



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

---

**SANITÁRNÍ TECHNIKA POLNÍ  
NEMOCNICE**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Jakub Vlk

10 – TŽP – 2023

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Sanitární technika polní nemocnice“, vypracoval samostatně pod vedením Ing. Romanem Vavříčkou Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze

Bc. Jakub Vlk

## Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Romanu Vavříčkovi, Ph.D. za vedení a usměrňování diplomové práce. Děkuji všem konzultantům za technické rady a logistikům organizace Lékaři bez hranic za sdílení informací z misí.

Konzultanti a logistici:

Ing. Miloš Lain, Ph.D.

Ing. Martin Koller

Ing. Vladimír Šulc, Ph.D.

Prof. Ing Jan Melicha, CSc.

Doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D.

Jaroslava Krmela Vacková

Mickael Touzinaud

Ing. Zdeněk Müller

## OBSAH

1. SOUPIS POUŽITÉHO ZNAČENÍ .....	1
2. ÚVOD .....	5
3. CÍLE PRÁCE .....	6
4. VYHODNOCENÍ KAPACITY A UMÍSTĚNÍ.....	7
4.1. Vyhodnocení kapacity .....	7
4.2. Rozvin .....	8
4.3. Vybavení .....	8
4.4. Umístění.....	9
4.5. Fáze rozvinu .....	9
4.6. Struktura polní nemocnice .....	11
5. SANITACE.....	15
5.1. Vodní zdroje.....	15
5.2. Zásady distribuce vody .....	19
5.3. Legionella Pneumophylis .....	20
5.4. Testování kvality vody.....	20
5.5. Dezinfekce chlornanem.....	21
5.6. Zdravotnická zařízení.....	21
6. ZDRAVOTNÍ TECHNICKÉ INSTALACE .....	22
6.1. Popis objektu a odběrných míst .....	22
6.2. Popis stanů z hlediska sanitace .....	23
6.3. Návrh vodovodu .....	37
6.4. Návrh kanalizace: .....	39
6.5. Návrh rekuperačního výměníku .....	40
6.6. Návrh ohřevu .....	43
7. ČISTIČKA ODPADNÍCH VOD.....	44
7.1. Koncept systému .....	44
7.2. Návrh čerpadla kalu .....	45
8. ÚPRAVNY VOD .....	47
8.1. Koncept systému .....	47
8.2. Návrh čerpadel surové a pitné vody.....	50
9. VZDUCHOTECHNIKA OPERAČNÍHO SÁLU .....	53
9.1. Koncept systému .....	56
9.2. Výpočetní část-volba chladiče.....	57

9.3. Distribuce vzduchu.....	59
9.4. Návrh ventilátoru .....	60
9.5. Návrh otvoru operačního sálu .....	61
10. TRIGENERAČNÍ JEDNOTKA .....	62
10.1. Koncept systému .....	62
10.2. Zhodnocení investice TJ jednotky .....	63
11. ALTERNATIVNÍ ZDROJ ELEKTRICKÉ ENERGIE .....	65
11.1. Zhodnocení použití fotovoltaických panelů .....	66
12. ZÁVĚR .....	68
13. SEZNAM INFORMAČNÍCH ZDROJŮ .....	70



# 1. SOUPIS POUŽITÉHO ZNAČENÍ

$Q_{D,i}$	Výpočtový průtok v i-té trase	[l/s]
$Q_{A,i}$	Jmenovitý výtok i v i-té trase	[l/s]
$d_i$	Vnitřní průměr pro i-potrubí	[mm]
$p_{dis}$	Dispoziční tlak	[Pa]
$p_{minFI}$	Tlak v odběrných místech	[Pa]
$p_g$	Tlaková ztráta	[Pa]
$p_{vodoměry}$	Tlaková ztráta vodoměru	[Pa]
$K$	Součinitel odtoku	[ $l^{0,5}/s^{0,5}$ ]
$DU$	Výpočtový odtok	[l/s]
$Q_{ww}$	Průtok splaškových odpadních vod	[l/s]
$Q_i$	Tepelná ztráta v i-té trase	[W]
$\dot{q}$	Tepelný tok	[W/m]
$L_i$	Délka potrubí v i-té trase	[m]
$t_{p,3}$	Teplota v bodě 3	[°C]
$t_{mix,2}$	Smíšená teplota v bodě 2	[°C]
$\rho_w$	Hustota vody	[kg/m <sup>3</sup> ]
$c_w$	Měrná tepelná kapacita vody	[J/kg · K]
$c_v$	Měrná tepelná kapacita vzduchu	[J/kg · K]
$\dot{V}_{mix,i}$	Smíchané průtočné množství v i-té trase	[m <sup>3</sup> /s]
$\varphi_{mix,i}$	Součinitel současnosti na trase i	[-]
$t_{sur}$	Teplota surové vody	[°C]
$t_{sv}$	Teplota studené vody	[°C]
$\eta_{rek}$	Účinnost sdílení tepla v rekuperaci	[-]
$V_z$	Objem akumulčního zásobníku	[m <sup>3</sup> ]
$\Delta Q_{max}$	Výkon zdroje	[W]
$t_{tv}$	Teplota teplé vody	[°C]
$Q_{zdroj}$	Výkon zdroje	[W]
$\tau_i$	Interval ohřevu	[hod]
$\rho_{mix}$	Hustota smíchané kapaliny	[kg/m <sup>3</sup> ]
$H_{ov}$	Výška hladiny vůči nosu čerpadla	[m]
$H_{tran}$	Transportní výška	[m]

$\rho_{ov}$	Hustota odpadní vody	$[kg/m^3]$
$\dot{V}_{kal}$	Průtok kalu	$[m^3/s]$
$\dot{V}_{vzd}$	Průtok vzduchu	$[m^3/s]$
$\rho_{vzd}$	Hustota odpadní vzduchu	$[kg/m^3]$
$d_{vzd}$	Průměr vzduchového potrubí	$[mm]$
$v_{vzd}$	Rychlost vzduchu	$[m/s]$
$d_{saní}$	Průměr potrubí na straně sání	$[mm]$
$v_{kal}$	Rychlost kalu	$[m/s]$
$\lambda_s$	Součinitel tlakové ztráty na straně sání	$[-]$
$k$	Drsnost potrubí	$[mm]$
$\lambda_v$	Součinitel tlakové ztráty na straně výtlaku	$[-]$
$Y_{zs}$	Měrná energie na sání	$[J/kg]$
$l_s$	Délka sací trasy	$[m]$
$\dot{Q}$	Průtočné množství	$[m^3/s]$
$\xi_k$	Součinitel místní ztrát v koleni	$[-]$
$\xi_{sk}$	Součinitel místní ztrát ve zpětné klapce	$[-]$
$Y_{zv}$	Měrná energie na výtlaku	$[J/kg]$
$l_v$	Délka trasy na straně sání	$[m]$
$d_v$	Průměr potrubí na výtlaku	$[m]$
$\xi_A$	Součinitel místní ztrát klapky	$[-]$
<b>NPSH</b>	Pokles tlakové energie v sací části čerpadla	$[-]$
$\xi_K$	Součinitel místní ztrát klapky	$[-]$
$Y_s$	Měrná statická energie	$[J/kg]$
$g$	Gravitační konstanta	$[m/s^2]$
$H_{gs}$	Geodetická výška	$[m]$
$H_{gv}$	Výška odběrného místa vůči ose hrdla čerpadla	$[m]$
$p_{pf}$	Tlaková ztráta pískového filtru	$[Pa]$
$Y$	Celková měrná energie	$[J/kg]$
$H_p$	Dopravní výška čerpadla	$[m]$
$H_{gs\ max}$	Maximální geodetická výška	$[m]$
$y_s$	Vertikální vzdálenost osy čerpadla od sacího hrdla	$[m]$
$\Delta y_{kr}$	Kritická kavitační deprese čerpadla	$[J/kg]$
$\alpha_i$	Pohltivost	$[-]$

$\lambda_i$	Tepelná vodivost trasy i	$[W/m \cdot K]$
$s_i$	Tloušťka materiálu	$[m]$
$Q_{zátěž}$	Tepelná zátěž	$[W]$
$Q_{vně,zisky}$	Vnější tepelní zisky	$[W]$
$Q_{vni,zisk}$	Vnitřní tepelní zisky	$[W]$
$t_e$	Teplota venkovního vzduchu	$[°C]$
$t_r$	Radiační teplota	$[°C]$
$\epsilon$	Součinitel znečištění oblohy	$[-]$
$\dot{I}$	Intenzita slunečního záření	$[W/m^2]$
$\alpha_e$	Součinitel přestupu tepla venkovní	$[-]$
$p_{v1''}$	Parciální tlak sytých vodních par	$[Pa]$
$p_v$	Parciální tlak vzduchu	$[Pa]$
$\varphi$	Relativní vlhkost	$[-]$
$x_i$	Měrná vlhkost	$[g/kg]$
$p$	Barometrický tlak	$[Pa]$
$h_i$	Entalpie vnitřní	$[kJ/kg]$
$Q_{chl}$	Výkon chladiče	$[W]$
$\dot{V}_{prim}$	Průtok vzduchu primární jednotkou	$[V/m^3]$
$\rho_v$	Hustota vzduchu	$[kg/m^3]$
$\dot{V}$	Průtok vzduchu	$[W/m^3]$
$D$	Velikost dávky	$[l/os]$
$n$	Počet lidí (dávek)	$[-]$
$\Delta p$	Rozdíl tlaku	$[Pa]$
$\eta_{FV}$	Účinnost fotovoltaického panelu	$[-]$
$l$	Délka štěrbin	$[m]$
$S_1$	Průřez otvoru na vstupu	$[m^2]$
$\dot{V}_1$	Průtočné množství na vstupu	$[l/s]$
$v_1$	Rychlost vzduchu na vstupu	$[m/s]$
$b$	Šířka mezery	$[mm]$
$\eta_{REF}$	Účinnost panelu referenční	$[-]$
$t_{e,s}$	Teplota vzduchu	$[°C]$
$G_M$	Střední hodnota intenzity záření	$[W/m^2]$



$\alpha$	Pohltivost	$[-]$
$G_{T,den}$	Denní střední hodnota intenzity záření	$[W/m^2]$
$A_{FV}$	Plocha fotovoltaických	$[m^2]$
$p$	Srážky	$[-]$
$E_V$	Elektrický výkon systému	$[W]$
$E_{sys}$	Elektrický výkon systému	$[Wh]$
$\tau_{d,FV}$	Časový interval odběru	$[h]$
$t_{FV}$	Teplota fotovoltaického panelu	$[^{\circ}C]$
$\gamma$	Koeficient změny teploty pro daný zařízení	$[-]$
$G_{REF}$	Referenční hodnota slunečního záření	$[W/m^2 \cdot K]$
$k$	Součinitel zohledňující hladinu intenzity dopadajícího záření	$[-]$

## 2. ÚVOD

Diplomová práce seznamuje a prohlubuje znalosti, profesí vodního sanitáře či technika polní nemocnice a navazuje tím na bakalářskou práci Technika polní nemocnice, která je řešerší několika technologických procesů nezbytných pro zajištění bezproblémového chodu nemocnice [L1].

Uvedený modulový typ polní nemocnice je hojně využíván v armádách či humanitárních organizacích po celém světě. Podle lokality nasazení jsou nemocnice doplněny o specifické systémy. V subtropických či tropických klimatických podmínkách je tím myšlena klimatizační soustava se stínícími prvky. V chladnějších podmínkách jsou konstrukce stanů doplněny o izolační vložky a vytápěcí soustavu. Vzhled celého komplexu nemocnice je dán příčinou vzniku. Armádní nemocnice ve válečných konfliktech mají maskované zbarvení stanů, humanitární organizace mívají častěji zbarvení bílé s červeným křížem symbolicky inspirované ze švýcarské vlajky po zakladateli Švýcaru Henry Dunant.

Z konverzace s technickým specialistou vyplynula úvaha, že i v nízkorozpočtových podmínkách musí nemocnice disponovat základním technickým vybavením, tak aby byl umožněn její plynulý chod. To znamená, že stavba polní nemocnice v dané lokaci přímo závisí nejen na podmínkách, ale také na schopnostech technického specialisty improvizovat s dostupnými zdroji. V extrémních podmínkách se může jako možnost jevit čerpání a filtrace pitné vody z řek doplněné o alternativní zdroj elektrické energie v podobě fotovoltaických panelů.

Mezi primárními požadavky na plynulý chod nemocnice je zajištění pitné, užitkové vody, kanalizace, elektrické energie, řešení chladírenského okruhu a odpadního hospodářství. Závěrem zmiňuji větrání, které tvoří podstatnou část na operačním sále pro vytvoření sterilního prostředí a zamezení tak tvorbě infekčních onemocnění. Tyto požadavky jsou pro neziskové organizace závazné, jelikož je tím zajištěna efektivita zhodnocení darovaných finančních prostředků.

## 3. CÍLE PRÁCE

### **Hlavním cílem diplomové práce:**

1) Návrh studie zdravotně technických instalací a sanitace nemocnice v polních podmínkách s využitím modelovacího programu.

### **Vedlejší cíle:**

1) Seznámit s procesy a technickým zařízením polních nemocnic, způsoby fungování se zaměřením větrání, chladiřenství a dodávku elektrické energie.

2) Zhodnotit potenciál pro využití v polních podmínkách zpětného získávání tepla, alternativních zdrojů energie a nízkoenergetických systémů.

## 4. VYHODNOCENÍ KAPACITY A UMÍSTĚNÍ

### 4.1. Vyhodnocení kapacity

Kapacita polní nemocnice je určena statistickými simulačními modely inspirující se historickými záznamy z misí podobného rozsahu [L2]. Standartně je uvažováno na 20 raněných jeden chirurgický tým s dvou hodinovým intervalem na pacienta. Jedná se o statistické modely ovlivněné faktory dostupnosti, typem dopravních prostředků, délkou a náročností odsunové trasy, operačním prostředím, jeho omezením a také taktikou odsunu zdravotnických ztrát.

U části těžce raněných se stav může zhoršovat nebo se nezdaří jejich stabilizace. Takový pacienti potřebují co nejdříve primární chirurgické ošetření. Výkony primární chirurgie musí být u kritických pacientů poskytnuty co nejdříve ideálně do jedné hodiny. Časové normy mohou být prodlouženy tak, aby poskytnutí neodkladné chirurgie proběhlo nejpozději do 2 hodin a primární chirurgie do 4 hodin od vzniku poranění. Proto musí být zdravotnická zařízení, zdravotnické síly a prostředky rozmístěné v souladu s časovými požadavky [L3].

Dle rozhovoru s technickým specialistou organizace Lékařů bez hranic (Medicine Sans Frontier – dále MSF) je příkladem simulačních modelů Irácká nemocnice plánována údajně rok před tím, než konflikt o Mosul vůbec začal. Simulačním modelům se snažíme přiblížit, nicméně v terénu se vlivem nepředvídatelných podmínek je nutné přizpůsobit. V moderní polních nemocnicích je proto využíváno modulární stanové městečko kombinované s obytnými kontejnery. To umožňuje se flexibilně přizpůsobit scénáři, kterému je komplex vystaven dle druhu katastrofy či válečného konfliktu. Moduly je možné přizpůsobovat terénu případně přistavět po navýšení počtu přijatých pacientů.

Obvykle je třídění v hromadných ztrátách kategorizováno ve 4 bodech:

- ROLE 1 – primární léčebná péče, třídění, přednemocniční neodkladná péče, resuscitace a stabilizace pacienta
- ROLE 2 – příjem a třídění pacientů, resuscitace a léčba šoku na vyšší úrovni než Role 1, neodkladná chirurgie, může obsahovat omezenou lůžkovou kapacitu, případně stomatologii, hygienu prostředí, psychiatrii nebo psychologii.
- ROLE 3 – sekundární léčebná péče, hospitalizace a s ní spojené prvky, různé klinické specializace závislé na typu mise včetně primární chirurgie a diagnostické podpory.
- ROLE 4 – plné spektrum definitivní léčby, rekonstrukční chirurgie, rehabilitace.

Diplomová práce (dále DP) je zaměřena na nemocnici odpovídající úrovni ROLE 3 reagující na katastrofu vzniklou přírodní živlem v subtropických a tropických podmínkách s omezenými zdroji pitné vody s přísunem čtyřiceti pacientů denně V nemocnici je tedy kromě akutní chirurgie poskytována také

porodní, zubní, úrazová péče, ale i specifická vyšetření s kapacitou padesáti lůžek. Kapacitu lůžek lze v případě nutnosti navýšit dle potřeby, až do meze určenou limity zásob. MSF často pracuje se strategií v postižené lokalitě setrvat, zaučit místní obyvatele, a zajistit její funkčnost i po převzetí. Nepředpokládá se tedy její přesun v rámci posunu bitevní linie, jako v případě válečné polní nemocnice.

## 4.2. Rozvin

Armáda České republiky (dále AČR) příjem raněných standartně provádí do 6 hodin po rozvinu operačních sálů a následně rozvin kompletní polní nemocnice do 5 dnů. Doba rozvinutí je závislá na potřebě ženiných úprav terénu pro rozmístění jednotlivých součástí polní nemocnic. Geologické úpravy zahrnují v závislosti na charakteru operace úpravy plochy spojené s přemístěním a urovnáním zeminy, uložení a zakrytí elektrických rozvodů a vodovodní sítě [L3].

Chirurgická jednotka rychlého nasazení MSF specializovaná na velmi rychlé pohotovostní zásahy je po dorážení do zasažené lokality schopna poskytovat pohotovost do 72 hodin. Kompletní zástavba polní nemocnice je cca za 20 dní. MSF se vyznačuje rozsáhlou sítí skladů po celém světě, to umožňuje pohotově reagovat na daný stav. Rozvin je pečlivě nacvičován a jsou přesně dány postupy, jak celý rozvin probíhá. Rychlost rozvinu je samozřejmě ovlivněna počtem pracovních sil.

## 4.3. Vybavení

V MSF je vybavení obvykle do postižené oblasti dováženo v boxech přímo ze skladů rozmístěných strategicky tak, aby byly schopny zasahovat do jakékoliv části světa. Tyto boxy jsou předpřipraveny na většinu typizovaných katastrof. Pro jednotky rychlého nasazení se jedná o „batožové“ vybavení a boxy skladné do automobilů. Dovybavení již fungujících projektů například velkorozměrnými konstrukcemi nebo kontejnerovými úpravami vod je používána letadlová či lodní doprava, v případě, že je vyloučena možnost nákupu v místních lokacích. Což by mělo být preferováno z hlediska dostupnosti oprav pro místní obyvatele.

Speciální vybavením je 3D tiskárna. Možnost v polních podmínkách vytisknout si potřebný prvek pro rychlou opravu je sice lákavá, nicméně je podmíněno faktorem citlivosti tohoto zařízení na změny teplot a výskyt v prašném prostředí. MSF vytvořilo projekt v Jordánsku 2018 zaměřující se na tvorbu levných protéz po amputaci končetin pacientů ve válečných konfliktech. Tím údajně zlevnili protézu z 2000 na 250 amerických dolarů a protetika se tak stala dostupnější pro veřejnost. Nicméně se stále jedná o tisk z plastu a rozšíření na titanové součásti či jiné slitiny pro využití kloubních náhrad je v těchto podmínkách stále obtížné [L4].

Pro projektování nemocnic jsou často používány v praxi 2D softwary (jednopodlažní dispozice), nicméně s nástupem informačních modelů budov (BIM) a jeho možností přenést projekci do virtuálního světa by příprava a zaškolení chirurgického týmu mohla probíhat efektivněji. Virtuální projekt lze hodnotit dopředu a provádět jeho úpravy se vzdáleným přístupem. V praxi to znamená, že na projektu nepracuje pouze osazenstvo v poli, ale jsou jim

k dispozici tzv. supervisors (online podpora) [L5]. V neziskových organizacích by BIM také mohl mít potenciál pro seznámení dárců s projekty, ti mají tak transparentnější přehled o financích, které organizacím poskytují. V diplomové práci byl pro modelování nemocnice využit software Solidworks.

#### 4.4. Umístění

Prostory pro rozvinutí částí nemocnice je vhodné promýšlet dle existujících energetických a vodovodních sítí. Výhodnými objekty se jeví školy, internáty, kulturní, sportovní a ubytovací zařízení nebo rekreační objekty, které nejsou trvale využívány a po dohodě s místními orgány mohou být využity pro léčení pacientů.

Hodnotící parametry:

- stav a srozumitelnost komunikací
- stav objektů
- využitelnost místních zdrojů (voda, energie)
- rozsah potřebných úprav terénu
- epidemiologickou situaci z hlediska obrany a ochrany
- vyhodnotit protizáplavový drenážní systém v případě záplav (zvláště v zemích s vysokými srážkami v období dešťů)

Při výběru místa se hodnotí vodní zdroje a odebírají se vzorky surové vody. Pokud není v místě k dispozici pitná voda, musí se provádět její úprava v úpravárnách. Existuje několik organizací, které se zabývají zajišťováním vody do suchých oblastí, proto je výhodné před nasazením tyto organizace kontaktovat a zkoordinovat napojení na jejich díla. V krajních situacích se provádí prohledávání terénu zařízeními fungujícími na principu virgule a hlubinné vrty podle přítomnosti a rozmístění zeleně. Podle normy STANAG 2885 spotřebuje polní nemocnice pro personál nemocnice cca 70 litrů vody na osobu/den, pro hospitalizované pacienty 200 litrů na osobu/den a pro ambulantní pacienty 25 litrů na osobu/den. Zkušenosti z nasazení polních nemocnic v oblastech s teplým klimatem (Irák, Afghánistán) ukazují, že je třeba kalkulovat s potřebou cca 10 litrů balené pitné vody na osobu a den.

Minimální plocha pro rozvinutí činí cca 10 000 m<sup>2</sup> [L3], pro nemocnici v DP je využito cca 4500 [m<sup>2</sup>]. Prostor rozvinutí by měl být hygienicky nezávadný, vzdálený od infekčních ohnisek a měl by poskytovat dobré přírodní podmínky pro zabezpečení obrany a ochrany.

Stávající objekty vytvářejí lepší podmínky pro činnost některých součástí nemocnice, jako jsou sklady, jídelna, ubytování apod. U částečně poškozených nebo zanedbaných budov mohou být naopak obtíže s vyklížením, úpravami místností a jsou také zapotřebí odborné statické posudky.

#### 4.5. Fáze rozvinu

Po zhodnocení výše uvedených faktorů následuje fáze ohrazení prostoru blízkosti zdroje vody a postavení víceúčelového nafukovacího stanu. Ten je podstatný především při nepříznivém počasí a chrání tak dovezený materiál. Je nutné jej postavit v co nejkratším časovém intervalu. V jednom z rohů víceúčelového stanu se nachází sterilní kout.

Po rychlém rozvinutí funkčních součástí se již předem dělají opatření k organizaci práce a seskupují se pracovní skupiny. Zde se projevuje účelné uložení materiálu na vozidlech a nácvik budování jednotlivých oddělení.

Dokončují se úpravy prostorů a organizováno rozvinutí jednotlivých funkčních oddělení, budování sanitárně hygienických zařízení, technické části nemocnice a prostor pro ubytování. Toalety a umývárny jsou umístěny zvlášť pro personál a pro pacienty.

Probíhá shromáždění materiálu a členové logistického týmu vyhodnocují absenci podstatných zařízení a případně o doobjednávají. Řeší také odpadové hospodářství. V této fázi v MSF dochází také k náboru místních zaměstnanců a k nákupu paliva.

Souběžně se zapojuje přenosný generátor. Tvoří se základní elektrický okruh pro připojení osvětlení a dodávku energie pro čerpadla a kompresory. Čerpadla jsou následně schopna dopravovat pitnou a teplou užitkovou vodu z dovezených vaků či nádob pro základní hygienu. Propojení mezi komponenty je provizorně řešeno pomocí polyethylenových hadic v chladnějších oblastech již předizolované s bajonetovými rychlospojkami či hadicovými koncovkami. Nafukující se a staví se další stany. Nejprve triáž, operační a chirurgické oddělení až po lůžková oddělení. Do těchto stanů je následně instalováno veškeré potřebné vybavení pro vykování zdravotnické pohotovosti.

Prioritou je instalace chladicího, mrazicího zařízení a lokálních topidel. Nastavení sítě pitné a teplé užitkové vody, elektrické osvětlení do přistavených stanů. Kbelíky pro odvod šedé vody jsou již nahrazeny odvodem odpadních provizorních jímek. Probíhá instalace radiové komunikace a nábytku.

Pokračují další geodetické úpravy pro přípravu podloží kontejnerů. S jejich příjezdem se nemocnice rozšiřuje o další oddělení v případě modelu této práce je tím myšleno laboratorní oddělení, prádelna, třígenerační jednotka, úpravna vod a vodojem. Z důvodu zachování návaznosti jednotlivých úkonů je přesně stanovený čas, ve kterém technici musí danou problematiku řešit.

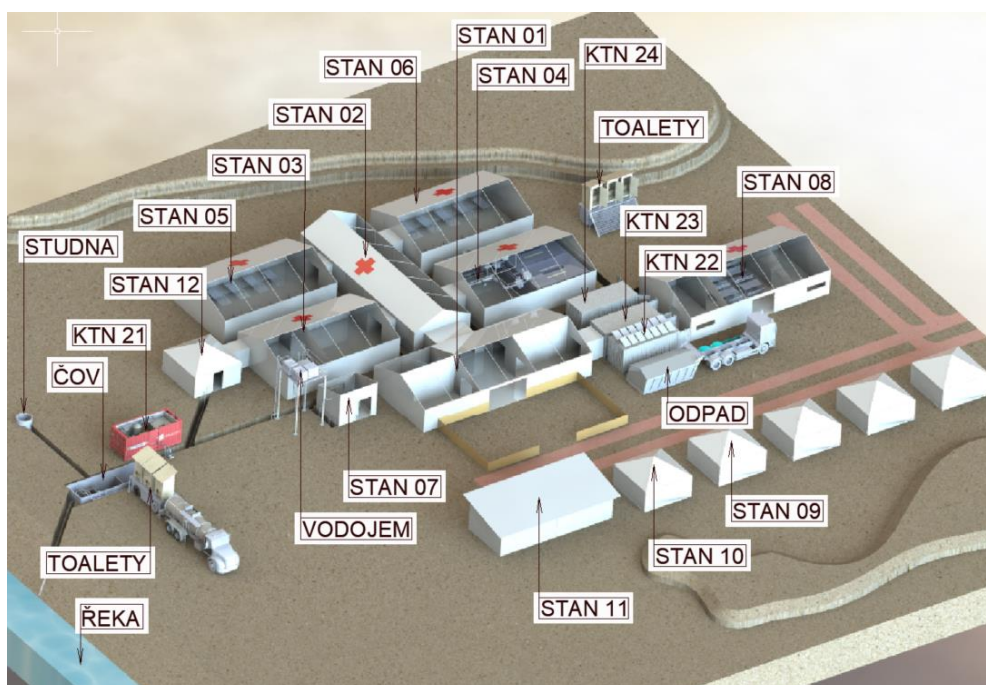


## 4.6. Struktura polní nemocnice

AČR využívá centrální stan, který umožňuje průchodnost celým komplexem. Po roztrídění pacientů na triáži, jsou pacienti rozesíláni na konkrétní oddělení.

Specifickou stanovou zástavbou je nemocnice vybudována pro řešení vysoce infekčních chorob, kde je kladen důraz na minimální kontakt infikovaných pacientů zajištěný jednosměrným postupem skrz komplex a na zóny, kde se personál a pacienti smí pohybovat. Příkladem je nasazení MSF v Demokratické republice Kongo proti Ebole 1976 [L5].

Diplomová práce je soustředěna na nemocnici reagující na katastrofu vzniklou přírodní živlem v subtropických a tropických podmínkách s omezenými zdroji pitné vody s přísunem 40 pacientů denně, potenciálem v této lokalitě setrvat a zaučít místní obyvatele, tak aby byly schopni zajistit její funkčnost i po převzetí. Nepředpokládá se tedy její přesun v rámci posunu bitevní linie, jako v případě válečné polní nemocnice.



Obr. 1 Struktura polní nemocnice

### STAN 01- TRIAGE/RENTGEN/AMBULANCE/STOMATOLOGIE

Triáž venkovní a vnitřní. Venkovní triáž je ohraničena u vchodových dveří oplocením. Tento prostor je podstatný především v úvodní fázi projektu stavění úvodních provizorních stanů. V MSF zde probíhá první kontakt s postiženými a jelikož je organizace nestranná, ve válečných konfliktech přímá pacienty z obou řad konfliktu. Na triáži probíhá jejich odzbrojení.

Rentgenové pracoviště je určeno k provádění skiaskopických a skiagrafických vyšetření všech partií lidského těla, zaměřená na základní vyšetřovací metody na skeletu a jednoduchá RTG kontrastní vyšetření. Umožňuje provádět ultrazvuková vyšetření.

Stomatologická sekce umožňuje základní zubní praktiky.

Ambulantní oddělení ošetřuje méně závažné pacienty. Lze toto oddělení připodobnit praktickému lékaři.



**STAN 02 - CENTRÁLNÍ KORIDOR**

Stan propojující hlavní oddělení. Není zde přiváděna žádná sanitace. Klade se důraz na průchodnost.

**STAN 03 - CHIRURGICKÉ ODDĚLENÍ**

Provádí se zde chirurgické zákroky nevyžadující anestezii. Porody, fixace zlomenin atp.

**STAN 04 - OPERAČNÍ SÁLY**

Stan disponuje tzv. předsálím, chirurgové se zde myjí a oblékají. Stan disponuje dvěma operačními sály, které tvoří zóny ohraničené PVC průhlednou folií a oddělující tak sterilní prostředí. Operační sál běžně obsazuje pětičlenný chirurgický tým a pacient. Vybavení sálů je detailněji popsáno v učebním textu „Úvod do chirurgie“ [L6] ze kterého byla čerpána data pro vyhodnocení vnitřních zisků.

**STAN 05 - LŮŽKOVÉ ODDĚLENÍ I**

Ranění zde setrvávají, než jsou schopni dalšího přesunu. Oddělení dočasné hospitalizace slouží pro krátkodobou hospitalizaci pacientů před jejich propuštěním. Lůžkové oddělení s 24. hodinovým dohledem a přístrojovou podporou životních funkcí pacientů z JIP, kteří potřebují neustálý dohled sester a nejsou schopni sami udržet v činnosti své životní funkce [L6].

**STAN 06 - LŮŽKOVÉ ODDĚLENÍ II**

Struktura stanu odpovídá lůžkovému oddělení I, nicméně zde přebývají lehké případy zraněných pacientů připravených pro opuštění nemocnice a nevyžadující intenzivní dozor, jsou zcela bez potřeby podpory lékařských přístrojů [L6].

**STAN 07 - SPRCHY**

Sprchy jsou umístěny blízko vodojemu. Je tak potenciální možnost ohřívát vodu solárním ohřevem a využívat k distribuci hydrostatický tlak.

**STAN 08 - JÍDELNA, KUCHYŇ, ŠTÁB**

Štáb řídí veškerou činnost polní nemocnice a organizuje práci všech jejích součástí, eviduje materiál. Organizuje vnitřní chod nemocnice, její obranu a ochranu, zabezpečuje, součinnost s ostatními zdravotnickými zařízeními v oblasti operací včetně mezinárodních a nevládních humanitárních organizací. Je zde zařízena jídelna a kuchyň umístěná blízko kontejneru se zásobami potravin.

**STAN 09 - PERSONÁLNÍ STANY**

V MSF jsou často pro personál projektovány obytné stany nebo obydlí využívané místními obyvateli, například africké mazaninové tukuly.

**STAN 10 - SKLAD**

Sklad obsahuje materiál spadající pod přísnou evidenci. Je strategicky vzdálen od centra tábora, předchází se tak riziku ztráty potřebných materiálů v případě požáru či jiného havarijního stavu.

**STAN 11 - GARÁŽE**

Automobilový park udržovaný technickým specialistou. V MSF se jedná o starší prototypy, plně mechanizované s minimálním zásahem elektrotechniky,

tak aby mohli odolávat obtížnému písčitému prostředí a jejich oprava nebyla náročná na dodávku dílů jedná většinou o Toyota Land Cruise 75.

### **STAN 12 - IZOLÁTOR**

Při vzniku nebo podezření na anaerobní infekci se ranění přemísťují do anaerobního oddělení, které plní funkci izolátoru. Toto oddělení se umísťuje mimo hlavní stany nemocnice, má samostatné vodohospodářství i kanalizaci, musí být zaručená 100% odolnost vůči prachu a požadované mikroklima [L3].

### **KTN 21 - ÚPRAVNA VODY**

Dispozice úpravny je situována co nejbližší k vodnímu zdroji. Stejně tak jako ostatní prvky související se sanitací. Vyžaduje potřebu elektrické energie pro kompresor, čerpadla a řízení filtrů.

### **KTN 22 - TRIGENERAČNÍ JEDNOTKA**

Trigenerační jednotka zvažována jako jeden ze zdrojů elektrické, tepelné a chladicí energie s centrálním rozvodem. Jednotku doplňuje také fotovoltaická soustava jako další záložní zdroj. Umístění kontejneru je situováno do středu nemocnice vedle ostatních kontejnerů z důvodu společného podlaží. V kapitole Fotovoltaika a Trigenerace detailně zhodnocují potenciál využití těchto zařízení.

### **KTN 23 - LABORATOŘ/LÉKÁRNA/ZÁSOBÁRNA POTRAVIN**

Kontejner je výhradně určen pro chladicí zařízení, proto disponuje izolační vložkou a dvěma vstupy. Část kontejneru je využita pro laboratorní účely a skladování krevní banky a z části jako úschovna potravin se vstupem do kuchyně z opačné strany kontejneru.

Laboratoř plní funkci krevního skladu, který umožňuje skladovat za předepsaných podmínek až 500 jednotek transfuzních přípravků. Vstupní část do laboratoře je oddělena od vlastního pracovního prostoru a obsahuje místo pro odběr vzorků. Provádí se zde diagnostika založená na tzv. „suché chemii“ [L3].

Kontejnerová lékárna je určena pro zabezpečení polní nemocnice léčivy a zdravotnickým materiálem. Umožňuje přípravu základních druhů individuálně vyráběných léčivých přípravků, skladování omamných látek. Zabezpečuje a provádí zásobování hromadně vyráběnými léčivy, destilovanou vodou, medicínou kyslíkem. Lékárna je situována poblíž operačního bloku a lůžkových částí nemocnice [L7].

### **KTN 24 – PRÁDELNA**

Kontejner obsahující dvě pračky na právní prádla pro personál. Speciální vysokokapacitní pračku pro zdravotnické prádlo a vysokoteplotní mandl. Pračka může obsahovat extra dávkování chlóru či ozonové čištění.

Vyhláška č. 325/2012 Sb. obsahuje detailní postupy a informace o podmínkách vzniku a šíření infekčních onemocnění a o hygienických požadavcích na provoz zdravotnických zařízení a ústavů sociální péče.

### **VODOJEM**

Situován co nejbližší k odběrným místům pro snížení ztrát v potrubí a dosažení tlaku v odběrných místech. Nicméně je vhodné při umísťování myslet také na havarijný stav a do záplavové zóny umístit odtokový kanál případně neumísťovat komplexy, které by zabránili chodu nemocnice.

### **ČOV**

Dle vyhlášky Sb. 57/2016 Sb. o produkci odpadních vod nad 50 lidí je požadováno po čišění opětovné navrácení do řeky bez využití vsakovacích zařízení. V podmínkách polní nemocnice lze toto pravidlo také aplikovat, zejména s ohledem na možné ovlivnění či znečištění okolního prostředí.

## **LATRÝNA**

MSF staví toalety, které jsou v souladu s kulturou místních obyvatel, je tak dán jasný postoj řešení multikulturalismu v týmech.

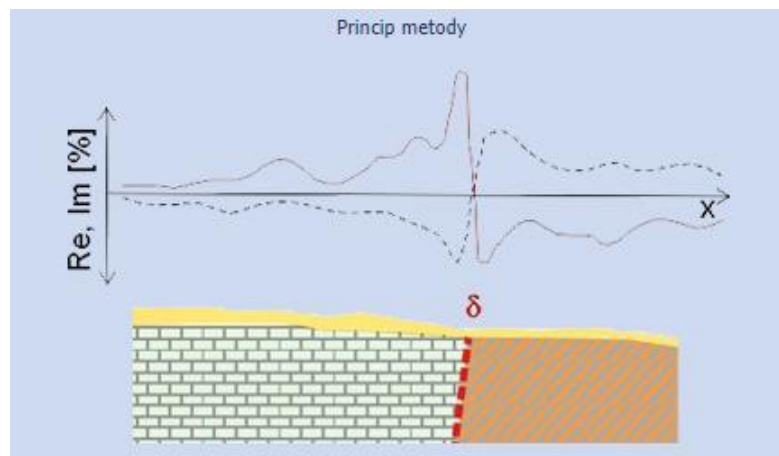
## 5. SANITACE

### 5.1. Vodní zdroje

Hospodaření s vodními zdroji a potenciálně znečišťující lidská činnost v povodí ovlivní kvalitu vody po proudu a ve vodonosných vrstvách. Odstranění příčiny vzniku kontaminace má mnohdy razantnější podíl na kvalitě vody než samotná modernizace úpravny. MSF klade důraz na osvětu obyvatel v rozvojových zemích ohledně správné vzdálenosti toalet od zdroje pitné vody minimálně 30 m, snaží se tak snížit výskyt onemocnění cholerou [L8].

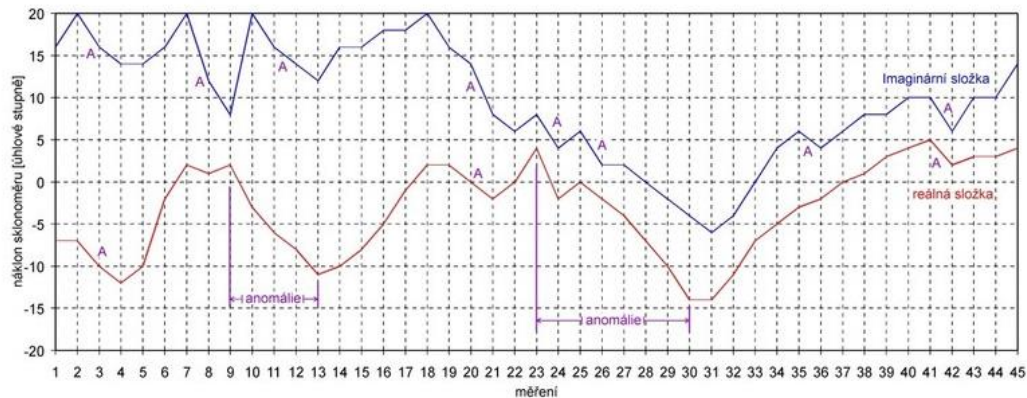
#### Podzemní zdroje

Podzemní zdroje nelze z hlediska čistoty označit jako vhodného adepta za zdroj pitné vody, aniž bychom vodu nepodrobili rozboru. Příkladem je případ pozemku u Příbrami, kdy proutkař sice našel elektromagnetickou anomálii, ale nedošlo mu, že se jedná o uranovou žílu a vlastnoručně kopající zákazník zaplatil životem. Proto je v akademické sféře doporučeno obrátit se na zkušeného hydrogeologa, který nejlépe metodou VDV (Velmi dlouhé vlny) vyhodnocuje elektromagnetické profily a filtruje řadu nežádoucích anomálií [L9]. VDV používá elektromagnetického signálu navigačních vysílačů s frekvencí prvních desítek kHz. Tento signál se šíří na velké vzdálenosti od vysílačů a proniká do horninového masivu do hloubky sto metrů. Přitom je jeho charakter pozměňován a ovlivňován geologickými nehomogenitami. Prostřednictvím měření změn signálu je tak možné sledovat i fyzikální a geologické změny v horninovém masivu [L10].

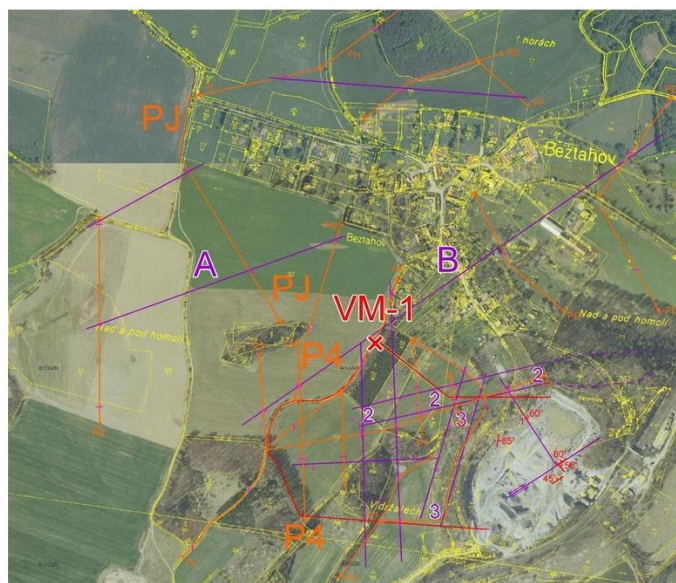


Obr. 2 Příklad protnutí reálné a imaginární složky a nalezení vodivého tělesa [L10]

V praxi se však potýkáme s anomáliemi, kdy reálná složka dosáhne prudkého sestupu a následně pozvolna vzroste na původní hodnotu, v důsledku kontaktu dvou hornin s odlišnou elektrickou vodivostí.



Obr. 3 Příklad měření z praxe [L9]



Obr. 4 Ukázka měření tektoniky metodou VDV [L9]

Na obrázku 4 lze pozorovat fialově označené tektonické poruchy. Potvrzení měření může následně jevit umístění mokřad, rybníků a studní ve směru fialových anomálií, všechny body označeny písmeny A na obrázku 3 by pravděpodobně zaznamenal virgulí i proutkař, ale byly by z hlediska nalezení vody bezvýznamné [L9].

### Povrchové zdroje:

Další možností je využití říční vody, ovšem potýkáme se zde s vysokými nároky na úpravnu. Vzorový příklad studie odběru vzorku z povodí Nilu na jihu Jižního Súdánu korigován s postupy WHO a analýzy kvality vody ve srovnání se směrnými hodnotami WHO jižního Súdánu pro iontové prvky jsou uvedeny v Příloze 1.

Tmavě zvýrazněné hodnoty označují prvky, které je nutné upravit v úpravně vod. Z těchto údajů chemik-technolog vytváří schéma celé jednotky. Konkrétní zařízení a propojení a dispozici zařízení řeší projektant. Z tabulky lze vyčíst nadlimitní hodnoty hliníku, železa, amoniaku, dusitanu, síranu, sirovodíku, sodíku, celkové rozpuštěné látky, antimonu, a zínku.

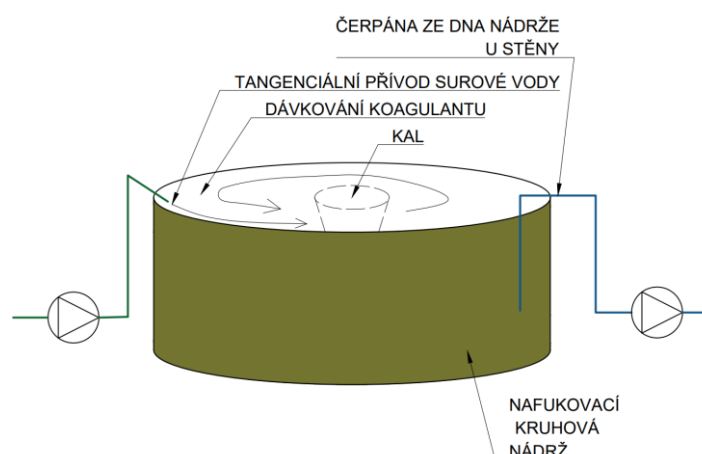
Zpravidla výrobce úpraven poukazuje na schopnost jednotky danou surovou vodu upravit pouze zdali splňuje požadavky dané vyhláškou č. 428/2001 Sb.

Požadavky limitních hodnot prvků jsou uvedeny v *Příloze 2* a lze z ní, vyčíst následující ustanovení.

Daná úprava není uzpůsobena pro surovou vodu takové kvality. Nicméně řešení lze hledat v instalování několika stupňové sedimentační předfiltrace viz obr.5 s tangenciálním přívodem surové vody, tak aby se částice zdržovali uprostřed tanku. Sání do další úrovně je umístěno na okraj nádrže do vyvýšené polohy nad přívod. Touto několika stupňovou předfiltrací zamezíme částečnému zanášení pískových filtrů a pro úplné odstranění rozpuštěných iontů po odborné konzultaci s technologem bylo doporučeno zvážit také ultrafiltraci či reverzní osmózy. Osmóza bude mít však za následek úplnou demineralizaci a tuto vodu je nutné zpětně obohatit o prvky hořčíku a vápníku. Celý proces se tak zkomplikuje a prodraží. Proto úpravu bez takové předúpravy je doporučeno využívat pouze podzemní zdroje vody, což je upřednostněno v modelové nemocnici DP. Po odborné konzultaci je však doporučeno projekt doplnit o filtraci a zařadit automatické dávkování.



Obr. 5 MSF sedimentační filtrace produkce 2 000 [m3/den] pitné vody [L12]



Obr. 6 Princip předčištění

## Dešťová voda

Jako alternativní zdroj lze za hraničních okolností použít měkkou dešťovou vodu. Dešťová voda je zpočátku relativně bez nečistot. Větrém naváté nečistoty, listí, trus ptáků a jiných zvířat, hmyz kontaminují dešťovou vodu, stejně jako částice z atmosféry, saze z hořících materiálů. Aby se minimalizovalo hromadění nečistot, mělo by být prováděno pravidelné čištění spádových ploch a okapů.



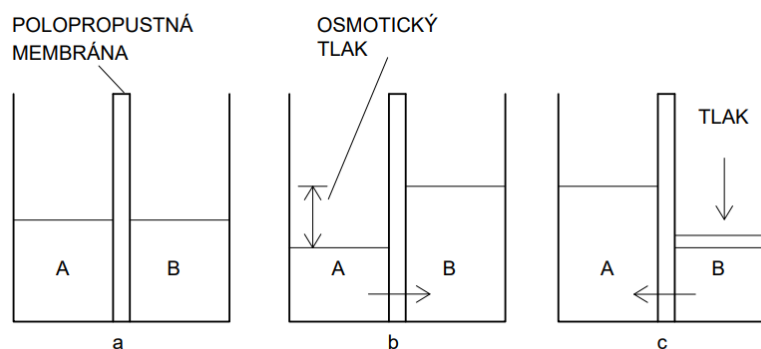
Jelikož je dešťová voda mírně kyselá a má velmi nízký obsah rozpuštěných minerálů, může rozpouštět kovy a další nečistoty z materiálů záchytné a skladovací nádrže, což má za následek nepříjemně vysoké koncentrace kontaminantů ve vodě.

Většina pevných střešních materiálů je vhodná pro zachycování dešťové vody, ale střechy s bitumenovými nátěry se obecně nedoporučují, protože mohou vyluhovat nebezpečné látky nebo způsobit chuťové problémy. Je třeba dbát na to, aby se na střešní svody nepoužívaly barvy na bázi olova. Doškové střechy mohou způsobit změnu barvy nebo usazování částic ve shromážděné vodě.

MSF využili otevřené nádrže na jímání dešťové vody v uprchlickém táboře v Bangladéši. Byla to reakce na krizovou situaci po analýze říční vody bohaté jedovatým arsenikem a v období dešťů nebylo možné rozplavenými cestami vodu dovážet. Dlouhodobá konzumace dešťové vody je však zdravotním rizikem, jelikož neobsahuje minerály a začne je do sebe absorbovat z lidského těla, jedná se především o vápník a hořčík.

### Reverzní osmózy

Odsolovací proces mořské vody je již populární v oblastech blízkého východu, v přímořských oblastech bez dostatku zdrojů sladké vody. Pro použití takového zařízení je nutné počítat s velkými investičními náklady, a i poté je nutné jednotlivé moduly v osmózách pravidelně měnit. Zařízení funguje na bázi mechanické filtrace s velmi jemnými membránovými síty. Voda protéká jednotlivými moduly a v určitém poměru se dělí na část vody vyčištěné tzv. permeát a část odpadní vody koncentrát. Koncentrát lze následně kaskádně přechistit ještě v dalším stupni osmózy tím lze docílit poměrně vysoké účinnosti. Koncentrát lze následně upravovat v odparkách až do stavu zkrystalizované tuhé soli, a je otázkou, jak takovou sůl dále zpracovávat. Nabízí se skladování v solných dolech. Permeát se vyznačuje odstraněnými viry a bakteriemi, nicméně také s ochuzenými minerály, jedná se o vodu demineralizovanou. Taková voda je pak lidově řečeno „žravá“ a funguje jako houba získávající minerály z lidského organismu. Aby tělo nebylo ochuzováno je nutné vodu po takovém čištění remineralizovat vápníkem a hořčíkem v dávkovacích stanicích. Samotným membránám by měla předcházet hrubá předčištění například ve svíčkových filtrech, popř. i dechlorační GAU filtry obsahující aktivní uhlí, jelikož membrány mají tendence se poškozovat při reakci s chlórem. Princip reverzní osmózy je popsán následujícím schématem na obrázku 7 [L13].



Obr. 7 Princip reverzní osmózy [L13]

A-voda s nízkou solností, B-voda s vysokou solností. Jestliže v nádobě oddělíme touto polopropustnou membránou vodu s vysokou a nízkou solností, pak voda z oddílu s nízkou solností proniká do oddílu vody s vysokou solností,

jejíž solnost se snižuje a objem zvětšuje. Osmotický proces se zastaví tehdy, jakmile rozdíl hladin v obou dílech nádoby odpovídá osmotickému tlaku. Pokud se použije ze strany vody s vysokou solností tlak vyšší, než je tlak osmotický, pak naopak voda proniká membránou do oddílu s nízkou solností (permeátem), zatímco v druhém oddílu dochází ke koncentraci solí. Tento proces pokračuje tak dlouho, dokud v koncentračním oddílu nevzroste osmotický tlak na hodnotu tlaku, kterým působíme. Membrána je z velmi porézního materiálu [L13].



Obr. 8 Odsolovací soustava reverzních osmóz-Izrael [L14]

## 5.2. Zásady distribuce vody

Kvalitu vody v potrubním rozvodu objektu ovlivňuje řada faktorů, které mohou vést k mikrobiální nebo chemické kontaminaci vody. K propuknutí onemocnění může dojít například fekální kontaminací v důsledku nedostatků skladovacích nádrží a křížového propojení s odpadními potrubími. Chybně navržené vodovodní systémy mohou způsobit stagnaci vody a poskytovat vhodné prostředí pro šíření patogenů.

Nevhodné instalátérské materiály, potrubí, armatury a nátěry vedou ke zvýšení koncentrací těžkých kovů například olova ve vodě, kde poté bakterie rostou. Skladovací nádrže mohou představovat hnízdiště pro komáry, včetně druhů přenášejících virus dengue. Kryty odrazují od rozmnožování komárů a pomáhají předcházet vnášení fekálních nečistot a slunečního světla podporující růst řas a sinic. Je obecným doporučením používat kryty disponující sítkou proti komárům. Praskliny v nádrži, odběr nevhodnými nádobami, vedou také k možné kontaminaci skladované vody. Skladovací nádoby by měly být, vybaveny kohoutkovým mechanismem, který umožňuje hygienický odběr.

Obecná bezpečnost pitné vody je zajištěna především správným návrhem systému, vyhýbáme se projektování „slepých“ úseku, pro minimalizaci potenciálu stagnace vody. Dodržováním protokolů o údržbě, pravidelným čištěním, řízení teploty a řízení průtoku. V rámci projektu zdravotní technické instalace polní nemocnice jsou odpadní vody vždy v nižší hladině, než je potrubí pro pitnou vodu.

Vysoké tlaky generované v zařízeních připojených k hlavnímu vodovodnímu potrubí nebo nízkými tlaky v síti, mohou způsobovat zpětné toky, to je řešeno instalací zpětných klapek či ventilů, je tím také zabráněno poškození čerpadel vlivem zpětného rázové tlaku. Kontaminaci přispívá nedodržování postupů při ohřevu vody, a jsou tak navozeny, vhodné podmínky pro růst Legionelly [L15].



### 5.3. Legionella Pneumophylis

Z hlediska vodovodních systémů se Legionella vyskytuje v jakémkoliv druhu pitné vody. Do 15-20 [°C] se Legionella nerozmnožuje, ale přežívá. Teploty mezi 25-45 [°C] představují vhodné prostředí pro rozmnožování. Při 55 [°C] přežije bakterie 5-6 hodin, při 60 °C jen 30 minut a nad 70 [°C] se již nevyskytuje. Tuto bakterii najdeme mimo jiné i ve vnitrozemských vodních nádržích, v moři, ve vlhké půdě, mechu a pilinách. Bakterie byla objevena v roce 1976 a onemocnění média pojmenovala "Legionářskou nemocí" [L16].

Hydraulicky vyváženým teplovodní systémů zajišťujeme, aby voda v celém okruhu co nejlépe cirkulovala. Teplota by se měla pohybovat v rozmezí 55 až 50°C. Výtokové armatury ve vzdálenosti max. 1,5-3 [m] od stoupacích potrubí. Dostatečná tepelná izolace potrubí studené vody proti oteplení. Vhodná tepelná izolace potrubí teplé vody proti ochlazení. Vyloučení nadbytečných koutů, kde voda stagnuje.

V případě již propuknutí nákazy je zapotřebí periodická desinfekce potrubí včetně sprchových hlavic vysokou dávkou chlóru 6–15[mg/l] a přehřívání na teplotu 70 až 80 °C [L17].

Po konzultaci s technickým specialistou MSF se v praxi nebrání úvaze dodání chladnější vody, z důvodu absence potenciálního výskytu bakterií usazujících se v akumulacích nádrží. V projektu ZTI byla na operační sál umístěna UV lampa pro zamezení možné kontaminace při distribuci v úseku mezi úpravnou a odběrným místem. Humanitární organizace kvalitu pitné vody v polních podmínkách hodnotí a testuje dle směrnic Světové zdravotnické organizace WHO.

### 5.4. Testování kvality vody

Pokud projektant zvažuje užití zdroje vody bez důsledného otestování, měl by si být vědom rizikovitosti. Voda by neměla obsahovat chutě a pachy, které by byly pro většinu spotřebitelů nepříjemné. Nicméně absence těchto položek nezaručují její zdravotní nezávadnost. Ačkoli tyto složky nemusejí mít žádné přímé účinky na zdraví, voda, která je silně zakalená, silně zbarvená nebo má nežádoucí chuť či zápach, může být spotřebiteli odmítnuta. Paradoxně však dají přednost vizuálně esteticky čistší vodě ale zdraví škodlivější. Proto je důležité tyto informace šířit mezi populaci a věnovat se také publikaci. V MSF se tak snaží o navýšení důvěry místních obyvatel.

Nicméně platí, že změny standartního vzhledu, chuti nebo zápachu dodávky pitné vody mohou signalizovat změny v kvalitě zdroje surové vody nebo nedostatky v procesu úpravy a měly by být prozkoumány [L15]. Intenzitu zakalení vody je měřeno prosvícením vzorku a následnou velikostí rozptylu.

MSF testují obsahem chlornanu ve vodě. Indikační zařízení pracující na bázi absorpce vzorku a pokud v ultrafialové oblasti vykáže podlimitní hodnoty obsahu aktivního chlóru, je v takovém případě veškerý chlór vynaložen na odstranění bakterií a je potřeba jej doplnit do takové míry, kdy indikátor zobrazí hodnoty, které jsou akceptovatelné, avšak ne nadměrné. Velký obsah chlóru má na zdraví člověka také negativní vliv.

## 5.5. Dezinfekce chlornanem

Ničení patogenních mikroorganismů je zásadní a velmi často zahrnuje použití reaktivních chemických činidel, jako je chlór. Dezinfekce je účinnou bariérou proti mnoha bakteriím při úpravě vody. Voda z úpravny by měla správně vykazovat zbytkovou dezinfekci. Ta se dále využívá k částečnému zabezpečení proti nízkourovňové kontaminaci a jejímu růstu v distribučním systému. Chemická dezinfekce zásob pitné vody, která je kontaminována fekáliemi, sníží celkové riziko onemocnění, ale nemusí nutně zajistit, že zásoba bude bezpečná. Dezinfekce pitné vody chlórem má omezení zejména proti prvokovým patogenům a některým virům. Účinnost dezinfekce může být také neuspokojivá proti patogenům uvnitř vloček nebo částic, které je chrání před působením dezinfekčních prostředků. Tyto vločky je právě vhodné před dezinfekcí odstranit hrubou separační předúpravou a dodatečnou jemnou filtrací v pískových filtrech.

Používání chemických dezinfekčních prostředků při úpravě vody obvykle vede ke vzniku chemických vedlejších produktů. Nicméně, rizika pro zdraví z těchto vedlejších produktů jsou extrémně malá ve srovnání s riziky spojenými s nedostatečnou dezinfekcí [L15].

## 5.6. Zdravotnická zařízení

Přestože mikroorganismy *Acinetobacter*, *Aeromonasa*, *Aspergillus* nejsou přímým ohrožením zdraví nicméně pro pacienty s imunosupresí určité riziko představují. Některé z těchto mikroorganismů mohou způsobit infekce, pokud je pitná voda používá k mytí popálenin nebo lékařských zařízení, jako jsou endoskopy a katetry [L15].

Příkladem rizikových zařízení jsou vysokorychlostní vodou chlazené zubní vrtačky, které podporují šíření infekce při vdechování kapiček. Renální dialýza vyžaduje velké objemy vody, která je kvalitnější než voda pitná. Voda používaná k dialýze vyžaduje speciální zpracování, pro minimalizaci přítomnosti mikroorganismů, endotoxinů, toxinů a chemických kontaminantů. Zvláštní požadavky jsou kladeny na hliník, který v minulosti způsoboval dialyzační demenci. Dialyzovaní pacienti jsou také citliví na chloraminy, což je třeba vzít v úvahu při použití chloraminace k dezinfekci zásob pitné vody, zejména v oblastech, kde jsou dialyzovaní pacienti. Voda používána pro takové účely by měla vyžadovat minimálně čistotu na úrovni mikrofiltrace bez nutnosti zpětné remineralizace.

## 6. ZDRAVOTNÍ TECHNICKÉ INSTALACE

### 6.1. Popis objektu a odběrných míst

Dva základní druhy stanové konstrukce:

**Nafukovací** s výhodou velmi rychlého postavení. Nevýhodou je nutný kompresor čili nutná dodávka elektrické energie. Stany se v praxi potýkají s trhlinami, a dokonce s případy lidského faktoru nezapojení přetlakového ventilu a následného přefouknutí. Dodávka v přepravních boxech je s absencí ocelových konstrukcí lehčí. Výrobou takových stanů se zabývá např. firma Gumotex.

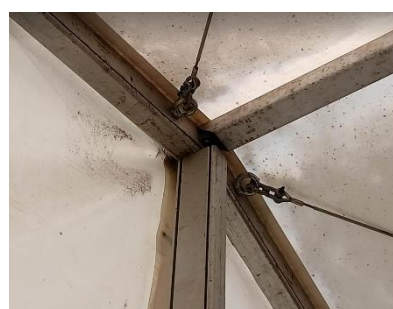


Obr. 9 Nafukovací stan [autor]

**Ocelová konstrukce** s plachtovým řešením má větší nosnost, umožňuje tak zavěšení hmotnějších předmětů do konstrukce a je tím pádem flexibilnější. Konstrukce se obecně jeví robustněji a není náchylná na trhliny. Firma Air area se zabývá výrobou takových objektů.



Obr. 11 Stan s ocelovou konstrukcí [autor]



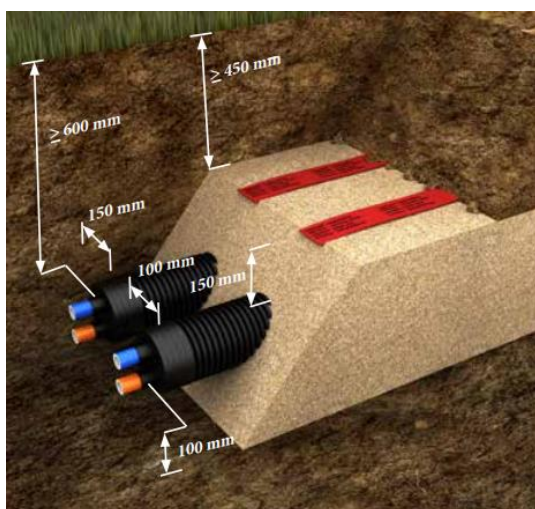
Obr. 10 Ocelový spoj ve stanu [autor]

Vybavení polní nemocnice je detailně popsáno v bakalářské práci „Vybavení vojenské polní nemocnice lékařskou přístrojovou technikou [L18].

Kompletní rozvody potrubí byly vedeny v polyethylenovém potrubí s přidaným uhlíkem zajišťující odolnosti vůči UV záření. Není možné vést potrubní trasu zeminou až pod stan s myšlenkou následného připojení zdola. Spojování probíhá svařováním do DN50 polyfuzně a u vyšších dimenzí svařením na tupo. MSF standartně ukládá potrubí pod povrch země, pokud je potenciál pro nemocnici setrvat déle než tři měsíce.

Alternativou může být pro kanalizaci ještě PVC. Rozhodně však není doporučeno PP pro rozvody vzduchu, především kvůli difuzivitě kyslíku a ostrým střepům při prasknutí.

Rozvody teplé a kanalizační vody jsou vedeny s 0,5% spádem. Tento poměrně nízký spád lze dovolit jedině za předpokladu, že v kanalizačních trubkách proudí pouze šedá voda tedy voda neobsahující fekálie a jiné pevné částice. Vyšší spád by razantně ovlivnil hloubku usazení odpadní rekuperačního výměníku a sedimentační nádrže v ČOV. Kanalizační potrubí vzhledem k využívání odpadního tepla ukládáme s izolací také nejméně 20 cm pod úroveň pitné vody. Jelikož se objekt nachází v horkém klimatu lze si dovolit mělčí usazení do zeminy 0,5 m.



Obr. 12 Ukázka předizolovaného potrubí [L19]

Všechny potrubní soustavy určené pro pitnou vodu a užitkové účely, jako je mytí a sprchování, by měly být řádně propláchnuty před uvedením do provozu podle příslušných hygienických předpisů a podle uznávané praxe [L19]. Kotvení potrubí je uzpůsobeno, tak aby pro každou trubku byl v zemi jeden pevný bod standardně u úpravny a ostatní kotevní body byly v axiálním směru volné. Potrubí teplé vody je opatřeno navíc kompenzátozem.

## 6.2. Popis stanů z hlediska sanitace

### STAN 01- TRIÁŽ/RENTGEN/AMBULANCE/STOMATOLOGIE

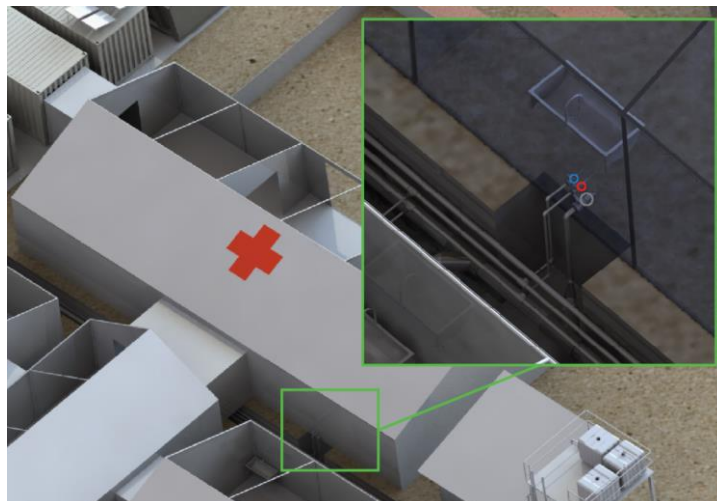
Ambulantní oddělení funguje jako sekce, pečující o neakutní pacienty. Lékař zde provádí vyšetření vyžadující vyšší úroveň hygieny, využívající instalované umyvadlo s přítokem pitné vody a odtokem do odpadu.

Rentgenové oddělení nevyžaduje zásobovat vodou pouze dodávkou elektrické energie.

Stomatologická oddělení disponují chlazenými vrtačkami vyžadující pro lepší životnost demineralizovanou vodu, nicméně se jedná o velmi malé množství řešené dovozem.

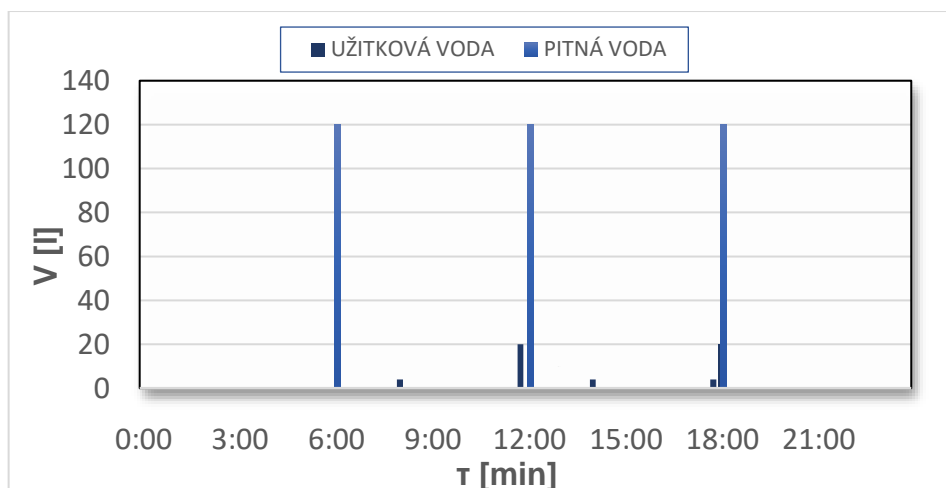
Demineralizovaná voda slouží také ke sterilizaci nástrojů. Opět se jedná o prodloužení životnosti zařízení a je možné využít spíše horkovzdušný typ zařízení. Tento typ vody se využívá také při dialýze. Obecně výše uvedené případy využití demineralizované vody, však není natolik významné abychom jednotku úpravny vod museli doplňovat o membránovou separaci, která by vodu

na tak vysokou kvalitu pozdvihla, ovšem zařízení významně zkomplikovala a zdražila. MSF se snaží v daných lokalitách profesní znalce zdržovat co nejkratší dobu, jinak řečeno výběrem jednodušších technologií jsou rychleji předávány znalosti místním pracovníkům, kteří po jejich odjezdu nemocnici udržují v chodu.



Obr. 13 Triáž/Rentgen/Ambulance/Stomatologie

Na obr. 13 jsou naznačeny prostupy pro potrubí studené teplé, teplé a šedé vody. Prostupy musí být tvořeny ve stěnách stanu nikoli v podlaze v minimální výšce 20 cm, snažíme se tak zabránit pronikání vlhkosti a pronikání vody při deštích. Prostupy stanů jsou obšité a ideálně zabezpečené těsněním proti vnikání písku a prachových částic ve vlnosku bočního větru. V následujících sloupcových grafech je popsána potřeba vody do řešeného stanu.



Obr. 14 Odběr vody ambulance

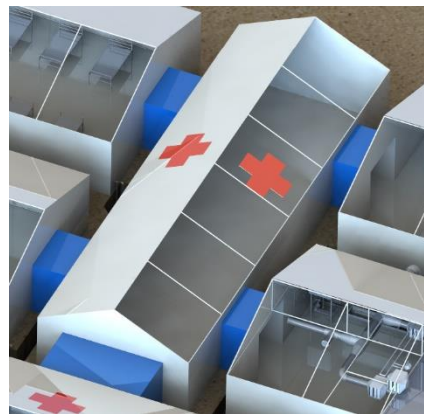
Odběr pitné vody je uvažován 6 litrů na osobu za den. Je zde započítán dvacetičlenný tým personál a čtyřicet pacientů, kteří triáží projdou. Užitková voda je spotřebována na mytí lůžek a podlah.



## STAN 02 - CENTRÁLNÍ KORIDOR



Obr. 16 Centrální stan ukázka AČR [autor]

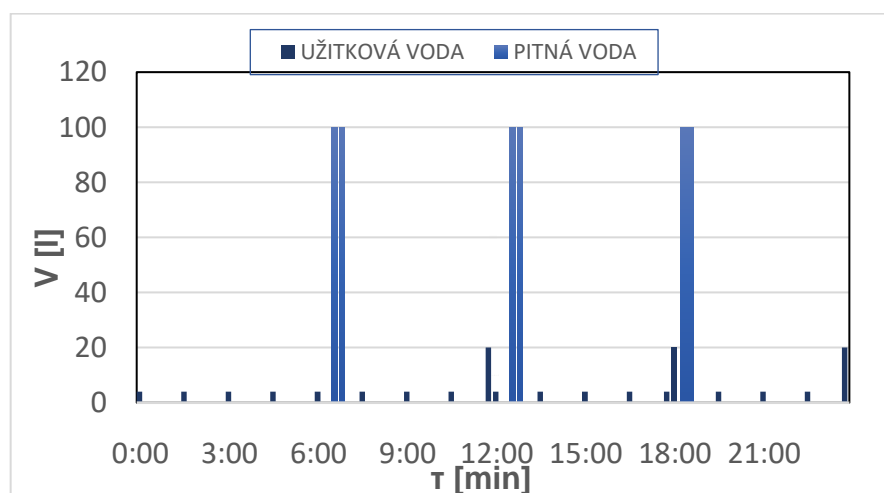


Obr. 15 Prostupy do oddělení [autor]

Centrální stan nevyžaduje samostatný přívod vody. Jedná se o stan spojující jednotlivá oddělení přechody v obr.16 naznačeny modře. V ranné fázi projektu přechody kladená kabeláž či vodovodní hadice. Ochrana hadice je zajištěna chránicí trubicí zapuštěnou do úrovně podlahy. Stan vyžaduje prostupy elektrické kabeláže pro osvětlení. Na omytí podlah byla využita voda donesená z jiného oddělení.

## STAN 03 - CHIRURGICKÉ ODDĚLENÍ

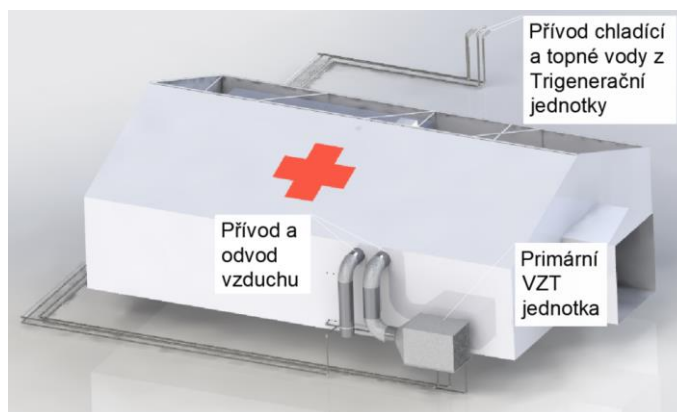
Chirurgické oddělení je určené pro základní chirurgické úkony. Porod, fixace zlomenin atd. Proto je stan zásobován pitnou vodou. V chirurgickém oddělení je uvažováno třífázové umytí chirurgů pitnou vodou před operacemi, periodickým umýváním omyvatelných lůžek po operaci s občasným umytím podlah.



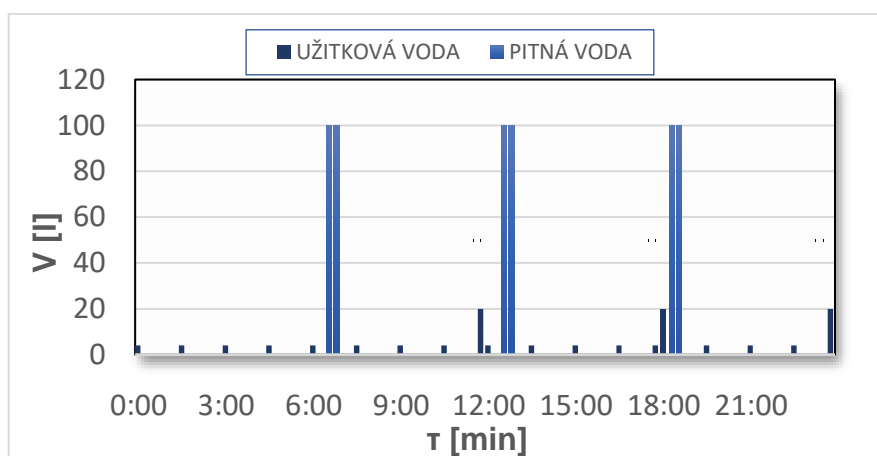
Obr. 17 Odběr vody pro chirurgické oddělení

## STAN 04 - OPERAČNÍ SÁL

Operační sál je dispozičně umístěn v blízkosti laboratoří a rentgenového oddělení. Stanové prostupy je nutné zajistit pro přívod, odvod vzduchu  $D = 375$  mm, teplé a studené vody a kanalizační vody. Přívod zálohové vyspádované pitné vody a přívod a odvod chladiva chladicí jednotky. Operačnímu sálu je věnována samostatná kapitola 9.



Obr. 18 Prostupy do stanu operačního sálu

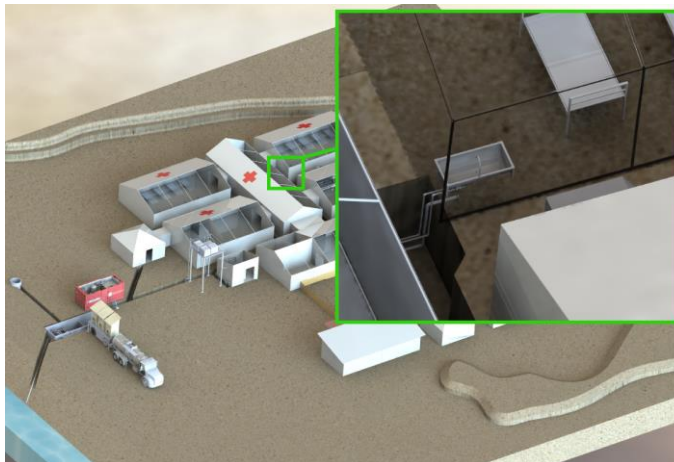


Obr. 19 Odběr vody pro operační stan

Ve stanu operačních sálů využita pitná voda pro mytí personálu před operacemi. Periodické mytí omyvatelných lůžek po operacích a mytí podlah. Při navrhování modelu odběrů byly vždy uvažovány časy, dějově souběžné, aby čerpadla byla dimenzována dle nejhorší možné predikce. Podrobnější popis zařízení v operačních sálech poskytuje náhled do bakalářské práce „*Vybavení inteligentního operačního sálu zdravotnickou technikou*“ [L20].

## STAN 05 - LŮŽKOVÉ ODDĚLENÍ I

Lůžkové oddělení je umístěno tak, aby byl zachován směr průchodu pacientů tzn. vstup triáží a výstup lůžkové oddělení po kompletní rehabilitaci.



Obr. 20 Prostupy do lůžkového oddělení



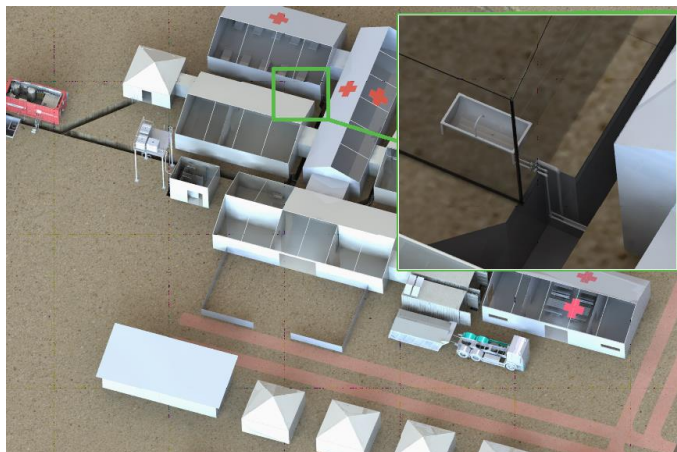
Obr. 21 Odběr vody pro lůžkové oddělení

V lůžkovém oddělení je dodávka pitné vody pro dvacet pacientů a je uvažováno jednodenní umytí pacientů před ranní vizitou.

## STAN 06 - LŮŽKOVÉ ODDĚLENÍ II

Obdobné jako u lůžkové oddělení I, nicméně je zde výskyt pacientů s méně závažnými poraněními.

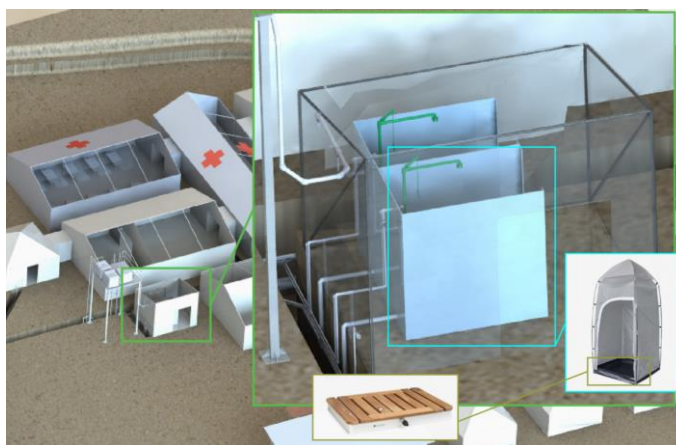




Obr. 22 Umístění odběrného místa lůžkového oddělení II

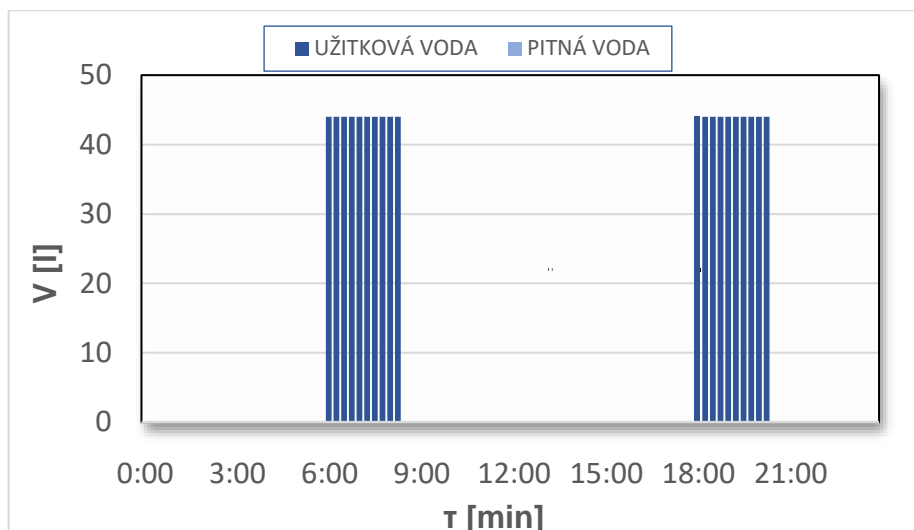
### STAN 07 - SPRCHY

Sprchy jsou určeny především pro zaměstnance. V praxi jsou pacienti myti přímo na omyvatelných lůžkách. Umístění sprch bylo voleno nejbližší vodojemu, pro dosažení co největší tlaků ve sprchové hlavici. Prostupy jsou řešeny pro přívod teplé a studené vody od čerpadel, gravitačně z vodojemu. Znečištěná voda je řešena stokovou vanou a svodem do kanalizace. Stan je vybaven svodnou odpadní vanou, stanovou zástěnou, nízkotlakou sprchovou hlavici. Nízký tlak je možné řešit dále s obchodně řečeno sprchovou hlavici s pozitivní tlakovou ztrátou. Jedná se o sprchovou hlavici napojenou na externí zdroj vzduchu, který proud tlakem z kompresoru navyšuje. Do projektu je nicméně zařazena sprcha „Celotělová sprcha Maneko 1100/390“ [L21].



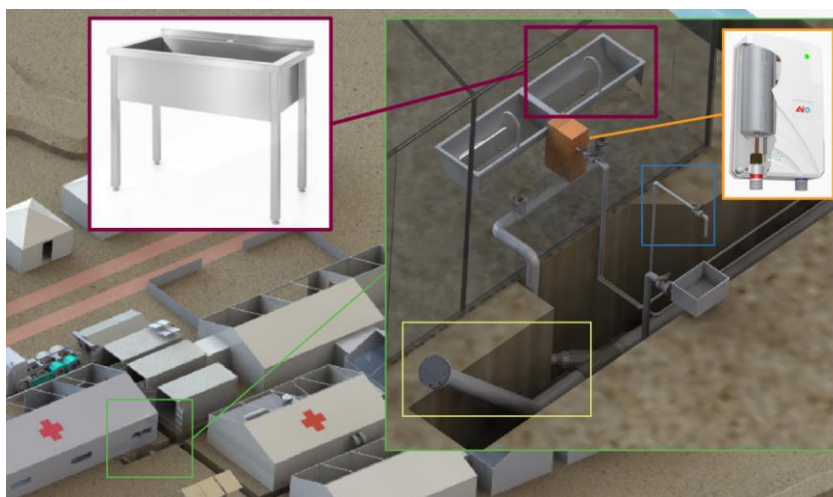
Obr. 23 Řešení sprch (Sprchový stan-modře [L39], Odtoková vana-žlutě [L38])

Ve sprchách je počítáno s časovým intervalem na jednu sprchu 9 minut s průtokem 0,2 l/s. A denní profil ukazuje hromadné sprchování ráno a večer.



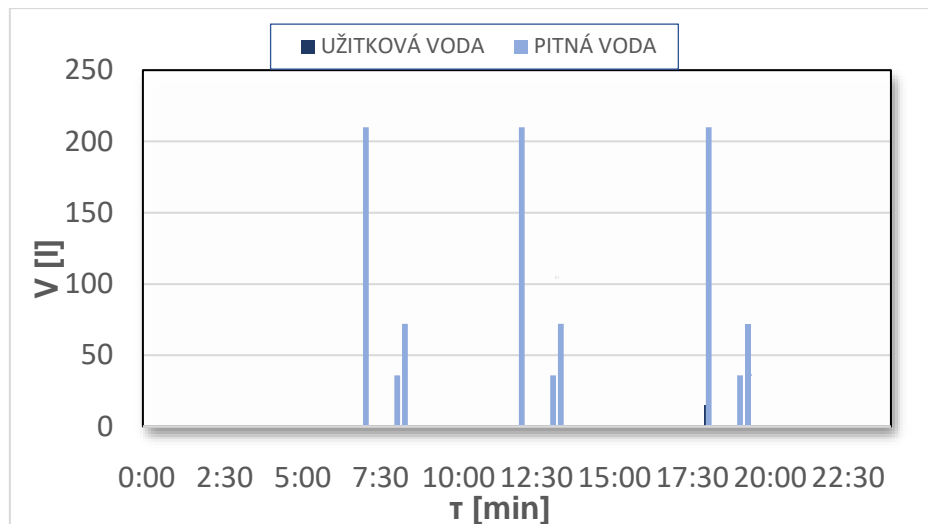
Obr. 24 Odběr vody pro sprchy

### STAN 08 - JÍDELNA, KUCHYŇ, ŠTÁB



Obr. 25 Odběrná místa kuchyň (Velkokuchyňský dřez-rudě [L22]; průtokový ohřivač [L23])

Jídelna je opatřena dvěma velkokuchyňskými dřezy. Jelikož je prostor vzdálen od úpravny, uvažuje se zde průtokový ohřev. Prostupy jsou řešeny dle obrázku 25. Žlutý rámeček označuje místo čištění hlavního kanalizačního potrubí zakončený zaslepovací přírubou. Z tohoto místa je potrubí proplachováno napojením na přívod vody sloužící pro umytí u toalet (modře). Veškerá napojení odběrných míst jsou opatřena kulovými kohouty pro snadné odpojení ze sítě daného zařízení pro demontáž a případné opětovné uvedení do provozu. Propoj zařízení a potrubní sítě byl realizován hadicovými koncovkami a hadicemi pro zachování flexibility, možnosti přesunu zařízení a snížení náchylnosti k porušení. Nejvýznamnějším spotřebitelem pitné vody je po operačním sále jídelna.



Obr. 26 Odběr vody do kuchyně

Využíváme zde 7 l/os pitné vody na jídlo, vaření a pití. Dále napouštění čtyřiceti litrů pro kuchyňské dřezy. Oplach talířů 0,2 l/s a časovou náročnost 6 sekund na jeden talíř. A jednodenní umytí podlah užitkovou vodou.

### STAN 09 - PERSONÁLNÍ STANY

Personální stany kromě přívodu elektro-kabeláže nevyžaduje zvláštní úpravu ani prostupy.

### STAN 10 - SKLAD

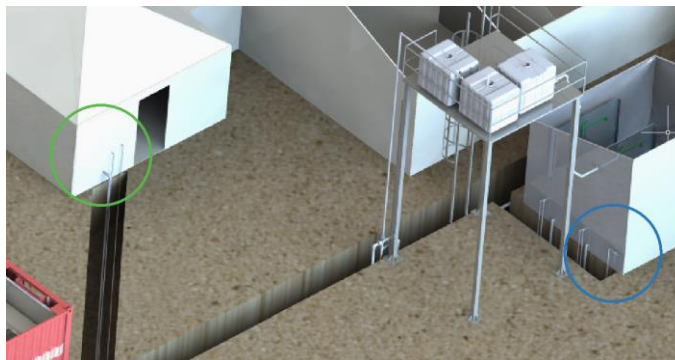
Sklad kromě přívodu elektro-kabeláže nevyžaduje zvláštní úpravu.

### STAN 11 - GARÁŽ

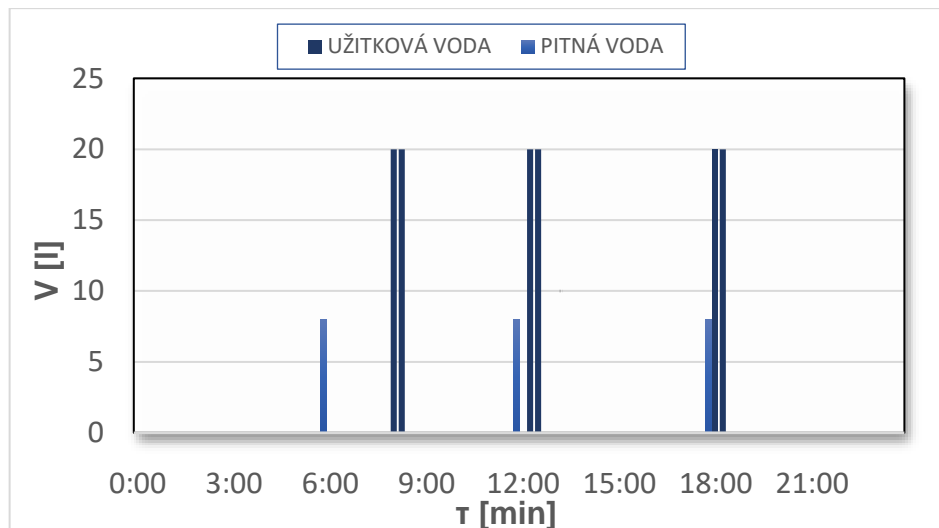
Ke sprchám je přivedeno odběrné místo s hadicovou koncovkou viz obr.27 (modře). Toto připojení lze hadicí prodloužit a může tak sloužit pro oplachy automobilů či základní hygienu automechaniků a příležitostné oplachy. Zde je předkládáno jednodenní nárazové omytí aut s potřebou 50 litrů užitkové vody.

### STAN 12 - IZOLÁTOR

Izolátor vyžaduje zvláštní oddělenou trasu odpadního a vodovodního hospodářství pro zamezení šíření kontaminace do dalších úseků potrubí. Využití tohoto stanu je však ojedinělé.



Obr. 27 Prostupy pro izolátor (zeleně) a přívod oplachové vody ke garážím (modře)

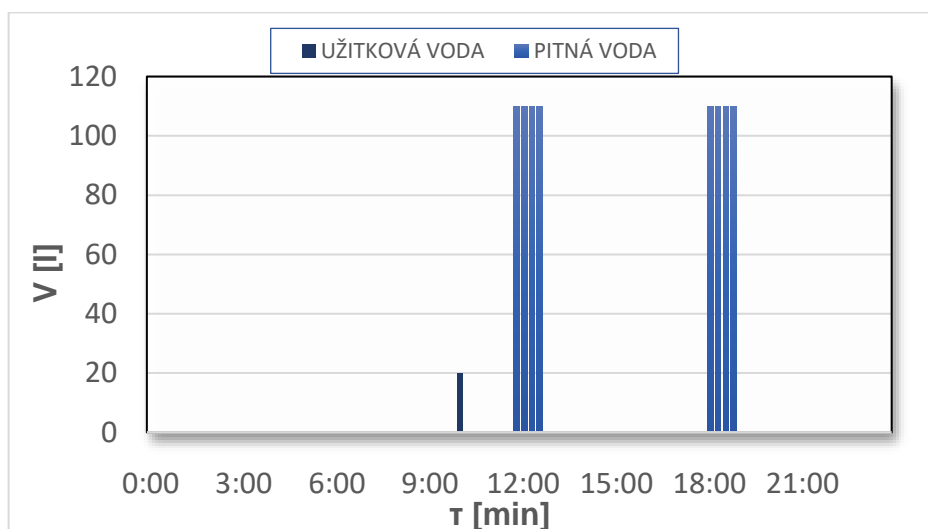


Obr. 28 Odběr vody pro izolátor

Izolátor je přistaven pro nouzový stav, v případě identifikace infekčních choroby v táboře. V modelové simulaci je uvažován výskyt cholery, kdy tělo vyžaduje běžně 20 litrů tekutin denně. Část potřeby užitkové vody je uvažována na omytí podlah a ochranného obleku personálu. Trasu propojující odpadní vody tohoto odběrného místa nelze dezinfikovat dávkováním chlóru ani ozonizací, kvůli zajištění chodu čističky odpadních vod.

### KTN 21 - ÚPRAVNA VODY

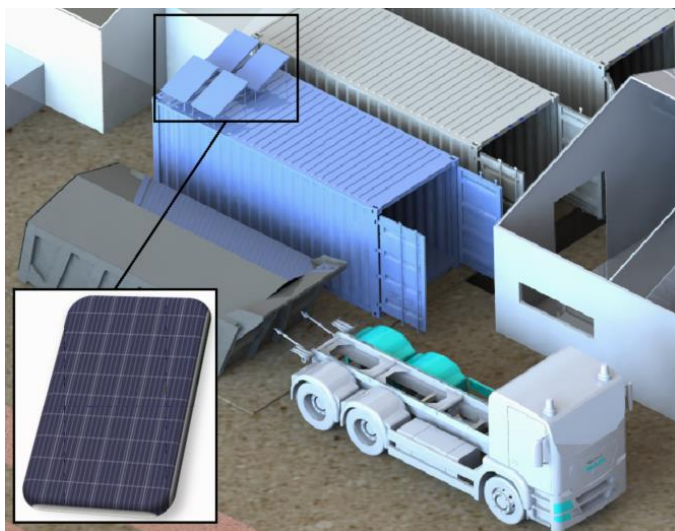
Úpravně a úpravě vody je věnována samostatná kapitola 8. Dispozičně je umístěna na doporučení výrobce maximálně 20 m od vodního zdroje. Pro samotnou úpravnu je zapotřebí její vlastní upravená voda na praní pískových filtrů a případné oplachy podlah.



Obr. 29 Odběr vody pro úpravnu vod

### KTN 22 - TRIGENERAČNÍ JEDNOTKA

Kontejner s trigenerační jednotkou vyžaduje vstupy pro větrání, kabeláž, přívod a odvod topné a chladicí kapaliny a odvod kondenzátu.



Obr. 30 Trigenerační jednotka doplněná o fotovoltaické záložní zdroje (FV panel [L24])

### KTN 23 - LABORATOŘ-LÉKÁRNA/ZÁSOBÁRNA POTRAVIN

Celé toto zařízení je umístěno v izolovaném kontejneru a do dané lokality dopraveno jako kompaktní jednotka. Často se takto přiváží i zkompletované operační sály k vidění u polní nemocnice AČR. Tento kontejner je určen pro chlazení potravin a farmak je tedy výhodné tyto sekce spojit. Kontejner vyžaduje pouze otvory pro elektro-kabeláž a z dispozičního hlediska se jeví oboustranné otevření kontejneru výhodně viz obr.31 (zeleně).

### KTN 24 - PRÁDELNA

Kontejner obsahuje dvě vysokokapacitní průmyslové pračky s dávkováním ozónu, vlastním ohřevem a vysokoteplotní sušičku. Zařízení byla vybrána podle množství predikovaných pacientů a hrubého odhadu množství zdravotnického materiálu jako jsou vícerázové povlečení, roušky, ručníky, prostěradla a zdravotnické empiry. Z konzultace s MSF pracovníkem je v polních podmínkách humanitárních organizací pro minimální dodržení hygieny jeden ručník, prostěradlo a košile pro pacienty tzv. anděl. V případě průjmových chorob se používají omyvatelná lůžka stejně jako na operačních sálech. Dále jsou predikována oblečení pro dvacetičlenný personál, takže kompletní ustrojení na den.

Průmyslové pračky jsou dotovány vodou na úrovni pitné, schopny prát minimálně při 90 °C a měli by disponovat certifikací RAB. Zdravotnický materiál, ručníky a prostěradla prochází třemi termickými postupy dle ČSN EN 14065 (800876). Nejprve 90 °C praním, 140 °C sušením a 150 °C žehlením. Pro tři sta chirurgických roušek, sto čepic, dvě stě návleků (galošů) a sto empirů denně je doporučeno použít chemotermický způsob při 60 °C s dávkováním dezinfekce či ozónu v pračce. Na tento výčet byla následně určena potřeba voda pro pračky Dodavatel pracího zařízení Atlantis dle konverzace uvažuje spotřebu přibližně 10 litrů vody na 1 kg prádla. Pračka LG Giant na 10 kg prádla tedy spotřebuje přibližně sto litrů vody na jeden cyklus. Praní prádla bylo predikováno jako jednodenní aktivita. Pro obyčejné prádlo byla učena potřeba 200 l užitkové vody.

Tímto jsou shrnuty pracovní postupy od výrobce zdravotnického zařízení pro praní prádla [L25].

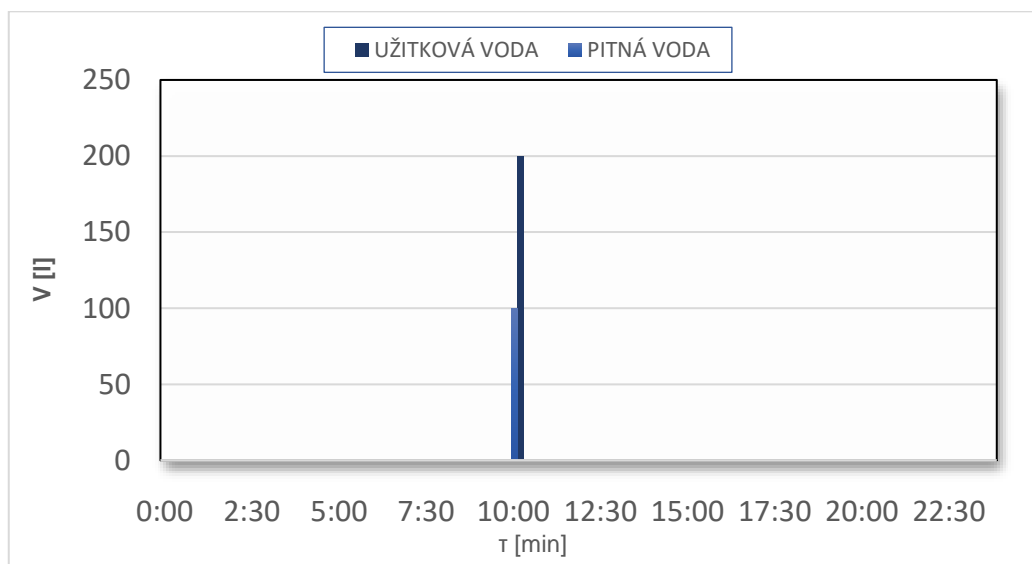


V praxi se však mnohdy pracuje s klasickými pračkami. Pouze se do pračky se zvýšenou potřebou čistoty přidá větší množství chlóru. V takovém případě je nutné klást důraz na bezpečnost zejména při kontaktu směsi o zvýšené koncentraci chlóru.

Prádelna je opatřena prostupy pro přívod pitné teplé a studené vody, odvod šedé odpadní vody a také větrací otvory. Rozvod do jednotlivých zařízení je naznačen v obr. 31. Zacházení s prádlem a praním prádla ve zdravotnických zařízeních a ústavů sociální péče detailně popisuje vyhláška č. 306/2012 Sb.



Obr. 31 Umístění kontejnerové prádelny (pračka-[L26])

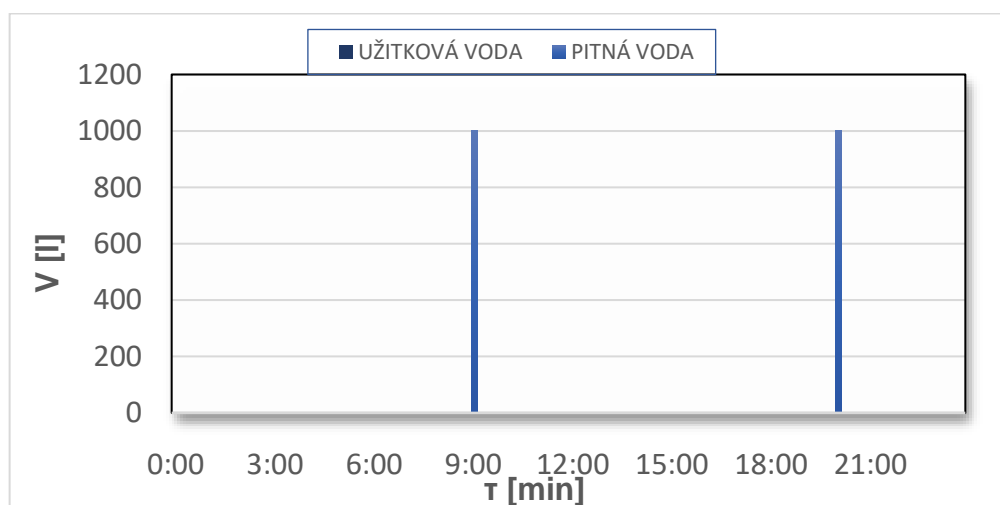


Obr. 32 Odběr vody prádelny

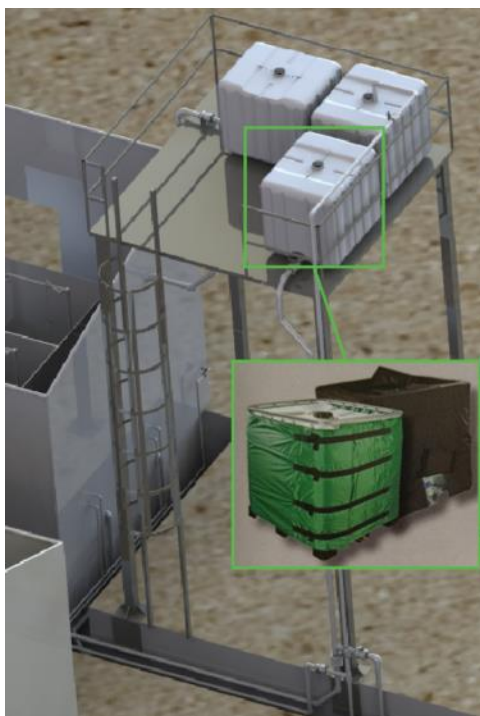
## VODOJEM

Vodojem je v polních nemocnicích je častým zařízením. Jedná se o záložní zdroj, pokrývající výpadky elektrické energie. Vzdálenost jakou lze dopravit vodu pouze z vodního sloupce určuje úroveň rozdílu hladin nádoby a odběrného místa, tedy rozdíl hydrostatického tlaku, který musí být větší než

jsou tlakové ztráty. Pro snížení tlakových ztrát jsou pro rozvod použity 45 ° kolena, nicméně se minimálním rozdílem. Je doporučeno vodu v akumulční nádrži pravidelně recirkulovat pro zaměření růstu nežádoucích bakterií. Pro zamezení stagance vody a snadného vypouštění jsou potrubí do odběrných míst z vodojemu instalována s 1% klesáním. Kubikony jsou hydraulicky spojené nádoby. Napouští se přímo čerpadli z úpravy vod. Modelová nemocnice disponuje místo vodojemu levnější variantou tří nádrží umístěných ve výšce 5 m disponujícími izolačním opláštěním proti slunečnímu svitu podporující růst bakterií. Lze tedy dodávat vodu o tlaku cca 49 kPa Pro představu ve směšovací baterii v domácnostech je na výtoku 300 kPa. Jedná se o nárazové plnění, které je doporučeno mimo vytížené hodiny.



Obr. 33 Odběr vody pro vodojem



Obr. 34 Akumulační nádrže na věži s izolačním pláštěm [L27]

## ČOV

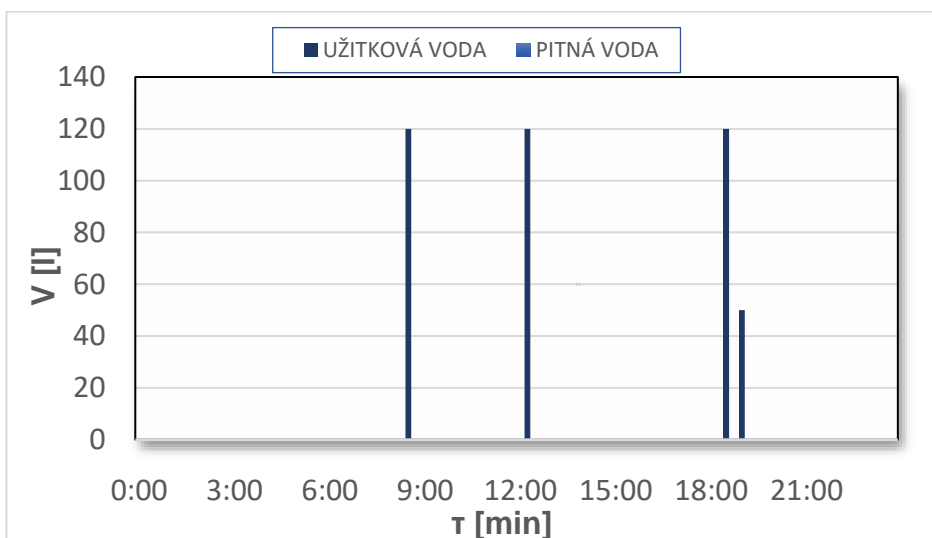
Popisu objektu odpadního hospodářství je věnována kapitola 7.

## SKLAD

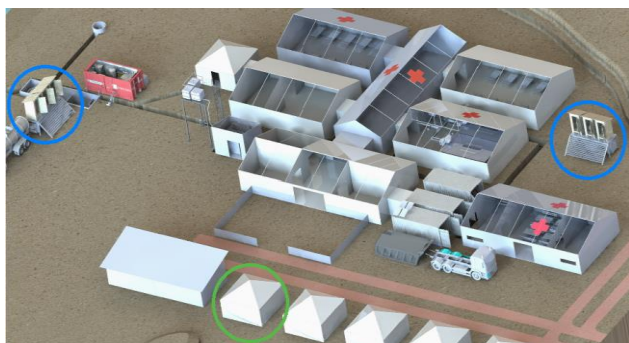
Skład je ze strategického hlediska umístěn dál od centra nemocnice viz obr. 36 (zeleně). V případě požáru jsou zde umístěny boxy pro základní potřebu a záložními zdroji.

## TOALETY

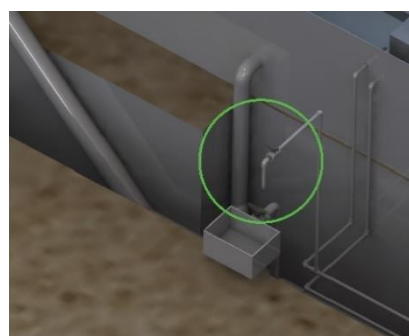
Toalety jsou zvlášť pro pacienty umístěny poblíž lůžkového oddělení a zvlášť pro personál [L3]. Pro personál je toaleta umístěna blízko ČOV, je totiž zároveň využívána pro skladování separovaného kalu. Šestice toalet je umístěna na kalové mobilní nádrži 9 m<sup>3</sup>, určené pro pravidelnou výměnu. Nádrž je opatřena hrdlem DN 200 pro napojení mamutového čerpadla. Pro tvorbu profilu potřeby vody bylo uvažováno používání toalet po návštěvě jídelny 2 I potřebou na oplach.



Obr. 35 Odběr vody pro toalety

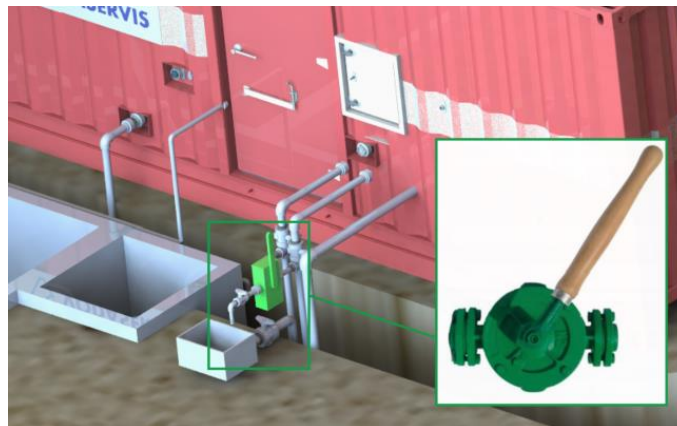


Obr. 36 Umístění toalet (modře) a skladu (zeleně)



Obr. 37 Oplach u toalet u jídelny



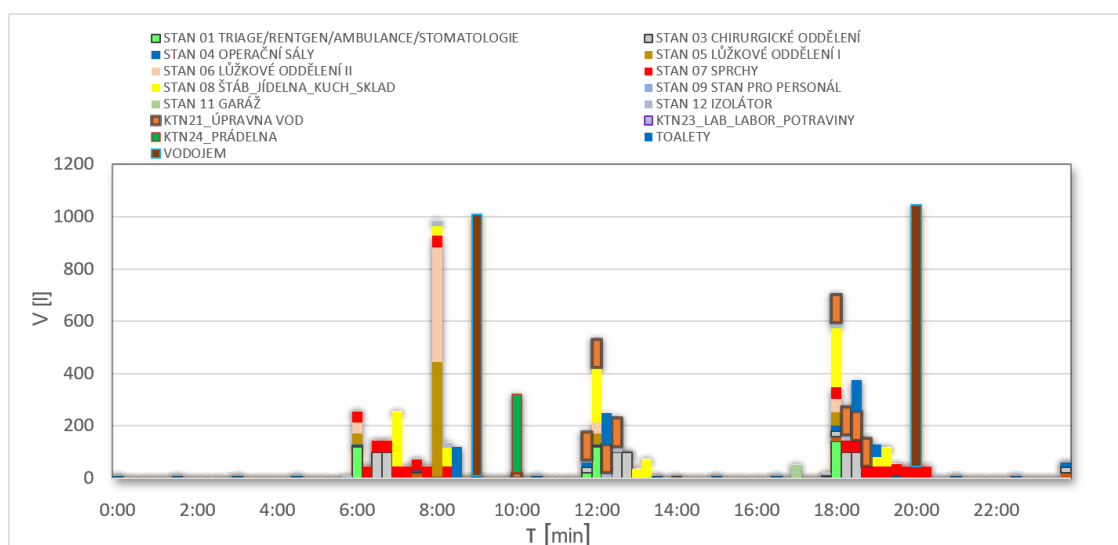


Obr. 38 Oplach u toalet u úpravny [L28]

Byl predikován také neočekávaný odběr například omytí toalet. Oplachové místo je dispozičně umístěno u úpravny vod. Je zde zároveň instalována ruční pumpa, která zajišťuje při odstávce úplné vypuštění potrubního systému. Kompletní vypuštění je nutné při každé odstávce, aby nedošlo ke kontaminaci. U odběrného místa je vtoková nádoba jímající odpadní vodu do kanalizačního potrubí. Odběrné místo zároveň slouží při zapojení prodlužovací hadice jako oplachové místo toalet a zařízení kolem úpravny. Umývatko u lůžkového oddělení má podobný profil odběru jako na obr. 35 a slouží zároveň jako proplach páteřní kanalizační větve viz obr.25 (žlutě).

### Celkové zhodnocení odběrných míst a dimenzování:

Na obr.39 graficky znázorněné sloupce znázorňují celodenní profil odběru pro teplou vodu, jelikož množství pitné vody studené je zanedbatelné. Úpravna vod nerozlišuje pitnou a užitkovou vodu, veškerá voda z úpravny je kvalitativně na úrovni pitné. Potřeba vody byla cíleně nasimulována tak, aby nejpodstatnější odběry probíhali současně.



Obr. 39 Potřeba pitné vody pro celý objekt (Příloha 36)

Z obrázku 39 lze vyčíst denní špičky dodávky vody a s rezervou tak určit maximální průtoky, kterým bude ATS stanice v úpravně vody disponovat.

Obecně lze říct, že je v našem zájmu špičky „vyhladit“. Z grafu lze učinit závěry a doporučení neprovádět plnění záložních akumulčních nádrží na vodojemu v hodinách, kdy je vodní systém zatížen nezbytnými odběry. Významné odběry byly zaznamenány v lůžkových odděleních, prádelně, jídelně. Sprchy a operační sály mají sice velké odběry, avšak jsou časově rozloženy a nejsou tak pro systém zatěžující. Z konverzace s technikem MSF mi byla potvrzena nestálost dodávky elektrické energie, které na některých misích museli být omezeny pouze na určité časové intervaly. V tomto případě je tedy podstatné korigovat špičky nejen dodávky vody, ale také špičky elektrické sítě a předem naplánovat doslova na minuty fáze zapnutí jednotlivých zařízení. V první fázi, by čerpadla přečerpali vodu do vodojemu. V druhé fázi, by tak bylo možné využívat dodávky vody bez využití čerpadel a elektrickou energii soustředit například do prádelny a klimatizačních systémů. Po odečtení maximální špičky byl průtok pro čerpadla pro nejhorší možný případ určen  $Q = 4,4 \text{ m}^3/\text{h}$ . Tím byl také splněn optimální průtok pro pískové filtry v úpravně vod.

### 6.3. Návrh vodovodu

K dimenzování vodovodního potrubí byla využita norma ČSN 75 5455 [L42]. Bylo vytvořeno schéma viz *Příloha 7*, kde byla nastíněna jednotlivá odběrná místa a číselně označena potrubí, kde dohází k mísení průtoků. Ke každému odběrnému místu byly přiděleny dle normy odpovídající jmenovité výtoky a součinitel současnosti odběru. Na základě těchto vstupních parametrů byl dopočten výpočtový průtok.

Pro potrubí z odběrných míst platí  $Q_A = Q_D$ . Pro ostatní sbíhající potrubí byl využit vztah, kde je již zahrnuta současnost odběrných míst.

$$Q_{D,i} = \sum_{i=1}^m \varphi_i \cdot Q_{Ai} \cdot n_i \quad (1)$$

Vnitřních průměry označených tras na schématu dopočteny dle:

$$d_i = 35,7 \cdot \sqrt{\frac{Q_{D,i}}{v}} \quad (2)$$

Zde již byla volena doporučená rychlost v rozmezí  $v = 0,5 \text{ l/s}$  pro plastová potrubí tak, aby byly dimenze zúženy na co nejmenší počet potřebných průměrů. Celý objekt se zjednodušuje jak z hlediska montáže, tak potřeby druhů izolace, kotvicích prvků, propojovacích členů, a i z hlediska hygieny, čím méně přechodových prvků tím méně tlakových změn a potenciálu pro tvorbu či růst bakterií.

#### Vzorový výpočet pro trasy 1,2.

Volba jmenovitého výtoku dle ČSN 75 5455 pro velkokuchyňský dřez  $Q_A = 0,8 \text{ l/s}$  a současnost odběru volena standartní pro dřez  $\varphi = 0,3$ . Kompletní výpočet viz *Příloha 8*.

**Dřez:**

$$Q_{D,1} = Q_{A,1}$$

$$Q_{D,1} = 0,8 \text{ [l/s]}$$

$$d_1 = 35,7 \cdot \sqrt{\frac{0,8}{3}} = \mathbf{18,44} < 20 \text{ [mm]}$$

Zvoleno DN20

**Toaletní umyvadlo:**

$$Q_D = Q_A$$

$$Q_D = 0,1 \text{ [l/s]}$$

$$d_2 = 35,7 \cdot \sqrt{\frac{0,1}{0,7}} = \mathbf{13,5} < 20 \text{ [mm]}$$

Zvoleno DN20

**Spojené potrubí dřezu a toaletní umyvadlo:**

$$Q_D = (0,8 \cdot 0,3 \cdot 2) + (0,1 \cdot 0,8 \cdot 1) = 0,42 \text{ [l/s]}$$

$$d_i = 35,7 \cdot \sqrt{\frac{0,32}{1,1}} = \mathbf{19,26} < 20 \text{ [mm]}$$

Zvoleno DN20

**Výpočet hydraulických ztrát**

Není zcela jednoznačné, která z tras je hydraulický nejvzdálenější, bylo nutné vypočítat potrubí do operačního sálu i do kuchyně akademických skript „Hydromechanické procesy I“ [L41] viz Příloha 4-7.

Součet tlakových ztrát pro potenciálně hydraulicky nejvzdálenější odběrná místa:

$$p_{g,sv \text{ kuchyně}} = \mathbf{61 [kPa]}$$

$$p_{g,sv,operační \text{ sál}} = 37 \text{ [kPa]}$$

$$p_{g,sv,vodojem} = 57 \text{ [kPa]} \quad \text{započtena též geodetická výška}$$

Analogicky pro teplou vodu pouze se změnou hustoty.

$$p_{g,sv \text{ kuchyně}} = \mathbf{53 [kPa]}$$

$$p_{g,sv,operační \text{ sál}} = 34 \text{ [kPa]}$$

**Výpočet dispozičního tlaku**

Dispoziční přetlak určen dle:

$$p_{dis} \geq p_{minFI} + p_g + p_{vodoměry} + p_{další prvky} \quad (3)$$

$$p_{\min Fl} = 150 \text{ [kPa]}$$

$$p_g = 61 \text{ [kPa]}$$

$$p_{\text{vodoměr}} = 34 \text{ [kPa]}$$

$$p_{dis} \geq 150 + 63 + 34 + 0 = 247 \text{ [kPa]}$$

Zvoleno  $p_{dis}=300 \text{ kPa}$

Návrhu odpovídá ATS Willo-COR-1 MHIE 403-2G-GE Veškeré potrubí je vedeno se sklonem 0,5 %. Vodoměrná sestava byla umístěna do úpravny vod. Izolace je vyžadována pouze na potrubí rozvodu teplé vody a kanalizace kvůli rekuperaci. U vnitřních rozvodů plastových potrubí se tloušťka tepelné izolace volí podle vnějšího průměru potrubí nejbližšího vnějšímu průměru potrubní řady [L19]. Ochrana proti znečištění pitné vody pro rozvod vody určené k lidské potřebě uvedena v ČSN EN 1717.

#### 6.4. Návrh kanalizace:

Sučinitel odtoku byl zvolen  $K=0,7 \text{ l}^{0,5}/\text{s}^{0,5}$ , standartní pro pravidelné používání zařizovacích předmětů. Výpočtový odtok volen dle ČSN 75 6760. A na základě vypočtených hodnot hydraulické kapacity byly k jednotlivým hydraulickým kapacitám přiřazeny odpovídající jmenovité světlosti.

Tab. 1 Výňatek z normy ČSN 75 6760

Zařízení	Výpočtový odtok DU [l/s]
Umyvadlo	0,5
Kuchyňský dřez	0,8
Sprcha se zátkou	0,8
Automatická pračka	0,8

Hydraulická kapacita [l/s]	Jmenovitá světlost DN
0,5	40
0,8	50
1	60
1,5	70
1,7	100
2,5	100

Tab. 2 Podmínka minimální jmenovité světlosti pro zařízení

Splaškové odpadní potrubí, které odvádí odpadní vody	Minimální jmenovitá světlost DN
Od pisoárů	70
Od van	70
Od dřezů z bytových kuchyní	70
Od záchodových mís	100
S obsahem tuků od velkokuchyňských dřezů	100

#### Výpočet potrubní dimenze odpadního potrubí:

**Dřez:**

Průtok splaškových odpadních vod:

$$Q_{ww,i} = K \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m DU} \quad (4)$$

Z tab. 1 platí pro kuchyňský dřez  $DU=0,8 \text{ l/s}$ .

$$Q_{ww,1} = 0,7 \cdot \sqrt{0,8} = 0,63 \text{ [l/s]}$$

$$Q_{ww,1} < DU_{MAX}$$

$$0,63 < 0,8$$

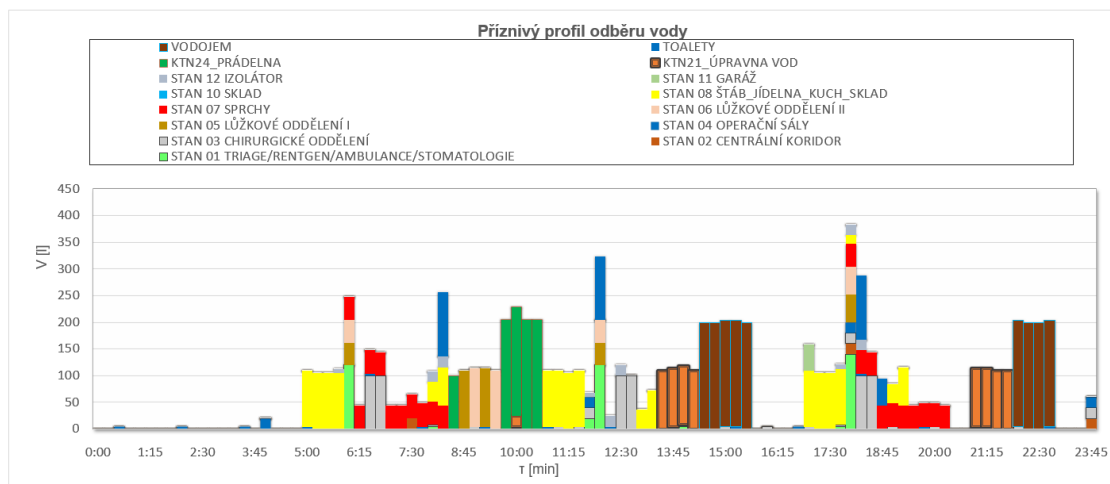
Zvoleno DN100

Pro konečnou volbu dimenze odpadního potrubí dřezu je výpočet podřazen konečné podmínce o minimální světlosti *tab. 2*. Analogicky bylo postupováno při výpočtu následujících potrubních tras viz *Příloha 8*, ve které je znázorněn postup v programu Excel.

## 6.5. Návrh rekuperačního výměníku

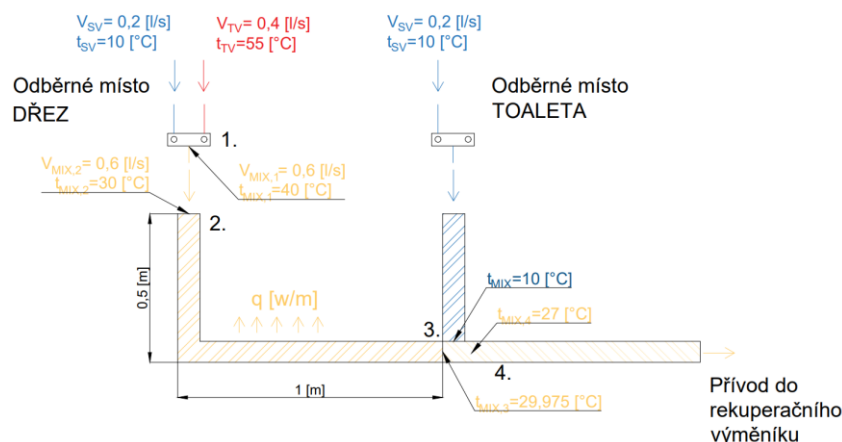
V následujícím grafu je znázorněn denní profil odběru vody, v případě příznivého rozložení špičkových odběrů, vlivem rozumnější organizace úkonů.

### Příznivý stav



Obr. 40 Příznivý odběr pitné vody v celém objektu (Příloha 35)

Z katalogu předizolovaného potrubí byly vyjmuta data o teplotní ztrátě pro konkrétní průměry potrubí. Konkrétní výpočet je uveden pro trasu 1,2. Na obr. 41. v bodě 1 dochází ve směšovací baterii k mísení průtoku teplé a studené vody. Následně mezi vody 1 a 2 je voda vlivem přechodu do kanalizačního potrubí ochlazena. Při souběhu v bodě 3, jsou toky násobeny součinitelem současnosti a je tak vytvořen reálný hodinový model dle obr.40.

**Výpočet vstupní teploty odpadní vody do výměníku:**

Obr. 41 Princip výpočtu tepelných ztrát

Průtok ze směšovací baterie:

$$V_{mix,1} = \frac{V_{tv,1} \cdot (t_{tv,1} - t_{sv,1})}{t_{mix,1} - t_{sv,1}} = \frac{0,4 \cdot (55 - 10)}{40 - 10} = 0,6 \text{ [l/s]} \quad (5)$$

Teplotní ztráta v úseku:

$\dot{q} = 10,2 \text{ W/m}$  - Příloha 16

$$Q_1 = \dot{q} \cdot L_1 = 10,2 \cdot 1,5 = 15,3 \text{ [W]} \quad (6)$$

Výstupní teplota z měřeného úseku (bod 3):

$$t_{p,3} = t_{mix,2} - \frac{Q_{z,p} \cdot 1000}{\rho \cdot c \cdot V_{mix,1}} = 30 - \frac{15,3 \cdot 1000}{1000 \cdot 1010 \cdot 0,6} = 29,97 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (7)$$

Analogicky jsou řešeny i ostatní potrubí, výjimkou jsou odběrná místa u toalet, kde je přívod pouze studené vody. Tzn. konkrétně v tomto případě viz obr.42 dochází ke smísení a výsledná teplota je pak vstupní teplotou do dalšího potrubí.

Teplota po smíchání (bod 4):

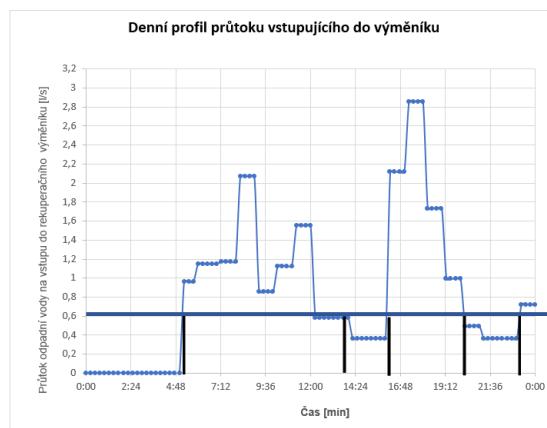
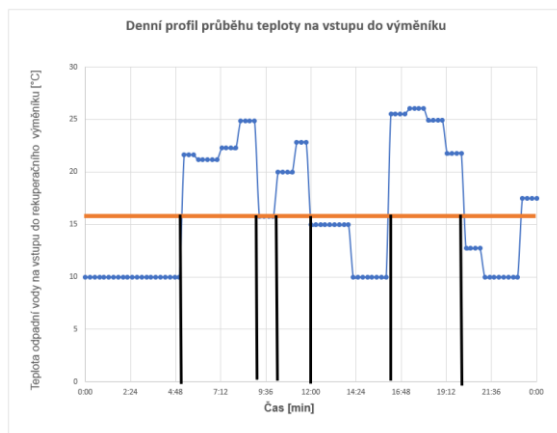
$$t_{mix,4} = \frac{(V_{mix,1} \cdot t_{p3} \cdot \varphi_{mix,1}) + (V_{mix,2} \cdot t_{p2} \cdot \varphi_{mix,2})}{V_{mix,1} \cdot \varphi_{mix,1} + V_{mix,2} \cdot \varphi_{mix,2}} \quad (8)$$

$$t_{mix,4} = \frac{(0,6 \cdot 29,97 \cdot 1) + (0,2 \cdot 10 \cdot 0,8)}{(0,6 \cdot 1) + (0,2 \cdot 0,8)} = 25,58 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Analogicky počítáno pro ostatní trasy.

Teplota nicméně závisí na současnosti odběru jednotlivých míst, proto se dá simulačním modelem (volbou vodných součinitelů současnosti dle obr. 40) vytvořit denní profil teploty a jak se bude v závislosti na využívání v odběrech

nemocnice viz *Příloha 1*. Na základě těchto výpočtů vznikl denní profil teploty viz obr. 43.

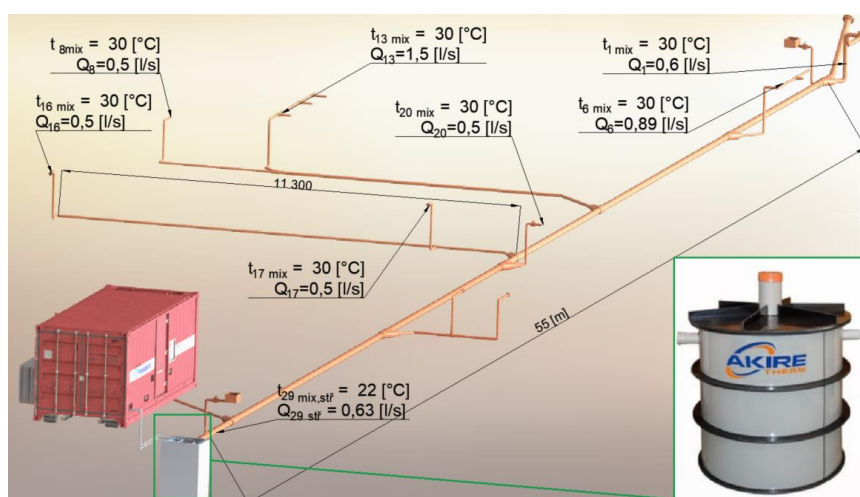


Obr. 43 Profil teploty odpadní vody do výměníku

Obr. 44 Profil průtoku odpadní vody do výměníku

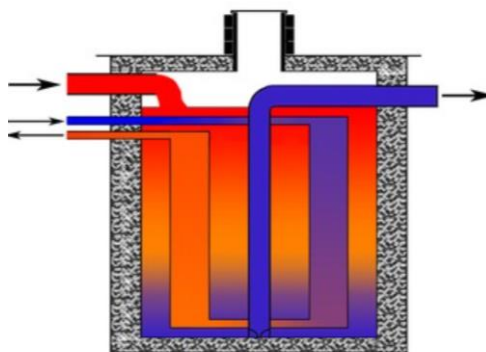
Z obr.43 lze vyčíst, že v časových intervalech 5-8.30, 10-12 a 16.30-19.30 hodin, můžeme určit, že teplota neklesne pod 16 °C na vstupu do výměníku, z čeho plyne doporučení, v které časy preferovat ohřev teplé vody v hlavním zdroji. V těchto intervalech také průtok do výměníku není nižší než  $Q_{str}=0,63$  [l/s]. Studená vody vstupující do systému u toalet je významným faktorem podílejícím se na teplotě.

Při pomyslném vytvoření samostatné potrubní trasy k těmto odběrným místům by teplota vstupující do výměníku vzrostla na  $t_{29\text{ mix, str}}=22$  °C. Nicméně toalety pro pacienty se nachází na opačné straně tábora, proto se možnost vlastního potrubí kvůli jednomu odběrnému místu jeví neefektivní. Řešením se jeví zapojení teplé vody i do těchto odběrných míst v zájmu rekuperace. Na obr. 42 vidíme celý simulovaný příklad.



Obr. 42 Výpočet vstupní odpadní teploty do výměníku [L40]





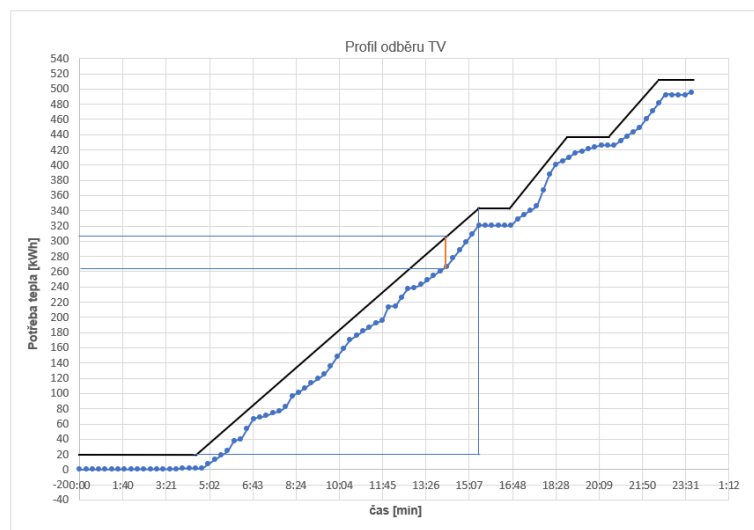
Obr. 45 Teplotní oblasti v rekuperačním výměníku [L40]

Výrobce udává účinnost výměníku sdílením tepla  $\eta_{rek}=0,5 \%$  viz katalogový list. Z toho lze usoudit výstupní teplotu surové vody čerpané do úpravy, při předpokladu rovnosti vstupních průtoků.

**Teplota vstupní surové vody:**

$$t_{sur} = t_{sv} + \eta_{rek} \cdot (t_{29 \text{ mix stř}} - t_{sv}) = 10 + 0,5 \cdot (22 - 10) = 16 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (9)$$

## 6.6. Návrh ohřevu



Obr. 46 Kumulativní křivka potřeby teplé vody

**Velikost zásobníku:**

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (t_{sv} - t_{tv})} = \frac{309 - 265}{1,163 \cdot (55 - 16)} = 0,97 \text{ [m}^3\text{]} \quad (10)$$

**Výkon zdroje:**

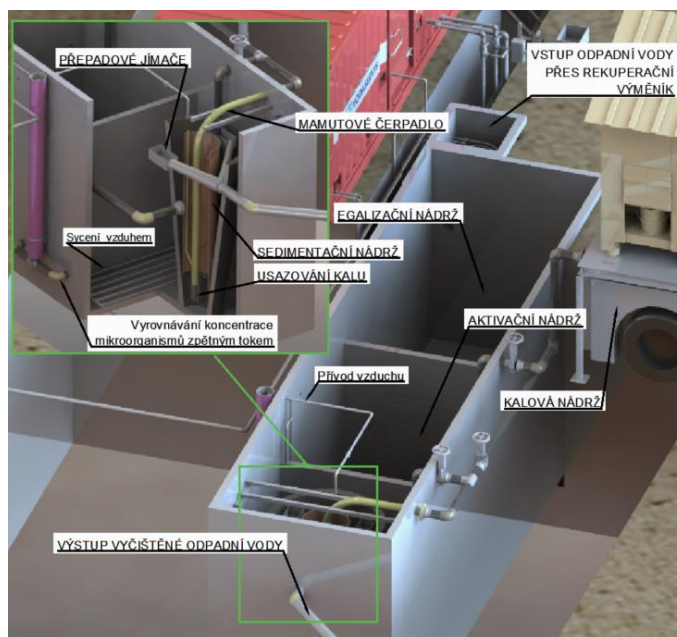
$$Q_{zdroj} = \frac{\Delta Q_{s,i}}{\tau_i} = \frac{342 - 20}{10,4} = 31 \text{ [kW]} \quad (11)$$

Těmto návrhovým parametrům odpovídá *Akumulační nádrž Dražice NAD 1000 v1*. A jako zdroj tepelné energie je vhodné využít přebytků tepelné energie trigenerační-resp. kogenerační jednotky firmy *GETEC-KE-MNG 200 eco-AE*.

## 7. ČISTIČKA ODPADNÍCH VOD

### 7.1. Koncept systému

Chybný přístup k základní hygieně je celosvětovým problémem, ale znepokojivě převládajícím v zemích s nízkými a středními příjmy. Bohužel nedostatek vyprazdňovacích služeb a čistíren odpadní vod (dále jen ČOV), fekálních kalů brání udržitelné hygieně. Návrh takových čistíren vyžaduje zvládnutí produkce a kvality fekálního kalu. Pro MSF je řešením nalézt odběratele organického či neorganického kalu v místní lokalitě. Pokud to možné ovšem není je odpad dopraven do nejbližších spaloven v okolních zemích, a to i letecky.



Obr. 47 Koncept čističky odpadních vod

Nátok odpadní vody je uskutečněn přes rekuperační výměník a skrz něj protéká odpadní voda hrdlem do vyrovnávací neboli egalizační nádrže. Vtokové hrdlo má větší průřez než výstupní hrdlo z této komory a je navrženo tak, aby zde docházelo k vyrovnávání odběrných špiček z nemocnice a docházelo k zrovnoměnění hustoty kalu. Zároveň je vstupní hrdlo umístěno diagonálně proti výstupnímu, aby se zamezilo zkratovým proudům. Další komorou čističky je aktivační nádrž, zde se přivádí tlakový vzduch na plochu dna. Je tak zajištěno vhodné prostředí pro mikroorganismy napomáhající biologickému čištění a také promíchávání. Tyto mikroorganismy se v čističce začnou přirozeně objevovat v řádu týdnů, tím se automaticky zahájí čistící proces. Urychlení začátku tohoto procesu se standardně dělá dovozem mikroorganismů z jiné ČOV.

Mikroorganismy umožňují rozložit kalové částice, tak aby se lépe separovali v usazovací nádrži, která má tvar kužele, aby se postupně se zvyšujícím průřezem snižovala sedimentační rychlost a navýšila tak dobu zdržení. Odseparovaný kal je dále čerpán mamutovým čerpadlem buď do kalové nádrže mimo ČOV připravené na odvoz nebo zpátky do aktivační komory, odkud

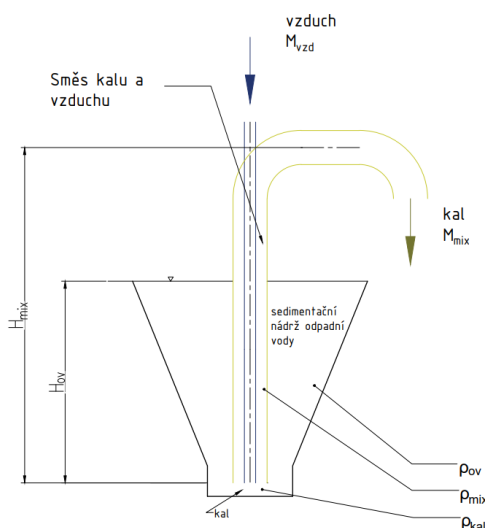
se gravitačně přes klapku vrací do aktivační nádrže, touto zpětnou vazbou a šoupátkem lze regulovat množství bakterií v aktivační nádrži. Odčerpaný kal se následně odváží do spaloven.

Filtrovaná voda je jímána přepadovými koryty ze sedimentační nádrže, které čiřením brání v odvodu zbytků tukové vrstvy. Zpětný tok z kalové nádrže je aktivován v případě, kdy šedá voda neprodukuje dostatek kalu a čistící mikroorganismy nejsou dostatečně živeny. Pokud je nemocnice zasažena infekční chorobou, je na výstupu ČOV do řeky vyčištěné vody instalováno dávkování chlóru případně ozónu. Strategicky nelze umístit toto dávkování před čistírnu, aby neškodilo čistícím bakteriím.

Usazovací nádrže zachycují cca 99 % kalu. Velikost jednotlivých komor je dán počtem ekvivalentních lidí. Jedná se o součet skutečných lidí násobený znečištěním, které v objektu vzniká. Násobkem se voda „ředí“. Zohledňují se faktory obsahu krve, farmak, tuků tekoucích z odběrných míst. Dalším procesem čištění se jeví vhodná kořenová čistička, v tomto případě polní nemocnice je však voda vracena odtokem do řeky. Kompletní čistička odpadních vod může být opět přivezena na místo jako mobilní kontejnerová jednotka, v případě že se nepředpokládá letitý chod nemocnice.

Pro čerpání kalu byla využita mamutová čerpadla, pracující na bázi vlastností spojených nádob, která vynikají svou jednoduchostí a minimálními nároky na údržbu. Účinnost dosahuje  $\eta=20-40\%$ . Výpočet čerpadel proběhl dle [L29].

## 7.2. Návrh čerpadla kalu



Obr. 48 Schéma mamutového čerpadla

**Průměr vzduchového potrubí mamutového čerpadla:**

Hustota čerpané látky z principu spojených nádob:

$$\rho_{mix} = \frac{H_{ov} \cdot \rho_{ov}}{H_{tran}} = \frac{2 \cdot 1000}{3,5} = 571,4 \text{ [kg/m}^3\text{]} \quad (12)$$

Vzduchový průtok pro dosažení požadované hustoty:

$$\dot{V}_{vzd} = \frac{\dot{V}_{kal} \cdot (\rho_{kal} - \rho_{mix})}{\rho_{mix} - \rho_{vzd}} = \frac{10000 \cdot (1100 - 571)}{1100 \cdot (571,4 - 1,2)} = 8,43 \text{ [m}^3\text{/h]} \quad (13)$$

Průměr vzduchového potrubí mamutového čerpadla:

$$d_{vzd} = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}_{vzd}}{v_{vzd} \cdot 3600 \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,43}{28800 \cdot \pi}} \cdot 1000 = 19,31 \text{ [mm]} \quad (14)$$

Pozn.: Standartní rychlost vzduchu 8 m/s.

Zvolena DN20

**Průměr sacího potrubí mamutového čerpadla:**

Vzduchový průtok pro dosažení požadované hustoty:

$$\dot{V}_{kalu} = \frac{\dot{M}_{kalu}}{\rho_{kalu}} = \frac{10000}{1100} = 9,1 \text{ [m}^3\text{/h]} \quad (15)$$

$$d_{saní} = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}_{kal}}{v_{kal} \cdot 3600 \cdot \pi}} \cdot 1000 = \sqrt{\frac{4 \cdot 9,1}{1,5 \cdot 3600 \cdot \pi}} \cdot 1000 = 46,32 \text{ [mm]} \quad (16)$$

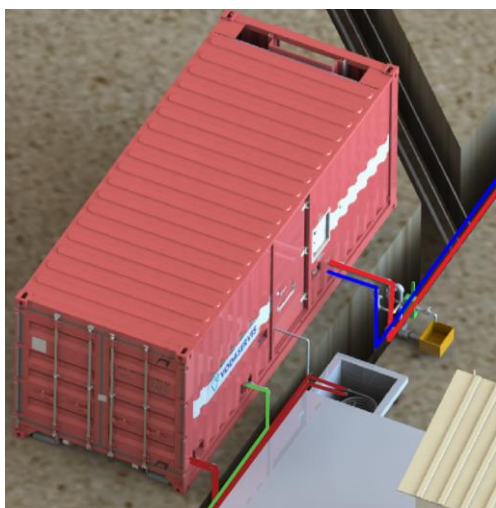
Pozn.: Standartní rychlost vzduchu 1,5 m/s

Zvolena DN40

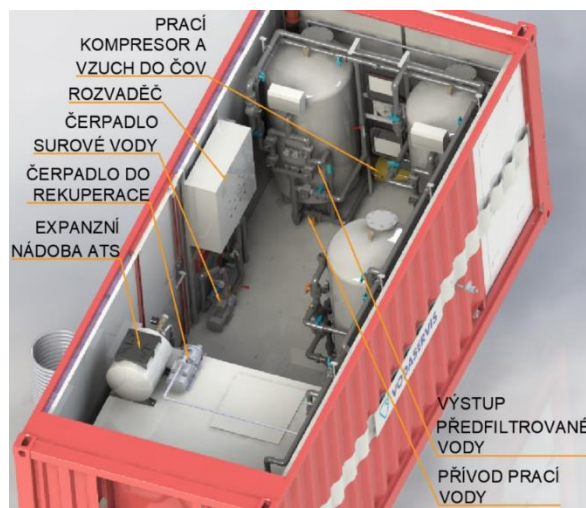
## 8. ÚPRAVNÝ VOD

### 8.1. Koncept systému

Přívod surové vody (zelená) ze zdroje podzemní vody. (Kaštanová) značí okruh rekuperačního výměníku. (Červená) odtok filtrované teplé vody do objektu. (Modrá) odtok filtrované studené vody.



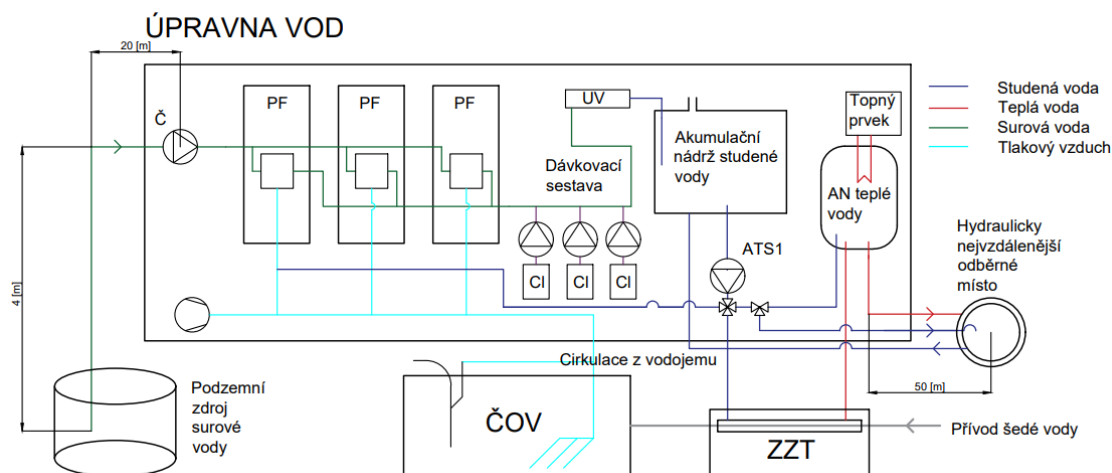
Obr. 49 Prostupy vody do úpravy



Obr. 50 Vnitřek úpravy vody



Obr. 51 Vnitřek úpravy vod



Obr. 52 Zjednodušené schéma úpravny vod

Vtoková část sání je opatřena sacím košem. Surová voda je čerpána do trojce paralelně zapojených pískových filtrů, které jsou opatřeny přívodem pracího vzduchu z kompresoru, který v případě zanesení regeneruje filtrační vrstvu společně s prací vodou z nádrže upravené vody. Nastane tak v časových intervalech jednou za den až za měsíc podle toho, kolik voda obsahuje pevných částic. Praní filtru se provádí po dosažení tlakové ztráty změřené manometry na armaturním kříži. Kompresor dále rozvádí vzduch do pasivační nádrže pro biologickou úpravu odpadní vody do ČOV a pro pohon mamutových čerpadel. Pískovou filtrací bylo dosaženo mechanického odfiltrování pevných částic [L30].

Následuje chemická úprava v dávkovací sestavě. Dávkovací čerpadla dávkují chlornan případně doplňují chybějící minerální prvky zjištěné z rozboru surové vody. Pro odstranění virů jsou zde instalovány dvě UV lampy, jedna v úpravně, druhá na odběrném místě v předsálí operačního stanu jako pojištění proti kontaminaci v potrubí. Upravená voda je skladována v akumulární nádrži a je následně čerpána automatickou tlakovou stanicí přes rekuperační výměník do akumulární nádrže teplé vody a do odběrných míst. Teplá voda je ohřívána pomocí zpětného získávání tepla přes výměník a následněm dohřevu topnou látkou z kogenerační jednotky. Okruh rekuperačního výměníku lze pomocí třícestného ventilu vyřadit v případě nedostatku teplé odpadní vody. Čerpání do vodojemu disponuje zpětnou trasou zajišťující cirkulaci. Cirkulaci je doporučeno minimálně jednou denně zapnout a celý vodní sloupec obměnit, aby nedocházelo k usazování a kontaminaci [L30].

Vodní technologie je trubkována polyethylenovými potrubím bezvývalkovým polyfuzním svařováním, je tak dosaženo minimální místních ztrát a snížení kontaminace v potrubí. Navržené dimenze odpovídají průtoku  $4,4 \text{ m}^3/\text{h}$  při rychlosti  $0,5 \text{ m/s}$  v sacích potrubích a  $2 \text{ m/s}$  na výtlačných potrubích. Na vodoměrech umístěných na výtlačku surové a upravené vody jsou dodržovány minimální uklidňovací délky. Pokud by byl záměr využívat zdroj vody z povrchu, bylo by nutné doinstalovat ultrafiltraci či reverzní osmózu.



Jelikož je zde kladen důraz na zdraví pacientů je podstatné dodávat co nejčistší a tím pádem neinfikovanou vodu. Pro zjednodušení tedy úpravna nerozlišuje pitnou a užitkovou vodu. V MSF polní chirurgii je mnohdy zvažována studená voda do operačních sálů, jelikož Legionelle teplá voda svědčí, navíc tak můžeme vynechat stacionární slepé úseky v potrubích a akumulčních nádrží teplé vody.



Obr. 53 Ukázka úpravny AČR [autor]



Obr. 54 Ukázka úpravny AČR



Obr. 55 Ukázka úpravny AČR II

Separace nečistot hmotovými silami, způsobují přilnutí částice k jinému povrchu, nepřesahuje-li vzdálenost jejich účinnostní sféry. Toho využívá tzv. objemová filtrace realizovaná vrstvou pórovitého prostředí ze zrnitého materiálu, kterým suspenze protéká a částice se zachycují na povrchu zrn většinou křemičitého písku.

### Popis zařízení:

Běžně se počítá se zachycením částic větších než řádově  $10^{-2}$  mm. Zachycování probíhá až do určitého zanesení povrchu zrn a pórů, kdy nastane zvýšený průnik kalu do filtrátu signalizující ukončení pracovní fáze filtru. Filtry se provozují buď s konstantním objemovým průtokem, nebo s konstantní tlakovou ztrátou. Druhý způsob je vhodný tehdy, pracuje-li více filtrů paralelně při postupném zařazování filtrů do provozu.



Pro filtraci suspenzí se běžně používají filtry se zrnitou náplní protékané s hora dolů. Filtry jsou vertikální válcové nádoby z ocelového plechu s klenutými dny. Ve spodní části filtru je tryskové dno, opatřené tryskami s velikostí štěrbin 0,8 mm. Vně filtru je potrubí s ovládacím armaturním křížem se spojovacím potrubím a manometry měřící tlakovou ztrátu na vstupu a výstupu vody z filtru [L30].

Po vyčerpání kalové kapacity filtračního lože se obnovuje jeho filtrační účinnost praním. Pro filtraci vedenou směrem shora dolů je nejvhodnější lože homogenní, složené ze stejně velkých zrn. Takové lože ovšem není v průmyslovém měřítku prakticky realizovatelné, a proto je nutné připustit určitý rozptyl velikostí zrn. Každá velikost filtru má předem daný průtok, tomu odpovídá rozhraní rychlosti surové vody protékající filtrační náloží. Při překročení hodnoty nastane tzv. „kanálování“ resp. pevné částice kalu nemají dostatečný potenciál k zachycení na povrchu pískových zrn. V takovém případě přestává fungovat filtrační proces a je jedno z dali byla překročena minimální či maximální rychlost [L30].

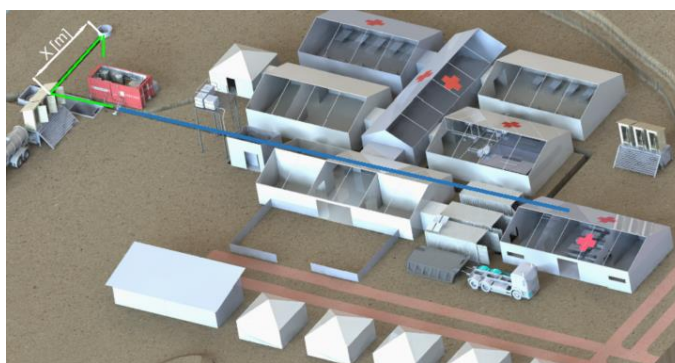
### **Provozní kontrola a odstraňování poruch:**

Nepřiměřené zkrácení filtračního cyklu je příčinou vláknitých nebo vločkovitých látek v surové vodě. Lze použít hrubozrnější filtrační materiál či předřadit hrubou předfiltraci. Další příčinou může být nedostatečné praní. Rozbuzení řas se řeší dezinfekcí chlornanu sodného a po působení několika hodin se musí následně filtr důkladně proprat [L30].

Nízká filtrační účinnost je zapříčiněno vyplavením loží při praní, které se musí doplnit. Únik filtračního materiálu je způsobený chybným režimem praní. Je nutné překontrolovat průtok vody i vzduchu a snažit se o zrovnoměrnění vzduchu i vody po celé ploše filtru [L30].

## **8.2. Návrh čerpadel surové a pitné vody**

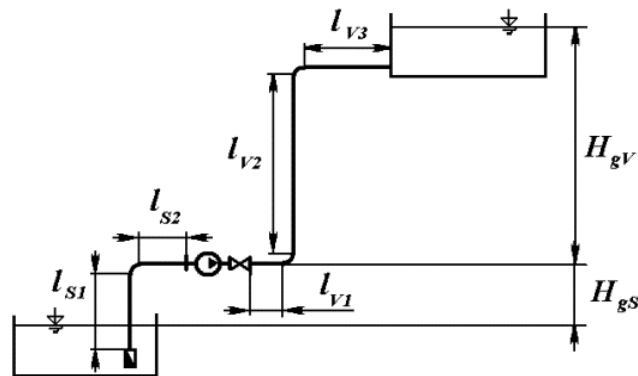
### **Výpočet dopravního tlaku čerpadla:**



*Obr. 56 Ukázka řešeného příkladu*

Pro zjednodušení případu je zde uvažován stejný průměr potrubí na sání a na výtlačku DN50 ( $d_i=40,8$  mm). V praxi se však dimenze na sání volí dle rychlosti 0,5 m/s a na výtlačku 1,5-2 m/s. U nižších rychlostí hrozí narušení

kontinuity a u vyšších rychlostí zkrácení životnosti armatur, chvění a hluk. Sjednocením na nižší dimenze se příklad přikloní na stranu bezpečnosti z hlediska ztrát.



Obr. 57 Schéma řešeného příkladu [L31]

Vstupní parametry jsou detailně rozepsány v Příloze 30. Délka sacího potrubí  $X=l_{S2}=100\text{ m}$ .

Součinitel tlakových ztrát:

$$\lambda_s = \frac{1}{\left(1,71 + 2 \cdot \log \frac{d_s}{2 \cdot k}\right)^2} = \frac{1}{\left(1,71 + 2 \cdot \log \frac{0,0166}{2 \cdot 0,02}\right)^2} = 0,0166 \quad [-] \quad (17)$$

$$\lambda_v = \lambda_s$$

Měrná energie sání:

$$Y_{zs} = \lambda_s \cdot \frac{l_s}{d_s} \cdot \frac{8 \cdot \dot{Q}^2}{\pi^2 \cdot d_s^4} + (\xi_k + \xi_{sk}) \cdot \frac{8 \cdot \dot{Q}^2}{\pi^2 \cdot d_s^2} \quad (18)$$

$$Y_{zs} = 0,0166 \cdot \frac{104}{0,0408} \cdot \frac{8 \cdot 0,00122^2}{\pi^2 \cdot 0,0408^4} + (1,2 + 10,9) \cdot \frac{8 \cdot 0,00122^2}{\pi^2 \cdot 0,0408^4} = 23,8 \text{ [J/kg]}$$

Měrná energie výtlak:

$$Y_{zv} = \lambda_v \cdot \frac{l_v}{d_v} \cdot \frac{8 \cdot \dot{Q}^2}{\pi^2 \cdot d_v^4} + (\xi_s + \xi_k + \xi_k + \xi_{sv}) \cdot \frac{8 \cdot \dot{Q}^2}{\pi^2 \cdot d_v^2} \quad (19)$$

$$Y_{zv} = 0,0166 \cdot \frac{5,5}{0,0408} \cdot \frac{8 \cdot 0,00122^2}{\pi^2 \cdot 0,0408^4} + (0,2 + 1,2) \cdot \frac{8 \cdot 0,00122^2}{\pi^2 \cdot 0,0408^4} = 1,59 \text{ [J/kg]}$$

Měrná statická energie:

$$Y_s = g \cdot (H_{gs} + H_{gv}) + \frac{p_{pf} \cdot 100}{g} + \frac{p_{disp} \cdot 1000}{g} \quad (20)$$

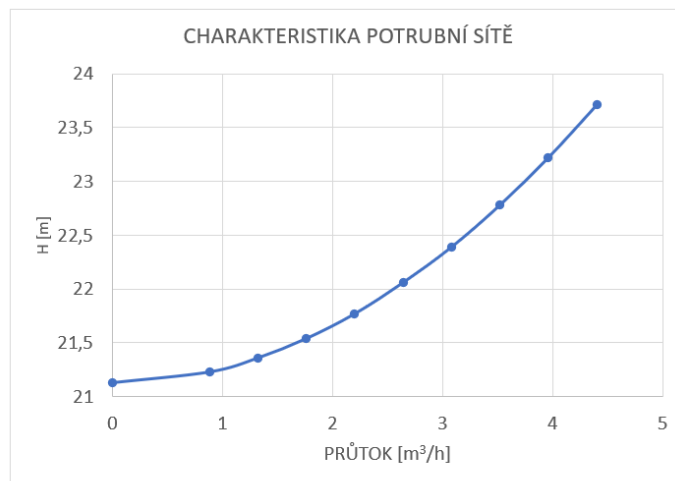
$$Y_s = 9,81 \cdot (3 + 1,5) + \frac{1 \cdot 100}{9,81} + \frac{1,5 \cdot 1000}{9,81} = 207,2 \text{ [J/kg]}$$

Celková měrná energie:

$$Y = Y_{zs} + Y_{zv} + Y_s = 30,73 + 2,05 + 217 = 232,6 \text{ [J/kg]}$$

Dopravní tlak čerpadla je následně určen protnutím této křivky svislicí vedoucí potřebným průtokem. V průsečíku tak vznikne pracovní bod čerpadla viz *Příloha 31*.

$$H_p = Y \cdot g = 23,71 \text{ [m]}$$



Obr. 58 Charakteristika potrubní sítě

Všimněme si, že statická měrná energie má zhruba sedminásobně vyšší podíl na potřebném dopravním tlaku čerpadla, takže při čerpání hraje významnou roli především rozdíl výšky hladiny k ose čerpadla a lze učinit závěr, že při povrchovém čerpání lze násobně navýšit sací vzdálenost od původních 20 m doporučené výrobcem úpravný. Můžeme tak konstatovat při použití polyethylenového potrubí a bezvývalkové technologie svařování resp. nízkého součinitele třecích ztrát, kdy je čerpadlo schopné udržet potřebný průtok se sací vzdáleností až 100 m. Těmto parametrům odpovídá navržené čerpadlo *Willo HiMulti 3-44 P/1/5/230* s dopravní výškou 24 m. Pro čerpadlo platí charakteristiky viz *Příloha 30* Ze kterých byla odečtena hodnota NPSH nutná pro kontrolu geodetické výšky.

### Kontrola geodetické výšky:

$$H_{gs\ max} = \frac{1}{g} \cdot \left( \frac{p' - p_w}{\rho} + g \cdot y_s - \Delta y_{kr} - Y_{zs} \right) \quad (21)$$

$$H_{gs\ max} = \frac{1}{g} \cdot \left( \frac{101000 - 23337}{998,2} + 0 - 29,43 - 24,525 \right) = 7,6 \text{ [m]}$$

$$H_{gs\ max} > H_{gs}$$

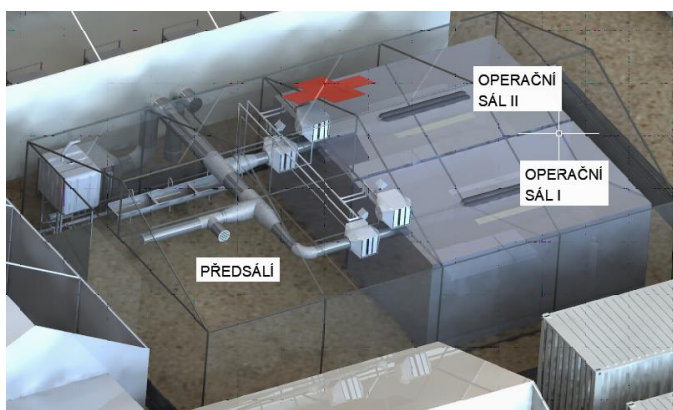
$$7,6 > 3$$

*Podmínka splněna*

Čerpadlo tedy splňuje podmínky pro čerpání až ze studny vzdálené až 100 m a hloubky hladiny sání 3 m.

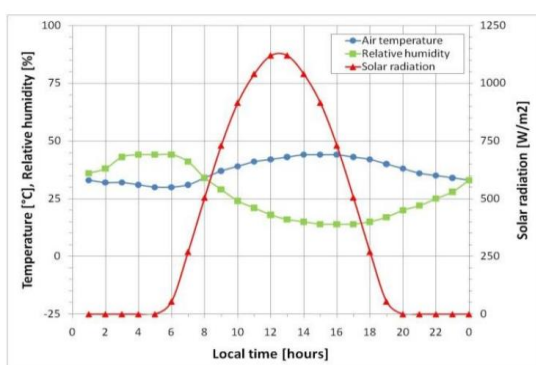
## 9. VZDUCHOTECHNIKA OPERAČNÍHO SÁLU

Operační stan je z hlediska vzduchotechniky a klimatizace nejpodstatnějším a nejsložitějším stanem v polní nemocnici. Velmi detailně se této tématice věnuje „Modelování výkonu proudění vzduchu na mobilních operačních sálech“ [L35].

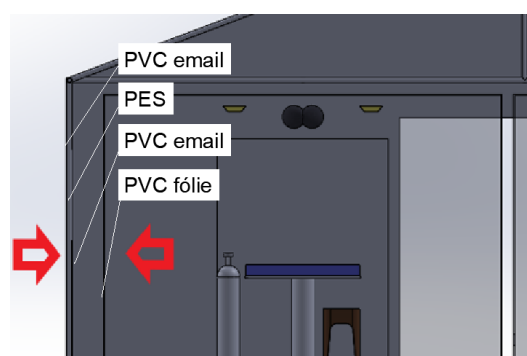


Obr. 59 Zobrazení operačního stanu

Objekt se skládá ze tří hlavních zón. Předsálí a dva operační sály. Hlavní přívod vzduchu zajišťuje primární vzduchotechnická jednotka. Z tohoto hlavního přívodu se potrubí dělí na jednotlivé zóny, jejichž konce je nutné zaopatřit laminárním přívodem. Pro dostatečné pokrytí tepelné zátěže byly navrženy ještě sekundární a recirkulační jednotky. Objekt je geograficky umístěný v Jižním Súdánu oblast Malakal. Této oblasti odpovídají extrémní letní podmínky teploty vzduchu  $t_e=45\text{ °C}$  a relativní vlhkost  $\phi=40\%$ . Vyhodnoceno z údajů Meteonorm a podkladů [L35].

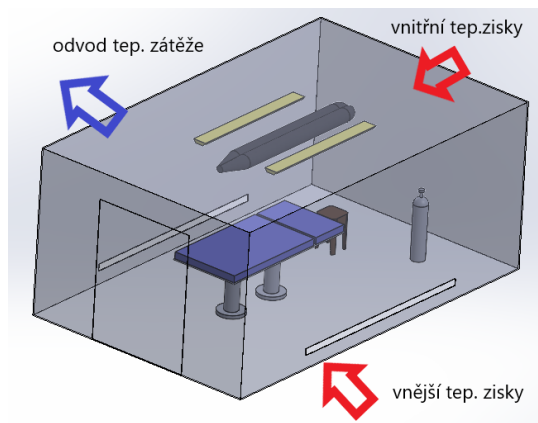


Obr. 60 Zobrazení klimatických dat [1 str.14]



Obr. 61 Složení stěny

Při detailním zkoumání jednotlivých vrstev výpočtem byl zjištěn celkový součinitel tepla prostupem, který je ovlivněn především konvektivním přenosem vycházející v rozmezí  $6\text{--}7\text{ W/m}^2\text{K}$ .



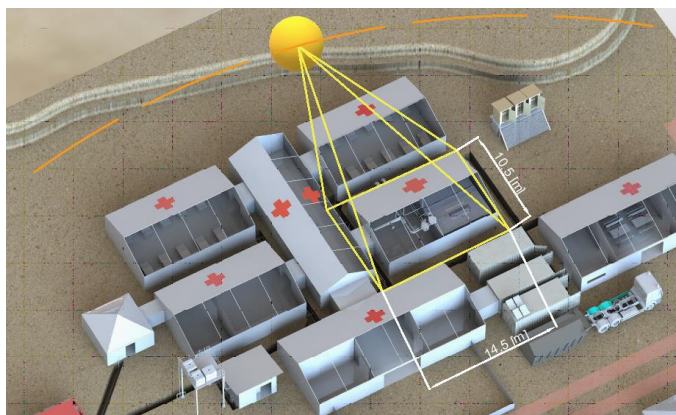
Obr. 62 Energetická bilance



Obr. 63 Ochranná plachta [17]

Objekt je opatřen ochrannou plachtou proti slunečnímu svitu. Vzniklá mezera mezi stěnou stanu a plachtou. To umožňuje cirkulaci vzduchu a po odborné konzultaci snižuje venkovní teplotu o cca 3°C.

Vnější tepelné zisky jsou odvozeny ze sluneční rovnocenné teploty. Jedná se o teplotu reprezentující součet teploty vzduchu a teploty radiční. Opět byly zvoleny nejextrémnější možné podmínky. A využívám polohy umístění objektu na rovníkové oblasti, kdy poloha slunce se pohybuje v rozmezí ± 10 ° přímo nad objektem. Byly zde navíc připočteny osvětlení čelní a podélné plochy stanu viz obr. 64.



Obr. 64 Poloha slunce

Ze serveru P-V gis byla zjištěna denní data průběhu teplot vzduchu a celkového záření uvažované s nulovým sklonem osluněné plochy. Tepelná zátěž byla vypočtena pro měsíc s nejvyšší radiční teplotou.

### **Výpočet tepelné zátěže operačního stanu:**

$$Q_{\text{zátěž}} = Q_{\text{vně,zisky}} + Q_{\text{vni,zisk}} \quad (22)$$

Součinitel prostupu tepla stěnou stanu:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \frac{s_3}{\lambda_3} + \frac{s_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_e}} = \quad (23)$$

$$U = \frac{1}{0,04 + \frac{0,0002}{0,16} + \frac{0,01}{0,31} + \frac{0,0002}{0,16} + \frac{0,001}{0,16} + 0,1} = 6,6 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K]}$$

Tab. 1 Výpočet vnější tepelné zátěže pro operační stan

	$t_e - \max$ [°C]	$I, \text{STŘECHA}$ [W/m <sup>2</sup> ]	$t_r - \max$ [°C]	$Q_{\text{-CELKOVÁ}}$ [W]
Leden	38	1060	84	61347
Únor	42	1037	87	
Březen	43	934	83	
Duben	42	809	77	
Květen	40	622	67	
Červen	35	536	58	
Červenec	34	544	58	
Srpen	33	603	59	
Září	36	737	68	
Říjen	38	856	75	
Listopad	38	1003	81	
Prosinec	36	1056	82	

Radiační teplota pro leden:

$$t_r = t_e + \frac{\epsilon \cdot I}{\alpha_e} = 41 - \frac{0,65 \cdot 1060}{15} = 84 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (24)$$

Pozn.: Nejextrémnějších hodnot radiační teploty bylo dosaženo v únoru  $t_{r\max} = 87^\circ\text{C}$ . Výsledná teplota posloužila pro výpočet vnějších tepelných zisků dle následujícího vztahu.

Vnější tepelný zisk:

$$Q_{\text{vně,zisky}} = U \cdot A \cdot (t_i - t_o) \quad (25)$$

$$Q_{\text{vně,zisky}} = \frac{6,6 \cdot 153 \cdot (87 - 26)}{1000} = 61,5 \text{ [kW]}$$

Tab. 2 Výpočet vnitřních tepelných zisků operačního stanu (Příloha 37)

VNITŘNÍ TEPELNÉ ZISKY	TEPELNÝ VÝKON [W]	POČET OSOB [-]	CELKOVÝ TEPELNÝ VÝKON [W]
STOJÍCÍ PERSONÁL - SÁL I	120	5	600
LEŽÍCÍ PACIENT - SÁL I	80	1	80
STOJÍCÍ PERSONÁL - SÁL II	120	5	600
LEŽÍCÍ PACIENT SÁL I	80	1	80
STOJÍCÍ PERSONÁL - PŘEDSÁL I	120	2	240
LEŽÍCÍ PACIENT - PŘEDSÁL I	80	20	1600
OPERAČNÍ LAMPA - SÁL	160	1	128
ZÁKLADNÍ OSVĚTLENÍ - SÁL	113	5	452
OSVĚTLENÍ V PŘEDSÁL I - SÁL	38	4	122
ANESTEZIOLOGICKÝ PŘÍSTROJ - SÁL	400	1	320
ELEKTROCHIRURGICKÝ GENERÁTOR - SÁL	400	1	320
ODSÁVACÍ SYSTÉM - SÁL	110	1	88
OHŘÍVAČ KRVE, INFUZE - SÁL	360	1	288
<b>TEPELNÁ ZÁTĚŽ SÁL I</b>	<b>2276</b>		<b>[W]</b>
<b>TEPELNÁ ZÁTĚŽ SÁL II</b>	<b>2276</b>		<b>[W]</b>
<b>TEPELNÁ ZÁTĚŽ PŘEDSÁL I</b>	<b>1962</b>		<b>[W]</b>

$$Q_{\text{zátěž}} = 61,5 + 6,514 = 69 \text{ [kW]}$$

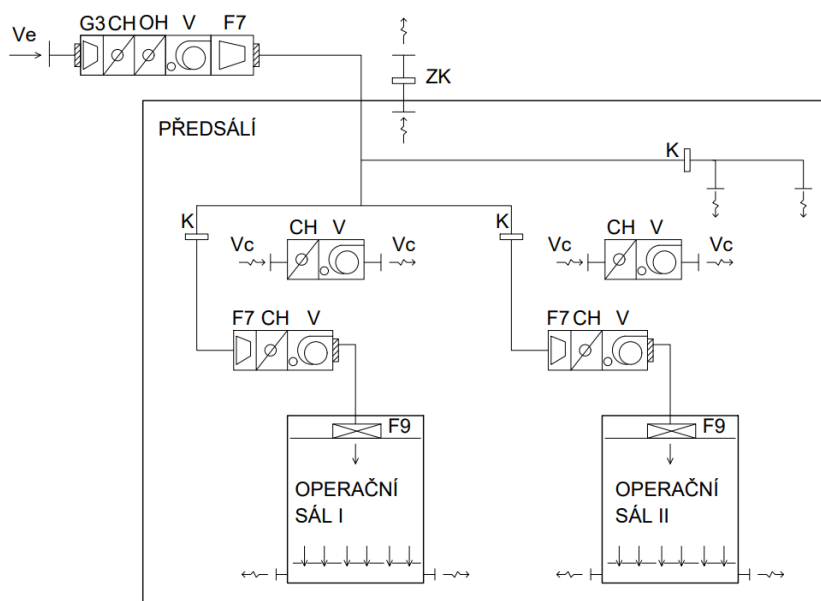
Doporučená teplota vzduchu pro operační sál je 26 °C v létě a relativní vlhkost 50 %. Vlhkost je v zde podstatné udržovat na optimální hodnotě z důvodu přenosu bakterií a virů.



Vnitřní tepelné zisky jsou dány vybavením operačního stanu. Inspirací při řešení této problematiky byla práce „Osvětlování zdravotnických zařízení“ [L32] a „Tepelná zátěž od umělého osvětlení“ [L33].

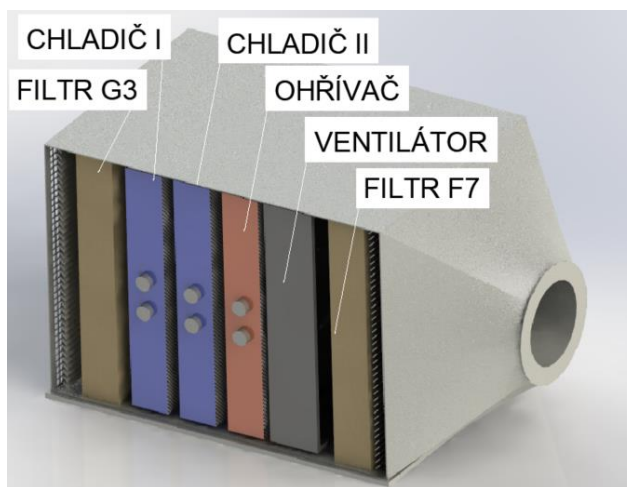
## 9.1. Koncept systému

Návrhové schéma bylo inspirováno kapitolou o čistých prostorech dle [L34] str.55. Byl pouze odejmut parní zvlhčovač, přidány recirkulační jednotky, ohřev a byl provedena záměna filtru H11 za F9.



Obr. 65 Schéma klimatizace stanu

Pro dostatečné odvlhčení je nutné do primární jednotky instalovat ohřev. Do předsálí je přiváděno hygienické minimum pro 22 osob. Do Každého sálu je přiváděno 1200 m<sup>3</sup>/h, což je pro 6 osob nadbytečné, nicméně je to z důvodu odvodu uspávacích plynů.



Obr. 66 Primární vzduchotechnická jednotka

Primární vzduchotechnická jednotka obsahuje regulační klapky, filtr G3, dva chladiče, ohřivač, ventilátor a filtr F7. Tento upravený vzduch je dále distribuován do jednotlivých zón. Součástí jednotky je také servopohon, který pohání regulační klapky. Před dodávkou na operační sály je ještě vzduch navíc



upraven dochlazovačem a tlakově podpoře dalším ventilátorem. Druhý ventilátor je zde nutný z důvodu překonání vysoké tlakové ztráty způsobený filtrem F7 v sekundární jednotce a vysokoúčinným textilovým filtrem F9.

Tento typ filtru je ideální pro nízké stropy a jeden z kladů je nízká hmotnost. V oblasti čistých prostor operačních jsou nejlepší variantou laminární stropy s filtrací H11. V těchto polních podmínkách AČR standardně využívá tyto textilní filtry, které dosahují nejvyššího stupně filtrace F9 a plní tak požadavek na tří stupňovou filtraci pro čisté prostory třídy ISO 9.

Prioritou zůstává zdraví pacienta nad tepelnou pohodou pracovníků. Jelikož je operační stan vystaven velké tepelné zátěži je nutné přivádět velmi chladný vzduch nicméně byl dodržen maximální rozdíl teplot 12 [K] a přívod vzduchu dle doporučení je přiváděn 1200 m<sup>3</sup>/h [L34].

Toto umístění koncového filtru nad operačním místem zabraňuje vhodným usměrněním proudou vzduchu vniknutí bakterií a virů do prostoru operované rány. Proto je nutné udržovat v sále přetlak obvykle 20-30 Pa. Výjimkou je případ, kdy je pacient identifikován jako zdroj infekční nemoci, pak prostory udržujeme v podtlaku. Přetlaku dosáhneme tak, že výstupní otvor je navržen menší než přírodní otvor. Nicméně pro případ stanového operačního sálu je v praxi uspokojující přetlak řádově do 10 Pa, a to z důvodu nízké pevnosti folie.

K sekundárním a recirkulačním jednotkám je přiváděno chladiivo. A potrubí pro odvod kondenzátu je instalováno s 3 % klesáním. Kondenzát je následně odveden do kanalizace společně s odvodem z umyvadel.

## 9.2. Výpočetní část-volba chladiče

### Výkon chladiče

Parciální tlak sytých par:

$$p_{v1''} = \exp\left(23,58 - \frac{4044,2}{235,6+t}\right) = \exp\left(23,58 - \frac{4044,2}{235,6+32}\right) = 4756 \text{ [Pa]} \quad (26)$$

Tlak vzduchu:

$$p_v = p_{v1''} \cdot \varphi = 4756 \cdot 0,6 = 2854 \text{ [Pa]} \quad (27)$$

Měrná vlhkost:

$$x_i = 0,622 \cdot \left(\frac{p_v}{p-p_v}\right) = 0,622 \cdot \left(\frac{2854}{100000-2854}\right) = 18,3 \text{ [g/kg]} \quad (28)$$

Entalpie:

$$h_i = 1,01 \cdot t + (x \cdot (2500 + 1,84 \cdot t)) \quad (29)$$

$$h_i = 1,01 \cdot 32 + (18,3 \cdot (2500 + 1,84 \cdot 32))$$

Výkon chladiče:

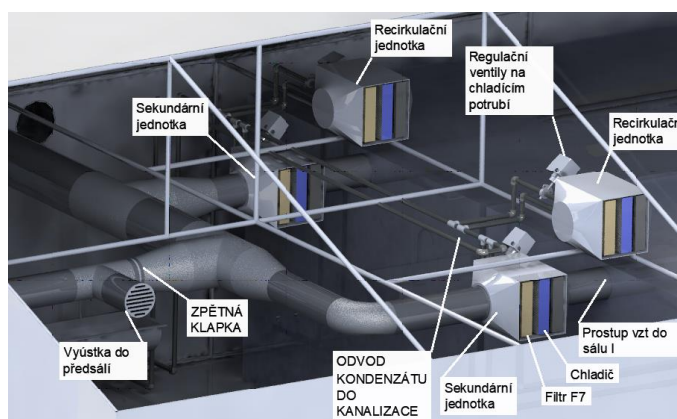
$$Q_{chl} = \frac{\dot{V}_{prim} \cdot \rho_v \cdot (h_1 - h_2)}{3600 \cdot 1000} \quad (30)$$

$$Q_{chl,1} = \frac{1600 \cdot 1,2 \cdot (100838 - 79071)}{3600 \cdot 1000} = 11,6 \text{ [kW]}$$

To ovšem není dostatečný výkon, proto byl zařazen v jednotce ještě druhý chladič, který byl počítán obdobným způsobem nicméně nyní již s vstupní teplotou  $t_e=32\text{ }^\circ\text{C}$ . viz *Příloha 18*

$$Q_{chl,2} = 7,8 \text{ [kW]}$$

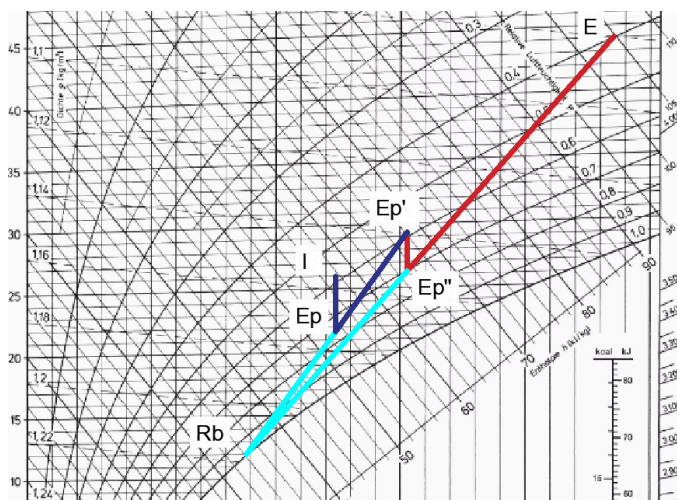
Analogicky byly vypočteny i ostatní chladiče v sekundární a recirkulační jednotce viz *Příloha 19* a *20*. Z hlediska hygieny je zapotřebí jednotky pravidelně čistit, aby nedocházelo ke kontaminaci přiváděného vzduchu nad operační stůl.



Obr. 67 Detail operačního stanu

Klimatizace operačního sálu je protnutá myšlenkou, kdy do sálu dodáváme hygienické množství vzduchu a to postačí k pokrytí vnitřní tepelných zisků. Nicméně z hlediska šíření virové infekce je vhodné volit relativní vlhkost  $\varphi=50\%$ , proto byl do primární jednotky zařazen ohříváč. Pro výpočet ohříváče v primární jednotce sloužícímu k odvlhčení byly využity obdobné vztahy, pouze se záměnou potřebných teplot, výpočet viz *Příloha 20*.

Následně probíhá dochlazení a přiváděného vzduchu do operačního sálu v sekundárních jednotkách. Vnitřní zisky a vydechování par má za následek navýšení vlhkosti a vnitřní výpočtové teploty. Stavy vzduchu jsou znázorněny v h-h diagramu.



Obr. 68 H-x diagram-změna stavu vzduchu

V zóně „předsáli“ je dochlazení zajišťováno dvěma recirkulačními jednotkami. Vzhledem k vysokému průtoku odváděného vzduchu je vlhkost způsobená vydechováním se významně na změně vlhkosti nepodílí.

Takto vypadá celkový výčet jednotek, který splňuje požadavek na odvedení tepelné zátěže 69 kW pro operační stan.

Tab. 3 Výčet výkonů chladičů v operačním stan

	Výkon [kW]	Počet [ks]
<b>Primární VZT jednotka</b>		1
Chladič 1	11,8	
Chladič 2	7,8	
<b>Sekundární jednotka</b>		2
Chladič	6,5	
<b>Recirkulační jedntoka</b>		2
Chladič	19,4	
<b>Celkem</b>	<b>71,4</b>	<b>[kW]</b>

### 9.3. Distribuce vzduchu

Potrubí jsou pozinkovaná SPIRA potrubí, kotvené k profilům stan. Výpočet průměru potrubí proběhl dle následující vztahů pro hlavní potrubní trasu z primární jednotky.

#### Výpočet potrubí z primární jednotky:

Hygienické minimum:

$$\dot{V} = D \cdot n \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (31)$$

$$\dot{V}_{\text{předoperační}} = 75 \cdot 21 = 1575 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

$$\dot{V}_{\text{sál,1}} = \dot{V}_{\text{sál,2}} = 75 \cdot 6 = 400 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Zvoleno 1200 m<sup>3</sup>/h-uspávací plyny

$$\dot{V}_{\text{celkový}} = \dot{V}_{\text{předoperační}} + \dot{V}_{\text{sál,1}} + \dot{V}_{\text{sál,2}} \quad (32)$$

$$\dot{V}_{\text{celkový}} = 1575 + 1200 + 1200 \doteq 4000 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Vnitřní průměr potrubí:

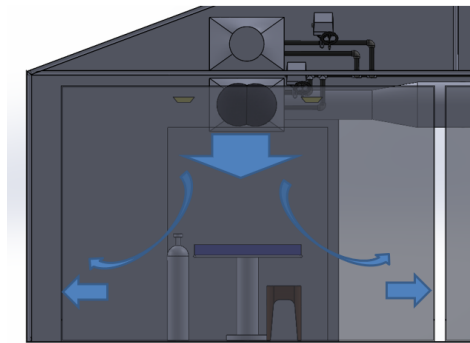
$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v \cdot 3600}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4000}{\pi \cdot 8 \cdot 3600}} \cdot 1000 = 421 \text{ [mm]} \quad (33)$$

Zvoleno DN450

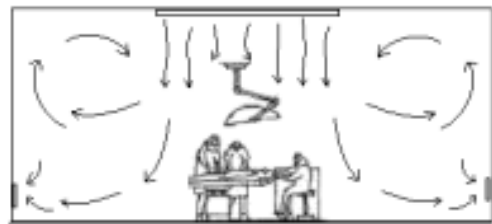
Analogicky byly vypočteny další potrubí viz tab.8.

Tab. 4 Dimenzování potrubních tras v operačním stan

Veličina	Značení	Předoperační	Operační sál I	Operační sál II	Primární vzduchotechnická jednotka	Jednotky
RYCHLOST VZDUCHU V POTRUBÍ	v	8	8	8	-	[m/s]
POČET OSOB	n	21	6	6	-	[-]
ČSN EN 13779- 75m <sup>3</sup> /os.h	D	75	75	75	-	[m <sup>3</sup> /h]
PRŮTOK HYGIENICKÉ MIN. VZDUCHU	V	1575	450	450	2475	[m <sup>3</sup> /h]
VOLBA PRŮTOKU	V	1600	1200	1200	2500	[m <sup>3</sup> /h]
PRŮMĚR POTRUBÍ	D	266	230	230	421	[mm]
<b>VOLBA KONKRÉTNÍ DIMENZE</b>	<b>DN</b>	<b>300</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>450</b>	<b>[-]</b>



Obr. 69 Laminární přívod vzduchu



Obr. 70 Jednosměrný přívod vzduchu [18]

Jednosměrné větrání formálně nazývaná také „laminární“ ventilace je definována jako vzduch proudící konstantní a rovnoměrnou rychlostí ve stejném směru podél paralelních proudových linií s minimálními víry. Na stísněných operačních sálech (mobilní operační sály) s nízkou výškou stropu je umístění vzduchového difuzéru s diagonálním přívodem vzduchu variantou mezi strategiemi jednosměrného přívodu vzduchu. Jednosměrná ventilace se stává doporučeným standardem pro všestranné operační sály.

Požadavky na typ difuzoru, umístění a parametry přiváděného vzduchu se mohou stát protichůdnými. Z hlediska kvality vzduchu je nejúčinnější přivádět vzduch co nejbližší kritickým oblastem (např. chirurgické místo, stůl chirurgických nástrojů), čímž je omezeno strhávání kontaminovaného vzduchu. Z hlediska tepelné pohody by bylo optimální vytvořit podmínky preferované konkrétním uživatelům operačního sálu, nebo alespoň pro většinu lidí stále přijatelné. Rozvod vzduchu by neměl vytvářet velké teplotní rozdíly ani pocit průvanu. V případě této práce byl použit textilní difuzor. Přívod vzduchu je textilní filtrační vyústkou s rychlostí přiváděného vzduchu 0,2 m/s. Dle doporučení výrobce je vhodné volit minimální délku laminárního stropu odpovídající délce operačního lůžka [L35].

#### 9.4. Návrh ventilátoru

Distribuci zajišťuje trojce ventilátorů. První umístěný v primární vzduchotechnické jednotce. Pro první primární trasu a distribuci vzduchu do předsálí je potřeba uvažovat následující tlakové ztráty pro hydraulicky nejvzdálenější trasu:

Tab. 5 Určení tlakové ztráty ventilátorů

	Tlaková ztráta [Pa]
<b>Primární VZT jednotka</b>	
Filtr G3	25
Chladič	20
Chladič	20
Ohřivač	20
Regulační klapky	28
Ztráty v potrubí	20
Filtr F7	450
<b>Celkem</b>	<b>583</b>
<b>Sekundární jednotka</b>	
Filtr F7	450
Chladič	6,5
Ztráty v potrubí	20
Filtr F7	450
<b>Celkem</b>	<b>927</b>

Ventilátor v primární jednotce dosahuje nominálních hodnot minimálně 583 Pa a 1600 m<sup>3</sup>/h. Ventilátor v sekundární minimálně 1000 Pa a 1200 m<sup>3</sup>/h. Těmto parametrům odpovídá středotlaký ventilátor *AXC 1000 – Systemair*.

## 9.5. Návrh otvoru operačního sálu

Podle Bernoulliho rovnice byl vypočten otvor pro výstup vzduchu z operačního sálu, tak aby bylo dosaženo přetlaku 10 Pa.

### Výpočet délky štěrbin:

Tab. 6 Určení šířky štěrbin v operačním sále

Návrh přetlaku na operačním sále		
Vstupní parametry		
Průtok vzduchu	1200	[m <sup>3</sup> /h]
Hustota vzduchu	1,2	[kg/m <sup>3</sup> ]
Tl. štěrbin	10	[mm]
Plocha vstupu	1,6	[m]
Výška vstupu	2,2	[m]
Tlakový rozdíl	5	[Pa]
Vypočtené parametry		
Vstupní rychlost	0,2	[m/s]
Výstupní rychlost	7,2	[m/s]
Výstupní průřez	46431	[mm <sup>2</sup> ]
Šířka štěrbin	2322	[mm]

Vstupní rychlost:

$$v_1 = \frac{V_1}{S_1} = \frac{1200}{1,6} = 0,2 \text{ [m/s]} \quad (34)$$

Výstupní rychlost:

$$v_2 = v_1^2 + 2 \cdot g \cdot h + \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}} \quad (35)$$

$$v_2 = 0,2^2 + 2 \cdot 9,81 \cdot 2,2 + \sqrt{\frac{2 \cdot 5}{1,2}} = 7,2 \text{ [m/s]}$$

Délka štěrbin:

$$l = \frac{S_2}{b \cdot 2} = \frac{46431}{10 \cdot 2} = 2322 \text{ [mm]} \quad (36)$$

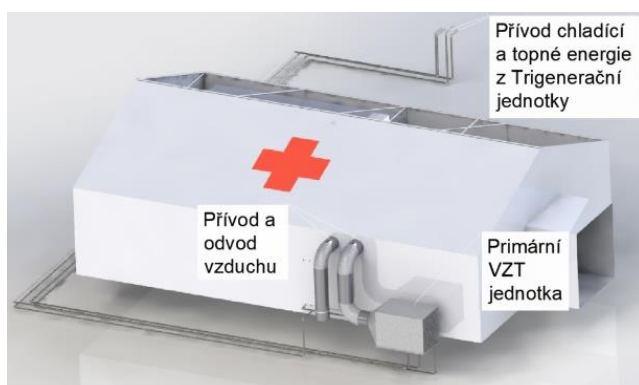
Doporučená délka jedné ze štěrbin dosahuje 2,3 m a šířky 10 mm. V operačním sále se nacházejí dvě štěrbin, které odvádí ještě stále dostatečně ochlazený vzduch do předsálí.

## 10. TRIGENERAČNÍ JEDNOTKA

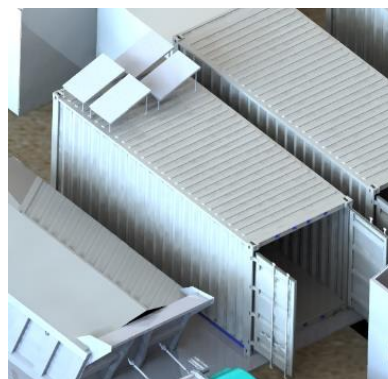
### 10.1. Koncept systému

Pojmem trigenerační jednotka (dále jen TJ) je vnímána kombinovaná výroba elektrické energie, tepla a chladu s centrálním rozvodem do stanů. Technologicky se pak jedná o spojení kogenerační jednotky s absorpční chladicí jednotkou. Potenciál této technologie se obvykle hledá ve smyslu prodloužení provozu kogenerační jednotky nejen v zimě ale i v létě. Využití TJ v polní nemocnici je však myšlena pro denní a noční režim, jelikož rozdíly denních a nočních teplot se v rovníkové oblasti pohybují kolem 30 °C. V praxi to pak znamená, že přes den dosahuje teplota vzduchu 40 °C a v noci se musí stany přitápět, jelikož teplota vzduchu se blíží k 0 °C.

Schéma viz výkres *Příloha 33* popisuje chování zařízení kombinované kogenerační technologií a absorpční chladicí jednotky aplikované do stanových objektů. Na obrázku 73 jsou vidět rozvody chladicí vody do výměníků vzduchotechnických jednotek. Obvykle se TJ dováží na místo v kontejnerovém provedení viz obr.72.



Obr. 71 Rozvod chladicí látky do jednotky



Obr. 72 Umístění kontejnerové jednotky

Primárním palivem pro celou jednotku je v tomto případě zemní plyn, který je se směsí vzduchu vstřikován do spalovací komory motoru pohánějícího generátor tří fázového napětí. Pohonem může být také hořák produkující páru, která je vháněna do turbíny generující točivý moment. Výfuk spalin a teplo generované přehříváním motoru je zužitkováno skrz čtyřcestný ventil, buď do „generátoru“ absorpční chladicí jednotky (dále ACHJ) či rovnou do primární vzduchotechnické jednotky do výměníku sloužícího k ohřevu a odvlhčení vzduchu v hlavním přívodu vzduchu. V generátoru absorpční chladicí jednotky je dělen bohatý roztok na chudý roztok chladiva (voda a čpavek) a páry. Páry jsou následně ochlazeny v kondenzátoru a tlakově poníženy v expanzním ventilu [L36].

Tyto páry pak předávají chladicí energii výparníku, který dodává energii chladivu centrálně rozváděnému do námi zvolených objektů a konkrétních chladicích jednotek vzduchu. Absorpční okruh se tak uzavírá v absorberu, kde



za přítomnosti chladicí látky z chladících věží chudý roztok do sebe absorbuje páry a vzniká opět bohatý roztok, který již uzavírá okruh cirkulačním čerpadlem.

Nevýhodou celé jednotky je její nízká účinnost a rozměry, ty jsou ovlivněny především velikostí chladících věží a jejich životnosti. Životnost je ovlivněna kvalitou chladicí vody, proto zde do okruhu musí být zapojeno dávkování solných roztoků a změkčovací filtry. Čtyřcestný ventil přepíná na denní a noční provoz, tímto přepínáním připojuje a vyřazuje ACHJ do okruhu, přičemž náběh ACHJ trvá cca 15 min. Výhodou se může jevit nepřítomnost kompresorů, ty mají větší příkony než čerpadla. Jednotka tak není náchylná na elektrické výpadky. Další výhodou je využívání přebytků energie spalin, které by jinak byly mařeny.

Pro návrh trigenerační jednotky bylo nutné vypočítat tepelnou zátěž, tepelné ztráty a potřebu elektrické energie všech objektů, které chceme energiemi zásobovat. Ukázkový výpočet byl již ukázán v kapitole 9. Nyní by se analogicky postup opakoval pro ostatní stany viz *Příloha 28*. Pro výpočet tepelných ztrát byly využity obdobné vztahy s rozdílem vstupních parametrů a to tentokrát nejnižší extrémní noční teplota a zvolená teplota vnitřní  $t_i=20$  °C, na kterou se snažíme objekty vytápět. Období vytápění je zde odhadnuto dle teplotního ročního archivu 124 dny. V otopném období jsou vnitřní zisky naopak přínosné a ve výpočtech se přičítají k potřebě topné energie. Potřeba elektrické energie je odvozena od jalových výkonů zařízení, která se v objektech využívají. Tzn. od čerpadel čerpajících vodu, ventilátory, svícení. Dále skrz účinník a současnost odběru el. energie byla doložena hrubá potřeba.

Byly doloženy základní údaje, které lze poskytnout výrobcí trigenerační jednotky. Výrobcí obecně doporučují nejprve dohledat ACHJ a poté potřebnou kogenerační jednotku (dále KJ). Aby došlo ke správnému spojení obou jednotek je nutná kontrola energetických uzlů absorberu, generátoru ACHJ, kondenzátoru a výparníku. Ukázky katalogových listů vybraných ACHJ a KJ lze vidět v *Příloze 23 a 24*.

## 10.2. Zhodnocení investice TJ jednotky

Z katalogů v *Příloha 24 až 27,32* byla vyjmuta data o spotřebě paliva zemního plynu, nafty do generátorů a topidel a příkonu kompresorových jednotek. *Příloze 29* byla zmíněná TJ zhodnocována z hlediska investice a porovnána se standartně používanými prostředky, což je kombinace generátor, chladicí kompresorové jednotky a lokální topidla či kombinace kompresorových chladících jednotek a kogenerační jednotky.

V prvním případě TJ pokrývá celkové potřeby chladicí, topnou a elektrickou energii, přičemž primární energií je zemní plyn. Z tabulky lze vyzorovat, že v důsledku pokrytí chladicího výkonu TJ jsou přebytky elektrické energie mařeny. Nízká účinnost a nepříznivý poměr mezi energiemi způsobuje přebytky a přispívá k faktu, že se jednotka do takových horkých klimatických podmínek s prioritou na chlazení nehodí. Faktem je, že i přes vyřazení ACHJ v noci čtyřcestným ventilem



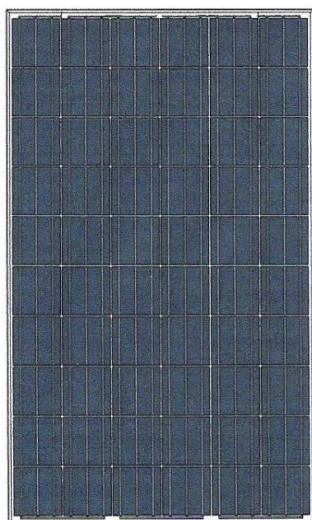
stále předimenzovaná KJ spotřebovává na noční vytápění a dodávku elektrické energie stejně velkou spotřebu zemního plynu. Nejlevnější variantou se jeví kombinace kompresorového chlazení a topidla. Především z důvodu možnosti ponechání v provozu v nočním režimu pouze jeden z generátorů, a to jen na 50% výkon v kombinaci s lokálními topidly.

Investičně mezi těmito předchozími volbami je varianta používaná AČR, tedy kombinace KJ a kompresorových chladicích jednotek, kde je možnost ve dne snížit výkon KJ na 50 %, jelikož má i tak dostatek přebytku elektrické energie na pohon kompresorové jednotky. Přesto je však zajištěn dostatečný příkon pro spotřebiče a kompresorové jednotky a na námi dopočtený ohřev teplé vody v úpravně vod. Investičně se tedy potvrdil předpoklad, že trigenerační jednotka není z hlediska financí vhodná pro použití v polních podmínkách i přesto že by její využití bylo celoroční, jelikož účinnostně výrazně zaostává za kompresorovým chlazením.

## 11. ALTERNATIVNÍ ZDROJ ELEKTRICKÉ ENERGIE

Využití fotovoltaiky začíná být atraktivní i v humanitárních organizacích. Bohužel ty jsou často omezeny finančními prostředky. Proto využití tohoto systému je pouze bez baterií a lze s ním tak počítat jako se záložním zdrojem napájení. V praxi to tedy znamená, předem organizovat čerpání vody do vodojemů, odkud je dále voda čerpána gravitačně. Další časový interval by byl obsazen spotřebou elektrické energie na pohon praček. Po zajištění těchto priorit je dále možné uvažovat s využíváním fotovoltaických panelů (dále FV) pro klimatizaci operačních sálů či jiných stanů.

Bohužel je však nutné počítat s reálným průběhem intenzity záření, naznačené černě na obr. 76. Propady intenzit zářivého toku jsou způsobeny faktory oblačností oblohy. Nelze tedy s jistotou počítat s kontinuálním odběrem elektrické ho napětí. Nicméně vzhledem k nízkým srážkám v Jižním Súdánu lze predikovat stabilnější odběr než v české republice i přesto, že zde průměrná intenzita denního záření dosahuje nižších hodnot.



Obr. 73 FV panel [L24]

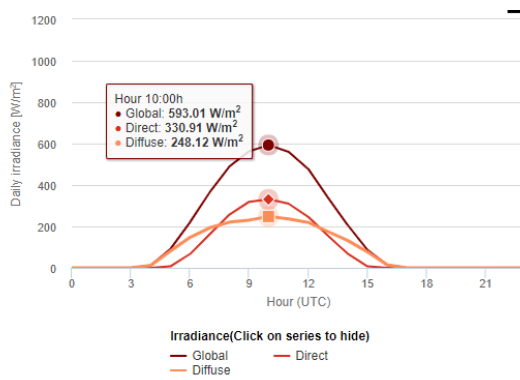
Tab. 7 Základní údaje o počítaném panelu

ZÁKLADNÍ ÚDAJE O PANELU			
FV panel	AS-6P30		
	Značka	Hodnota	Jednotka
Nominální výkon		265	[Wp]
Plocha panelu	$S_{FV}$	1,6	[m <sup>2</sup> ]
Referenční účinnost	$\eta_{REF}$	16	[%]
Koeficient zohledňující změnu výkonu s teplotou	$\gamma$	0,39	[%/°C]
Počet panelů	$n_{FV}$	4	[-]
Instalovaná plocha	$S_c$	6,4	[m <sup>2</sup> ]

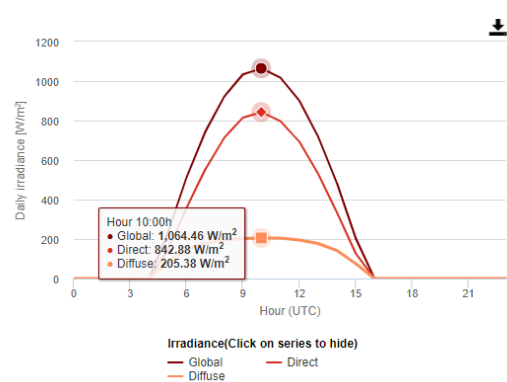
Při návrhu v takto odlišných podmínkách je nutné počítat s nestandardními parametry. Účinnost panelu je významně ovlivněna teplotou okolního vzduchu, která dosahuje až 45 °C. Při instalaci je nutné dbát na kvalitní hermetické uzavření systému, jelikož písek ve vznosu je častým problémem.

V rovníkových oblastech se jeví úhel výšky slunce nad obzorem  $90 \pm 10^\circ$ . To znamená, že panely budou instalovány téměř vodorovně pro dosažení největší účinnosti. Jak můžeme vidět z ukázky denních naměřených hodnot intenzita záření je paradoxně nejvyšší v měsících prosinec, leden a nejnižší v červnu. Dle toho byly vybrány dva nejextrémnější dny, které jsou ve výpočtu porovnány.

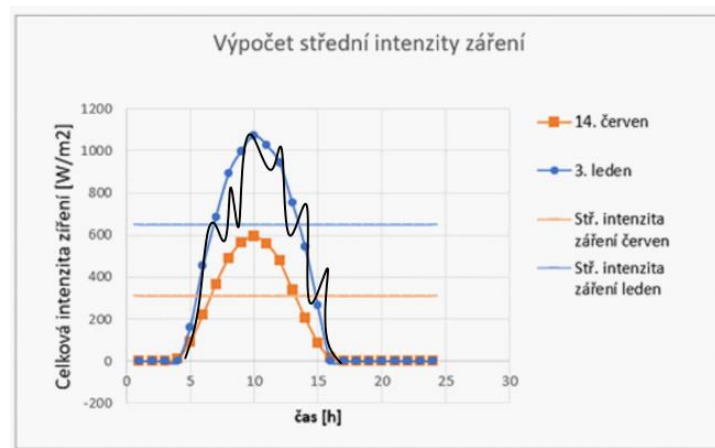
## 11.1. Zhodnocení použití fotovoltaických panelů



Obr. 74 Příznivý průběh intenzit záření [L37]



Obr. 75 Nepříznivý průběh intenzit záření [L37]



Obr. 76 Reálný průběh (černě) a střední denní intenzity záření

**Stanovení efektivní účinnosti panelu v přímé závislosti na teplotě pro červen:**

### Výpočet elektrického výkonu systému:

Pro první iteraci platí  $\eta_{FV} = \eta_{REF}$

Teplota fotovoltaického panelu:

$$t_{FV} = t_{e,s} + \frac{\alpha \cdot G_M - \eta_{FV} \cdot G_M}{U} \quad (37)$$

$$t_{FV} = 38 + \frac{0,95 \cdot 309 - 0,16 \cdot 309}{47,5} = 43,2[^\circ\text{C}]$$

Účinnost fotovoltaického panelu:

$$\eta_{FV} = \eta_{REF} \cdot (1 + Y \cdot (t_{FV} - t_{REF})) \cdot \left(1 + k \cdot \ln \left[ \frac{G}{G_{REF}} \right]\right) \quad (38)$$

$$\eta_{FV} = 0,169 \cdot (1 + (-0,0039) \cdot (43,2 - 25)) \cdot \left(1 + 0,04163 \cdot \ln \left[ \frac{309}{1000} \right]\right)$$

$$\eta_{FV} = 0,15 [-]$$

Výpočet elektrického výkonu pro červen:

$$E_v = 0,9 \cdot \eta_{FV} \cdot G_{T,den} \cdot A_{FV} \cdot (1 - p) \quad (39)$$

$$E_v = 0,9 \cdot 0,1496 \cdot 309 \cdot 6,4 \cdot (1 - 0,08) = 245 [W]$$

$$E_{sys} = \tau_{d,FV} \cdot Q_{E,sys} = 2 \cdot 420,8 = 489,7 [Wh] \quad (40)$$

Tab. 8 Výpočet Elektrického výkonu systému pro červen a leden Příloha 34

Měsíc		14. červen	3. leden	[-]
Střední hodnota intenzity slunečního záření	G/den teor	309	649	[W/m <sup>2</sup> ]
Teplota vzduchu	t <sub>e</sub>	38,0	41	[°C]
Referenční účinnost	η <sub>REF</sub>	0,16	0,16	[-]
Pohltivost	α	0,95	0,95	[-]
Prostup tepla panelem	U <sub>FV</sub>	54	47,5	[W/m <sup>2</sup> .K]
Koeficient zohledňující změnu výkonu s teplotou pro daný panel	γ	-0,0039	-0,0039	[1/K]
Součinitel zohledňující hladinu intenzity dopadajícího slunečního záření	k	0,043	0,043	[-]
Referenční hodnota intenzity záření	G <sub>REF</sub>	1000	1000	[W/m <sup>2</sup> .K]
Teplota panelu	t <sub>FV</sub>	42,6	52,0	[-]
Účinnost panelu referenční	t <sub>REF</sub>	25	25	[°C]
Účinnost panelu	η <sub>FV</sub>	0,1496	0,1435	[-]
Celková plocha panelů	S <sub>FV</sub>	6,4	6,4	[m <sup>2</sup> ]
Srážky	p	0,08	0,08	[-]
Elektrický výkon systému	E <sub>v</sub>	244,83	493,07	[W]
Doba použití	τ <sub>d,FV</sub>	2	2	[h]
<b>Elektrický výkon systému</b>	<b>E<sub>sys</sub></b>	<b>489,7</b>	<b>986,1</b>	<b>[Wh]</b>

Vzhledem k vysokým teplotám v fotovoltaického panelu s tím spojenou nízkou účinností se nabízí využití hybridních systémů FVT elektrické a tepelné energii. Podrobnou studii se zabývala skupina odborníků ve studii „*Field study of hybrid photovoltaic thermal and heat pump system for public hospital in the tropics*“ [L22]. Při porovnání s potřebou elektrické energie, by v takovémto složení v červnu nebyly panely schopny pohánět ani jedno z čerpadel s příkonem 800 W viz *Příloha 28*. Pro zajištění funkčnosti by bylo vhodné navýšit počet panelů minimálně o tři.

## 12. ZÁVĚR

Právě jste byly provedeni komplexem polní nemocnice, očima sanitárního technika. V rešeršní části byly postupně uváděny základní informace a procesy, které musí technik mít vžitě. Základní vstupní informací pro technika je predikovaný počet osob v objektu, typ katastrofy a její rozsah. Na základě těchto vstupních parametrů a po přečtení této diplomové práce by měl technik být schopen správně reagovat. Nejprve vyhodnocením kapacity a umístěním prvních stanů. Měl by mít vžitě základní postupy při výstavbě nemocnice zejména správná organizace práce na základě představy struktury polní nemocnice.

Kapitola sanitace se již zaměřuje na vodu, konkrétně postupy, kde lze vodu získat, jak ji správně distribuovat a na co si dávat pozor z hlediska šíření infekce. Po nálezu zdroje vody, bylo v diplomové práci určeno, jak takovou vodu otestovat, jak ji zpracovat a jakou kvalitu vody by měla polní nemocnice mít.

Návrh projektu je v tomto případě vhodné definovat od spotřebních míst. Proto byla nejdřív vyhodnocena část projektu zdravotní technické instalace. Byl nasimulován model chování odběrných míst a na základě toho byly určeny potrubní trasy vodovodu, kanalizace a tepelný ohřev přiváděné vody na základě již dopočteného rekuperačního výměníku. Lze tedy konstatovat, že zdravotní technické instalace jsou pilířem projektu, jelikož dále je možné určit kapacitu odpadní čističky vody, jejíž princip je uveden v kapitole 7, zakončené návrhem mamutových čerpadel zajišťující funkčnost objektu.

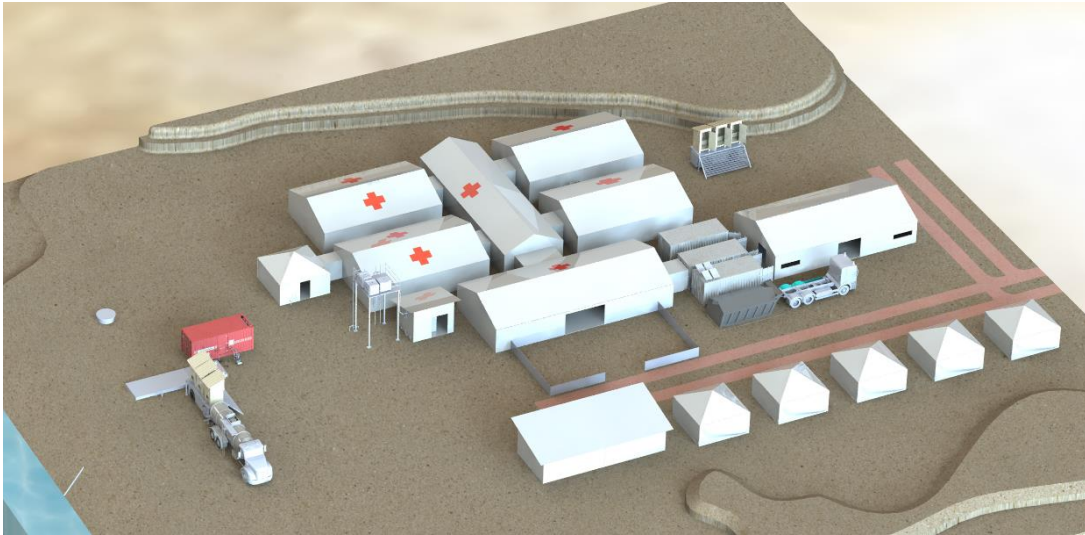
Z dosud nabytých informací lze navrhnout „srdce“ nemocnice úpravnu vod. Sanitární technik by měl po přečtení této kapitoly mít povědomí o prvcích, ze kterých se úpravna skládá a měl by být schopen navrhnout schéma potřebných zařízení nutné k úpravě pitné vody a vyhodnotit vzdálenostní umístění na základě čerpací techniky, kterou má k dispozici.

V kapitole vzduchotechnika, bylo zjištěno že větrání a klimatizace neslouží jen ke zlepšení tepelného komfortu, ale je nedílnou součástí operačních sálů a doslova se projektant podílí na záchraně pacientů správným návrhem snižujícím riziko infekce. V návrhu byly popsány způsoby dopravy vzduchu, dimenzování potrubí, ventilátorů disponující dostatečnými chladiči a dalšími důležitými prvky až po definování doporučeného proudění vzduchu v místnosti operačního sálu.

Aby neziskové organizace nebyly neprávem konfrontovány tím, že finance poskytované dárci jsou mařeny. Považuji za správné přehodnocovat aplikovaná zařízení na takových místech, jako bylo například zhodnocení využití trigenerační jednotky v kapitole 11, vůči standartním zařízením.

Technici z humanitární organizace Lékaři bez hranic, jsou často konfrontováni situacemi daleko za hranicí komfortu, ve kterých jsou nuceni bystře reagovat a také improvizovat s alternativními zdroji. Proto byla věnována poslední kapitola vyhodnocení možnosti použití fotovoltaických panelů v tak extrémních podmínkách jako je Jižní Súdán. Tato práce by měla poskytovat úvodní manuál pro uchazeče o takovou životní náplň.

Všechny vytyčené cíle byly plněny.



*Obr. 77 Model polní nemocnice bez grafických úprav*

## 13. SEZNAM INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- [L1] VLK, Jakub. *Technika polní nemocnice*. Praha 2021. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, fakulta strojní, ústav konstruování podporované počítačem.
- [L2] REZVYKH, A.D; A.P. OVCHARENKO; R.N. LEMESHKIN; S.V. KOVALCHUK. *Modeling the workflow of a field hospital in earthquake conditions*. All3dp.com [online]. 2022 [cit. 2023-06-10]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922017082>
- [L3] HUMLÍČEK V. *Polní nemocnice: učební text pro vysokoškolskou výuku*. 2007 Hradec Králové: Univerzita obrany, ISBN 978-80-7231-319-8.
- [L4] WATKIN, Hanna. *Doctors-without-borders-hospital-jordan-3d-print-prostheses-war-victims*. All3dp.com [online]. [cit. 2023-06-10]. Dostupné z: <https://all3dp.com/4/doctors-without-borders-hospital-jordan-3d-print-prostheses-war-victims/>
- [L5] LÉKAŘI BEZ HRANIC. *Ebola*. [online] 14.07.2017 [cit. 2023-06-10]. Dostupné z: <https://www.lekari-bez-hranic.cz/ebola>
- [L6] DUŠKOVÁ M. a kolektiv. *Úvod do chirurgie*. Univerzita Karlova 2009, ISBN 978-80-254-4656-0
- [L7] KEJŘOVÁ, Stanislava. *Vybavení vojenské polní nemocnice lékařskou přístrojovou technikou*. Bakalářská práce, Brno 2010
- [L8] REDAKCE. *Vzdálenost studny od zdrojů možného znečištění*. [online] [cit. 10.10.2018]. Dostupné na: <https://voda.tzb-info.cz/123708-vzdalenost-studny-od-zdroju-mozneho-znecisteni>
- [L9] NAKLÁDAL P. *Hledání vody pomocí virgule pohledem hydrogeologa*. [cit. 9.1. 2021], [online] Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/21706-hledani-vody-pohledem-zkuseneho-hydrogeologa>
- [L10] KOLEJCONSULT a servis, *Metoda velmi dlouhých vln (VDV)* [online]. Dostupné z: [https://www.kcas.cz/?page=geofyzika/metody\\_pruzkumu/metoda\\_velmi\\_dlouhych\\_vln](https://www.kcas.cz/?page=geofyzika/metody_pruzkumu/metoda_velmi_dlouhych_vln)
- [L12] MÉDECINS SANS FRONTIERES AUSTRALIA. *How MSF Gets Clean Water to Refugees in Uganda*. [cit. 2018] [online]. Dostupné z: <https://msf.org.au/how-msf-gets-clean-water-refugees-uganda>
- [L13] WUNSCH J. *Technická příručka pro pracovníky v oboru úpravy vody* Vydal: N.P. ČKD DUKLAD PRAHA 1981
- [L14] IDNES.cz; ČTK. *Konzumace odsolené vody může ohrozit srdce, Izrael hledá cestu*. [cit. 2018] Dostupné z: [https://www.idnes.cz/zpravy/zahranicni/voda-odsolovani-odsolena-srdce-zdravi-horcik-izrael.A181222\\_092603\\_zahranicni\\_dtt](https://www.idnes.cz/zpravy/zahranicni/voda-odsolovani-odsolena-srdce-zdravi-horcik-izrael.A181222_092603_zahranicni_dtt)



- [L15] WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda*. [online]. [cit. 10.05.2023]. ISBN: 978-92-4-004506-4
- [L16] HOVAL spol s.r.o. *Bakterie Legionella – rady a tipy, jak se těmto bakteriím účinně vyhnout*. [cit. 7.04.2017] Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/15589-bakterie-legionella-rady-a-tipy-jak-se-temto-bakteriim-ucinne-vyhnout>
- [L17] DUMASTAVBA; EUROCLEAN. *Jak na bakterie Legionella*. [online] [cit. 11.05.2023]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/111108-jak-na-bakterie-legionella>
- [L18] KEJŘOVÁ S. *Vybavení vojenské polní nemocnice lékařskou přístrojovou technikou*, Brno 2010, Vedoucí bakalářské práce Ing. Gabriela Štěpánová
- [L19] POPELIFE. *Předizolované potrubní systémy* [online] Dostupné z: [https://www.pipelife.cz/content/dam/pipelife/czech-republic/ke-stazen%C3%AD/katalogy/sanita-a-topeni/PIPELIFE\\_TERRENDIS\\_KATALOG.pdf](https://www.pipelife.cz/content/dam/pipelife/czech-republic/ke-stazen%C3%AD/katalogy/sanita-a-topeni/PIPELIFE_TERRENDIS_KATALOG.pdf)
- [L20] GALINYTE V. *Vybavení inteligentního operačního sálu zdravotnickou technickou*. Bakalářská práce, Vedoucí práce: doc, ing. František Dohnal, CSc. Kladno květen 2016, Dostupné z: [https://keepwarmeurope.eu/fileadmin/user\\_upload/Learning\\_Centre/Czech\\_Republic/T2.2-3\\_Cooling\\_cycles\\_\\_trigeneration\\_\\_district\\_cooling.pdf](https://keepwarmeurope.eu/fileadmin/user_upload/Learning_Centre/Czech_Republic/T2.2-3_Cooling_cycles__trigeneration__district_cooling.pdf)
- [L21] MANEKO. *Bezpečnostní sprcha 1100 / 390* [online]. Dostupné z: <http://www.maneko.cz/bezpecnostni-sprcha-1100-390/>
- [L22] PROMOS-GASTRO. *Nerez dřez HE* [online] 2023 [cit. 11.05.2023]. Dostupné z: <https://www.promos-gastro.cz/nerez-gastro-nabytek-nerezove-stoly-drezy-regaly-voziky-digestore/drezy-nerez/1191-nerezove-gastro-drez-velky-kuchyne-gastro.html>
- [L23] AINTERIERY. *Průtokový ohřívač vody tlakový ENT 5,5 / 5,5 kW*. [cit. 14.06.2023] [online]. Dostupné z: <https://eshop.ainterieri.cz/Prutokovy-ohrivac-vody-tlakovy-ENT-5-5-5-5-kW-A-Interiery-d2468.htm>
- [L24] TŘÍSKOVÁ G. *Návrh fotovoltaického systému pro zásobování rodinného domu TUV. Plzeň 2016*. Vedoucí práce: Prof.Ing. Jan škorpil, Csc. (str. 65) [online] Dostupné z: [https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/23002/1/DP\\_Navrh%20FVS%20pro%20zasobovani%20rodinneho%20domu%20TUV.pdf](https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/23002/1/DP_Navrh%20FVS%20pro%20zasobovani%20rodinneho%20domu%20TUV.pdf)
- [L25] HRADECKÁ L. *Prádlo ve zdravotnictví vyžaduje více pozornosti*. 2010 [online]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/sestra/pradlo-ve-zdravotnictvi-vyzaduje-vice-pozornosti-450957>
- [L26] ATLANTIS. *Profesionální pračka LG Giant*. 2023 [online] [cit. 13. 06. 2023] Dostupné z <https://vybaveni-pradelen.eu/rada-lg-giant/>

- [L27] HENLICH. *Izolační pláště*. 2023 [cit.13. 06. 2023] [online] Dostupné z: <https://www.hennlich.cz/meres/izolacni-plaste-pro-ibc-kontejnery/>
- [L28] SIGMASHOP. *Křídlové čerpadlo na vodu K-2 (1"x1")* [cit. 14. 06. 2023] [online]. 2022 [cit. 11.05.2023]. Dostupné z: <https://www.sigmashop.cz/kridlove-cerpadlo-na-vodu-k-2-1-x1>
- [L29] HOFFMAN P; NOVÁK V. *Zpracování exhalací a odpadů*. Skriptum ČVUT, fakulta strojní, 1997
- [L30] WUNSCH J. *Technická příručka pro pracovníky v oboru úpravny vody* Vydal: N.P. ČKD DUKLAD PRAHA 1981
- [L31] MELICHAR J. *Úvod do čerpací. Techniké skriptum, prezentace z přednášky* (ČVUT str.137 př. 11. PRAHA 2009 nakladatelství ČVUT v Praze
- [L32] SADSKÝ J. *Osvětlování zdravotnických zařízení*. Západočeská univerzita, Katedra energetiky a ekologie, [online]. [cit. 11.05.2023], Dostupné z: <https://docplayer.cz/6224185-13-osvetlovani-zdravotnickych-zarizeni.html>
- [L33] ANDRÝSEK M. *Tepelná zátěž od umělého osvětlení*, Bakalářská práce Praha 2020, Ústav techniky prostředí
- [L34] DRKAL F; ZMRHAL V. *Vybrané statě z větrání a klimatizace*. Vydalo: České vysoké učení technické v Praze 2018, ISBN 978-80-01-06458-0
- [L35] FOREJ L. *Modelování výkonu proudění vzduchu na mobilních operačních sálech*. Praha 2009 Disertační práce, České vysoké učení technické v Praze
- [L36] DVOŘÁK Z. *Základy chladicí techniky*. Nakladatelství technické literatury, Praha 1986.
- [L37] EU SCIENS HUB. *PVGIS online Tool*. [online] [cit.13.06.2023] Dostupné z: [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-online-tool\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-online-tool_en)
- [L38] ALZA. *BLUMFELDT Sprcha zahradní COOL BREEZE – teak*. [online] [cit.10.05.2023]. Dostupné z: [https://www.alza.cz/hobby/blumfeldt-cool-breeze-d7192909.htm?kampan=adwho\\_hobby-a-zahrada\\_pla\\_all\\_hobby-a-zahrada-css\\_bazeny\\_c\\_9062908\\_\\_\\_409276959807\\_~89341520762~&gclid=CjwKCAjw586hBhBrEiwAQYEnHQ-yyHSLJoOWvb4VuwxoK9Afh5ix\\_pToll8fFOUX5R6mE0smqA-EV6dRoCHoMQAvD\\_BwE](https://www.alza.cz/hobby/blumfeldt-cool-breeze-d7192909.htm?kampan=adwho_hobby-a-zahrada_pla_all_hobby-a-zahrada-css_bazeny_c_9062908___409276959807_~89341520762~&gclid=CjwKCAjw586hBhBrEiwAQYEnHQ-yyHSLJoOWvb4VuwxoK9Afh5ix_pToll8fFOUX5R6mE0smqA-EV6dRoCHoMQAvD_BwE)
- [L39] VIDAXL. *Bo-Camp Sprchový/WC* [online]. 2008 [cit. 11.05.2023]. Dostupné z: <https://www.vidaxl.cz/e/bo-camp-sprchovywc-stand-100-x-100-x-200-cm-sedy/8712013718903.html?gclid=CjwKCAjw586hBhBrEiwAQYEnHSFLK>

hylh2Aba1b0HBgtI7lp9O\_bWDOPtSNIdeHi1dCsKeuA8yzwLRoCOVQQ  
AvD\_BwE

- [L40] AKIRE s.r.o. *Rekuperace tepla z odpadních kanalizačních vod zpět do rodinných domů a ostatních objektů*. 2018 [online] [cit. 11.05.2023] Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/17072-rekuperace-tepla-z-odpadnich-kanalizacnich-vod-zpet-do-rodinnych-domu-a-ostatnich-objektu>
- [L41] KUBÍČEK V. *Výpočet tlakových ztrát dle skript Hydromechanické procesy*. VWS MEMSEP s.r.o Sokolovská 100/84 Praha 8 2019
- [L42] KOMÁREK M. *Výpočet mamutových čerpadel*. VWS MEMSEP s.r.o ,Sokolovská 100/84 Praha 8 2019