu či mimo něj, obvykle v zemi. U menších zařízení se používají zejména plasty díky malé hmotnosti a odolnosti proti zemním vlivům. Velká zařízení, která mohou být namáhána větším mechanickým zatížením, se provádějí z oceli či železobetonových prefabrikátů.

Pro zajištění vysoké účinnosti předčištění nesmí do přívodního potrubí a samotného zařízení být přivedeny jiné odpadní vody, než pro které je technologie předčištění určena. Zejména pak splašková odpadní voda, balastní vody apod. Z tohoto důvodu je třeba znečištěné odpadní vody oddělit od ostatních odpadních vod samostatnou větví a správně určit z jakých ploch či zařizovacích předmětů bude odpadní voda do zařízení svedena.

Odlučovače lehkých kapalin

Automatické uzavírací zařízení - mechanické zařízení pracující pod vlivem akumulace lehké kapaliny v odlučovači, které zabraňuje, aby se tato kapalina rozšířila mimo odlučovač.

Jmenovitá velikost - bezrozměrné číslo odpovídající přibližně maximálnímu odtokovému průtoku z odlučovače v litrech za sekundu.

Lapák kalu - část odlučovacího zařízení, kde se usazuje materiál, jako kal, bahno a písek, a které může být odlučovací jednotkou nebo konstruované s odlučovačem jako sdružená jednotka.

Lehká kapalina - kapalina hustoty nižší nebo rovné $0,95 \text{ g/cm}^3$, prakticky nebo zcela nerozpustná a nezmýdelnitelná.

Maximální provozní hladina kapaliny v odlučovači – maximální hladina kapaliny odpovídající jmenovité velikosti a po naplnění skladovacího objemu nádrže pro lehké kapaliny.

Místo pro odběr vzorků - část odlučovacího zařízení umístěná po proudu odlučovacího procesu, kde se mohou odebírat vzorky odpadních vod odtékajících z odlučovače.

Odlučovací prostor - prostor v odlučovači, ve kterém se odlučuje lehká kapalina z odpadních vod.

Odlučovací zařízení - zařízení zahrnující odlučovač (třídy I, třídy II), lapák kalu a místo pro odběr vzorků.

Odlučovač (třída I, třída II) - část odlučovacího zařízení, která odlučuje lehkou kapalinu z odpadních vod a zadržuje lehkou kapalinu.

Odlučovač s obtokem - odlučovač vybavený zařízením, které umožňuje převedení většího průtoku odpadních vod než je maximální povolený průtok pomocí obtoku odlučovače.

Mezi lehké kapaliny z hlediska problematiky odlučování lehkých kapalin z odpadních vod patří zejména ropné látky, které se mohou vyskytnout v odpadní vodě vypouštěné z různých provozů nebo z ploch zatížených tímto znečištěním. Obvykle se jedná o oleje a paliva (benzín, nafta) z provozů s přítomností automobilů a větší parkoviště s velkým provozním zatížením. Typické provozy a plochy, kde dochází ke znečištění jsou:

- čerpací stanice pohonných hmot,
- mytí a čištění vozidel výrobní,
- výrobní produktů z minerálních olejů,
- parkovací garáže,
- čerpací stanice a motoresty na veřejných komunikacích
- parkoviště kamiónů, autobusů a vojenských vozidel.

Evropské normy a také většina evropských států uznává pro hodnocení znečištění odpadní vody volnými ropnými látkami hodnotu NEL (nerozpuštěné extrahovatelné látky) v mg/l. V odpadní vodě se vyskytují obvykle i volné nerozpuštěné látky (NL), které se odstraňují sedimentací.

Ropné látky, které je nutno z odpadní vody odstranit, tvoří uhlovodíky a jejich směsi. K čištění takto znečištěných vod se používají mechanické, chemické,

biologické a speciální způsoby. ČSN EN 858-1 a 2 stanovuje pravidla pro odlučovače lehkých kapalin, kde jsou lehké kapaliny odlučovány z odpadních vod gravitací anebo shlukováním. Odlučovače jsou rozděleny do dvou tříd podle způsobu odloučení (tab. 7.3.1).

Třída	Maximálně přípustný obsah zbytkového oleje ^{a)} mg/l	Typický odlučovací postup (na příklad)
I	5,0	Koalescenční odlučovače
II	100	Gravitační odlučovače

tab 7.3.1 – třídy odlučovačů podle přípustného obsahu znečištění

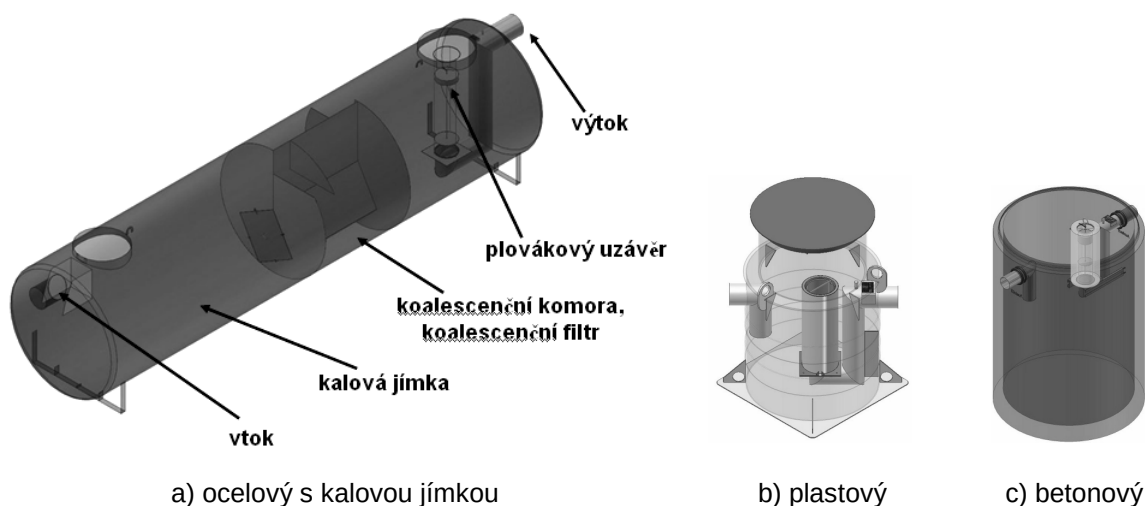
Gravitační způsob odloučení využívá rozdíl hustoty ropných látek a vody. Tento způsob se používá v případě znečištění, kde odpadní vody nevytváří stabilní emulze a nejsou vysoké požadavky na obsah NEL. Gravitačně se odlučuje jednak znečištění, které je těžší než voda a to klesá ke dnu odlučovače. V případě, že je znečištění lehčí než voda, látky zůstávají na hladině a jsou zadrženy nornými stěnami.

Pokud jsou požadavky na obsah NEL na výstupu z odlučovače v hodnotách pod 5 mg/l, používá se k odloučení princip koalescence. Princip koalescence je v ukládání malých částecek kapalin na koalescenční materiál, ke kterému dochází v důsledku působení povrchového napětí a přitažlivosti částecek kapalin. V důsledku kumulace těchto částic dochází k jejich spojování a nárůstu jejich velikosti, čímž dochází ke zvyšování sil, které vynášejí částice kapaliny ke hladině a jsou opět zadrženy nornými stěnami.

V případě, že jsou požadovány hodnoty NEL na výstupu pod hranicí 2 mg/l, využívá se principu sorpčního odlučování lehkých kapalin. Průchodem čištěné vody vláknitým materiálem dochází na povrchu tohoto materiálu k adsorpci lehkých ropných kapalin. Hlavním prvkem odlučovače je tedy sorpční vložka, kde dochází ke shlukování a odlučování jemně rozptýlených částic ropných látek a jejich shromažďování na hladině.

Odlučovací zařízení je obvykle složeno s lapáku kalu, samotného odlučovače a místa pro odběr vzorků (obr. 7.3.2). Všechny části odlučovacího zařízení včetně

vstupních a výstupních zón lapáku kalu a odlučovače musí být přístupné pro údržbu a kontrolu. Šachtové nástavce a vstupní otvory musí umožnit stažení lehkých kapalin a jakýchkoliv usazenin. Na vstupu a na výstupu je nutné odlučovač vybavit vodním uzávěrem. Hloubka vodního uzávěru musí být minimálně 100 mm. Je-li odlučovač kombinován s lapákem kalu, vodní uzávěr na vstupu může být umístěn buď na lapáku kalu nebo na odlučovači. Odlučovací zařízení by měla být vybavena automatickými uzavíracími zařízeními, která musí být ovládána pomocí nahromaděné lehké kapaliny. Přitom je nutno brát v úvahu změny průtoku. Maximální průtok odlučovačem je dán jeho jmenovitou velikostí a nesmí být překročen. V případě většího průtoku odpadních vod mohou být odlučovače vybaveny obtokovými zařízeními pro případ přívalových dešťů.



obr 7.3.2 – koalescenční odlučovač s kalovou jímkou (výrobce Hauraton)

Při navrhování odlučovačů lehkých kapalin se vychází z druhu a množství kapalin určených k čištění.

Přitom je třeba zohlednit:

- maximální odtok dešťových vod,
- maximální odtok znečištěných odpadních vod,
- součinitel hustoty lehkých kapalin,
- přítomnost látek, které mohou znesnadňovat odlučovací proces vyjádřený přítěžujícím součinitelem.

Jmenovitá velikost odlučovače (NS) se vypočítá dle:

$$NS = (Q_r + f_x \cdot Q_s) \cdot f_d \quad [l/s]$$

NS jmenovitá velikost odlučovače

Q_r maximální odtok dešťových vod v [l/s]

Q_s maximální odtok odpadních vod v [l/s]

f_d součinitel hustoty pro příslušnou lehkou kapalinu

f_x přitěžující součinitel v závislosti na druhu odtoku

Přitěžující součinitel f_x zohledňuje nepříznivé podmínky pro odlučování, např. přítomnost detergentů v odpadních vodách. Doporučované minimální přitěžující součinitele jsou uvedeny v tabulce 7.3.3.

Účel použití podle 4.1	Minimální přitěžující součinitel f_x
odstavec a)	2
odstavec b)	bezvýznamný, protože $Q_s = 0$ (pouze dešťové vody)
odstavec c)	1

Tab. 7.3.3 - minimální přitěžující součinitele f_x

- a) čištění průmyslových odpadních vod z průmyslových provozů, z mycích linek automobilů, z čištění zaolejovaných součástí či jiného původu, např. čerpací stanice pohonných hmot
- b) čištění dešťových vod (dešťového odtoku) znečištěných(-ho) olejem z nepropustných ploch, např. parkovišť pozemních komunikací a ploch ve výrobních závodech
- c) ochraně okolních ploch před nekontrolovaným odtokem lehkých kapalin

Pro účel použití podle odstavce b) závisí jmenovitá velikost odlučovače na druhu jeho konstrukce, na množství srážek a zachytné ploše srážek (povodí), odvodňované do odlučovače. Množství dešťových vod z odvodňovaných ploch se vypočítá podle dle intenzity dešťových srážek v lokalitě dle dešťoměrných údajů. Výpočtový průtok se stanovuje obvykle z vydatnosti deště odpovídající hodnotám 100 až 300 l/(s.ha) s periodicitou opakování 2 roky (např. Praha 164 l/s).

V závislosti na použití různých sestav částí odlučovacího zařízení je třeba zohlednit rozdíly hustot lehkých kapalin pomocí příslušného součinitele hustoty f_d podle tabulky 7.3.4.

Hustota (měrná hmotnost) g/cm ³	do 0,85	od 0,85 do 0,90	od 0,90 do 0,95
Kombinace sestavy	součinitel hustoty f_d		
S-II-P	1	2	3
S-I-P	1 ^{a)}	1,5 ^{a)}	2 ^{a)}
S-II-I-P	1 ^{b)}	1 ^{b)}	1 ^{b)}
^{a)} Pro odlučovače třídy I, provozované pouze jako gravitační, se použije součinitel hustoty f_d pro třídu II.			
^{b)} Pro odlučovače třídy I a II.			

tabulka obr 7.3.4 – součinitel hustoty f_d

Označení kombinace sestavy v tabulce 7.3.4 pro určení součinitele hustoty je dána jednotlivými částmi odlučovacího zařízení :

- S lapák kalu
- I odlučovač třídy I (Ib – s obtokem) NEL < 5 mg/l
- II odlučovač třídy II (IIb – s obtokem) NEL < 100 mg/l
- P šachta pro odběr vzorků

Lapače tuku

Tuky - látky rostlinného nebo živočišného původu, s měrnou hmotností nižší než 0,95 g/cm³, které jsou zmýdelnitelné a částečně nebo zcela ve vodě nerozpustné.

Lapák tuku - zařízení k odlučování tuku z odpadních vod a k zachycování odloučeného tuku v tomto zařízení (obr. 7.3.5).

Tuky nejsou prioritně problematikou zátěže životního prostředí, ale spíše znečištění kanalizace. Po ochlazení tuků v potrubí stokové sítě vznikají hrudky, které se postupně nabalují a zachycují do sebe další příměsi. Tuky snadno přilnou na stěny potrubí a snižují tak jeho kapacitu. Ucpávají čerpadla v čerpacích stanicích na kanalizaci a obalují sondy, které ovládají chod čerpadel. Tuky se v kanalizaci také částečně rozkládají, vznikají mastné kyseliny a ty zvyšují korozi stěn kanálů a

potrubí. V extrémních případech dojde k úplnému ucpání kanalizace. Následné čištění kanalizace tlakovými vozy, které materiál rozplaví nebo kombinovanými tlakovými vozy, které materiál včetně tuků zachytí je poměrně problematická a nákladná záležitost.

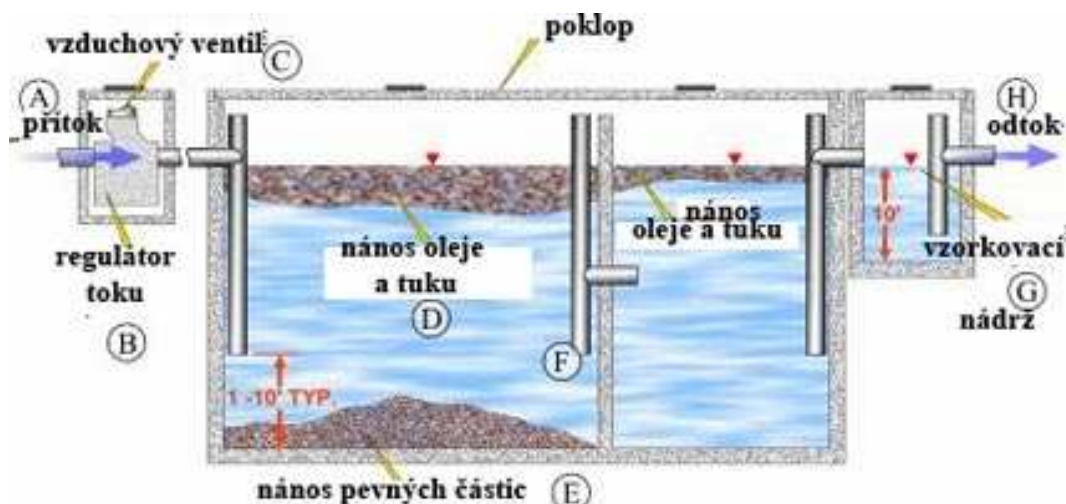
Všude tam, kde hrozí odtok většího množství vod znečištěných tukem do kanalizace odlučovače tuků slouží jako způsob předčištění odpadních vod u „zdroje znečištění“ před vypuštěním do kanalizace. Nutnost osazení lapáků tuků vyplývá z legislativy a zejména požadavků správců sítí a vodohospodářských úřadů. Lapáky tuků se používají v případě, kdy je nutné odstranit tuky a oleje rostlinného a živočišného původu v oblasti služeb nebo v průmyslových provozech, například :

- v oblasti veřejného stravování ve velkokapacitních kuchyních (restaurace, hotely, kantýny, motoresty)
- v řeznictvích s porážkou nebo bez porážky
- ve velkých provozech na zpracování masa s porážkou nebo bez porážky
- v jatkách, na porážkách drůbeže
- v závodech pro zpracování rostlinného oleje
- v závodech pro výrobu margarínu
- ve výrobnách jídel pro rychlé občerstvení apod.

Kanalizační řád nezakazuje vypouštět vodu s tuky z domácností, nicméně povolené koncentrace tuků ve vypouštěné splaškové vodě jsou tak nízké, že z nich vyplývá zákaz vylévání tuků do odpadů. Oleje a tuky z domácností patří do komunálního odpadu.

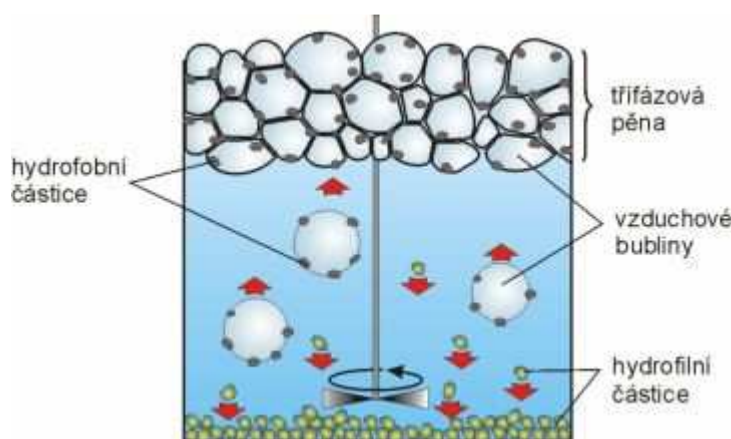
Lapače tuku fungují na principu gravitačního odloučení tuků a olejů od odpadní vody, která má větší hustotu než tuky. Aby bylo dosaženo jejich vysoké účinnosti, je třeba v nich vytvořit takový prostor, jaký při snížení vtokové rychlosti v dostatečně velkém prostoru umožní odloučit tuky od vody a soustředit je ve vyhrazeném prostoru, z něhož jsou odčerpávány. Voda s obsahem tuku a nerozpuštěných látek natéká do kalového prostoru, kde se usadí hrubé nečistoty. Splašková voda pak přepadá přes do usazovacího prostoru, kde dochází ke gravitačnímu odloučení tuku u hladiny. Tuková vrstva se buď mechanicky odebírá přímo z hladiny, nebo se může přecerpat. Předčištěná voda pak odtéká do prostoru pro odebírání vzorků a dále do výtoku napojeného na kanalizaci. Odlučovač je

odvětrán trubkou vyústěnou nad hladinou, na kterou je nutno napojit odvětrávací potrubí.



obr. 7.3.5 lapač tuku

V případě většího množství znečištěné odpadní vody a větší účinnosti odloučení tuků se používá flotace (obr. 7.3.6). Flotace je technologický postup využívající rozdílnou smáčivost jemných materiálů k jejich oddělování. Do prostoru,



obr 7.3.6 – znázornění principu flotace

kde dochází k flotaci, se vhání vzduch ve formě jemných bublin. Částice s hydrofobním povrchem ulpívají na vzduchových bublinách, které je unášejí na hladinu. Zde se shromažďují ve formě pěny, která se mechanicky odstraňuje. K částicím s hydrofilním povrchem, dobře

vodou smáčeným, vzduchové bublinky nepřilnou, takže sedimentují a vytvářejí na dně flotační odpad.

Lapače tuku jsou umísťovány v budově nebo před budovou pod terénem. V budově je velmi důležitá možnost kontroly lapače tuku, bezproblémový provoz, ale

jejich velkou nevýhodou je nepříjemný zápach a problematická manipulace se zachycenými látkami uvnitř budovy.

Všechny části lapáků tuku musí být přístupné pro kontrolu, zkoušení, údržbu a odstraňování překážek, tuků a usazenin. Lapáky tuku o jmenovité velikosti $\geq$ NS 4 musí mít nejméně jeden vstupní otvor. Minimální jmenovité světlosti DN_{min} vtoků a výtoků, a v případě potřeby propojů mezi kalovým prostorem a prostorem pro odlučování tuku, jsou uvedeny v tabulce 7.3.7 a musí být kompatibilní se standardním trubním systémem.

Jmenovité velikosti NS	DN_{min} ^{a)}
Menší než NS 4, včetně	100
Větší než NS 4 do NS 7, včetně	125
Větší než NS 7 do NS 10, včetně	150
Větší než NS 10 do NS 25, včetně	200
^{a)} Jmenovitá světlost trub se může vztahovat na jejich vnitřní nebo vnější průměr.	

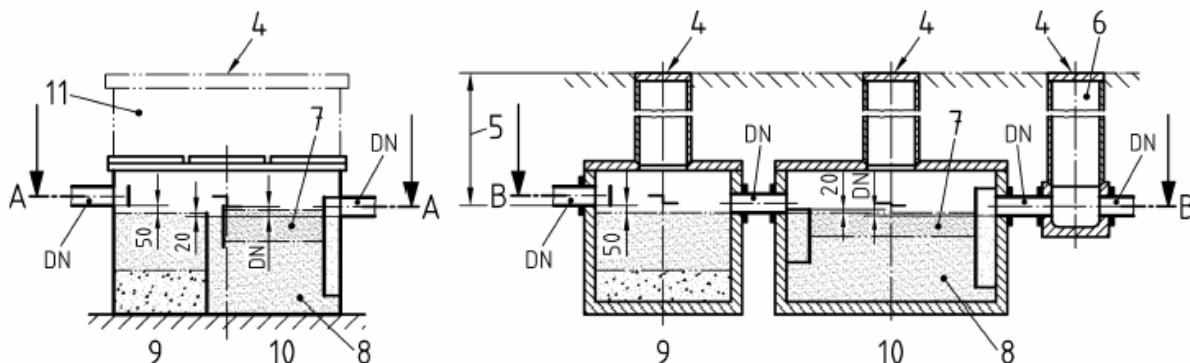
tabulka 7.3.7 - Minimální jmenovité světlosti trub D_{min}

Skladovací objem prostoru pro zachycování tuku musí být minimálně 40 x NS v litrech. Prostor pro zachycování tuku musí být dostatečně vysoký, aby umožnil maximální skladovací objem zachycovaného tuku. Lapák tuku musí být vyroben tak, aby bylo možné větrání mezi přítokem a výtokem. Průřezová plocha větrání musí odpovídat nejméně průřezové ploše přítoku. Odpadní vody musí být svedeny do prostoru pro odlučování tuku přes kalový prostor.

Určení jmenovité světlosti lapáku tuku lze učinit zkušebním postupem a následnou analýzou vzorků dle ČSN EN 1825-1, přičemž koncentrace uhlovodíku nesmí být větší než 25 mg/l. Minimální hodnoty pro uvedení jmenovité světlosti jsou uvedeny v tabulce 7.3.8 a na obrázku 7.3.9.

Jmenovitá velikost NS	Minimální povrchová plocha zóny odlučování tuku m^2	Minimální objem zóny odlučování tuku m^3	Minimální objem prostoru pro zachycování tuku m^3
NS	$0,25 \times NS$	$0,24 \times NS$	$0,04 \times NS$

tabulka 7.3.8 - Hlavní rozměry prostoru pro odlučování tuku pro $NS \geq 2$



7 – prostor pro zachycování tuku, 8 – zóna odlučování tuku, 9 – kalový prostor, 10 – prostor pro odlučování tuku

obr. 7.3.9 Minimální hodnoty pro uvedení jmenovité světlosti

Při stanovování parametrů lapačů tuků se vychází z požadavků kanalizačních řádů. U mechanických lapáků jsou u dobře fungujících a udržovaných lapáků hodnoty na odtoku zpravidla kolem 200 mg/l EL. Požadavky na další ukazatele jsou diskutabilní, protože zařízení není určeno a ani navrhováno z hlediska dalších ukazatelů. Obecně se dá říci, že se zde zachytí podstatná část nerozpuštěných látek (až 80%), a tím dojde i ke snížení ukazatele CHSK a BSK (zpravidla do 30%).

Návrh velikosti lapače tuku

Velikost lapače závisí hlavně na průtoku odpadní vody s tukem a na dalších vlivech, které se ve výpočtu projevují prostřednictvím součinitelů. Průtok lapačem tuku v l/s charakterizuje jeho velikost, přičemž danému průtoku musí odpovídat užitečný objem prostoru vlastního lapače a užitečný objem prostoru na usazování mastného kalu.

Při návrhu je třeba zohlednit:

- maximální průtok odpadních vod,
- maximální teplotu odpadních vod,
- hustotu odlučovaného oleje či tuku,
- vliv čisticích a oplachových prostředků.

Jmenovitá velikost odlučovače (NS) se vypočítá dle:

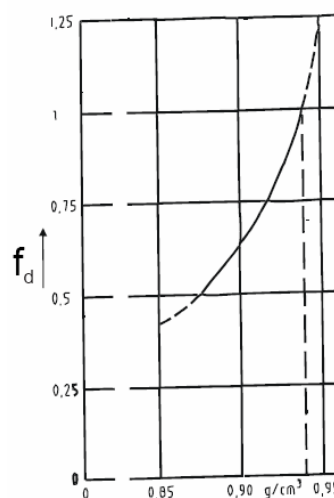
$$NS = Q_s \cdot f_d \cdot f_t \cdot f_r \quad [l/s]$$

- NS jmenovitý rozměr lapáku
- Q_s maximální odtok odpadních vod v [l/s]
- f_d součinitel hustoty stanovený pro příslušné tuky a oleje
- f_t součinitel zohledňující závislost na teplotě přítoku
- f_r součinitel zohledňující vliv čisticích a oplachových prostředků

Maximální průtok odpadních vod Q_s se zjišťuje:

- měřením
- výpočtem na základě vybavení kuchyňského provozu
- výpočtem podle povahy provozu
- ve specifických případech speciálním výpočtem

Pro odpadní vody z kuchyní, jatek a z provozů pro zpracování masa a ryb se obvykle používá součinitel hustoty $f_d = 1,0$. Pokud je charakter tuku/oleje dobře znám, použije se součinitel hustoty z obrázku 7.3.10, kde je hodnota f_d znázorněna pro řadu různých hustot tuku a oleje. Pro hustotu tuku/oleje $> 0,94 \text{ g/cm}^3$ se používá $f_d = 1,5$. Hustoty různých tuků a olejů jsou uvedeny v příloze B ČSN EN 1825-2.



obrázek 7.3.10 - Závislost mezi součinitelem f_d a hustotou

Vyšší teplota odpadních vod snižuje účinnost lapáků tuku. Součinitelé teploty f_t jsou uvedeny v tabulce 7.3.11.

Teplota odpadních vod na přítoku °C	Součinitel teploty f_t
≤ 60	1,0
vždy nebo někdy > 60	1,3

tabulka 7.3.11 - Součinitel teploty f_t

Pokud se používají čisticí prostředky, je třeba dbát na jejich vhodnou volbu. Pokud je to možné, neměly by oslabovat odlučovací schopnosti a tvořit stabilní emulze. Součinitel f_t se volí podle tabulky 7.3.12.

Používání čisticích a oplachových prostředků	Součinitel f_t
nikdy	1,0
příležitostně nebo stále	1,3
ve zvláštních případech, např. v nemocnicích	$\geq 1,5$

tabulka 7.3.12 - Součinitel f_r zohledňující vliv čisticích a oplachových prostředků

Do lapáků tuku mohou být přiváděny jen odpadní vody znečištěné tuky a oleji organického původu. Do lapáků tuku nesmí být přiváděny odpadní vody obsahující fekálie, dešťové vody a odpadní vody obsahující lehké kapaliny, např. tuky nebo oleje minerálního původu. Potrubí na straně přítoku a odtoku, připojená k lapáku tuku, musí být odpovídajícím způsobem větrána. Za tímto účelem se přítokové potrubí větrá hlavním větracím potrubím, přičemž samostatně větráno musí být každé připojovací potrubí delší než 5 m. Pokud má přítokové potrubí délku větší než 10 m a nejsou na něj připojena žádná samostatně větraná připojovací potrubí, musí se opatřit dodatečným větracím potrubím, umístěným co nejbližší lapáku tuku. Přítokové potrubí musí mít minimální sklon 2%, aby se zabránilo usazování tuku. Pokud to z důvodu stavebního anebo provozního není možné anebo je vyžadováno delší potrubí, je nutno přijmout účinná opatření s cílem zabránit usazování a rozkládání tuku.

7.4 Decentrální čištění odpadních vod

Decentralizovaný systém nakládání s odpadními vodami

Současný způsob nakládání s odpadními vodami je u nás v drtivé většině založen na centrálním způsobu odvodu odpadních vod na čistírnu a to jen v případě, kdy je čistírna a kanalizační síť k dispozici. Tato situace se postupně lepší díky

masivním dotačním programům, nicméně v lokalitách, kde ještě není možné napojení na kanalizaci a čistírnu je situace taková, že se většina odpadních vod prostě „ztrácí“ v nejbližším recipientu nebo v podloží. Pouhá akumulace odpadních vod není dlouhodobě vhodným řešením, jak ekonomickým, tak ekologickým.

V dnešní době se stále více skloňuje pojem „udržitelnost“ ve všech oblastech našeho života. V oblasti odpadních vod se jedná o pojem „udržitelná sanitace“. Obecně je to ekonomický a k životnímu prostředí šetrnější přístup k sanitaci. Zahrnuje nakládání a čištění odpadních vod, kontrolu bacilonosičů a další aktivity směřující k prevenci vůči nemocem. Udržitelná sanitace je založena na principu recyklování, tedy na realizaci recyklačního procesu orientovaného na tok materiálu jako alternativě k běžným řešením. Za ideálních podmínek budou systémy udržitelné sanitace umožňovat kompletní znovunabytí všech nutrientů ze splaškových odpadních vod pro jejich další aplikaci v zemědělství, minimalizaci znečištění vody, a získání vody zejména pro zavlažovací účely. Což zároveň znamená, že jen minimum nutrientů bude vypouštěno do vod povrchových, čímž by se měla zlepšit jejich kvalita.

Decentralizovaný způsob nakládání s odpadními vodami počítá s dělením odpadních vod již v jednotlivých objektech (skupinách objektů) a v maximální míře se snaží využít recyklaci odpadní vody. Tento systém je možné použít právě tam, kde není ekonomicky ani technicky (a tudíž i ekologicky) možné nebo vhodné budovat kanalizační stokovou síť a centrální čistírnu. Pro decentralizovaný způsob nakládání s odpadními vodami se používá pojem DESAR (Decentralised sanitation and reuse).

Decentralizované systémy udržují pevnou látku i kapalné frakce z odpadní vody blízko místa jejich vzniku, čímž umožňují zkrácení a uzavření vodního cyklu v domácnostech, a tím úspory pitné vody. Bude-li se nakládat a hospodařit s jednotlivými druhy odpadních vod odděleně, je možné je snadno proměnit v přírodní hnojivo a zároveň předejít šíření choroboplodných zárodků z odpadních vod a zbytečnému znečišťování vod a půdy.

Systém Desar používá celou škálu řešení a to od systémů blízkých přírodním podmínkám, jako jsou biologické rybníky, různé vertikální a horizontální filtrace a vegetační způsoby čištění, přes „miniverze“ technologií normálně používaných ve velkých centralizovaných čistírnách, až po speciální technologie jako jsou

membránové procesy. Na úrovni domácností je základem dělení vod viz obr. 7.4.1. na černou, hnědou, žlutou a šedou vodu. Přičemž hnědá, černá a žlutá jsou nositeli živin a energie. Šedá je pak voda méně zatížená znečištěním, a protože je jí největší množství, logicky se nabízí především její recyklace.



obr. 7.4.1 – dělení odpadní vody z domácností

Šedé vody můžou být rozdělené do několika skupin (tab. 7.4.2), zejména dle zdroje :

Zdroj vody	Charakteristika
Prádelna	Mikrobiologicky: proměnlivá tepelná odolnost na bakterie Chemicky: sodík, fosfát, bór, detergenty, amoniak a dusík z pracích prášků Fyzikálně: vysoké hodnoty nerozpuštěných látek, prach a zákal Biologicky: vysoké hodnoty biochemické spotřeby kyslíku
Koupelna	Mikrobiologicky: nižší tepelná odolnost na bakterie Chemicky: mýdlo, šampon, barva na vlasy, zubní pasta a čistící prostředky Fyzikálně: vysoké hodnoty nerozpuštěných látek, chlupy a zákal Biologicky: nižší hodnoty biochemické spotřeby kyslíku
Kuchyně	Mikrobiologicky: proměnlivá tepelná odolnost na bakterie Chemicky: detergenty, čistící prostředky Fyzikálně: částí potravin, olej, tuk a zákal Biologicky: vysoké hodnoty biochemické spotřeby kyslíku

tab. 7.4.2 – charakteristiky šedé vody dle zdroje

Hlavním zdrojem znečištění (těžké kovy a xenobiotické znečištění) jsou chemické produkty jako detergenty z prádelen, šampony, mýdla, zubní pasty a rozpouštědla.

Oddělení a využití žluté a šedé vody se může provést v podobě separace a stabilizace ve speciálních nádržích a poté využití jako hnojiva.

Decentralizované zneškodňování odpadních vod se stává alternativou centralizovaného čištění, které v mnoha případech není optimální variantou nejen z ekonomického, ale i z ekologického pohledu. Základní ideou je netradiční zacházení a nakládání s odpadní vodou - jako s cennou surovinou, již lze optimálně využít a zpracovat v místě jejího vzniku.

7.5 Zpětné využití dešťových odpadních vod

Zpětné využití dešťové vody spolu s jejím zachováním může pomoci konzervovat a trvale udržovat naše současné zdroje vody. To znamená, že tato problematika úzce souvisí se stále více skloňovaným pojmem „trvale udržitelný rozvoj“. S růstem požadavků na vodu, zvyšováním ceny za její úpravu a celkovým pozdvižením environmentálních potřeb společnosti hraje zpětné využití dešťové vody stále důležitější úlohu v celkovém zásobování vodou.

Kromě tohoto spíše globálního důvodu je zpětné využití dešťové vody výhodné zejména z lokálního hlediska vzhledem k existujícím problémům s likvidací dešťové vody ze zpevněných ploch. Velkým problémem městské zástavby je udržení příjemného mikroklimatu zejména v letním období. Zastavěné plochy zabraňují doplňování zásob podzemní vody, protože je dešťová voda obvykle svedena kanalizačním systémem do recipientu. Avšak právě tento způsob nakládání s dešťovou vodou je v současné době problematický. Díky obrovskému tempu výstavby nových objektů a stávající stokové síti, která se zřizovala jako jednotná, dochází k přetížení kmenových stok. Ty poté nemohou dostatečně rychle převést potřebné množství spadlých dešťových vod do koryt recipientů. Tam vzniká v podstatě další problém, a to je riziko případných záplav. Rekonstrukce kanalizační sítě či meliorace koryt recipientů je ekonomicky velmi nákladná a někdy i technicky nemožná.

Srážkové vody jsou definovány jako povrchová voda, která vzniká dopadem atmosférických srážek, ale je velmi obtížné definovat, kdy se ještě jedná o vodu srážkovou a kdy už o vodu odpadní, tedy již nějak znečištěnou. Vodní zákon upravuje srážkové vody z dešťových oddělovačů a srážkové vody z komunikací (pokud jsou odloučeny ropné látky) tak, že se jedná o vody srážkové, tj. nikoli odpadní, ale povrchové.

Pokud se budeme na tuto problematiku dívat z pohledu vývoje legislativy, tak nastal v posledních letech poměrně výrazný posun v pohledu na likvidaci dešťových vod a ukládá v souvislosti se stavební činností povinnosti a zároveň některá doporučení. Odvod srážkových vod je v současné době zakotven jak ve vodním zákoně, tak v prováděcích vyhláškách ke stavebnímu zákonu. Je zde řečeno, že při provádění staveb (dle stavebního zákona) nebo jejich změn jsou stavebníci povinni podle charakteru a účelu užívání těchto staveb zabezpečit kromě zásobování vodou také odvádění, čištění, popřípadě jiné zneškodňování odpadních vod. Dále pak zajistit v souladu s tímto zákonem vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby v souladu se stavebním zákonem. Stavební úřad nesmí bez splnění těchto podmínek vydat stavební povolení nebo rozhodnutí o dodatečném povolení stavby nebo rozhodnutí o povolení změn stavby před jejím dokončením, popřípadě kolaudační souhlas ani rozhodnutí o změně užívání stavby.

Prováděcí vyhláška ke stavebnímu zákonu o vymezení území stanovuje, že stavební pozemek lze vymežit pouze, je-li vyřešeno zneškodňování srážkových vod, a to podle následujících principů (řazeno od doporučeného způsobu k méně vhodným způsobům likvidace):

- Vsakování,
- retence a zadržení na pozemku,
- zadržení a regulované odvádění do povrchových vod,
- odvádění jednotnou kanalizací.

Jak lze tedy pozorovat, je zde výrazný odklon od odvádění dešťové odpadní vody jak do recipientu, tak zejména do kanalizace. To dále souvisí s faktem, že

mísení dešťové odpadní vody se splaškovou v jednotné kanalizaci není žádoucí. Nařazení splaškové odpadní vody znamená obvykle snížení účinnosti jejího čištění v čistírně odpadních vod, ale zejména pak problém s množstvím odpadní vody, na které se musí čistírna případně dimenzovat. Souvisí to pochopitelně vše s existencí stokových sítí.

Kromě výše uvedených souvislostí se lze na využití dešťových vod dívat i z pohledu ekonomického. Vzrůstající cena vody je mimo jiné dána vyššími náklady na její čištění a likvidaci. Kromě toho v mnoha oblastech klesá hladina spodních vod. Celkové zásoby pitné vody se tak snižují a to ve středně dlouhém časovém horizontu znamená pravděpodobně růst ceny vody.

Kvalita dešťové vody

Dešťová voda z atmosférických srážek (tedy dešťových mraků) by měla být v podstatě vodou bez rozpuštěných látek, tedy vodou destilovanou. Při prostupu vody atmosférou však dochází ke kontaktu této vody s různými chemickými látkami. Během deště dochází k vymývání látkového znečištění ve vzduchu a tím k čištění atmosféry. Dešťová voda je znečištěna především zplodinami v atmosféře a dále na sebe váže také CO_2 obsažené ve vzduchu. V atmosféře převažuje spíše kyselé prostředí, což je dáno sloučeninami síry a dusíku, jež jsou produktem spalování fosilních paliv.

Znečištění, které srážková voda pojme až po dopadu na povrch, je dáno prostředím, na které dopadá. Dešťová voda odtékající ze střechy objektu obsahuje vysoký podíl rozpuštěných kyslíčků (CO_2 a SO_2) a proměnlivý podíl organických látek (pyl, klacíky, listí, ptačí trus, prach, choroboplodné zárodky) (obr. 7.7.1). Podle druhu povrchu se může ve vodě vyskytovat zejména „stavební“ znečištění, které je dáno degradací povrchu stavební konstrukce (krytina, beton, kovy, barvy, asfalt, sklo, apod.).

Mezi znečištění již zachycené dešťové vody patří:

- rozpuštěné a nerozpuštěné látky v atmosférických srážkách,
- znečištění, které se během bezdeštného období nahromadí na povrchu území a během dešťové události je odváděno s dešťovou vodou,

- znečištění, které vzniká při kontaktu dešťové vody s materiály na povrchu území.

Kvalita srážkové vody z hlediska jejího možného použití byla důkladně zkoumána v zemích západní Evropy a z různých výzkumů vyplývají následující zjištění:

- chemické znečištění srážkové vody leží vesměs v hranicích limitů pro jakost pitné vody,
- může docházet k částečnému primárnímu mikrobiologickému znečištění srážkové vody fekálními a koliformními bakteriemi,
- může docházet k částečnému sekundárnímu mikrobiologickému znečištění srážkové vody množením bakterií při akumulaci srážkové vody.

Druh znečištění	Požadavky na složení dešťové vody ze střech			
	Závlahy	Úklid	WC	Praní prádla
Nerozpuštěné látky	Inertní NL jsou neškodné	Při vyšších koncentracích nevhodné	Zpravidla bez významu	Zpravidla nutná úprava (filtrace)
Organické látky	Inertní a lehce odbouratelné jsou neškodné	Zpravidla bez významu		V obvyklých koncentracích bez významu
Těžké kovy	Nebezpečí akumulace v půdní vrstvě			
Pesticidy	Ohrožení rostlin a půdních organismů			
Mikroorganismy	Zpravidla bez významného vlivu		Zpravidla bez významného vlivu	Zpravidla bez významného vlivu
Barva			Zpravidla bez významu	Nebezpečí obarvení
Zápach				Zpravidla bez významu
Agresivita vody				Podle složení vody a typu pračky

Celkové posouzení	Dešťová voda ze střech je často mnohem vhodnější než pitná voda	Použití zpravidla bez omezení	Použití zpravidla bez omezení	V případě nadbytku dešťové vody a v kombinaci s pitnou vodou pro poslední fázi pracího procesu
Tab 7.7.1 Požadavky na látkové složení dešťové vody z hlediska způsobů užívání				

Při stanovení velikosti znečištění v dešťovém odtoku je významná délka bezdeštného období, intenzita atmosférických srážek a objem dešťového odtoku. Téměř veškeré látkové znečištění, které se vyskytuje v dešťovém odtoku, vykazuje na začátku odtoku vyšší koncentrace než v jeho dalším průběhu (tzv. efekt "prvního splachu"). Je to způsobeno vyplavením atmosférického znečištění na začátku deště, mobilizací suché depozice a také produkty vytvořené koroze od posledního deště. Oddělení prvního splachu (přibližně první 1-3 mm deště) vede zpravidla k podstatnému snížení látkového zatížení v zachycené dešťové vodě.

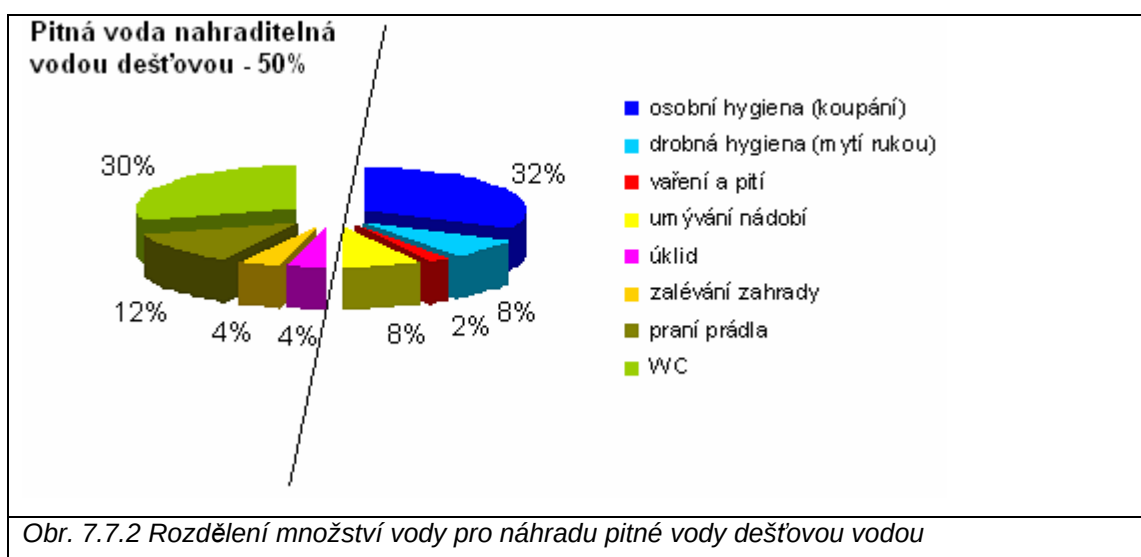
Na základě výše uvedených zjištění jsou stanoveny závěry pro používání srážkových vod:

- kvalita srážkových vod je naprosto vyhovující pro splachování WC,
- praní prádla ve srážkové vodě nepřináší žádné větší zdravotní riziko než praní ve vodě pitné (bylo zjištěno, že počet zárodků mikroorganismů v prádle praném v srážkové vodě je stejně omezený jako ve vodě pitné),
- některé materiály střešních krytin mohou způsobit chemické znečištění srážkové vody, a nejsou proto pro zachycování srážkové vody vhodné nebo je třeba předčištění (eternit, měď, zinek, nátěry s pesticidy apod.),
- vzhledem k možnému primárnímu mikrobiologickému znečištění se nedoporučuje využívání srážkové vody v oblastech s velkou prašností, vedle velkých komunikací a v oblasti s velkým počtem holubů (trus),
- je nutné na minimum omezit možnost požití srážkové vody (zejména u dětí).

Možné způsoby využití dešťové vody

Pro výběr řešení využití dešťové vody je třeba určit, k jakému účelu bude voda využívána. V závislosti na tomto rozhodnutí je třeba vybrat vhodné technické řešení, které ovlivní hospodaření s dešťovou vodou v objektu, ať už s pohledu množství jejího využití, volby systému a jeho následné údržby, či finanční náročnosti samotné investice.

Průměrná spotřeba pitné vody na jednoho obyvatele v bytové výstavbě činí přes 100 litrů vody denně. Na přibližně 50% této spotřeby není nutné používat pitnou vodu (obr. 7.7.2).



V různých částech domácnosti nejsou nároky kladené na kvalitu vody vždy stejné. Tam, kde přicházíme s vodou osobně do styku (vaření, pití - 4 l/(os.den), mytí nádobí 8 l/(os.den), tělesná hygiena 46 l/(os.den),) musí být podle legislativy používána voda pitná, ovšem při jiném použití (praní 16 l/(os.den), splachování 40 l/(os.den), zalévání 7 l/(os.den), údržba 4 l/(os.den)) lze s výhodou využít vodu dešťovou. Spotřeba dešťové vody závisí zejména na tom, kde bude dešťová voda využívána a kolika osobami.

Dešťová voda proto může být použita jako náhrada pro:

- splachování WC,
- praní prádla,
- úklid objektu,
- zalévání zahrady.

Přestože není srážková voda obecně zdravotně závadná, není možné ji použít k:

- umývání nádobí,
- vaření a pití,
- osobní hygieně.

Zavlažování a úklid

Zalévat zahradu pitnou vodou není vhodné zejména kvůli jejímu chemickému složení. Dešťová voda je chudá na soli, proto nedochází k zasolování půdy a navíc neobsahuje na rozdíl od pitné vody chlor. Z hlediska ekonomického a zejména ekologického je zavlažování pitnou vodou nesmysl.

Využití pitné pro úklid budov je dáno obvykle potřebou vyšší teploty, což zajišťujeme přípravou teplé vody, kde používáme výhradně vodu pitnou. Nahrazení této oblasti dešťovou vodou však není klíčová záležitost, protože v celkové spotřebě vody je množství vody pro úklid poměrně zanedbatelné. Jiná situace je však využití dešťové vody pro úklid venkovních ploch, mytí automobilů apod., kde si potřebnou teplotu připravují již tato zařízení. Zde je tedy prostor pro úsporu pitné vody.

Praní

Složení vody pro praní má výrazný vliv jak na spotřebu čisticích prostředků, tak zejména na životnost zařízení. Největší roli zde hraje tvrdost vody, tedy celkový obsah solí vápníku a hořčíku. V lokalitách, kde je v pitné vodě vyšší podíl železa, manganu apod., je velký problém se zanášením jak systému vnitřního vodovodu, tak armatur a zařízení, které pitnou vodu používají, tedy i pračky. Při použití dešťové vody na praní se příznivě projeví její „měkkost“, která podstatně lépe rozpouští prací prášky, čímž sníží jejich spotřebu a nemá tendenci se usazovat a tvořit vodní kámen.

Využití dešťové vody pro praní souvisí i s vývojem spotřebičů, které mohou díky své inteligenci pracovat se dvěma oddělenými přípojkami na vodu, pitnou a dešťovou. Pračky jsou schopny řídit proces praní tak, že při předpírce, hlavním praní a prvním máchání využívají právě dešťovou vodu, a při posledním máchání pak vodu pitnou. Podle výsledku dlouhodobých studií nebyly zjištěny žádné rozdíly mezi praním prádla v pitné vodě a v dešťové vodě.

Splachování WC

V této oblasti lze najít asi největší potenciál úspor vody a nahrazení pitné vody vodou dešťovou. Je to dáno množstvím spotřebované vody pro splachování, které se pohybuje dle typu objektu na 30-50% celkové spotřeby vody (obr. 7.7.3). Stejně jak pro praní, je i pro zařizovací předměty a potrubí příznivá měkkost dešťové vody, jelikož nedochází k usazování vodního kamene. Pro splachování WC nejsou dány požadavky na kvalitu vody, a tudíž lze bez problémů dešťovou vodu přímo použít. Je třeba ale zohlednit vnitřní systém plnění splachovací nádržky, který tvoří soustava armatur pracující buď na principu plovákového uzávěru, nebo na principu podtlakového uzavíracího ventilu. Tyto armatury pro svou bezchybnou funkci potřebují vodu zbavenou i drobných mechanických nečistot, což lze však zajistit odpovídajícími filtry.

Spotřebič		Spotřeba při použití
Toaleta	- se splachovačem	6-9 litrů
	- úsporné tlačítko	min. 3 litry
	- tlakový splachovač	6 litrů
Pračka	- dle typu programu a teploty vody	30-90 litrů
Tab. 7.7.3 Spotřeba vody potenciálních spotřebičů dešťové vody v domě		

Systém využití dešťové vody se skládá z několika částí, které mají svá specifika. Systém obsahuje:

- zachycení srážkové vody,
- mechanickou filtraci vody,
- akumulaci vody,
- čerpání vody do systému vodovodu,
- likvidaci případného přebytku vody.

Zachycení srážkové vody

Hlavním předpokladem pro zachycení srážkové vody je odvodnění zpevněných ploch objektu systémem vnějších nebo vnitřních kanalizačních systémů. Pozornost se však musí věnovat výběru odvodňovaných ploch, jelikož znečištění vody je limitujícím faktorem pro její zpětné využití. Do systému by neměla v žádném případě přitéci voda znečištěná ropnými látkami či mikrobiologickým znečištěním, které by mohlo znamenat zdravotní riziko. Množství zachycené srážkové vody a způsob zachycení je dáno geometrií ploch a prvky odvodnění, které by měly svou konstrukcí zajistit, aby do odpadního systému nevnikly větší nečistoty. To znamená ochranné koše na vpustích, síta na vtokích žlabů, okapové filtry, lapače splavenin (obr.7.7.4).



Okapový filtr



Lapač splavenin



Lapač listí, síto do žlabu

obr.7.7.4 – ochrana odtokových prvků

Mechanická filtrace

Voda není v systému nijak chemicky upravována a využívá se pouze mechanické filtrace a principu separace těžkých nebo lehkých částic v akumulční nádrži. Mezi nádrží a odpadním systémem existuje několik možností jak odstranit mechanické nečistoty, které jsou buď součástí akumulční nádrže nebo jsou to různé typy filtračních košů či jednotek umístěných ve filtračních nádržích předřazených akumulční nádrži (obr. 7.7.5).

V systému vodovodu je nutné odstranit i jemné částice nečistot pro bezchybnou funkci armatur a zařízení. K tomu jsou určeny jemné filtry (0,1mm) se

zpětným proplachem, které zajišťují nepřetržitou dodávku filtrované vody i během procesu čištění filtru. Umísťují se obvykle na výtlačné vedení za čerpací jednotku.



Filtrační nádrž s košem



Podokapový hrnec



Filtr jemných nečistot

Obr. 7.7.5 – Mechanická filtrace

Akumulace dešťové vody

Akumulace vody určuje největší měrou celkovou bilanci zpětně využité vody. Jejím dalším úkolem je sedimentace těžkých částic a naopak separace plovoucích nečistot. Voda se do nádrže přivádí „klidným nátokem“, to znamená potrubím zavedeným ke dnu nádrže, aby nedocházelo k víření usazenin a byl vnášen kyslík i do hlubších vrstev vody. Sníží se tím víření vody a urychlí se usazování těžších částic. Lehčí částičky (pyl, prach) vyplavou na hladinu, kde zůstanou až do naplnění jímky. Poté jsou přepadem odplaveny mimo nádrž. Přepad je chráněn proti zpětnému vzduťí vody z kanalizace jeho umístěním nad rovinou zpětného vzduťí. Není-li to konstrukčně možné, umístí se do potrubí ze zásobníku pojistné zařízení proti vzduťé vodě nebo se instaluje ponorné čerpadlo do zásobníku, spouštěné plovákovým spínačem, které přečerpá přebytečnou vodu nad hladinu vzduťí. Přepad je doplněn sifonovým prvkem proti vnikání zápachu ze stokové sítě.

Pro udržení vody v co nejlepší kvalitě je důležité osadit nádrž do prostředí s co nejnižší teplotou bez přístupu světla a možnosti vnějšího znečištění. Znamená to ve většině instalací osazení nádrže do země i za cenu zvýšených nákladů. Při dimenzování nádrže by se mělo uvažovat s občasným vyplavením nádrže, protože jakákoli dlouhodobá stagnace vody znamená riziko vzniku mikroorganismů. Materiál nádrží je dán obvykle cenou a možnostmi použití vzhledem ke geologickým podmínkám (beton, plasty, ocel) (obr. 7.7.6).



Betonová kruhová nádrž



Plastová svařovaná nádrž



Plastová bezešvá nádrž

obr. 7.7.6 Akumulace dešťové vody

Čerpání vody

Pro systémy zavlažování lze použít jednoduché způsoby čerpání vody pomocí ponorných nebo sacích čerpadel, ovšem pro širší využití dešťové vody do systému vnitřního vodovodu je nutné doplnit čerpací část o prvky umožňující doplňování vody v době sucha. K tomu slouží kompaktní řídicí a čerpací jednotky vybavené ventily a senzory pro sledování hladiny vody v nádrži a dopouštění pitné vody do systému v případě nedostatku dešťové vody. Dopouštění pitné vody je možné jak do nádrže, tak přímo do potrubí vnitřního vodovodu. Dopouštění nádrže však zmenšuje případnou akumulaci rezervy na období srážek a snižuje tak efektivitu systému. Proto je výhodnější dotovat systém řídicí jednotkou, která umožní přímé dopouštění přes volnou hladinu ve vyrovnávací nádrži. Nezbytnou podmínkou tohoto systému je hydraulické oddělení systému pitné a dešťové vody přes volnou hladinu a splnit podmínky ochrany proti znečištění pitné vody zpětným průtokem (ČSN EN 1717).

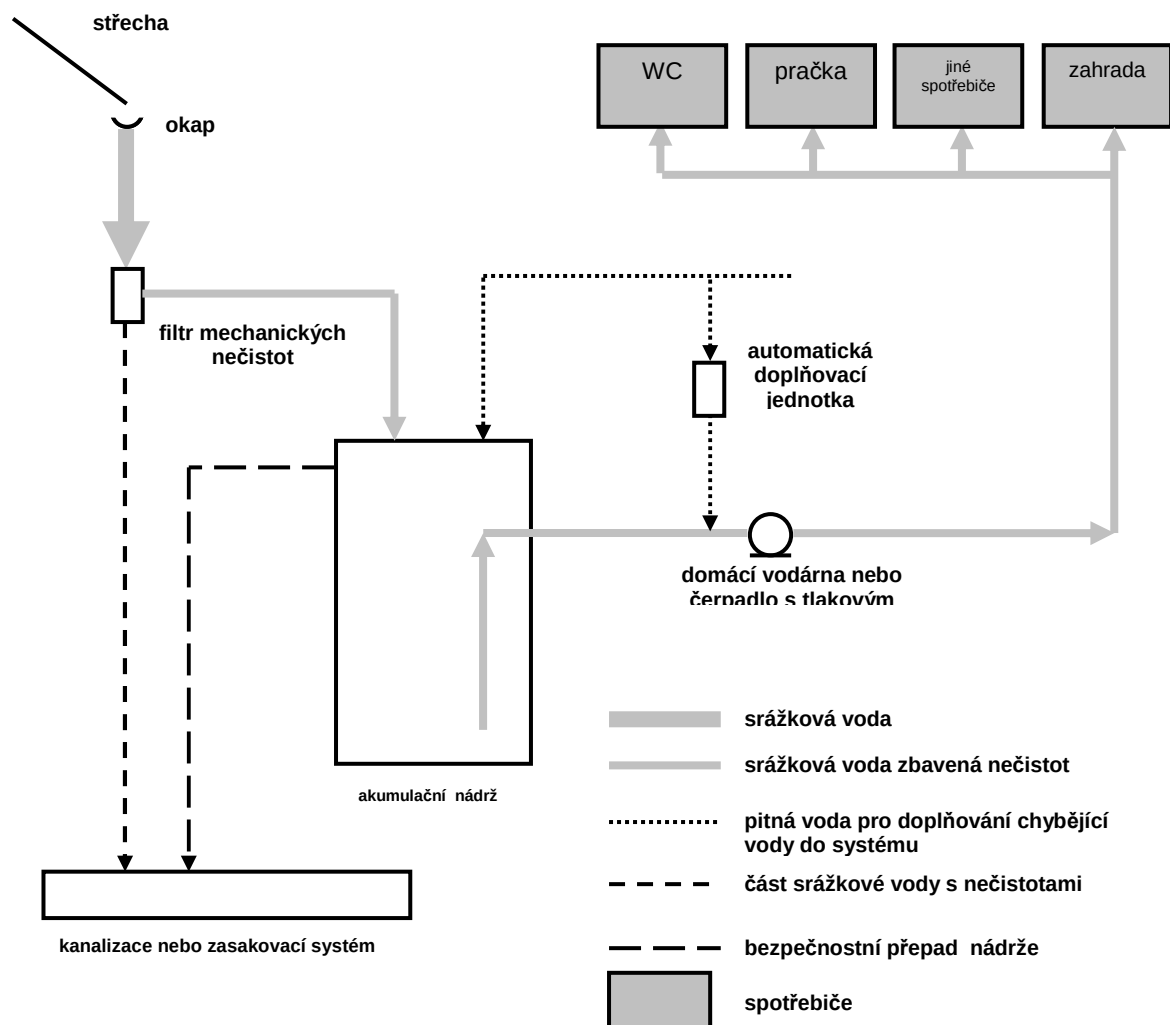
Odebírání vody z nádrže je nejlépe osadit cca 15 cm pod hladinou, což zaručuje odběr téměř čisté vody. To lze zajistit plovoucím sacím košem, který je opatřen filtračním sítkem na zachycení eventuálních nečistot.

Na čerpací jednotku je dále napojen samostatný systém rozvodu dešťové vody, který napájí jednotlivé spotřebiče. Úprava napojení spotřebičů při kombinaci pitné a dešťové vody nesmí opět umožnit propojení rozvodu dešťové a pitné vody.

Likvidace přebytku

Využití veškeré dešťové vody by znamenalo velký objem akumulované vody na období s velkou četností srážek a zajištění trvalého odběru dešťové vody. To není ve většině případů reálné a proto je bez ohledu na systém zpětného využití vždy

třeba řešit likvidaci dešťové vody při přebytčích. Pokud není možné dešťovou vodu vypustit přímo do recipientu, pak je možné vodu buď zasakovat nebo se napojit na kanalizaci (spíše výjimečná možnost). V případě napojení na kanalizaci je pak možné využít akumulační nádrž pro retenci a zpozditi či regulovat případný odtok, což kapacitně odlehčí stokové síti.



obr. 7.7.7 - Schéma systému pro využití srážkové vody

Návrh systému

Cílem návrhu je optimalizace jednotlivých prvků systému, aby došlo k co nejúčinnějšímu využití dešťové vody. Za účinnost lze považovat buď množství dešťové vody, která nahradí vodu pitnou, nebo množství využité dešťové vody v poměru množství srážek z jímané plochy. Je však zřejmé, že tyto hodnoty velmi

výrazně ovlivní okrajové podmínky instalace, jako spotřeba vody v objektu, možnost nahrazení pitné vody vodou dešťovou, plocha apod. (obr. 7.7.7)

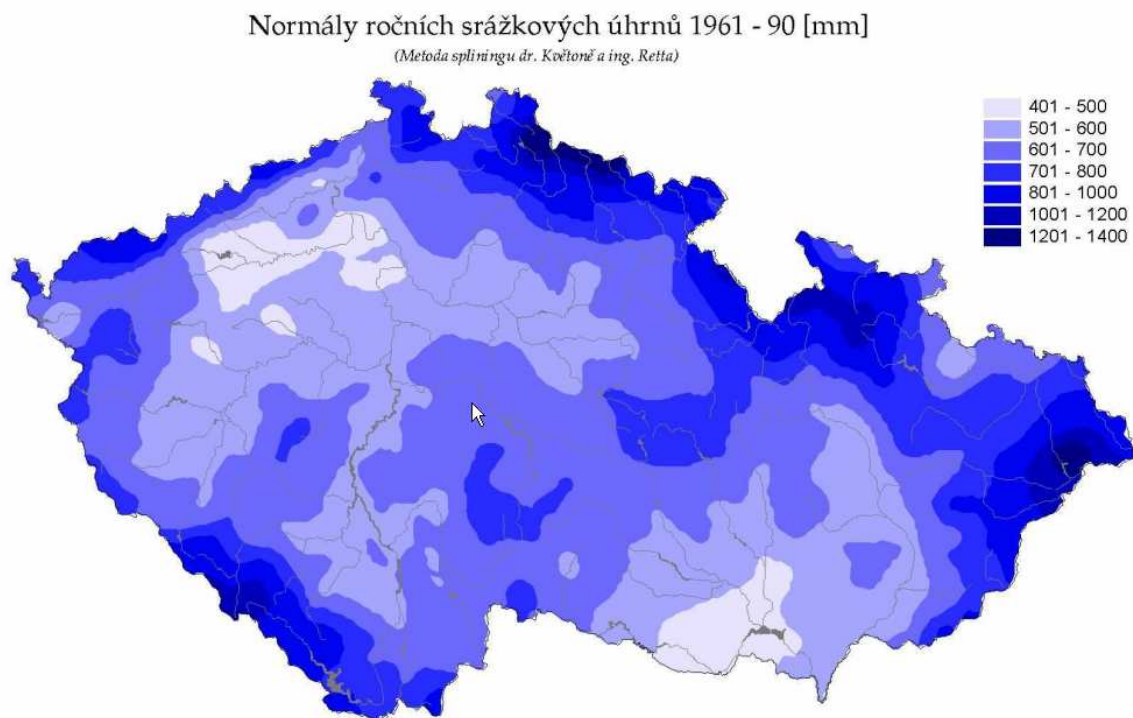
Z hlediska efektivity systému jsou tedy důležité následující parametry:

- spotřeba vody v objektu
- klimatické podmínky z hlediska intenzity srážek
- velikost jímacích ploch

Z hlediska ekonomického má největší vliv cena zabudované akumulární nádrže, která tvoří obvykle největší finanční položku v systému a která zároveň nejvíce ovlivňuje účinnost. Jakýkoli výpočet návratnosti systému je výrazně ovlivněn nejistotou budoucí ceny vody, náklady spojenými s instalací a hlavně budoucí údržbou systému.

Spotřeba vody v objektu je parametr, který je velmi individuální a snad kromě budov obytných lze jen těžko dohledat věrohodné modely odběru. Pro základní výpočet vycházíme z denní spotřeby a průměrné spotřeby na osobu. Pro podrobnější optimalizaci návrhu zejména větších budov je důležitý přesnější model odběru vody nejlépe v hodinovém kroku. Pro existující budovy lze vycházet z naměřených spotřeb vody a podle typu objektu a předpokládaného chování obyvatel sestavit časový odběr během dne, a to nejlépe jak pracovního, tak volného.

Klimatické podmínky lze definovat průměrným ročním úhrnem srážek v dané oblasti, který je dlouhodobě sledován a data jsou dostupná. Stejně jako u spotřeby však platí, že pro přesnější výpočet je třeba pracovat s denním či hodinovým údajem. Roční srážkový úhrn je uveden např. v tzv. srážkové mapě (obrázek 7.7.8). Podrobnější informace o srážkách z různých lokalit je možné získat na stránkách Českého hydrometeorologického ústavu (www.chmi.cz), kde jsou k dispozici průměrné roční a měsíční údaje o množství srážek.



Obr. 7.7.8 – Srážková mapa

šikmá střecha	
plech, sklo, břidlice, vláknocementové desky	0,9-1,0
tašky, lepenka	0,8-1,0
plochá střecha (sklon do 3° nebo cca 5%)	
plech, sklo, břidlice, vláknocementové desky	0,9-1,0
lepenka	0,9
štěrka	0,7
„zelená“ střecha (sklon do 15° nebo cca 25%)	
Vrstva půdy <10 cm	0,5
Vrstva půdy >10 cm	0,3
silnice, cesty, náměstí	
asfalt, bezespárový beton	0,9
dlažba s utěsněnými spárami	0,75
pevný pískový povrch	0,6
dlažba s volnými spárami	0,5
kyprý pískový povrch, udržovaný trávník	0,3
kamenná dlažba se spárami	0,25
zatravnovací dlažba	0,15

Tab. 7.7.9 koeficient odtoku střechy

Jímaná plocha střechy je dána geometrií objektu a spolu s typem povrchu lze spočítat množství srážek, které nateče do nádrže. Drobné rozdíly jsou u koeficientu odtoku střechy (tab. 7.7.9), kde se různé prameny mírně liší v určitých typech krytin a povrchů. Odtokový součinitel je poměr z odtokového objemu a

objemu srážek jako střední hodnota za definované časové období. Využitelná plocha střechy je dána půdorysným průmětem ploch, které jsou určeny pro jímání dešťové vody.

Pro celkovou bilanci je nutné uvažovat s občasným vyplavením zásobníku, aby nedošlo k dlouhodobé stagnaci vody.

Množství zachycené srážkové vody Q

$$Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} \quad [\text{m}^3]$$

Q..... množství zachycené srážkové vody $[\text{m}^3]$

j.....množství srážek $[\text{mm/rok}]$

P.....využitelná plocha střechy $[\text{m}^2]$

f_skoeficient odtoku střechy $[-]$

f_fkoeficient filtru mechanických nečistot $[-]$

Koeficient účinnosti filtru mechanických nečistot f_f - udává výrobce, podle druhu a typu jednotlivých výrobků.

Základní principy výpočtů jsou postaveny na optimalizaci velikosti nádrže podle:

- spotřeby vody, kterou je možné nahradit dešťovou vodou
- množství využitelné srážkové vody dle srážkového úhrnu

Návrh objemu nádrže podle spotřeby vody

Princip výpočtu vychází ze spotřeby vody v objektu a procenta pokrytí pitné vody vodou dešťovou.

$$V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot z}{1000} \quad [\text{m}^3]$$

V_v	objem nádrže podle spotřeby $[\text{m}^3]$
n	počet obyvatel v domácnosti $[-]$
S_d	celková spotřeba vody na osobu za den $[l]$
R	koeficient využití srážkové vody $[-]$
z	koeficient optimální velikosti nádrže $[-]$

Koeficient využití srážkové vody R vyjadřujeme jako procentní náhradu množství dešťové vody z celkové spotřeby vody.

Koeficient optimální velikosti nádrže z vychází z předpokladu délky suchého období, které se obecně uvažuje 2-3 týdny.

Návrh objemu nádrže podle množství využitelné srážkové vody

Princip výpočtu vychází z množství zachycené srážkové vody, které pokryje potřebu vody v bezdeštném období, které se vyjadřuje koeficientem z .

$$V_p = z \cdot \frac{Q}{365} \quad [\text{m}^3]$$

V_p	objem nádrže dle využitelné srážkové vody $[\text{m}^3]$
Q	množství srážkové vody za rok $[\text{m}^3/\text{rok}]$
z	koeficient optimální velikosti nádrže $[-]$

Potřebný objem nádrže

Pro návrh objemu nádrže vycházíme z menší hodnoty objemu vypočteného podle obou předchozích kritérií:

$$V_n = \min (V_v, V_p)$$

V_n potřebný objem nádrže [m^3]

V_v objem nádrže podle spotřeby [m^3]

V_p objem nádrže dle využitelné srážkové vody [m^3]

V základním modelu těchto jednoduchých výpočtů posuzujeme, zda je v souladu plánovaná spotřeba dešťové vody a množství zachycené srážkové vody. Za soulad se považuje případ, kdy se hodnoty V_v a V_p neliší o více než 20 %. Vzájemné porovnání a možná opatření jsou v tabulce 7.7.10.

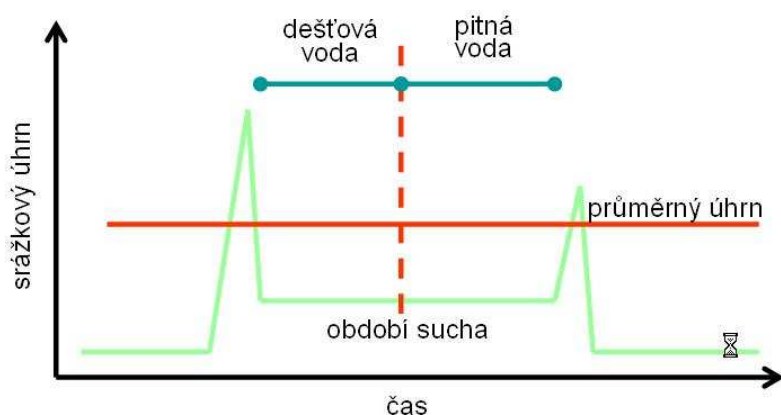
porovnání objemů		vyhodnocení	stav, opatření
$V_v = V_p$	$\frac{abs(V_v - V_p)}{V_n} \leq 0,2$	spotřeba vody přibližně odpovídá množství zachycené srážkové vody	objem nádrže je v souladu s potřebou vody a zachyceným množstvím srážkové vody
$V_v < V_p$	$\frac{abs(V_v - V_p)}{V_n} < 0,2$	spotřeba srážkové vody je menší, než možnosti střechy	posoudit, zda není možné do systému zapojit pouze část střechy
$V_v > V_p$	$\frac{abs(V_v - V_p)}{V_n} > 0,2$	spotřeba srážkové vody je větší, než možnosti střechy	zvětšit plochu pro jímání dešťové vody, resp. kalkulovat s dopouštěním vody do systému

Tabulka 7.7.10

Výše uvedenou metodiku výpočtu lze použít za předpokladu souladu odhadu délky bezdeštného období s realitou v lokalitě. Další parametr, který výrazně ovlivní výpočet je procentuální využití dešťové vody. Uspokojivých výsledků je tedy možno dosáhnout tam, kde jsou k dispozici tyto údaje, nicméně platí to pouze do určitého poměru velikosti střechy a spotřeby vody. U halových objektů, kde je přebytek srážkové vody a naopak u výškových budov, kde je velká spotřeba vody musíme

upravovat předpokládané parametry a provést hlubší a přesnější analýzu vstupních údajů.

Poměrně velkou nepřesnost do těchto výpočtů také vnese předpoklad rovnoměrného rozdělení srážek v čase, kde se vychází z průměrného ročního úhrnu srážek. Realita je však jiná a výsledné využití dešťové vody (efektivita) bude nejspíše menší než předpokládané, protože určité množství vody během dešťů s velkou intenzitou odteče přepadem z nádrže a nebude využito a naopak mohou nastat výrazně delší bezdeštná období (viz obr 7.7.11).



Obr. 7.7.11

Provozování a návratnost systému

Zpětné využití dešťové vody v lokalitách České republiky je stále spíše okrajovou záležitostí. Je to dáno jednak náklady na pořízení systému, cenou pitné vody a i politikou státu. Pokud nebudou v budoucnosti tyto systémy předmětem dotací, tak je alespoň ekonomická návratnost velmi problematická. Náklady na pořízení systému, jeho provozování a údržbu jsou velmi vysoké oproti ceně pitné vody z vodovodní sítě. Důvodem pro zpětné využití dešťové vody v objektech jsou dnes zejména ekologické a v některých případech částečně řeší problematiku likvidace dešťové vody v lokalitách bez stokových sítí a tam, kde jsou z geologického průzkumu velmi špatné podmínky pro zasakování.

Trochu jiná situace je v oblasti zavlažování zeleně, kde je systém výrazně jednodušší a levnější, protože odpadají nároky jak na čistotu vody, tak na paralelní

rozvody či doplňování systému pitnou vodou. Odběr vody lze bez problémů přizpůsobit intenzitě srážek, nárazově je možné vyčerpat zásoby a akumulovat větší množství vody, čímž se systém stává velmi účinným a procento využití dešťové vody je vysoké.

Konečná finanční úspora je dána typem objektu a rozhoduje jednak cena vody přiváděné do objektu (vodné) a jednak cena za vypouštění srážkových vod do stokové sítě (stočné).

Výpočet úspory a měření množství vody při zpětném využití je však poměrně komplikovaná záležitost. Je třeba změřit jednak množství zpětně využitě dešťové vody pro výpočet stočného, ovšem zároveň je nutné změřit množství dopouštěné pitné vody v období sucha. Podle celkové spotřeby na fakturačním měření lze potom dopočítat skutečné hodnoty pro vodné a stočné. Dle zákona jsou však některé objekty osvobozeny od platby za vypouštění srážkových vod a zde tedy logicky dojde k menší úspoře než tam, kde se za odvádění platí. Pro ekonomickou návratnost je tedy třeba podrobnějších výpočtů a měření pitné, dešťové i doplňované vody.

Je třeba dodat, že v současné legislativě ani předpisech vodárenských společností nejsou v případě zpětného využívání vody jasně stanovená pravidla a to hlavně z důvodu malého výskytu těchto zařízení na území ČR.

Literatura

Legislativa uvedená v kapitole 3.1

Valášek J. a kol. Zdravotnětechnická zařízení a instalace, Jaga group, v.o.s., Bratislava 2001

Kabele, K. a kol. Energetické a ekologické systémy 1 Zdravotní technika Vytápění, Nakladatelství ČVUT Praha 2007

Koubková, I. Architektura, konstrukce, instalace a jejich vzájemná interakce Modernizace bytových jader v panelových domech, Disertace ČVUT, Fakulta architektury, Ústav stavitelství II, Praha, 2006

Kubíček, V. Způsoby likvidace odpadních vod v referenčním objektu. Bakalářská práce ČVUT, FSV, Katedra technických zařízení budov, Praha, 2008

Hozman, P. Problematika efektivního využití dešťové vody. Diplomová práce ČVUT, FSV, Katedra technických zařízení budov, Praha, 2009

<http://www.sovak.cz>

<http://www.vodarenstvi.cz>

<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleczech.html#global>

<http://www.tzb-info.cz/2029-vnitri-kanalizace-ve-vysokych-budovach>

<http://www.medportal.cz/trubky-v-tzb/odborna-instalace-medenych-trubek/vyrovnani-tepelne-roztaznosti-dilatace>

<http://www.geberit.cz>

<http://www.hutterer-lechner.com>

<http://www.grundfos.cz/>

<http://www.wilo.cz>

<http://www.kemper-armatury.cz/>

<http://www.senzor.cz>

<http://www.asio.cz>

<http://www.glynwed.cz>

<http://www.hauraton.cz>