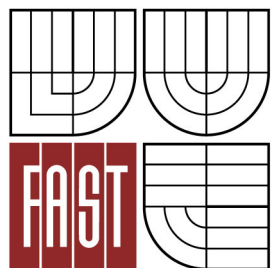




**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

# ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD V HORSKÝCH OBLASTECH

WWTP'S IN MOUNTAINS AREAS

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
MASTER'S THESIS

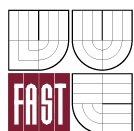
**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**BC. IVO FRANK**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**prof. Ing. PETR HLAVÍNEK, CSc., MBA**

BRNO 2014



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav vodního hospodářství obcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Ivo Frank
<b>Název</b>	Čistírny odpadních vod v horských oblastech
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	31. 3. 2013
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	17. 1. 2014

V Brně dne 31. 3. 2013

.....  
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## Podklady a literatura

- [1] Metcalf & Eddy. Wastewater engineering: treatment and reuse (4th International Edition). McGraw-Hill, New York. 2003. ISBN 0-07-041690-7.
- [2] Van Benten a kol. Membrane Bioreactors, Operation results of an MBR WWTP, STOWA, ISBN: 18-433-9173-2
- [3] Grady, C.P.Leslie ; Daigger, Glen T. ; Love, Nancy G. Filipe, Carlos D.M. Biological Wastewater Treatment, Third Edition, IWA Publishing, 2011. 991 s. ISBN 978-084-9396-793
- [4] Water Environment Federation Technical Practice Committee. Nutrient Removal, WEF MOP 34 (Water Resources and Environmental Engineering Series). McGraw-Hill Professional; 1 edition. 2010668 s. ISBN 978-0-07-1737098-8.
- [5] Hlavínek P., Mičín J., Prax P. Příručka stokování a čištění, ISBN 80-86020-30-4, NOEL 2000, Brno 2001
- [6] Krejčí a kol. Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup, ISBN 80-86020-39-8, NOEL 2000, Brno 2002
- [7] Sborníky Water Science and Technology, IWA Publishing

## Zásady pro vypracování

Diplomová práce bude zaměřena na řešení problematiky čištění odpadních vod v horských oblastech. V první části práce bude zpracován přehled problematiky s ohledem na specifika podmínek pro čištění OV v horských oblastech. V druhé části práce bude zpracováno vyhodnocení současného stavu čištění odpadních vod na území Vysokých Tater a navrženo koncepční řešení pro vybrané lokality. Podklady si diplomant zajistí po dohodě s vedoucím práce v rámci diplomového semináře. Při zpracování textů, výpočtů a výkresové části dokumentace bude v maximální míře využita výpočetní technika.

## Předepsané přílohy

.....  
prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA  
Vedoucí diplomové práce

## **Abstrakt**

Cieľom diplomovej práce je spracovať prehľad technológií používaných pri čistení odpadových vôd v horských oblastiach ako na Slovensku, tak aj v zahraničí. Súčasne diplomová práca mapuje spôsoby čistenia vôd používané na vybraných objektoch v oblasti Vysokých Tatier. Na objektoch s nevhodnou technológiou bude navrhnuté vhodnejšie riešenie spomedzi skúmaných technológií.

## **Klíčová slova**

vysokohorské prostredie, čistenie odpadových vôd, zemný filter, koreňová čistiareň, MBR čistiareň, kalové hospodárstvo, vymrazovanie

## **Abstract**

Objectives of this master's thesis are to process review of technologies used to treat wastewater in alpine environment in Slovakia and in foreign countries. Thesis also includes mapping of situation of chosen alpine cottages in High Tatras. For cottages with unsuitable technology will be suggested more suitable solution.

## **Keywords**

alpine environment, wastewater treatment, ground filter, constructed wetland, MBR wastewater treatment plant, sludge treatment, freezing process

## **Bibliografická citace VŠKP**

Bc. Ivo Frank *Čistírny odpadních vod v horských oblastech*. Brno, 2014. 81 s., Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA.

**Prehlásenie:**

Prehlasujem, že som diplomovú prácu spracoval samostatne a že som uviedol všetky použité informačné zdroje.

V Brne dňa 13. 1. 2014

.....  
podpis autora

## **Pod'akovanie**

Moja vďaka patrí vedúcemu diplomovej práce, prof. Ing. Petrovi Hlavínkovi, CSc., MBA, za pomoc pri písaní tejto diplomovej práce, za jeho rady a pripomienky, ktoré boli pre mňa cenným prínosom. Tiež by som chcel poďakovať Klubu Slovenských Turistov a p. Ing. Ganzarčíkovi a chatárom p. Viktorovi Beránkovi, Miroslavovi Jílkovi, Ľudovítovi Záhorovi a Tomášovi Petříkovi za ich ochotnú pomoc pri navštevovaní chát a zbere informácií.

## **OBSAH:**

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>MOŽNOSTI ČISTENIA ODPADOVÝCH VÔD VO VYSOKOHORSKOM PROSTREDÍ.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>FAKTORY VPLÝVAJÚCE NA NÁVRH ČOV .....</b>	<b>5</b>
2.1.1	PRÍRODNÉ PODMIENKY .....	5
2.1.2	ĽUDSKÝ FAKTOR .....	7
2.1.3	TECHNOLOGICKÉ PODMIENKY .....	8
2.1.4	LEGISLATÍVA .....	12
<b>2.2</b>	<b>PRÍRODNÉ SPÔSOBY ČISTENIA ODPADOVÝCH VÔD.....</b>	<b>12</b>
2.2.1	SEPTIK - MECHANICKÉ PREDČISTENIE .....	15
2.2.2	VEGETAČNÉ KOREŇOVÉ ČISTIARNE (VKČ), ČISTIACE PROCESY A ZÁSADY USPORIADANIA .....	15
2.2.3	ZEMNÉ (PÔDNE) FILTRE .....	20
<b>2.3</b>	<b>STROJOVÉ SPÔSOBY ČISTENIA ODPADOVÝCH VÔD.....</b>	<b>24</b>
2.3.1	ANAERÓBNE ČOV .....	25
2.3.2	AKTIVAČNÁ ČOV .....	25
2.3.3	BIODISKOVÉ ČOV.....	26
2.3.4	BIOFILTRE.....	27
2.3.5	SBR.....	27
2.3.6	KOMBINÁCIA AKTIVÁCIE A PRISADLÝCH KULTÚR.....	27
2.3.7	TECHNOLÓGIE PRE VYŠŠÍ ČISTIACI ÚČINOK .....	27
2.3.8	MEMBRÁNOVÉ ČISTENIE ODPADOVÝCH VÔD .....	28
<b>2.4</b>	<b>KALOVÉ HOSPODÁRSTVO.....</b>	<b>29</b>
2.4.1	STABILIZÁCIA A ODVODŇOVANIE KALU.....	30
2.4.2	ĎALŠIE SPRACOVANIE KALU .....	34
<b>2.5</b>	<b>RIEŠENIA POUŽITÉ V ZAHRANIČÍ.....</b>	<b>35</b>
2.5.1	OBJEKT - NEUE MONTE ROSA-HUTTE .....	35
<b>2.6</b>	<b>ČISTENIE ODPADOVÝCH VÔD V ZAHRANIČÍ.....</b>	<b>37</b>
<b>3</b>	<b>ČISTENIE ODPADOVÝCH VÔD VO VYSOKÝCH TATRÁCH .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1</b>	<b>CHARAKTERISTIKA OBLASTI.....</b>	<b>39</b>
3.1.1	SUBALPÍNSKY STUPEŇ.....	40
3.1.2	ALPÍNSKY STUPEŇ.....	40
3.1.3	SUBNIVÁLNY STUPEŇ .....	40
<b>3.2</b>	<b>LEGISLATÍVA.....</b>	<b>40</b>
<b>3.3</b>	<b>CHATY VO VYSOKÝCH TATRÁCH .....</b>	<b>41</b>
3.3.1	TÉRYHO CHATA .....	43
3.3.2	CHATA PRI ZELENOM PLESE.....	47
3.3.3	CHATA POD RYSMI .....	51

---

3.3.4	ZBOJNÍCKA CHATA .....	61
<b>4</b>	<b>ZÁVER.....</b>	<b>74</b>
<b>5</b>	<b>CITOVANÁ LITERATÚRA .....</b>	<b>76</b>
	<b>ZOZNAM TABULIEK.....</b>	<b>78</b>
	<b>ZOZNAM OBRÁZOV.....</b>	<b>79</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....</b>	<b>80</b>
	<b>SUMMARY.....</b>	<b>81</b>

# 1 ÚVOD

Čistenie odpadových vôd vo vysokohorských oblastiach je veľmi dôležitá a špecifická činnosť, pri ktorej každé riešenie býva jedinečné. Dôležitosť je daná krehkosťou ekosystémov nachádzajúcich sa vo vysokohorskom prostredí a snahou zachovať ich neporušené. Problematický býva aj legislatívny pohľad na spôsob čistenia odpadových vôd. Existujú prípady kedy vzorky odoberané z recipientu pri horskom objekte splňujú požadované parametre, ale technológia čistenia odpadových vôd vznikajúcich na vysokohorskom objekte je nejasná.

Jedinečnosť je daná diverzitou podmienok oblasti v akej je čistiareň realizovaná a ľudským faktorom, ktorý zasahuje do tvorby a zloženia odpadových vôd. Medzi typické podmienky ovplyvňujúce riešenie čistiarene patrí: nadmorská výška, priemerná teplota vo vybranom období, vegetačné pásmo, tvar terénu, ochranné pásma na vybranom území, priemerný úhrn zrážok za vybrané obdobie, zdroje vody, počet EO, dĺžka obdobia prevádzky zariadenia, prístup ku elektrickej energii, množstvo odpadových vôd, nerovnomernosť prítoku odpadových vôd na ČOV.

Sanitárna keramika, najmä toalety, sa tiež stávajú súčasťou riešenia čistenia odpadových vôd. Vďaka vývoju toaliet so separáciou hnedých a žltých vôd sme schopní upraviť množstvo a zloženie odpadových vôd pritekajúcich na čistiareň. Na úpravu zloženia a množstva odpadových vôd sa využíva separácia moču, upravenie objemu vody potrebnej pre splachovanie a recyklácia vody.

V súčasnosti sú existujú dva smery, ktoré sú uplatňované pri horských čistiarňach odpadových vôd. Prvým je technický smer, ktorý ku čisteniu využíva strojné technológie a tým druhým je prírodný smer, ktorý ku čisteniu využíva procesy fungujúce v prírode. Technický smer je zameraný najmä na objekty s vysokou návštevnosťou, dobrým prístupom ku elektrickej energii, vode, možnosti mechanizovanej prepravy zásob a materiálov. Prírodný smer sa snaží simulovať procesy prebiehajúce v prírode a hľadá čo najjednoduchšie riešenia. K tomu patrí minimalizácia potreby elektrickej energie, nutnosti výrazných zásahov do prírody, potreby mechanizácie procesov. Je využívaný najmä na ťažko dostupných miestach.

Teoretická časť diplomovej práce je zameraná na jednotlivé technológie použiteľné pre čistenie odpadových vôd vo vysokohorských oblastiach, a časť praktická sa zameriava

na vybrané chaty vo Vysokých Tatrách, ich technológie čistenia odpadových vôd a v prípade možnosti ich zlepšenia, sú navrhnuté vhodné riešenia. Prípadné navrhnuté riešenia, by mali v čo najväčšom rozsahu využívať technológie a zariadenia spomenuté v teoretickej časti.

## 2 MOŽNOSTI ČISTENIA ODPADOVÝCH VÔD VO VYSOKOHORSKOM PROSTREDÍ

### 2.1 FAKTORY VPLÝVAJÚCE NA NÁVRH ČOV

Návrh ČOV vo vysokohorskom prostredí musí byť prispôsobený podmienkam a vplyvom prevládajúcim a predpokladaným na vybranom mieste. Podmienky môžeme rozdeliť na:

- prírodné
- ľudské
- technologické.

Bez zohľadnenia týchto podmienok riskujeme, že čistiaci proces nemusí splniť požadované parametre, alebo nemusí fungovať vôbec, prevádzkové náklady budú zbytočne vysoké, alebo budú nutné časté opravy. Jednotlivé podmienky upravujú vhodnosť využitia jednotlivých technológií.

#### 2.1.1 PRÍRODNÉ PODMIENKY

Medzi prírodné podmienky patria tie, ktoré sú dané prírodnými pomermi na vybranom mieste a nie sú ovplyvniteľné vôbec, alebo len minimálne. Do prírodných podmienok radíme:

- nadmorskú výšku;
- priemerná teplotu;
- priemerný úhrn zrážok za vybrané obdobie
- vegetačné pásma;
- dĺžka ročných období;
- tvar terénu;
- zdroje vody;

#### *Nadmorská výška*

Nadmorská výška poskytuje základnú charakteristiku prostredia. Typickými zmenami pre horské nadmorské výšky, sú vyšší priemerný ročný úhrn zrážok a nižšia priemerná ročná teplota vzduchu a pôdy. Teplotný gradient pri raste nadmorskej výšky je pokles teploty o približne 1°C každých 150 výškových metrov. Súčasne počasie sa vo vyšších nadmorských

výškach stáva extrémnejším. Nad 2500 m n. m. sa zvyčajne sneh vyskytuje celoročne. Zmeny počasia sú náhle, počas búrok nie sú neobvyklé rýchlosti vetra nad 100km/h, najnižšie dosahované teploty môžu byť výrazne nižšie než v nížinách. V dôsledku extrémnych výkyvov a nevypočítateľnosti počasia je nutné dbať na použitie kvalitných materiálov, a na vytváranie dostačujúcich izolačných vrstiev bez spoliehania sa na prírodné možnosti (izolácia snehom pred mrazom).

### ***Priemerná teplota***

Priemerná teplota za vybrané obdobie je dôležitá najmä z pohľadu biologických procesov prebiehajúcich pri čistení odpadových vôd. Chlad je možné využiť tiež ku stabilizácii kalu pomocou vymŕzania.

### ***Ročný úhrn zrážok***

Pri úhrne zrážok naša pozornosť primárne patrí veľkosti snehovej pokrývky. V prípade nedostatku vody, je možnosť zachytávať dažďovú vodu. Pri snehu sa zaujímate o priemernú hrúbku snehovej pokrývky počas zimy a o veľkosť zaťaženia od toho vznikajúceho. Je nutné prihliadať aj na extrémne situácie kedy sú hrozbou prívalové dažde, alebo snehové lavíny.

### ***Vegetačné pásma***

Vegetačné pásmo je jedným z najdôležitejším faktorom vo vysokohorskom prostredí. Podľa jeho typu sa rozhodujeme pri výbere technológie na čistenie odpadových vôd. Ekosystémy nachádzajúce sa v jednotlivých vegetačných pásmach sú veľmi rozdielne. V jednotlivých pohoriach dochádza ku výrazným výškovým posunom jednotlivých vegetačných pásiem. V Alpách vznikajú výrazné posuny pásiem medzi severnou, centrálnou a južnou časťou. Posuny vo vegetačných pásmach sú spôsobené najmä rozdielnosťou v celkovej výške pohoria.

### ***Dĺžka ročných období***

Dĺžka ročných období je vo vysokohorskom prostredí odlišná než v nižšie položených miestach. Vo Vysokých Tatrách začína zimné obdobie pred 1. novembrom a končí po 20.máji. Chladnejšie počasia má vo vysokohorských objektoch priamy vplyv na návštevnosť, a tým aj množstvo tvoreného znečistenia. Či už vysokohorské objekty sú otvorené celoročne, alebo len v letnom období, rozdiel medzi letnou a zimnou sezónou je výrazný. [1]

### ***Tvar terénu***

Pretože v horských oblastiach je väčšina podložia tvorená horninou, výrazné terénne úpravy sú náročné. Súčasne je nutné dbať na smer odtokových línií, z dôvodov prívalových dažďov a snehových lavín.

### ***Zdroje vody***

V objektoch v horských oblastiach je voda jednou z najdôležitejších surovín, bez ktorej je stabilné fungovanie veľmi problematické. Voda je využívaná na nevyhnutné činnosti ako zdroj tekutín, na varenie, čistiace práce.

V horných polohách horských oblastí je množstvo vody veľmi premenlivý faktor. Pokiaľ sa objekt nachádza u vodného zdroja (potok, pleso) v letných mesiacoch je množstvo vody dostatočné, a jej čerpania a akumulácia v nádržiach nie je problematická.

V zimných mesiacoch je akumulácia vody veľmi náročná. Nízke teploty a poveternostné podmienky robia z akumulácie väčšieho množstva vody takmer neriešiteľnú záležitosť. Z dôvodov horninového podložia a potrebných rozmerov, podzemné akumulčné nádrže sú problematicky realizovateľné. Nadzemné nádrže sú vystavované všetkým prírodným vplyvom a ich vyhotovenie, aby boli schopné odolať je ešte problematickejšie.

### **2.1.2 ĽUDSKÝ FAKTOR**

Ľudský faktor je zodpovedný za množstvo a zloženie tvorených odpadových vôd. Súčasne určuje nerovnomernosť tvorby odpadových vôd v priebehu roka.

#### ***Množstvo a zloženie odpadových vôd***

Odpadové vody vznikajúce vo vysokohorských objektoch je možné rozdeliť do vôd hnedých, žltých a šedých. Žlté vody reprezentujú moč, hnedé reprezentujú fekálie a šedé patria odpadovým vodám tvoreným v objekte, s výnimkou zdrojov žltých a hnedých vôd. V prípade, že voda je k dispozícii, len v obmedzenom množstve, jej primárne využitie na vysokohorskom objekte je pre prevádzku kuchyne. V takom prípade, namiesto technológie pre čistenie odpadových vôd, je na vysokohorskom objekte riešená technológia pre spracovanie pevného odpadu, v podobe fekálií a hygienických potrieb a moču.

Popis jednotlivých odpadových vôd je nasledovný:

Žlté vody - moč. Jeden človek vyprodukuje ročne priemerne 500 litrov vody. V týchto vodách sa nachádza prevažná časť fosforu aj dusíku.

**Tab. 2.1.2.1 Priemerný obsah prvkov v separovanom moči**

	Koncentrácia [kg/m <sup>3</sup> ]
Dusík	3,60
Draslík	0,90
Fosfor	0,31
Síra	0,30

Hnedé vody - fekálie. Sú tvorené odpadovými vodami z toaliet. Priemerné zastúpenie nutrientov v týchto vodách je 16% dusíku, 36% fosforu a 17% draslíku. Pri čistení odpadových vôd je štandardne počítané množstvo tvoreného odpadu 60g/EO/d [2].

Šedé vody - vody a pevné odpady z kuchyne, kúpeľne, ďalej ide o vody z kúpeľní, umývačiek riadov, sprch, pračiek a podobne. Obsah nutrientov je v týchto vodách spravidla minimálny.

### ***Nerovnomernosť tvorby odpadových vôd***

Nerovnomernosť tvorby odpadových vôd výrazne vplýva na voľbu technológie čistenia odpadových vôd. Vysokohorské objekty spravidla fungujú v dvoch systémoch. Prvým je celoročná prevádzka, keď je objekt otvorený aj počas obdobia zimy a druhý systém je sezónna prevádzka kedy je objekt otvorený len v určité obdobia.

V prípade sezónnej prevádzky vysokohorského objektu je problematické mimosezónne obdobie. ČOV je minimálne udržiavaná, prítok odpadových vôd je zastavený a väčšina prebiehajúcich biologických procesov sa zastaví. Výhodou je možnosť stabilizácie kalu a iných odpadov v tomto období, bez nutnosti ďalšej fungujúcej linky na čistenie odpadových vôd.

V prípade celoročnej prevádzky je problematický návrh veľkosti ČOV, vzhľadom k tomu, že množstvo tvoreného odpadu v letnom období je výrazne väčšie, než v období zimnom. Riešením môže tiež byť vybudovanie dvoch liniek ČOV pre letnú a zimnú prevádzku.

### **2.1.3 TECHNOLOGICKÉ PODMIENKY**

Technologické podmienky určujú dostupnosť a rozsah zdrojov pre aplikáciu rôznych technológií. Typy použiteľných technológií začínajú už pri výbere toalety. Medzi kritické zdroje patrí najmä dostupnosť elektrickej energie, možnosť prepravy materiálu a zásob, nutnosť zásahu do okolitého prostredia.

## ***Elektrická energia***

Elektrická energia je kľúčová podmienka pre využitie väčšiny strojných technológií pre čistenie odpadových vôd. Je využívaná najmä na čerpanie vody, odpadových vôd a ku pohonu dúchadiel. Súčasne elektrická energia môže byť využitá na minoritné menej dôležité, podporné procesy pri čistení odpadových vôd.

Elektrická energia môže byť získavaná buď privedením elektrického vedenia ku objektu, alebo výrobou elektrickej energie na mieste. Ku výrobe na mieste je možné použiť generátor, ktorému je ale nutné zabezpečiť pohonné hmoty, alebo je možné využiť obnoviteľné zdroje energie. Vo horských podmienkach je možné využiť vodnú, solárnu aj veternú energiu. Nevýhodou obnoviteľných zdrojov energie je neistota ich dostupnosti. Výraznou ekonomickou záťažou, pre čiastočnú elimináciu tohto problému je investovanie do batérií pre skladovanie získanej elektrickej energie. Vodná turbína sa javí ako jeden z najstabilnejších obnoviteľných zdrojov, no aj tu vzniká hrozba v podobe nedostatočného prietoku pri nedostatku vody a problematická prevádzka v zimnom období.

## ***Možnosti dopravy a prepravy***

Dôležitým faktorom pri vysokohorských objektoch je možnosť dopravy. Kritická je možnosť dopravy materiálu a zásob. Pre účely čistenia odpadových vôd je dôležitým faktorom najmä možnosť odvozu vznikajúceho kalu, v prípade použitia pokročilejších čistiacich technológií, pre prevádzku môžu byť nutné rôzne koagulanty, prostriedky pre dezinfekciu vody a hygienizáciu kalu. Potrebné zásoby môžu byť dopravované letecky (najmä vrtuľníky), pozemne mechanicky (lanové dráhy, železničná doprava, automobily, kónské povozy), prípadne ľudskou silou (horský nosiči). Pokiaľ je dostupná len letecká doprava a ľudská sila, dôležitými faktormi sú ekonomická efektivita, a tiež efektivita prepravy (1 človek dokáže za deň odviezť len určitú váhu a určitý objem).

## ***Separácia žltých, hnedých a šedých vôd***

Jedným z kľúčových problémov pri čistení odpadových vôd v horských oblastiach je nedostatok vody potrebnej na ich čistenie. Čiastočným odstránením tohto problému je minimalizácia spotreby vody a maximálna spätná recyklácia vody spotrebovanej.

Pri pokuse s rôznymi kombináciami vypúšťania rôznych druhov vôd do čistiarne odpadových vôd, výsledkom boli výrazne odlišné hodnoty zvyškového fosforu na odtoku.

**Tab. 2.1.3.1 Vplyv kombinácií vypúšťaných vôd na odtokové hodnoty biologickej ČOV [2]**

Zdroje P / varianty	Varianta I	Varianta II	Varianta III	Varianta IV
Komunálne vody bez moču	X	X	X	X
Žlté vody (moč)	X	X		
Umývačka riadu	X		X	
Zvyškový obsah po ČOV ( $P_{\text{celk}}$ v mg/l)	10,2	6,4	8,0	1,1

Z tabuľky 2.1.3.1 vyplýva, že oddelením žltých vôd je možné výrazne znížiť hodnoty nutrientov v odpadových vodách.

Oddelenie žltých vôd - hlavným cieľom je zníženie obsahu nutrientov v odpadových vodách. Pokiaľ dokážeme oddeliť žlté vody, býva dosahovaná koncentrácia fosforu po biologickom čistení menej ako 3 mg/l, vo väčšine prípadov dokonca menej ako 1 mg/l. Súčasne aj obsah dusíku v surovej odpadovej vode býva o 50% menší. Toto riešenie je veľmi vhodné v prípadoch, kde je možné moč odvázať v priebehu, alebo v po skončení hlavnej sezóny. Hlavným dôvodom je zníženie dopadu vyčistenej odpadovej vody na recipient s malým prietokom, prípadne pri vypúšťaní odpadovej vody do podmoku. [2]

Výrazný vplyv separácie moču je možné pozorovať v zariadeniach, kde je produkcia moču výrazne vyššia než produkcia iného znečistenia. V prípade neseparovania moču je pri čistení nutné aj upravovať pH, zvýšiť objem aktivačnej časti ČOV, zvýšiť objem privádzaného vzduchu a v prípade nutnosti odstrániť aj celkový dusík je nutné dávkovať aj substrát pre jeho odstránenie. [3]

Pri posudzovaní variant jedného typického objektu, bolo zvolené diaľničné odpočívadle na trase Brno - Praha. Investičné náklady pre ČOV bez separácie moču boli trojnásobne vyššie, než pre variantu so separáciou moču. Nutnosť vyplývala najmä z nutnosti dimenzovania väčších rozmerov čistiacich reaktorov. Prevádzkové náklady v tomto hodnotení zahrnuté neboli, pretože nebola detailne doriešená likvidácia moču. Je však možné predpokladať, že náklady na prevádzku ČOV bez separácie, by boli vyššie než na odvoz a likvidáciu moču. [3]

**Tab. 2.1.3.2 Nazbieraný objem a obsah makronutrientov v troch frakciách zo záchodov, zberu moču, separovaných pevných výkaloch, separovanej vode a súčet dvoch frakcií (výkaly a voda), uvádzaných za predpokladu, že by sme strávili 24h denne doma (g/osoba/rok) [3]**

Parameter	Separovaná moč	Separované pevné látky z OV	Odpadová komunálna voda	Voda s výkalmi
Dusík	2544±430	609±52	1220±195	1829±143
NH <sub>4</sub>	2209±597	298±53	887±203	1185±148
Fosfor	232±44	86±16	149±12	235±22
Draslík	807±181	287±24	630±89	917±72

**Tab. 2.1.3.3 Faktor priemerného nariadenia [3]**

Sanitárny systém	Produkcia OV [l/osoba/rok]	Objem fekálií [l/osoba/rok]	Spotreba vody na splachovanie [l]
MIX - konvečné splachovacie toalety a pisoáry	13 000	600 (5% objemu OV)	12 400 (95%)
NOMIX - separačné toalety a bezvodé pisoáry	8 - 10 000	100 fekálií	8 - 9 000
Bezvodé toalety a pisoáry	-	600 (500l moču + 100 l fekálií)	Zanedbateľná, len na čistenie odpadového potrubia

V tabuľke 2.1.3.3 je uvedené porovnanie sanitárnych systémov MIX, NOMIX a bezvodých systémov z hľadiska produkcie odpadovej vody s obsahom moču.

Pre skladovanie moču sa pri celosezónnej prevádzke osvedčila dvojité nádrž so zabezpečenie proti zápachu. Moč po jeho oddelení od fekálií a ostatného odpadu je stále nutné ďalej spracovať a najmä stabilizovať. Kontajner vhodný pre skladovanie moču by mal spĺňať tieto kritériá:

- Doba zdržania moču 6 mesiacov;
- Dve komory rovnakého objemu pre využiteľnosť celoročne;

Dôvod minimálnej doby zdržania 6 mesiacov je preto, lebo to je minimálna doba, po ktorej je možné močom ďalej narábať. Narábaním sa myslí najmä jeho ďalšie nakoncentrovanie a využitie napríklad ako hnojivo. Vo vysokohorských oblastiach pri separácii moču, je snaha po jeho stabilizácii odlišná. Pretože vo vysokohorskom prostredí jeho využitie ako hnojivo je zbytočné, hľadaným riešením je redukcia jeho objemu a váhy. Pretože moč aj bez prímiesy splachovacej vody je tvorený približne 95% vody, jej odstránenie je ideálnym spôsobom redukcie váhy a objemu. Medzi najjednoduchšie riešenia patrí vyparovanie vody z nádrží, a v súčasnosti sa čoraz populárnejším stáva proces vymrazovania a to najmä v prirodzene chladných prostrediach ako sú vysokohorské oblasti. Separáciou moču sa súčasne zníži aj množstvo vznikajúceho čpavku, čo by najmä v letných mesiacoch malo znížiť vznikajúci zápach. [3]

#### 2.1.4 LEGISLATÍVA

Výstavba čistiarne odpadových vôd a jej prevádzka podlieha rôznym legislatívnym reguláciám. Ešte pred začiatkom projektovania je nutné zobrať do úvahy všetky legislatívne nariadenia a obmedzenia.

Výstavba a prevádzka ČOV podlieha vodnému a stavebnému zákonu. V špeciálnych prípadoch môže byť v rámci noriem udelená výnimka. Avšak súčasne je nutné podotknúť, že regulácie platiace v chránenom území bývajú prísnejšie. Okrem legislatívnych podmienok na chránených územiach, najmä v posledných rokoch sa problematickým stávajú rôzne neštátne ochrannárske organizácie. Tie vplyvom médií a klamlivých reklamných kampaní komplikujú na územiach národných parkov, CHKO, rezervácií a iných chránených oblastí akúkoľvek ľudskú činnosť, bez ohľadu na jej ekologický charakter. Pri existujúcich stavbách sa jedná o minimalizáciu možných stavebných činností, a to aj v prípade že z dlhodobého hľadiska sa jedná o zlepšenie ekologickej situácie. Typickým rysom týchto organizácií je úzke zameranie vzdelania na okrajový aspekt problému, bez akejkoľvek snahy pochopiť širšie vzťahy problematiky, prípadne hlbšie chápanie problému.

## 2.2 PRÍRODNÉ SPÔSOBY ČISTENIA ODPADOVÝCH VÔD

V tabuľke 2.2.1 sú uvedené jednotlivé technológie, strojné aj prírodné používané pri čistení odpadových vôd. Pri porovnaní prírodných technológií so strojnými, čistiaci potenciál je rovnaký, reálna účinnosť je závislá od kvality jednotlivých vyhotovení ČOV.

**Tab. 2.1.4.1 Prehľad technológií používaných ku čisteniu odpadových vôd**

Technológia čistenia odpadových vôd	Účinnosť čistenia v %				
	BSK <sub>5</sub>	CHSK	NL	N-NH <sub>4</sub>	P-celk
Septik	15 - 30	0 - 20	50 - 60	-	-
Sedimentácia	20 - 30	10 - 30	30 - 60	0 - 5	0 - 8
Rotačné biofilmové reaktory	80 - 90	60 - 85	65 - 90	5 - 70	5 - 20
Aktivačný proces s biofilm. reaktorom	80 - 95	70 - 90	80 - 90	65 - 95	15 - 25
Aktivačný proces $B_x \leq 0,3$ kg/kg.d	80 - 90	60 - 85	85 - 90	5 - 30	15 - 25
Aktivačný proces $B_x \leq 0,05$ kg/kg.d	85 - 95	70 - 90	85 - 90	5 - 30	15 - 25
Biologické dočist'ovacie nádrže	65 - 70	60 - 85	85 - 90	20 - 90	15 - 50
Zemné filtre	85 - 95	70 - 90	85 - 95	10 - 15	5 - 25
Vegetačné čistiarne	65 - 95	70 - 90	85 - 95	10 - 15	5 - 25

Prírodné čistenie odpadových vôd využíva procesy ktoré využívajú, alebo napodobujú procesy prirodzene prebiehajúce v prírodných prostrediach ako pôdy, vodné prostredia a mokrané prostredia. Procesy prebiehajúce v týchto prostrediach sú filtrácia, sorpcia, sedimentácia a súčasne vytvárajú podmienky pre rozvoj mikroorganizmov podieľajúcich sa na čistiacich procesov. Rastliny využívajú sprístupnené nutrienty a to najmä dusík, fosfor a draslík ku tvorbe biomasy. Stručný prehľad jednotlivých prírodných spôsobov je uvedený v tabuľke 2.2.2. [4]

**Tab. 2.1.4.2 Rôzne spôsoby využitia prírodných spôsobov čistenia OV [4]**

Druh prírodného spôsobu čistenia	Možnosti využitia zariadenia
<b>a) Pôdne (zemné) filtre</b>	
Vertikálne prúdenie bez vegetácie	Čistenie a dočistenie (úprava) zrážkových a splaškových vôd
Horizontálne prúdenie bez vegetácie	
<b>b) Koreňové čistiarne odpadových vôd (pôdne filtre s mokradnou vegetáciou)</b>	
Horizontálne povrchové prúdenie	Čistenie OV a znečistených povrchových OV
Horizontálne podpovrchové prúdenie	Čistenie splaškových (komunálnych) OV a ich dočistenie; celoročná prevádzka
Vertikálne s prúdením smerom dole	
Vertikálne s prúdením dovrchu	Čistenie OV, prevažne v letnom období
<b>c) Biologické nádrže (súčasť stabilizačných nádrží)</b>	
Aeróbne nízkozat'azované	Čistenie povrchových a komunálnych OV

Aeróbne vysokozaťažované	Čistenie OV v klimaticky priaznivých oblastiach
Aeróbne priebežne zaťažované	Intenzívne čistenie OV, priebežná aerácia
Dočist'ovacie biologické nádrže	Dočistenie OV za umelým čistením OV
Anaeróbne prietochné BN	Predrad. anaeróbne čistenie pred aeróbnym
Anaeróbne akumuláčné BN	Čistenie OV kampaňových producentov
<b>d) Akvakultúry a eliminátory</b>	
Nádrže a žľabové akvakultúry	Čistenie a dočistenie OV riasami, sinicami
Kombinácia akvakultúr s vegetáciou	Čistenie komunálnych a priemyslových OV
Bioeliminátory	Čistenie OV v žlaboch z nárast. prepážok
<b>e) Závlaha odpadovými vodami (minimálne mechanicky čistené)</b>	
Závlaha komunálnymi OV	Vegetačné závlahy až celoročná prevádzka
Závlaha priemyslovými OV	Vegetačná prevádzka, aj mimovegetačne
Závlaha poľnohospodárskymi OV	Vegetačné závlahy siláž. aj prevádz. OV
Závlaha tekutými kalmi a močovkou	Využitie hnojivého účinku tekutých odpadov

Prírodné spôsoby čistenia odpadových vôd nachádzajú uplatnenie najmä pri čistení splaškových odpadových vôd z decentralizovaných domov, skupín domov, hotelov, rekreačných reštauračných zariadení, letných táborov a menších obcí, zvyčajne do 500 EO. Využitelnosť je hlavne pri kolísavom zaťažení čistiarne, najmä pri sezónnej prevádzke.

Limity použiteľnosti prírodných spôsobov čistenia odpadových vôd sa nevzťahujú na odpadové vody s vysokým obsahom organického znečistenia, zvýšeným výskytom tukov, olejov, derivátov ropy, extrémne kyslých a zásaditých banských, alebo priemyselných vôd, odpadových vôd s toxickými látkami prekračujúcimi limit toxicity, vody s nadmerným množstvom tenzidov, pesticídov, rádioaktívnych látok, OV z nemocníc, veterinárnych zariadení a kafilérií.

Výhody prírodných čistiarní odpadových vôd spočívajú v ekologickom charaktere čistiarenskeho zariadenia, možnosti začlenenia do životného prostredia, pomerne jednoduché technologické prevedenie, nižšie prevádzkové náklady, porovnateľné so strojnou ČOV, nízke prevádzkové náklady, pomerne rýchle zapracovanie, pri vhodných podmienkach rýchlo dosiahnutý čistiaci účinok, možnosť krátkodobého aj dlhodobjšieho prerušenia prevádzky, možnosť čistenia, tam kde nie je možné využiť strojové čistenie, schopnosť zvládať preťaženie balastnými vodami, možnosť využitia vôd pre zavlažovanie.

Nevýhodami prírodných spôsobov čistenia odpadových vôd sú najmä pomerne veľká náročnosť na plochu, nízka účinnosť pri odstraňovaní amoniakálneho dusíka v anaeróbnom filtračnom prostredí vegetačných čistiarní.

### 2.2.1 SEPTIK - MECHANICKÉ PREDČISTENIE

Septiky sú objekty, ktoré sú určené prevažne ku mechanickému predčisteniu odpadových vôd. Ich primárnym cieľom je zachytávanie nerozpustených látok. Zachytením nerozpustených látok a prípadnými anaeróbnymi procesmi, dôjde súčasne ku zníženiu organického znečistenia približne o 30% (podľa doby zdržania). Použitie septiku bez ďalšieho čistiaceho stupňa býva výnimočné. Za septik bývajú zvyčajne osadený zemný filter, koreňová ČOV, prípadne iné zariadenie. Dôležitým parametrom je objem septiku. Orientačne to je  $0,6\text{m}^3$  na osobu. Septiky sú dnes pre svoju jednoduchosť stále často využívané riešenie.

Okrem septikov boli vyvinuté aj čistiarne podobného princípu, teda obsahujúce sedimentačnú časť a anaeróbný, alebo anoxický filter. V zahraničí, septik v kombinácii so zemným filtrom, prípadne vegetačnou čistiarnou je bežne používaná technológia, najmä v alpskom prostredí. Európska norma pre ČOV do 50EO septiky akceptuje a septik s použitím ďalšieho stupňa čistenia je považované za zariadenie odpovedajúce parametrom čistiarne.

Nevýhodou septiku je spravidla nutnosť väčšieho objemu nádrží než u ČOV a tým aj väčšia cena. Ďalšou nevýhodou je aj nižší čistiaci účinok, a vhodné sú najmä pri nerovnomernej prevádzke. Pri vhodných podmienkach pre biologické čistenie OV je vhodnejšie voliť biologicko-mechanickú ČOV.

Pre správne fungovanie prírodných spôsobov čistenia je kľúčom kvalitné mechanické predčistenie so schopnosťou zachytávať nerozpustené látky. To môže byť docielené štandardným septikom s pridaním sitového filtra, lapákom tuku a jednoduchým mechanickým rozmeľnením.

### 2.2.2 VEGETAČNÉ KOREŇOVÉ ČISTIARNE (VKČ), ČISTIACE PROCESY A ZÁSADY USPORIADANIA

Vegetačné koreňové čistiarne (VKČ) patria medzi prírodné spôsoby čistenia odpadových vôd. Sú to umelo budované zemné filtre osadené mokradňou vegetáciou ako napríklad trst' obyčajná, chrastnica trst'ovníkovitá a pálky s definovaným filtračným prostredím. Základným princípom tohto spôsobu čistenia je prietok odpadovej vody substrátom, ktorý je osadený

mokraďnou vegetáciou. Substrát musí byť dostatočne priepustný, aby bolo zabránené jeho upchávaníu a následne povrchovému odtoku odpadovej vody.

### ***Využitie VKČ a čistiaci účinok***

VKČ sú veľmi vhodným riešením biologického čistenia odpadových vôd najmä pri prerušovanej prevádzke zdroja odpadových vôd, pri kolísaní koncentrácie a množstva odpadových vôd, pri prítoku zriedených odpadových vôd. Nerozpustené látky sú odstraňované predovšetkým fyzikálnymi procesmi filtrácie a sedimentácie. Organické látky sú odstraňované mikrobiologickými procesmi aeróbnej a anaeróbnej respirácie. Koloidné častice môžu byť odstraňované z odpadových vôd filtráciou, adsorbciou a sedimentáciou.

V určitej miere dochádza aj ku odstraňovaniu dusíka pomocou procesov amonifikácie, nitrifikácie a denitrifikácie. Odstraňovanie fosforu prebieha najmä zachytávaním na filtračný materiál, na zachytený kal, a odberom biomasy mokraďnej vegetácie. Pomocou biomasy bolo zaznamenané odstránenie aj ďalších škodlivín z odpadovej vody ako sú tenzidy, ťažké kovy, špecifické organické látky a i.. Dochádza tiež ku výraznému znižovaniu bakteriálneho znečistenia.

Podľa zozbieraných dlhodobých výsledkov vegetačných koreňových čistiarní v Českej republike vyplýva, že VKČ efektívne odstraňujú najmä organické a nerozpustené látky. Koncentrácie týchto látok bývajú pod maximálnymi prípustnými hodnotami, ktoré stanovuje NV 63/2001 Sb. v znení novely 23/2011 Sb zákonov Českej republiky.

VKČ s koreňovými filtrami, s horizontálnym podpovrchovým prúdením vody, nie sú veľmi efektívne v odstraňovaní amoniaku a fosforu. Pre odstránenie amoniaku je kritický nedostatok vzduchu vo filtračnom lôžku a problémom pri odstraňovaní fosforu je malá schopnosť bežne používaného kameniva sorbovať, prípadne zrážať fosfor. Problém s odstraňovaním fosforu je z veľkej časti odstrániteľný použitím materiálov s vyššou sorbčnou schopnosťou ako termicky expandované íly, vysokopecná struska, zeolit a i.. V tomto prípade ale je nutné sorpčný materiál ukladať do VKČ tak, aby bola možná jeho jednoduchá výmena. To môže byť zabezpečené pomocou gabiónov, vriec, a pod.. Na odstraňovaní fosforu má tiež čiastočný podiel aj sorbcia na vznikajúci kalový materiál a na kalové častice. Počas vegetačného obdobia je tak možné pri správnom odbere vegetácie odstrániť aj väčšie množstvo fosforu.

Schopnosť zachytávať mikrobiologické znečistenie je vysoké. Priemerný výskyt fekálne koliformných a koliformných baktérií bol znížený o 98% a bola potvrdená účinnosť 95 až 99% účinnosť odstránenia celkového bakteriálneho znečistenia. [4]

Vplyv vegetácie na priebeh čistiacich procesov, vrátane odberu živín, je závislý od mnohých faktorov. Medzi tieto faktory radíme druh a zdravotný stav porastu, jeho hustota a zapojenie, charakter rozvoja biomasy, aktuálna časť ročného obdobia.

Celkové hodnotenie účinnosti VKČ s horizontálnym prúdením vody v koreňovom filtru uvádza dosahuje tieto hodnoty [4]:

BSK <sub>5</sub>	85%
CHSK <sub>Cr</sub>	75%
NL	80%
N-NH <sub>4</sub>	30%
P <sub>Celk</sub>	35%

Použitím sorbentu je výrazne zvýšená účinnosť odstránenia amoniakálneho dusíka a fosforu z odpadovej vody. Sorbent je využiteľný najmä v nevegetačnom období, kedy sú podmienky nepriaznivé, ako najmä teplota pritekajúcej vody.

Pre VKČ s koreňovými filtrami s vertikálnym prúdením sú účinnosti odstraňovania znečistenia z odpadových vôd ešte vyššie. Pre amoniakálny dusík to je až 66% a pre fosfor 60%. [4]

V súčasnosti prebiehajú výskumy zamerané na intenzifikáciu čistiaceho účinku koreňových čistiacich filtrov, zameraných najmä na dusík. Ide najmä o pulzné plnenie, alebo prázdnenie využitím prídavnej aerácie. Toto usporiadanie je možné realizovať umiestnením násosky, prípadne elektricky ovládaného uzáveru do šachty na odtoku vyčistenej odpadovej vody z filtračného poľa VKČ. Ďalšou alternatívou je kaskádové usporiadanie viacerých menších filtrov, ktoré však vyžaduje svahovitý terén. Pri kaskádovom usporiadaní môže byť tiež vyhotovená úprava prítoku odpadových vôd doplnením o vyrovnávaciu nádrž s elektroventilom. Kombinácia horizontálneho koreňového filtra s kontinuálnym plnením a vertikálneho koreňového filtra s pulzným plnením je jedným z návrhov možných riešení. Problematika efektívneho odstránenia fosforu z odpadových vôd pre malé ČOV prináša

riešenie v podobe využitia nových filtračných materiálov pútajúcich fosfor vo výraznejšej miere, než bežne používané prírodné filtračné materiály.

Dôležitou otázkou pri VKČ je nevegetačné obdobie, kedy dochádza ku poklesu schopnosti odbúravania amoniakálneho dusíka. Ostatné parametre ako BSK<sub>5</sub>, CHSK, NL a mikrobiologické znečistenie sú v nevegetačnom období porovnateľné s obdobím vegetačným.

### ***Návrh VKČ - základné návrhové parametre***

Pre koreňové filtračné polia s horizontálnym prúdením je návrh potrebnej plochy podľa zaťaženia 6 - 10g BSK<sub>5</sub>.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>. Priemerná návrhová plocha pre VKČ sa v Českej republike pohybuje medzi 5 až 10m<sup>2</sup>.EO<sup>-1</sup>. Návrhová plocha 10m<sup>2</sup>.EO<sup>-1</sup> je určená najmä pri zameraníu VKČ na odstránenie amoniakálneho dusíka. V súčasnosti namiesto zväčšenia rozmeru je vhodnejšie voliť VKČ s pulzným plnením, alebo prázdnením. Optimálna hĺbka pre plnenie, alebo prázdnenie je 0,43m kedy koncentrácia kyslíka vzrastie o 3 až 5mg/l. Optimálne rozmedzie, v ktorom by plnenie, alebo prázdnenie malo prebiehať bolo stanovené na 0,4 až 0,6m. [4]

Pre koreňové filtračné polia s vertikálnym prúdením je kritické hydraulické zaťaženie. V prípade piesku frakcie 2 - 4mm, ako najčastejšie používaného kameniva, je doporučované rozmedzie 0,03-0,06m<sup>3</sup>.m<sup>-2</sup> za deň. Výška filtračnej náplne by sa mala pohybovať medzi 0,9-1,5 m. Priemerné rýchlostné konštanty úbytku znečistenia boli zistené ako 0,055-0,16m.d<sup>-1</sup> pre BSK<sub>5</sub> a 0,027-0,11m.d<sup>-1</sup> pre amoniakálny dusík.

### ***Usporiadanie vegetačnej koreňovej čistiarne***

Pri horizontálnej VKČ s podpovrchovým prúdením vytvorenie vlastného koreňového poľa spočíva predovšetkým vo vyhlbení zemnej nádrže, prípadne nádrže s čiastočným násypom. Celý výkop musí byť dostatočne zhutnený pre zabránenie neskorším deformáciám a zaizolovaný, štandardne pomocou plastovej fólie. Na zhutnený podklad je umiestnená geotextília, na ktorú je umiestnená hydroizolácia, zabezpečujúca ochranu pred UV žiarením, ozónom, starnutím a teplotným kolísaním, a tá je prekrytá opäť geotextíliou. Fólia je vyťahovaná nad prevádzkovú hladinu zakončená zahrnutím do terénu, prípadne prekrytím drnom, alebo obkladom z kameniva. Fóliu je nutné ochrániť pred mechanickým poškodením, v prípade výskytu málo priepustných ílov na mieste je ich možné nimi nahradiť fóliu.

Ako filtračné materiály sú najvhodnejšie vyplavované riečne štrkopiesky s oválnymi zrnami, prípadne drvené lomové kamenivo. Ako filtračné lôžko sú využívané hrubozrnné materiály.

VKČ s vertikálnym prúdením je obdoba horizontálneho koreňového systému, pri ktorej je smer prúdenia zvislý. Filtračný materiál býva jemnejší než u horizontálnych koreňových filtrov. V praxi je využívaný často piesok, a to vo frakciách 0-4 mm, s drenážnou vrstvou frakcie 4-8mm. Pre správnu funkciu vertikálneho koreňového filtra je kľúčový výškový rozdiel medzi prítokom a odtokom. Pre správnu funkciu je opäť dôležité čo najlepšie mechanické predčistenie, najvyužívanejší je septik. Ten chráni pred kolmatáciou, a tým napomáha biologickým a chemickým procesom prebiehajúcim vo filtri. Ďalšou kľúčovou podmienkou je rovnomerný rozvod vody do celého filtra.

Štandardne pre rozvod vody sú používané plastové potrubia (PE, PVC, a i.). Z dôvodu výškového usporiadania potrubia nebývajú ukladané do nemrznúcej hĺbky. Zamrznutiu zabraňuje izolačný obsyp. Rovnomerné rozdelenie pritekajúcich odpadových vôd z mechanického predčistenia má na starosť rozdeľovacie potrubie. Aby prívod vody bol rovnomerný a plynulý je nutné rozdeľovacie potrubie udržiavať čisté a to najmä výtokové otvory. Spôsobov rozvodu odpadovej vody je niekoľko typov. Pri vertikálnom riešení je dôležité rozviesť vodu po celom povrchu filtra, aby pod filtračnou vrstvou mohla byť zachytená a odvedená preč. Ku rozvodu vody po celom povrchu môže byť využívané perforované potrubie, to však nemusí zaručiť rovnomerné rozdelenie vody po celom povrchu. Rozvodné potrubie je veľmi problematické čistiť preto je nutné sprístupniť nielen koncové časti potrubí, ale aj stredové a počiatočné úseky. Potrubia nad filtrom bývajú často prekryté hrubším kamenivom ako spôsob ich ochrany a izolácie. To však môže byť problematické v zimnom období, kedy kamenivo nie je schopné ochrániť potrubia pred zamrznutím. Vhodným riešením je vybudovanie dvoch vrstiev potrubí, jedno na povrchu pre letnú prevádzku a ďalšie vo filtračnom lôžku pre zimnú prevádzku. Pre reguláciu hladiny sa najviac osvedčili regulačné šachtové prelivy, tvorené výškovo nastaviteľnými flexibilnými hadicami, zavesenými na nosnej konštrukcii a spodnej časti pripojenej na výpustnom potrubí. U flexibilných šachtových prelivov je nutné dbať na životnosť zavesenia a pravidelného čistenia prelivnej hrany. Iné poruchy doposiaľ neboli zistené. Regulačné zariadenia obvykle bývajú osadené v plastových šachtách. Šachty a osadzujú do výkopu na vrstvu podkladového betónu. Možné je tiež osadenie šachty na štrkopieskový základ, podľa existujúcich možností lokality.

V súčasnosti je najviac využívaným koreňovým filtrom vegetačná koreňová čistiareň s vertikálnym prúdením. Efektivita čistiaceho procesu s vertikálnym režimom je účinnejšia než s režimom horizontálnym, a to najmä v fosforu a amoniaku. Z hľadiska návrhu, výstavby a prevádzky je nutné dodržať tieto zásady:

- upraviť pôdorysné usporiadanie objektu mechanického prečistenia vôd a filtrov tak, aby sa čo najlepšie prispôbili terénnym podmienkam pri dodržaní návrhových parametrov a režimov prúdenia;
- zaistiť rovnomerné rozdeľovanie a prúdenie vody vo filtroch, vylúčiť možnosť zanášania, intenzívnej kolmatácie a zbahneniu povrchu;
- vhodným pôdorysným návrhom vylúčiť výskyt skratových prúdov vo filtroch;
- vylúčiť nárazové zanášanie filtrov povrchovými zmyvmi výstavbou záchytných priekop a kanálov v ich okolí (v závislosti na okolitých podmienkach);
- zakryť objekty stupňa mechanického predčistenia, regulačnej šachty a ďalších prípadných objektov;
- vykonávať pravidelnú kontrolu hladiny a množstva kalu v objektoch mechanického predčistenia odpadových vôd;
- vykonávať pravidelnú kontrolu odtoku;
- zaistiť pravidelnú údržbu zariadenia, kosenia trávy v okolí objektu, ošetrovanie mokradných porastov, odstraňovanie nežiadúcich druhov rastlín vo filtri. [4]

Výhodou a súčasne nevýhodou koreňových filtrov je ich rozmer. Pri havárii väčšinou nie je zasiahnutá celá plocha filtru, a tak je možné nápravu chyby vykonať lokálne. Zväčša sa jedná o chybu filtračnej náplne, ktorá je riešená výmenou chybného úseku. Ďalším problémom môže byť náhla zmena zloženia pritekajúcej vody, prípadne mechanický problém na mechanickom predčistení, alebo potrubných rozvodoch.

### 2.2.3 ZEMNÉ (PÔDNE) FILTRE

Zemné filtre sú zariadenia patriace do skupiny rovnakej ako koreňové filtre, do skupiny prírodných spôsobov čistiacej odpadové vody. Filtre môžeme podľa usporiadania rozdeliť na filtre s vertikálnym, horizontálnym a radiálnym prúdením, s vegetáciou a bez vegetácie. Výhody zemných filtrov spočívajú v:

- ekologickom charaktere zariadení;

- možnosti začlenenia do životného prostredia;
- jednoduchom technologickom vyhotovení;
- relatívne nízkych investičných a prevádzkových nákladoch;
- minimálnej, alebo nulovej potrebe elektrickej energie;
- možnostiach nárazového preťaženia;
- dobrej čistiacej efektívnosti od začiatku prevádzky;
- možnosti krátkodobého aj dlhodobého prerušenia prevádzky;
- čistenia nízkozaťažených organických vôd;

Do nevýhod zemných filtrov môžeme zaradiť:

- možnosť kolmatácie filtra;
- nižší účinok pri odstraňovaní amoniaku;
- relatívne veľká plošná náročnosť ( v závislosti od typu filtra).

Hrúbkou filtračnej vrstvy je ovplyvnená využiteľnosť ZF. Využiteľnosť môžeme rozdeliť na:

- čistenie povrchových vôd - plytké filtre 0,6-0,8m;
- čistenie OV malých producentov - stredné filtre 0,8-1,6m, pre hrúbky 0,8-1,2m sú filtre využiteľné ako druhý stupeň biologického čistenia;
- prvý stupeň biologického čistenia - viacvrstvé hlboké filtre, minimálna hrúbka 1,6m.

**Tab. 2.2.3.1 Druhy zemných filtrov podľa náplne, využitia, zaťaženia a orientačného čistiaceho účinku [4]**

Filtračné prostredie	Využitie filtrov	Zaťaženie h [m]		Čistiaci účinok [%]	
		priemerné	max.	BSK <sub>5</sub>	NL
Lahké hlinitopiesčité pôdy	dočistenie	0,005-0,015	0,020	95	98
Jemnozrnné piesky 1-2mm	čistenie	0,020-0,040	0,060	90	85
Hrubozrnné piesky 2-4mm	čistenie	0,060-0,100	0,150	80	85
Jemnozrnné piesky 1-2mm	dočistenie	0,040-0,080	0,125	80	75
Hrubozrnné piesky 2-4mm	dočistenie	0,100-0,150	0,250	75	70

Zemné filtre nepotrebujú ku svojmu správne fungovaniu vegetačné krytie, dokonca v niektorých prípadoch je priamo nechcené. Pre tepelnú izoláciu zabezpečujúcu správne fungovanie zemného filtra je dostačujúce akékoľvek krytie.

Pri čistení odpadových vôd pomocou zemných filtrov sú využívané fyzikálne, chemické a biologické procesy. Zemné filtre môžu byť úplne zakopané v zemi, prekryté vrstvou zeminy, čiastočne zakopané v zemi, prípadne ložené nad terénom. Filtre uložené majú lepšiu tepelnú izoláciu.

Filtre môžu byť využité ako dočist'ovací stupeň pri čistení odpadových vôd, alebo ako hlavný stupeň pri čistení. Pri dočist'ovacích procesoch sa využívajú jemnejšie filtračné náplne, je predpokladaná čistejšia voda s menším rizikom zanášania filtra. Zemné filtre sú väčšinou využívané ako hlavný nástroj biologického čistenia. Tak ako pri koreňových filtroch, dôležitým faktorom je kvalitné mechanické predčistenie. K tomu je opäť využívaný septik, alebo štrbinová nádrž. Ako plnohodnotné nástroj pre čistenie odpadových vôd pochádzajúcich z domu slúži napríklad kombinácia septik a zemný filter.

Podľa uskutočnených meraní v Českej republike, kvalita odtekajúcich odpadových vôd z filtra dosahuje kvalít odpadovej vody vyčistenej v mechanicky-biologickej ČOV. Z toho vyplýva, že vypúšťanie do recipientu nespôsobuje žiadne problémy, rovnako, ako vypúšťanie do verejnej kanalizácie. Podľa nameraných hodnôt boli zistené priemerne dosahované hodnoty efektivity čistenia odpadových vôd. [4]

CHSK <sub>Cr</sub>	82%
BSK <sub>5</sub>	90%
NL	83%
N-NH <sub>4</sub>	39%
P <sub>celk</sub>	47%

### ***Zemný filter - samostatná čistiaca jednotka***

Kľúčovými parametrami pri návrhu zemného filtra, ako druhého stupňa biologického čistenia s plocha filtra, hrúbka filtračnej vrstvy a hydraulické zaťaženie filtra. Za prvý stupeň sa považuje napríklad mechanické predčistenie - septik.

Hydraulické zaťaženie pôdneho filtra je závislé na zložení odpadových vôd, účinnosti predchádzajúceho stupňa čistenia, výške filtračnej vrstvy, druhu filtračnej náplne a požadovanom stupni čistenia. Pri využití filtra ako prvého stupňa čistenia je potrebné navrhnuť nižšie hodnoty a pri využití pre dočistenie, je potrebné navrhnuť hodnoty vyššie.

Zemné filtre pre čistenie a dočistenie odpadových je možné podľa spôsobu prúdenia a základného hydraulického usporiadania rozdeliť do 4 základných skupín [4]:

- vertikálny prietok v nenasýtenom filtračnom prostredí smerom dole, rovnomerné rozdelenie prítoku po celej ploche filtra, odber filtrovanej vody z dna;
- vertikálny prietok v nasýtenom filtračnom prostredí smerom dole, rovnomerné rozdelenie prítoku po celej ploche filtra, odber filtrovanej vody z výškovo nastaviteľného prelivu;
- vertikálny prietok v čiastočne nenasýtenom a prevážne nasýtenom filtračnom prostredí smerom dole, rovnomerné rozdelenie prítoku po celej ploche filtra, pulzné prázdnenie a postupné plnenie hornej časti filtračného prostredia;
- vertikálny prietok smerom dohora v nasýtenom filtračnom prostredí; alternatívne vertikálny prietok smerom dohora v nasýtenom filtračnom prostredí, pulzné prázdnenie hornej časti filtračného prostredia.

Využitie a spôsob zaťaženia pôdných filtrov priamo ovplyvňuje ich návrh a prevádzkovanie podľa nasledujúcich rozdelení [4]:

- celoročná, alebo vegetačná prevádzka;
- čistenie mechanicky predčistených vôd, alebo dočisťovanie mechanicko-biologicky čistených odpadových vôd;
- s vegetáciou, alebo bez vegetácie;
- jedno, alebo viacstupňové usporiadanie;
- rovnomerné, alebo pulzné napúšťanie, rozptyl po povrchu filtra;
- kombinácia filtračných materiálov - homogénne, heterogénne, vrstvené usporiadanie;
- rôzny spôsob regenerácie filtračných materiálov - regenerácia vrchnej vtokovej filtračnej vrstvy, celej náplne, spätný preplach, prevzdušňovanie, použitie enzýmov
- kontinuálna prevádzka, periodicky prerušovaná prevádzka so súčasným prevzdušňovaním;
- alternatívne vertikálny prietok smerom dohora v nasýtenom filtračnom prostredí, pulzné prázdnenie hornej časti filtračného prostredia;
- s umelým prevzdušňovaním;
- s vyrovnávacou nádržou umožňujúcou rovnomerné zaťaženie filtra.

Možnosti pre zlepšovanie účinnosti odstraňovania znečistenia zemnými filtrami spočívajú hlavne vo filtračných náplniach. Zlepšovanie znamená zníženie plochy filtru potrebnej na vyčistenie odpadu vytvoreného 1 EO a súčasne zlepšením parametrov účinnosti jednotlivých meraných parametrov, najmä celkový fosfor a amoniakálny dusík. Filtračné materiály k tomuto účelu sú neustále hľadané a vyvíjané. V súčasnosti veľmi dobré výsledky vykazuje vysokopecná troska, a to najmä v sorpcii fosforu. [4]

### 2.3 STROJOVÉ SPÔSOBY ČISTENIA ODPADOVÝCH VÔD

Strojové spôsoby čistenia sú rozdelené na dva základné smery. Prvý je založený na aeróbných procesoch a druhý na anaeróbných. Súčasne sa skúmajú aj ďalšie spôsoby založené na sorpcii, alebo priamej oxidácii organických látok. Súhrnne sú nazývané fyzikálno-chemické procesy. Aeróbné procesy sú v súčasnosti používané najviac. Baktérie vo forme vločiek - kalu sa vznášajú v nádrži, cez ktorú preteká odpadová voda, alebo sú zachytené na určitom nosiči. Pokiaľ sa baktérie voľne vznášajú ide o aktivačné čistiarne, v prípade nosičov hovoríme o biofilmových technológiách. Existujú tiež riešenia čistiarní kombinujúce tieto technológie. V princípe platí, že aktivačné ČOV s kalom vo vznose sú vhodnejšie pre väčšie zaťaženie a sú menej finančne náročné, než biofilmové ČOV. Najstabilnejšie riešenie, ale býva biofilmový nosič v aktivačnej nádrži, je však súčasne ekonomicky najnáročnejší.

V praxi sú využívané častejšie výrobky, alebo zariadenia na čistenie odpadových vôd využívajúce tzv. intenzívne procesy. Pre tieto procesy sú vytvorené optimálne podmienky, ktoré zvyšujú koncentráciou mikroorganizmov schopných rozkladať biologické znečistenie. Tieto podmienky môžu byť vytvorené ako v aeróbnom, tak aj v anaeróbnom prostredí. Aeróbné čistenie je intenzívnejšie a je ním dosahovaná vyššia účinnosť čistenia, no súčasne majú väčšiu spotrebu energie. Anaeróbné procesy potrebujú väčšie objemy nádrží, ale spotreba energie je nižšia, súčasne s menšou spotrebou energie.

Oba tieto procesy sú základom pre rôzne produkty, zvyčajne rozdelené podľa veľkostí. Produkty, sa ale líšia po technologickej stránke, a tiež po stránke úžitkovej hodnoty. Každá technológia má svoje prednosti aj nedostatky. Medzi hlavné výhody patria menšie nároky na priestor, jednoduchšie a efektívnejšie riešenie problémov.

Čistiarní odpadových vôd existuje mnoho druhových radov, každý so svojimi výhodami a nevýhodami. Každý technológia ČOV môže byť upravená tak, aby fungovala, ale súčasne môže byť zabezpečený opak. Základom každej čistiarne je biologický proces prebiehajúci

biologickej časti. Biologický proces sa skladá z dvoch častí. Prvou časťou je proces nitrifikácie prebiehajúci v prevzdušňovanej časti čistiarne,  $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \Rightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$ . Druhou časťou je proces denitrifikácie,  $\text{NO}_3^- \Rightarrow \text{NO}_2^- \Rightarrow \text{NO} \Rightarrow \text{N}_2\text{O} \Rightarrow \text{N}_2$ . Pokiaľ sú baktérie vo vznose ide o aktivačný proces, pokiaľ sú baktérie prisadlé na určitom nosiči ide o biofilmové procesy.

### 2.3.1 ANAERÓBNE ČOV

Táto technológia nachádza využitie najmä tam, kde objekty nie sú trvale užívané, alebo ako predčistenie pre vegetačné čistiarne. Jedná sa o jeden z najstarších spôsobov čistenia odpadových vôd, najjednoduchším predstaviteľom tejto technológie je aj septik. Vďaka výskumu a intenzifikácií anaeróbného procesu dochádza ku veľkému rozvoju tejto technológie. Výhodami je nízka spotreba elektrickej energie (v niektorých prípadoch úplne bez spotreby) a nízka produkcia prebytočného kalu.

Medzi nevýhody procesu radíme potrebu väčších objemov nádrží a nedostatočná efektivita odtokových parametrov. Pri vhodnom návrhu a konštrukčnom usporiadaní je možné dosiahnuť na odtoku hodnoty  $\text{BSK}_5$  blízke 60mg/l. Ďalšími problémami je nízka schopnosť odstránenia nutrientov a amoniakálneho dusíka. Preto je anaeróbná čistiareň zvyčajne navrhovaná s ďalším stupňom dočistenia, ako je napríklad zemný filter, v prípade menších ČOV s nerovnomerným prítokom, alebo aeróbne dočistenie v prípade väčších čistiarní odpadových vôd.

### 2.3.2 AKTIVAČNÁ ČOV

Aktivácia je proces založený výhradne na mikroorganizmoch. Baktérie sa v aktivačnom procese udržiavajú v zhlukoch vločiek, ktoré sú nazývané kal. Nato, aby aktivačný proces bol efektívny je nutné udržiavať kal vo vznose. To je docieľované prevzdušňovaním, čím súčasne je aj dodávaný kyslík do vody, ktorý podporuje metabolické procesy. Metabolické procesy vplývajú na rýchlosť spracovania živín a tým aj na množstvo tvorených baktérií, čo ovplyvňuje celkovú efektivitu čistiaceho procesu. Aktivácia je dnes jeden z najpoužívanejších spôsobov čistenia odpadových vôd. Výhodou je pomerne nízka cena ku vysokej čistiacej efektivitě. Medzi nevýhody patrí nestabilita a náchylnosť ku rozpadu vločiek v prípade nerovnomerného prítoku surových odpadových vôd, problematika pri nízkom znečistení odpadových vôd. Nevýhodou môže byť nutnosť potreby elektrickej energie, bez ktorej nie je možné efektívne prevzdušňovať vodu. Dôležitým parametrom je

aj veľkosť prevzdušňovacích otvorov, ktorými prúdi do vody vzduch. Najefektívnejšou je jemnobublinová aerácia, pri ktorej je veľkosť otvorov do 2mm. Účinnosť aktivačného procesu je ďalej závislý na pomere hmotnosti kalu na jednotku privádzaného znečistenia. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené priemerné koncentrácie určitých parametrov znečistenia v závislosti na pomere privádzaného znečistenia ku množstvu kalu v aktivácii.

**Tab. 2.3.2.1 Orientačné hodnoty koncentrácií znečistenia v odtoku z aktivačnej ČOV v závislosti na pomere aktivovaného kalu a znečistenia**

Spôsob čistenia	BSK <sub>5</sub> (mg/l)		CHSK (mg/l)		NL (mg/l)		P <sub>celk</sub> (mg/l)		N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	
	Priem.	Max.	Priem.	Max.	Priem.	Max.	Priem.	Max.	Priem.	Max.
Aktivácia Bx=0,05 kg/kg.d	10	15	50	75	10	15	-	-	3	10
Aktivácia Bx=0,15 kg/kg.d	12	20	60	90	20	30	-	-	5	10
Aktivácia Bx=0,05 kg/kg.d + biol. dočist'. nádrž	10	15	55	75	5	10	2,0	3,0	5	10
Aktivácia Bx=0,05 kg/kg.d + mikrofiltrácia	8	15	50	75	2	10	-	-	5	10
Aktivácia Bx=0,05 kg/kg.d + piesková filtrácia	6	12	45	70	2	10	-	-	5	10

### 2.3.3 BIODISKOVÉ ČOV

Tieto sú čistiarňami, pri ktorých disky sú osadené na ose, ktoré tvoria rotor. Rotor je čiastočne ponorený, a pri otáčaní sa disky striedajú nad a pod vodou. Na diskoch sú prisadlé mikroorganizmy, ktoré vykonávajú čistiaci proces. Prenos kyslíka do vody je minimálny, a tak sa vo vode vyskytuje len málo kalových vločiek vo vznose. V súčasnosti využitie tejto technológie je minimálne, výhodou je malá spotreba elektrickej energie, nevýhodou veľká citlivosť na zmenu teplôt, možnosť využitia len pri nízkom zaťažení. Použitím pri znečistení odpadových vodách do 100mg/l je ČOV schopná dosahovať hodnoty na odtoku pod 10mg/l, čo by pri aeróbných ČOV bolo problematické.

#### 2.3.4 BIOFILTRE

Biofiltry využívajú nárastu kultúr. Patrí ku tradičným spoľahlivým spôsobom čistenia, s možnosťou umiestnenia do betónových nádrží s veľmi nízkou produkciou kalu. Nevýhodou sú horšie výsledky na odtoku, než u každého iného aeróbného čistenia odpadových vôd, najmä v oblasti amoniakálneho dusíku. V Českej a Slovenskej republike využitie biofiltrov nie je veľmi rozšírené. Prednosť bola daná jednoduchším a ekonomicky menej náročným riešeniam.

#### 2.3.5 SBR

ČOV tohto sú špeciálny druh čistiarní, kedy aktivačný proces aj proces separácie, prebieha v rovnakej nádrži so striedavou prevádzkou. Vo fáze, kedy voda nenateká, priestor nie je prevzdušňovaný a kal sedimentuje, u hladiny sa vytvára vrstva vyčistenej vody, ktorá je odoberaná. U malých čistiarní, v prípade kvalitného návrhu patrí tento systém ku jednému z najkvalitnejších. Výhodou je nepotrebnosť dosadzovacej nádrže. Nevýhodami, sú nutnosť nádrže pre surové odpadové vody, ktoré pritekajú v procese čistenia a naddimenzovanie aktivačnej nádrže, čím dochádza aj ku nárastu ceny.

#### 2.3.6 KOMBINÁCIA AKTIVÁCIE A PRISADLÝCH KULTÚR

Kombináciou aktivačných procesov a prisadlých kultúr na konštrukcii dochádza ku spojeniu výhod poskytovaných týmito technológiami. Medzi výhody patria: menšia produkcia kalu, širšia rozmanitosť bakteriálnych kultúr, a tým odstraňovanie väčšieho rozsahu znečistenia. Doplnenie konštrukcie pre prisadlé kultúry do nádrže funguje tiež ako intezifikačné riešenie.

#### 2.3.7 TECHNOLOGIE PRE VYŠŠÍ ČISTIACI ÚČINOK

V niektorých prípadoch čistenia odpadových vôd je nutné siahnuť na pokročilejšie metódy zabezpečujúce vyšší čistiaci účinok. Možností využívaných technológií je viacej, napr. UV žiarenie, ozonizácia, chlórovanie, filtrácia cez rôzne materiály, alebo membránové technológie ako MBR a MBBR.

##### *Technológie pre vyšší čistiaci účinok - dezinfekcia*

Pri UV žiarení sú využívané výkonné UV lampy, ktoré dezinfikujú vodu. Sú využívané ako terciálne dočistenie, teda pred ožiareníím sa nachádzajú dva ďalšie stupne čistenia. Na rovnakom princípe funguje aj chlórovanie a ozonizácia. Ožarovanie UV lampou prebieha v malých potrubíach, ktoré sú ožarované, čím je voda dezinfikovaná. Ozonizáciou je do vody

dopravovaný ozón. Pri chlórování je do vody dopravovaný chlór, jeho výhodou je zostatková koncentrácia chlóru, ktorá udržuje vodu po určitý čas dezinfikovanú.

### ***Technológie pre vyšší čistiaci účinok - filtrácia***

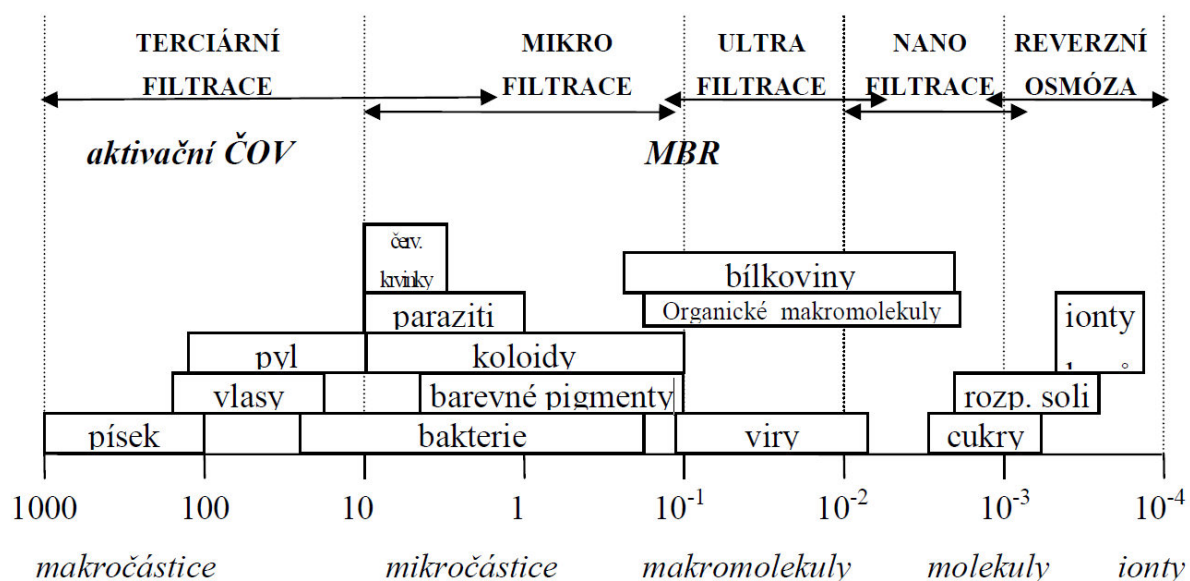
Filtráciou sa zbavujeme najmä nerozpustených látok, v prípade biologických filtrov dochádza sa vytvorí na filtračnom povrchu vrstva baktérií čistiacich vodu. Filtračných materiálov je obrovské množstvo. Môže sa jednať o prírodné materiály ako piesky rôznych frakcií, prípadne pokročilejšie materiály určené pre odstraňovanie špecifických látok.

### **2.3.8 MEMBRÁNOVÉ ČISTENIE ODPADOVÝCH VÔD**

Cieľom membránového čistenia odpadových vôd je eliminovať obmedzenia nachádzajúce sa pri biologickom čistení so separáciou kalu v sedimentačných nádržiach. Kvalita vyčistených odpadových vôd je ovplyvňovaná najmä množstvom nerozpustených látok na odtoku, obsahom biochemicky neodbúrateľných látok, zachytenie bežných patogénnych organizmov. Využitie membrán môže byť ako technológia pre separáciu aktivovaného kalu, ako terciálne dočistenie za dosadzovacími nádržami, alebo začlenenie priamo do čistiaceho reaktoru (MBR). Technológia MBR zaznamenala značný ohlas z dôvodu výrazného zníženia výskytu patogénov na odtoku, a tiež pre 100% zachytenie aktivovaného kalu v aktivačnej nádrži čím dochádza k výraznému navýšeniu koncentrácie kalu v aktivačnej nádrži. [5]

Princíp membránového čistenia spočíva v separácii biomasy od odpadovej vody pomocou membránových modulov. Membrány slúžia ako bariéra pre kal, nerozpustené častice a baktérie. To vedie ku zlepšeniu kvality odpadovej vody na odtoku v porovnaní s konvenčnou metódou separácie.

Ako bolo spomenuté, hlavnou úlohou je separácia kalu od odpadovej vody. Filtračné technológie z hľadiska veľkosti separovaných častíc sú rozdeľované na štandardnú filtráciu, mikrofiltráciu, ultrafiltráciu, nanofiltráciu a reverznú osmózu. Separačné schopnosti jednotlivých technológií sú uvedené v tabuľke pod textom.



Obr. 2.3.1 Prehľad zachycovaných častíc v závislosti na veľkosti pórov [5]

Medzi výhody membránových technológií oproti technológiám konvenčným patrí [5]:

1. Menšie požiadavky na priestor nádrží - bez nutnosti dosadzovacích nádrží,
2. Možnosť prevádzky s koncentráciou kalu 10 - 15kg/m<sup>3</sup>,
3. Možnosť recyklácie vody - najmä šedej vody, zachycovanie patogénov a vírusov,
4. Možnosť intezifikácie ČOV,
5. Kvalita kalu nemá vplyv na separačnú účinnosť.

Do nevýhod membránových technológií je možné zaradiť [5]:

1. Vyššie prevádzkové a realizačné náklady než pri konvenčných ČOV,
2. Nutnosť vybavenia ČOV chemickým hospodárstvom pre regeneráciu membrán,
3. Životnosť membrán.

Priemerne dosahované parametre vody na odtoku dosiahnuteľné membránovou technológiou sú veľmi priaznivé. V prípade nižšieho látkového zaťaženia (pod približne 0,08 kg/kg.d) prebieha nitrifikácia, a v prípade zaradenia anoxickej zóny prebieha súčasne aj odstránenie celkového dusíka. Pre odstraňovanie fosforu je možné použitie dávkovania anorganických solí. [5]

## 2.4 KALOVÉ HOSPODÁRSTVO

Kalové hospodárstvo je samostatná oblasť činností, ktorých rozsah je porovnateľný s procesmi čistenia odpadových vôd. Návrh čistenia odpadových vôd vo vysokohorských

oblastiach, by nemohol byť kompletný bez aspoň konceptuálneho návrhu kalového hospodárstva. Kalové hospodárstvo má dve základné úlohy, prvou je stabilizácia kalu a tou druhou je jeho ďalšie spracovanie. Tieto dva procesy sa navzájom môžu prekryvať, pri využití niektorých technológií.

Kal, ktorý má byť spracovaný pochádza primárne z dvoch zdrojov. Prvým zdrojom je primárny kal pochádzajúci najmä zo septikov, lapákov tukov, ktoré fungujú ako mechanické predčistenie. Primárny kal sa skladá z tukov, spodných sedimentov septikov a žúmp, zachytených zvyškov jedla, toaletného papiera, zvyškov fekálií a toaletných potrieb. Sekundárny kal je kal tvorený biologickým stupňom čistenia, kal zachytený na filtroch, sitách, zvyškový odpad zo suchých toaliet.

Stabilizácia kalu je proces, pri ktorom sa kal stáva hygienicky nezávadný, prebiehajúce biologické procesy v ňom sú zastavené, je nepáchnuci a ľahko odvoditeľný. Vo vysokohorskom prostredí pokročilé metódy stabilizácie kalu nie sú preferované. Väčší dôraz sa kladie na dostatočný objem kalovej nádrže.

Priamy rozptyl kalu, prípadne iný spôsob jeho zbavenia sa vo vysokohorskom prostredí nie je vždy možný. Mohlo by tým dôjsť ku narušeniu hlavného princípu čistenia odpadových vôd, nutrienty by sa voľne dostávali do prostredia kde sa voľne nenachádzajú a kam nepatria. Kal je nutné prepraviť na miesta kde to možné je, spravidla do nižšie položených oblastí. Pretože existujú vysokohorské objekty, kde letecká, automobilová, alebo lanovková doprava nie je dostupná, preprava kalu musí byť zabezpečená človekom. Z týchto dôvodov sa cieľom spracovania kalu vo vysokohorskom prostredí stáva minimalizácia jeho objemu a váhy a zabránenie jeho voľnému šíreniu v prostredí. Logickým spôsobom zníženia objemu a váhy kalu je najmä minimalizovanie množstva vody nachádzajúcej sa v kale - sušenie.

#### 2.4.1 STABILIZÁCIA A ODVODŇOVANIE KALU

Ku stabilizácii kalu sú používané rôzne technológie. Každá technológia má svoje výhody, nevýhody a súčasne aj svoje obmedzujúce podmienky kedy je a nie je využiteľná. Medzi použiteľné technológie môžeme zaradiť nízkozaťažené vyhnívanie kalu, kompostovanie, aeróbnu stabilizáciu, odvodňovacie rákosové polia, ornicoťvorné kalové polia a chemická stabilizácia.

### ***Nízkozat'ažené vyhnívání kalu***

Je to typ vyhnívacieho procesu, pri ktorom kal je stabilizovaný prirodzeným procesom. Najčastejšie dej vo vysokohorskom prostredí prebieha vo viackomorových nádržiach. Za ideálnych podmienok sú nádrže vyhrievané a čo najtesnejšie uzavreté, aby mohol prebiehať proces metanizácie. Vo vysokohorskom prostredí je to často používaný, ekonomicky nenáročný proces, ale ideálnych podmienok býva dosiahnutých len v minime prípadov. Kal štandardne vyhníva bez dodávania žiadnej externej tepelnej energie v síce zakrytých, ale neutesnených nádržiach. Teplo vzniká prirodzene v nádržiach pri samotnom procese vyhnívania, čím sa kal stabilizuje. Tento proces čiastočne prebieha aj v nádržiach od suchých toaliet, žump a pod., avšak častá zmena teplôt tento proces narušuje. Pri ideálnych podmienkach proces stabilizácie by mal trvať najmenej 20 až 30 dní, vo vysokohorskom prostredí to môže byť dvoj až trojnásobok. Za nevýhody tohto procesu sa považuje potrebný objem kalovej hmoty a relatívne dlhá doba stabilizácie kalu, aj keď vo vysokohorskom prostredí doba stabilizácie nepatrí medzi kľúčové faktory. [6]

### ***Kompostovanie***

Kompostovanie ako spôsob stabilizácie kalu, je možné využiť len v prípade schopnosti splniť podmienky nutné pre správne fungovanie procesu. Do týchto podmienok patrí najmä:

- Dostatočné odvodnenie kalu;
- prístup vzduchu;
- prívod tepelnej energie.

Na zabezpečenie prívodu vzduchu je dostatočné aj primiešavanie materiálov ako napríklad slama, ale aj kôra citrusových plodov, ktorá čiastočne absorbuje vlhkosť, a tým umožňuje jednoduchší prestup vzduchu. Pre lepší a rovnomernejší priebeh procesu je vhodné kompostovaný kal prevracat', veľmi dôležité, najmä vo vysokohorských oblastiach je zabezpečenie prívodu tepla ku kompostovanému kalu. Priemerná nízka teplota spomaľuje, alebo úplne zastavuje proces kompostovania, čím nedochádza ani ku dostatočnej stabilizácii kalu. Ako zdroj tepla je možné využiť solárnu energiu. Ďalším problémom vznikajúcim pri kompostovaní je zápach. Ten vzniká najmä pri nedokonalom procese kompostovania, ku jeho minimalizácii je možné použiť senný prach, ktorého výrazná aróma zápach prekrýva. [6]

### ***Aeróbná stabilizácia***

Základnou podmienkou pre aeróbnú stabilizáciu je zabezpečenie umelého prívodu vzduchu. Z toho vyplýva potreba elektrickej energie pre proces. Výhodami aeróbnej stabilizácie je možnosť priameho vplyvu na proces (úprava množstva dodávaného vzduchu), kratšia doba stabilizácie než pri nízkozaťaženom vyhnívaní. Aerácia prebieha v nádržiach, v ktorých sú na dne namontované aeračné elementy. Inštaláciou aeračných elementov súčasne rastú investičné náklady. Ideálna doba stabilizácie kalu sa pri teplotách okolo 20°C je minimálne 60 dní. Medzi nevýhody sa radí najmä potreba elektrickej energie, teda vyššie investičné aj prevádzkové náklady. [6]

### ***Vegetačné odvodňovacie polia***

V prípade menšej pravidelnej produkcie kalu je možné využiť vegetačné riešenia. Jedným z takýchto riešení je rákosné odvodňovacie pole, kedy do rákosného poľa je na filtračnú vrstvu pravidelne nanášaná tenká vrstva kalu. Kalová voda, cez filtračnú vrstvu odteká ku koreňom rákosia, kal je prevzdušňovaný, a pomocou slnečného žiarenia z hornej vrstvy vysušovaný. Výsledná kalová sušina má približne 50%, a objem kalu je zredukovaný na 10%. Medzi ďalšie výhody je možné zaradiť minimálne náklady na elektrickú energiu a celkovú prevádzku. Fungovanie jedného odvodňovacieho poľa trvá približne 8-12 rokov. [7]

Podobnou alternatívou sú ornicoťvorné polia. Čiastočne aeróbne, alebo anaeróbne stabilizovaný kal je v tenkých vrstvách nanášany na polia, na ktorých je nasadené rákosie. Podľa požadovanej kvality ornice je po určitom čase voda z poľa vypustená a biomasa spolu s kalom vysušená. Výsledným produktom je ornica.

### ***Chemická stabilizácia***

Chemická stabilizácia v princípe znamená zvýšenie pH nad 11, kedy dochádza ku ničeniu patogénnych organizmov. Najčastejšie používaný je oxid vápenatý a hydroxid vápenatý. Doba, počas ktorej by pH kalu nemalo klesnúť pod 11 sú aspoň 2 hodiny. Oxid vápenatý je využívaný najmä na postabilizáciu, kedy pri zmiešaní s kalom vzniká termická reakcia, pri ktorej je dosahovaných teplôt 50-80°C. Takto hygienizovaný kal je možné rôzne využiť bez väčších obmedzení.

### ***Odvodňovanie kalu pomocou vymrazovania***

Odvodňovanie kalu pomocou vymrazovania je proces ktorý sa skladá z dvoch častí. Prvou časťou je zmrazenie kalu a to druhou je jeho rozmrazenie. Pri procese zmrazenia kalu dochádza v kale ku niekoľkým zmenám. Pevné častice kalu sú stlačované, jednotlivé častice tuku sa zhlukujú a pokiaľ sa v kale nachádzajú pevné materiály ako zemina a piesok ich štruktúra je pomalým mrznutím narušovaná čo spôsobuje lepšie odvodnenie kalu. Prakticky to znamená, že kalová voda sa pri zamrznutí už čiastočne separuje a voda je z kalu vytlačovaná a pri procese rozmrazovania odteká ako prvá a pevné častice zostávajú zoskupené. V laboratórnych podmienkach bolo zistené že teplota vhodná pre vymrazovanie kalu je  $-10^{\circ}\text{C}$  a 1 vymrazovací cyklus dokáže odstrániť približne 60% vody z kalu. Ďalšie cykly vymrazovania následne odstránili už len ďalších 6-8% vody. V laboratórnych podmienkach bol čas vymrazovania a topenia stanovený na 24 hodín. [8]

Podobný princíp je možné aplikovať pri vymrazovaní moču. Zlúčenina vplyvom chladu začne prechádzať zo stavu tekutého do stavu pevného pretváraním nepravidelnej mriežky tekutiny do pravidelnej štvorstenej mriežky, začne teda kryštalizovať. Počas pomalého vymrznutia voda vytvára čistý ľad a ióny soli sú z tohto procesu čiastočne vynechávané. Rýchlosť procesu kryštalizácie určuje množstvo iónov soli zachytených v ľade. S vyššou rýchlosťou procesu kryštalizácie, rastie množstvo iónov zachytených v ľade. Pri procese rozmrazovania je rýchlosť topenia rovnako dôležitá. Z ľadu sú ako prvé uvoľňované práve ióny solí pred molekulami vody, a pri dostatočne pomalej rýchlosti k ich separácii je potrebná len gravitácia. Koncentrovaný oš pre svoju vyššiu hustotu od vody zostáva sedimentovaný na dne a opakovaný proces jeho zmrazovania a topenia zaistí väčší separačný účinok. Dôležitým riešením pri využití tohto procesu je oddelenie moču od vody po jeho odseparovaní. [9]

Vo vysokohorských podmienkach zabezpečenie laboratórnych podmienok nie je možné, dĺžka vymrazovania kalu je stanovená na celé zimné obdobie. Teplota vymrazovania bude závislá od veľkosti snehovej vrstvy, ktorá bude fungovať ako izolant udržiavajúci konštantnú teplotu. V najhoršom prípade bude snehová pokrývka vytvorená v počiatočných zimných mesiacoch a teplota sa bude pohybovať blízko bodu mrazu. Teplota blízka bodu mrazu je o trochu vyššia než laboratórne zistená ideálna teplota, ale tento fakt by mal byť vykompenzovaný dlhším pôsobením mrazu a horšie výsledky nie sú predpokladané. [8]

### 2.4.2 ĎALŠIE SPRACOVANIE KALU

Ako ďalšie spracovanie kalu je možné chápať konečné riešenia spracovania kalu. V prípade, že s transportom kalu nie je problém, a je to ekonomicky efektívne stabilizovaný kal je možné prepraviť na najbližšiu ČOV, kde bude spracovaný s ostatným kalom. Ekonomická efektivita procesu je daná najmä váhou stabilizovaného kalu a tá závisí najmä od percenta sušiny kalu. V prípade, že preprava kalu je možná len ľudskou silou, alebo je ekonomicky nevýhodná okrem vysušenia kalu je vhodné čo najviac kal spracovať vo vysokohorskom objekte, napríklad spaľovaním.

Pri spaľovaní je objem kalu výrazne redukovaný, spálených je približne 70% hmotnosti, 30% zostáva vo forme popola a množstvo ostatného odpadu nutného pre prepravu do nižšie položených oblastí je niekoľkonásobne vyšší. Súčasne pri dostatočnom vysušení, je možné kal použiť ako palivo. Kal na kilogram sušiny má približne dvojnásobnú hodnotu výhrevnosti v porovnaní s drevom. Problematické u kalu je ale dosiahnutie 100% sušiny na kg. Pri anaeróbne stabilizovanom kale sa výhrevnosť pohybuje medzi 22,1-24,4 MJ/kg organickej sušiny. [10]

## 2.5 RIEŠENIA POUŽITÉ V ZAHRANIČÍ

### 2.5.1 OBJEKT - NEUE MONTE ROSA-HUTTE

Poloha objektu je vo Švajčiarsku, kantón Wallis, na úpätí ľadovca. Nadmorská výška hotelu je 2 883 m n. m.. Kapacita reštaurácie je 120 ľudí, dodatočná terasa pre 60 ľudí. Ubytovacia kapacita hotela je 250 ľudí. Hygienické zariadenia pozostávajú zo 6 WC, 3 pisoárov, 4 spích pre hostí a 1 sprchy pre zamestnancov. Elektrická energia je získavaná z fotovoltaických článkov s kapacitou 15,6 kW (pri špičkovom výkone), objem zásobníka na vodu je 200 m<sup>3</sup>, časť vody je recyklovaná. [11]

#### *Čistenie vody v extrémnych podmienkach*

Objekt je vybavený MBR technológiou pre recykláciu použitej vody. Podobná technológia využitia vôd bola aplikovaná aj na objekte pri Malom Matterhorne. [11]

#### *Miestne podmienky*

Stavby vo vysokohorskom prostredí sú väčšinou samostatné objekty, nachádzajúce sa v ekologicky citlivých oblastiach. Z toho dôvodu vyplývajú aj náročné okrajové podmienky [11]:

- problematická dostupnosť objektu;
- obmedzený priestor a vysoké stavebné náklady
- krátka sezóna - väčšinou 6 mesiacov
- nerovnomerná návštevnosť, aj počas sezóny obmedzená počasím
- obmedzené energetické zdroje
- obmedzené nakladanie s odpadmi
- vysoká koncentrácia odpadových vôd

MBR technológia je vhodná najmä pre splňovanie viacerých okrajových podmienok v štandardnej úprave.

#### *Čistiaci proces*

Na hotely Monte Rosa je potreba vody pokrytá z topiaceho sa ľadovca. Voda je zachytávaná v kaverne a odtiaľ privádzaná na hotel. Odpadová voda na čistiareň odpadových vôd je privádzaná dvomi spôsobmi. Prvým je prívod z kuchyne cez lapák tukov, špeciálnou konštrukciou do nátokového zásobníku. Do zásobníku je tiež privádzaná tiež odpadová voda

z WC a spřch. Zásobník slúži ako ku hydraulickému, tak aj k látkovému vyrovnaniu nerovnomerného prítoku. Voda je dávkovaná cez sito na biologické čistenie. Po biologickom čistení je voda filtrovaná cez membrány. Na membránach sú zachytávané nerozpustené látky, mikroorganizmy a patogénne vírusy. Voda vyčistená pomocou MBR technológie následne môže byť spätne využívaná na ku splachovaniu, alebo na pranie. Vzniknutý prebytočný kal je zachytávaný do polystyrénových vriec a odvážaný na mestskú čistiareň v blízkom okolí.

Podstatným faktorom je tiež energetické hľadisko prevádzky ČOV. V budúcnosti je naplánovaný energetický audit čistiarne. Dôležitým faktorom je optimalizácia fotovoltaiických článkov a ich akumulátorov, a tiež sledovanie predpovede počasia, aby mohla byť dosiahnutá maximálna efektivita. [11]

### ***Technické parametre ČOV***

Typ ČOV:	Biologická ČOV s mechanickým predčistením a MBR filtráciou
Ubytovaní hostia za sezónu:	5000
Ubytovacia kapacita:	120 osôb
Veľkosť ČOV:	55 EO
BSK <sub>5</sub> na nátok:	3,5 kg/d
Denné množstvo vody:	3,5 m <sup>3</sup> /d
Čistiaci proces:	Denitrifikácia a aeróbna stabilizácia kalu
Vyrovňavacia nádrž:	3 m <sup>3</sup>
Predčistenie:	Sito, 1mm
Objem biologickej nádrže:	5,5 m <sup>3</sup>
Membrány:	doskový model, SiClaro FM622, 50m <sup>2</sup>
Zásobní vyčistenej vody:	1,5 m <sup>3</sup>
Minimálna potreba priestoru:	23,5 m <sup>2</sup>
Spotreba energie:	3,7 kW (maximálna spotreba)
Napätie:	220 V
Teplota vody:	10-30 °C [11]

## ***Popis technológie***

Použitá voda priteká do zásobnej nádrže. Odpadová voda z reštaurácie preteká cez lapák tukov a následne je predčistená na jemných hrabliciach. V biologickej časti prebieha denitrifikácia, nitrifikácia a membránová filtrácia. Vyčistená voda je akumulovaná, časť je recyklovaná a prebytok odteká do terénu. Kal je odvodnený v polystyrénových vrecových filtroch pomocou pridaného polyméru.

## ***Záver***

V prípade hotelu Neue Monte Rosa-Hutte bolo vybrané extenzívne riešenie čistenia odpadových vôd namiesto prírodného riešenia. Čistenie prebieha pomocou MBR technológie a vyčistená voda je spätne využívaná. Pretože kalové hospodárstvo je riešené aeróbnou stabilizáciou kalu a následne transportom na neďalekú mestskú ČOV. Z dlhodobého hľadiska by mohlo byť ekonomicky vhodnejšie ďalšie spracovanie kalu pre zvýšenie množstva transportovaného kalu na mestskú ČOV.

## **2.6 ČISTENIE ODPADOVÝCH VÔD V ZAHRANIČÍ**

Čistenie odpadových vôd v horských oblastiach Alpského masívu je ďaleko rozvinutejšie než technológie používané na území Českej a Slovenskej republiky. Dôvody pre tento stav sú:

- väčšia hustota trvalo žijúceho obyvateľstva vo vyšších nadmorských výškach;
- Alpy sa rozprestierajú na nezanedbateľných častiach územia krajín Švajčiarsko, Francúzsko, Rakúsko, Taliansko, Nemecko a Lichtenštajnsko, tým vznikla nutnosť pre ľudí začať využívať prostredie trvalo udržateľným spôsobom;
- väčšie lokálne zaťaženie v jednotlivých rekreačných strediskách a zvyšovanie kapacity existujúcich ČOV bez väčších možností priestorového expandovania;
- lepšia dostupnosť technologických podmienok vo vyšších nadmorských výškach (elektrická energia, vodné zdroje, doprava materiálu a zásob pomocou leteckej, lanovkovej, alebo inej mechanizovanej dopravy);
- rovnako prísne, alebo prísnejšie parametre kvality vypúšťaných vôd;
- menej zbytočného obmedzovania zo strany ochranárskych organizácií, vysokohorské oblasti nespádajúce do národných parkov, ani iných chránených oblastí;
- výskum technológií pre čistenie odpadových vôd s priamym zameraním na vysokohorské prostredie;

- väčšie investovanie financií do technológií pre čistenie odpadových vôd.

Čistenie odpadových vôd v Alpách sa nezameriava len na moderné technológie ako MBR, rôzne spôsoby prevzdušňovania a flotácie, kde je potrebná elektrická energia, letecká, alebo mechanická doprava nie je problémom, a je možná aj výraznejšia stavebná činnosť. V alpských oblastiach sú vo veľkej miere využívané aj prírodné spôsoby čistenia odpadových vôd. V prípade, že sa chata nachádza na ťažko prístupnom mieste, a súčasne sú podmienky vhodné pre priame vypúšťanie biologického odpadu do prírody bez zanechania trvalých následkov, je možné vytvoriť výnimku legislatívnu výnimku povoľujúci takéto čistenie odpadových vôd. Súčasne sú však hľadané spôsoby čistenia odpadových vôd a spracovania kalu s minimálnou, alebo žiadnou spotrebou elektrickej energie, ako sú napríklad solárne kalové skleníky, maximalizácia využitia energie z obnoviteľných zdrojov, nové postupy pri anaeróbnom čistení, výskum nových tvarov, technológií a materiálov pri vertikálnych koreňových čistiarňach. Ďalším dôležitým faktorom je aj miera výskumu nových technológií určených pre čistenie komunálnych odpadových vôd v jednotlivých krajinách, do ktorých Alpy zasahujú a skúmanie možností ich aplikácie pre čistenie odpadových vôd vo vysokohorskom prostredí.

## **3 ČISTENIE ODPADOVÝCH VÔD VO VYSOKÝCH TATRÁCH**

### **3.1 CHARAKTERISTIKA OBLASTI**

Pohorie Vysoké Tatry sú súčasťou Karpát. Sú súčasne jeho najvyššou časťou. Celková rozloha Karpát je 210 000 km<sup>2</sup> a s dĺžkou približne 1500 km. Vysoké Tatry z toho majú rozlohu 341 km<sup>2</sup> a dĺžku hrebeňa 14 km. Najvyšším vrcholom je Gerlachovský štít s nadmorskou výškou 2655 m n. m.. Nachádzajú sa na severnej časti Slovenska a zasahujú aj do Poľska. Vysoké Tatry od roku 1948 patria do Tatranského národného parku (TANAP). [12]

Z geologického hľadiska Vysoké Tatry sú jadrové pohorie. Ich geologické zloženie je tvorené najmä granitoidmi a kryštalickejšími bridlicami. [12]

Na modelácii terénu sa podieľala striedavá ľadovcová činnosť (začiatok približne pred 1,8mil. rokov, koniec pred 17000 rokmi). Vo Vysokých Tatrách pramení niekoľko riek, väčšie objemy vôd sú zadržované najmä v plesách. Aj keď hranica stáleho snehu začína od približne 2500 m n. m. vo Vysokých tatrách sa sneh mimo zimné obdobie zdržuje len vo vyššie položených údoliach (približne 2200 m n. m.), na tienistých miestach, a to len v prípade chladnejších letných období. [12]

Vegetační stupne vo Vysokých tatrách sú delené do týchto piatich skupín [12]:

- Podhorský - submontánný stupeň (500 až 900 m n. m.);
- Horský - montánný stupeň (900 až 1500 m n. m.);
- Podhôľny - subalpínsky stupeň (1500 až 1850 m n. m.);
- Hôľny - alpínsky stupeň (1850 až 2300 m n. m.);
- Podsnežný - subniválny stupeň (2300 až 2655 m n. m.).

Pre potreby čistenia odpadových vôd vo vysokohorskom prostredí sú podstatné najmä stupne subalpínsky, alpínsky a subniválny.

### 3.1.1 SUBALPÍNSKY STUPEŇ

Začína od výšky približne 1500 m n. m. a končí približne vo výške 1850 m n. m.. Charakteristickým pre tento stupeň je súvislý výskyt kosodrevinového porastu, ostatná vegetácia subalpínskeho stupňa je relatívne chudobná, s výnimkou okolia horských potokov, v žľaboch a skalných miestach. [13]

### 3.1.2 ALPÍNSKY STUPEŇ

Začiatok alpínskeho stupňa je približne vo výške 1850 m n. m., nadväzuje na subalpínsky stupeň. Hornou hranicou alpínskeho stupňa je výška približne 2300 m n. m.. Typické pre tento stupeň sú alpínske lúky, vplyvom drsného počasia vo Vysokých Tatrách, nedokážu tu už rásť žiadne dreviny. Rastlinstvo je na žulovom podklade chudobné a fádne. Antropogénny vplyv na tomto stupni je minimálny s výnimkou husto navštevovaných turistických destinácií. Vplyv je viditeľný najmä tvorbou odpadkou v okolí turistických chodníkov. [13]

### 3.1.3 SUBNIVÁLNY STUPEŇ

Tento stupeň je najvyšším vegetačným stupňom vo Vysokých Tatrách. Stupeň začína v nadmorskej výške približne 2300 m n. m.. Vegetácia je chudobná, bez súvislejšieho vegetačného krytu. Výraznejšie zastúpenie je len u lišajníkov. Antropická činnosť sa prejavuje opäť len bodovým znečistením v oblastiach významného turistického ruchu. [13]

## 3.2 LEGISLATÍVA

Limitné hodnoty ukazovateľov kvality vypúšťaných odpadových vôd v Slovenskej republike sú viazané na nariadenie vlády č. 491/2002. Nariadenie vlády vychádza z §78 ods. 1 písm. A) a b) zákona č. 184/2002 Z. z. o vodách a o zmene a doplnení niektorých zákonov (vodný zákon). Limitné hodnoty ukazovateľov sú pre ČOV v národných parkoch a chránených krajinných oblastiach rovnaké ako mimo nich. V nasledujúcich tabuľkách sú uvedené limitné hodnoty pre čistiarne odpadových vôd podľa kapacitných kategórií. Pretože priemerná veľkosť horských ČOV nepresahuje 50 EO, v tabuľkách sú uvedené práve hodnoty pre tieto veľkosti.

### 3.1.3.1 Limitné hodnoty pre splaškové vody a komunálne odpadové vody vypúšťané do povrchových vôd

Veľkosť zdroja [EO]	CHSK <sub>Cr</sub> [mg/l]		BSK <sub>5</sub> [mg/l]		NL [mg/l]		N-NH <sub>4</sub> [mg/l]		N <sub>celk</sub> [mg/l]		P <sub>celk</sub> [mg/l]	
	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m
<50	-	-	40	70	-	-	-	-	-	-	-	-

### 3.1.3.2 Limitné hodnoty pre splaškové odpadové vody a komunálne odpadové vody vypúšťané do podzemných vôd

Veľkosť zdroja [EO]	BSK <sub>5</sub> [mg/l]		NL [mg/l]	
	p	m	p	m
<20	25	50	25	50
20 - 50	20	40	20	40

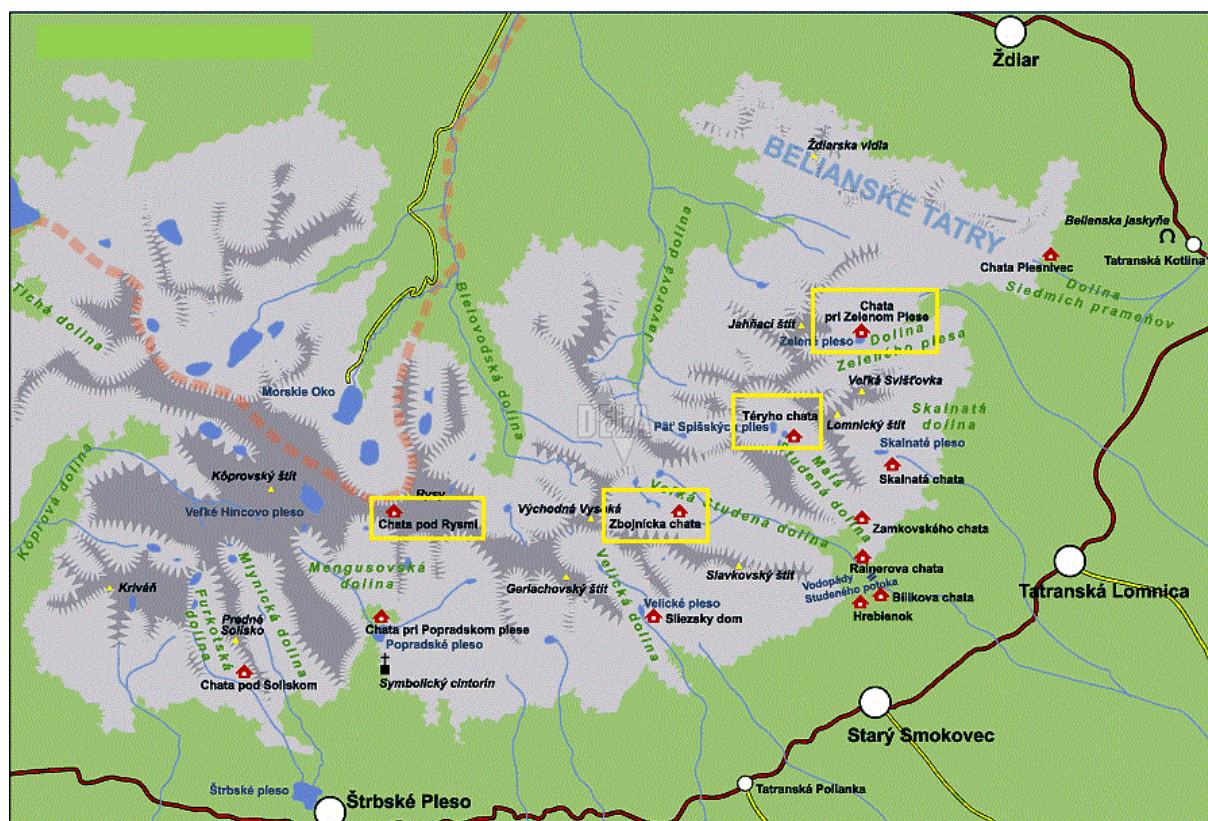
Okrem legislatívy stanovujúcej limitné hodnoty pre vypúšťanie odpadových vôd, je nutné dbať aj na legislatívu upravujúcu hygienické podmienky pre toalety, vzdialenosť výstavby ČOV od obytných priestorov a ďalších podmienok spadajúcich do prevádzkovania hygienicky vyhovujúceho objektu. Ustanovené hygienické a všeobecné technické podmienky spadajú do vyhlášky ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky 532/2002 Z.z..

## 3.3 CHATY VO VYSOKÝCH TATRÁCH

Vo Vysokých Tatrách sa nachádza 12 funkčných horských objektov - chat. Sú to tieto chaty:

- Chata pod Soliskom
- Chata pri Popradskom plese
- Chata pod Rysmi
- Zbojnícka chata
- Sliezsky dom
- Bilíkov chata
- Hrebienok

- Zámkovského chata
- Skalnatá chata
- Téryho chata
- Chata pri Zelenom plese



Obr. 3.3.1 Vybrané chaty na mape Vysokých Tatier [12]

Chaty vybrané pre účely tejto diplomovej práce sú: Chata pod Rysmi, Zbojnícka chata, Téryho chata a Chata pri Zelenom plese. Vybrané chaty patria medzi najnavštevovanejšie vo Vysokých Tatrách. Ich poloha je rozprestretá do rôznych výškových polôh. Chaty sa nenachádzajú v turistických centrách a možnosti sú prepravy materiálu sú vo väčšine prípadov možné najmä ľudskou silou. Elektrická energia je na každej chate vyrábaná iným spôsobom. Uplatnenie začínajú nachádzať najmä obnoviteľné zdroje energie, ale sú využívané aj staršie riešenia ako naftové generátory.

### 3.3.1 TÉRYHO CHATA



Obr. 3.3.2 Pohľad na Téryho chatu

#### *Všeobecná charakteristika*

Téryho chata sa nachádza v zadnej časti Malej studenej doliny pri Piatich Spišských plesách. Je postavená v nadmorskej výške 2015 m n. m.. Téryho chata je postavená na úpätí skalného zrázu. Zo severnej a severozápadnej strany je chata ohraničená Spišskými plesami, na východnej a juhovýchodnej strany je chata ohraničená zrázom. Prístup ku chate je len peší, letecká preprava nie je využívaná. Na prepravu materiálu je nutná ľudská sila. Chata poskytuje občerstvenie aj vo forme teplých jedál vďaka kuchyni, ubytovanie a sociálne zariadenia pre ubytovaných aj neubytovaných turistov. Na Téryho chate prebehla elektrifikácia, elektrická energia je získavaná pomocou solárnych panelov. Elektrická energia je využívaná predovšetkým na prevádzku chladiacich zariadení a osvetlenia. Voda je čerpaná priamo z plesa, pomocou čerpadla. Voda je využívaná všestranne, najmä na prevádzku kuchyne, splachovanie a umývanie. Ubytovacia kapacita Téryho chaty je 24 ľudí. Priemerná návštevnosť sa v letnej sezóne pohybuje okolo 300 ľudí denne, v zimnom období návštevnosť klesá na priemerne 15 ľudí. Sociálne zariadenia na Téryho chate pozostávajú zo štyroch splachovacích záchodov, dvoch pisoárov a jednej sprchy.

## *Čistiaci proces*

Čistenie odpadových vôd na Téryho chate je riešené najmä pomocou päť komorového septiku. Vonkajšie steny septiku sú zo železobetónu, vnútorné rozdelenie komôr je vytvorené oceľovými stenami. Celkový objem septiku je 6m<sup>3</sup>. Septik slúži ku zachytávaniu nerozpustených látok a anaeróbnemu čisteniu odpadovej vody. Zdroje odpadovej vody sú sociálne zariadenia a kuchyňa. V kuchyni je umiestnený lapák tuku, ktorý zabraňuje upchávanie odpadového potrubia tukom. Zachytený tuk je ukladaný do septiku.

Dočistenie odpadovej vody vytekajúcej zo septiku prebieha vo svahu smerujúcom ku recipientu. Vo Vzorkách odoberaných z recipientu neboli namerané zvýšené hodnoty znečistenia BSK ani nerozpustených látok.



**Obr. 3.3.3 5-komorový septik na Téryho chate**

## *Problémy a okrajové podmienky*

Problémy a podmienky, ktoré sa pri čistení odpadových vôd na Téryho chate vyskytovali a bolo nutné ich vyriešiť:

- nerovnomerný prítok odpadových vôd počas letného a mimosezónneho obdobia;
- upchávanie potrubí vplyvom vyhadzovaného pevného odpadu do toaliet;
- obmedzený prístup ku elektrickej energii;
- zápach vznikajúci v septiku;

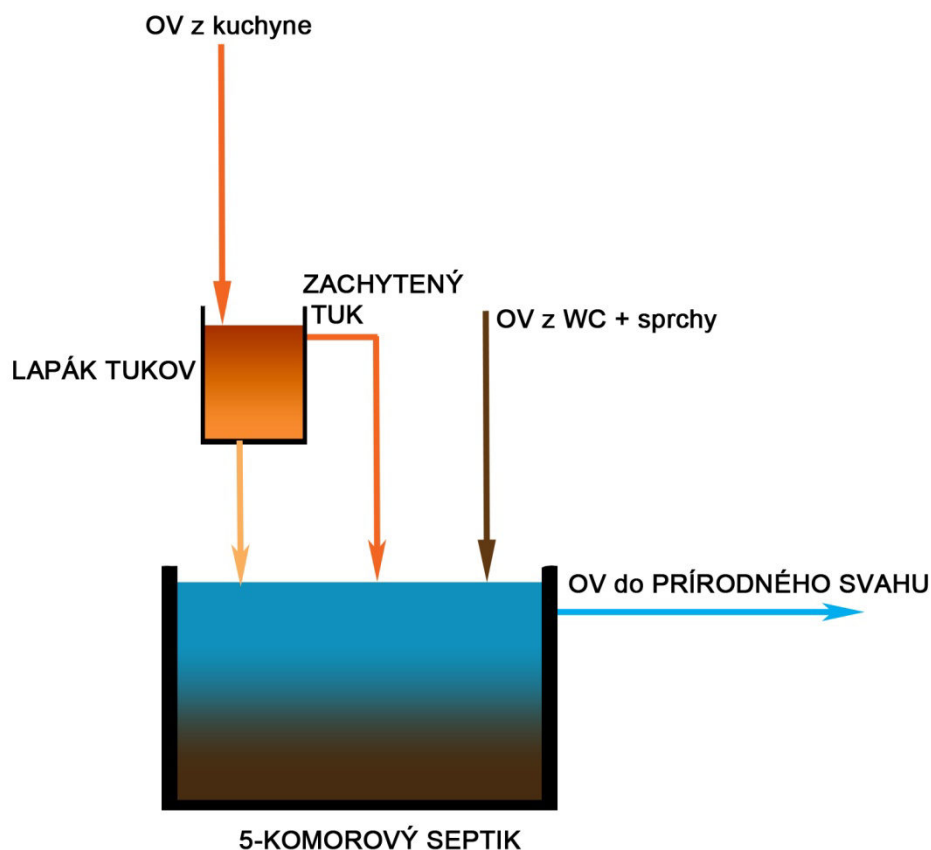
- kalové hospodárstvo;
- limitné hodnoty znečistenia.

Pretože ako spôsob čistenia odpadovej vody bol vybraný 5 komorový septik, problémy s elektrickou energiou a nerovnomerným prítokom boli odstránené. Súčasne však vyvstal problém so zápachom, ktorý bol odstránený inštaláciou splachovacích toaliet. Splachovacie toalety súčasne minimalizovali aj množstvo vyhadzovaného pevného odpadu, ktorý spôsoboval upchávanie potrubí. Spôsobné to bolo najmä psychologickým efektom splachovacej toalety na rozdiel od suchej toalety. Vzdialenosť výpuste septiku od recipientu je približne 100 m, a tak sa do recipientu dostáva len minimálne až nulové množstvo odpadovej vody. Kalové hospodárstvo v súčasnosti vyriešené nie je vôbec, v septiku je kal stabilizovaný a odtiaľ odvážaný nie je. V prípade dosiahnutia limitného množstva kalu v septiku bude nutné vybudovanie kalového hospodárstva. V súčasnosti však o kalovom hospodárstve nie je uvažované.

### ***Technické parametre ČOV***

Dátum návštevy:	21.06.2013;
Dĺžka prevádzky:	celosezónne, (hlavná sezóna júl - september);
Typ ČOV:	5 komorový septik;
Ubytovaní hostia za sezónu:	200;
Ubytovacia kapacita:	24 osôb;
Denné množstvo vody:	0,3 m <sup>3</sup> /d;
Doba zdržania:	min. 6 dní, v závislosti od množstva zaťaženia;
Čistiaci proces:	Sedimentácia NL, anaeróbne čistenie, stabilizácia kalu;
Objem septiku:	6 m <sup>3</sup> ;
Predčistenie:	Bez samostatného predčistenia z toaliet, lapák tuku pre OV z kuchyne;

## *Technologická schéma*



Obr. 3.3.4 Technologická schéma čistenia odpadových vôd na Téryho chate

### *Záver*

Čistenie odpadových vôd na Téryho chate v súčasnosti je v jednej zo svojich finálnych podob. Väčšina problémov bola odstránená a úroveň sociálnych zariadení dosahuje technických a estetických štandardov. Problematickým stále zostáva kalové hospodárstvo, ktoré prakticky neexistuje. Ďalším, aj keď minimalizovaným pretrvávajúcim problémom upchávanie odpadových potrubí. Vylepšenie by tiež mohlo byť aplikované na čistiaci proces za septikom, ale nevyhnutné to nie je. Kritický krok v budúcnosti bude vybudovanie kalového hospodárstva, prípadne zabezpečenie jeho vyvážky.

### 3.3.2 CHATA PRI ZELENOM PLESE



Obr. 3.3.5 Pohľad na Chatu pri Zelenom plese

#### *Všeobecná charakteristika*

Chata pri Zelenom plese sa nachádza na konci Doliny Zeleného plesa vo Vysokých Tatrách, v nadmorskej výške 1551 m n. m.. Jej poloha je na priamo na brehu plesa. Z plesa vyteká potok, ktorý o približne 500m nižšie pod chatou slúži ako recipient. Chata pri Zelenom plese je najmodernejšou z vybraných chát a jedinou s možnosťou prístupu pomocou automobilu. Súčasne je možný prístup peší a na chatu vedie aj cyklotrasa. Chata bola pôvodne vybavená vodnou turbínou, ale v dôsledku majetkových nezhôd bola neskôr odstránená. Elektrická energia je v súčasnosti generovaná pomocou dieslového generátora. Počas letnej sezóny je voda čerpaná zo Zeleného plesa do nádrže nad chatou, čím je zabezpečený dostatočný tlak. V zimných mesiacoch je voda čerpaná priamo do chaty, zo Zeleného plesa. V chate sa nachádza menší zásobník vody s objemom približne  $2\text{m}^3$ . Objem nádrže pre vodu nad chatou je približne  $14\text{m}^3$ . Voda je využívaná všestranne, najmä na prevádzku kuchyne, splachovanie a umývanie. Chata poskytuje ubytovanie v kapacite 56 lôžok, občerstvenie aj vo forme teplých jedál varených v kuchyni a možnosť využiť sociálne zariadenia ako pre ubytovaných

hostí, tak aj ostatných turistov. V chate sa nachádzajú sociálne zariadenia v počte 7 splachovacích záchodov, 3 pisoáre a 4 sprchy. Návštevnosť Chaty pri Zelenom plese sa pohybuje v letnej sezóne okolo 500 ľudí za deň a mimo sezóny okolo 20 ľudí za deň.

### ***Čistiaci proces***

Čistiaci proces na Chate pri Zelenom plese spočíva v anaeróbnom čistení. Voda zo sociálnych zariadení je zachytávaná v nádrži. To isté platí aj pre odpadovú vodu z kuchyne, ale s predradením lapáku tukov pred nádrž. Nádrž, ktorá slúži na zachytávanie odpadových vôd je len jednou z dvoch nádrží slúžiacich ku čisteniu odpadových vôd. Druhá nádrž je umiestená priamo nad nádrž s pritekajúcimi odpadovými vodami a slúži ku stabilizácii a odvodnení kalu. Okrem nosnej konštrukcie je umiestnená medzi nádrže filtračná textília zachytávajúca nerozpustené látky a súčasne umožňuje prepustiť vodu do spodnej nádrže prebytočnú vodu. Čistenie odpadových vôd prebieha nasledovne: voda je počas celého roka zachytávaná v spodnej nádrži. V spodnej nádrži prebiehajú anaeróbne procesy odstraňujúce nutrienty z vody. Objem nádrže je dimenzovaný na celoročnú prevádzku. Po uplynutí roka je pomocou kalového čerpadla objem spodnej nádrže prečerpávaný do nádrže hornej, v ktorej počas ďalšieho roka bude prebiehať stabilizácia a odvodňovanie kalu. Voda je z kalu dostávaná výparom a priesakom do spodnej nádrže. Elektrická energia je využívaná len pri prečerpávaní kalu do vrchnej nádrži. V prípade prekročenia objemu spodnej nádrže je nainštalovaný havarijný prepád, ktorý odvedie prebytočnú odpadovú vodu do recipientu pomocou potrubia o pomocou 300 m nižšie. Pri normálnej prevádzke je čistiaci proces bezodtokový. Vysušený kal z hornej nádrže je po uplynutí roka a pred prečerpaním suchej nádrže je vysekaný a pomocou automobilovej dopravy je transportovaný na najbližšiu čistiareň odpadových vôd.



Obr. 3.3.6 Dvojkomorová nádrž pre odpadové vody s výklopnou strechou

### ***Problémy a okrajové podmienky***

Čistiaci proces Chaty pri Zelenom plese je prevažne bez vážnejších problémov. Občasným problémom môže byť zápach vznikajúci v čistiacich nádržiach, ale pretože čistiace nádrže nie sú bezprostredne pri objekte chaty nepredstavuje to významný problém. Problém, ktorý s rastúcou návštevnosťou Vysokých Tatier môže nastať je prekonanie kapacity nádrží. V tom prípade bude nutné uvažovať o minimalizácii objemu tvoreného objemu. Najjednoduchšími a pomerne jednoducho aplikovateľnými riešeniami sú zníženie množstva vody používaného na splachovanie a separácie moču najmä v kombinácii s bezodtokovými toaletami.

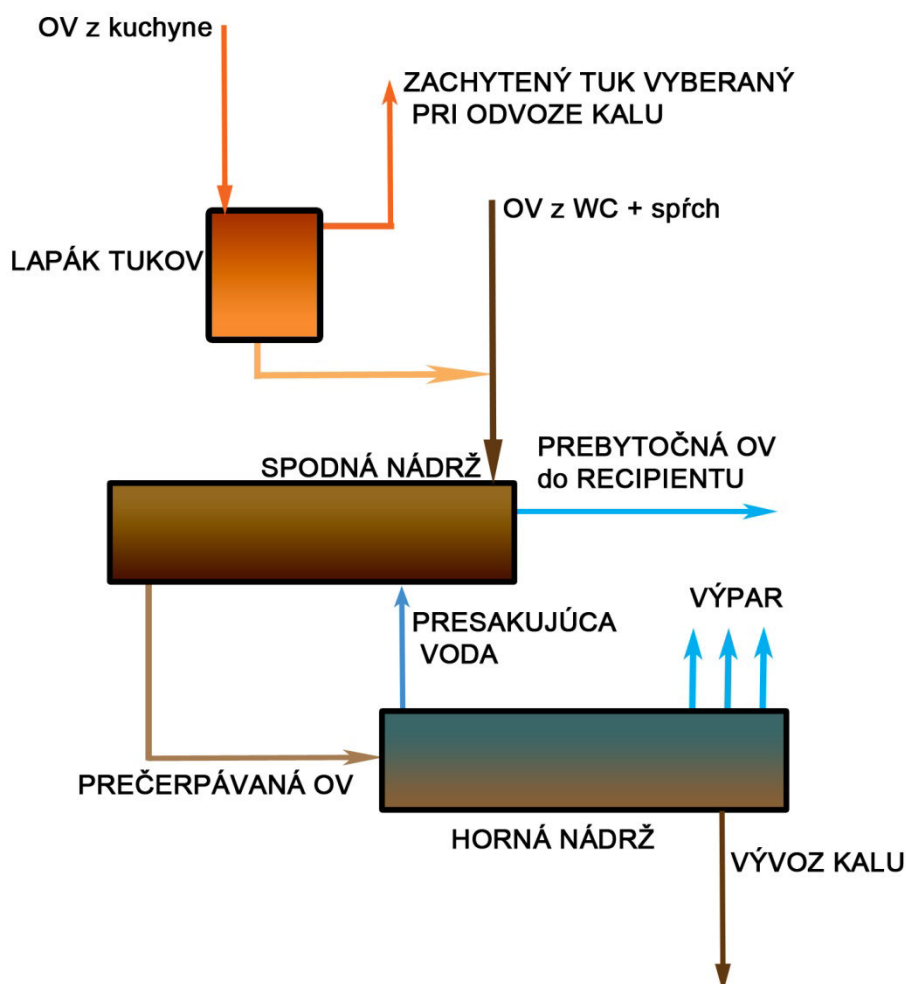
### ***Technické parametre ČOV***

Dátum návštevy:	20.06.2013;
Dĺžka sezóny:	jún - november, (hlavná sezóna júl - september);
Typ ČOV:	5 komorový septik;
Ubytovaní hostia za sezónu:	1000;
Ubytovacia kapacita:	56 osôb;
Denné množstvo vody:	0,4 m <sup>3</sup> /d;
Doba zdržania:	1 rok + 1 rok spracovanie kalu;
Čistiaci proces:	anaeróbne čistenie, stabilizácia kalu;
Objem nádrží:	2 x 15 m <sup>3</sup> ;

Predčistenie: Bez samostatného predčistenia z toaliet, lapák tuku pre OV z kuchyne;

Objem vody na prevádzku: 14 m<sup>3</sup>;

### *Technologická schéma*



Obr. 3.3.7 Technologická schéma čistenia odpadových vôd na Chate pri Zelenom plese

### *Záver*

Chata pri Zelenom plese má spomedzi vybraných chát najstabilnejší čistiaci systém. Objemy nádrží boli navrhnuté na základe pôvodných skúseností. Veľmi efektívnym je najmä spracovanie a transport kalu. Čistiaci systém je postavený ďalej na anaeróbných procesoch s extrémne dlhou dobou zdržania (1rok) a v zimnom období môže čiastočne dochádzať ku zamŕzaniu kalu v hornej nádrži, čím sa zlepšuje jeho schopnosť odvodnenia. Pretože doba

zdržania je tak dlhá, aj v prípade dosiahnutia havarijnej výšky v spodnej nádrži nedôjde ku väčšiemu zaťaženiu miestneho recipientu.

### 3.3.3 CHATA POD RYSMI



Obr. 3.3.8 Chata pod Rysmi, vpravo dole viditeľný 3-komorový septik

#### *Všeobecná charakteristika*

Chata pod Rysmi je najvyššie položenou chatou vo Vysokých Tatrách. Nachádza sa v nadmorskej výške 2250m n. m., v sedle Váh, v závere Mengusovskej doliny. Chata je postavená vo svahu, na periférii lavínového svahu. Chata bola v minulosti niekoľkokrát zasiahnutá snehovou lavínou, naposledy v roku 2000, čo sa zaobišlo bez strát na životoch, ale podkrovné miestnosti spolu s časťou prízemnia chaty boli zničené. Chata bola časom čiastočne rekonštruovaná, no súčasne bolo nutné stabilnejšie riešenie. Padol návrh pre výstavbu novej chaty v bezpečnejšej lokalite vyššie v sedle Váh. Návrh na vybudovanie chaty na novom mieste bol však organizáciami na ochranu prírody zamietnutý, no bola umožnená komplexná rekonštrukcie Chaty pod Rysmi. Rekonštrukcia začala v roku 2010 a skolaudovaná bola na konci letnej sezóny v roku 2013. Medzi najväčšie zmeny vykonané na Chate pod Rysmi patrí: výrazné zošikmenie zadnej steny pre zmenšenie náporu v prípade lavíny, elektrifikácia chaty v podobe vybudovania fotovoltických článkov na stenách chaty a osadením generátora na drevené pelety napojením na kachľovú pec, osadenie nádrží

zachytávajúcich dažďovú vodu vo svahu nad chatou, vybudovanie sociálnych zariadení v chate a septiku pre odpadové vody vznikajúce v chate. Pre rekonštrukčné práce bola na dopravu materiálu využívaná letecká doprava pomocou helikoptéry, pri štandardnej prevádzke je však prístup ku chate možný len peším spôsobom, to isté platí aj pre dopravu zásob. Chata je otvorená len počas letnej sezóny štandardne od začiatku júna do konca novembra. V súčasnosti poskytuje 14 lôžok na ubytovanie a možnosť teplého občerstvenia. Pre turistov neubytovaných, ako aj ubytovaných hostí je k dispozícii suchá toaleta vzdialená približne 200m od objektu chaty. V chate sa nachádza splachovacia toaleta a sprcha výhradne pre potreby personálu. Elektrická energia je uskladňovaná vo vodíkových batériách a využívaná najmä ku prevádzke osvetlenia a kuchyne. Ako zdroj vody slúži voda dažďová a v prípade jej nedostatku, voda zachytená zo snehového poľa vedľa chaty. Voda z nádrži nad chatou steká do hlavnej nádrže na vodu v chate s objemom približne 3m<sup>3</sup>. Tieto zdroje vody sú výrazne závislé od prírodných podmienok. Voda je využívaná na prevádzku kuchyne a zamestnaneckých sociálnych zariadení. V budúcnosti je plánované vybudovanie veľkej železobetónovej nádrže na vodu nad chatou schopnej pokryť potrebu vody. Pitná nebalená voda pre turistov je dostupná len v údolí pod chatou. Návštevnosť Chaty pod Rysmi sa v čase pred rekonštrukciou pohybovala okolo 400 ľudí za deň, no v roku 2013 bolo dosiahnutých priemerne 550 ľudí.

### ***Čistiaci proces***

Čistenie odpadových vôd na Chate pod Rysmi je rozdelené na dve časti. Prvou časťou je novovybudovaný septik pre odpadové vody zo sociálnych zariadení na chate a pre kuchynské odpadové vody. Septik je trojkomorový s vyústením pomocou trativodu do skalnej morény vzdialenej približne 150m nižšie. Skalná moréna ústi do Žabej doliny, do Žabích plies. Súčasťou septiku je aj nádrž, do ktorej bude premiestňovaný sedimentovaný kal zo septiku tvorený v letnej sezóne. Pretože nie je možná iná preprava vzniknutého kalu, než ľudskou silou, je potrebné uvažovať o minimalizácii jeho objemu, prípadne o jeho spracovaní priamo v horskom prostredí. Medzi možné riešenia patrí najmä vymŕzanie, ktorým dochádza ku lepšiemu odstraňovaniu prebytočnej vody z kalu. Najväčšou výhodou pre proces vymŕzania je prirodzený pokles teplôt v zimnom období v oblasti Vysokých Tatier, a tým je eliminovaná potreba špeciálnej technológie. Predpokladaná doba vymŕzania kalu je od ukončenia letnej sezóny do začiatku nasledujúcej, približne šesť až sedem mesiacov. Efektivita tohto procesu stabilizácie je vhodná aj pre kaly pozostávajúce z väčšieho podielu

tukov, napríklad tie, ktoré vznikajú v prevádzky kuchyne. Množstvo odstránenej vody z kalu by malo dosiahnuť najmenej 60%, pretože pokusy pre proces vymrazovania v trvaní niekoľkých mesiacov neboli vykonané. Po odvodnení kalu je ďalšou úlohou odstránenie nutričov z kalu a jeho hygienizácia. Tieto procesy môžu byť vykonané na po jeho transporte do nižších polôh napríklad na ČOV s kalovým hospodárstvom, alebo kal môže byť takto zabezpečený priamo vo vysokohorskom prostredí. Jedným z najjednoduchším spôsobom spracovania kalu je jeho spálenie. Ku spáleniu kalu môžu slúžiť kachle osadené v chate. Pri dostatočnom obsahu sušiny kalu, môže kal slúžiť ako doplnok ku štandardne používanému palivu. Popol vzniknutý zo spaľovania kalu je však stále nutné znieť do nižších polôh, avšak objem a váha popola kalu je zlomková od pôvodnej hmotnosti.

Druhou časťou čistenia odpadových vôd je suchá toaleta vzdialená približne 200m od chaty. Suchá toaleta je osadená vo svahu smerujúcom do skalnej morény, ktorá sa nachádza približne 300m nižšie. Odpad tvorený v suchej toalete je postupne vplyvom prírodných podmienok rozkladaný na humus, a tým je podporovaný rast vegetácie na výtokovom svahu. Rastom vegetácie narastá vrstva, ktorá zachytáva a filtruje nutričov pred postupom do nižších úrovní skalnej morény. Skalná moréna tiež ústi do Žabej doliny a končí v Žabích plesách. Vzorky kvality vôd sú odoberané zo Žabích plies nachádzajúcich sa v Žabej doline. Výsledky sú bez zvýšených hodnôt znečistenia.



Obr. 3.3.9 Suchá toaleta na Chate pod Rysmi

### ***Problémy a okrajové podmienky***

Čistenie odpadových vôd na Chate pod Rysmi má veľmi obmedzené technologické možnosti. Prístup ku zdroju vody v okolí suchej toalety je minimálny, elektrická energia je na Chate pod Rysmi prioritne využívaná na prevádzku kuchyne a osvetlenie. Súčasne svah nie je krytý pred prírodnými vplyvmi, čím v prípade zložitejších konštrukcií je nutná vysoká investícia do opatrení pred poškodením a izoláciou.

Technológia spracovania vznikajúceho biologického odpadu pomocou suchej toalety je účinná najmä pre vzdialenosť medzi toaletou a recipientom a vegetačnou vrstvou na skalnom podloží. Prírodné vplyvy ako slnečné žiarenie, dážď, striedanie teplôt rozkladajú odpad na humus a do recipientu sa prakticky žiadne nutrienty nedostávajú. Nevýhodou tejto technológie, napriek vyhovujúcim výsledkom čistiaceho procesu je nehygienická prevádzka, zásah do prirodzeného prostredia a vznikajúci zápach. Problémom je tiež narastajúca návštevnosť, ktorá vymenované problémy zhoršuje.

Nehygienická prevádzka je kritická najmä pri veternom počasí, kedy sú uvoľňované zo svahu čiastočky odpadu a voľne sa šíria. Obdobná problematika vzniká aj pri zápachu. Tieto dva problémy boli pôvodne riešené postavením suchej toalety vo väčšej vzdialenosti od chaty, ale z dôvodov rastúcej návštevnosti toto riešenie sa začína javiť ešte menej efektívne než bolo. Ďalším teoretickým problémom je zvýšený výskyt vegetácie na využívanom svahu v porovnaní s okolitým terénom. Vegetácia aj keď hustejšia, spadá do vegetácie vyskytujúcej sa v danom vegetačnom pásme, no je produktom ľudského pôsobenia v danej oblasti. Okrem vegetácie je problematický aj pevný nerozložiteľný odpad vyhadzovaný cez toaletu do okolitého prostredia.



Obr. 3.3.10 Svah slúžiaci pre spracovanie odpadu, viditeľný vplyv nutrientov

### ***Možné riešenia problémov***

Medzi problémy pri čistení odpadových vôd na Chate pod Rysmi patria najmä hygienické problémy pri čistiacom procese zo suchej toalety.

Hygienické zabezpečenie pri spracovávaní odpadu zo suchej toalety je problémom. Komplexné riešenie eliminujúce tieto problémy zahŕňa výraznú zmenu technológie čistenia. Ako čiastočné riešenia môžu slúžiť činnosti ako: kropenie kalu v suchej toalete, avšak k tomu by bola vyžadovaná zásoba vody určená k tomuto účelu.

Pre komplexné riešenia je možné nájsť inšpiráciu v rozvojových oblastiach v rôznych krajinách, kde okrajové podmienky sú viac-menej rovnaké ako vo vysokohorskom prostredí, ale z úplne iných dôvodov. Jednou z možností je nahradenie štandardných toaliet, toaletami typu NO-MIX, kedy sú hnedé a žlté vody separované od seba pred ich zmiešaním. Problémom pri tomto type toaliet je ochota ľudí akceptovať novú technológiu a snaha o dodržiavanie separácie žltých a hnedých vôd. Čiastočným podporením technológie je pridanie pisoára ku toalete. Po osadení toalety a pisoára sú dôležité rozvody odpadových potrubí.

Je nevyhnutné aby žlté vody z pisoára a toalety boli zachytávané v nádrži. V prípade len sezónnej prevádzky toalety, by jednokomorová nádrž na moč mala byť dostatočujúca, s nutnosťou skladovať zachytenú moč počas zimnej sezóny, aby došlo k jej dostatočnej

stabilizácii. Možnosti skladovania moči sú opäť otvorené. Štandardným spôsobom je skladovanie moču po dobu 6 mesiacov v tekutom skupenstve a následne môže byť nariadený s vodou v pomere 1:3 a využitý ako hnojivo. Okrem využitia ako hnojivo, čo je vo vysokohorskom prostredí pomerne zbytočné využitie, je možné v určitej koncentrácii jeho pridávanie do OV zo septiku a trativodom ponechanie jeho prirodzené rozloženie na prírodné procesy. V prípade, že táto alternatíva nie je vyhovujúca, a je nutné moč transportovať na spracovanie do nižšie položených miest, cieľom sa opäť stáva minimalizácia jeho objemu a hmotnosti. To je najlepšie dosiahnuté odstránením, alebo znížením podielu vody v moči. Podiel vody v moči môže byť znížený vyparovaním, prípadne aj vymrazovaním vody, alebo aj kombináciou týchto procesov.

Vymrazovanie, ako bolo spomenuté aj pri znižovaní koncentrácie vody v kale je ekonomicky veľmi výhodným procesom, najmä vo vysokohorskom prostredí. Proces vymrazovania moču je podobný procesu vymrazovania kalu. Proces vymrazovania sa skladá z dvoch častí prvou je zmrazenie moču, druhou je jeho topenie. Pri týchto procesoch sa voda separuje od koncentrovaného moču a moč sedimentuje na spodok nádrže. Dôležitá je konštrukcia nádrže s aspoň jedným spodným ventilom, ktorý umožňuje vypustenie koncentrovaného moču bez separovanej vody. V závislosti od množstva koncentrovaného moču je možný jeho transport do nižšie položených miest, alebo jeho ďalšie spracovanie v prípade nevyhovujúceho objemu a váhy. Ako ďalšie spracovanie je možné využitie procesu vyparovania. Proces vyparovania by mohol byť využitý počas ďalšej letnej sezóny potom, čo vymrazovaním bol získaný koncentrovaný moč.

K efektívnemu procesu vyparovania je možné využiť skleníky, prípadne konštrukciu postavenú na princípe skleníka, upravenú pre využitie vo vysokohorskom prostredí. Skleníková konštrukcia by súčasne mohla byť využitá aj pre potreby sušenia kalu. Pretože tvorba kalu vo vysokohorských oblastiach je porovnateľná s ČOV pre 5-10 EO, množstvo kalu nie je nutné spracovávať v celku, ale vzniknutý kal je možné rozdeliť na menšie časti. Podmienky, ktoré by funkčný skleník mal splňovať sú:

- možnosť zloženia a rozloženia skleníka pred a po zimnej sezóne;
- materiály a tvar konštrukcie, schopný odolať poveternostným podmienkam prevládajúcim v horskom prostredí;
- možnosť odvetrania konštrukcie - ventilačné otvory;

- vybudovanie trvalej základovej konštrukcie, pre uchytenie skleníka, v ideálnom prípade vytvorenie viacerých konštrukcií na rôznych miestach;
- vodotesná podkladová vrstva s úpravou pre jednoduché čistenie.

Skleník postavený podľa týchto konštrukčných zásad by mal fungovať bez väčších problémov a zefektívniť prepravu odpadu vznikajúceho pri čistení odpadových vôd na maximum.

Pre spracovanie hnedých vôd bez nehygienickej prevádzky a s minimalizovaním vplyvu ľudského pôsobenia na okolité prostredie, jedno z ekonomicky nenáročných, ale efektívnych riešení je umiestnenie záchytného objektu na fekálie pod toaletu. Riešenie je využívané najmä v rozvojových krajinách, kde po naplnení, je objekt(najčastejšie nádoba) vymenená za prázdnu a plná je odvezená na spracovanie. Pre vysokohorské podmienky, špeciálne pre situáciu na chate pod Rysmi, vhodnejším riešením namiesto použitia nádoby je využitie špeciálnych odvodňovacích vriec samonosných, alebo v nosných košoch. Dôvodom zvolenia vriec je priestor dostatočne veľký pod toaletou pre zavesenie vreca a vreca súčasne plní funkciu odvodňovania fekálií. Ku odvodňovaniu dochádza primárne, pomocou gravitácie a sedimentácie vytlačovaním vody cez štruktúru vreca a sekundárne pôsobením prírodných podmienok ako sú najmä vietor a slnečné žiarenie. Odvodňovacie vreca na fekálie musí spĺňať požiadavky na:

- dostatočný objem, aby nevznikala nutnosť výmeny vriec v príliš častých intervaloch, ale súčasne výmena dosť častá, aby nevznikal príliš veľký zápach;
- schopnosť manipulácie s plným vrecom jednou osobou;
- materiál vreca umožňujúci priesak vody a kvalita materiálu zabezpečujúca dlhodobé používanie;
- konštrukcia zabezpečujúca jednoduché uchytenie a uvoľnenie vreca.

Spracovanie naplnených vriec na fekálie pre ich menšie rozmery, na rozdiel od rozmerov nádrže pre septik, nie je možné odkladať na sezónne vymrazovanie. Pretože ide o odpad zo separovanej toalety, bez využitia vody, obsah vlhkosti vo fekáliách je minimálny, no nie nulový, a tiež zachytený odpad nie je stabilizovaný. Stabilizácia, tak ako pri kale spracovávanom zo septiku, môže byť vykonaná v okolí chaty vo vysokohorskom prostredí, po transporte odpadu do nižšie položených miest v rámci kalového hospodárstva blízkej ČOV, alebo čiastočným spracovaním na chate a následným transportom do nižšie položených oblastí. Možnosť ich transportu do nižších polôh poskytuje technicky najjednoduchšie

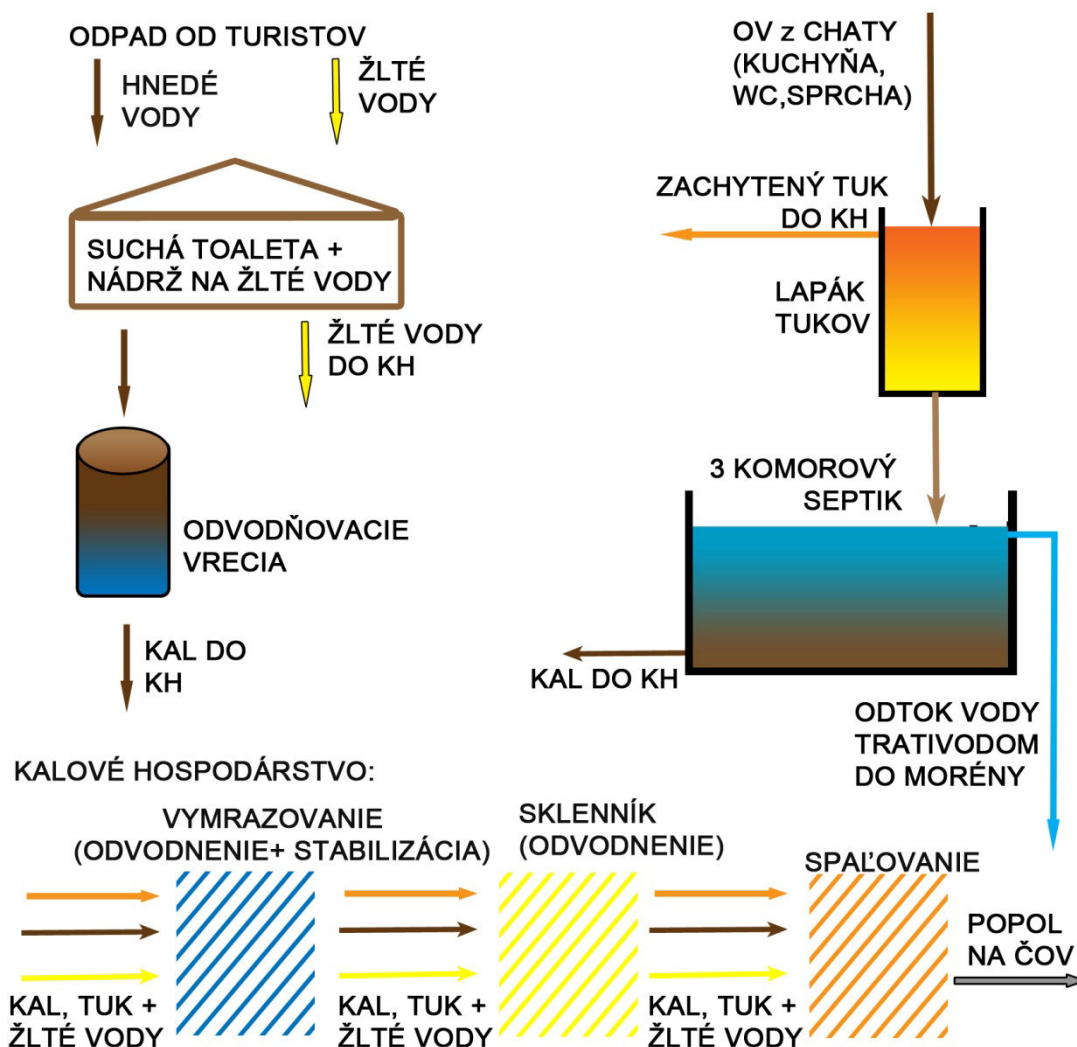
riešenie, otázna však je jeho ekonomická efektivita. Tá závisí od veľkosti a váhy tvoreného odpadu, a tiež od frekvencie jeho tvorby. Pri použití vriec na zachytávanie odpadu ku určitej dehydratácii bude dochádzať už pri procese plnenia. Súčasne z dôvodu štruktúry materiálu, zápach tvoriaci sa pri stabilizácii odpadu počas plnenia sa vreca by mohol byť menší než pri použití pevných nádob. Predpokladané uchytenie vriec pod toaletu by malo byť vykonané pomocou určitej formy rýchlospojky a následné je možné pripnutie nosnej konštrukcie z pletiva okolo odvodňovacieho vreca. Pri výmene vriec bude v prvom kroku odopnutá ochranná konštrukcia, prenosná nádoba bude nasunutá na vrece, a následne vrece bude uvoľnené z úchytovej a bude možné ho nahradiť ďalším. Prebytočná voda uvoľňujúca sa z odvodňovacích vriec dopadať na svah, ktorý doteraz slúžil na zachytávanie celkového odpadu, čím dôjde ku výraznému zníženiu odpadu vypúšťaného do okolitého prostredia. Ako ďalšia výhoda je v prípade pevného nerozložiteľného odpadu jeho zachytenie v odvodňovacích vreciach, na rozdiel od jeho vyhadzovania do prírody. Ako bolo spomínané, spracovanie vytvoreného odpadu vo vreciach má viacero možností. V prípade vhodnej hmotnosti, by bol možný ich presun do nižšie položených oblastí na finálne spracovanie, v prípade nevyhovujúcej hmotnosti, alebo snahy o spracovanie vo vysokohorskom prostredí prichádzajú do úvahy skleníky. Tam môže byť odpad dosušený v odvodňovacích vakoch a následne prevezený na stabilizáciu do nižších polôh, prípadne celkovo stabilizovaný v skleníku a následne spálený v krbe. V tom prípade, by musel byť prevezený do nižších polôh len popol.

### ***Technické parametre ČOV***

Dátum návštevy:	19.06.2013;
Dĺžka sezóny:	jún - november, (hlavná sezóna júl - september);
Typ ČOV:	3-komorový septik pre OV z chaty; suchá toaleta;
Ubytovaní hostia za sezónu:	250;
Ubytovacia kapacita:	14 osôb;
Doba zdržania:	pre septik mimo sezónne obdobie;
Čistiaci proces:	prírodný rozklad odpadu - suchá toaleta, sedimentácia a anaeróbne procesy v septiku;
Objem nádrže na vodu:	3m <sup>3</sup> ;

Predčistenie: Jednoduchý lapák tuku pre OV z kuchyne;

### Technologická schéma



Obr. 3.3.11 Technologická schéma navrhovaného čistiaceho procesu na Chate pod Rysmi

### Záver

Chata pod Rysmi v rokoch 2010-2013 bola rekonštruovaná. V rámci rekonštrukcie celá chata prebehla modernizáciou. V rámci modernizácie boli osadené na stenách chaty solárne panely, osvetlenie, prevádzka kuchyne a rozvod kúrenia boli elektrifikované. Ďalšími zmenami boli prestavba horného poschodia, osadenie kachlí, generátora elektrickej energie na drevené pelety a vybudovanie sociálnych zariadení pre potreby zamestnancov.

Pre odpadové vody pochádzajúce z chaty bol vybudovaný trojkomorový septik. z ktorého sú vody trativodom vypúšťané do skalnej morény. Čistenie odpadových vôd na Chate pod Rysmi, ktoré pochádzajú od turistov sú koncentrované cez suchú toaletu, do svahu, kde sa rozkladajú prírodnými procesmi. Obmedzujúcimi podmienkami na chate sú nedostatok vody a obmedzený prístup ku elektrickej energii. Súčasne jediný spôsob dodávky a odvozu materiálu je ľudskou silou. Z toho dôvodu sú volené čistiace procesy a procesy spracúvajúce kal na prírodnej báze.

Hlavnými problémami pri čistení odpadových vôd na chate sú nehygienická prevádzka suchej toalety a možné preťaženie čistiaceho procesu. Preťaženie procesu by znamenalo zvýšené hodnoty NL a BSK<sub>5</sub> v recipiente. Nehygienická prevádzka spočíva najmä v tvorbe prachu pri rozklade znečistenia vo svahu a jeho roznos do okolia chaty. Jednoduchým a ekonomicky prístupným riešením je separácia moču a výkalov v toalete a zachytávanie výkalov do odvodňovacích vriec. Separovaný moč je zachytávaný do nádrže kde bude počas zimného procesu stabilizovaný a odvodnený.

Ďalšími problémami na Chate pod Rysmi je spracovanie kalu. To zahŕňa odpad tvorený v suchej toalete rovnako ako odpadové vody pochádzajúce z chaty. Pre spracovanie kalu je volené vymrzenie kalu, vhodné najmä pre jeho odvodnenie, rovnako ako je vhodné pre odvodnenie a stabilizáciu moču. Pre ďalšie spracovanie kalu sú využívané najmä sušenie a pre maximálnu redukciu hmotnosti a objemu kalu je využívané jeho spaľovanie. Po spálení je nutný už len odvoz popola na konečné spracovanie.

Navrhnuté technológie odstraňujú spomínané problémy v maximálnej možnej miere, pri snahe udržať ekonomické náklady na realizáciu čo najnižšie. Súčasne je dbané na minimalizáciu dopadu ľudskej činnosti na okolité prostredie. Ďalším dôležitým faktorom bolo minimalizovať ľudskú námahu, ktorá vzniká so zmenou čistiacich procesov, teda minimalizácia nevyhnutnej údržby čistiacich zariadení.

### 3.3.4 ZBOJNÍCKA CHATA



Obr. 3.3.12 Pohľad na Zbojnícku chatu, na ľavej strane viditeľné toalety

#### *Všeobecná charakteristika*

Zbojnická chata sa nachádza vo Vysokých Tatrách vo Veľkej Studenej doline v nadmorskej výške 1960 m n. m.. Chata z juhozápadnej strany je situovaná na upätí údolia, na ktorého dne sa nachádza koryto potoka vytekajúceho zo Zbojníckych plies a vtekajúceho do Dlhého plesa. Zbojnícke plesá sú vzdialené približne 400m a Dlhé pleso je vzdialené približne 200m. V blízkosti desiatok metrov od chaty sa nachádza na severozápade Sesterské pleso. Výškovo sú Zbojnícke plesá od chaty vzdialené približne 20m a Dlhé pleso je výškovo vzdialené približne 50m. Z východnej strany sa u chaty nachádza relatívne rovinný terén s menšími kopcami. Na južnej stene chaty sú osadené solárne panely a na streche sa nachádza veterná turbína s priemerom 0,5m, dodávajúca elektrickú energiu pre základné energetické požiadavky chaty ako čerpanie vody, osvetlenie a prevádzka kuchyne. Zbojnická chata je otvorená celosezónne. Prístupnosť na chatu je len pešia, letecká doprava je využívaná len veľmi zriedkavo, pre štandardnú prepravu materiálu a odpadu je využívaná ľudská sila. Na chate sa turistom poskytuje občerstvenie vo forme teplých jedál, možnosť ubytovania s kapacitou 16 lôžok. Návštevnosť chaty v letnej sezóne sa pohybuje okolo 300 ľudí za deň

a v zimnej sezóne sa návštevnosť pohybuje okolo 10 ľudí za deň. Voda je v letnej sezóne využívaná zo Sesterského plesa. Voda je privedená až ku toaletám, ale v podobe dreveného koryta slúžiaceho ku jednoduchým hygienickým úkonom ako umývanie rúk, ovlažovanie a podobne. V zimnej sezóne je voda prečerpávaná do nádrže umiestnenej v chate s kapacitou  $4\text{m}^3$ . Zásoba vody počas zimného obdobia je veľmi obmedzená, výlučne používaná pre potreby kuchyne. V minulosti bol vykonaných pokus s privádzaním vody potrubím zo Zbojníckych plies, ale bol vyhodnotený ako neúčinný z dôvodu nemožnosti ochrániť potrubie pred zamrznutím. Ohrievanie vody v chate je vykonávané v prípade vhodných podmienok prietokovými ohrievačmi na streche. V chate sa nenachádzajú žiadne sociálne zariadenia, 4 suché toalety sa nachádzajú vedľa chaty, nad upätím svahu smerujúcemu ku potoku.

### ***Súčasný stav čistenia odpadových vôd***

Voda pre potreby chaty a návštevníkov je využívaná zo Sesterského plesa. Pre potreby kuchyne je voda prečerpávaná do nádrže s kapacitou  $4\text{m}^3$ . Ohrievanie vody v chate je vykonávané prietokovými ohrievačmi na streche. V chate sa nenachádzajú žiadne sociálne zariadenia. V zimnej sezóne je zásoba vody veľmi obmedzená. Voda v lete je privedená ku vonkajšiemu drevenému korytu, ktoré slúži k jednoduchým hygienickým úkonom ako umývanie rúk, ovlažovanie a podobne.

Vonku mimo chaty, v samostatnej budove, asi desať metrov od chaty, nad upätím svahu smerujúcemu ku potoku sú vybudované štyri suché toalety. Pod nimi sú umiestnené dve nádrže, do každej sú vyústené dve toalety. Objem každej nádrže je asi  $6\text{m}^3$ . Tvar nádrží je nepravidelný, použité materiály sú drevo a plech. Z každej nádrže je vyvedený vetrací komín. Obe nádrže majú pri dne, na zadnej stene smerujúcej do údolia, uzatvárateľné dverka, v ktorých sú umiestnené uzatvárateľné vývody na potrubia. Okolo zadných dveriek je postavený prístupový oceľový rošt. V toaletách nie je využívaná ani voda, ani elektrická energia. Všetky znečistenia z toaliet sú v nádržiach zachytávané, aj keď vodotesnosť nie je stopercentná.

Čistenie odpadových vôd prebieha anaeróbnymi procesmi počas plnenia nádrží. Po naplnení nádrží je vzniknutý kal vypustený do okolia, nádrže sú vyčistené a proces sa opakuje. Dĺžka plnenia nádrží je približne jeden a pol roka. V roku 2013 bolo vnútro jednej z nádrží vyložené plastovými doskami. Dôvodom k tomuto kroku bolo zjednodušenie možností čistenia vnútra

nádrže, ako aj zabezpečenie väčšej tesnosti. Pri vhodných poveternostných podmienkach, na konci zimnej sezóny 2014, je naplánované obloženie aj druhej nádrže. Nárazové vypúšťanie vzniknutého kalu z nádrží je krajne nevhodný systém riešenia čistenia odpadových vôd a ľudské pôsobenie je viditeľné najmä na svahu pod nádržami smerujúcim ku recipientu.

Odpadové vody z kuchyne sú vedené cez lapák tukov do toho istého svahu, v ktorom sú vypúšťané odpadové vody. Zachytený tuk je vyhadzovaný cez toalety do nádrží. Pôvodne svah bol kamenistý, s minimom pôdy a rastlínstva. V súčasnosti, najmä vďaka vypúšťaniu odpadových vôd a kalu, na svahu rastie bujné rastlínstvo, najmä rôzne trávy a poľné kvety. Pretože vypúšťanie odpadu z nádrží prebieha v dlhých intervaloch, vzniknutá vegetácia a recipient, po nejakom čase sú schopné regenerácie. Z dôvodov bystrinného prúdenia v recipiente, vysokého prevzdušnenia vody a prívalových zrážok, veľmi dobre funguje premývanie dna recipientu.

Ďalším problémom prevádzky chaty z hľadiska odpadového hospodárstva, je zápach z toaliet a nádrží, ktorý pôsobí na návštevníkov veľmi rušivým dojmom a sťažuje optimálnu prevádzku chaty. Intenzita zápachu v letnom období je závislá od počasia. Problém so zápachom je druhotným produktom nevhodného čistenia vznikajúcich odpadových vôd. Čistiaci proces na Zbojníckej chate v súčasnosti spočíva vo vyhňívaní fekálií v uzavretej nádrži. Preto neexistuje ani žiadny spôsob miešania odpadu v nádrži, neexistuje kyslík, ktorý by proces urýchlil.

V zimnej prevádzke dochádza ku zamŕzaniu vody, fekálie zasychajú v nádrži, stabilizáciou vzniká zápach, pretože je v tuhom skupenstve.

Vzhľadom na polohu a vysokohorské podmienky nie je možný žiadny ich jednoduchý presun a ďalšie spracovanie vzniknutého kalu. Samostatným problémom existujúcim ako v letnej tak zimnej sezóne je vyhadzovanie odpadkov do toaliet, problematickými sú najmä nerozložiteľné prvky ako konzervy, hygienické pomôcky a pod.

Množstvo vzniknutých odpadových vôd nie je merané a je ho ťažké stanoviť.



**Obr. 3.3.13 Pohľad na krytie odpadových nádrží a výtokový svah, tiež viditeľne hustejšia vegetácia pod nádržami**

### ***Problémy a okrajové podmienky***

Medzi okrajové podmienky pre čistiace procesy na Zbojníckej chate patria najmä:

- výrazný rozdiel medzi letnou a zimnou prevádzkou;
- nemožnosť využívania vody v zimnom období;
- problematická prístup a obsluha odpadových nádrží v zimnom období (sneh)
- žiadny prístup ku elektrickej energii pre čistenie odpadových vôd;
- obmedzené ekonomické zdroje;
- budovanie s predpokladom nárastu zaťaženia;

Problémy nutné riešiť počas letnej a zimnej prevádzky sú veľmi rozdielne. V zimnej prevádzke sa jedná o zamrzanie vody, fekálie zasychajú v nádrži, stabilizáciou vzniká zápach, pretože sú v tuhom skupenstve, nie je možný žiadny ich jednoduchý presun a ďalšie spracovanie. Samostatným problémom existujúcim ako v letnej tak zimnej sezóne je vyhadzovanie odpadkov do toaliet, problematickými sú najmä nerozložiteľné prvky ako konzervy, hygienické pomôcky a pod..

Problémy čistenia odpadových vôd v letnej sezóne sú náročnejšie na vyriešenie, najmä z dôvodu výraznejšie vyššej návštevnosti, než v zime. Hlavným problémom v letnej sezóne,

pre prichádzajúcich turistov je zápach vznikajúci v nádržiach. Budova, v ktorej sa toalety nachádzajú, je od hlavnej budovy chaty vzdialená asi 10m. Intenzita zápalu v letnom období je závislá od počasia v letnom období. Problém so zápachom je ale druhotným produktom nevhodného čistenia vznikajúcich odpadových vôd. Čistiaci proces na Zbojníckej chate v súčasnosti spočíva vo vyhniavaní fekálií v uzavretej nádrži. Preto neexistuje ani žiadny spôsob miešania odpadu v nádrži, neexistuje kyslík, ktorý by proces urýchlil. Výhodou letnej sezóny, ale je širšie spektrum možných riešení problémov.

Kalové hospodárstvo na Zbojníckej chate je ďalším problémom, ktorý v súčasnosti nebol detailnejšie riešený. Problémom je absencia kachlí na chate, na vykurovanie hlavnej miestnosti v chate sa využíva krb. V prípade voľby spaľovania kalu by bolo nutné nájsť vhodné zariadenie, bez vírenia popola a odvádzania spaľín mimo ľudí.

### ***Koncepcia riešenia čistenia odpadových vôd***

Koncepcia návrhu riešenia čistenia odpadových vôd na Zbojníckej chate spočíva v oddelenom riešení odpadových vôd v letnej a zimnej sezóne. Dve existujúce nádrže a dve toalety pre každú nádrž umožňujú aplikovať diametrálne odlišné podmienky pre čistenie odpadových vôd v zimnej a letnej sezóne. Navrhujem preto rozdeliť súčasné dve toalety na letnú a dve na zimnú sezónu. Toto riešenie slúži ako základný bod pre ďalšie návrhy. Rozdiel medzi nádržami nebude žiadny a označenie na letné a zimné je orientačné. Bez rozdelenia, by sa inak výrazne skomplikovalo čistenie OV v zimnom období, a tým aj možnosť vyčistenia odpadových nádrží od odpadu vytvoreného počas zimy.

### ***Čistenie odpadových vôd v zime***

Čistenie odpadových vôd v zime je limitované nepriaznivými poveternostnými podmienkami (nízke teploty a vysoká vrstva snehu počas väčšiny zimných mesiacov) a tým spojenou zníženou návštevnosťou chaty. Ďalším faktorom je v týchto podmienkach znížená možnosť obsluhy čistiarny odpadových vôd.

V zimných mesiacoch navrhujeme čistenie odpadových vôd riešiť čistenie odpadových vôd tak, že hnedé vody budú odvádzané do odvodňovacích vriec zavesených na konštrukcii nad existujúcou nádržou. Po naplnení vreca, bude vymenené za nové.

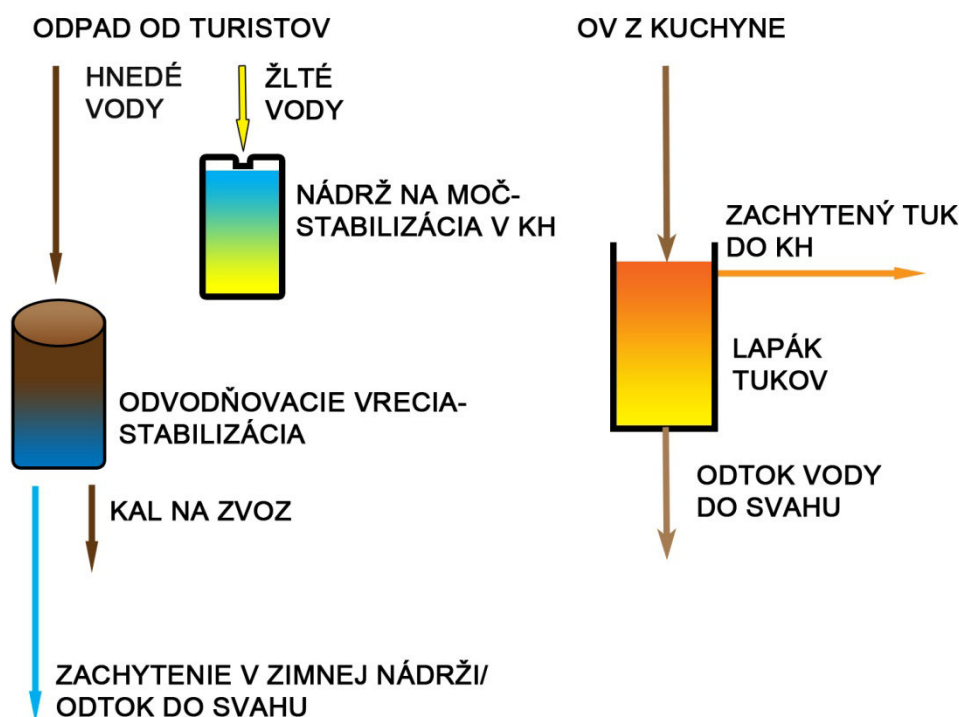
Žlté vody budú odtekať do vymeniteľných nádržíek. Po ich naplnení sa vymenia. Obsah sa bude vymrazovať. Predpokladaná doba výmeny nádržky je 6 mesiacov, teda celú zimnú sezónu.

Odvodňovacie vrecia, ako aj vymenené nádržky, budú skladovať v nádrži pod toaletami.

Po skončení zimnej sezóny, po zahustení kalu, sa hydrofóbne vrecia aj s obsahom znesú v plastových vreciach hygienicky zabalené do doliny a zlikvidujú.

Množstvo takto naplnených vriec by bolo v maximálnom množstve okolo 10 - 20 ks, čo pri malom objeme kalu (5 - 10 kg) v každom vreci je takáto likvidácia riešiteľné takáto likvidácia.

Žlté vody by sa po vymrazení likvidovali tak, ako žlté vody z letnej prevádzky, o ktorom bude pojednávané v nasledujúcej kapitole.



Obr. 3.3.14 Návrh čistenia odpadových vôd na Zbojníckej chate v zime

### **Čistenie odpadových vôd v lete**

Čistenie odpadových vôd na Zbojníckej chate v letnom období v súčasnosti poskytuje veľmi málo možností, z čoho vyplýva aj súčasný stav čistiaceho procesu. Kľúčovým prvkom je

zapojenie vody do procesu čistenia. Pretože voda v určitej forme ku toaletám privedená je, jej zapojenie do procesu čistenia odpadových vôd počas letnej sezóny je minimálnym problémom. Pri využití vody, rozdelenie toaliet na zimné a letné je nevyhnutné, nedostupnosť vody v zimnom období, by inak výrazne skomplikovala čistenie OV v zimnom období, spolu s nutnosťou vyčistenia odpadových nádrží od odpadu vytvoreného počas zimy.

Pre letné čistenie odpadových vôd, vybudujeme dve splachovacie toalety a dva pisoáre. Nové osadené toalety tak budú typom NO-MIX so separáciou moču. Okrem samotných toaliet bude nutná inštalácia splachovacích nádrží s kontinuálnym prietokom do misy.

Kontinuálny prietok by bol nasmerovaný len pre hnedé vody, v rámci separácie žltých vôd, by toalety boli bez splachovacieho mechanizmu a o ich čistotu by sa starala obsluha na chate, súčasne by ako pisoár, tak aj toalety obsahovali pachové klapky. Na Zbojníckej chate podobne ako na Chate pod Rysmi, by bola pod toaletami osadená nádrž špeciálne na zachytávanie moču. Realizácia rozvodov a osadenia tejto nádrže na Zbojníckej chate je mierne náročnejšie z dôvodu existujúcich nádrží, komplikovanejšieho prístupu pod toalety a nutnosti napojenia minimálne dvoch toaliet a pisoáru. Objem nádrží bude upravený tak, aby s nimi bola možná jednoduchá manipulácia pri obsluhu a výmene.

Hnedé vody zmiešané s vodou budú odvádzane do existujúcej nádrže, ktorá bude prebudovaná na septik. nádrž bude predelená dvomi stenami. Odtok odpadových vôd zo vzniknutého septika - nádrže bude cez druhý stupeň čistenia - zemný filter ďalej do recipientu. Steny septiku zabezpečia zachytenie a sedimentáciu nerozpustných látok v komorách. Nariedené hnedé vody nebudú tak zaťažovať recipient. Celé vyhotovenie septiku by bolo v plaste, priečky vytvárajúce jednotlivé komory by boli odnímateľné pre dôvody údržby.

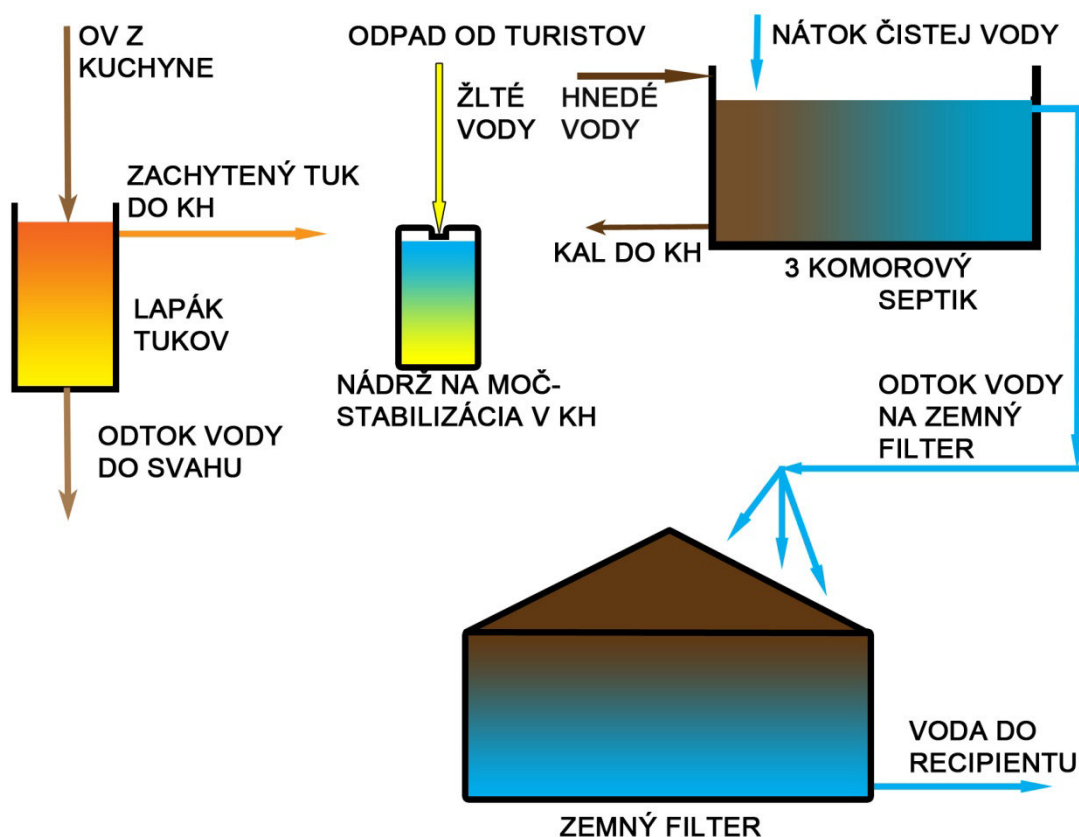
Ako možnosti pre druhý stupeň čistenia odpadových vôd na Zbojníckej chate môžeme zaradiť:

- vypúšťanie odpadových vôd priamo do svahu;
- vytvorenie vegetačnej vertikálnej čistiare odpadových vôd;
- osadenie gravitačného zemného filtra;
- kombinácia riešení.

Vypúšťanie odpadových vôd priamo do svahu zo septiku, by bolo jedným z najmenej elegantných riešení, s neurčitou efektívnosťou čistiaceho účinku, súčasne svah by tak aj naďalej bol zaťažovaný ľudským pôsobením. Kontrola nad týmto spôsobom čistenia, by bola čiastočne získateľná vykopaním určitých korýt vo svahu, čím by mohol byť postup odpadovej vody ku recipientu spomalený, a tým aj zvýšený čistiaci účinok prírodných procesov prebiehajúcich vo svahu.

Vytvorením kaskádovej vegetačnej čistiare, by bolo zvolené najkomplikovanejšie, no prírode najbližšie riešenie. Výhodou tohto riešenia je bezproblémové prispôsobenie sa kontinuálnemu prietoku, nutné je však čo najväčšie zachytenie nerozpustených látok v septiku. Aplikáciou tohto riešenia by súčasne bola vytvorená prvá vegetačná čistiareň na území Vysokých Tatier. Koncept kaskádovej vegetačnej čistiare pri Zbojníckej chate je nasledovný: Voda je púšťaná umelo vytvoreným, serpentínovým korytom smerom ku recipientu. Umelo vytvorené koryto je zložené z radov od seba výškovo oddelených kamenných vaní - kaskád. Každá vaňa má vonkajšiu konštrukciu z plastu, v ktorej má kamenivo usporiadané tak, že voda je nútená prúdiť dnom jednotlivých vaní. Pri napájaní jednotlivých radov vaní na seba (v koncových ohyboch) výškový rozdiel vytvára vodopád, ktorým dochádza ku prevzdušneniu vody. Pretože hlavná časť čistiaceho procesu bude vykonávaná pomocou filtrácie skrz frakcie kamenivo, osadenie vegetácie nie je nutné. Počas zimného obdobia voda do koreňovej čistiare by nebola púšťaná, s jej prevádzkou by bolo opätovne začaté pri jarnom oteplení. V prípade kolmatácie jednotlivých kamenných vaní by bolo vykonané ich vybratie, regenerácia filtračného kameniva a spätné uloženie.

Pri aplikácii zemného filtra, kontinuálny prietok nie je problémom, dôležité je čo najväčšie zachytenie nerozpustených látok. Jeho údržba je jednoduchá - filter je ovládaný posúvaním prítokového potrubia na jednotlivé časti filtra, aby bol jeho zaťažovanie rovnomerné. V prípade vytvorenia biologickej vrstvy na povrchu filtra, je prítokové potrubie presunuté na inú časť a vrstva je spolu s malou časťou filtračnej vrstvy odobraná. Výhodou filtrov je možnosť úpravy jednotlivých filtračných materiálov v závislosti od zloženia znečistenia. V prípade využitia filtra vo Vysokých Tatrách, môže byť nutná tepelná izolácia filtra. To je čiastočne riešiteľné zapustením filtra do zeme. Zapustením filtra do zeme bude súčasne vyriešené jeho osadenie do okolitého prostredia.

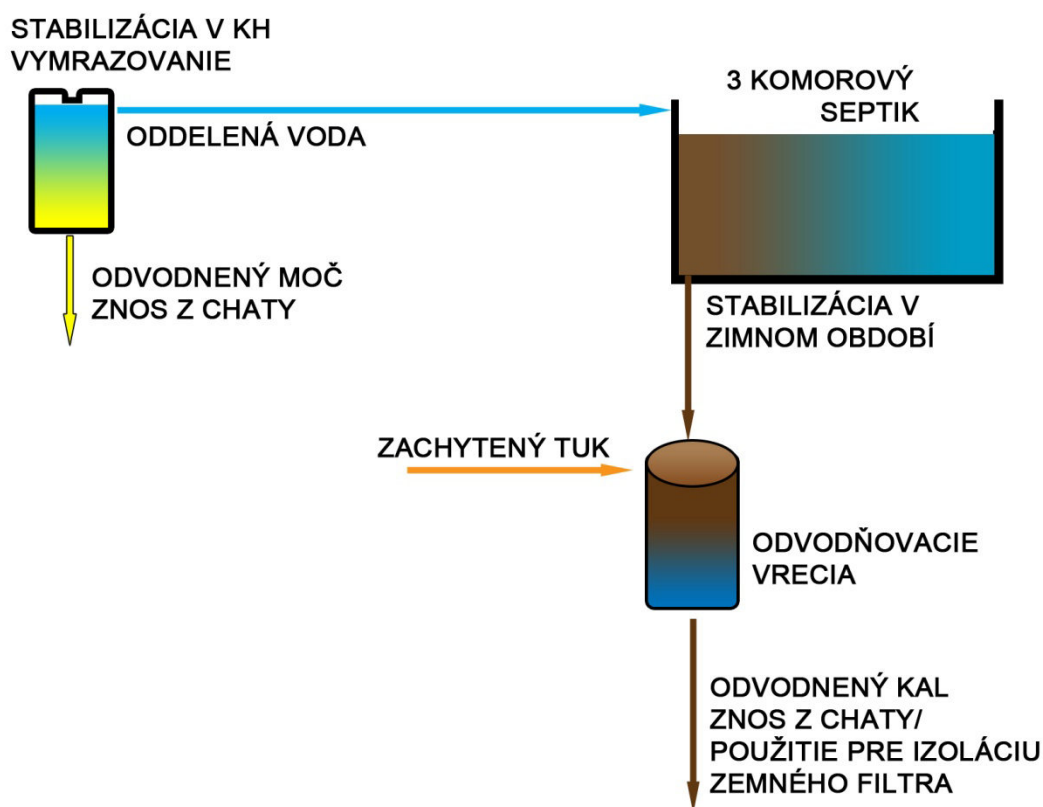


Obr. 3.3.15 Návrh čistenia odpadových vôd na Zbojníckej chate v letnom období

### *Kalové hospodárstvo*

Žlté vody z letných toaliet sa nechajú vymrznúť v otvorených nádržkách. Usadený kal v septiku sa cez zimu stabilizuje. Predpokladaný čas stabilizácie kalu v septiku je od októbra až do apríla, čo je okolo šesť mesiacov. Na jar, pred letnou sezónou sa otvorí nádrž a vyčistí od usadeného kalu. Stabilizovaný a zahustený kal sa naloží do hydrofóbnych vriec. Podľa možnosti chatára, likvidácia kalu môže spočívať v jeho odnesení dolu, alebo sa použije na mieste na izoláciu zemného filtra. O reálnej možnosti použitia kalu na mieste rozhodne aj množstvo nerozpustených častí v kale (igelity, hygienické vložky, ...).

V nádržkách so žltými vodami, po vymrznutí po zimnej sezóne koncentrovaný moč odnesie dolu a vymrazená voda sa cez septik a zemný filter vypustí do recipientu.



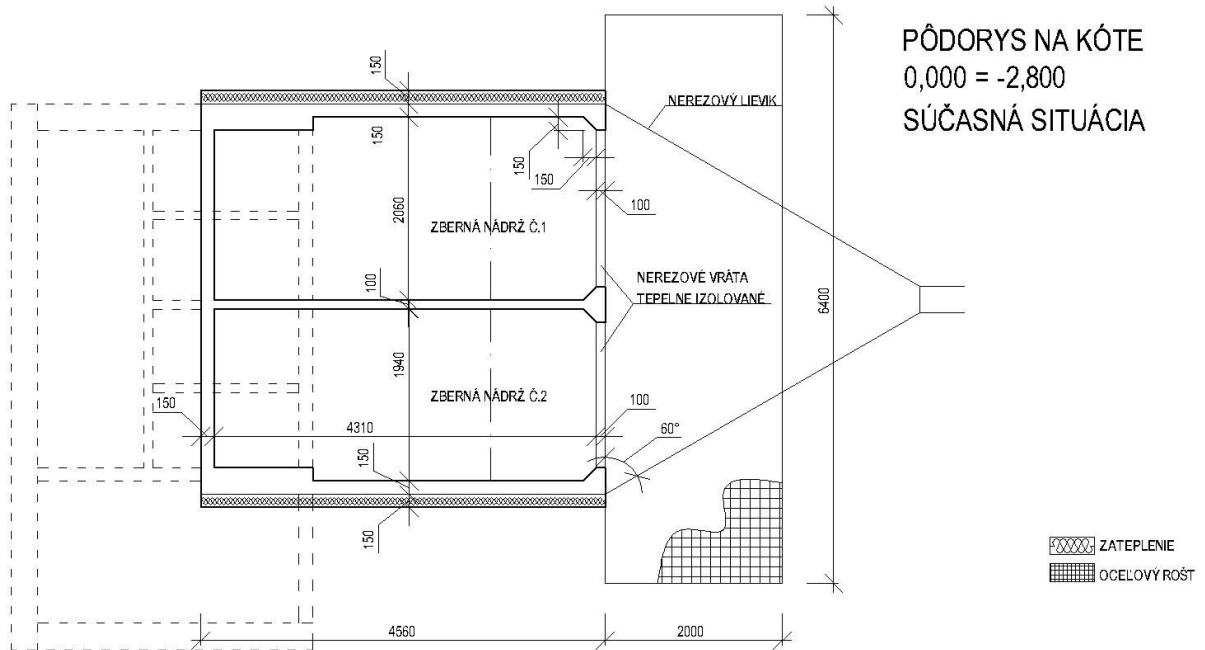
Obr. 3.3.16 Návrh kalového hospodárstva na Zbojnickej chate

### ***Technické parametre***

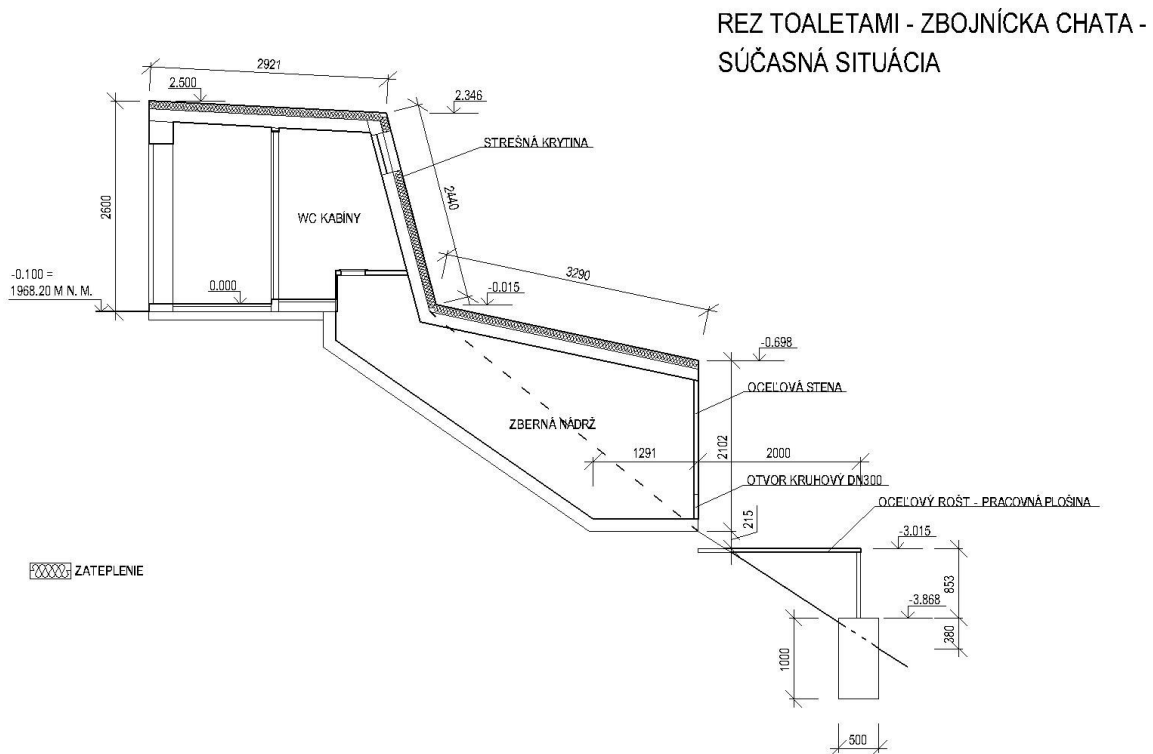
Dátum návštevy:	21.06.2013;
Dĺžka sezóny:	jún - november, (hlavná sezóna júl - september);
Typ ČOV:	suchá toaleta s uzavretou nádržou
Ubytovaní hostia za sezónu:	350;
Ubytovacia kapacita:	16 osôb;
Doba zdržania:	cca 1,5 roka;
Čistiaci proces:	anaeróbne procesy v nádržiach;
Objem nádrže na vodu:	4m <sup>3</sup> , čerpanie z plesa
Predčistenie:	Jednoduchý lapák tuku pre OV z kuchyne;

## Technologická schéma

### Pôdorys a rez podoby odpadových nádrží pred oplastovaním



Obr. 3.3.17 Pôdorys odpadových nádrží na Zbojníckej chate



Obr. 3.3.18 Rez odpadovými nádržami na Zbojníckej chate

## **Záver**

Čistenie odpadových vôd na Zbojníckej chate má v súčasnosti najväčšie nedostatky spomedzi vybraných chát. Pretože Zbojnícka chata je jedným zo stabilných a obľúbených turistických cieľov, a to najmä v letnom období, nedostatočný spôsob čistenia odpadových vôd spôsobuje problémy.

Medzi hlavné problémy patrí existencia nepríjemného zápachu v nádržiach pri stabilizácii vznikajúceho odpadu, a jeho zasahovanie do okolitého prostredia. Ďalej je to neuspokojivo riešený spôsob čistenia odpadových vôd, ktorý v budúcnosti pri vysokej návštevnosti bude spôsobovať čoraz väčšie problémy s negatívnym vplyvom na životné prostredie.

Pozitívnym signálom v zlepšení súčasného stavu čistenia odpadových vôd na Zbojníckej chate sú vykonané opatrenia smerujúce ku riešeniu týchto problémov.

Medzi prvé opatrenia patrí čiastočne vykonané obloženie vnútra nádrží plastovými doskami. Obloženie jednej nádrže bolo vyhotovené počas letnej sezóny v roku 2013 a vyhotovenie ďalšej druhej je naplánované na rok 2014.

Navrhnutý systém čistenia odpadových vôd je kompromisom, ktorý rešpektuje špecifické podmienky Zbojníckej chaty vo vysokohorských podmienkach Vysokých Tatier. Bral som do úvahy súčasnú situáciu, a možnosti obsluhy podľa existujúcich podmienok.

Vysoká návštevnosť celej doliny počas letnej sezóny negatívne vplyva na stav životného prostredia. Preto je potrebné riešiť čistenie odpadových vôd s ohľadom na túto skutočnosť. Čistenie odpadových vôd cez septik a následne zemný filter by mohlo bez prítomnosti žltých vôd priniesť požadovaný efekt a znížiť nepríjemný zápach ako aj požadovanú kvalitu vody v letných mesiacoch.

Zbojnícka chata je otvorená aj počas zimnej sezóny. Počet prichádzajúcich turistov sa pohybuje v jednotkách. Čistiaci proces v zimnej sezóne pre náročné podmienky je navrhnutý čo najjednoduchšie, v podobe suchých toaliet do ktorých bude zachytávaný pevný odpad. Naplnené odpadové vrecia budú zavesené pod pochôdzny rošt, a počas zimného obdobia sa bude odpad stabilizovať vymrazovaním.

V rámci kalového hospodárstva je základnou možnosťou je znos vzniknutého kalu nosičmi do nižšie položených miest a následne na blízku ČOV s kalovým hospodárstvom. To je podmienené hmotnosťou a objemom vzniknutého kalu. Preto je nutné kal stabilizovať a čo

najviac ho odvodniť v hydrofóbných vreciach tak, aby mali čo najmenšiu hmotnosť a dalo sa s nimi manipulovať.

## 4 ZÁVER

Čistenie odpadových vôd v vysokohorských oblastiach je oblasťou čistiarenskeho odvetvia, na ktorú nebýva kladený veľký dôraz. Výnimkou v tomto myslení sú krajiny ako Rakúsko a Švajčiarsko, kde vysokohorské a horské oblasti tvoria nezanedbateľnú časť ich územia a kvalitné čistenie odpadových vôd je nevyhnutnou činnosťou, pokiaľ má byť na daných územiach udržaný trvalý rozvoj bez zhoršujúceho sa prostredia. Riešenia používané v týchto krajinách, ako aj na ostatnom území Alpského pohoria, môžu vo Vysokých Tatrách slúžiť ako veľká inšpirácia. Súčasne je dôležité uvedomiť si aj metodiku používanú pri hľadaní riešenie, ktorá sa nebojí aplikácie čisto prírodných riešení, pokiaľ to situácia dovoľuje.

Čistenie odpadových vôd vo Vysokých Tatrách je v súčasnosti na pomerne dobrej úrovni. Existujú samozrejme lokálne problémy, ako odpadky v okolí populárnych turistických chodníkov, prípadne vznikajúci zápach, či zvýšenie množstva nutričov na niektorých miestach, no bez dopadov na celkový ekosystém Vysokých Tatier. Dôvodom, prečo aj pri využívaní nedokonalých čistiacich procesov príroda zostáva nedotknutá, je najmä malý podiel ľudskej činnosti vo Vysokých Tatrách. Obmedzená ľudská činnosť je daná aj faktom, že Vysoké Tatry patria do územia TANAPu a väčšina ľudských činností vrátane turizmu je obmedzená. Obmedzenie turizmu je vo forme vyznačenia turistických chodníkov, mimo ktorých nie je povolené sa pohybovať. Množstvo prichádzajúcich turistov regulovateľné zatiaľ nie je, a pri predpoklade, že ich počet bude neustále narastať, chyby a nedokonalosti technológií sa prejaví, tak ako sa prejaví aj prípadná nedostatočná kapacita použitých zariadení.

Dôležité je preto myslieť na budúcnosť, snažiť sa aspoň zlepšovať existujúce technológie, a pri jednoduchých čistiacich procesoch, myslieť na nutnosť ich nahradenia vyspelejšími technológiami.

Za vylepšenia existujúcich technológií môžeme považovať napríklad separáciu odpadových vôd, zníženie vody potrebnej na splachovanie, snaha o čo najväčšiu recykláciu použitých surovín, využitie stabilizovaného kalu.

Prechod na modernejšiu technológiu čistenia odpadových vôd zvyčajne znamená aj nutnosť zapojenia viacerých zdrojov do procesu ako elektrická energia, voda, prípadne chemikálie. Zapojenie nových zdrojov do čistiaceho procesu býva ekonomicky náročné, a tiež býva sprevádzané zvýraznenou stavebnou činnosťou. Dlhodobé plánovanie a rozčlenenie

modernizácie na etapy je priam kľúčové. Pri pripojení čistiaceho procesu na existujúce elektrické rozvody na vysokohorskom objekte, je nutné si uvedomiť možnú nutnosť rozšírenia kapacity batérií, prípadne zvýšenie kapacity zdroja elektrickej energie. Pri zapojení vody, je kľúčový objem zásobníka vody, možná nutnosť jeho rozšírenia a prieskum výdatnosti zdroja, prípadne hľadanie nových zdrojov v podobe snehových polí a dažďových vôd. Potrebné je tiež zvýšiť kvalitu údržby, pri moderných technológiách je údržba náročnejšia a zariadenie bývajú citlivejšie, či ide o dúchadlo, ale dávkovacie čerpadlo.

V rámci kalového hospodárstva sú chaty vo Vysokých Tatrách pomerne nerozvinuté a kal je vo väčšine prípadoch ponechávaný v prírode prírodnému rozkladu. Je to tiež jeden z problémov, ktorý sa stane veľmi podstatným pri náraste návštevnosti Vysokých Tatier. Najjednoduchšou možnosťou je znos kalu na spracovanie do nižšie položených oblastí, to však nie je vždy možné. Budúcim riešením môže byť jeho využívanie priamo vo vysokohorskom prostredí. Najjednoduchším využitím je získavanie energie z kalu pomocou spaľovania, k tomu však je nutné získať kal s vysokým podielom sušiny. Veľmi vhodným procesom k tejto činnosti je vymrazovanie. Proces energeticky a technologicky vo vysokohorskom prostredí nenáročný, súčasne vykazujúci veľký potenciál. Ako ďalší spôsob je tu možnosť využiť solárnu energiu vo viac či menej sofistikovaných riešeniach. Pomerne efektívne sa na sušenie kalu ukazujú sušiacie skleníky, kde je na dno uložená asi 30cm hrubá vrstva kalu z ktorej slnko vyparuje vodu a vlhkosť je odvetrávaná zo skleníka. Kal u dna je zahrievaný tepelnými potrubiami, čím dochádza ku rýchlejšiemu vyparovaniu vody. Aby do procesu bol zapojený aj vzduch, po povrchu kalu prechádzajú rýpacie roboty prevracajúce vrchné vrstvy kalu. Úroveň prepracovanosti riešenia je závislá len od dostupných zdrojov a potrieb riešenia.

## 5 CITOVANÁ LITERATÚRA

1. **Slovenský hydrometeorologický úrad.** <http://www.shmu.sk/>. *SHMÚ*. [Online] 2013. [Dátum: 4. 10 2013.] <http://www.shmu.sk/>.
2. *ČOV pro objekty v horách, Možnosti snížení množství vod a zatížení odpadních vod.* **Plotěný, Karel a Holba, Marek.** Pec pod Sněžkou : CzWA, 2011.
3. *ČOV pro objekty v horách, Separace žlutých vod - možnost minimalizace odtoku nutrientů na odtoku z ČOV.* **Plotěný, Karel, Vrána, Jakub a Vinklárková, Darina.** Dolní Morava : Vysoké učení technické v Brně, 2013. 978-80-214-4746-2.
4. **Šálek, Jan a kolektiv.** *Voda v domě a na chatě.* Praha : Grada Publishing, 2012. 978-80-247-3994-6.
5. *Technologie MBR - přednosti a omezení pro čištění a hygienizaci odpadních vod.* **Vilím, Daniel.** Benecko, Hotel Skalka : CzWA, 2012.
6. **Austrian Water and Waste Association.** *Wastewater Treatment in Mountain Regions.* Vienna : Austrian Water and Waste Association, 2000.
7. **Blumberg-Engineers.** Blumberg-Engineers. *Blumberg-Engineers.* [Online] [Cited: 10 12 2013.] [http://www.blumberg-engineers.com/PDF/Sludge\\_Dewatering\\_reed\\_beds\\_engl.pdf](http://www.blumberg-engineers.com/PDF/Sludge_Dewatering_reed_beds_engl.pdf).
8. **Franceschini, Ottavio.** *Dewatering of sludge by freezing.* Stromsund, Sweden : Lulea University of Technology, 2010. 1402-1617.
9. **Ganrot, Zsófia.** *Urine processing for efficient nutrient recovery and reuse.* Göteborg, Sweden : Göteborg University, 2005. ISBN 91 88376 29 X.
10. **Praze, Vysoká škola chemická v.** Spalování kalů. [www.vscht.cz](http://www.vscht.cz). [Online] 2009. [Citace: 5. 1 2014.] <http://web.vscht.cz/~jenicekp/Kalov%C3%A9%20hospod%C3%A1%C5%99stv%C3%AD/KH%2011%20-%20spalov%C3%A1n%C3%AD.pdf>.
11. *Sborník Krkonoše - Příklady high tech ČOV pro horské hotely a turistické objekty.* **Gál, Richard a Plotěný, Karel.** Pec pod Sněžkou : CzWA, 2011.
12. **Mikuláš Argalács, Dominik Michalík.** Vysoké Tatry info - Encyklopédia regiónu Vysoké Tatry. *Vysoké Tatry info - Encyklopédia regiónu Vysoké Tatry.* [Online] Pro Region Slovakia, 2003. [Dátum: 25. 11 2013.] <http://www.vysoke-tatry.info/>.

13. **Dítě, Daniel.** Rastlinstvo Tatranského národného parku 4.: vegetačné pásma – subalpínsky, alpínsky a subniválny stupeň. *BOTANY.CZ*. [Online] BOTANY.CZ, 2013. [Dátum: 12. 12 2013.] <http://botany.cz/cs/tatry-4/>.

## **ZOZNAM TABULIEK**

Tab. 2.1.2.1 Priemerný obsah prvkov v separovanom moči .....	8
Tab. 2.1.3.1 Vplyv kombinácií vypúšťaných vôd na odtokové hodnoty biologickej ČOV [2]	10
Tab. 2.1.3.2 Nazbieraný objem a obsah makronutrientov v troch frakciách zo záchodov, zberu moču, separovaných pevných výkaloch, separovanej vode a súčet dvoch frakcií (výkaly a voda), uvádzaných za predpokladu, že by sme strávili 24h denne doma (g/osoba/rok) [3] ....	11
Tab. 2.1.3.3 Faktor priemerného nariedenia [3].....	11
Tab. 2.1.4.1 Prehľad technológií používaných ku čisteniu odpadových vôd.....	13
Tab. 2.1.4.2 Rôzne spôsoby využitia prírodných spôsobov čistenia OV [4] .....	13
Tab. 2.2.3.1 Druhy zemných filtrov podľa náplne, využitia, zaťaženia a orientačného čistiaceho účinku [4] .....	21
Tab. 2.3.2.1 Orientačné hodnoty koncentrácií znečistenia v odtoku z aktivačnej ČOV v závislosti na pomere aktivovaného kalu a znečistenia .....	26
3.1.3.1 Limitné hodnoty pre splaškové vody a komunálne odpadové vody vypúšťané do povrchových vôd .....	41
3.1.3.2 Limitné hodnoty pre splaškové odpadové vody a komunálne odpadové vody vypúšťané do podzemných vôd.....	41

## **ZOZNAM OBRÁZOV**

Obr. 2.3.1 Prehľad zachycovaných častíc v závislosti na veľkosti pórov [5] .....	29
Obr. 3.3.1 Vybrané chaty na mape Vysokých Tatier [12] .....	42
Obr. 3.3.2 Pohľad na Téryho chatu .....	43
Obr. 3.3.3 5-komorový septik na Téryho chate.....	44
Obr. 3.3.4 Technologická schéma čistenia odpadových vôd na Téryho chate .....	46
Obr. 3.3.5 Pohľad na Chatu pri Zelenom plese .....	47
Obr. 3.3.6 Dvojkomorová nádrž pre odpadové vody s výklopnou strechou.....	49
Obr. 3.3.7 Technologická schéma čistenia odpadových vôd na Chate pri Zelenom plese .....	50
Obr. 3.3.8 Chata pod Rysmi, vpravo dole viditeľný 3-komorový septik.....	51
Obr. 3.3.9 Suchá toaleta na Chate pod Rysmi.....	53
Obr. 3.3.10 Svah slúžiaci pre spracovanie odpadu, viditeľný vplyv nutrientov .....	55
Obr. 3.3.11 Technologická schéma navrhovaného čistiaceho procesu na Chate pod Rysmi ...	59
Obr. 3.3.12 Pohľad na Zbojnícku chatu, na ľavej strane viditeľné toalety .....	61
Obr. 3.3.13 Pohľad na krytie odpadových nádrží a výtokový svah, tiež viditeľne hustejšia vegetácia pod nádržami .....	64
Obr. 3.3.14 Návrh čistenia odpadových vôd na Zbojníckej chate v zime.....	66
Obr. 3.3.15 Návrh čistenia odpadových vôd na Zbojníckej chate v letnom období .....	69
Obr. 3.3.16 Návrh kalového hospodárstva na Zbojníckej chate .....	70
Obr. 3.3.17 Pôdorys odpadových nádrží na Zbojníckej chate .....	71
Obr. 3.3.18 Rez odpadovými nádržami na Zbojníckej chate .....	71

---

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

OV...	odpadové vody
EO...	ekvivalentný obyvatel'
ČOV...	čistiareň odpadových vôd
M N. M....	metre nad morom
M...	metre
MM...	milimetre
BSK <sub>5</sub> ...	Biochemická spotreba kyslíka za 5 dní
CHSK...	Chemická spotreba kyslíka
N <sub>celk</sub> ...	Celkový dusík
P <sub>celk</sub> ...	Celkový fosfor
p...	limitná hodnota koncentrácie znečistenia v príslušnom ukazovateli v zlievanej vzorke za určité časové obdobie
m...	maximálna limitná hodnota koncentrácie znečistenia v príslušnom ukazovateli v kvalifikovanej bodovej vzorke.
kg/kg.d...	kilogram BSK <sub>5</sub> /kilogram kalu . deň
KF...	Koreňový filter
ZF...	Zemný filter
TANAP...	Tatranský národný park
CHKO...	Chránená krajinná oblasť
WWTP...	wastewater treatment plant

---

## SUMMARY

If waste and pollution created by human is in capacity of ecosystem to treat it by itself, wastewater treatment plants usually fulfill legal role of object treating waste and pollution. In that case technology used in WWTP is not that important and any of its defects are covered by ecosystem. Technologies using treatment power of ecosystem are dry toilets, treatment plants build only with primary treatment and treatment plants without any sludge treatment.

Problems come when ecosystem's limits are exceeded and pollution created by people is too big. The role of WWTP becomes essential and choice of technology is very important. Treatment technology can be choose from natural systems like types wetlands, anaerobic treatment plants or ground filters, of from hi-tech technologies including aerobic treatment plants membrane systems or chemical treatment.

For both ways of solutions there are basic conditions that have to be fulfilled, especially access to water source and quality primary treatment. In case of high tech solution electricity is required as well.

For decreasing amount of nutrients in wastewater, as well as volume of water required for a treatment very promising is urine separation. Separated urine can be dewatered and transported with other sludge or transported separately and used for phosphorus retrieving.

Sludge treatment is equally important to wastewater treatment. Nutrients contained in sludge along with viruses can't be released into ecosystem. There are several options, depending on economic and technical advances of alpine WWTP. Sludge can be pretreated in alpine environment and then transported to municipal WWTP, or can be treated in alpine region and then used in form of topsoil, or ashes. For a sludge treatment can be used freezing process, composting, treatment in greenhouse or incineration.