

# Dvoucestné měřicí vozidlo

## Informace o projektu

**ROT-HSware spol. s r.o.**  
Mezi Mosty 176  
530 03 Pardubice 3  
[www.rothsware.cz](http://www.rothsware.cz)

## 1 Úvod

V dnešní době se ve stále větší míře sleduje bezpečnost provozu a prosazuje kvalita prováděných prací na tramvajovém a železničním svršku. Zvyšující se nároky na strojní park, který práce provádí, vyvolávají potřebu kontroly provedených prací.

Z hlediska bezpečnosti provozu je důležitá pravidelná kontrola geometrické polohy koleje a dalších parametrů, které bezpečnost ovlivňují.

Firma ROT-HSware spol. s r.o. nabízí dvoucestné měřicí vozidlo (dále jen DMV), které by mělo zajišťovat komplexní měření kolejového svršku, včetně okolních staveb.

## 2 Stručný popis koncepce

Měřicí systém bude vybaven bezkontaktním měřením níže uvedených veličin. Pro tento způsob jsme se rozhodli na základě dlouholetých zkušeností s provozem měřicí drezíny ČD a také dostupností laserových senzorů a senzorů inerčních systémů. Kontaktní metodu využívá pouze defektoskopické měření kolejnic.

**Měřicí systém bude zajišťovat měření těchto parametrů:**

- **GPK** - geometrickou polohu koleje;
- **PHK** - profil hlavy kolejnic;
- **PKV** - profil kolejnic ve výhybkách;
- **VLN** - vlnovitost kolejnic;
- **PSL** - profil kolejového lože;
- **PTU** - průjezdní profil, profil tunelů, a ostat. objektů;
- **MKV** - klikatost trolejového vedení;
- **MHL** - měření hlučnosti;
- **OPT** - okruh průmyslové televize.
- **DEF** - defektoskopie kolejnic;
- **GEO** - struktura podloží - georadar;

Uvedené parametry budou měřeny při rychlosti 40 kmhod<sup>-1</sup> max. Všechny komponenty systému budou v průmyslovém provedení, neboť životnost celého zařízení se předpokládá na dobu 5-7 let.

Měřicí systém je řešen jako modulární systém, který lze sestavit z jednotlivých modulů, zajišťujících definované měření. Lze jej tedy libovolně doplňovat nebo přizpůsobovat požadavkům zákazníka.

V systému je použita GSM komunikace a systém GPS. Uvedené systémy slouží pro přenos informací do vyhodnocovacího střediska zákazníka a servisního střediska ROT-HSware.

Nosným vozidlem měřicího systému může být např. vozidlo Praga Alfa TN s kolejovým adaptérem, nebo vozidlo podobné konstrukce. Obr. 1 má informativní charakter a slouží pro představu, o jaký typ vozidla jde. V projektu je použito vozidla s dvojkabinou a nástavbou pro uložení materiálu potřebného pro provoz vozidla a měřicí aparatury.



Obr. 1

Výpočetní systém bude instalován v kabině, kde mohou pracovat nebo sledovat průběh měření 4 pracovníci, včetně řidiče vozidla.

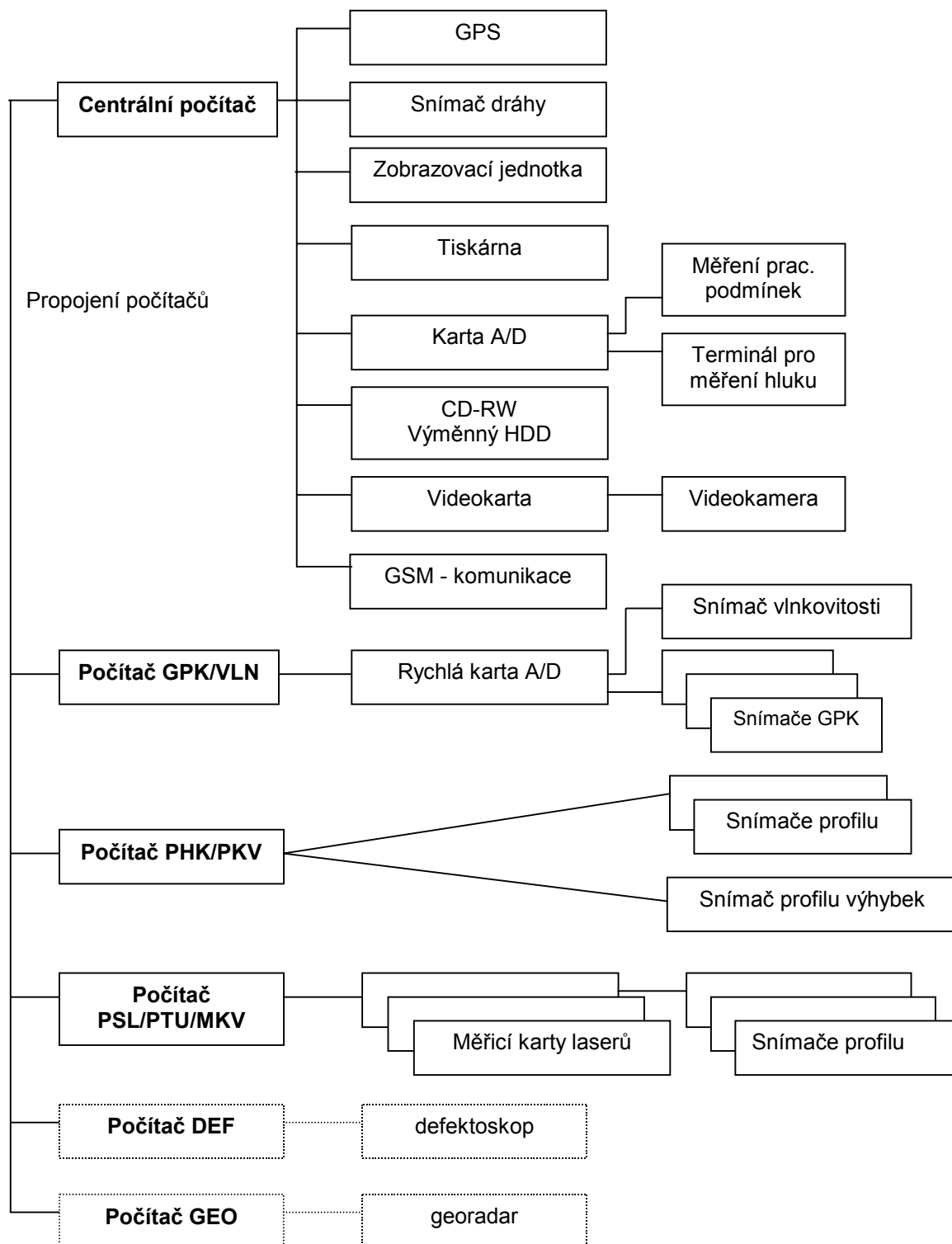
Pracovník na předním sedadle zajišťuje staničení a označuje objekty v trati. V zadní části kabiny je pracovník obsluhující měřicí systém a zaměstnanec majitele trati.

### 3 Stručný popis měřicího systému

Vývojová pracoviště obou kooperujících firem si stanovila za cíl vyrobit zařízení, které bude splňovat následující požadavky:

- rychlost měření do 40 km.hod<sup>-1</sup>; (omezení max. rychlostí vozidla)
- výstupní soubory kompatibilní s měřicími prostředky ČD (MD1, MV1);
- přenos dat do pracovního stroje;
- postprocessing - možnost tištění výstupních dat ve vyhodnocovacím pracovišti;
- automatické snímání a záznam dat bez nutnosti zásahu obsluhy;
- jednoduchá instalace;
- jednoduchost obsluhy měřicího zařízení;
- klimatická a pracovní odolnost systému.

Maximální sestava měřicího systému je na obr. 2.



Obr. 2

### 3.1 Centrální počítač

Centrální počítač má za úkol zabezpečit komunikaci celého systému, zadávání vstupních parametrů a vizualizaci dat. U takto obsáhlého systému měření je třeba zabezpečit koordinaci měření. Tím se rozumí zabezpečit jednotné nastavení a pasportizaci dat (pomocí centrálních zaváděcích souborů), jednotný kilometrický průběh měření, zadání identifikačních značek pro všechny systémy, časovou synchronizaci měření a kompletaci měřených dat od jednotlivých systémů.

Dále je technicky nemožné u tak malého měřicího prostředku, který zabezpečuje komplexní měření, vizualizovat a zadávat parametry pro všechny měřicí moduly jednotlivě. Počet monitorů a klávesnic by přesáhl rozumnou mez a vlastní měření by představovalo vynaložení obrovské energie k orientaci obsluhy. Proto je zde volena varianta jednoho centrálního systému. Obsluha tak není zbytečně zatěžována. Vzájemné propojení modulů je provedeno pomocí rychlé sítě LAN 100 Mb.

Zobrazovací jednotka (LCD displej s vysokým rozlišením) a klávesnice slouží k vizualizaci dat všech modulů měření a k jejich nastavení. Na LCD displeji jsou zobrazovány základní informace o měření, jako jsou vlastní identifikační data měření, ujetá dráha, měřený úsek, rychlost měření atd. Také je zobrazováno překročení mezních hodnot ze všech měřicích modulů. Dále je možnost sledovat průběhy měřených veličin vybraného modulu měření.

Veškerá naměřená data lze přímo tisknout na připojené tiskárně. Datové soubory lze archivovat na přenosných harddiscích a je možno je zaznamenat na připojené zapisovatelné CD mechanice.

Měřicí karta IRC dává přesnou kilometrickou polohu měřicího systému v trati. Ta je důležitá k synchronizaci jednotlivých měřených dat a následně jejich přiřazení ke skutečné poloze a k měření rychlosti měřicího vozu. GPS systém slouží k absolutnímu určení polohy. GPS data lze i využít k výběru zaváděcího souboru měření-zjednodušení výběru dle výchozí lokality vozidla. Systém GPS dále umožňuje sledovat a archivovat provoz měřicího vozidla, a umožňuje tím snížení provozních nákladů a lepší orientaci posádky vozu v terénu. V nemalé míře může i přispět eventuálně k vyhledání vozidla, v případě jeho zcizení.

Modul komunikace GSM slouží ke komunikaci pomocí sítě mobilních telefonů GSM a sítě internet ke komunikaci se střediskem. Pomocí tohoto modulu je možno předávat měřená data, zaváděcí soubory, provádět servisní zásahy a sledovat provoz měřicího vozidla.

K modulu A/D převodníků jsou přivedeny snímače pro měření pracovních podmínek. Data z těchto měření jsou předávána a zaznamenávána do protokolu měření. Takto lze zajistit to, že se naměřená data mohou statisticky třídit i podle toho, za jakých pracovních podmínek byla pořízena (největší vliv na měření

má teplota). Dále je možno na základě těchto zjištěných pracovních podmínek znemožnit vlastní měření a tím i ochránit celý systém před zničením.

#### Volitelné rozšíření centrálního počítače

Dráhový korektor slouží ke korekci dráhy. Je umístěn na palubní desce spolujezdce sedícího vpředu. Dráhový korektor ukazuje na svém LCD displeji ujetou dráhu a umožňuje její korekci, popř. definování objektů v trati. Nepřesnost v měření dráhy vzniká v obloucích - není nijak definováno, zda se měří vnější nebo vnitřní pás. Tento systém dovoluje i synchronizaci na patníky s kilometráží.

### 3.2 Modul měření GPK

Modul GPK slouží k měření geometrické polohy koleje. Modul GPK je základním systémem měření na železnici. Výstupy jednotlivých veličin jsou brány jako základní při posuzování bezpečnosti tratí. S ohledem na požadavek bezdotykového měření bylo zvoleno měření pomocí inerčního systému. Tento systém využívá pro měření 6-ti osého gyroskopického snímače doplněného o akcelerometry. Signály těchto snímačů jsou vedeny do rychlé analogové karty, kde jsou zpracovány a následně převedeny do digitální formy. Dále jsou signály zpracovávány pomocí matematických analýz tak, aby se separovaly jednotlivé měřené veličiny.

Měření geometrické polohy koleje pomocí inerčního systému má i své stinné stránky. Vzhledem k tomu, že se měří dynamická odezva celého systému, nelze zabezpečit měření v celém rozsahu rychlostí, zvláště rychlostí blížících se nule. V současné době se dají používat inerční snímače, které jsou nasazovány v kosmických programech pro navádění družic. Tyto snímače jsou velice přesné a zaručují výborné parametry i při nízkých rychlostech měření. Takto se lze dostat i pod rychlost 10 km/hod.

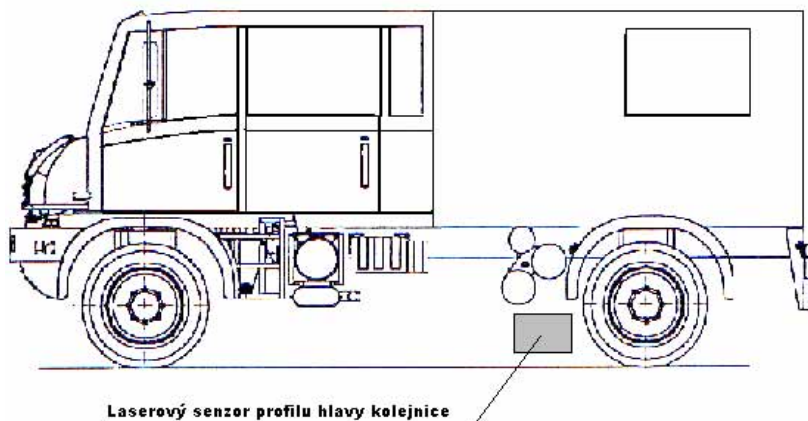
Do systému GPK vstupuje systém měření příčného profilu kolejnic pro výpočet rozchodu. Naopak výstupy z GPK jsou použity jako vstupy do modulů měření průjezdného profilu trati a do modulu měření klikatosti trolejového vedení.

Modul GPK měří a vypočítává:

- rozchod;
- podélnou výšku;
- převýšení;
- směr koleje;
- zborcení.

### 3.3 Modul měření profilu kolejnic PHK/PKV

Systém slouží ke zjišťování svislého a bočního ojetí kolejnic. Z těchto naměřených údajů lze zjišťovat míru bezpečnosti, identifikovat nejexponovanější místa (oblouky, výhybky atd.), ale i na základě statistických porovnávání plánovat potřebné údržby tratí. To vše přispívá ke zvýšení bezpečnosti, ale i k minimalizování nákladů spojených s údržbou (se zachováním potřebné míry bezpečnosti). Svislé ojetí je měřeno v ose kolejnice a boční ojetí je měřeno 14 mm pod temenem hlavy.

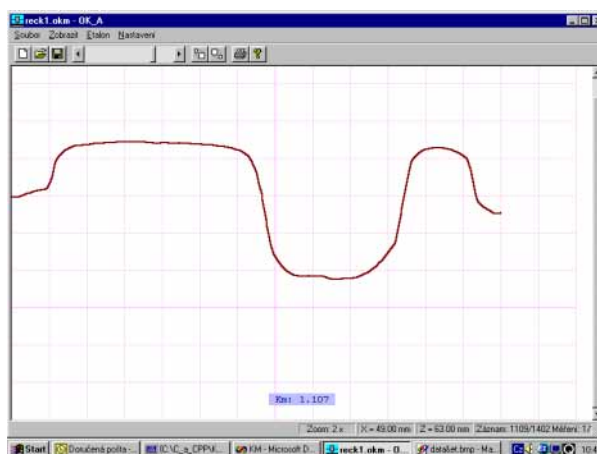


Obr. 3

Systém umožňuje identifikovat, za jistých předpokladů (systém je schopen zjistit celý

profil kolejnice - kolejové lože bez průběžného šterkového lože), i typ měřené kolejnice. Z tohoto systému je možno pomocí matematických algoritmů vypočítat rozchod kolejnic. Tato veličina pak vstupuje do měření GPK. Pokud by systém neměl být vybaven měřením profilu kolejnic, je nutno systém GPK osadit laserovými snímači pro měření rozchodu kolejnic. Systém měření profilu kolejnic lze osadit snímačem pro proměňování výhybek. Tento snímač má totožnou funkci jako snímač profilu kolejnic, má však jinou geometrii snímačů, přizpůsobenou pro snímání profilu ve výhybce, zvláště pro snímání profilu jazyků a srdcovek.

Rychlost měření je 20 vzorků / s. V reálném čase ze systému vystupuje hodnota svislého a bočního ojetí a je porovnávána s mezní hranicí a v případě jejího překročení vystupuje hláška o překročení přípustné meze. Při následném zpracování údajů (post-processingem) je možno získávat statistické informace o rychlosti opotřebení v závislosti na zatížení trati, lokalizace nejvíce exponovaných míst a plánovat s jistým předstihem údržby trati a podobně.



Obr. 4

### 3.4 Modul měření vlnkovitosti VLN

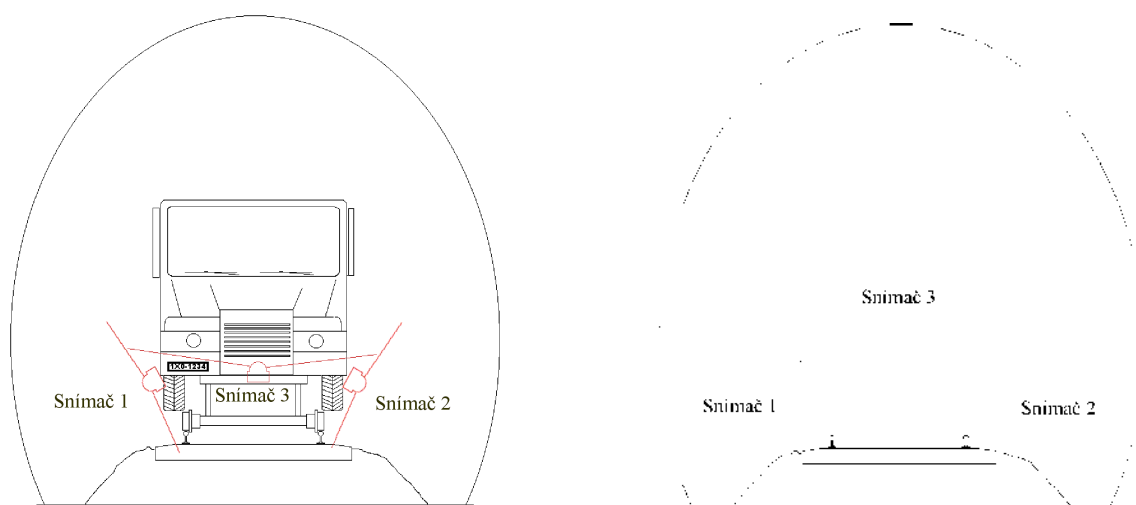
Modul měření vlnkovitosti slouží na kontinuální měření mikrogeometrie povrchu hlavy kolejnice. Vlnkovitost způsobuje zvýšenou hlučnost při provozu, ale i nemalým dílem snižuje životnost podvozků vozů. Mikrogeometrie je snímána pomocí dvojice akcelerometrů. Výstupy z těchto snímačů jsou elektricky upraveny, následně převedeny do digitální podoby a pomocí matematických analýz zpracovány.

Výsledky měření se využívají při diagnostice vlnkovitosti a skluzových vln a ke kontrole prováděných prací. Pokud změřená vlnkovitost překročí danou mez je zobrazena informace o jejím překročení.

### 3.5 Modul měření průjezdného profilu a profilu kolejového lože PTU/PSL

Pro komplexní posouzení železničního svršku je třeba znát stav kolejového lože, popř. pro tramvajové koleje stav betonových panelů v kolejovém loži. Tvar kolejového lože je nejdůležitější v oblasti hlav pražců, kde zabezpečuje celkovou tuhost kolejového roštu, zvláště pak u bezстыkových kolejnic. Dále je pro bezpečnost provozu znát průjezdný profil trati. Zvláště pak při nových stavbách a rekonstrukcích nástupišť a ostatních objektu. Pro přesné určení polohy průjezdného profilu je třeba osu koleje. Tento parametr poskytne systém GPK.

Naměřený profil, jak kolejového lože, tak i průjezdný, se porovnává s normou definovaným profilem. V případě zjištění porušení předpisu je zobrazena informace o překročení příslušné meze. Při následném zpracování dat je možnost získat ucelenou představu o průjezdném profilu, vhodnou např. pro plánování tras nadměrných nákladů.

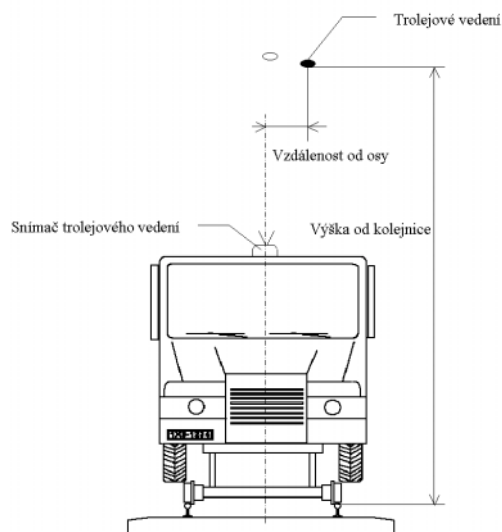


Obr. 5

### 3.6 Modul měření klikatosti trolejového vedení.

Pro zabezpečení dlouhé životnosti trolejových sběračů je nutno zajistit jejich rovnoměrného opotřebovávání. To zajišťuje správná geometrie trolejového vedení. Modul pro měření geometrie trolejového vedení využívá pro zjištění polohy vedení laserový snímač obdobného typu jako pro měření průjezdného profilu. Princip měření je zachován, ale je upraven jeho rozsah tak, aby bylo možné přesně zaměřit polohu vedení. Naměřená data jsou načtena pomocí měřicí karty. Následně dochází ke linearizaci dat a jejich zpracování.

Výsledkem je vlastní poloha trolejového vedení. Aby byl vyloučen vliv geometrické polohy kolejí, je nutné do tohoto systému zavést měřená data z GPK a informace o pohybu měřicího vozu. Pokud systém zjistí, že poloha trolejového vedení neodpovídá platnému předpisu zobrazí varovnou informaci.



Obr. 6

### 3.7 Modul měření hlučnosti

V souvislosti se zaváděním norem EU týkající se hlučnosti, lze k centrálnímu počítači připojit terminál pro měření hlučnosti. Tento terminál se nejvíce uplatní pro měření provozu ve městech na tramvajových tratích. Systém měření hluku udává úroveň hluku a jeho spektrum. Na základě měření hlučnosti lze vyhodnocovat míru poškození celého kolejového lože a zjišťovat, zda nedochází k překračování maximálních povolených hygienických norem a tím i k poškození zdraví.

### 3.8 Modul okruhu průmyslové televize

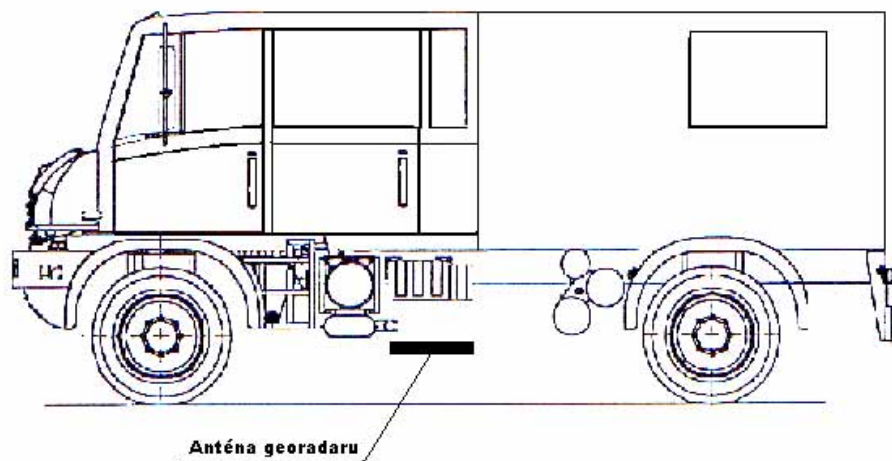
Dále je možno centrální počítač rozšířit o modul záznamu videa. Připojená barevná videokamera snímá celkový profil trati. Data jsou digitalizována, zpracována, komprimována a uložena na disk. Do vlastního videosignálu jsou vložena textová data vyjadřující kilometrickou polohu. Tento videozáznam slouží k vizuálnímu posouzení kvality trati.

### 3.9 Modul systému defektoskopie

Tento systém slouží k nedestruktivnímu odhalování materiálových vad v materiálu kolejnic. Celý systém je navržen tak, aby se tento měřicí prostředek dal tímto systémem vybavit. K tomu je i přizpůsoben centrální počítač tak, že zabezpečuje veškerou komunikaci s tímto systémem.

### 3.10 Modul systému georadaru.

Systém slouží k nedestruktivnímu zkoumání podloží kolejového lože. Celý systém je navržen tak, aby se tento měřicí prostředek dal tímto systémem vybavit. K tomu je i přizpůsoben centrální počítač tak, že zabezpečuje veškerou komunikaci s tímto systémem. Vyhodnocení dat zpracovává specializované pracoviště.



Obr. 7

Z uvedeného popisu je zřejmé, jak jsou jednotlivé moduly tohoto systému provázány. Je to z důvodu co nejkvalitnějšího měření, ale i z důvodu dosažení co nejlepšího poměru mezi cenou a užitným výkonem.

### 3.11 Postprocesing - vyhodnocovací středisko

Ve vyhodnocovacím středisku lze na tiskárnách v textovém nebo grafickém režimu vytisknout závady a průběhy jednotlivých měřených veličin.

Hodnocení závad jednotlivých parametrů a úsekové hodnocení ve známkách kvality lze tisknout pro délky měřených úseků po 200m a 1000 m.

V grafickém režimu jsou tištěny průběhy jednotlivých parametrů se staničením, označením objektů v trati a rychlosti měření. Délkové měřítko grafu je nastavitelné. Výstup na grafické tiskárně lze konfigurovat.

Vyhodnocovací středisko má i za úkol archivaci dat a statistické zpracování. Statistické zpracování dat pak dovoluje přesné plánování investic do potřebné údržby a zajistit tak zvýšenou bezpečnost provozu. Software vyhodnocovacího střediska je přizpůsobováno potřebám zákazníka.

V Pardubicích, dne 8. března 2004