

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

1. Lékařská fakulta

Clever Technologies, s.r.o.

(Spin-Off firma Fakulty biomedicínského inženýrství
ČVUT v Praze a 1.lékařské fakulty UK v Praze)

**Analýza požadavků na mobilní dohledový
systém pro zásahové jednotky**

Bakalářská práce

Autor: Vít Caithaml
Vedoucí práce: Ing. Radek Fiala
Oponent: Ing. Jan Kašpar

2007

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval firmě *Clever Technologies, s.r.o.* a *Společnému pracovišti biomedicínského inženýrství ČVUT a UK v Praze, Albertov*, zejména pak Ing. Radku Fialovi, za odborné vedení, technickou podporu, zajímavé nápady a ochotu při spolupráci. Dále bych rád poděkoval vedení *Odborného učiliště požární ochrany Brno* za umožnění praktického měření a por. Zdeňku Ondráčkovi za koordinaci tohoto měření. V poslední řadě bych rád poděkoval por. Michalu Hodíkovi za poskytnutí mnoha informací pro mou práci a všem ostatním, kteří mi byli při sestavování této práce nablízku.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem:

Analýza požadavků na mobilní dohledový systém pro zásahové jednotky

vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákon č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), pokud budou dodrženy podmínky firmy Clever Technologies, s.r.o.

Firma Clever Technologies, s.r.o. si vzhledem k zachování obchodního tajemství produktu dohledového systému nepřeje, aby tato práce byla veřejně přístupná a byla poskytnuta třetí straně bez jejího výslovného souhlasu.

Souhlasím s podmínkami firmy Clever Technologies, s.r.o. vázaných na toto dílo a souhlasím také s užitím mé práce nebo jakékoliv její části firmou Clever Technologies, s.r.o. k jejím vlastním účelům.

V Praze dne 14.6.2007

.....*Vít Caithaml*.....

Vít Caithaml

Clever Technologies, s.r.o.
modulární měřicí systémy
IČ: 27224325 DIČ: CZ27224325
www.cleverttech.cz

.....
Clever Technologies, s.r.o.

OBSAH

1	Úvod.....	6
2	Popis stávající verze dohledového systému.....	7
2.1	EKG modul	9
2.2	Teploměr	10
2.3	Akcelerometr	10
2.4	Pulzní oxymetr	10
3	Podobné systémy u nás a ve světě.....	11
3.1	AWare Technologies.....	11
3.2	Philips.....	12
3.3	Dräger Safety.....	13
4	Potenciální uživatelé dohledového systému	14
5	Analýza požadavků hasičského záchranného sboru na dohledový systém	16
5.1	Zmapování nebezpečí a rizikových faktorů	16
5.2	Rešerše typických úrazů příslušníků hasičského záchranného sboru	16
5.3	Co si o úrazech myslí hasiči?	19
5.4	Analýza možností prevence jednotlivým skupinám úrazů.....	21
5.4.1	Úrazy spojené s pádem a propadnutím	21
5.4.2	Popáleniny a opařeniny	22
5.4.3	Přehřátí, podchlazení a omrznutí.....	24
5.4.4	Intoxikace, nadýchání zplodin a udušení	25
5.4.5	Zranění při výbuchu	25
5.4.6	Úrazy spojené s psychickým nebo fyzickým vyčerpáním	26
5.5	Technické požadavky na mobilní dohledový systém.....	28
6	Návrhy na vylepšení dohledového systému	32
6.1	Modul měřící optimální hydrataci tkání zasahujícího.....	32
6.2	Modul při použití dýchací techniky	33
6.3	Určení polohy zasahujícího.....	33
6.4	Analýza variability srdečního rytmu	34
6.5	Návrhy hasičů.....	35
6.6	Ostatní navrhované změny a vize do budoucna	36
6.7	Návrh na zlepšení postavení dohledového systému na trhu.....	36
7	Metodika použití dohledového systému	38
7.1	Zásah v dýchací technice v silně zakouřeném prostředí	39
7.2	Výcvikový monitor	40
8	Praktické měření s dohledovým systémem	42
9	Prezentace výsledků a diskuse	46
10	Závěr	47
11	Seznam použitých zdrojů	48
12	Seznam použitých zkratek.....	50
13	Přílohy	51

ANOTACE

Analýza požadavků na mobilní dohledový systém pro zásahové jednotky

V této práci autor pojednává o mobilním telemetrickém systému, který díky svým funkcím umožňuje monitorovat členy zásahových týmů v akci. K monitorování se používají biologické a obecně technické veličiny, které jsou bezdrátově přenášeny k veliteli zásahu nebo jinému pověřenému pracovníkovi a přehledně zobrazeny na PDA nebo notebooku. Autor se detailně zaměřuje na analýzu požadavků hasičského záchranného sboru, analyzuje typické úrazy a názorně ukazuje, jak by dohledový systém mohl přispět k prevenci některých úrazů. Dále se snaží stanovit technické požadavky na dohledový systém a navrhuje vlastní vylepšení a rozšíření celého systému. V závěru práce autor popisuje konkrétní situace pro využití dohledového systému a některé své teze potvrzuje praktickým měřením. Výsledky práce by měly pomoci při zavádění dohledového systému do praxe.

ABSTRACT

Analysis of the requirements of Mobile Monitoring System for emergency services

The author disserts upon the Mobile Telemetric System, which allows the monitoring of emergency personnel in action. Monitoring makes use of biological and common technical values, which are commuted wirelessly to commanding officer or to another certified person, and gives an overview of the situation on a PDA or notebook. The author focuses on the analysis of the requirements of fire brigades, he analyses typical injuries a presents how the monitoring system could help prevent certain instances of injury. The author endeavours to determine the technical requirements of the monitoring system a makes his own suggestions as to improving and extending the whole system. At the conclusion of his work, the author highlights specific situational use of the monitoring system and verifies some of his theses with practical measurements. The findings of this work should help with the implementation of the monitoring system into actual practice.

1 Úvod

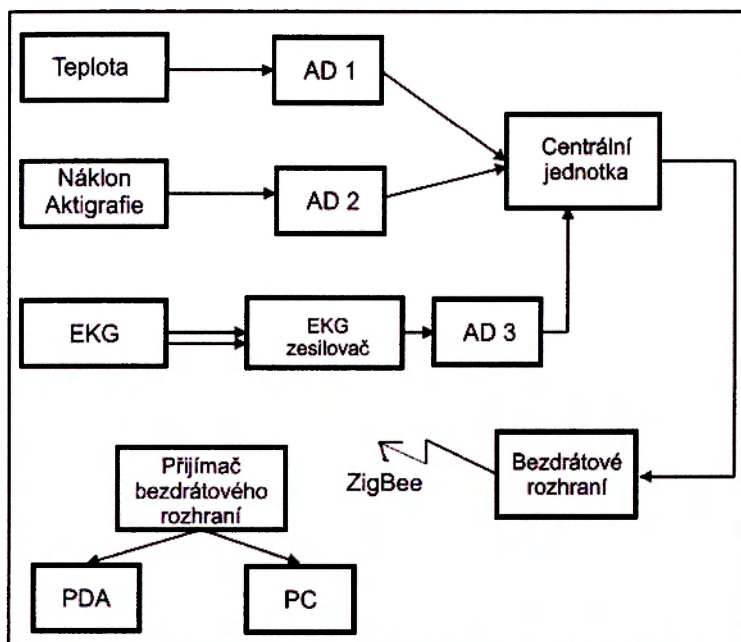
Díky technickému pokroku v oblasti výpočetní techniky a telekomunikací mohla být realizována myšlenka na vzdálený monitoring vitálních funkcí člověka, neboli telemonitoring. Smyslem telemonitoringu je přenést rutinní měření na přístroj a tím šetřit čas kvalifikovaného pracovníka, např. zdravotní sestry nebo lékaře. I pro pacienta je telemonitoring výhodný, nemusí být přítomnem ve zdravotnickém zařízení a může se lépe zapojit do běžného života. Lékař si po určité době prohlédne naměřená data, zkontroluje, jak se pacientovi po celou dobu dařilo, a případně může upravit stávající léčbu. Pokud by se data ihned přenášela k lékaři na monitor, dalo by se hovořit o online dohledu nad pacientem. Lékař by pak mohl kontinuálně sledovat stav pacienta a v případě výskytu nefyziologických hodnot pacienta kontaktovat a zkontrolovat, zda se jeho stav nehorší.

O podobném systému dohledu aplikovaném na členy zásahových jednotek pojednávám v této bakalářské práci. Pracovní název tohoto telemetrického systému je „*mobilní dohledový systém pro zásahové jednotky*.“ Smyslem dohledu u tohoto systému je prevence pracovních úrazů. Cílem mé práce bylo seznámit se s problematikou telemonitoringu a analyzovat požadavky zásahových jednotek na tento systém. Jelikož rozsah práce je limitován, zpracoval jsem podrobnou analýzu jen pro hasičský záchranný sbor. Mezi dílčí úkoly mé práce patřilo zmapovat typické úrazy hasičského záchranného sboru a analyzovat možnosti prevence jednotlivým skupinám úrazů, stanovit technické požadavky na dohledový systém a případně navrhnout vylepšení systému. V případě potřeby jsem mohl využít stávající verzi dohledového systému pro praktická měření. Přířnos mé práce měl spočívat v nalezení smysluplného a opodstatněného využití dohledového systému u hasičského záchranného sboru. Při své práci jsem spolupracoval s ochotným týmem z *firmy Clever Technologies, s.r.o.* a mohl jsem využívat jejich technickou podporu.

2 Popis stávající verze dohledového systému

První projekt, který stál na začátku vývoje dohledového systému, se jmenoval „Mobilní řetězce“ a byl realizován na ČVUT v roce 2003. Od té doby tým vývojářů pracoval na dalších projektech, získal mnoho cenných zkušeností a v roce 2005 založil spin-off firmu Clever Technologies, s.r.o. při Ústavu biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze. Jejím hlavním smyslem je transfer výsledků vědy a výzkumu v oblasti biomedicínského inženýrství do zdravotnické a průmyslové praxe. Nosným projektem společnosti je aplikace systému Advanced PDA koncovému uživateli.¹

Dohledový systém je mobilní telemetrický systém, který monitoruje jednotlivé členy zášahového týmu pomocí snímaných biologických a obecně fyzikálně technických veličin. Celý systém je koncipován modulárně a umožňuje libovolnou kombinaci modulů dle přání a požadavků uživatelů. Ve stávající verzi je pomocí jednoduchého hrudního pásu snímána tepová frekvence (EKG modul), tělesná aktivita kombinovaná s polohou těla vůči zemi (akcelerometr) a teplota. Mezi další dostupné moduly systému patří pulzní oxymetr měřící



Obrázek č. 1 – Schéma dohledového systému

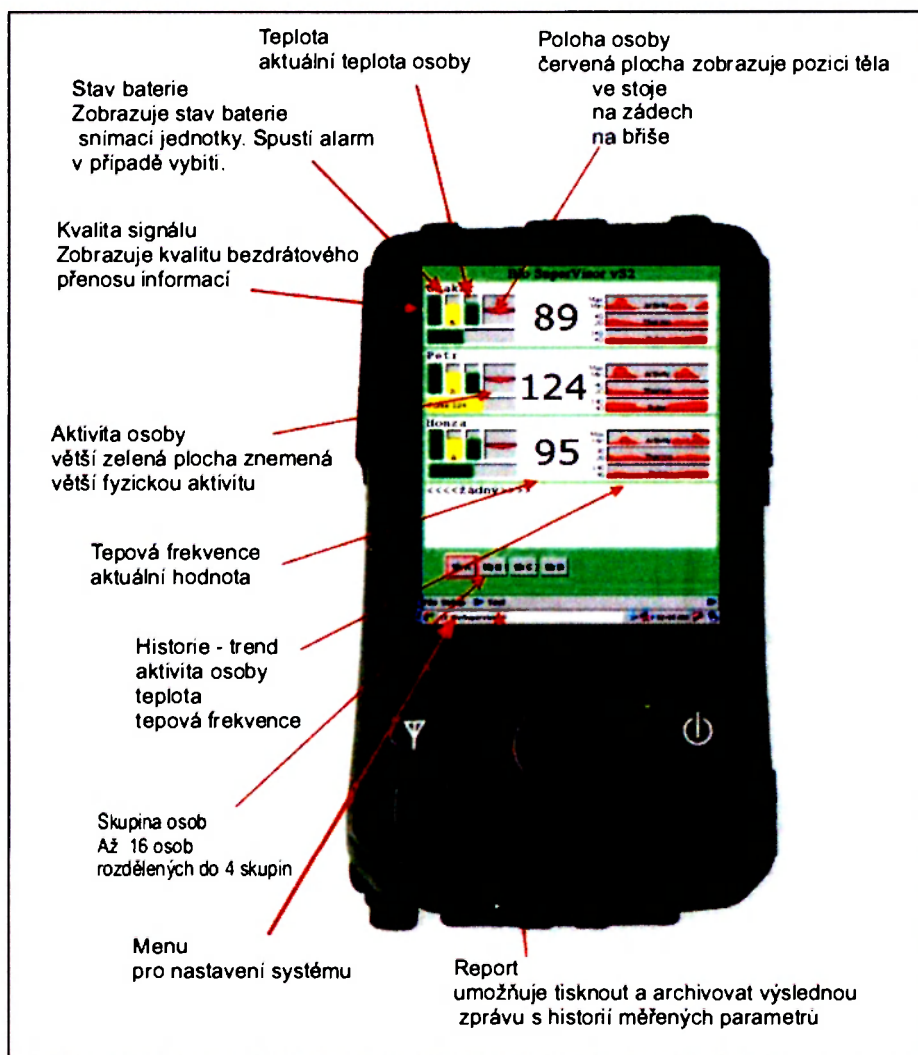
saturaci krve kyslíkem (v HW verzi používané v rámci bakalářské práce nebyl tento modul osazen). Nasnímaná data jsou bezdrátově přenášena do počítače, notebooku nebo PDA. K bezdrátovému přenosu lze využít sítě dle standardu Wi-fi, ZigBee nebo radiofrekvenční síť. Současné řešení pracuje se standardem ZigBee a využívá speciálně upravené PDA, které je

vsazeno do kovového pouzdra se

zvýšenou odolností proti nárazu, prachu a vodě. Vysílací jednotka není integrována v PDA, ale je umístěna externě, pod PDA. Obsluha na monitoru přehledně vidí členy zášahového týmu a aktuální stav snímaných veličin. Každý monitorovaný člen týmu zaujímá jeden řádek nadepsaný jeho jménem. V levé části řádku jsou 3 sloupce udávající kvalitu signálu, stav baterií a aktuální teplotu osoby. Stav veličin je dán nejen výškou sloupce, ale také barvou

¹ Profil společnosti [online]. Clever Technologies.

sloupce, od zelené (nejvíce) k červené (nejméně). Pod těmito sloupci je ještě jeden vodorovný sloupec ukazující aktuální velikost tepové frekvence. Zde je barevné provedení invertované, zelená barva – nízká tepová frekvence, červená barva, vysoká tepová frekvence. Další část řádku znázorňuje informace o aktivitě osoby a o jejím náklonu. Míru aktivity odráží zelený čtverec, který zvětšuje nebo zmenšuje svou plochu ve vymezeném prostor. Více zelené plochy znamená větší fyzickou aktivitu. Náklon je propojen s nakloněním červeného úzkého obdélníku. Pokud osoba stojí, je obdélník ve svislé poloze. Pokud osoba leží, změní se obdélník v trojúhelník s vrcholem směřujícím dolů (leží na břiše) nebo nahoru (leží na zádech). Zhruba v polovině řádku je čitelnými číslicemi zapsána aktuální hodnota tepové frekvence. Pravá část řádku je vyčleněna pro trendy nasnímaných veličin. V horní části je trend tělesné aktivity, uprostřed teplota, ve spodní části tepová frekvence. Jak monitor vypadá ve skutečnosti ukazuje obrázek č. 2.



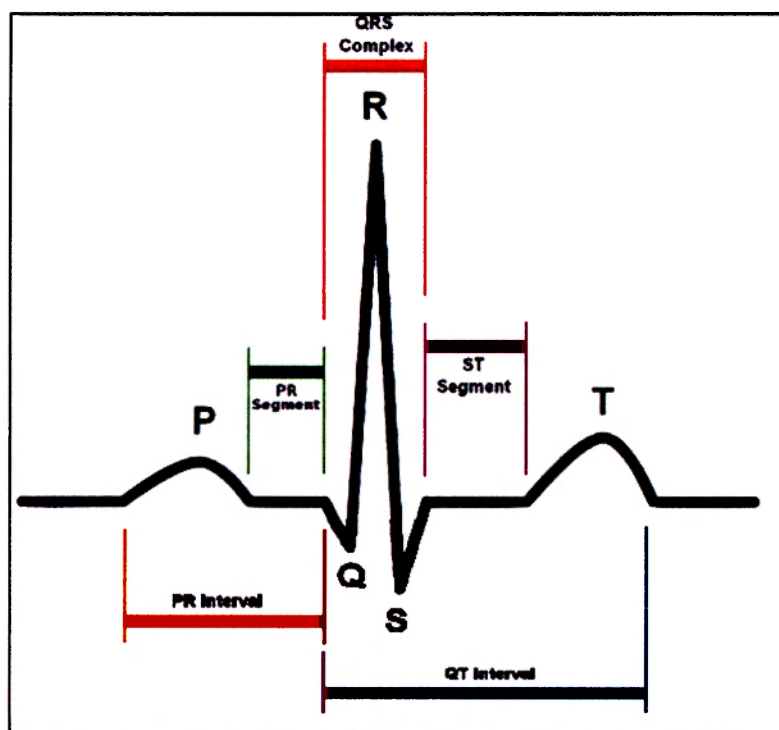
Obrázek č. 2 – Popis zásahového monitoru

Uživateli dohledového systému by měly být prvosledové týmy (hasiči, armáda, policie, zdravotní služba a ostatní záchranářské jednotky). Cílem dohledového systému je prevence úrazů vzniklých při zásahu z důvodů např. fyzického vyčerpáním, dlouhodobého stresu, přehřátí atd. Nasbíraná data při zásahu by mohla posloužit k bližší analýze činnosti zasahujících nebo k vytipování situací, při kterých byli zasahující nadměrně stresováni, a tyto situace následně detailně procvičit. Dohledový systém by také mohl velmi dobře sloužit při výcviku, kde by velitel výcviku mohl sledovat reakce svých cvičenců na zadané úkoly a také by mohl mít zpětnou vazbu o působení dané zátěže na jednotlivce a případně zátěž dle možností upravit. Tento přístup k tréninku a cvičení je v dnešní době moderní a z hlediska medicínského i správný. Každý cvičí ve svém výkonovém rozsahu, zbytečně organismus nepřetěžuje ani cvičení neodbývá, a tím je cvičení několikanásobně zefektivněno.

2.1 EKG modul

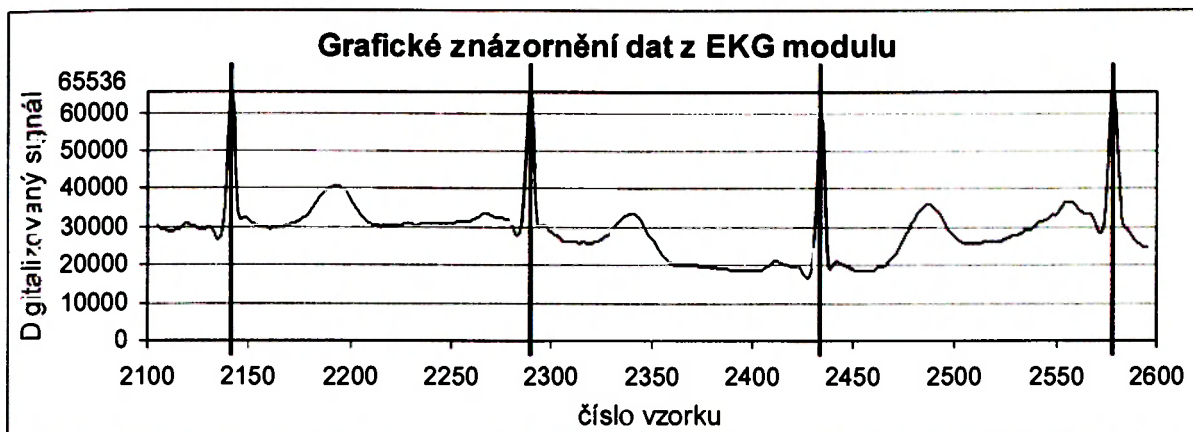
Pomocí hrudního pásu z vodivé gumy snímá a zaznamenává vnější projevy elektrické aktivity srdce. Modul obsahuje 2 elektrody, je schopný snímat EKG v jednom svodu.

Nasnímaný signál je zesílen a zdigitalizován. Takto upravená data jsou zpracována detektorem QRS komplexů a dále jsou vypočítávány vzdálenosti kmitů R, tzv. R – R interval. Detektor tepové frekvence vypočítá z těchto hodnot aktuální tepovou frekvenci. Analogově digitální převodník pracuje s nastavitelnou vzorkovací frekvencí 50 – 1 000 Hz, standard je 200 Hz. Škálování je 16-bitové.



Obrázek č. 3 – Ideální EKG křivka s popisem elementů

S EKG modulem jsem provedl měření s cílem ověřit přesnost záznamu EKG křivky pro výpočet tepové frekvence v různých situacích. Zvolil jsem převážně situace, při kterých jsou namáhány svalové skupiny v oblasti horních končetin a hrudníku. Graf 1 prezentuje data zaznamenaná při rychlém běhu s vyznačenými detekovanými QRS komplexy.



Graf 1 – Záznam z EKG modulu při běhu s vyznačenými detekovaným QRS komplexy

2.2 Teploměr

Teplota je snímána pomocí termistoru, který je kalibrován na teplotu 37 °C. Změny teploty způsobují změnu odporu termistoru. Signál se digitalizuje a bezdrátově přenáší na monitor PDA. Snímač měří s dostatečnou přesností v rozmezí teplot - 20 až + 80 °C.

2.3 Akcelerometr

Tento modul snímá změny polohy ve 2 osách, v ose X a Y. Principem akcelerometru je piezoelektrický článek, který je různě stlačován vlivem gravitace. Data z akcelerometru jsou digitalizována a použita pro výpočet tělesné aktivity a k určení náklonu vůči zemi.

2.4 Pulzní oxymetr

Oxymetrie je diagnostická metoda umožňující neinvazivní měření saturace krve kyslíkem. Princip modulu je založen na rozdílné absorpci světla redukovaným a oxidovaným hemoglobinem v červeném spektru. Modul je možné připojit na prst nebo ušní lalůček. Nasnímaná data jsou opět digitalizována a vyhodnocena.

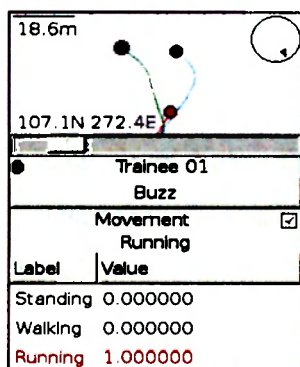
3 Podobné systémy u nás a ve světě

3.1 AWare Technologies²

Tato firma sídlící v americkém státě Massachusetts se zabývá výrobou a distribucí přenosných monitorovacích systémů pro sportovce, vojenské složky nebo pro domácí užití. Z technického hlediska se jedná o modulární systém, který je upraven pro použití v konkrétních situacích. Většina produktů je založena na detekci pohybu monitorované osoby, např. krokomeř, monitor pohybu pro sportovce v kombinaci s pulsmetrem firmy Polar, detektor posuzující druh pohybu u vojáků. Nasnímaná data jsou buď ukládána na mini SD paměťovou kartu nebo mohou být bezdrátově přenášena do centrální jednotky, která data ihned zpracovává. Pohyb je detekován 3 tříosými akcelerometry s 8 bitovým kvantováním a vzorkovací frekvencí 50 Hz. Firma ve svých realizacích využívá produkty dalších společností: pulsmetry Polar, GPS Trimble, Garmin. Mezi další nabízené moduly patří

- dvousvodové EKG
- dvousvodové EMG
- galvanická kožní odezva
- tříosé akcelerometry
- monitor dechové frekvence
- mikrofón

Ve stádiu výzkumu nabízí firma 2 řešení podobná dohledovému systému. První řešení má název *ATacNet* a disponuje GPS modulem pro určení polohy, detektorem tělesné aktivity a volitelně pulsmetrem nebo detektorem dechové frekvence. Signál od monitorovaných osob je bezdrátově přenášen do PDA k veliteli skupiny. Dosah sítě je zvětšen tím, že není zapotřebí přímé viditelnosti centrální jednotky a koncových zařízení, data je možno přenášet zprostředkovaně přes nejbližší koncová zařízení až do centrální jednotky.



Obrázek č. 4 – ukázka zobrazení na PDA



Obrázek č. 5 – ATacNet jednotka pro velitele skupiny

² Wearable Monitor Systems for Athletics, Home Care, and Defense [online]. Aware Technologies.

Druhý produkt má název *Military Vital Signs Wearable Personnel Monitor (Mobilní vojenský monitor vitálních funkcí)* a je navržen převážně pro vojenské využití. Systém vykazuje podobnost s předchozím produktem, obsahuje modul pro detekci tělesné aktivity a hrudní pás s pulsmetrem Polar a piezoelektrickým snímačem dechové frekvence. Systém je schopný detekovat abnormality v srdečním rytmu, zástavu dechu, podchlazení, třes nebo bolest při pohybu spojenou s působením neurotoxinů. Data jsou přenášena pomocí bezdrátové sítě do centrální jednotky.

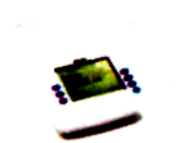


Obrázek č. 6 – Monitor vitálních funkcí

3.2 Philips³

Společnost Philips nabízí produkty spíše pro medicínské účely k domácímu užití. Celý systém se jmenuje *Philips Telemonitoring Services* a je tvořen centrální jednotkou (*TeleStation*) a dalšími přídatnými jednotkami:

- váha
- jednotka měřící krevní tlak a srdeční puls
- jednotka pro záznam EKG
- pulsní oxymetr
- glukometr.



Obrázek č. 7 - TeleStation

TeleStation obsahuje jednoduchý expertní systém, který obsahuje informace o mnoha chronických chorobách a také disponuje rozsáhlou databází otázek pro tvorbu vyšetření. Systém pak tyto otázky klade uživateli, ten odpovědi zadává ručně, případně může využít výsledky měření z přídatných jednotek. Odpovědi na otázky z vyšetření a naměřená data jsou z TeleStation přenášena na server poskytovatele zdravotní péče pomocí modemu a telefonní linky. Přenos dat mezi přídatnými jednotkami a centrální jednotkou je buď bezdrátový nebo v případě glukometru pomocí kabelu.

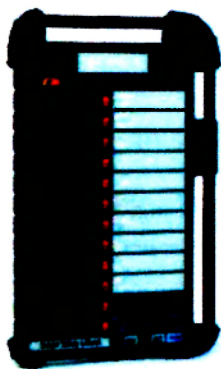


Obrázek č. 8 – Jednotka pro záznam EKG

³ Wireless Measurement Devices [online]. Philips.

3.3 Dräger Safety⁴

Tato firma s dlouholetou tradicí se specializuje na výrobu plynových detektorů, dýchací techniky a dalších ochranných pomůcek. Hasičský záchranný sbor používá od této firmy systém *DrägerMan Bodyguard*, který měří tlak vzduchu v zásobní lahvi, předpokládaný čas do vyčerpání vzduchu a také sleduje pohybovou aktivitu zasahujícího. Pokud se po delší dobu zasahující nehýbe, je automaticky spuštěn alarm. Tento produkt je možné provozovat v rámci systému *PSS Merlin*, což je systém pro telemonitoring až 12 členů zásahového týmu. Systém tvoří centrální panel, vysílací jednotky a zařízení *DrägerMan Bodyguard II*. Na centrálním panelu jsou zobrazeny informace od zasahujícího o tlaku vzduchu v zásobní lahvi, čas do vyčerpání vzduchu, teplota, automatický nouzový signál (při nehybnosti), manuální nouzový signál a žádost o stažení z akce. Dále lze pomocí centrální jednotky vysílat signály k individuální evakuaci nebo k evakuaci celé skupiny ze zásahu.



Obrázek č. 9 – Centrální panel systému PSS Merlin



Obrázek č. 10 – zařízení Bodyguard II

⁴ Fire and Emergency Services [online]. Dräger Safety.

4 Potenciální uživatelé dohledového systému

Dohledový systém byl vyvinut s myšlenkou použití u zásahových jednotek. Ačkoliv má tato práce v názvu „Analýza požadavků na mobilní dohledový systém pro zásahové jednotky“, zabývá se převážně problematikou požadavků hasičského záchranného sboru. Postupem času se ukázalo, že by nebylo v mých silách obsáhnout všechny prvosledové jednotky a ani doporučený rozsah bakalářské práce mi toto neumožňoval. Proto zde uvádím výčet potenciálních uživatelů a stručnou charakteristiku, jak by u nich mohl být systém použit. Obecně lze u všech zásahových jednotek použít dohledový systém při výcviku ke sledování fyzické aktivity a k objektivizaci zatížení organismu, případně ke sledování stresu vyvolaného výcvikem. Při zásahu k prevenci přetížení organismu a následnému kolapsu, ke sledování tělesné teploty a k detekci polohy těla vůči zemi.

Druh prvosledové jednotky	Možné využití dohledového systému
Policejní složky	<i>Výcvik, zásah speciálních jednotek (URNA), zásahy většího rozsahu.</i>
Báňská záchranná služba	<i>Výcvik, zásahy v podzemí, v zakouřeném prostředí. Problém s přenosem signálu v podzemí.</i>
Horská služba	<i>Výcvik, GPS navigace, prevence kolapsu ve vysokých nadmořských výškách.</i>
Armáda	<i>Výcvik, speciální zásahy, širší uplatnění.</i>
Potápěči a vodní záchranná služba	<i>Výcvik, práce pod vodní hladinou.</i>
Rychlá záchranná služba	<i>Monitoring zraněných při hromadných haváriích.</i>
Hasičský záchranný sbor	<i>Výcvik, všechny zásahy, hlavně v dýchací technice, fyzicky namáhavé.</i>

Tabulka č. 1 – Přehled potenciálních uživatelů dohledového systému

Policejní složky – u této skupiny se předpokládá využití dohledového systému zejména speciálními zásahovými jednotkami, např. Útvar rychlého nasazení, nebo běžnými jednotkami při akcích většího rozsahu – nepovolené demonstrace, pouliční potyčky s výtržníky atd.

Báňská záchranná služba – podařilo se mi získat názor na uplatnění dohledového systému u této skupiny záchranářů od pana Ing. Vladimíra Modrocha, zástupce ředitele Hlavní báňské záchranné stanice Praha. Podle jeho slov by využití dohledového systému nebylo z technických důvodů u báňských záchranářů možné. Do náplně práce báňské záchranné služby spadá spíše dozor a prevence nad bezpečností práce u společností provádějící práce hornickým způsobem v podzemí. Dále provádějí plánované průzkumy podzemních prostor a práce v nedýchatelném ovzduší. Pokud by se našel způsob řešení přenosu signálu od

zasahujících k veliteli zásahu nebo na místo dozoru, bylo uplatnění dohledového systému podobné jako u hasičského záchranného sboru.

Horská služba – by mohla využít dohledový systém při zásazích ve vysokých nadmořských polohách k monitoraci správné saturace krve kyslíkem nebo při zásazích v náročném horském prostředí, např. při hledání osob zasypaných lavinou, ke sledování aktuálního stavu záchranářů. Systém by mohl být doplněn o GPS modul, který by sledoval polohu zasahujících.

Armáda – dohledový systém by našel u armády asi širší uplatnění, od výcviku až po speciální akce v terénu. Armádní složky provádí i náročné operace, při kterých by sledování aktuálního stavu jednotlivců bylo přínosné. GPS navigace integrovaná v každé vysílací jednotce by umožnila lepší sledování pozice jednotek a lepší koordinaci jejich taktického nasazení.

Potápěči a vodní záchranná služba – tyto zásahové jednotky často pracují pod vodní hladinou, dohledový systém by mohl vhodně doplnit potápěčské počítače o sledování fyzické aktivity a o monitoring celkového stavu potápěče.

Rychlá záchranná služba – by mohla využít systém při hromadných haváriích ke sledování aktuálního stavu velkého počtu zraněných osob před přemístěním do nemocnic. S drobnými úpravami by byl dohledový systém schopný sledovat EKG křivku, dechovou frekvenci a saturaci krve kyslíkem, tedy základní životní funkce. Systém by mohl z EKG křivky rozpoznat srdeční poruchy, např. fibrilaci síní nebo komor, další srdeční arytmie. Jednalo by se o malý zjednodušený mobilní monitor podobný monitorům na JIP. Lékař by se v dané situaci mohl věnovat vážně zraněným, lehce zranění by byli pouze monitorováni. Na zhoršení stavu by lékaře upozornil alarm dohledového systému.

Hasičský záchranný sbor – o použití dohledového systému u této zásahové jednotky je pojednáno dále v textu.

5 Analýza požadavků hasičského záchranného sboru na dohledový systém

5.1 Zmapování nebezpečí a rizikových faktorů

Hasičské povolání je odjakživa spojeno s velkým množstvím nebezpečí. Já jsem při mapování nebezpečí vycházel z metodických listů ministerstva vnitra (dále jen Bojový řád), kde je popsána vždy charakteristika nebezpečí, předpokládaný výskyt a ochrana před nebezpečím. Bojový řád uvádí tato nebezpečí: nebezpečí fyzického vyčerpání, nebezpečí infekce, nebezpečí intoxikace, nebezpečí ionizujícího záření, nebezpečí opaření, nebezpečí pádu, nebezpečí podchlazení a omrznutí, nebezpečí poleptání, nebezpečí popálení, nebezpečí na pozemních komunikacích, nebezpečí přehřátí, nebezpečí psychického vyčerpání („únavový syndrom“), nebezpečí udušení, nebezpečí úrazu elektrickým proudem, nebezpečí utonutí, nebezpečí výbuchu, nebezpečí zasypaní a zavalení, nebezpečí zřícení konstrukcí, nebezpečí ztráty orientace, nebezpečí z ohrožení zvířaty, nebezpečí na železnici, nebezpečí výbuchu výbušných látek a pyrotechnických směs. Dalším rozбором jednotlivých nebezpečí jsem se nezabýval. Důležité věci z jednotlivých nebezpečí jsou prezentovány a propojeny s úrazy, ke kterým tato nebezpečí vedou, v kapitole 5.4 Analýza možností prevence jednotlivým skupinám úrazů na straně 21.

5.2 Rešerše typických úrazů příslušníků hasičského záchranného sboru

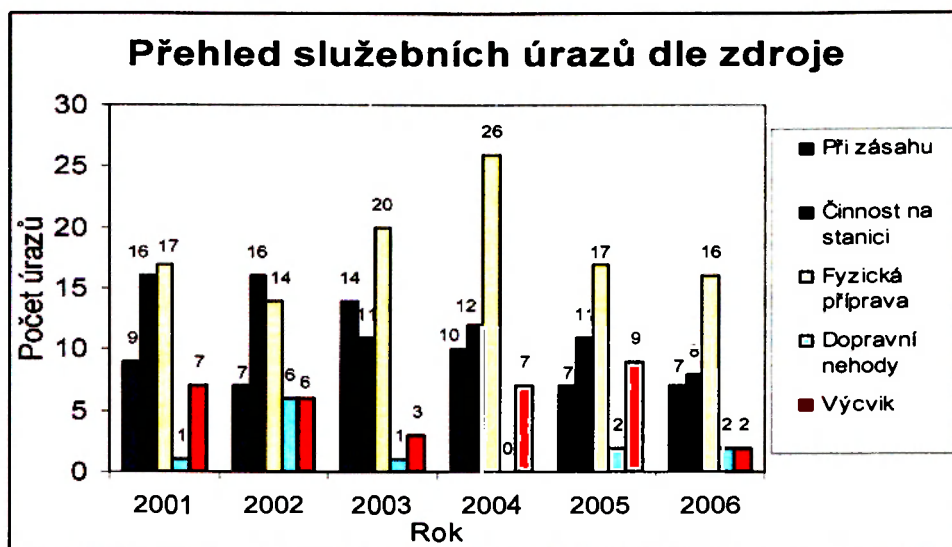
Pracovní úraz je nepříjemná záležitost a každý by se rád zranění vyvaroval, ale přesto se občas vlivem různých okolností ledacos přihodí. Cílem této kapitoly je poukázat na vyšší četnost některých úrazů při zásahu.

Při rešerši typických úrazů jsem vycházel z několika zdrojů. Tím hlavním byl Rozbor bezpečnosti práce za rok 2006 zpracovaný por. Michalem Hodíkem pro HZS hl.m. Prahy. V tabulce č. 2 je základní přehled o počtu služebních úrazů. V posledních dvou letech je zde jistý pokles počtu úrazů, na 34 v roce 2006, ale v širším měřítku je vývoj spíše kolísavý.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Počet zaměstnanců	899	1017	1011	1058	1020	998
Počet služebních úrazů (SÚ)	50	49	49	55	45	34
Četnost SÚ na 100 příslušníků	5,6	4,8	4,8	5,2	4,4	3,5
Úrazy těžké, smrtelné	-	1	-	-	-	1

Tabulka č. 2 – Přehled služebních úrazů pro HZS hl. m. Prahy v letech 2001 – 2006

Lepší pohled na celou situaci úrazovosti u hasičů poskytne graf 2, kde již jsou úrazy rozlišeny podle zdroje.



Graf 2 – Přehled služebních úrazů dle zdroje v letech 2001 – 2006

Nejvíce úrazů se stává při činnosti na stanici a při fyzické přípravě. Tyto úrazy jsou většinou lehčího charakteru, často určitým způsobem postihující pohybový aparát. Při fyzické přípravě to jsou často natažené svaly nebo úpony svalů, dislokace kloubů, kontuze nebo drobné oděrky. Při činnosti na stanici jsou zranění často spojena s údržbou techniky, ale opět se jedná spíše o lehčí zranění. Odborná pomoc u těchto dvou skupin úrazů je obvykle dostupná a povaha zranění často nevyžaduje delší lékařské ošetření nebo hospitalizaci v nemocnici. K dalšímu rozboru jsem si vybral zranění, která se stala při zásahu. Tato zranění bývají někdy vážná a lékařská pomoc je často ztížena nebo ne ihned dostupná. V tabulce č. 3 je zachycen vývoj počtu zranění při zásahu a dopravních nehodách a je zde také zachycen vývoj počtu událostí na 1 úraz.⁵ Za událost je považován jakýkoliv zásah mimo stanici kromě pláných poplachů. Celkem dobře je vidět klesající tendence v počtu zranění na 9 v roce 2006. Na 1 úraz pak připadlo 934 událostí.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Počet úrazů při zásahu a dopravní nehodě	10	13	15	10	9	9
Počet událostí	5 755	10 724	7 914	7 868	7 871	8 404
Počet událostí na 1 úraz	576	824,9	528	786,8	875	934

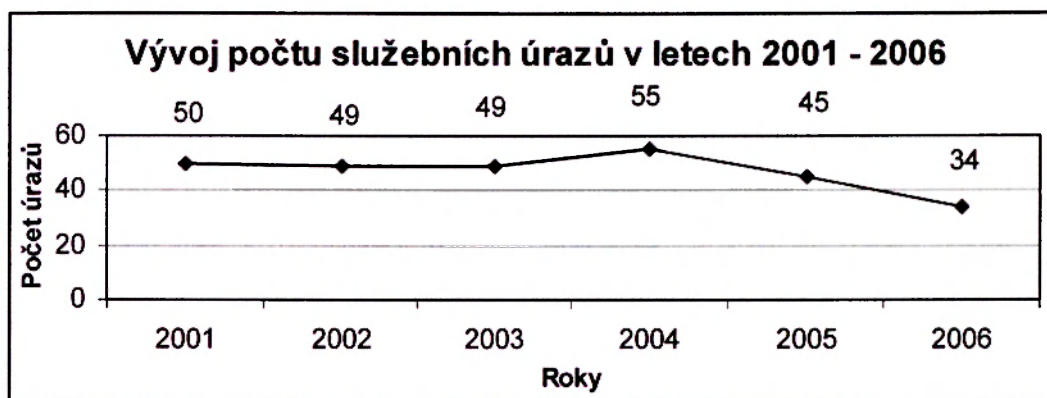
Tabulka č. 3 – Porovnání počtu událostí a počtu úrazů

⁵ Statistická ročenka 2005, tabulka Vývoj počtu událostí dle druhu, Praha 1998 - 2005 [online]. Hasičský záchranný sbor hl. m. Prahy a Statistická ročenka 2006, tabulka Počty jednotek u událostí [online]. Hasičský záchranný sbor hl. m. Prahy

Aby tato rešerše nebyla jen o číslech, podařilo se mi ji obohatit o jednotlivé úrazy, které se v roce 2006 staly při zásahu v hlavním městě Praze. Došlo celkem k 7 úrazům:

1. Tržné rány a pohmoždění na ruce způsobené vyklouznutím vysokotlaké hadice
2. Otřes mozku, tržné rány hlavy a dolních končetin. Pád do výtahové šachty, 6,5 metru.
3. Zhmožděny celého těla způsobené propadnutím postiženého.
4. Naražení předloktí levé ruky. Důvodem byla padající větev.
5. Rozříznutá ruka způsobená pádem eternitové tašky ze střechy.
6. Řezná rána na dlani levé ruky. Při průniku ze žebříku do bytu hasič šlápl na květináč, ztratil rovnováhu a upadl.
7. Opaření vlastním potem při hašení.

Shrnutí kapitoly 5.2



Graf 3 – Vývoj počtu služebních úrazů v letech 2001 – 2006

Vývoj počtu služebních úrazů u hasičského záchranného sboru hl. m. Prahy je od roku 2001 spíše vyrovnaný, v posledních letech s mírným poklesem. Detailně jsem zmapoval úrazy, které se staly v roce 2006. Na území hl. m. Prahy došlo k 34 služebním úrazům, z toho 7 se stalo při zásahu. Nejvíce úrazů bylo spojeno s pádem, konkrétně 3. Dva úrazy byly způsobené padajícími předměty, jeden úraz souvisí s vysokou teplotou a jeden úraz se stal při manipulaci s vysokotlakou hadicí.

Celkem služebních úrazů v roce 2006	34
Počet úrazů při zásahu	7
- pády	3
- padající předměty	2
- opaření	1
- ostatní	1

Tabulka č. 4 – Přehledová tabulka ke kapitole 5.2

5.3 Co si o úrazech myslí hasiči?

Pomocí dotazníku jsem se zeptal na problematiku úrazů také hasičů. Mým cílem bylo zjistit, jaké názory převládají u hasičů na pracovní úrazy a ty pak porovnat se skutečností. Druhým výzkumným záměrem bylo zjistit, z čeho mají hasiči při své práci největší strach a výsledky pak použít při analýze požadavků na mobilní dohledový systém.

Podařilo se mi získat 48 vyplněných dotazníků z 26 destinací. Všechny výsledky získané z dotazníků jsou obsaženy v příloze. Otázek bylo celkem deset a z toho čtyři otázky se týkaly rizik a úrazů. V prvních dvou otázkách jsem zjišťoval, kolik zásahů přibližně hasiči absolvují za měsíc a kolik z těchto zásahů je se zvýšeným rizikem úrazu. Výsledkem pro mě bylo číslo v procentech, udávající podíl zásahů se zvýšeným rizikem ku všem zásahům za měsíc. Většina respondentů, tedy 18, uvedla, že za rizikové zásahy považují všechny. Větší počet odpovědí se sešel ještě u 50% zásahů se zvýšeným rizikem, 7 odpovědí, a u 20% zásahů se zvýšeným rizikem. Pod 20% neuvedl žádný z dotázaných.

Další otázka ohledně úrazů zněla takto: „Jaká si myslíte, že jsou nejčastější zranění při zásahu u Vašeho typu zásahové jednotky?“ Někteří dotázaní uvedli více zranění. Za každé uvedené zranění jsem udělil bod a tudíž součet četností všech odpovědí (body) nesouhlasí s počtem dotazovaných. 22 bodů získala zranění týkající se pohybového aparátu (fraktury, luxace, zranění kloubů atd.). Druhé v pořadí skončily popáleniny a opařeniny se 17 body. Následují odřeniny, naraženiny, pohmožděniny a spíše lehčí zranění, 12 bodů. Rád bych ještě uvedl zranění v důsledku pádu s 8 body a intoxikaci, infekci a nadýchání zplodin s 5 body. Pokud výsledky porovnáme se skutečným stavem úrazů zjištěných v rešeršní části, dalo by se říci, že hasiči mají poměrně dobrou představu o úrazech, které se při jejich práci stávají. Pouze jejich představa o počtu popálenin a opařenin je mírně nadhodnocená.

Poslední otázka ohledně úrazů měla toto znění: „Jakých zranění se při výkonu své práce nejvíce obáváte?“ Vyhodnocení probíhalo stejně jako předchozí otázka. Hasiči mají největší obavy z popálenin, 20 bodů. Na druhém místě ze zranění v důsledku pádů, 10 bodů. Až na třetím místě hasiči uvádějí vážná zranění s trvalými následky, 6 bodů. Stejněho výsledku dosáhla také zranění spojená s intoxikací, infekcí, nadýcháním se zplodin a zraněním v důsledku ozáření.

Shrnutí kapitoly 5.3

Většina hasičů považuje všechny absolvované zásahy za zásahy se zvýšeným rizikem úrazu. Povědomí o struktuře jednotlivých typů úrazů mají hasiči vcelku dobré. Přibližně odpovídá výsledkům z předchozí kapitoly. Největší obavy mají hasiči z úrazů v důsledku

popálení nebo opaření, kterých není ve skutečnosti až tak velké množství. Myslím si, že dohledový systém by neměl sloužit jen jako dohled nad zasahujícím nebo jako prevence určitým úrazům, ale měl by také svým dílem přispět k lepší psychické i fyzické kondici hasičů u zásahu a poskytnout jim pocit lepší ochrany.

Nejčastější zranění	
Skupina zranění	Počet bodů
Pohybový aparát	22
Popáleniny, opaření	17
Lehčí zranění	12
Pády	8
Intoxikace, infekce, nadýchání zplodin	5

Tabulka č. 5 – Přehled úrazů, které hasiči považují za nejčastější

Obávaná zranění	
Skupina zranění	Počet bodů
Popáleniny, opaření	20
Pády	10
Vážná zranění, trvalé následky	6
Intoxikace, infekce, nadýchání zplodin	6
Ozáření	6

Tabulka č. 6 – Přehled obávaných zranění u hasičů

5.4 Analýza možností prevence jednotlivým skupinám úrazů

5.4.1 Úrazy spojené s pádem a propadnutím

Při pádu vznikají nejrůznější zranění, od lehčích až po ta těžší. Následkem pádu může být i smrt. Za nebezpečný lze považovat každý pád z výšky nad 1,5 metru a pád do nebezpečného prostředí.⁶ Časté jsou zhmožděnin y i velkých částí těla, zlomeniny horních i dolních končetin, luxace, distorze, z těžších zranění bych uvedl poranění páteře, zlomeniny žeber, poranění plic a dalších vnitřních orgánů např. tlakem. Nelze opomenout ani bodná zranění při pádu na ostrý předmět.

Pád je věcí náhodnou a jen těžko předvídatelnou. Pádu nepředchází ani žádná měřitelná fyzikální či biologická veličina, která by mohla k predikci pádu posloužit. Pád lze ovlivnit pouze tak, že se sníží jeho rizika. Bojový řád uvádí několik pokynů, jak se při zásahu chovat, aby riziko pádu bylo co nejmenší. Jako jednu z příčin pádu uvádí ztrátu nervosvalové koordinace v důsledku strachu nebo vyčerpání.⁷ Tyto 2 faktory lze pomocí dohledového systému monitorovat. Strach se na monitoru ukáže jako vzestup tepové frekvence (tachykardie), zatímco aktivita osoby bude po delší dobu snížena. Na možné vyčerpání nepřímo ukazuje fakt, že se tepová frekvence zasahujícího po dlouhou dobu pohybovala okolo jeho výkonového maxima⁸. Určení výkonového maxima a určení přibližné doby, po kterou je zasahující schopen bezpečně vykonávat svou práci, jsou předmětem dalšího experimentálního zkoumání.

Dohledový systém by bylo možné využít také neprodleně po pádu ke stanovení základních životních funkcí. Musel by být splněn předpoklad, že zařízení nebude vlivem pádu poškozeno. Tepová frekvence ukazuje, zda je v činnosti srdce. Pulzní oxymetr jako přídatný modul dohledového systému, by ukazoval na stav alespoň některých částí kardiiovaskulárního systému, hlavně na stav distribuce okysličené krve do periferních částí a zvláště do oblasti hlavy. Z monitoru bychom mohli vyčíst, že zasahující leží na břiše nebo na zádech, nehýbe se, má/nemá tepovou frekvenci a pokud by byl použit i pulzní oxymetr, viděli bychom stav saturace krve kyslíkem.

⁶ Bojový řád jednotek požární ochrany, Metodický list č. 6 kapitoly N, s. 1

⁷ Bojový řád jednotek požární ochrany, Metodický list č. 6 kapitoly N, s. 1

⁸ Výkonové maximum je hodnota tepové frekvence, při které jedinec koná práci s maximálním úsilím. Stanovení výkonového maxima se provádí čistě prakticky, např. dotyčný šlape na rotopedu nebo běží na běhacím pásu.

Příčiny	Možnosti monitoringu	Přesnost	Lze ve stávající verzi?
<i>Fyzické a psychické vyčerpání</i>	<i>Teplotní frekvence</i>	<i>Velmi přesné</i>	<i>Ano</i>
<i>Ostatní</i>	-	-	-

Tabulka č. 7 – Možnosti prevence pádu

Související zranění	Možnosti monitoringu	Přesnost	Lze ve stávající verzi?
<i>Stav zasahujícího po pádu</i>	<i>Teplotní frekvence</i>	<i>Velmi přesné</i>	<i>Ano</i>
	<i>Pulzní oxymetr</i>	<i>Přesné</i>	<i>Ano</i>
	<i>Pohybová aktivita</i>	<i>Velmi přesné</i>	<i>Ano</i>
	<i>Teplotní čidlo</i>	<i>Velmi přesné</i>	<i>Ano</i>

Tabulka č. 8 – Možnosti prevence zranění souvisejících s pádem

5.4.2 Popáleniny a opařeniny

Této skupiny úrazů se hasiči podle dotazníků nejvíce obávají. Příčinou popálení mohou být žhavé plameny, sálavé teplo, dotyk se žhavým či horkým předmětem, vdechnutí horkých plynů, výboj elektrického proudu.⁹ Opařeniny jsou popáleniny způsobené parou nebo horkými tekutinami. Závažnost zranění závisí na několika faktorech. Stupeň popálení určuje, do jaké hloubky byla pokožka postižena. Rozsah popálení se vyjadřuje v procentech vzhledem k celkovému povrchu těla. Literatura považuje za závažné zranění popálení II. – III. stupně zaujímající více než 20 % povrchu lidského těla.¹⁰ Popálení není jen izolovaným poraněním kůže, nýbrž postižením celého organismu. Příčinou jsou složité a na sebe navazující pochody tvořené působícími škodlivinami na straně jedné a odezvou organismu na straně druhé. Významnou úlohu zde má popáleninový šok, při kterém se snižuje kapilární prokrvení a krevní tekutiny unikají z cévního systému do tkání. Výsledkem je hypoxie a edém tkání. V pozdější fázi je popálený ohrožen sepsí. Popálená pokožka není schopna vykonávat svou přirozenou ochrannou funkci a také další mechanismy chránící lidské tělo před patogenními agens selhávají. Příčinou smrti u popálených, kteří určitou dobu přežili, bývá sepse s mnohoorgánovým selháním.¹¹

Ve stávající verzi je dohledový systém vybaven teploměrem, který je zabudován v hrudním pásu. Udávaná teplota tedy není přímo teplotou povrchu těla, ale jde o teplotu v prostoru mezi povrchem těla a oblečením. Hasič je chráněn proti teplu z vnějšího prostředí zásahovým oblekem se speciálními vrstvami z gore-texu a nomexu. Ty zajišťují

⁹ Bojový řád jednotek požární ochrany, Metodický list č. 9 kapitoly N, s. 1

¹⁰ Hájek, S.: Příčiny, mechanismus a hodnocení poranění v lékařské praxi. Praha: Grada, 1996. s. 64

¹¹ Hájek, S.: Příčiny, mechanismus a hodnocení poranění v lékařské praxi. Praha: Grada, 1996. s. 64

nepropustnost tepla dovnitř, ale umožňující prostup vlhkosti (potu) z vnitřního prostředí ven. Tvorba potu a jeho odpařování je velmi účinný způsob ochlazování lidského těla. Hasiči mohou využít ještě oblek proti sálavému teplu. Ten je po materiálové stránce vyroben z hliníkem pokoveného kevlaru¹² a z nomexu. Tento oblek nemá membránu umožňující kontakt vnitřního a vnějšího prostředí. Hasič je při zásahu ohrožen např. tím, že v jeho okolí začne pomalu stoupat teplota. On v důsledku správné funkce ochranných oděvů nemusí tento pozvolný vzestup zaznamenat a vzhledem k setrvačnosti nárůstu teploty může být jeho reakce pozdní. Obdobná situace může nastat, pokud hasič bude chtít uchopit horký předmět – zejména kov, u kterého nelze pohledem rozeznat povrchová teplota. Opět vlivem pozdní reakce díky ochranným oděvům může dojít k popálení. Neodvážím se tvrdit, že by dohledový systém byl v těchto situacích funkčním nástrojem prevence popálení. Kdyby ovšem bylo teplotních čidel více a byla v blízkosti vnitřní strany obleku, myslím si, že by dohledový systém hasiče včas upozornil na blížící se nebezpečí.

Hasič je také ohrožen špatným odvodem a kumulací tepla pod oděvem, hlavně při použití obleku proti sálavému teplu. Hasič je pak v důsledku vysoké teploty ve stresu, pocením ztrácí tekutiny a v krajním případě může dojít k přehřátí organismu a celkovému kolapsu. Dohledový systém v současné verzi je schopen toto nebezpečí zaznamenat a upozornit na něj. Bude však otázkou dalšího měření, jaká teplota je pro hasiče dlouhodobě únosná a jaká už způsobuje značný diskomfort. K opaření může mimo jiné dojít vznikem páry v pododěvním prostoru. To je důsledek navlhnutí ochranných oděvů a zvýšení jejich tepelné vodivosti. Na toto nebezpečí by dohledový systém bezpečně upozornil jen s dalšími teplotními snímači.

Příčiny	Možnosti monitoringu	Přesnost	Lze ve stávající verzi?
<i>Vysoká teplota v okolí</i>	<i>Teplotní čidlo</i>	<i>Přesné</i>	<i>Ano</i>
<i>Speciální zásahové obleky</i>	<i>Teplotní čidlo</i>	<i>Přesné</i>	<i>Ano</i>
<i>Pozvolný nárůst teploty v okolí</i>	<i>Teplotní čidlo</i>	<i>Méně přesné</i>	<i>Ano</i>
<i>Uchopení horkého předmět</i>	<i>Teplotní čidlo</i>	<i>Přesné</i>	<i>Ano</i>

Tabulka č. 9 – Možnosti prevence popálenin a opaření

¹² Kevlar je organické vlákno ze skupiny aromatických polyamidů. Má unikátní kombinaci vysoké pevnosti, vysokého modulu houževnatosti a termální stability. Kevlarové vlákno se netaví, ale dochází u něho k rozkladu při relativně vysoké teplotě a to v rozmezí 427 až 482 stupňů Celsia.

5.4.3 Přehřátí, podchlazení a omrznutí

Přehřátím se rozumí zvýšení teploty tělesného jádra nad únosnou mez. Organismus v tomto stavu není schopen efektivního odvodu tepla z těla ochlazováním. Dochází k rozšíření cév a k nepoměru mezi množstvím obíhající krve a objemem cévního systému. Mezi první příznaky patří změny chování, bolesti hlavy, únava, zrychlený tep, zvracení a závratě. V krajním případě nastává oběhový kolaps až smrt. Literatura uvádí jako kritickou teplotu tělesného jádra 40 °C, při které nastává závažný tepelný rozvrat. Při překročení teploty jádra 43 °C nastává smrt.¹³ Přehřátí u hasiče hrozí při používání speciálních obleků proti sálavému teplu nebo protichemických obleků. Tyto obleky neumožňují odvod vlhkosti (potu) z prostoru pod oblekem a výrazným způsobem znesnadňují ochlazování tělesného jádra. Teplotní snímač v hrudním pásu by včas upozornil na nadměrně zvýšenou teplotu pod oblekem a mohl by také kontrolovat čas, po který je zasahující schopen bezchybně vykonávat práci ve speciálním obleku a v extrémních podmínkách. Bojový řád uvádí: „Nasazení v ochranných oblecích mohou být pouze hasiči zdravotně způsobilí a připravení pro jejich používání výcvikem k termické odolnosti.“¹⁴ Při výcviku by byla jasně stanovena mezní teplota a čas, tyto údaje by byli zaneseny do softwaru dohledového systému a ten by sám hlídal překročení těchto předem stanovených hodnot.

Účinek nízké teploty může být místní a způsobit omrznutí nebo může způsobit celkové postižení, tedy podchlazení. To nastává při poklesu tělesného jádra pod 35 °C. Mezi typické příznaky podchlazení patří třesavka, studená a bledá kůže, ztráta pozornosti až postupné bezvědomí. Kritický je pokles teploty jádra pod 30 °C. Objevují se extrasystoly a smrt nastává v důsledku fibrilace síní a komor.¹⁵ Na rozsah poškození organismu má vliv vnější teplota, doba působení chladu, vlhkost v okolí a také povětrnostní vlivy. Myslím si, že by dohledový systém mohl včas upozornit na snižující se teplotu zasahujícího. Je otázkou dalšího měření, jaký by mělo odraz snížení tělesné teploty zasahujícího na monitoru dohledového systému. V každém případě by dohledový systém mohl hlídat dobu, po kterou je hasič vystaven nepříznivým povětrnostním podmínkám a upozornit na nutnost jeho vystřídání.

Příčiny	Možnosti monitoringu	Přesnost	Lze ve stávající verzi?
<i>Vysoká teplota v okolí</i>	<i>Teplotní čidlo</i>	<i>Přesné</i>	<i>Ano</i>
<i>Speciální zásahové obleky</i>	<i>Teplotní čidlo</i>	<i>Přesné</i>	<i>Ano</i>
<i>Nízká teplota v okolí</i>	<i>Teplotní čidlo</i>	<i>Přesné</i>	<i>Ano</i>

Tabulka č. 10 – Možnosti prevence přehřátí, podchlazení a omrznutí

¹³ Hájek, S.: Příčiny, mechanismus a hodnocení poranění v lékařské praxi. Praha: Grada, 1996. s. 61

¹⁴ Bojový řád jednotek požární ochrany, Metodický list č. 11 kapitoly N, s. 1

¹⁵ Hájek, S.: Příčiny, mechanismus a hodnocení poranění v lékařské praxi. Praha: Grada, 1996. s. 69

5.4.4 Intoxikace, nadýchání zplodin a udušení

Všechny tyto úrazy mohou mít vážné následky, až letální. Zasahující často netuší, jaký materiál hoří a jaké nebezpečné látky při hoření vznikají. Dohledový systém není vybaven žádným detektorem kouře ani analyzátozem vzduchu. Je ale schopen upozornit na příznaky, které mohou souviset se vznikající intoxikací nebo dušením. Hlavní význam bych zde přičkl pulznímu oxymetru. Toxické látky se často váží na hemoglobin nebo jinak ovlivňují činnost kardiovaskulárního systému a způsobují hypoxii tkání. Pokles saturace krve kyslíkem by v tomto případě znamenal nebezpečí udušení nebo intoxikace. Monitor dohledového systému by pak ukazoval zvýšenou tepovou frekvenci jako snahu vykompenzovat nedostatek kyslíku zvýšeným průtokem krve, normální aktivitu zasahujícího a sníženou saturaci krve kyslíkem. Včasné varování zasahujícího by snížilo dobu, po kterou byl nebezpečným látkám nebo zplodinám vystaven. Dušení i intoxikace bývá provázena šokovými stavy. Šok je život ohrožující stav, při kterém dochází k selhání krevního oběhu. Charakteristicky bývá zvýšená tepová frekvence, nitkovitý až neznatelný pulz, bledá kůže, studený pot, cyanóza. Je otázkou, nakolik je pulzní oxymetr přesný ve své detekci a zda by dokázal nitkovitý pulz odhalit. Musím zde také uvést malé upozornění, že výpovědní hodnota pulzní oxymetrie je snížena při přítomnosti abnormálních hemoglobinů v krvi (karboxylhemoglobin, methemoglobin)¹⁶. Otravu oxidem uhelnatým pomocí pulzního oxymetru nelze jednoznačně určit. Dušení může nastat také následkem pádu. Tato problematika je podrobně probrána v kapitole 5.4.1 Úrazy spojené s pádem a propadnutím.

Příčiny	Možnosti monitoringu	Přesnost	Lze ve stávající verzi?
<i>Hypoxie tkání</i>	<i>Pulzní oxymetr a tepová frekvence</i>	<i>Nespecifické</i>	<i>Ano</i>
<i>Šok</i>	<i>Tepová frekvence</i>	<i>Nespecifické</i>	<i>Ano</i>
<i>Ostatní</i>	-	-	-

Tabulka č. 11 – Možnosti prevence intoxikace a nadýchání se zplodin

5.4.5 Zranění při výbuchu

Při výbuchu jsou zasahující ohroženi tlakovou vlnou, nejrůznějšími úlomky nebo předměty stojící tlakové vlně v cestě, vysokou teplotou a někdy také jedovatými plyny. Tlaková vlna vyvolává krytá poranění, která se jeví především na orgánech obsahujících vzduch, tedy plíce, střeva, ucho. Závažná bývají postižení plic, kde dochází k trhlinám ve

¹⁶ Ševčík, P.: Intenzivní medicína. Praha: Galén, 2000. s. 19

stěně plicních sklípků s následným krvácením do plicní tkáně. Tlaková vlna může zasahujícího odhodit na pevnou překážku a způsobit další zranění, hlavně zlomeniny, naraženiny, tržné rány, často doprovázené mozkovou komocí. Úlomky obalu explodující látky nebo jiné předměty urychlené tlakovou vlnou způsobují zranění v závislosti na své energii. Od drobných oděrků až po zranění vnitřních orgánů.¹⁷ Vznikají také popáleniny sálavým teplem nebo žíhavými plameny. Podle bojového řádu mohou na výbuch upozornit např. zvukové efekty, viditelné deformace zařízení nebo náhlá změna intenzity hoření¹⁸, ale nic z toho není možné pomocí dohledového systému monitorovat. Přínos systému by mohl být v rychlém přehledu o stavu zasahujících po výbuchu. Musel by být splněn předpoklad, že systém by nebyl výbuchem poškozen. Na monitoru by bylo ihned vidět, kdo je určitě na živu, kdo má nějaký problém ať již s dohledovým systémem nebo se základními vitálními funkcemi. Dalo by se opět sledovat, jestli se zasahující nedostává do šoku vlivem výbuchu nebo dalších zranění. Síla signálu by mohla pomoci s další rychlou diagnostikou. Prudký pokles signálu by mohl signalizovat zavalení nebo zasypaní, nelze také vyloučit poškození vysílací jednotky.

Příčiny	Možnosti monitoringu	Přesnost	Lze ve stávající verzi?
<i>Vše</i>	-	-	-

Tabulka č. 12 – Možnosti prevence zranění při výbuchu

Prevence souvisejících zranění	Možnosti monitoringu	Přesnost	Lze ve stávající verzi?
<i>Stav zasahujícího po výbuchu</i>	<i>Tepová frekvence</i>	<i>Velmi přesné</i>	<i>Ano</i>
	<i>Pulzní oxymetr</i>	<i>Přesné</i>	<i>Ano</i>
	<i>Pohybová aktivita</i>	<i>Velmi přesné</i>	<i>Ano</i>
	<i>Teplotní čidlo</i>	<i>Velmi přesné</i>	<i>Ano</i>

Tabulka č. 13 – Možnosti prevence zranění souvisejících s výbuchem

5.4.6 Úrazy spojené s psychickým nebo fyzickým vyčerpáním

Z důvodu vyčerpání může dojít k mnoha zraněním. Při fyzickém vyčerpání je zasahující ohrožen hypoglykemií, při které se nedostává dostatek glykogenu do mozkových buněk. Jeho reakce jsou o poznání pomalejší, může působit zmateně, dopouštět se vážných chyb a tím se může stát nebezpečným pro sebe i své okolí. V krajním případě může zasahující krátkodobě ztratit vědomí.¹⁹ Psychické vyčerpání je spojeno se schopností zasahujícího se adaptovat na danou zátěž při zásahu. Pokud u nějakého jedince trvá adaptace delší dobu,

¹⁷ Hájek, S.: Příčiny, mechanismus a hodnocení poranění v lékařské praxi. Praha: Grada, 1996. s. 133-136

¹⁸ Bojový řád jednotek požární ochrany, Metodický list č. 16 kapitoly N, s. 1

¹⁹ Hypoglykémie [online]. Wikipedia.

rychle se dostává pod tlak vlivem stresu, jedná zbytečně ukvapeně, nepromyšleně a opět se stává nebezpečným. Jako psychická zátěž může na zasahujícího působit i špatné použití ochranných pomůcek, např. škrtící pásek, volná přilba nebo těsný oblek.²⁰ Stejnou psychickou zátěží může být i špatně nasazený hrudní pás dohledového systému. Proto je nutné uživatele dohledového systému detailně se vším seznámit a naučit je dohledový systém správně používat.

Fyzickou zátěž lze velmi dobře sledovat pomocí tepové frekvence. Pokud je dopředu stanoveno výkonové maximum, lze pak z monitoru odečíst, s jakou zátěží zasahující pracuje. Vyšší tepovou frekvenci by v tomto případě doprovázela zvýšená aktivita zasahujícího. Na nadměrnou psychickou zátěž ukazuje zvýšená tepová frekvence společně s nízkou aktivitou akcelerometru.

Příčiny	Možnosti monitoringu	Přesnost	Lze ve stávající verzi?
<i>Fyzické a psychické vyčerpání</i>	<i>Tepová frekvence</i>	<i>Velmi přesné</i>	<i>Ano</i>

Tabulka č. 14 – Možnosti prevence úrazů spojených s psychickým nebo fyzickým vyčerpáním

Shrnutí kapitoly 5.4

Úrazy jsem rozdělil do skupin dle vyvolávajícího činitele nebo podle činností, při kterých vznikají. U některých druhů zranění je velmi obtížné předem monitorovat příčinu (např. výbuch), ale za použití dohledového systému je možno alespoň výrazně snížit následné riziko způsobené vzniklými zraněními. Určitá možnost prevence existuje u úrazů spojených s pádem a propadnutím a také u intoxikace, nadýchání zplodin nebo při dušení. Velmi dobře by šlo pomocí dohledového systému předcházet zraněním spojeným s psychickým nebo fyzickým vyčerpáním. Systém by také mohl sloužit jako prevence přehřátí, podchlazení nebo omrznutí a mohl by snížit procento popálenin a opařenin.

Skupina úrazů	Možnost prevence úrazů
Úrazy spojené s pádem a propadnutím	Ano, jen některým. Možnost prevence souvisejících zranění
Popáleniny a opařeniny	Ano
Přehřátí, podchlazení a omrznutí	Ano
Intoxikace, nadýchání zplodin a udušení	Ano, jen některým, nespecifické
Zranění při výbuchu	Ne, pouze souvisejících zranění
Fyzické a psychické vyčerpání	Ano

Tabulka č. 15 – Přehledová tabulka ke kapitole 5.4

²⁰ Bojový řád jednotek požární ochrany, Metodický list č. 12 kapitoly N, s. 1-2

5.5 Technické požadavky na mobilní dohledový systém

Tato kapitola nezahrnuje veškeré technické požadavky na dohledový systém, ale ukazuje spíše směr, kterými by měly pokračovat další rozhovory mezi hasiči a vývojovými pracovníky dohledového systému. Tato kapitola je také volně propojena s kapitolou 6 Návrhy na vylepšení dohledového systému začínající na straně 32, ale prezentuje spíše obecnější požadavky technického rázu.

První skupinu tvoří požadavky na *výdrž baterií, odolnost hardware a dosah signálu*. Jako vzor jsem použil technické parametry vysílačky *Motorola GP340*²¹, kterou hasiči používají ke komunikaci v terénu.

Výdrž baterií - výrobce uvádí, že vysílačka *Motorola GP340* vydrží v provozu při vysokém výkonu 8 hodin. Zásahový automobil je samozřejmě vybaven dobíjecí jednotkou pro vysílačky, takže v případě dlouhodobého zásahu lze vysílačky dobít. Dohledový systém má udávanou výdrž baterií vysílacích jednotek 16 hodin, PDA 3 hodiny a je také vybaven autoadaptérem pro nabíjení vysílacích jednotek a PDA v terénu. Hasiči stráví u zásahu v průměru 30 minut, v roce 2006 konkrétně 37,22 minut. Údaje z předchozích let dokumentuje tabulka č. 16.²² Dohledový systém by tuto dobu byl schopný s velkou rezervou pokrýt.

Rok	Průměrná doba jednotky na místě zásahu (min.)	Průměrný počet hasičů na zásah
2006	37,22	6,52
2005	25,86	6,54
2004	23,51	6,83
2003	26,03	6,67
2002	52,26	6,53
2001	26,46	6,92

Tabulka č. 16 – Průměrná doba jednotky na místě zásahu a průměrný počet hasičů na zásah

Výpovědní hodnota předchozích údajů však není velká, nezohledňuje v sobě rozdílnou časovou náročnost jednotlivých typů zásahů. Tento nedostatek napravuje tabulka č. 17 na straně 29, která obsahuje data rozčleněná podle typu události a udává průměrný počet hodin na jednu událost.²³ Do doby strávené u události se počítá čas od výjezdu jednotky po její návrat na stanici. Zahrnuje tedy dopravu na místo, zásah, pozásahové práce (např. dohašování) a cestu zpět na stanici.

²¹ Motorola GP 340 Ex [online], KonekTel.

²² Statistická ročenka 2001 - 2006, tabulka Informace o jednotkách [online]. Hasičský záchranný sbor hl. m. Prahy

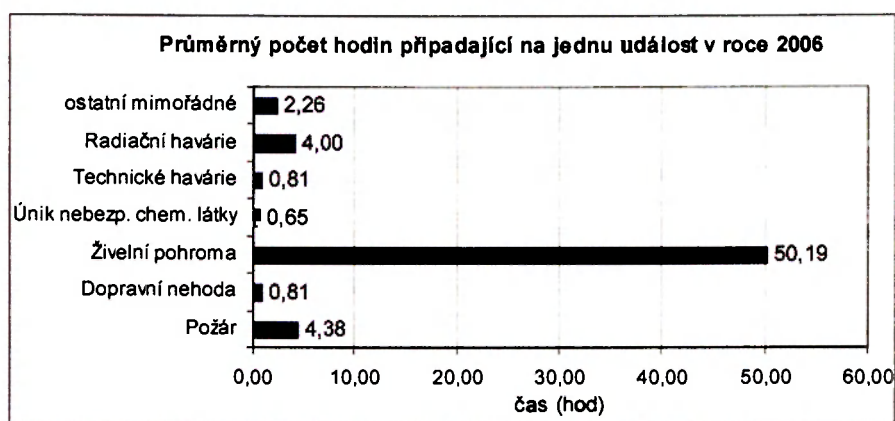
²³ Statistická ročenka 2006, tabulky Celkem hodin u událostí a Počty jednotek u událostí [online]. Hasičský záchranný sbor hl. m. Prahy

	Požár	Dopravní nehoda	Živelní pohroma	Únik nebezpečné chemické látky	Technické havárie	Radiační havárie	ostatní mimořádné
Celkem události	2 559	1 289	577	1 065	2 886	1	27
Celkem hodin u událostí	11 217	1 046	28 958	689	2 344	4	61
Hodin na jednu událost	4,38	0,81	50,19	0,65	0,81	4,00	2,26

Tabulka č. 17 – Přehled počtu hodin na jednu událost dle typu zásahu v roce 2006

Nejvíce času strávili hasiči v roce 2006 u živelních pohrom, v průměru 50,19 hodin při jedné události. Tato doba je velmi vysoká a je tedy nutné počítat s tím, že hasiči jsou čas od času nuceni být v terénu velmi dlouhou dobu. Hasiči by podle služebních předpisů měli být střídáni, ale nikde není přesně stanoven maximální čas, po jehož uplynutí musí být zasahující vystřídán.

O střídání rozhoduje velitel zásahu a to tak, aby nedošlo k ohrožení hasičů a k přerušení zásahu.²⁴ Podle slov por. Hodíka je u delších zásahů střídání samozřejmostí a odvíjí se od vykonávané práce. U fyzicky nenáročných prací dochází ke střídání nebo alespoň krátkému odpočinku nejdéle po 4,5 hodinách. Celá jednotka by měla být vystřídána po 6 až 8 hodinách nepřetržitého zásahu.²⁵ Tento čas, který také koresponduje s výdrží baterií radiostanic *Motorola*, bych označil za požadovanou dobu výdrže baterií. Živelní pohromy však nedosahují takové četnosti jako požáry nebo technické zásahy. Průměrný čas strávený u požáru je 4,38 hodiny. Tento čas by dohledový systém svou výdrží pokryl. Technických havárií, ač jich je nejvíce, čas u nich strávený je malý.



Graf 4 – Průměrný počet hodin připadající na jednu událost v roce 2006

Dohledový systém by měl být schopný s použitím sítě

Dosah signálu je vždy limitující veličina pro použití zařízení s bezdrátovým přenosem. Dosah signálu vysílaček *Motorola* výrobce neuvádí, ale podle slov samotných hasičů je dosah i v zástavbě slušný. Problém s komunikací bývá při velké vzdálenosti vysílaček v budovách s železobetonovou konstrukcí nebo v podzemí. Konkrétní požadavek na dosah signálu se mi nepodařilo zjistit. Dohledový systém by měl být schopný s použitím sítě

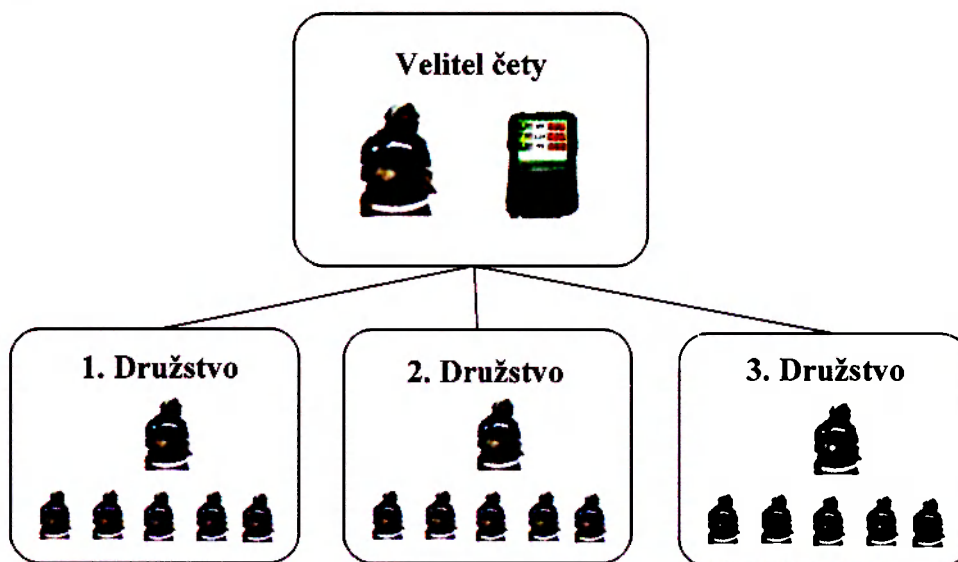
²⁴ Bojový řád jednotek požární ochrany, Metodický list č. 1 kapitoly Ř, s. 6

²⁵ Bojový řád jednotek požární ochrany, Metodický list č. 1 kapitoly N, s. 2

ZigBee bezdrátového přenosu signálu v zástavbě asi 50 m, ve volném prostoru asi 300 m. Dosah signálu lze s naprostou přesností určit pouze experimentálně a to jen pro konkrétní lokalitu. Z absolvovaného měření v *Odborném učilišti požární ochrany Brno* mohou jen usuzovat na požadovaný signál v zástavbě 100 – 200 m a ve volném prostoru alespoň 500 m.

Odolnost hardwaru by měla být samozřejmě co největší. Radiostanice *Motorola* disponuje podle výrobce zvýšenou ochranou proti prachu, pádu a je plně funkční do 60 °C. Dohledový systém by měl být funkční za stejných podmínek. Skutečnou odolnost však prověří pouze praxe. Hrudní pás i vysílací jednotka je při zásahu kryta zásahovým oblekem, mechanická nebo tepelná námaha nebude tedy tak značná jako u radiostanice, kterou hasič při zásahu bere do ruky.

O počtu monitorovaných hasičů budou rozhodovat hlavně finanční možnosti, ale v ideálním případě by měl být monitorován každý člen zásahového týmu. Zásahový tým je vždy rozdělen do jednotek, dále do čet, družstev, menších družstev a skupin. Jednotku tvoří zpravidla příslušníci jedné hasičské stanice. Jednotky mohou spadat do sektorů a úseků, ale vždy je hlavním velitelem velitel zásahu. Tabulka č. 16 na straně 28 dokumentuje průměrné počty hasičů na 1 zásah, v roce 2006 to bylo 6,52 hasiče.²⁶ Bojový řád uvádí, že družstvo tvoří 5 hasičů a velitel. Ve většině případů bylo u zásahu 1 – 2 družstva. Podle této úvahy by na každé stanici mělo být vybavení alespoň pro 2 družstva, tedy 12 lidí, a alespoň 1 PDA. Lepší by bylo mít k dispozici ještě náhradní PDA, kdyby se jednotka musela rozdělit. Software dohledového systému dokáže najednou monitorovat až 16 členů zásahového týmu rozdělených do 4 skupin. Tento koncept ale pro použití u hasičů není optimální. Lepší by byla tato struktura:



Obrázek č. 11 – Navrhovaná struktura zařazení členů týmu do skupin

²⁶ Statistická ročenka 2006, tabulka Informace o jednotkách [online]. Hasičský záchranný sbor hl. m. Prahy

Četu tvoří 2 – 3 družstva a velitel, tedy maximálně 19 lidí. Tento počet lidí je ještě pro dohledový systém akceptovatelný. Velitel čety nebo jiná pověřená osoba by pak mohla přehledně sledovat aktuální stav jednotlivých členů skupiny. Při účasti více jednotek na zásahu by monitorované skupiny tvořily opět čety. K centralizaci celého monitorování by mohlo sloužit datové monitorovací centrum, které by mělo stanoviště u velitele zásahu nebo by bylo součástí vzniklého štábu velitele zásahu. Datové monitorovací centrum by přijímalo data od jednotlivých čet, vyhodnocovalo a zaznamenávalo je. V případě nedostatku monitorovacích jednotek by velitel družstva rozhodl na základě vykonávané práce, kdo z hasičů bude monitorován.

Shrnutí kapitoly 5.5

Požadavky na výdrž baterií dohledového systému se odvíjí od typu vykonávaného zásahu. U požáru je průměrná doba strávená mimo stanici 4,38 hodiny, u živelných pohrom 50,19 hodiny. Dochází však ke střídání jednotek po 6 až 8 hodinách. Tento čas je tedy maximálním požadovaným časem na výdrž baterií. Požadavek na dosah signálu nelze obecně stanovit, ale signál by měl svou kvalitou umožňovat přenos dat na vzdálenost v zástavbě alespoň 100 m a ve volném prostoru 500 m. Dosah signálu bude limitujícím parametrem použitelnosti dohledového systému. Hardware by měl být odolný proti kouři, prachu, vlhkosti a teplotě alespoň do 60 °C. Nejčastěji je u zásahu přítomno 1 až 2 družstva, na každé stanici by tedy mělo být vybavení minimálně pro 12 hasičů a alespoň 1 PDA.

	Požadavek	Splňuje PDA	Splňuje vysílací jednotka
Výdrž baterií	8 hodin	Ne, 3 hod.	Ano, 16 hod.
Dosah signálu	Optimální 100 – 500 m	-	Zástavba 50 m, volný prostor 300 m
Odolnost hardware	Pád	Ano	Ano
	Prach	Ano	Ano
	Teplota do 60 °C	Ano	Ano

Tabulka č. 18 – Technické požadavky na dohledový systém

Průměrný počet hasičů na zásah	V průměru přítomno družstev	Požadavek na počet PDA	Požadavek na počet snímacích setů
6,52	1 – 2	1 + 1 záložní	12

Tabulka č. 19 – Požadavky na vybavení

6 Návrhy na vylepšení dohledového systému

V této kapitole jsou prezentovány mé vlastní návrhy na vylepšení dohledového systému a krátké pojednání o tom, jak zlepšit postavení dohledového systému na trhu. Do návrhů jsou zaneseny také výsledky z dotazníků, které vyplňovali hasiči. Originál dotazníku a všechny výsledky jsou součástí přílohy. Hasiči v dotazníku odpovídali na tyto otázky:

„7. Jste spokojen se stávajícími ochrannými pomůckami? Myslíte si, že Vás dostatečně chrání i v extrémních situacích?“

„8. Myslíte si, že by Vám mobilní dohledový systém v určitých situacích pomohl? Uveďte prosím příklad:“

Přehled kapitoly:

Navrhované moduly: Modul měřící optimální hydrataci tkání zasahujícího (str. 32), modul při použití dýchací techniky (str. 33), určení polohy zasahujícího (str. 33).

Návrhy hasičů: časové alarmy, speciální podvlékačí spodní prádlo s integrovaným hrudním pásem, více teplotních čidel.

Ostatní návrhy: možnost analýzy variability srdeční frekvence, baterie PDA, dosah signálu, měření vlhkosti vzduchu, měření pH vnitřního prostředí a $p_a\text{CO}_2$.

6.1 Modul měřící optimální hydrataci tkání zasahujícího

Správné hrazení ztrát tekutin a iontů při fyzické námaze je prevencí dehydratace organismu a následného kolapsu. Bojový řád dává za povinnost velitelům zásahu vytvářet podmínky pro obnovu fyzických sil hasičů na místě zásahu, tedy i zajištění vhodných nápojů.²⁷ Monitorováním optimální hydratace tkání zasahujícího by byla objektivizována potřeba na doplnění tekutin.

K měření hydratace tkání by šlo využít metodu nepřímou – měření přijatých tekutin během zásahu, nebo metodu přímou – analýza bioimpedance tkání a kvantitativní stanovení hydratace tkání. **Měření přijatých tekutin** není po technické stránce nijak složité, ale výpovědní hodnota této metody je jen orientační. Na téma ohledně **měření hydratace tkání pomocí bioimpedance** jsem absolvoval schůzku s panem doktorem Matoulkem z *III. interní kliniky - klinika endokrinologie a metabolismu I.LF. a VFN*. Na této klinice je také obezitologické oddělení, na kterém pomocí bioimpedance stanovují procentuální zastoupení tuku, vody a svalové hmoty ve tkáních. Podle slov pana doktora je stanovení hydratace tkání pomocí bioimpedance relativně přesnou metodou, ale při kontinuálním monitorování

²⁷ Bojový řád jednotek požární ochrany, Metodický list č. 1 kapitoly N, s. 2

hydratace tkání již výsledky nejsou tak validní. Toto zhoršení je nejspíše způsobeno nehomogeností vnitřního prostředí organismu a dalšími fenomény působícími na snímací elektrody. Změna hydratace tkání je také proces s dlouhou setrvačností a k zaznamenání vážných změn může dojít až s určitým zpožděním. Tento modul by nemusel primárně sloužit hasičům, mohl by být používán jen v extrémních situacích nebo při použití speciálních obleků proti sálavému teplu nebo protichemických obleků. Větší uplatnění by mohl mít u armády, která bývá v terénu delší dobu a změny hydratace tkání by se stihly projevit na monitoru dohledového systému.

Dnešní přístroje na měření bioimpedance pracují se čtyřmi elektrodami. Dvě se přikládají na svrchní stranu dlaně, dvě v oblasti chodidla. Přístroj vysílá do těla elektrický signál o vysoké frekvenci a měří impedanci tkání. Po technické stránce by tento modul nebylo složité vyvinout, o poznání složitější by bylo nalezení a odladění vzorců pro výpočet procentuálního složení tkání.

6.2 Modul při použití dýchací techniky

Tento modul by byl k dispozici jen při použití dýchací techniky, snímal by tlak dýchacího média v zásobní lahvi a dechovou frekvenci. Z naměřeného tlaku by se vypočítával čas zbývající do vydýchání média z lahve. Data by byla posílána do PDA, kde by byly dopředu nastaveny alarmové meze. Monitorování dechové frekvence by mělo smysl jako ukazatel funkčnosti respiračního systému, zvýšená dechová frekvence by ukazovala na konání fyzické práce, případně na kompenzační činnost při metabolické acidóze nebo na možnou intoxikaci oxidem uhelnatým. V současné době používají hasiči k detekci tlaku vzduchu v lahvi produkt společnosti *Dräger Safety*, takže po technické stránce je to možné. Dechová frekvence by mohla být snímána termistorem, tlakovým snímačem nebo průtokovým snímačem (změny tlaku nebo průtoku při inspiriu a expiriu). Hasič by si nasadil dýchací masku a jednoduchým zapojením kabelu do vysílací jednotky by došlo k aktivaci celého modulu. Dalším řešením by bylo propojit stávající produktu společnosti *Dräger Safety* s dohledovým systémem a snímat tak tlak v lahvi.



Obrázek č. 12 – Dýchací maska

6.3 Určení polohy zasahujícího

Přesné lokalizování zasahujícího by mělo význam při jeho zranění k rychlému nalezení nebo pokud by se jednalo o rozlehlý zásah k lepší koordinaci a nasazení jednotek. Ve volném prostoru by k tomuto účelu postačila GPS navigace, ale v budovách je toto řešení

nepoužitelné. Vhodným využitím GPS by byla navigace jednotky při výjezdu do neznámého nebo těžko přístupného prostředí. Toto využití dohledového systému uvedli v dotazníku 2 hasiči. Pro určení polohy zasahujícího uvnitř budovy by musel být navržen sofistikovaný systém alespoň 3 mobilních vysílačů, které by se rozestavily okolo budovy. Určení polohy by probíhalo podobně jako u systému GPS. Zpoždění signálů od jednotlivých vysílačů by posloužilo k výpočtu vzdálenosti zasahujícího a vysílače, bodu s předem známou polohou. Přibližná poloha zasahujícího by pak ležela v průniku 3 kružnic s poloměrem odpovídajícím vzdálenosti zasahujícího a vysílače. Vyvinout tento systém by dalo velké úsilí a je otázkou, jestli by se vynaložené náklady vrátily.

Pokud bychom využili všechny dostupné prostředky a neohlíželi se na náročnost systému, mohla by se poloha zasahujícího promítat do digitalizované 3D mapy objektu. Myslím si, že by tento systém mohl být v budoucnu využit hlavně při zásazích v moderních rozsáhlých komplexech jako jsou stadiony, nákupní centra, výstavní plochy nebo letiště. Orientace v takto rozlehlých budovách nebývá jednoduchá a často bývá zhoršena silným zakouřením. Velitelský štáb by měl okamžitý přehled o konkrétní pozici jednotek, mohl by pomáhat při jejich navigaci na místo zásahu a také lépe koordinovat celý zásah.

6.4 Analýza variability srdečního rytmu

Variabilita srdečního rytmu (HRV) sleduje proměnlivost časových intervalů mezi jednotlivými srdečními systolami.²⁸ Analýza HRV se provádí z EKG záznamu, ve kterém je třeba detekovat R – R intervaly. Pomocí Fourierovy transformace se data převedou z časového pásma do frekvenčního spektra a provede se analýza v několika frekvenčních pásmech. Každé frekvenční pásmo odpovídá různému stupni aktivizace sympatiku nebo parasympatiku. Tyto dvě složky nervového systému ovlivňují srdeční frekvenci, sympatikus zvyšuje tepovou frekvenci, parasympatikus snižuje tepovou frekvenci. Do variability srdečního rytmu se promítá fyzická aktivita, emocionální stav, také věk nebo trénovanost. V současné verzi by dohledový systém uměl pořídit data vhodná pro analýzu variability srdeční frekvence a po zásahu analýzu provést. Analyzovat HRV online při zásahu bohužel není technicky možné. Analýza by ukázala fyzickou zdatnost zasahujících a schopnost adaptace na zátěž jak fyzickou, tak psychickou. Analýza HRV je spíše věcí dalšího zkoumání a měření, zda by sledování tohoto parametru nepřineslo nové výsledky.

²⁸ Bystrianský, J.: Sledování variability srdečního rytmu během ponoru potápěče. Bakalářská práce. s. 13

6.5 Návrhy hasičů

V této kapitole bych rád prezentoval názory hasičů na vylepšení dohledového systému, které jsem získal pomocí dotazníků, a které zazněly při praktickém měření s dohledovým systémem v Odborném učilišti požární ochrany Brno.

V dotazníku hasiči často uváděli u otázky číslo 8, že by jim dohledový systém pomohl v situacích, kdy je třeba měřit čas. Např. zásah s dýchací technikou v zakouřeném prostoru, dlouhodobé zásahy, zásahy fyzicky velmi namáhavé atd. V těchto situacích je nutné, aby velitel zásahu zajistil včasné střídání a předcházel tak úrazům v důsledku vyčerpání. Dohledový systém by mohl toto měření času ulehčit. Velitel zásahu by k vybraným jedincům nastavil **časový alarm** a mohl by starosti o včasné vystřídání hasičů vypustit z hlavy. Dohledový systém by ho včas upozornil. Stejně měření časů je nutné při použití dýchací techniky. Tato problematika je popsána v kapitole 6.2 Modul při použití dýchací techniky na straně 33.

Jeden hasič uvedl v dotazníku jako odpověď na otázku číslo 7, že by jako ochrannou pomůcku ocenil vhodné **speciální podvlékačí prádlo**. Jiní hasiči při praktickém měření v Brně uvedli jako výtku dohledovému systému, že by si museli před zásahem navléknout hrudní pás, na což není mnoho času. Vhodným řešením by bylo integrovat hrudní pás do speciálního bavlněného spodního prádla. Podobnou myšlenku realizovala společnost VTAM (Vetement de Tele-Assistance Medicale). Vyvinula speciální tričko, v kterém jsou integrovány 4 EKG elektrody, dále obsahuje senzor dechové frekvence, detektor pádu a 2 teplotní senzory.²⁹ Podobné „chytré tričko“ je také popsáno v encyklopedii Wikipedia.³⁰ Technicky tedy integrace modulů z hrudního pasu je realizovatelná. Otázkou je, jestli by náklady na pořízení dohledového systému enormně nevzrostly.

Od hasičů zazněl také návrh na umístění **více teplotních čidel**, např. na ramena, kde podle jejich slov pociťují vysokou teplotu ve svém okolí nejvíce. Nejvhodnějším řešením by bylo umístit další teplotní čidla do zásahového obleku nebo do speciálního podvlékačího prádla. O výhodnosti použití dalších teplotních snímačů je pojednáno v kapitole 5.4.2 Popáleniny a opařeniny na straně 22. Navrhoval bych umístit 1 snímač do každé rukavice do její dlaňové části, 1 snímač na každé rameno a 1 snímač v přední části obleku co nejbližší ke svrchní části obleku. Tento snímač by zaznamenával teplotu vně obleku.

²⁹ Weber, J.L., Blanc, D.: Telemonitoring of vital parameters with newly designed biomedical clothing.

³⁰ Smart Shirt [online]. Wikipedia

6.6 Ostatní navrhované změny a vize do budoucna

O navrhovaných vylepšeních týkajících se rozdělení snímaných hasičů do skupin je již pojednáno v kapitole 5.5 Technické požadavky na mobilní dohledový systém na straně 28.

Jednou ze slabin dohledového systému je nedostačující **výdrž baterií PDA**. Navrhoval bych PDA upravit tak, aby bylo možné beze ztráty dat vyměnit baterie nebo k PDA připojit náhradní mobilní zdroj energie.

Dosah signálu bych navrhoval zvýšit pomocí mobilních aktivních prvků, které by sloužily jako opakovače případně směrovače signálu. Síť ZigBee je velmi variabilní a umožňuje mnoho různých uspořádání. Konkrétně by se jednalo o vysílací jednotky s možností rychlého upevnění na zeď nebo strop.

Jako vhodný doplněk měření teploty bych navrhoval **měření vlhkosti vzduchu**. Na vnímání teploty má vlhkost značný vliv. Při vhodném umístění snímací sondy (v blízkosti teplotního čidla) by detektor vlhkosti vzduchu mohl zlepšit prevenci vzniku popálenin a opařenin.

Při schůzce s panem doktorem Matoulkem jsme ještě probírali možnosti snímání změn vnitřního prostředí organismu při zátěži. Nepodařilo se nám však najít žádnou veličinu, která by šla jednoduše a neinvazivně monitorovat. Mezi diskutovanými veličinami zazněla hodnota **pH vnitřního prostředí a $p_a\text{CO}_2$** . Obě tyto veličiny mají blízký vztah k acidobazické rovnováze. Při dlouhodobé fyzické námaze se organismus dostává do metabolické acidózy, zvyšuje se $p_a\text{CO}_2$, pH se mírně sníží. Při špatné kompenzaci může dojít k závažnému rozvratu vnitřního prostředí.

6.7 Návrh na zlepšení postavení dohledového systému na trhu

Dohledový systém se v současné době nachází ve stádiu testování, hledání konkrétního řešení a ladění chyb. Lidé často nedůvěřují novým věcem, proto by bylo vhodné provést srovnávací studie alespoň některých modulů dohledového systému se současnými používanými výrobky. Konkrétně navrhuji porovnat výsledky měření tepové frekvence pulsmetrem *Polar* a dohledovým systémem. Výrobky *Polar* jsou v medicínské praxi všeobecně uznávané a výsledky jsou automaticky brány jako „validní“. Dále navrhuji změřit dosah signálu v jednotlivých typech budov (železobetonová konstrukce, zděné domy, dřevěné domy, domy s převahou sádrokartonu atd.) a jako referenční měření použít dosah signálu radiostanic *Motorola*.

Bude také nutné hasičům přesně vysvětlit, v čem je pro ně monitorování výhodné. Několikrát jsem se setkal s obavami hasičů z používání dohledového systému. Jako příklad

uvádím jednu odpověď z dotazníku na otázku č. 8: „Zatím veškeré testování se obrátilo proti hasičům. Zpřísnují se podmínky zdravotní způsobilosti a hasiči starší padesáti let často končí ze zdravotních důvodů.“ Dále se obávají, že vedoucí pracovníci budou sledovat výsledky z monitorování při zásahu a budou podle toho hasiče ohodnocovat. Dohledový systém má sloužit jako prevence zranění, má objektivizovat fyzickou zátěž a pomáhat prvosledovým týmům při výcviku. Je nutné hasičům vysvětlit všechny pozitiva: prevence některých úrazů, prevence přetížení organismu, efektivní výcvik s individuálním přístupem.

Shrnutí kapitoly 6

V této kapitole jsou popsány nejrůznější návrhy na vylepšení dohledového systému a také krátká vize do budoucna. Mezi realizovatelné bych zahrnul analýzu variability srdeční frekvence, úpravu rozdělení hasičů do skupin v softwaru dohledového systému a možnost použití časových alarmů v nejrůznějších situacích. Doplněním systému o další teplotní čidla by se zlepšila prevence popálenin, opařenin a úrazů spojených s přehřátím organismu. Propojení detektoru tlaku vzduchu v lahvi firmy Drager Safety by využilo dosavadní techniku, ale mohlo by dojít k narušení obchodního tajemství. Integrace součástí do speciálního podvlékačského prádla, užití vlhkoměru, modulu pro měření hydratace tkání a modul pro určení polohy zasahujícího by vyžadovalo vývoj a odladění zcela nových řešení s tím, že by přínos nemusel odpovídat vynaložené energii. Pouhé vize do budoucna jsou měření pH vnitřního prostředí nebo p_aCO_2 a určení přesné polohy zasahujícího uvnitř budov. Pro zlepšení postavení dohledového systému na trhu navrhuji provedení srovnávacích studií a krátkou informační kampaň mezi hasiči.

Modul	Princip	Přínos	Realizovatelnost
Měření hydratace tkání	Příjem tekutin Bioimpedance	Přehled o správném zavodnění	Lehké Náročné
Při použití dýchací techniky	Termistor Tlakové čidlo	Dechová frekvence, tlak v lahvi	Střední Střední
Poloha zasahujícího	GPS Speciální systém	Přehled o přesné poloze	Náročné Náročné

Tabulka č. 20 – Přehled navrhovaných modulů

Návrh	Přínos
Analýza HRV	Lepší přehled o fyzické zdatnosti
Časové alarmy	Přesnost
Speciální oděv	Snadnější použití
Více teplotních čidel	Lepší prevence přehřátí a popálenin

Tabulka č. 21 – Přehled návrhů na vylepšení 1

Návrh	Přínos
Mobilní nabíječ PDA	Vyšší časová odolnost systému
Opakovače signálu	Větší dosah signálu
Měření vlhkosti	Lepší prevence přehřátí a popálenin
Měření pH a p_aCO_2	Není zcela jasný

Tabulka č. 22 – Přehled návrhů na vylepšení 2

7 Metodika použití dohledového systému

V této kapitole jsem se pokusil navrhnout metodiku používání dohledového systému a uvádím zde také několik příkladů praktického využití dohledového systému. Při vytváření jsem vycházel z návrhů hasičů na využití dohledového systému při zásahu nebo při výcviku získaných z dotazníků, konkrétně z odpovědí na otázky:

„8. Myslíte si, že by Vám mobilní dohledový systém v určitých situacích pomohl? Uveďte prosím příklad:“

„9. Dohledový systém lze využít i k monitorování fyzické aktivity při výcviku. Lze tak cvičení zefektivnit a eliminovat nadměrné přetížení organismu, které se v akci může stát osudným. Ocenil byste i tuto funkci?“

Dále jsem pro inspiraci použil popis konkrétního zásahu, který se stal na území hlavního města Prahy v roce 2006.³¹ V popisovaných situacích by byl použit dohledový systém ve stávající verzi.

Metodika užívání dohledového systému se bude s praxí měnit, zde předkládám vlastní návrh. Dohledový systém by měl být stále udržován ve funkčním stavu. Uživatelé by měli dbát na jeho údržbu a dobíjení – po absolvovaném zásahu vždy připojit vysílací jednotku a PDA k nabíjení, hrudní pás vysušit a data z PDA nahrát do počítače. Nabíjení by mělo probíhat na jednom místě, nejlépe ve výjezdovém autě. Velitel čety by se navíc staral o údržbu PDA. Hrudní pás doporučuji alespoň 1x týdně dezinfikovat vhodným prostředkem nepoškozujícím materiál hrudního pásu. Dohledový systém by měl být stále v autě nebo alespoň v jeho blízkosti. Po vyhlášení poplachu je každá vteřina drahá. Při jízdě v autě na místo zásahu si hasič nasadí hrudní pás tak, aby nepadal. Velitel čety zanesse do PDA své podřízené a propojí jejich jména s čísly vysílacích jednotek. Kontrola správného nasazení hrudního pásu je jednoduchá, stačí zapojit konektor z hrudního pásu do vysílací jednotky a sledovat na PDA, jestli hodnota tepové frekvence na monitoru přibližně odpovídá tepové frekvenci jednotlivce v dané situaci (při stresu bude tepová frekvence vyšší, než v klidovém stavu). Vysílací jednotka je aktivována zapojením konektoru z hrudního pásu, proto se doporučuje propojit vysílací jednotku s hrudním pásem až těsně před zásahem, šetří se tak baterie. Dohledový systém by měli hasiči pravidelně využívat i při výcviku nebo fyzické přípravě. Získaná data lze pak použít při zásahu. Kontrola systému a všech jeho součástí by měla být prováděna alespoň 1x týdně, dle četnosti používání.

³¹ Statistická ročenka 2006, Závažné události v hl.m.Praze v roce 2006 [online]. Hasičský záchranný sbor hl. m. Prahy. s. 21-40

Každý uživatel dohledového systému by měl dodržovat tato pravidla:

- Vždy mít systém u zásahu
- Vždy plně nabitý
- Vždy v autě
- Vždy čistý
- Vždy u výcviku nebo fyzické přípravy
- Vždy správně nasazený hrudní pás

7.1 Zásah v dýchací technice v silně zakouřeném prostředí

8.2.2006 došlo k požáru automobilu v objektu podzemních garáží poslanecké sněmovny Parlamentu ČR. Tento případ je z hlediska využití dohledového systému velmi ilustrativní. Na zásahu se

podílelo 6 jednotek HZS hl.m. Prahy s celkovým nasazením 53 hasičů. Zásah v tomto objektu byl specifický tím, že se jednalo o bezobslužnou podzemní garáž a přítomnost lidí u automobilů se nepředpokládala. Přístup do podzemní garáže byl velmi



obtížný a celou situaci ještě **Obrázek č. 13 – Vyčerpaní hasiči u vstupu do podzemní garáže³²** ztěžovalo silné zakouření. Jednalo se o zásah s účastí více jednotek, výhodou by tedy bylo vytvořit datové monitorovací centrum. Každý velitel čety by měl u sebe PDA, které by přijímalo data od podřízených složek. Ještě před příjezdem na místo zásahu by provedli v PDA propojení vysílacích jednotek se jmény hasičů. Vlastně by pouze k číslu vysílací jednotky přiřadil z databáze jméno hasiče s jeho předem nastavenými parametry a alarmy. Zásah byl prováděn v dýchací technice. Hasiči sestupovali do podzemní garáže po jediné přístupové cestě (točité schodiště), kdy bylo nutno sestoupit čtyři patra dolů. Cesta k ohnisku požáru byla velice obtížná a náročná na psychickou a fyzickou kondici zasahujících. Obsluha datového monitorovacího centra by objektivně viděla fyzickou námahu a mohla by v případě hrozícího přetížení některých členů upozornit velitele čety na toto nebezpečí. Obdobně by obsluha viděla odhadovaný čas do vyčerpání vzduchu z dýchacího přístroje (navrhovaný modul) a také údaje z teplotních čidel. V průběhu hašení byly hledány další přístupové cesty,

kdy na základě nepřesných informací došlo k pádu jednoho hasiče do výtahové šachty do hloubky cca 6,5 metru. Obsluha v monitorovacím centru i velitel čety, ke kterému hasič patřil, by ihned po pádu viděla stav zraněného hasiče. Ten pád přežil, obsluha by tedy viděla určitou hodnotu tepové frekvence, pravděpodobně zvýšenou, a údaje z akcelerometru by ukazovaly polohu na zádech nebo na břiše s nízkou aktivitou. Na záchranu byli nasazeni další hasiči a po prořezání výtahových dveří se podařilo zraněného předat do péče lékařů. Dále u jednoho hasiče došlo k silnému přehřátí. Dohledový systém by na toto nebezpečí včas alarmem upozornil a doporučil velícím složkám vystřídání tohoto hasiče. K tomuto zranění by nemuselo vůbec dojít! Zásah trval od ohlášení požáru k jeho lokalizaci 2 hodiny 20 minut, odvětrávání a dohašovací práce trvaly další 4 hodiny a 16 minut. Výdrž baterií by nejspíše nepokryla celý zásah, ale určitě by postačila pro monitorování hasičů v nejtěžších chvílích do lokalizace požáru.



Obrázek č. 14 – Auto v podzemní garáži po požáru³²

7.2 Výcvikový monitor

Dohledový systém může stejně dobře sloužit také při výcviku. 26 respondentů ze 48 v dotazníku uvedlo, že by dohledový systém při výcviku uvítalo. Jeden z hasičů dokonce uvedl: „Ano, sám používám při sportu Sporttester, takže vím, o co jde.“ Dohledový systém by při výcviku fungoval velmi podobně jako sporttester, ale s jednou velkou výhodou. Většina sporttestrů ve střední a nižší cenové kategorii používá nekódovaný signál při přenosu signálu mezi hrudním pásem a zobrazovací jednotkou (často v podobě hodinek). Při použití více sporttestrů dochází k vzájemnému rušení signálů. Dohledový systém je schopný monitorovat nezávisle na sobě až 16 lidí s přesností rovnající se sporttestrům. Typické využití dohledového systému by bylo při kondičním tréninku. Velitel výcviku by na svém monitoru mohl pozorovat reakce na zadané úkoly a také by viděl skutečnou fyzickou zátěž svých

³² Galerie [online]. Hasičského záchranného sboru hl. m. Prahy

cvičenců. Tu by mohl velitel dle možností a schopností jednotlivců upravovat tak, aby cvičení bylo co nejefektivnější. Mezi výhody cvičení s monitoringem tepové frekvence patří nepřetěžování organismu a zkrácení času nutného na regeneraci. Dohledový systém by mohl být využit při jakémkoli výcviku, např. v polygonu, při vyprošťování, při výcviku v protichemických oblecích nebo při lezeckém výcviku.



Obrázek č. 15 – Schéma použití dohledového systému u výcviku³³

³³ Fotogalerie – záběry z výcviků [online]. Odborné učiliště požární ochrany Brno

8 Praktické měření s dohledovým systémem

S dohledovým systémem jsme provedli praktické měření v Odborném učilišti požární ochrany Brno, které slouží pro výcvik a další vzdělávání příslušníků Hasičského záchranného sboru České republiky a dalších jednotek požární ochrany. Průvodcem po učilišti nám byl por. Zdeněk Ondráček, který nám domluvil účast při výcviku v polygonu a na lezecké věži. Praktickým měřením jsme chtěli ověřit funkčnost dohledového systému v terénu a zjistit přesnost a spolehlivost detekce tepové frekvence. Při měření byl použit dohledový systém s EKG modulem a s modulem měřícím tělesnou aktivitu a náklon. Pro měření jsme měli k dispozici jedno PDA a 4 hrudní pásy s vysílacími jednotkami. Tato verze dohledového systému má označení BioSupervisor.

První měření probíhalo při výcviku v **polygonu**. Hasiči polygonem procházeli po dvojicích, maximálně trojicích. Jejich úkolem bylo projít bludištěm se smotanou hadicí v ruce, poslední ze skupiny za sebou zavíral poklopy. Celé prostředí polygonu bylo silně zakouřené umělou mlhou, do prostoru byli pouštěny zvuky, které jsou slyšet při skutečném požáru (zvuky při hoření, praskání, křik lidí), hasič byl oblečen



Obrázek č. 16 – Skupina se chystá do polygonu

do zásahového obleku a používal dýchací techniku. Do výcviku jsme nijak nezasahovali, jen jsme 4 hasiče požádali o nasazení hrudního pásu a dali jim do kapsy vysílací jednotku. Nasnímaná data systém ukládal do souboru k pozdějšímu vyhodnocení. Monitorování členové výcvikové skupiny zobrazuje tabulka č. 23.

Číslo vysílací jednotky	Označení monitorovaného hasiče	Věk
1	Hasič 1	31
2	Hasič 2	26
3	Hasič 3	40
4	Hasič 4	37

Tabulka č. 23 – Seznam monitorovaných členů výcvikové skupiny v polygonu

Druhé měření probíhalo při výcviku **slaňování na lezecké věži**. Úkolem cvičenců bylo slanit z třetího patra věže a po schodech vyběhnout na výchozí místo. 4 hasiče jsme požádali o nasazení hrudního pásu, jejich seznam ukazuje tabulka č. 24.

Číslo vysílací jednotky	Označení monitorovaného hasiče	Věk
1	Hasič 5	29
2	Hasič 6	32
3	Hasič 7	32
4	Hasič 8	33

Tabulka č. 24 – Seznam monitorovaných členů výcvikové skupiny na lezecké věži

Vyhodnocení nasbíraných dat probíhalo v prostředí MS Excel 2003. Dohledový systém ukládá data bez další softwarové úpravy do souboru s příponou *dat*. Data jsou



Obrázek č. 18 – Hasič při slaňování

ukládána do sloupců a lze je jednoduše importovat do různých prostředí. Ukázka zápisu dat je na obrázku č. 18. Ve sloupcích je zleva uložen čas, tepová frekvence, teplota (modul nebyl při měření použit), náklon ve směru osy *X*, náklon ve směru osy *Y*. K úpravě dat jsem použil metody jednoduché filtrace. Nejprve jsem z tabulky pomocí skriptu napsaném ve Visual Basic pro aplikace odstranil řádky se stejným časem zápisu. V druhém

kroku jsem se snažil odstranit hodnoty tepové frekvence zkreslené artefakty z myopotenciálů. K tomuto účelu jsem napsal skript, který porovnává 2 po sobě jdoucí hodnoty tepové frekvence. Pokud je rozdíl mezi hodnotami větší než předem zadaný parametr, skript druhou z hodnot smaže. Využil jsem skutečnosti, že tepová frekvence se nemůže změnit během 1 až 2 sekund o nekonečně velkou hodnotu. Empiricky jsem stanovil hodnotu parametru na číslo 20. Samozřejmě by šlo k úpravě dat využít sofistikovanějších statistických metod (např. průměrování), ale jak bude z dalšího textu patrné, závěry vytvořené z naměřených dat by tato metoda neovlivnila. U tepové frekvence se sleduje

```

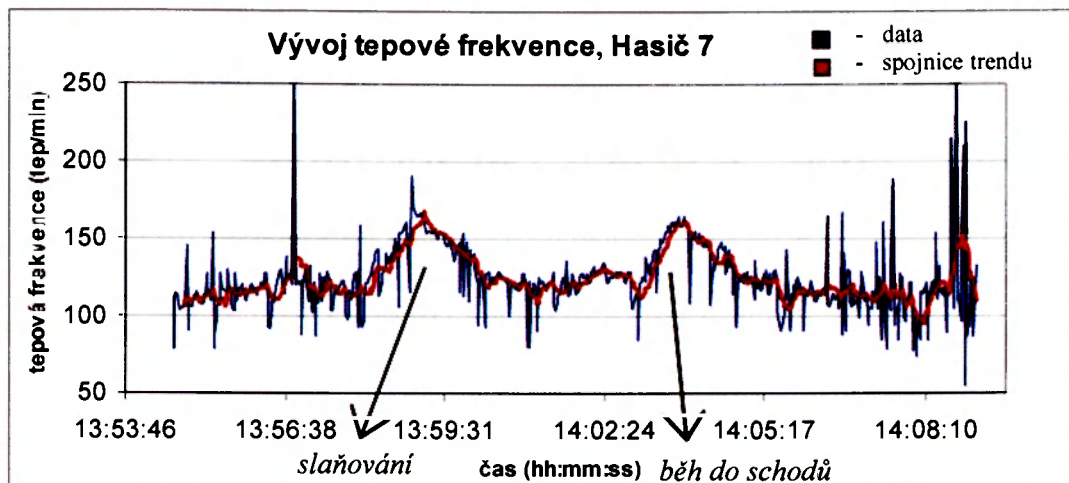
BioSupervisor Log stop : 2007 5 14 time 12:44:39
BioSupervisor Log start : 2007 5 14 time 12:44:53
*****
12:44:54      114      1.0      137      32
12:44:54      114      1.0      137      32
12:44:54      114      1.0      137      32
12:44:54      114      1.0      137      32
12:44:54      114      1.0      137      32
12:44:54      114      1.0      137      32
12:44:54      114      1.0      137      32
12:44:54      114      1.0      137      32
12:44:54      114      1.0      137      32
12:44:55      107      1.0      127      32
12:44:55      107      1.0      127      32
12:44:56      107      1.0      131      32
12:44:56      107      1.0      131      32
12:44:58      100      1.0      134      32
12:44:58      100      1.0      134      32
12:44:58      100      1.0      134      32
12:44:59      101      1.0      130      32
12:44:59      101      1.0      130      32
12:45:00      107      1.0      135      32

```

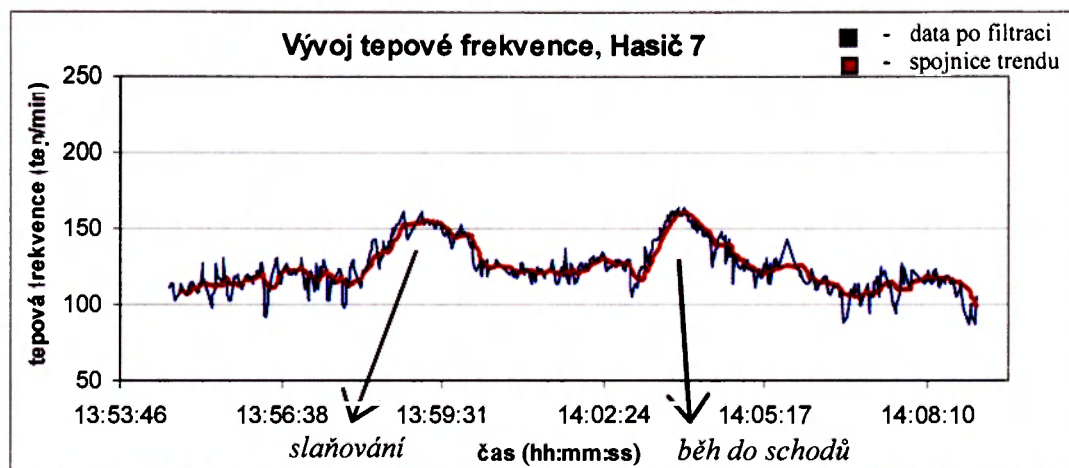
Obrázek č. 17 - Ukázka záznamu dat se systému BioSupervisor.

hlavně trend a její maximální hodnoty. Trend tepové frekvence metodou jednoduché filtrace nebyl pozměněn, maximální hodnoty tepové frekvence ano. Změna maximálních

hodnot tepové frekvence byla spíše v kladném smyslu. Myopotenciály maximální hodnoty tepové frekvence silně zkreslovaly. Situaci dobře ilustrují následující grafy. Grafické znázornění všech záznamů je součástí přílohy. Graf 5 ukazuje data z výcviku na lezecké věži. Data obshují artefakty a jsou proložena spojnici trendu (klouzavý průměr, 10. perioda). Graf 6 ukazuje ta samá data po jednoduché filtraci proložena opět spojnici trendu (klouzavý průměr, 10. perioda). Spojnice trendu z obou grafů jsou téměř totožné. V grafech jsou také vyznačeny jednotlivé fáze výcviku.



Graf 5 – Vývoj tepové frekvence, přítomnost artefaktů, Hasič 7, lezecká věž. Data jsou proložena spojnici trendu (klouzavý průměr, 10. perioda).

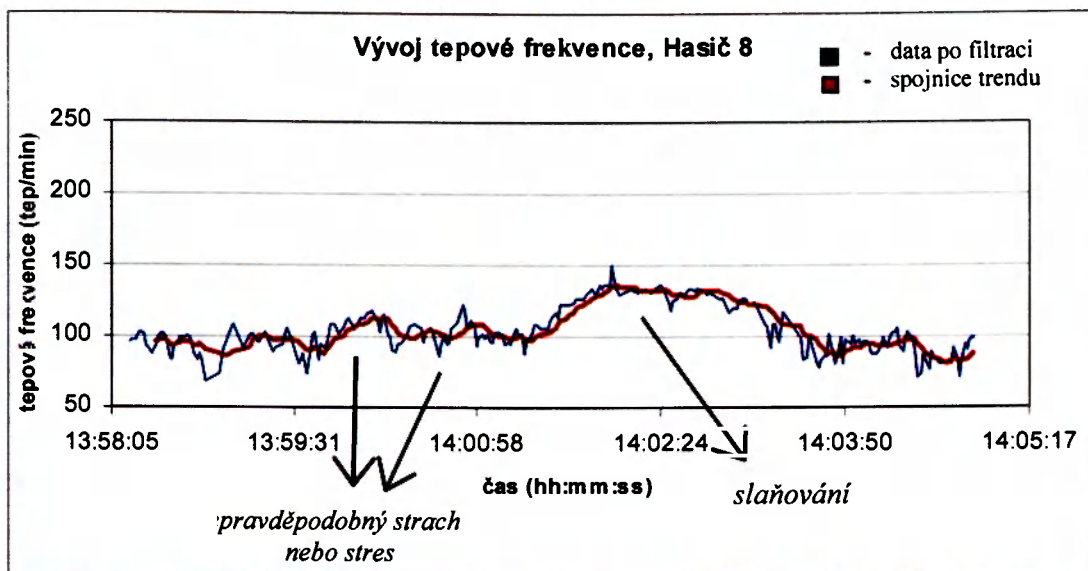


Graf 6 – Vývoj tepové frekvence, upravená data, Hasič 7, lezecká věž. Data jsou proložena spojnici trendu (klouzavý průměr, 10. perioda).

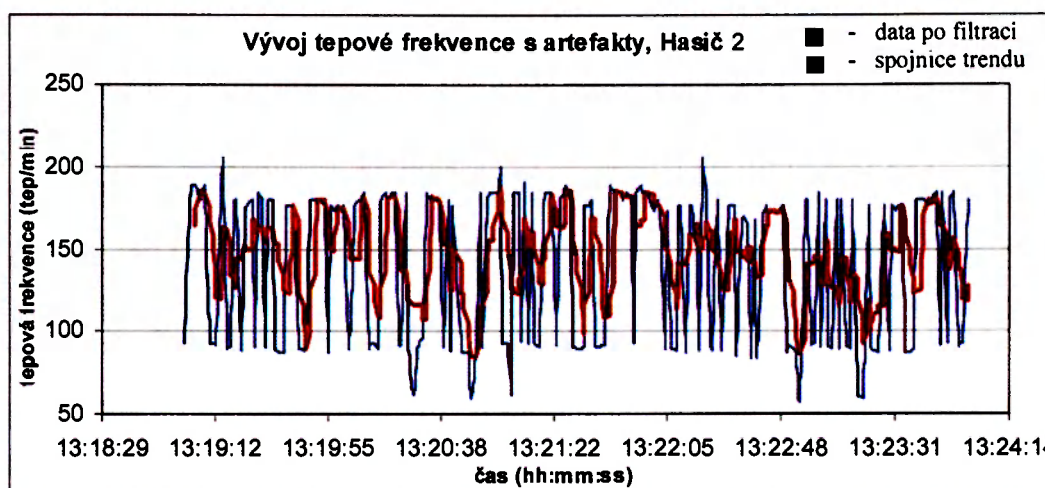
Graf 7 ilustruje část výcviku na lezecké věži, při které detektor zachytil psychickou zátěž vyvolanou výcvikem.

Graf 8 zobrazuje data, která obsahují mnoho artefaktů a nejsou použitelná k dalšímu zpracování nebo k vytvoření trendu tepové frekvence. Artefakty byly pravděpodobně

způsobeny špatným kontaktem hrudního pásu s povrchem těla případně sklouznutím hrudního pásu do oblasti, kde nelze správně snímat vnější projevy elektrické aktivity myokardu.



Graf 7 – Vývoj tepové frekvence, Hasič 8, lezecká věž, upravená data s vyznačeným pravděpodobným strachem nebo stresem. Data jsou proložena spojnící trendu (klouzavý průměr, 10. perioda)



Graf 8 – Vývoj tepové frekvence s artefakty, Hasič 2, polygon, nepoužitelná data, špatně nasazený hrudní pás. Data jsou proložena spojnící trendu (klouzavý průměr, 10. perioda).

Shrnutí kapitoly 8

Absolvovaná měření s dohledovým systémem nám poskytla kvalitní data s vysokou vypovídací hodnotou. Detektor tepové frekvence pracuje podle předpokladů, je schopen objektivizovat míru fyzické i psychické zátěže. Pro zjištění trendu tepové frekvence není nutné data z detektoru dále upravovat. Další manipulací s daty se výsledky nezmění. Softwarové zpracování dat je výhodné pro větší přehlednost nebo pro prezentaci výsledků. Dohledový systém během celého měření nejevil známky nestability, ani jsme nezaznamenali potíže s nízkým signálem. Na kvalitu detekce tepové frekvence má zásadní vliv správné nasazení hrudního pásu.

9 Prezentace výsledků a diskuse

Důležité výsledky mé práce jsou prezentovány postupně vždy v závěru jednotlivých kapitol ve *shrnutí kapitoly*. Tuto prezentaci výsledků jsem zvolil z důvodu, že by nemělo smysl výsledky prezentovat odděleně na závěr mé práce. Bez kontextu by výsledky neměly svou váhu a čtenář by musel listovat, aby si výsledky propojil s konkrétním textem.

Ve své práci jsem se zaměřil hlavně na analýzu požadavků na mobilní dohledový systém u hasičského záchranného sboru. Podařilo se mi získat informace o služebních úrazech v hlavním městě Praze, z kterých jsem následně sestavil pořadí nejčastějších úrazů při zásahu: 1. pády, 2. úrazy způsobené padajícími předměty, 3. popáleniny a opařeniny. V této části jsem chtěl vycházet z většího počtu záznamů, ale nepodařilo se mi získat další zdroje informací. Krátkým dotazníkem určeným pro příslušníky hasičského záchranného sboru jsem zjišťoval jejich představu o častých úrazech, obávaná zranění, jejich názor na využití dohledového systému u zásahu a výcviku. Výsledky jsem použil v průběhu celé práce. Jednotlivé úrazy jsem rozdělil do skupin podle příčiny vzniku a popsal možnosti prevence úrazů pomocí dohledového systému. Podařilo se mi také stanovit základní technické požadavky na dohledový systém jako výdrž baterií, odolnost hardwaru a také požadavky na množství vybavení na jednotlivých stanicích. Požadavky na dosah signálu nelze jednoznačně určit, ale na základě zkušeností jsem učinil sofistikovaný odhad. V další části mé práce prezentuji vlastní návrhy na vylepšení a rozšíření dohledového systému. U návrhů dalších modulů uvádím také náročnost na vyvinutí. Krátce jsem se také zaměřil na metodiku používání dohledového systému a ukázky funkčnosti dohledového systému při zásahu a při výcviku. Praktickým měřením v *Odborném učilišti požární ochrany Brno* jsem ověřil platnost mnoha mých předpokladů o funkčnosti a možnostech využití dohledového systému z teoretické části. Výsledkem mé práce je i fakt, že hasiči při rozhovorech projeví obavy z používání dohledového systému. Myslím si, že v další části projektu by mělo dojít k rozšíření množiny vstupních dat o výsledky získané z dalších informačních zdrojů, zejména pak zvětšit počet dotazníků, zmapovat další regiony ohledně úrazovosti a provést další praktická měření.

10 Závěr

Dohledový systém se právě nachází ve fázi testování, odladování a hledání finální formy pro konkrétní využití. Cílem této práce bylo analyzovat požadavky zásahových jednotek na dohledový systém a najít konkrétní situace, při kterých by použití dohledového systému bylo výhodné, případně život zachraňující. Podařilo se mi naplnit cíl práce pro hasičský záchranný sbor a detailně analyzovat základní požadavky na mobilní dohledový systém. Tyto požadavky jsem rozšířil o vlastní návrhy na vylepšení systému a na několika příkladech jsem ukázal praktickou aplikaci požadavků a návrhů na vylepšení systému. Praktickým měřením jsem ověřil pravost mých předpokladů o funkčnosti a použitelnosti dohledového systému. Podařilo se mi tedy naplnit hlavní cíl této práce – najít konkrétní a smysluplné využití dohledového systému u hasičského záchranného sboru. Má práce shrnuje všechny základní požadavky na mobilní dohledový systém, ale také ukazuje směr, kudy by měla vést další cesta k nasazení dohledového systému v praxi. Na mou práci by měla navazovat další měření, srovnávací studie a hlavně rozhovory mezi tvůrci dohledového systému a uživateli.

Chtěl bych na tomto místě také popřát vývojářům dohledového systému mnoho sil do další práce.

11 Seznam použitých zdrojů

- [1] Bojový řád jednotek požární ochrany [online]. Ministerstvo vnitra-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, Odbor integrovaného záchranného systému a výkonu služby, c2005. [cit. 2007-05-06].
URL: <http://www.mvcr.cz/hasici/izs/bojrad/index_hasici.html>
- [2] Ševčík, P., Černý, V., Vítovec, J., et al.: Intenzivní medicína. 1. vyd. Praha: Galén, 2000; Praha: Karolinum, 2000. 393 s. ISBN 80-7262-042-8 (Galén); ISBN 80-246-0107-9 (Karolinum)
- [3] Hypoglykémie [online]. Wikipedia. Poslední změna 18. 4. 2007 [cit. 2007-05-21].
URL: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Hypoglykemie>>
- [4] Hájek, S., Štefan, J.: Příčiny, mechanismus a hodnocení poranění v lékařské praxi. 2. vyd. Praha: Grada, 1996. 228 s. ISBN 80-7169-202-6
- [5] Motorola GP 340 Ex, popis produktu [online]. KonekTel, a.s. c1998 – 2007.
[cit. 2007-05-22]. URL:
<<http://www.konektele.cz/produkty/radiostanice/prenosne/motorola-gp-340-ex.php>>
- [6] Statistická ročenka 2001 [online]. Hasičský záchranný sbor hl. m. Prahy.
[cit. 2007-05-06]. URL: <http://www.hzspraha.cz/soubory/sr_2001.pdf>
- [7] Statistická ročenka 2002 [online]. Hasičský záchranný sbor hl. m. Prahy.
[cit. 2007-05-06]. URL: <http://www.hzspraha.cz/soubory/sr_2002.pdf>
- [8] Statistická ročenka 2003 [online]. Hasičský záchranný sbor hl. m. Prahy.
[cit. 2007-05-06]. URL: <http://www.hzspraha.cz/soubory/sr_2003.pdf>
- [9] Statistická ročenka 2004 [online]. Hasičský záchranný sbor hl. m. Prahy.
[cit. 2007-05-06]. URL: <http://www.hzspraha.cz/soubory/sr_2004.pdf>
- [10] Statistická ročenka 2005 [online]. Hladík, V., Mulenko, K. – odd. informačních technologií. Hasičský záchranný sbor hl. m. Prahy. [cit. 2007-05-06].
URL: <http://www.hzspraha.cz/soubory/sr_2005.pdf>
- [11] Statistická ročenka 2006 [online]. Hladík, V., Mulenko, K. – odd. informačních technologií. Hasičský záchranný sbor hl. m. Prahy. [cit. 2007-05-06].
URL: <http://www.hzspraha.cz/soubory/sr_2006.pdf>
- [12] Rozbor bezpečnosti práce za rok 2006 zpracovaný por. Michalem Hodíkem pro HZS hl.m. Prahy
- [13] Bystrianský, J.: Sledování variability srdečního rytmu během ponoru potápěče. Bakalářská práce v roce 2006 na ČVUT, Fakulta biomedicínského inženýrství.

- [14] Weber, J.L., Blanc, D.: Telemonitoring of vital parameters with newly designed biomedical clothing. Studies in health technology and informatics. IOS Press, Amsterdam, 2004, pp. 260-265. ISSN 0926-9630
- [15] Smart Shirt [online]. Wikipedia. Poslední změna 25. 4. 2007 [cit. 2007-05-27]. URL:<http://en.wikipedia.org/wiki/Smart_Shirt>
- [16] Wearable Monitor Systems for Athletics, Home Care, and Defense [online]. Aware Technologies. [cit. 2007-05-28]. URL:<<http://www.awaretechs.com/index.html>>
- [17] Wireless Measurement Devices [online]. Philips. c2004 – 2007 [cit. 2007-05-28]. URL:
<http://www.medical.philips.com/main/products/telemonitoring/products/telemonitoring/wireless_measurement.html>
- [18] Fire and Emergency Services [online]. Dräger Safety. c2006 [cit. 2007-05-27]. URL:<<http://www.draeger-safety.cz>>
- [19] Profil společnosti [online]. Clever Technologies, s.r.o. [cit. 2007-06-05]. URL:< http://clevertch.cz/wp/?page_id=20 >
- [20] Galerie [online]. Hasičský záchranný sbor hl. m. Prahy. [cit. 2007-06-05]. URL:< <http://www.hzspraha.cz/galerie/p060208/>>
- [21] Fotogalerie – záběry z výcviků [online]. Odborné učiliště požární ochrany Brno. [cit. 2007-06-05]. URL:< http://www.oupobm.cz/fotogalerie/foto_vyvciky.htm >

12 Seznam použitých zkratek

GPS – Global Positioning System

HRV – heart rate variability

EKG – elektrokardiograf

SD – secure digital

HZS – hasičský záchranný sbor

EMG – elektromyograf

Hz – hertz

hh:mm:ss – hodiny, minuty, sekundy

$p_a\text{CO}_2$ – parciální tlak oxidu uhličitého v arteriální krvi

PDA – personal digital assistant

HW – hardware

13 Přílohy

Seznam příloh

Distribuovaný dotazník	ii
Vyhodnocení dotazníku	iii
Praktické měření v Odborném učilišti požární ochrany Brno	vii
Grafické znázornění výsledků měření při výcviku na lezecké věži.....	vii
Grafické znázornění výsledků měření při výcviku v polygonu.....	ix

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 – Přehled destinací, kde byl dotazník vyplňován.....	iii
Tabulka č. 2 – Náplň práce respondentů.....	iii
Tabulka č. 3 – Přehled úrazů, o kterých si hasiči myslí, že jsou nejčastější.....	iv
Tabulka č. 4 – Přehled úrazů, kterých se hasiči nejvíce obávají.....	iv

Seznam grafů

Graf č. 1 – Udávané procentuální zastoupení zásahů se zvýšeným rizikem úrazu.....	iii
Graf č. 2 – Přehled spokojenosti hasičů s ochrannými pomůckami.....	iv
Graf č. 3 – Přehled odpovědí na otázku: „Myslíte si, že by Vám mobilní dohledový systém v určitých situacích pomohl? Uveďte prosím příklad:“.....	v
Graf č. 4 – Přehled odpovědí na otázku týkající se využití dohledového systému při výcviku vi	
Graf č. 5 – Vývoj tepové frekvence, Hasič 5, lezecká věž.	vii
Graf č. 6 – Vývoj tepové frekvence, Hasič 6, lezecká věž.	vii
Graf č. 7 – Vývoj tepové frekvence, Hasič 7, lezecká věž.	vii
Graf č. 8 – Vývoj tepové frekvence, Hasič 8, lezecká věž.	viii
Graf č. 9 – Vývoj tepové frekvence, Hasič 1, polygon.....	ix
Graf č. 10 – Vývoj tepové frekvence, Hasič 2, polygon.....	ix
Graf č. 11 – Vývoj tepové frekvence, Hasič 3, polygon.....	x
Graf č. 12 – Vývoj tepové frekvence, Hasič 4, polygon.....	x

Seznam obrázků

Obrázek č. 1 – Měření s EKG modulem, lezení po žebříku.....	vi
Obrázek č. 2 – Měření s EKG modulem, simulace zátěže.....	vi
Obrázek č. 3 – Pan Ing. Kašpar při měření na lezecké věži.....	viii
Obrázek č. 4 – Dohledový systém, vpravo hrudní pásy a vysílací jednotky.....	viii
Obrázek č. 5 – Monitor dohledového systému při výcviku na lezecké věži.....	viii
Obrázek č. 6 – Monitor dohledového systému při přípravách na výcvik v polygonu.....	viii

Distribuovaný dotazník

Deset otázek

Pokyny

Dobrý den, jmenuji se Vít Caithaml, jsem studentem 1. Lékařské fakulty v Praze a rád bych Vás požádal o vyplnění tohoto dotazníku, který poslouží jako zdroj informací pro moji bakalářskou práci. Dotazník je anonymní a bude použit pouze pro účely mé bakalářské práce. Věnujte prosím chvíličku dobré věci, která jistě může přinést užitek i Vám.

Má bakalářská práce se týká mobilního dohledového systému pro zásahové jednotky a tento dotazník by měl pomoci při analýze požadavků na tento systém. Co je mobilní dohledový systém? Jedná se o systém, který monitoruje jednotlivé členy zásahového týmu pomocí snímaných biologických veličin jako je EKG, tepová frekvence atd. Velitel zásahu nebo jiný pověřený pracovník pak může sledovat psychický a fyzický stav záchranářů, nadměrnou zátěž, stres, polohu a další důležité parametry. To může vést k prevenci nepříjemných úrazů při zásahu například z důvodů vyčerpání, nadměrného stresu nebo naopak se získaná data mohou využít při výcviku.

Vyplňte prosím tento dotazník a odevzdejte osobě, která Vám jej předala nebo můžete využít i elektronickou cestu a poslat mi vyplněný dotazník přes email.

Kontakt: Vít Caithaml, mobil 776266563, mail: vit.caithaml@centrum.cz

-
1. Jméno nebo přezdívka:
 2. Náplň práce:
 3. Kolik zásahů přibližně absolvujete za měsíc?
 4. Kolik zásahů z toho je se zvýšeným rizikem úrazu?
 5. Jaká si myslíte, že jsou nejčastější zranění při zásahu u Vašeho typu zásahové jednotky?
 6. Jakých zranění se při výkonu své práce nejvíce obáváte?
 7. Jste spokojen se stávajícími ochrannými pomůckami? Myslíte si, že Vás dostatečně chrání i v extrémních situacích?
 8. Myslíte si, že by Vám mobilní dohledový systém v určitých situacích pomohl? Uveďte prosím příklad:
 9. Dohledový systém lze využít i k monitorování fyzické aktivity při výcviku. Lze tak cvičení zefektivnit a eliminovat nadměrné přetížení organismu, které se v akci může stát osudným. Ocenil byste i tuto funkci?
 10. Jaké technické vybavení používáte pro komunikaci s ostatními členy zásahového týmu? Uveďte prosím značku, případně i typ.

Děkuji

Vyhodnocení dotazníku

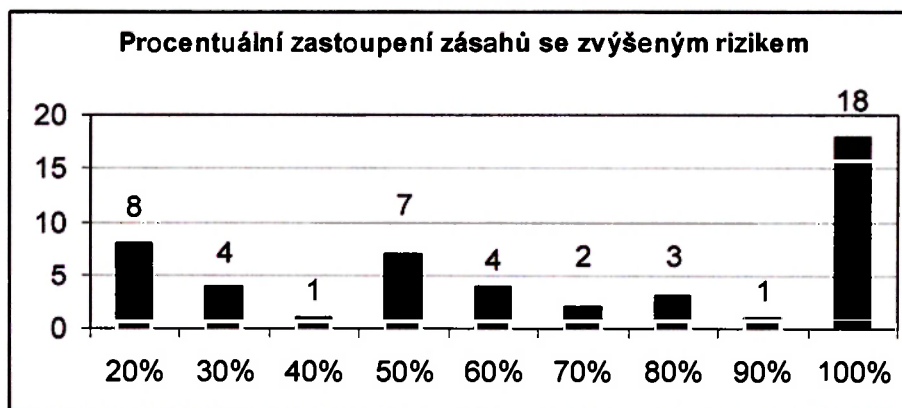
	Destinace	Počet
1.	Brno Přebrada	1
2.	Břeclav	1
3.	Hradec Králové	1
4.	HZS Moravskoslezského kraje	1
5.	Kutná Hora	1
6.	Kyjov	1
7.	Mladá Boleslav	1
8.	Napajedla	1
9.	Nymburk	1
10.	Pardubice	1
11.	Pardubice	1
12.	Pohořelice	1
13.	Přelouč	1

	Destinace	Počet
14.	Příbram	1
15.	Rosice	1
16.	Řevnice	1
17.	Tišnov	1
18.	Uherský Brod	1
19.	Blansko	2
20.	Kolín	2
21.	Odborné učiliště PO Brno	2
22.	Bruntál	3
23.	HZS Libereckého kraje	3
24.	Nic	3
25.	Mělník	4
26.	HS – 6, Praha Krč	11

Tabulka č. 1 – Přehled destinací, kde byl dotazník vyplňován

	Náplň práce	Počet
1.	velitel družstva	20
2.	hasič	15
3.	strojník	4
4.	technik chemické služby	2
5.	hasič/technik	2
6.	hasič lezec, letecký záchranář	1
7.	velitel družstva, potápěč	1
8.	lektor	1
9.	velitel družstva, lezecký instruktor	1
10.	zástupce ředitele OUPO Brno	1

Tabulka č. 2 – Náplň práce respondentů



Graf č. 1 – Udávané procentuální zastoupení zásahů se zvýšeným rizikem úrazu

	Nejčastější domnívaná zranění u zásahu	Počet bodů
1.	zranění pohybového aparátu (fraktury, luxace, zranění kloubů)	22
2.	popáleniny, opařeniny	17
3.	odřenyiny, naraženiny, pohmožděniny, spíše lehčí	12
4.	zranění v důsledku pádu	8
5.	bez výsledku nebo neví	5
6.	Intoxikace, infekce, nadýchání zplodin	5
7.	tržné rány vážnějšího charakteru	3

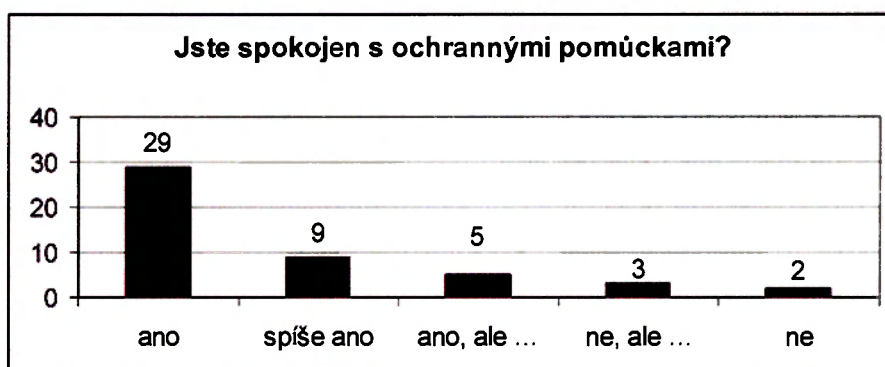
	Nejčastější domnívaná zranění u zásahu	Počet bodů
8.	pořezání	3
9.	zranění z důvodu stresu	1
10.	dehydratace	1
11.	zranění při dopravní nehodě	1
12.	zranění z důvodu výbuchu (CO, PB lahve)	1
13.	poranění zad	1
14.	zranění z důvodu zasypání	1
15.	šokové stavy	1
16.	přehřátí, podchlazení	1

Tabulka č. 3 – Přehled úrazů, o kterých si hasiči myslí, že jsou nejčastější

	Obávaná zranění	Počet bodů
1.	Popáleniny	20
2.	zranění v důsledku pádu	10
3.	vážná zranění s trvalými následky	6
4.	Intoxikace, infekce, nadýchání zplodin, zranění v důsledku ozáření	6
5.	nic	5
6.	úrazy způsobené padajícími předměty nebo konstrukcemi; zasypání	5
7.	výbuch	4
8.	zranění při dopravní nehodě	3

	Obávaná zranění	Počet bodů
9.	zranění pohybového aparátu (fraktury, luxace, zranění kloubů)	3
10.	poranění páteře	3
11.	úrazy elektrickým proudem	2
12.	kolaps organismu	1
13.	poškození dýchacích cest	1
14.	náhodné a neovlivnitelné úrazy	1
15.	obavy z příčiny úrazu	1
16.	zástava srdce	1
17.	Zranění z neopatrnosti, nepozornosti	1
18.	Destrukční poranění	1

Tabulka č. 4 – Přehled úrazů, kterých se hasiči nejvíce obávají



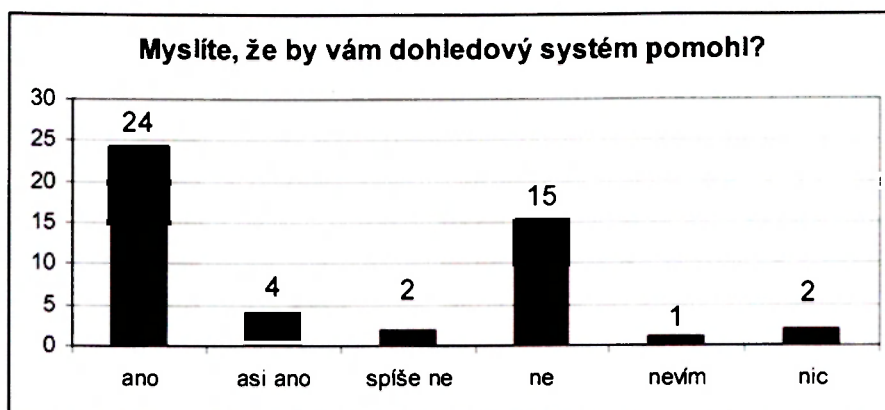
Graf č. 2 – Přehled spokojenosti hasičů s ochrannými pomůckami

Ano, ale ...

- pokud jsou užívány podle návodu výrobce a příslušných předpisů
- pokud nejsou staré nebo poškozené
- nejsem spokojen s botami
- "něco" na zlepšení přehledu o mých podřízených u zásahu by bylo potřebné.
- ocenil bych jinou ochrannou přilbu a výkonnější světlo na ní. Také vhodné speciální podvlékačské prádlo.

Ne, ale ...

- nejsme vybaveni tím nejlepším, co je na trhu
- nedostatek přenosných radiostanic
- když teď vím o dohledovém systému, tak ne.



Graf č. 3 – Přehled odpovědí na otázku: „Myslíte si, že by Vám mobilní dohledový systém v určitých situacích pomohl? Uveďte prosím příklad:“

Ano

- hořící domy ve více patrech najednou; rozsáhlé objekty
- v nepřehledných podmínkách, v noci, ale záleží na tom, zda by mi zařízení nevadilo při práci
- zásah s dýchací technikou v zakouřeném prostoru
- zásah v rozlehlých komplexech, uzavřených protorech
- dlouhodobější zásah v dýchací technice a oblecích při vyšších teplotách, těžké dopravní nehody
- odhad stavu zasahujícího
- přesné místo pobytu hasiče
- při zásahu v obleku
- prevence přetížení organismu
- GPS navigace
- požár většího rozsahu, průzkum v rozsáhlém zakouřeném prostředí
- ale neměl by mě omezovat v pohybu
- prevence přehřátí a kolapsu organismu
- GPS - příjezd na místo v neznámém prostředí za stížených podmínek
- monitorování psychické a fyzické aktivity u zásahu
- práce v přetlakových oblecích, práce ve zvýšeném tlaku pod vodní hladinou
- při zavalení, propadnutí střešní konstrukcí, zásahy na nebezpečné látky, při výbuchu u zásahu
- Mohu si dobře představit jeho význam v určitých situacích při zásazích v náročných podmínkách.
- při zásahu v zakouřených budovách
- rozsáhlé požáry - les, fabrika
- dlouhodobé zásahy, zásahy fyzicky velmi namáhavé

- pokud by systém obsluhovala osoba, která by byla schopna objektivně posoudit výsledky měření. Osoba se zdravotnickým vzděláním.

Asi ano

- příklad z minulosti: několik kolegů bylo vybaveno podobným systémem. Nejvyšší tepová frekvence byla naměřena při vyhlášení poplachu.

Spíše ne

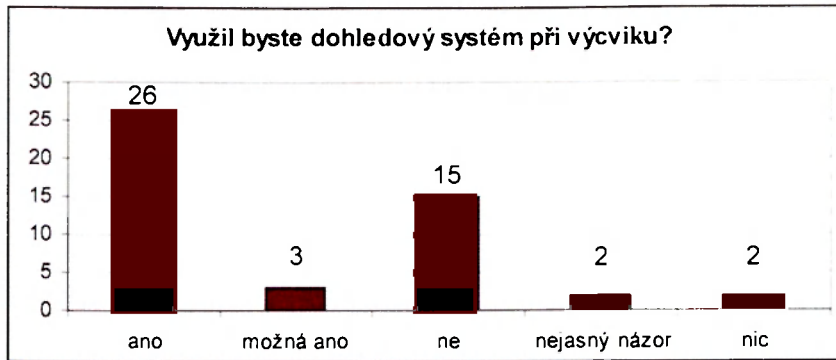
- snad při zásahu kvůli střídání
- uměle bych se snažil tento systém ovlivnit, aby nebylo znát, že jsem ve stresu

Ne

- Zatím veškeré testování se obrátilo proti hasičům. Zpřísňují se podmínky zdravotní způsobilosti a hasiči starší padesáti let často končí ze zdravotních důvodů
- Je to věc, na kterou hasič nemá čas
- u zásahu není pro systém prostor
- nevidím v tom žádné pozitivum
- věc k ničemu
- u každého jsou potřeby individuální
- zbytečně nákladné
- velitel zásahu by se zdržoval sledováním monitoru. Každý člověk nemá stejné parametry. Výcvikem a praxí se dá stres mírnit. Každý zná svůj zdravotní stav, schopnosti, možnosti, a to i kamarádů v jednotce.

Nic

- mám obavu, aby systém nemohl být zneužit proti samotným hasičům ("až tak moc se nepředřou" apod.)



Graf č. 4 – Přehled odpovědí na otázku týkající se využití dohledového systému při výcviku

Ano

- Sám používám při sportu Sporttester, takže vím, o co jde
- v našich podmínkách určitě ano, i v souvislosti se zjišťováním fyzické zdatnosti hasičů při fyzické zátěži (lektor OUPOB)
- Každý by měl znát své limity a systém by mohl být vhodným pomocníkem k jejich nalezení.
- zejména u nových příslušníků, kteří ještě neví, kde jsou jejich hranice možnosti.
- pokud by systém obsluhovala osoba, která by byla schopna objektivně posoudit výsledky měření. Osoba se zdravotnickým vzděláním.



Obrázek č. 1 – Měření s EKG modulem, lezení po žebříku

Ne

- důležitější je pocit hasiče
- peníze vynaložené na dohledový systém by šlo pro HZS využít lépe
- při výcviku chybí psychický stres
- takovéto monitorování má smysl pouze při extrémní zátěži. Ta u výcviku není přípustná. Spíše je důležité, aby každý jednotlivec znal své vlastní limity a uměl pracovat bezpečně s ohledem na sebe samého.

Nejasný názor

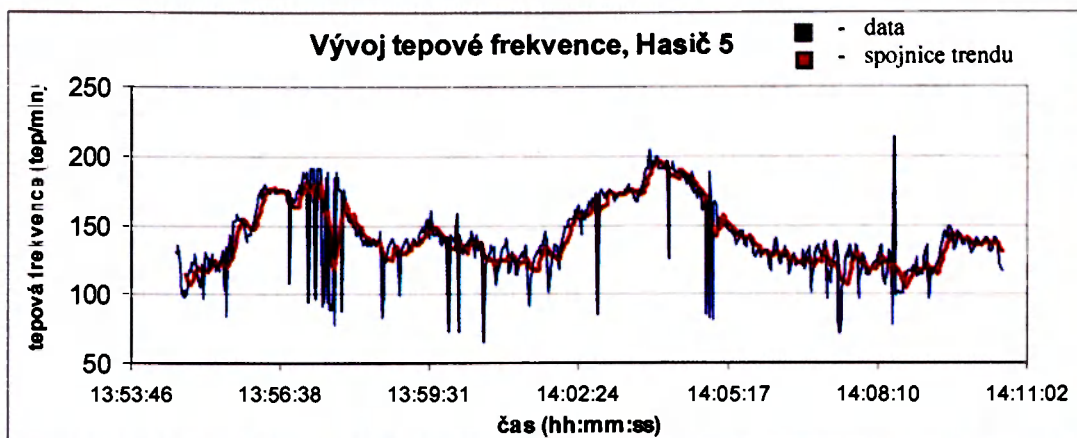
- tohle by mělo být věcí vedoucího výcviku
- každý ví, kde má svoje hranice



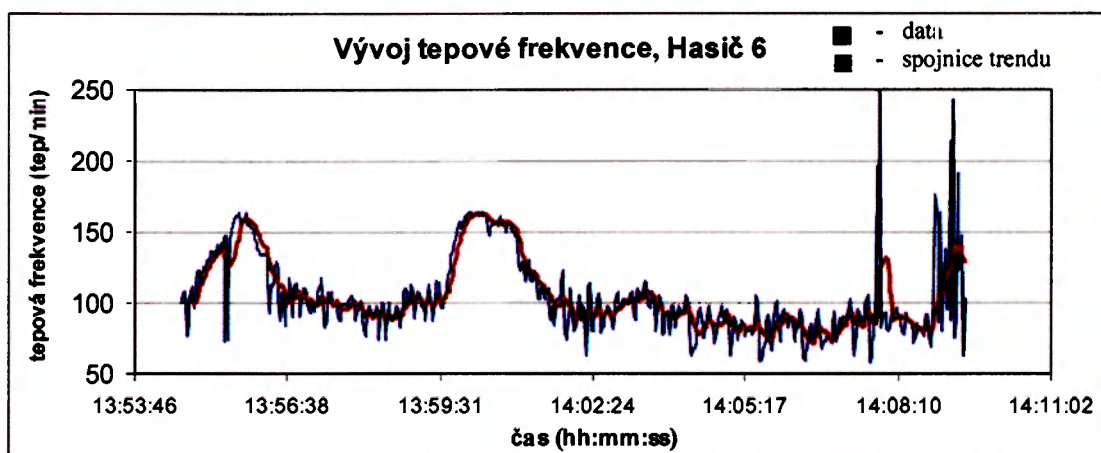
Obrázek č. 2 – Měření s EKG modulem, simulace zátěže

Praktické měření v Odborném učilišti požární ochrany Brno

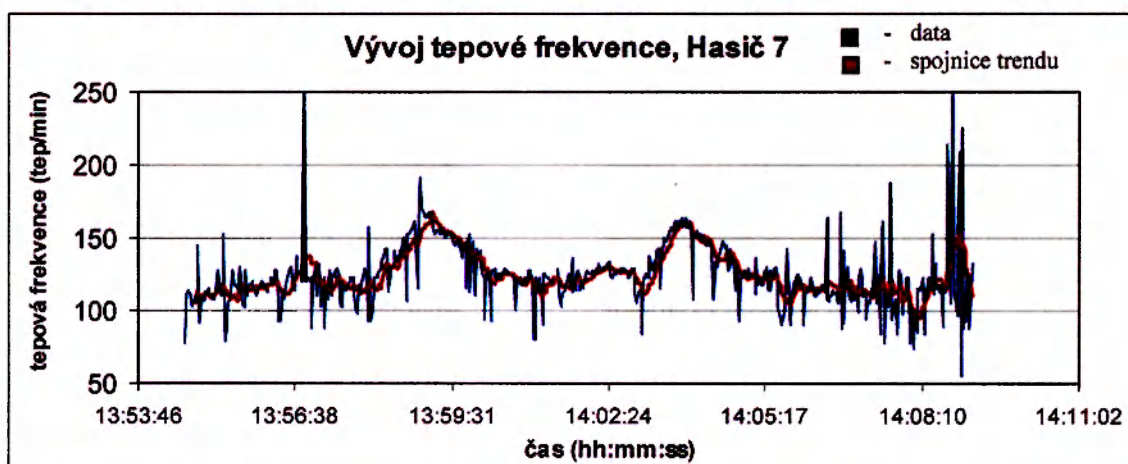
Grafické znázornění výsledků měření při výcviku na lezecké věži



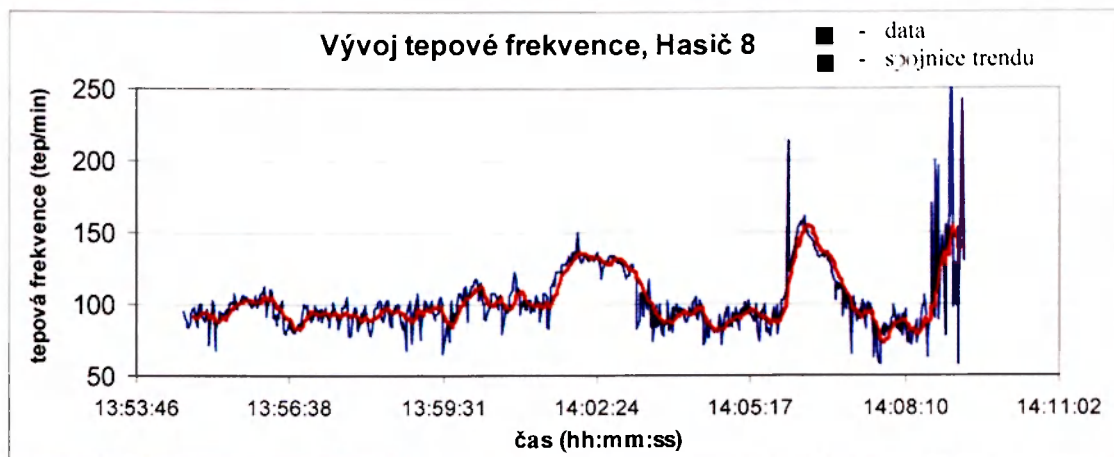
Graf č. 5 – Vývoj tepové frekvence, Hasič 5, lezecká věž.
Data jsou proložena spojnicí trendu (klouzavý průměr, 10. perioda)



Graf č. 6 – Vývoj tepové frekvence, Hasič 6, lezecká věž.
Data jsou proložena spojnicí trendu (klouzavý průměr, 10. perioda)



Graf č. 7 – Vývoj tepové frekvence, Hasič 7, lezecká věž.
Data jsou proložena spojnicí trendu (klouzavý průměr, 10. perioda)



**Graf č. 8 – Vývoj tepové frekvence, Hasič 8, lezecká věž.
Data jsou proložena spojnici trendu (klouzavý průměr, 10. perioda)**



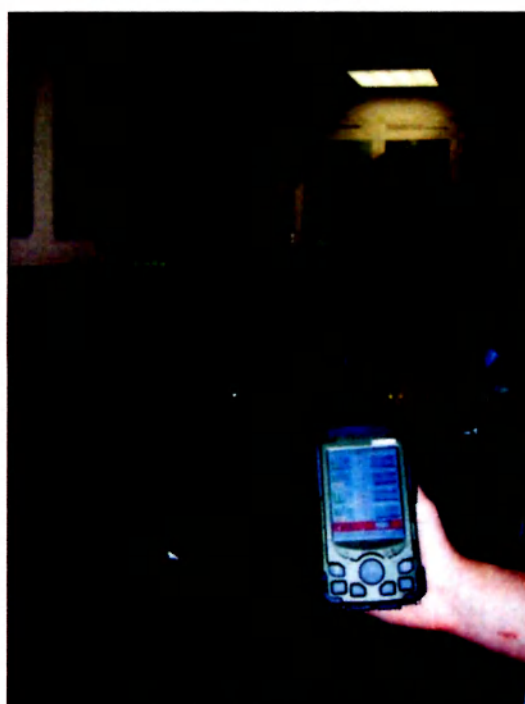
Obrázek č. 3 – Pan Ing. Kašpar při měření na lezecké věži



Obrázek č. 4 – Dohledový systém, vpravo hrudní pásy a vysílací jednotky

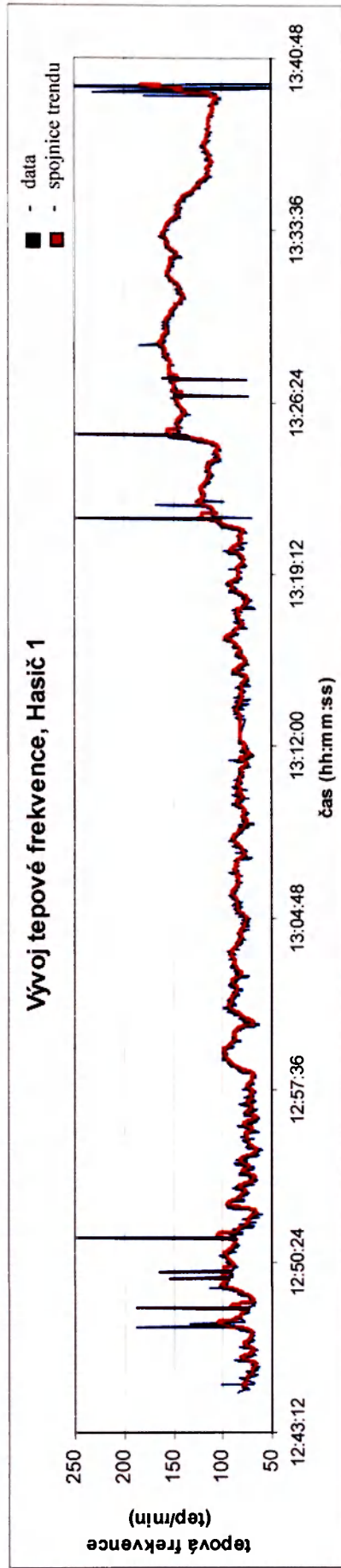


Obrázek č. 5 – Monitor dohledového systému při výcviku na lezecké věži

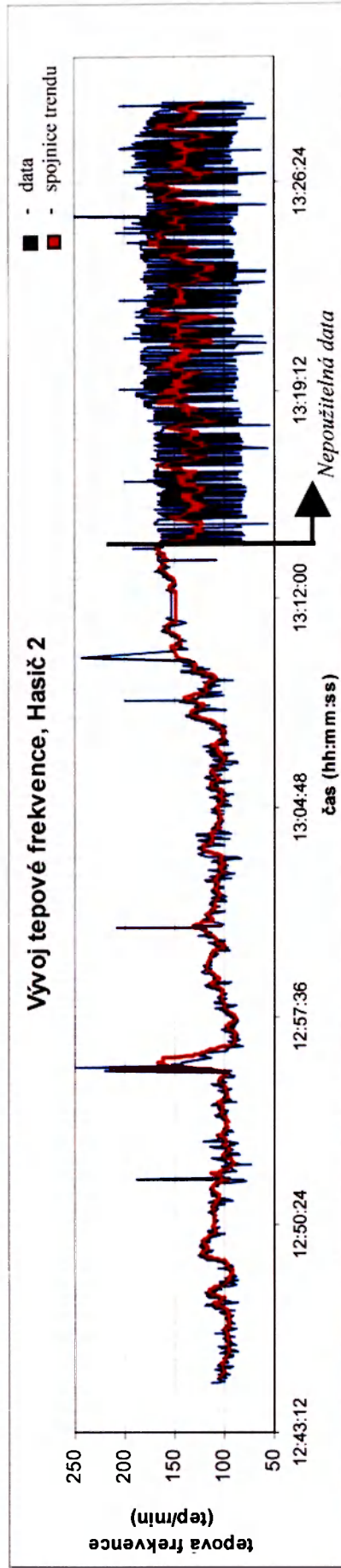


Obrázek č. 6 – Monitor dohledového systému při přípravách na výcvik v polygonu

Grafické znázornění výsledků měření při výcviku v polygonu

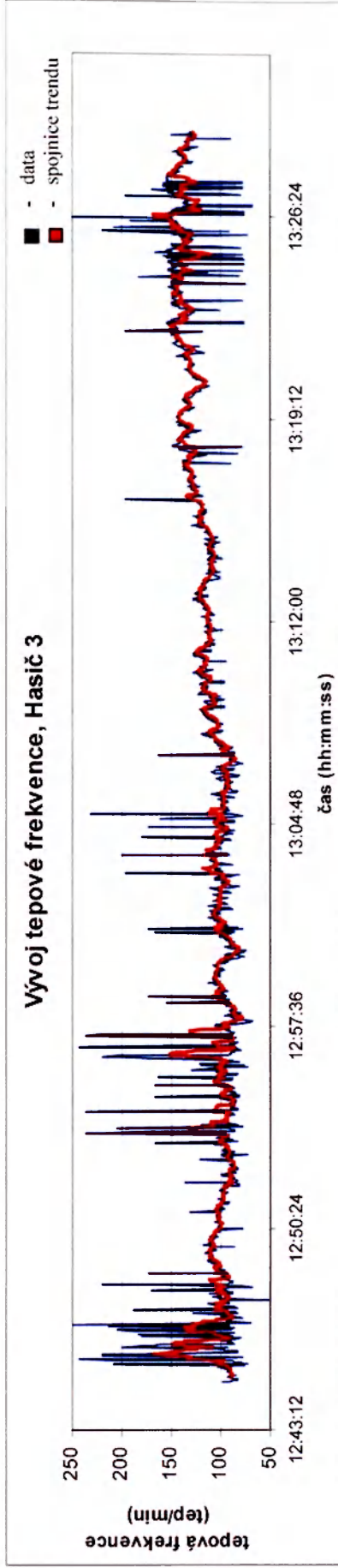


Graf č. 9 – Vývoj tepové frekvence, Hasič 1, polygon.
Data jsou proložena spojnicí trendu (klouzavý průměr, 10. perioda)

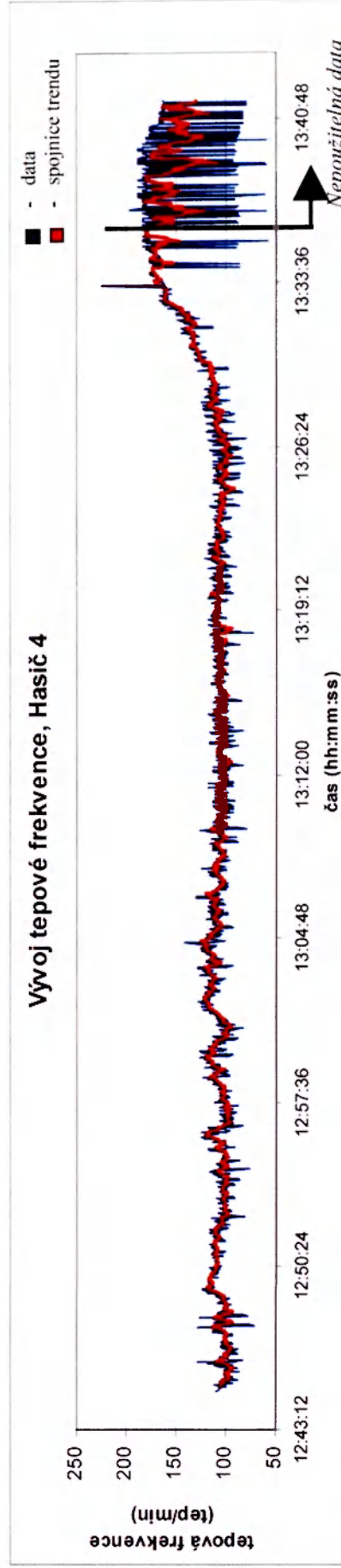


Graf č. 10 – Vývoj tepové frekvence, Hasič 2, polygon.
Data jsou proložena spojnicí trendu (klouzavý průměr, 10. per oda)

V závěru tohoto měření selhala detekce tepové frekvence. Možných příčin je několik. S největší pravděpodobností sklouzi hrudní pás do míst, kde nelze detekovat tepovou frekvenci.



**Graf č. 11 – Vývoj tepové frekvence, Hasič 3, polygon.
Data jsou proložena spojnicí trendu (klouzavý průměr, 10. perioda)**



**Graf č. 12 – Vývoj tepové frekvence, Hasič 4, polygon.
Data jsou proložena spojnicí trendu (klouzavý průměr, 10. perioda)**

V závěru tohoto měření selhala detekce tepové frekvence. Možných příčin je několik. S největší pravděpodobností sklouzl hrudní pás do míst, kde nelze detekovat tepovou frekvenci.