České vysoké učení technické v Praze - Fakulta elektrotechnická

Katedra řídicí techniky *Školní rok:* 2001/2002

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Pavel Deutsch

Obor: Technická kybernetika

Název tématu: Řízení mísírny betonových směsí Říkov

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte postup míchání betonových směsí v mísírně Říkov.
2. Navrhněte vhodný způsob řízení a vizualizace jako nadstavby nad stávající technologií mísírny.
3. Navržený způsob podle možností vyzkoušejte.

Seznam odborné literatury: Dodá vedoucí práce.

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jan Bílek, CSc.

Datum zadání diplomové práce: prosinec 2001

Termín odevzdání diplomové práce: leden 2003

doc. Ing. Jiří Bayer, CSc.
vedoucí katedry

prof. Ing. Vladimír Kučera, DrSc.
děkan

V Praze dne 18.03.2002

OBSAH

1. Úvod 1

2. Popis řízené technologie 3

2.1. Popis jednotlivých zařízení 3

2.1.1. Zásobníky na kamenivo a cement 4

2.1.2. Váha na kamenivo a cementy 4

2.1.3. Dávkovací jednotka plastifikačních přísad a vody 5

2.1.4. Míchačka a dopravní koš kameniva 5

2.2. Teorie míchání betonové směsi 7

2.2.1. Dávkování složek betonové směsi 7

2.2.1.1. Dávkování kameniva 7

2.2.1.2. Dávkování cementu 8

2.2.1.3. Dávkování vody 9

2.2.2. Míchání betonové směsi 10

2.2.2.1. Postup míchání 11

2.2.3. Popis přísad 12

2.2.3.1. Plastifikační přísady 12

2.2.3.2. Provzdušňovací přísady 13

2.3. Postup míchání betonových směsí v mísírně Říkov 15

2.3.1. Příprava materiálu pro mísení 15

2.3.2. Namíchání směsi v mísicím bubnu 17

2.3.3. Zpracování zakázky při větším odběru 17

3. Návrhy způsobu řízení 19

3.1. Požadavky zadavatele práce 19

3.2. Řízení betonárek realizované jinými firmami 20

3.2.1. Řídicí systém ATX compact 20

3.2.2. Řídicí systém od firmy Ivar a.s. 22

3.3. Způsob řízení v betonárce Říkov 23

4. Realizace řídicího systému 24

4.1. Ovládací jednotka vážícího systému 26

4.1.1. Hardware ovládací jednotky 27

4.1.2. Komunikační protokol jednotky vážícího systému 28

4.2. Řídicí automat 30

4.2.1. Hardware řídicího automatu 30

4.2.2. Software řídicího automatu 34

4.2.2.1. Příprava materiálu 34

4.2.2.2. Doprava materiálu a míchání betonové směsi 36

4.3. Software do PC ……. 38
4.3.1. Databáze odběratelů ……. 39
4.3.2. Databáze receptur ……. 40
4.3.2.1. Číslo, třída, typ a konzistence receptury …….. 41
4.3.2.2. Způsob využití databáze receptur ……. 42
4.3.3. Tisk dodacího listu …… 44
4.3.3.1. Samostatný tisk dodacího listu …….. 44
4.3.3.2. Tisk dodacího listu po spuštění mísicího procesu ……. 45
4.3.3.3. Funkce předchozího vyplnění ……... 45
4.3.4. Statistika spotřebovaného materiálu ……. 46
4.3.4.1. Zobrazení statistiky ……... 46
4.3.4.2. Tisk statistiky za určité časové období ……. 47
4.3.5. Namíchání receptury ……. 49
4.3.5.1. Podmínky pro přístup k funkci namíchání receptury …… 50
4.3.5.2. Úprava receptury před mícháním ……. 50
4.3.6. Komunikace s podřízenými systémy …… 51
4.3.6.1. Průběh komunikace v klidovém stavu ……. 51
4.3.6.2. Zadání zvolených hodnot podřízeným prvkům …… 53
4.3.6.3. Průběh komunikace během mísicího procesu …….. 56
4.3.7. Vizualizace …… 58

5. Závěr …… 60

6. Použitá literatura …… 61

Příloha

A. Fotografie z betonárky Říkov
B. 8-bitový mikroprocesor Z84C15
C. 8-bitový mikroprocesor 80C552
D. Ukázka vyplněného dodacího listu

1. Úvod

V současné době je většina výrobních procesů v průmyslu automatizována, čímž se snižují náklady na provoz výroby a minimalizuje se chyba způsobená lidským faktorem. Tento směr vývoje zasahuje i do menších provozů, jako je například výroba betonu.

Zvýšené nároky na kvalitu betonu již dnes vyloučily dříve dosti častou ruční výrobu betonu a betonová směs se míchá strojně i na menších stavbách. V poslední době sílí tendence omezovat individuální výrobu betonové směsi v menších a poměrně špatně kontrolovatelných mísicích zařízeních na jednotlivých stavbách nebo u jednotlivých objektů a je snaha centralizovat výrobu betonové směsi. Vedou k tomu kromě již zmíněných vyšších nároků na kvalitu a rovnoměrnost betonové směsi i ekonomické důvody, protože účelnou centralizací výroby lze velmi podstatně snížit potřebu kvalifikovaných pracovních sil i investičních prostředků. Současně lze i zlepšit soustavnou kontrolu jakosti a snížit počet chyb způsobených lidským faktorem.

Požadavky na zvýšení výkonů, hospodárnosti a dodržování rovnoměrné jakosti betonové směsi vedou konstruktéry mísíren betonových směsí k řešení s cílem dosáhnout :

1. co nejvyššího stupně mechanizace jednotlivých operací výrobního cyklu
2. co největší intenzity míchání a tím zkracování času potřebného k dobrému míchání směsi
3. snížení ztrátových časů mezi jednotlivými operacemi výrobního cyklu alespoň s částečným časovým přesahem dílčích operací
4. co nejpřesnější dávkování jednotlivých složek betonové směsi
5. částečné až úplné automatizace všech operací, včetně evidence výkonů a složení směsi a dokonce i evidence výdeje jednotlivým odběratelům

Cílem této práce je seznámit se s postupem míchání betonových směsí v mísírně Říkov a navrhnout vhodný způsob řízení jako nadstavby nad stávající technologií mísírny. Systém řízení by měl splňovat všech pět výše uvedených požadavků a měl by vyžadovat minimální zásah uživatele do procesu míchání. V návrhu řídicího systému by měl být také zahrnut požadavek zadavatele práce na vizualizaci celého řídicího systému na osobním počítači s ohledem na ověření správného průběhu automatizovaného mísícího procesu.

Na základě všech těchto požadavků na řídicí systém jsem zvolil distribuované řízení se supervisorem, který je tvořen osobním počítačem s řídicí aplikací. Podřízenými prvky jsou ovládací jednotka vážícího systému a programovatelný automat. Ovládací jednotka vážícího systému obsluhuje váhu na kamenné drtě a cement. Programovatelný automat ovládá akční členy mísícího procesu a obsluhuje dávkovač plastifikačních přísad. Akčními členy mísicího procesu jsou vážící dopravník na kamenné drtě, koš dopravující kamenné drtě do mísicího bubnu, mísící buben, dva pneumatické a jeden elektrický ventil. S podřízenými systémy řídicí aplikace komunikuje paralelně přes dvě asynchronní sériové komunikační linky osobního počítače.

Správný průběh vizualizace řídicího systému vyžaduje obnovování informací jak o aktuálních hmotnostech kamenných drtí a cementu, tak i o aktuálních stavech akčních členů. Tohoto obnovování dosahuje řídicí aplikace neustálou komunikací s podřízenými prvky během mísícího procesu.

Řídicí aplikace kromě snadné obsluhy řízení mísícího procesu a vizualizace také podle požadavku 5 poskytuje uživateli funkce pro usnadnění administrativní části zakázky. Umožňuje například tisk dodacího listu nebo vedení statistik o spotřebě materiálu. Vedení statistik slouží uživateli především k evidenci spotřebovaného materiálu. Lze ji ale také využít k vyhodnocení spotřeby materiálu za určité období pro všechny nebo pro jednoho vybraného odběratele. Celou statistiku nebo její část je možno vytisknout na tiskárně s celkovými součty položek udávajících množství jednotlivých materiálů.

Při návrhu řídicího systému je zajištěno i splnění požadavků 2 a 3. Intenzita a kvalita míchání je dána vlastnostmi mísícího bubnu. Vlastnosti dodaného míchacího bubnu jsou natolik vyhovující, že i přes relativně krátkou dobu míchání je betonová směs dostatečně a kvalitně promíchána. Tím řídicí systém dostál požadavku 2. Stejně tak bylo dosaženo i požadavku 3. Jediné ztrátové časy mezi jednotlivými operacemi výrobního cyklu jsou při spouštění procesu. Jsou způsobené čekáním na navážení kamenných drtí, cementů a napuštění záměsové vody. V průběhu výrobního cyklu jsou všechny ztrátové časy potlačeny maximálním možným časovým přesahem dílčích operací.

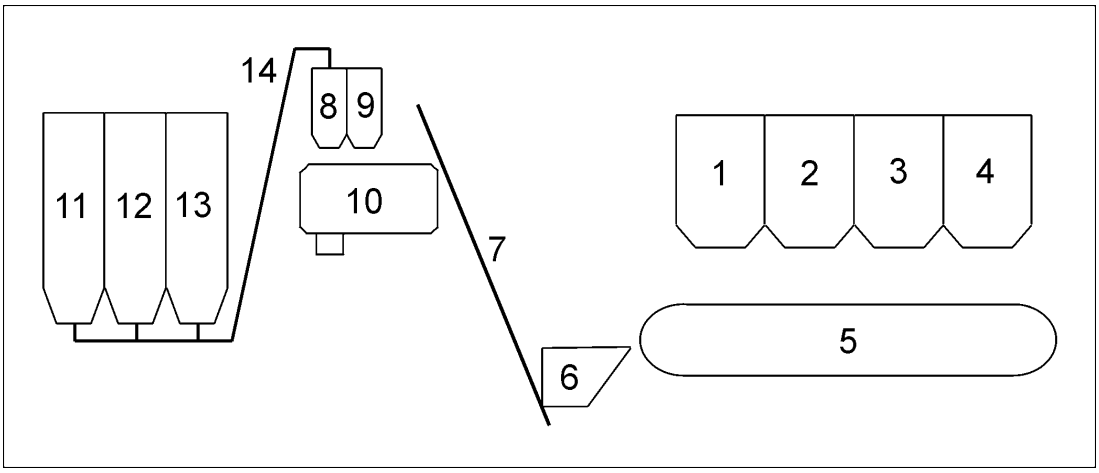
2. Popis řízené technologie

K návrhu vhodného způsobu řízení a vizualizace jako nadstavby nad stávající technologií mísírny je nutno dostatečně znát řízenou technologii a používané postupy přípravy betonových směsí, resp. malty, a proto je potřeba se podrobně seznámit s jednotlivými technologickými prvky mísírny betonových směsí (dále jen betonárky) Říkov, které lze ovládat řídicím systémem. Také je nutno prostudovat teorii míchání betonových směsí a stejně tak odlišnosti postupu míchání používaného v betonárce Říkov od uvedené teorie.

Všechny tyto informace potřebné pro správný návrh řídicího systému betonárky Říkov jsou uvedeny v následujících třech podkapitolách.

2.1. Popis jednotlivých zařízení

Uspořádání jednotlivých technologických zařízení je znázorněno na obrázku 2.1.1. Hlavním prvkem betonárky je míchačka (10). V betonárce Říkov jsou čtyři oddělené zásobníky (frakce) na kamenivo (1-4). Pod nimi je umístěn vážící dopravník (5), který po navážení přemístí kamenivo do dopravního koše (6). Dopravním košem je navážené kamenivo přesunuto po dráze pojezdu koše (7) do míchačky (10). V míchačce je kamenivo smícháno s vodou a cementem. Voda je pomocí průtokoměru odměřená do nádrže (9) umístěné nad míchačkou. Cement je skladován v zásobnících (11-13). Z těchto zásobníků je cement šnekovým dopravníkem (14) dopraven do váhy na cement (8), která je zavěšena nad míchačkou.



Obr. 2.1.1. Náčrt rozložení jednotlivých zařízení v betonárce Říkov

V následujících podkapitolách jsou jednotlivé technologické zařízení z obrázku 2.1.1 popsány podrobněji.

2.1.1. Zásobníky na kamenivo a cement

Oddělené zásobníky na kamenivo jsou na fotografii A.1 v příloze A. Na této fotografii je také zachycen nájezd pro nakladač, kterým je kamenivo do zásobníků doplňováno. Vzhledem k tomu, že zásobníky na kamenivo jsou umístěny přímo nad vážicím dopravníkem, je možno k přemístění kameniva ze zásobníků na vážící dopravník použít pouze princip volného pádu, který je regulován váhou. Tato regulace je popsána v následující kapitole.

Zásobníky na cement jsou v betonárce Říkov použity tři. Jejich tvar a rozmístění ukazuje fotografie A.2 v příloze A. Cement je do zásobníků doplňován z přistavené cisterny pomocí stlačeného vzduchu. Do vážící nádoby, umístěné nad míchačkou je cement dopravován šnekovým dopravníkem. Cement je z jednotlivých zásobníků dopravován v závislosti na tom, který šnekový dopravník je aktivní. Může být odebírán ze všech tří zásobníků najednou nebo pouze z jednoho nezávisle na ostatních.

2.1.2. Váha na kamenivo a cementy

Celý proces vážení je řízen ovládací jednotkou (fotografie A.3 v příloze A). Ovládací jednotka může být obsluhována manuálně nebo po komunikační lince. Jednotka ovládá váhu na cement i váhu na kamenivo. Základní princip navažování kameniva i cementu je podobný, ale protože je cement na rozdíl od kameniva natolik jemný, že *teče* jako voda, je postup navažování kameniva a cementu přesto částečně odlišný.

Váha na kamenivo je tvořena vážícím dopravníkem zavěšeným na třech tenzometrických snímačích, které jsou připojeny na vstup ovládací jednotky. Fotografii A.4 v příloze A ukazuje vážící dopravník a v horní části této fotografie je také zachyceno jedno ze tří tenzometrických zavěšení tohoto dopravníku. Vážení kameniva probíhá samostatně ze všech čtyř frakcí v takovém pořadí, ve kterém jsou označeny na obrázku 2.1.1. Vážení kameniva z jednotlivých frakcí je realizováno periodickým otevíráním spodního uzávěru frakce pomocí pneumatického pístu (fotografie A.5 v příloze A), dokud není na dopravníku naváženo nastavené množství kameniva z dané frakce. Perioda otevírání spodního uzávěru frakce je snižována se zmenšující se odchylkou již naváženého kameniva dané frakce od nastaveného množství, čímž se předchází přesypání kameniva nad nastavenou hodnotu.

Váha na cement je tvořena nádrží, která je zavěšena nad míchačkou zavěšenou na třech tenzometrech v trojúhelníkovém uspořádání. Toto uspořádání je důležité pro přesnost měření. Jak již bylo popsáno v kapitole 2.1.1 je cement ze zásobníků do váhy na cement dopravován pomocí šnekového dopravníku. Vzhledem k tomu, že cement do váhy přibývá rychlostí $3 kg.s^{-1}$, může být šnekový dopravník zastaven až po dosažení nastaveného množství cementu ve váze, aniž by došlo k přesypu cementu nad nastavenou hodnotu. Vypuštění cementu do míchačky je realizováno otevřením pneumatické klapky umístěné ve spodní části váhy na cement.

2.1.3. Dávkovací jednotka plastifikačních přísad a vody

Při ručním ovládání betonárky Říkov se k odměření požadovaného množství plastifikačních přísad používá dávkovací jednotka plastifikačních přísad (fotografie A.6 v příloze A). Tato dávkovací jednotka je určena pro dávkování dvou různých plastifikátorů. V betonárce Říkov jsou touto jednotkou dávkovány chrysoplast a chrysoxel. Plastifikační přísady jsou dávkovány do nádrže na odměřenou záměsovou vodu.

Nádrž na odměřenou vodu je stejně jako váha na cement zavěšena nad míchačkou, takže k přemístění odměřené vody do míchačky stačí pouze její vlastní spád a už není potřeba další čerpadlo. V případě ručního ovládání betonárky Říkov se k odměření záměsové vody používá dávkovací jednotka vody, která na základě informace z měřícího průtokoměru ovládá elektroventil přívodní vody. Vypuštění vody do míchačky je realizováno otevřením pneumatické klapky na dně nádrže s odměřenou vodou.

2.1.4. Míchačka a dopravní koš kameniva

V betonárce Říkov je použita stabilní vertikální rotorová míchačka RTM 750 S. Míchačka je určena pro nucené míchání betonových směsí tříd B5-B60, objemové hmotnosti 2000-2700 $kg.m^{-3}$, se zpracovatelností v rozmezí 30 až méně než 5s.

Stabilní míchací buben rotačního tvaru se svislou osou tvoří nosnou konstrukci. Je tvořen vnějším a vnitřním pláštěm a dnem tvaru mezikruží. Vnitřní stěny bubnu a dno jsou vyloženy výměnným otěrovým obložením. Na vnitřním plášti bubnu je uchycen rotor s 5 míchacími a 2 stěracími lopatkami (fotografie A.7 v příloze A) a pohon rotoru, který se skládá z převodové skříně a elektromotoru.

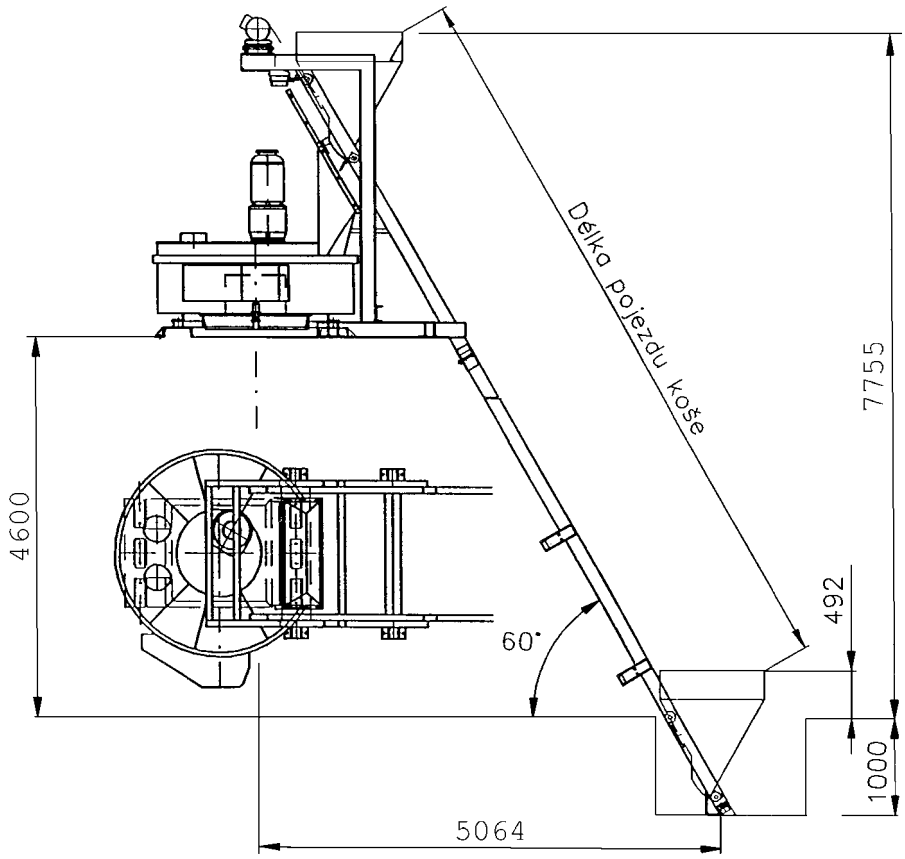
Ve dně míchacího bubnu je otvor pro výpust. Výpust tvoří segment tvaru kruhové výseče, otáčející se kolem svislé osy. Výpust je poháněna šnekovou převodovkou s brzdovým elektromotorem (fotografie A.8 v příloze A). Rozvod vody je proveden zakrouženou trubkou opatřenou 6 tryskami na kterou je možné napojit dávkovač vody.

Nejdůležitější technické parametry míchacího bubnu jsou uvedeny v tabulce 2.1.1.

Užitečný objem mísícího bubnu	750	dm^3
Objem čerstvého betonu	500	dm^3
Doba vyprazdňování	15	s
Počet otáček rotoru	27,1	$n.min^{-}$
Počet mísících lopatek	5	ks
Výkon el. motoru pohonu rotoru	22	kW
Max. rozměr kameniva	63	mm
Provozní napětí	400±5%	V
Frekvence	50±1%	Hz

Tab. 2.1.1. Technické parametry míchacího bubnu

Rozměrový náčrt uspořádání míchačky a pojezdu koše je na obrázku 2.1.2. Délka pojezdu koše v betonárce Říkov je 8380mm. Na fotografii A.9 v příloze A je ukázáno umístění koše v základní poloze a na fotografii A.10 je zachycen detail tažného zařízení dopravního koše.



Obr. 2.1.2. Míchačka s dopravním košem kameniva

Na dráze pojezdu koše jsou umístěny dva magnetické senzory. První, který je umístěn ve spodní části pojezdu, ověřuje přítomnost dopravního koše v základní pozici. Druhý senzor, který je umístěn 2450mm od horní části dráhy pojezdu dopravního koše, je užitečný pouze pro řídicí systém k registraci projetí dopravního koše daným místem.

Nejdůležitější technické parametry míchacího bubnu jsou uvedeny v tabulce 2.1.1.

Výkon el. motoru pohonu rotoru	7,5	kW
Pojezdová rychlost koše	0,5	$m.s^{-1}$
Provozní napětí	380	V
Frekvence	50	Hz

Tab. 2.1.2. Technické parametry tažného zařízení dopravního koše

2.2. Teorie míchání

Tato kapitola slouží pro přiblížení základních informací o teorii míchání betonových směsí, potřebných ke správnému návrhu řídicího systému a vizualizace jako nadstavby nad stávající technologií mísírny. Všechny informace v následujících podkapitolách jsou čerpány z [1]. Přestože je použitá literatura starší již více jak 10 let, jsou způsoby dávkování složek betonové směsi, používané plastifikační přísady a postupy míchání dodnes stále stejné, protože vývoj v míchání betonových směsí není příliš rychlý.

2.2.1. Dávkování složek betonové směsi

Dávkování složek betonové směsi se řeší v přímé návaznosti na způsob míchání. Obecně se dávkování dělí na :

- přetržité,
- plynulé (kontinuální).

I když teoreticky je přetržité dávkování pomalejší než dávkování plynulé, dává se mu většinou přednost, protože lze snadněji kontrolovat dodržení přesných dávek. Časové ztráty vznikající přerušováním při jednotlivých dílčích výrobních operacích a teoretická výhoda plynulosti se rychle ztrácí při častějším střídání druhů směsí, protože při odběru směsi nelze dosti přesně vystihnout, kdy končí směs předchozí a kdy začíná z míchačky vystupovat nová směs o jiném poměru složek. Z důvodu zachování kvality betonové směsi je proto nutné toto nejednoznačné složení vyrobené směsi vyloučit, zejména při změně dávkování cementu, při níž zvyšujeme bohatost směsi, popřípadě i množství záměsové vody.

2.2.1.1. Dávkování kameniva

Ve většině mísíren betonových směsí převažuje požadavek váhového dávkování jednotlivých frakcí. U velkých výkonných mísíren a zejména tehdy, klademe-li velký důraz na přesnost dávkování, jsou frakce váženy jednotlivě zvláštními váhami. U mísíren s menšími výkony se často používá postupného součtového vážení frakcí, což je pochopitelně jednodušší a zmenšuje počet vah mísírny. Součtové dávkování je však celkově pomalejší, protože nelze vážit všechny frakce současně, ale musí se vážit postupně jedna za druhou. Menší přesnost součtového dávkování lze aspoň částečně kompenzovat pořadím vážení tak, že začínáme nejdříve vážit tu frakci, která má nejmenší podíl z celkového objemu kameniva. Tím se zmenší vliv nepřesnosti vah.

Dříve se používali váhy mechanické, založené na známém principu pák. Mechanické váhy jsou však dnes nahrazeny váhami tenzometrickými, jejichž princip je založen na změně vodivosti kovové tyče v závislosti na změně jejího napětí v tahu. Naproti zastaralým mechanickým vahám jsou váhy tenzometrické méně poruchové, je však nutné u nich pečlivě

kontrolovat správnou funkci snímačů napětí nebo tyto snímače pro kontrolu zapojit ve dvou nezávislých okruzích.

U menších typů mísíren se kamenivo váží buď přímo v koši, který dopravuje kamenivo do mísicího bubnu, nebo přímo na pásovém dopravníku, který dopravuje kamenivo z jednotlivých frakcí do koše. V prvním případě se zpravidla používají tenzometrické váhy, na něž prázdný koš dosedá. Ve druhém případě je celý pásový dopravník pověšen na čidlech tenzometrických vah. V klidovém stavu jsou na něm naváženy jednotlivé frakce kameniva a po navážení všech frakcí je dopravník spouštěn a všechno kamenivo se vysype do připraveného prázdného koše.

Průběh vážení jednotlivých frakcí se sleduje na řídicím pultu mísírny přímo nebo dálkově na číselných displejích udávajících přímo aktuální hmotnost. U moderních systémů je součástí vyhodnocovacích jednotek vážních systémů kromě zobrazení udávajícího vážené množství také registrační zařízení, které zaznamenává váhy jednotlivých složek i celkovou váhu a může registrovat i celkovou spotřebu jednotlivých složek směsi pro potřebu účetní evidence. Některá registrační zařízení tisknou registrovaná množství frakcí a lze je použít i k tisku odběrních lístků i pro fakturaci. Registrační jednotka může také ve spojení s počítačem automatizovat účetní práce i fakturaci betonové směsi odběratelům.

2.2.1.2. Dávkování cementu

Při stoupajících nárocích na hospodárnost a přesnost dávkování se zpravidla požaduje, aby cement byl vážen na samostatných váhách, což je výhodné i z důvodů hygieny práce.

Systémy váhového dávkování cementu jsou v podstatě dva :

- cement je pouštěn obdobně jako kamenivo uzavřeným skluzem do utěsněné váhy přímo z menšího pracovního zásobníku a odvážená dávka je pak opět uzavřeným skluzem vypouštěna do míchačky;
- u druhého systému je cement k váze dopravován šnekovým dopravníkem přímo ze zásobníku. Protože šnekový dopravník může mít sklon 30°, šetří se při tomto uspořádání na celkové dopravní výšce cementu.

V zájmu přesnosti dávkování je nutné, aby váha pro vážení cementu pracovala co nejpřesněji. Tomuto požadavku dobře odpovídají samostatné váhy. Systém vah, kdy vlastní váha je sdružena s dopravníkem v jeden celek, je poměrně nepřesný.

Používá-li se k podávání cementu k váze šnekový dopravník, je výhodné používat dopravník s tzv. *progresivním šnekem*, kdy výška chodu se plynule nebo po malých sekcích zvětšuje směrem od zásobníku k váze. Při tomto zařízení je pohyb cementu v trubce plynule zrychlován a nebezpečí ucpání šnekového dopravníku je velmi malé. Šnekové dopravníky mají být řešeny tak, aby se transportní trubka včetně odnímatelného příkrovu velmi těsně stýkala s obvodem vlastního šneku, aby nevznikaly mrtvé kouty, v nichž se cement usazuje a které jsou zpravidla hlavní příčinou ucpávání šnekového dopravníku.

Dávkování cementu podle celých pytlů po 50kg je z hlediska celkového výkonu mísírny nevýhodné, protože při hospodárném dávkování je pak nutno zmenšit příslušné množství

kameniva a jak váhy, tak i mísicí buben jsou nevyužity. Někdy se i tento způsob připouští, protože je poměrně jednoduchý a přesný, ovšem pouze v tom případě, že cementárna plní přesně pytle, bez velkých odchylek od udané váhy náplně, tj. 50kg/pytel. Tento způsob se hodí pouze pro menší mísírny, s celkově menšími výkony.

2.2.1.3. Dávkování vody

Záměsovou vodu je možno dávkovat dvěma způsoby :

- přetržitě, kdy se voda nejprve plní do odměrné nádoby,
- plynule, kdy se voda pouští přímo do míchačky a odměřuje se průtokovým vodoměrem.

První způsob je sice poněkud složitější, ale má výhodu daleko větší přesnosti. Průtokové vodoměry někdy vykazují značné odchylky od udávaného množství a jsou tedy pro výrobu náročných betonů s vysokým požadavkem na stejnoměrnou konzistenci směsi méně vhodné. V poslední době se sice použití průtokových vodoměrů dosti rozmáhá a používá se přesných a cejchovaných vodoměrů, ale i tak je tento způsob méně přesný než objemové nebo dokonce hmotnostní dávkování vody.

Při objemovém dávkování záměsové vody se s výhodou používá hladinových elektrických kontaktů výškově seřiditelných podle odpovídajících objemů v příslušné odměrné nádobě. Tento způsob se však hodí jen pro mísírny s malou variabilitou druhů směsí v průběhu směny. Vyrábí-li se v průběhu směny větší počet druhů směsi, je vhodnější hmotnostní dávkování, založené na obdobném principu jako u kameniva, nebo v méně náročných podmínkách jednoduché dávkování průtokovým, ovšem pokud možno opravdu přesným a cejchovaným vodoměrem.

Vzhledem k tomu, že napouštěcí potrubí nelze uzavírat náhle, aby v potrubí nevznikali škodlivé rázy, je nutno při seřizování dávkovacího zařízení pamatovat na dobu potřebnou k uzavření ventilu, protože za tuto dobu nateče do míchačky či do odměrné nádoby ještě jisté množství vody.

Pro přesné dávkování vody je důležité, aby bylo plynule a výstižně sledováno množství vody v kamenivu, zejména v drobném kamenivu. Celkové množství záměsové vody se vztahuje na hmotnost suchého kameniva a hmotnost cementu. O podíl množství, které je již obsaženo ve vlhkém kamenivu, se musí přítok vody zkrátit.

Dříve bylo přesné dávkování vody velmi obtížné, protože laboratorní zjišťování obsahu vody v kamenivu je příliš zdlouhavé a nevystihne změnu vlhkosti kameniva v průběhu dne. Tato vlhkost může značně kolísat jednak podle místa odběru drobného kameniva (písku) na skládce, tak i v závislosti na počasí, tj. na množství srážkové vody spadlé na skládku a vsáklé do písku v případě, že není zastřešen.

Dnes se však již tento problém podařilo vyřešit poměrně uspokojivě pomocí čidel zjišťujících plynule vlhkost kameniva přímo v pracovním zásobníku mísírny. Tato čidla pracují na principu měření změny elektrického odporu v závislosti na vlhkosti nebo měření různého stupně pohlcování paprsků při takzvané neutronové sondě.

Při sledování vlhkosti kameniva postačí pouze sledovat vlhkost písku, která má opravdu značný vliv. Změny vlhkosti hrubého kameniva mají prakticky nepatrný vliv, protože toto kamenivo má mnohem menší specifický povrch a v jeho mezerách se větší množství vody neudrží. Je-li nutno výjimečně sledovat i vliv vlhkosti hrubého kameniva, postačí občasné laboratorní zkoušky a podle nich se pak stanoví oprava dávkování záměsové vody.

2.2.2. Míchání betonové směsi

Mícháním betonové směsi se má dosáhnout rovnoměrného rozložení všech složek směsi ve hmotě a zejména dokonalého promíchání cementu a vody, což je důležité pro pravidelný průběh hydratace cementu. Dále je nutné, aby všechna zrniva kameniva byla na celém svém povrchu dokonale obalena cementovou kaší (maltou). Míchaček různých typů, ve kterých se betonová směs míchá, je na světovém trhu velmi široký výběr, takže zde uvedu jen základní funkční principy nejčastěji používaných míchaček.

Nejznámější druhy míchaček lze členit :

- *podle funkce*, zda složky betonové směsi jsou míchány pouze přesýpáním založeném na principu volného pádu nebo zda jsou míchány pohrabováním různě utvářenými rameny apod.
- *podle konstrukčního řešení* se dělí na míchačky s pevnou osou a míchačky se sklopnou osou.

Jiné konstrukční rozlišení je podle způsobu otáčení v časech plnění, vlastního míchání a vyprazdňování míchačky. Podle průběhu vlastního míchání lze míchačky členit na stroje s přetržitým mícháním a stroje s mícháním nepřetržitým (tzv. kontinuální míchačky).

Z hlediska požadovaných výkonů se teoreticky jeví jako nejvhodnější míchačky s plynulým mícháním směsi. Jsou to v principu rotující válce s mírně nakloněnou osou, do nichž na horním konci plynule přicházejí v předepsané skladbě složky betonové směsi, které jsou lopatkami uvnitř válce přehazovány vynášením vzhůru při rotaci a na spodním konci vychází směs do odběrného zásobníku. Základní podmínkou výkonu stroje je plynulost toku materiálu bez časových ztrát. Ale právě tato pravidelnost toku materiálu klade vysoké nároky na plynulost přísunu a správné dávkování vstupních hmot, a proto jsou tyto požadavky příčinou, proč se kontinuální míchačky používají jen výjimečně.

U míchaček s přetržitým mícháním je rozdíl mezi mícháním volným pádem a mícháním nuceným. Míchačky pracující na principu přesýpání směsi unášené pevnými lopatkami na vnitřní stěně rotujícího mísicího bubnu potřebují mnohem delší dobu k dokonalému promíchání směsi, ale jsou podstatně odolnější proti opotřebování i při poměrně hrubozrnném kamenivu. Typ míchaček pracujících na principu volného pádu je snad jedině vhodný pro použití jako automobilová míchačka, která je osazena na podvozku nákladního automobilu, v níž se již hotová promíchaná směs domíchává za jízdy.

Pro vyšší výkony poměrně jemnozrnných směsí, hlavně při vysokých nárocích na kvalitu a rovnoměrnost, se stále více rozmáhá používání míchaček s nuceným promícháváním složek betonové směsi. Tyto míchačky s nuceným promícháváním mají velké přednosti a proto se používají jak u stabilních oblastních betonáren, tak i u mobilních jednotek. Jejich hlavní předností je, že jejich výkony vzhledem k objemu bubnu jsou mnohem vyšší než u míchaček s přepadovým mícháním a že tím lze dosáhnout stejných výkonů s daleko menšími míchačkami.

2.2.2.1. Postup míchání

Starší názory technologů prosazovaly, že nejprve má být pokud možno dokonale promícháno kamenivo s cementem a pak teprve lze přidávat záměsovou vodu. To bylo zdůrazněno tím, že tak lze účinně zabránit tvoření hrudek cementu, jejichž rozmělnění kamenivem při míchání prodlužuje cyklus míchání směsi. Tento názor se opíral hlavně o poznatky s ručním mícháním a do jisté míry i o poznatky s míchačkami starších typů, pracujících výlučně na principu přesypávání směsi.

Nové konstrukce míchaček s nuceným mícháním tento názor zvrátily. Ukazuje se, že je nejvhodnější nejprve promíchat cement s vodou a nejvýše ještě s drobným kamenivem rychle rotujícími mísidly, potom přidat zbytek kameniva a při zmenšeném počtu otáček směs promíchat účinkem mísicích ramen a lopatek. Tímto postupem se dosáhne opravdu dokonalé promíchání cementu s ostatními složkami a navíc jsou zrna kameniva dokonale obalena pojivem v kratším výrobním cyklu.

Pokud jde o tvoření cementových hrudek, zabrání tvorbě hrudek účinněji rychlé míchání při vysokém počtu otáček mísidel, než tomu je například při styku cementu bez vody s vlhkým kamenivem, hlavně je-li používáno kamenivo upravované za mokra. Další předností tohoto nového způsobu míchání je i to, že cementová malta takto připravená je do jisté míry aktivována, a tedy odolnější proti rozmíchání, a tuto vlastnost vykazuje i takto vyrobený beton, který je i odolnější proti rozplavení ve styku s vodou.

Zvýšení výkonu betonárny lze dosáhnout i úpravou časového sledu jednotlivých dílčích operací, a to přesahováním potřebných výrobních časů jak v rámci jednoho výrobního cyklu, tak i mezi jednotlivými výrobními cykly. Například plnění vah a vlastní vážení složek může probíhat současně s mícháním předchozí dávky v míchačce, čímž se podstatně zvýší využití vah a tím i výkon celého zařízení, který je pak dán prakticky pouze časem potřebným k naplnění míchačky, promícháním a vyprázdněním směsi do odběrního zásobníku.

2.2.3. Popis přísad

Chemické přísady se přimíchávají do čerstvé betonové směsi pro dosažení požadovaných vlastností. Jednou z těchto vlastností je odolnost betonové směsi proti mrazu, která se zvětšuje použitím provzdušňovacích přísad. Existují spousty různých provzdušňovacích přísad od různých výrobců. V mísírně betonových směsí Říkov se používá provzdušňovací přísada s názvem *Chryso-air*.

Další ovlivnitelné vlastnosti jsou doba, za kterou začne po namíchání betonová směs tuhnout a pevnost v tlaku. Tyto vlastnosti ovlivňují plastifikační přísady. Plastifikační přísady, které se používají v mísírně betonových směsí Říkov se jmenují *Chrysoplast* a *Chrysoxel*.

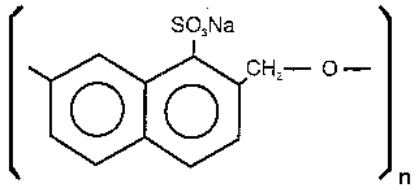
2.2.3.1. Plastifikační přísady

Plastifikační přísady redukují potřebné množství vody pro dosažení stejné zpracovatelnosti čerstvého betonu. Kromě obecných požadavků musí být plastifikační přísadou sníženo množství vody o více jak 5% při stejné konzistenci stanovené sednutím nebo rozlitím. Pevnost v tlaku přidáním plastifikační přísady má vzrůst za 7 až 28 dní nejméně na 110% proti referenčnímu betonu.

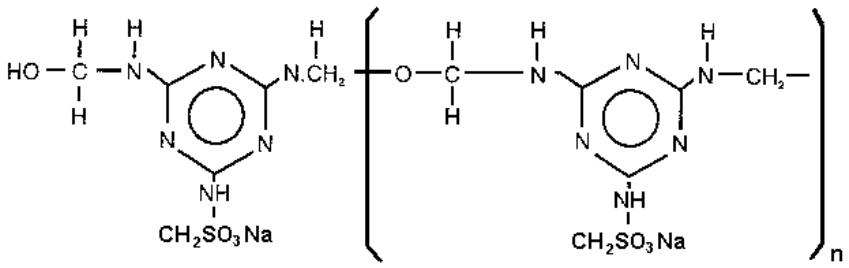
Z chemického hlediska se pro plastifikátory používá kromě řady jiných organických sloučenin například syntetické vodorozpustné kondenzáty polymerních produktů, z nichž podstatu plastifikátorů tvoří zejména :

- SNF sulfonované naftalenformaldehydové kondenzáty,
- SMF sulfonované melaminformaldehydové kondenzáty.

Chemické vzorce SNF a SMF jsou na obrázcích 2.2.1 a 2.2.2.



Obr. 2.2.1. Chemický vzorec SNF



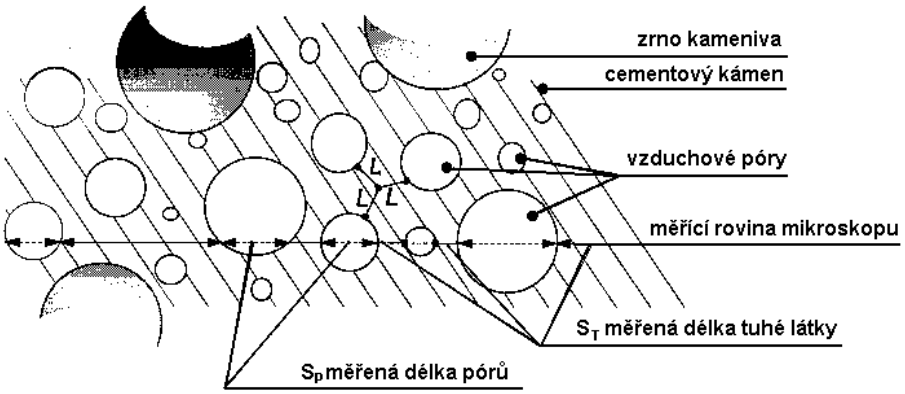
Obr. 2.2.2. Chemický vzorec SMF

SMF zpomaluje hydrataci C_3A a přechod trisulfátu na monosulfát, avšak zvyšuje stupeň hydratace cementu. SMF ovlivňuje tvorbu pórovité struktury cementového kamene tím, že snižuje podíl póru větších jak 10^{-7}m a zvyšuje podíl pórů velikosti 5 až 100μm.

Doporučené dávkování je 1 až 3% hmotnosti cementu podle konzistence a užití betonu. Druh sloučeniny a především modifikace uvedených látek se určují v závislosti na tom, zda budou použity pro čerpaný beton, pro beton tuhé nebo měkké konzistence, pro různé druhy a množství cementu. Je proto potřeba a někdy i nutnost experimentálně ověřit vhodnost příslušného druhu přísady.

2.2.3.2. Provzdušňovací přísady

Provzdušňovací přísady jsou látky, které po přidání během míchání čerstvého betonu, vytváří uzavřené vzduchové póry jemně distribuované v betonu. Již před více než padesáti lety se zjistilo, že betony obsahující jemně rozptýlené vzduchové póry lépe odolávají působení mrazu a agresivitě mořské vody. Tyto póry mění pórovitou strukturu cementového kamene, a tím porušují síť kapilár. Vzduch uzavřený v pórech zlepšuje chování betonu proti účinkům ledu vznikajícího zmrznutím vody v kapilárách, stejně tak i proti růstu krystalu chemických solí (rozmrazovací soli, mořská voda). Kritériem účinnosti provzdušňovací přísady na trvanlivost betonu je vzdálenost pórů od sebe navzájem, označovaná jako součinitel prostorového rozložení vzduchových pórů L (obrázek 2.2.3), která má být menší než 0,25mm (spacing factor) a velikost vytvořených pórů bývá o průměru 25 až 250μm (celý rozsah pórů je od 10μm do 1mm). Větší vzduchové póry nebo kapiláry snižují trvanlivost, stejně tak snižují trvanlivost i větší vzdálenosti mezi póry.



Obr. 2.2.3. Schéma měření pórů pro stanovení součinitele prostorového rozložení vzduchových pórů L [mm]

Objem kulovitých pórů, jejich velikost a distribuce ovlivňují parametry :

- druh a množství provzdušňovací přísady, která se dávkuje jen ve velmi malém množství 0,05 až 0,5% hmotnosti cementu a v čerstvém betonu se musí docílit provzdušnění 5,5 ± 0,5%,
- druh, jemnost mletí a množství cementu; čím jemnější cement a čím obsahuje více strusky, tím je třeba větší dávky přísady pro stejné množství vzduchových pórů,
- potřebné množství pórů se snižuje se zvětšujícím se maximálním zrnem kameniva. Dle ENV 206 se požaduje provzdušnění pro D_{max} = 32mm 4%, pro 16mm 5% a pro 8mm již 6%.
- intenzivní vibrací se část póru vytěsní,
- pevnost betonu v tlaku klesá se stupněm provzdušnění asi o 5% na každé % provzdušnění, avšak nesmí klesnout pod 75% pevnosti referenčního betonu za 28 dní,
- provzdušňovací přísada působí často plastifikačně, na 1% pórů se snižuje množství vody asi o 2% při stejné době zpracovatelnosti.

2.3. Postup míchání betonových směsí v mísírně Říkov

Postup míchání v mísírně betonových směsí Říkov se téměř neliší od teorie míchání popsané v kapitole 2.2.2.1. Správný postup míchání je velmi důležitý pro dosažení co nejlepší kvality betonu, resp. malty. Drobné odlišnosti v postupu míchání od výše uvedené teorie míchání jsou způsobeny použitím částečně odlišné mísicí technologie.

Postup míchání ovládaný řídicím systémem je stejný jako když je míchání ovládáno ručně. V ručním režimu je pouze proces míchání pomalejší, protože v něm jsou zbytečné časové prodlevy způsobené lidským faktorem. Vývojový diagram popisující postup míchání je na obrázku 2.3.1. Tento diagram nemůže zachytit všechny detaily postupu míchání a proto je celý postup včetně detailů, které nejsou zachyceny ve vývojovém diagramu, podrobně popsán v následujících podkapitolách.

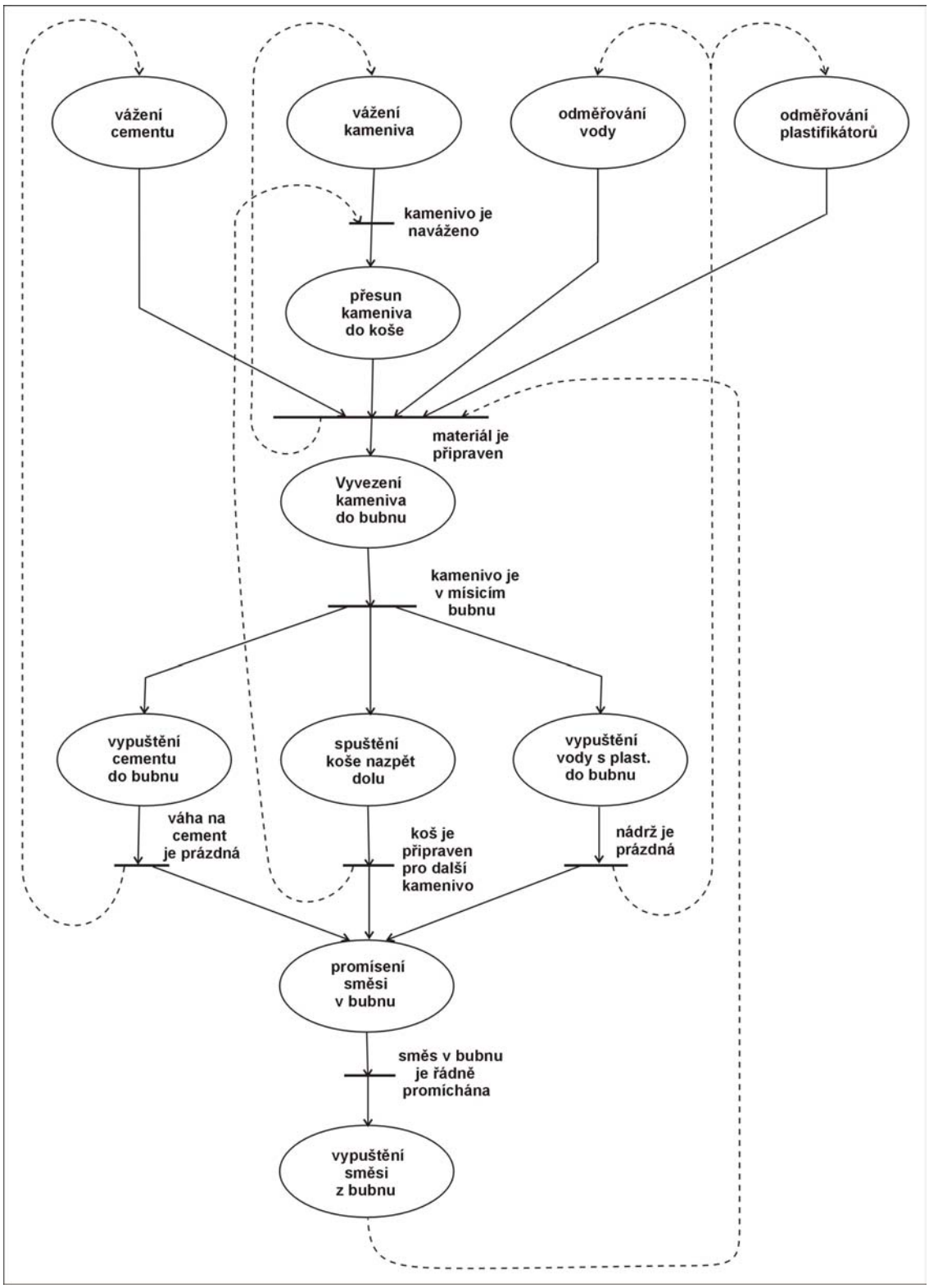
2.3.1. Příprava materiálu pro míchání

Před začátkem míchání je potřeba navážit kamenivo a cement, a odměřit nastavené množství záměsové vody a plastifikačních přísad (dále jen plastifikátory). Mísící technologie v mísírně betonových směsí Říkov umožňuje současné navažování kameniva i cementu a zároveň ve stejnou dobu i odměřování vody. Tyto operace tedy můžou být vykonávány paralelně a tím se podstatně zkrátí doba celého mísicího procesu.

Voda je pomocí průtokoměru odměřována do nádrže nad mísicím bubnem a po 5s jsou do nádrže s vodou odměřeny také plastifikační přísady. Ty by se neměli dostat do nádrže s vodou dokud je ještě prázdná a stejně tak ani když je již záměsová voda odměřena. Plastifikační přísady jsou poměrně silné chemické látky a pokud by se dostaly do nádrže v níž ještě není voda, mohly by narušit její povrch a vodní nádrž by potom vyžadovala mnohem častější údržbu. V opačném případě, pokud by se plastifikační přísady dostaly do nádrže až po odměření záměsové vody, nebyly by dostatečně promíchány přitékající vodou.

Cement je navažován do váhy umístěné nad míchačkou. Z kterého zásobníku je cement do váhy dopravován záleží na tom, který ze šnekových dopravníků je aktivní. V kapitole 2.1.2 bylo popsáno, že je kamenivo navažováno z každé frakce zvlášť. Většinou je v první a druhé frakci stejný druh písku a ve třetí a čtvrté frakci stejný druh kamenné drtě, a proto se pro rychlejší navážení kameniva používá pouze jedna frakce od každého druhu. Někdy je ale v každé frakci jiný druh kameniva a může se stát, že připravovaná směs musí obsahovat všechny druhy kameniva a pak je nutno navažovat ze všech čtyř frakcí.

Po ukončení navažování kameniva na vážícím dopravníku je kamenivo tímto dopravníkem přemístěno do dopravního koše (dále jen koš) a tím je ukončena příprava materiálu a může začít proces míchání.



Obr. 2.3.1. Vývojový diagram postupu míchání v mísírně Říkov

2.3.2. Namíchání směsi v mísicím bubnu

Mísicí proces začíná spuštěním míchačky. Pomocí koše je do bubnu míchačky dopraveno kamenivo a přesně v okamžiku, kdy je započato vysypávání kameniva z koše do míchačky je do míchačky také vypuštěn cement a záměsová voda obsahující plastifikátory (v případě, že jsou součástí míchané směsi). Vystihnutí správného okamžiku vypuštění cementu a záměsové vody do míchačky je důležité ze dvou důvodů. První důvod je, aby se kamenivo a cement důkladně promíchaly se záměsovou vodou a druhý důvod se týká pouze záměsové vody, která snižuje poškození vnitřního povrchu míchačky při dopadu kameniva z koše. Po vyprázdnění kameniva z koše je potřeba koš dopravit zpět dolů do jeho základní pozice, kde je připraven na další mísicí proces.

Směs by se měla podle teorie míchání míchat tak dlouho, dokud není dokonale spojeno kamenivo s cementem. K dostatečnému promíchání je potřeba minimálně 10-15 sekund. Pokud je hotová směs dopravována na místo určení nákladním automobilem se sklopnou korbou, je potřeba, aby byl tento minimální čas dodržen. V případě, že je ale směs dopravována na místo určení autodomíchávačem, může být čas míchání kratší, protože směs je ještě domíchávána po dobu dopravy na místo určení.

Jak už bylo výše zmíněno, je směs po dostatečném zamíchání vypuštěna pomocí výpustné klapky umístěné na dně míchačky do přistaveného autodomíchávače nebo do jiného nákladního automobilu. Po vypuštění je míchačka vypnuta a tím skončí celý mísicí proces.

2.3.3. Zpracování zakázky při větším odběru

Protože objem míchačky je pouze 0,5m^3 a většina zakázek je na větší objem betonu, resp. malty, je v rámci jednoho mísicího procesu nutné mísicí cyklus několikrát opakovat. Například autodomíchávač používaný v mísírně betonových směsí Říkov má kapacitu 4m^3 betonu, resp. malty. K odstranění zbytečných časových prodlev při zpracování zakázky obsahující více mísicích cyklů, je potřeba začít připravovat materiál pro další cyklus ještě během procesu míchání předešlé cyklu, tedy co nejdříve jak je to možné. Na obrázku 2.3.1 jsou okamžiky, kdy je možné začít připravovat materiál pro další mísicí cyklus, vyznačeny přerušovanou čarou.

Kamenivo pro další mísicí cyklus je možné začít navažovat hned po zastavení vážicího dopravníku, který přemístí navážené kamenivo do připraveného koše. Po vysypání kameniva z koše do míchačky a vypuštění cementu a záměsové vody s plastifikátory, je možné začít znovu navažovat cement a odměřovat do nádrže záměsovou vodu a plastifikátory pro další mísicí cyklus. Po navrácení koše dolů do jeho základní polohy a po navážení dalšího kameniva, je možné přemístit znovu navážené kamenivo do připraveného koše. Než je znovu připraven materiál pro další mísicí cyklus, uběhne cca 15 sekund, což je postačující doba pro dostatečné promíchání předešlé směsi v míchačce, a proto je hned po ukončení přípravy

materiálu pro další mísicí cyklus otevřena výpustná klapka míchačky a zároveň spuštěno vyvezení koše nahoru k míchačce. Doba po kterou se koš dopravuje nahoru k míchačce je dostatečně dlouhá na to, aby se stihla míchačka vyprázdnit do přistaveného autodomíchávače, resp. do jiného nákladního automobilu. Krátce před vysypáním kameniva z koše míchačky je pouze potřeba znovu zavřít výpustnou klapku míchačky. Dále už mísicí cyklus pokračuje jak bylo popsáno výše.

3. Návrhy způsobu řízení

Na základě znalostí teorie míchání betonových směsí, resp. malt a odlišností od této teorie v betonárce Říkov je cílem této práce navrhnout nejvhodnější způsob, kterým bude tato betonárka řízena. Ke správnému návrhu je potřeba mít dostatečné informace o všech akčních členech v betonárce Říkov potřebných k namíchání betonu, resp. malty a stejně tak informace o tom, jak se tyto akční členy ovládají. Všechny tyto informace jsou obsaženy v kapitole 2.

Volba způsobu řízení je silně ovlivněna požadavky zadavatele práce. V následující podkapitole jsou tyto požadavky popsány. V další podkapitole je stručně popsáno, jak vypadají řídicí systémy pro betonárky od jiných tuzemských firem. Na závěr byl na základě všech dostupných informací a požadavků zadavatele práce navržen nevhodnější způsob pro řízení betonárky Říkov.

3.1. Požadavky zadavatele práce

Hlavními kritérii pro návrh řídicího systému jsou požadavky zadavatele práce. Zadavatel práce měl na navrhovaný řídicí systém požadavky hardwarové i softwarové. Oba druhy požadavků, tj. jak hardwarové tak i softwarové jsou velmi ovlivněny požadavkem ekonomickým. Hlavní požadavek je tedy minimální možná pořizovací cena použitých komponent pro celý řídicí systém. To je velmi omezující požadavek a proto je tím i ovlivněn celý návrh řídicího systému.

První hardwarový požadavek je zachování ovládacího panelu na původním místě a zároveň i minimální nutné změny v jeho podobě. Zadavatel práce si sám vybral vážící systém pro navažování kameniva a cementu od firmy RVS z Chodova, protože měl možnost si tento systém prohlédnout v chodu v mísírně betonových směsí v Mladé Boleslavi a navíc byl tento systém levnější, což byl rozhodující faktor. Ovládací jednotku tohoto vážícího systému je možné ovládat z nadřazeného systému po komunikační lince pomocí protokolu, který je dán výrobcem. Využití této ovládací jednotky v řídicím systému a tedy přizpůsobení se danému protokolu je druhý požadavek zadavatele, který ovlivňuje jak hardware, tak i software řídicího systému.

Další požadavky jsou dány tím, že kromě plně automatického ovládání mísicího procesu musí řídicí systém také zajišťovat administrativní funkce potřebné k chodu betonárky. Pro snadnější a rychlejší spouštění mísicího procesu je potřeba vést databázi evidující všechny míchané receptury v betonárce. Ke každé zakázce je nutno přidat dodací list, který musí být vytisknut během míchání dané zakázky. Pro rychlé vyplnění dodacího listu musí řídicí systém také obsahovat databázi evidující odběratele. V neposlední řadě je také potřeba zaznamenávat spotřebovaný materiál, aby bylo možné vést skladové hospodářství betonárky.

Poslední důležitý požadavek zadavatele práce je možnost sledovat průběh procesu míchání z řídicího stanoviště pomocí vizualizace. Tuto funkci by měl řídicí systém podporovat i v případě, že bude mísící proces obsluhován manuálně.

3.2. Řízení betonárek realizované jinými firmami

Před správnou volbou způsobu řízení na základě požadavků zadavatele je vhodné porovnat řídicí systémy betonárek realizované jinými tuzemskými firmami. V následujících dvou podkapitolách jsou stručně popsány dva řídicí systémy mísíren betonových směsí od dvou různých českých firem.

3.2.1. Řídicí systém ATX compact

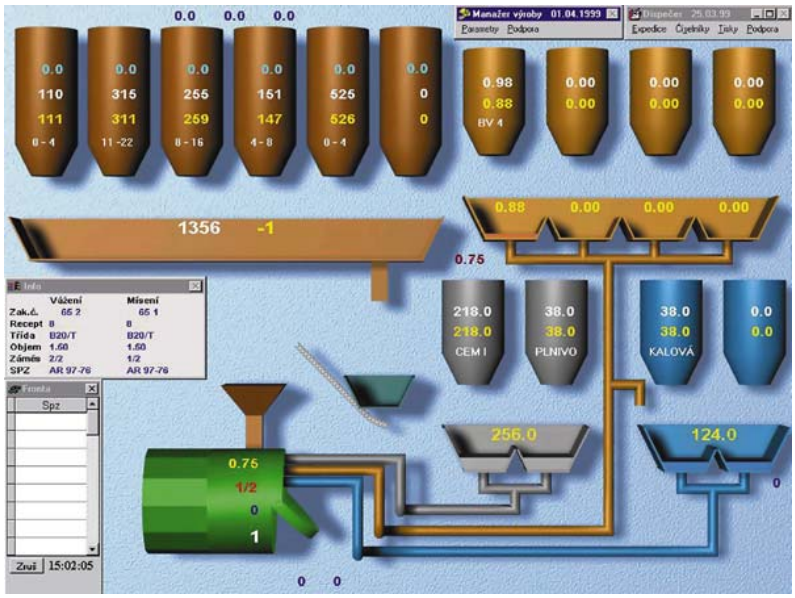
Řídicí systém ATX COMPACT od firmy Asterix a.s. [2] je speciálně koncipován pro mísicí centra menších výrobních jednotek. Jeho provedení je maximálně kompaktní, takže jsou veškeré komponenty tj. elektrické ovládací a silové obvody a elektronika osazeny v jediném kompaktním rozvaděči (obrázek 3.1.a). ATX COMPACT je dodáván podle vybavení rozvaděče v několika provedeních. Základní provedení je osazeno komponenty pro navažování kameniva a cementu s možným zachováním průtokoměru vody bez dávkování přísad a obsahuje silové obvody a elektroniku včetně dvou displejů vah. Střední provedení disponuje navíc ovládáním a displejem váhy vody, plné provedení pak řízením i zobrazením navažování pro dvě nezávislé váhy přísad.

Řídicí systém ATX COMPACT řídí komplexně celý proces výroby betonové směsi pomocí počítače IBM PC kompatibilního a zobrazuje na monitoru v reálném čase právě probíhající děj v technologii betonárny (obrázek 3.1.b). Umožňuje tak plně automatický provoz na úrovni personálního počítače jako přímé automatické řízení klasické betonárny. Dalším druhem provozu je manuální ovládání betonárky pomocí ovládacího panelu na rozvaděči bez použití PC se zachováním veškerých technologických blokací.

Řídicí program v PC je koncipován flexibilně, takže umožňuje budoucí rozšiřování ovládacích i řídicích funkcí a je schopen komunikace s jinými systémy prostřednictvím standardizovaných prostředků. Řídicí program též umožňuje přechod jednotlivých uzlů na manuální ovládání. Systém je tvořen řídicím pracovištěm, které je přímo napojeno na ovládací soustavu betonárny a řídí tak kompletní proces výroby betonu. Součástí tohoto celku je také dispečerské pracoviště pro příjem objednávek, evidenci a tisk dodacích listů, které pracuje současně s řídicím systémem betonárny. Elektronická jednotka zajišťuje styk řídicího počítače s technologií, zpracovává stavové informace a analogové údaje, které posílá obousměrně po sériové lince formou zpráv do řídicího počítače. Dispečerský program umožňuje práci nejméně dvou uživatelů v režimu čtení/zápis (dispečer + míchač) a dalších uživatelů v režimu čtení.

Všechny funkce jsou jištěny přístupovými právy uživatele a opatřeny kvalitní nápovědou. Systémy řady ATX 300 jsou připraveny na vícejazyčnou mutaci. Obsluha dispečerského pracoviště přijímá objednávky na výrobu betonových směsí, zpracovává je a odesílá na betonárnu. Odesílání se při propojení provádí automaticky, současně se tiskne dodací list a vytvářejí se podklady pro fakturaci. Obsluha má k dispozici databázi zákazníků,

staveb, dodavatelů, řidičů a vozidel s řadou uložených údajů, což umožňuje rychlé přijetí objednávky, kontrolu dodržování platebních podmínek apod. Program zároveň zajišťuje evidenční a statistické funkce, související s provozem betonárny jako celku včetně skladového hospodářství.



Obr. 3.1. a. Rozvaděč s ovládacím panelem pro manuální ovládání betonárky
b. Vizualizace řídicího systému ATX compact

3.2.2. Řídicí systém od firmy IVAR a.s.

Řídicí systém od firmy IVAR a.s. [3] je stejně jako řídicí systém ATX Compact dodáván v pultovém provedení s ovládacími prvky ručního ovládání, které jsou umístěny na skříňovém rozvaděči se silovými obvody (Obrázek 3.2). Od předešlého řídicímu systému je navíc na pultě umístěn také displej zobrazující základní informace o průběhu mísicího procesu. Toto řízení umožňuje automatickou výrobu betonu podle vybrané receptury (max. 100 receptur) po jednotlivých objednávkách (0.1 až 9.9 m^3). a zaznamenávání spotřeby materiálu a vyrobených záměsí.

Také tento řídící systém je možno dálkově ovládat připojeným PC s těmito možnostmi :

- Grafické zobrazení stavu technologie na pozadí
- Správa receptur (počet neomezen)
- Databáze zákazníků, staveb, dopravních prostředků
- Objednávání betonu přes frontu zákazníků
- Bilance materiálů, stav zásob, ceny
- Tisk faktur a dodacích listů

Obr. 3.2. Rozvaděč s ovládacím panelem a displejem

3.3. Způsob řízení v betonárce Říkov

Z kapitoly 3.2 je vidět, že ostatní firmy mají řídicí systém úzce spojený s manuálním ovládáním a proto mají všechny ovládací prvky, včetně řídicího systému umístěny v jediném rozvaděči. V některých případech je na rozvaděči umístěno i jednoduché zobrazující zařízení pro vizualizaci. Všechny ostatní funkce, které nejsou nutné pro řízení mísicího procesu jsou realizovány pomocí vzdáleného PC připojeného přes sběrnici. Ve většině případech se jedná o administrativní funkce nutné pro chod betonárky a podrobnější vizualizaci.

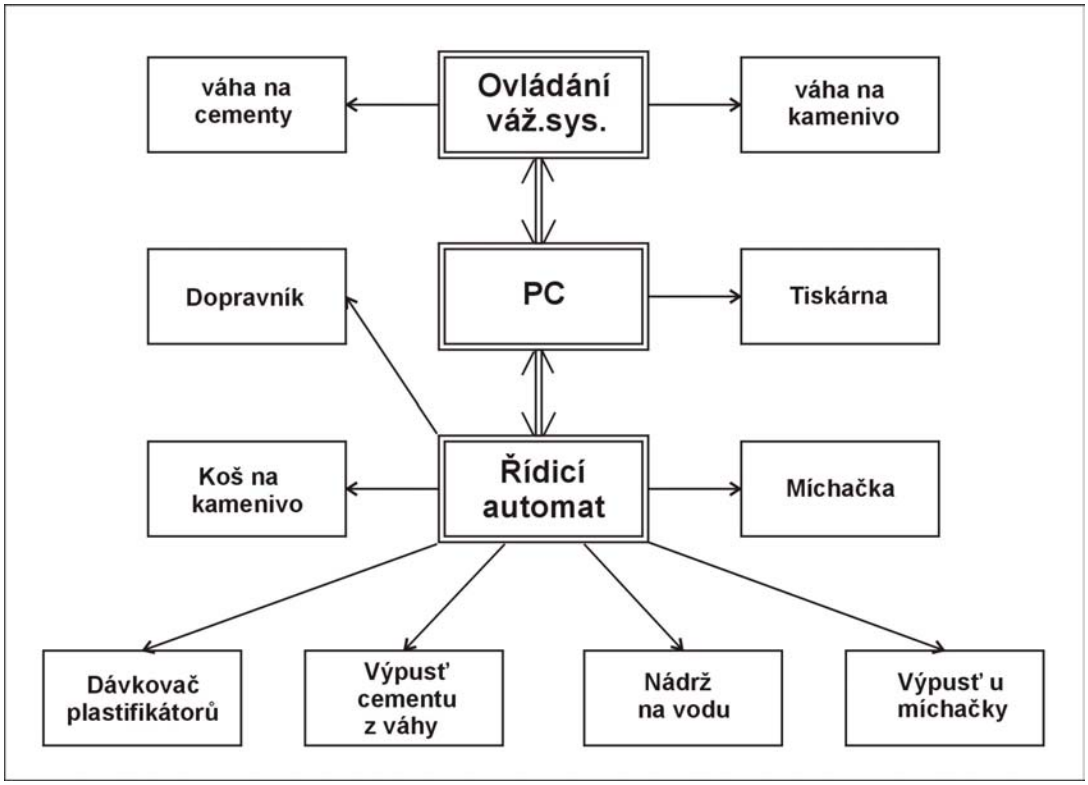
Přestože nabízené řídicí systémy od tuzemských firem splňují většinu požadavků zadavatele práce, nemůže být žádný z nich aplikován jako nadstavba nad stávající technologií betonárky, protože jejich součástí je i manuální ovládání a ve většině případů i silnoproudá část elektroinstalace. Tím odporují základnímu požadavku zadavatele práce na nízkou finanční náročnost celého projektu. Navíc v případě, že je řídicím systém navrhován přímo pro betonárku Říkov, není nutné, aby poskytoval funkce, které v betonárce Říkov nejsou vyžadovány a tím je také redukována cena celého řídicího systému.

Protože je po spuštění mísicího procesu ke každé zakázce také potřeba vytisknout dodací list a přitom je z bezpečnostních důvodů třeba sledovat průběh mísicího procesu pomocí vizualizace, je vhodné spojit uživatelské prostředí řídicího systému s administrativním funkcemi nutnými pro chod betonárky. Proto je pro řízení betonárky Říkov nejvhodnější použít distribuovaný řídicí systém se supervisorem tvořeným aplikací v osobním počítači. Tato aplikace by z hlediska řízení měla sloužit jako uživatelské rozhraní mezi obsluhou betonárky a řídicím systémem, měla by realizovat vizualizaci mísicího procesu a pomocí komunikace synchronizovat činnost podřízených prvků, které přímo řídí mísicí proces. Z hlediska administrativní části by měla poskytovat potřebné databáze, statistiky spotřebovaného materiálu a tisk požadovaných formulářů.

První podřízený prvek tvořený ovládací jednotkou vážního systému od firmy RVS z Chodova je dán již z požadavku zadavatele práce. Druhý podřízený prvek by měl být tvořen programovatelným automatem, který by měl kromě obsluhy vah ovládat všechny akční prvky mísicí technologie. Je možné použít běžný programovatelný automat dodávaný na tuzemském trhu, ale pro tento řídicí systém je vhodnější navrhnout vlastní strukturu programovatelného automatu přímo pro betonárku Říkov. Touto volbou je ulehčen návrh softwaru do tohoto automatu, protože může být vhodně navržen komunikační protokol pro komunikaci s nadřazeným systémem, tak aby co nejvíce vyhovoval daným potřebám.

4. Realizace řídicího systému

Pro splnění všech požadavků zadavatele práce je pro mísírnu betonových směsí nejvhodnější distribuovaný řídicí systém se supervisorem (dále jen PC) ovládajícím dva podřízené prvky. Ovládací jednotkou vážního systému a programovatelný automat. Všechny akční prvky v mísírně betonových směsí jsou řízeny pouze podřízenými prvky distribuovaného řízení. PC neslouží pouze jako uživatelské prostředí řídicího systému, ale také jako synchronizační prvek mísicího procesu mezi oběma podřízenými prvky. Základní struktura distribuovaného řídicího systému je graficky znázorněna na obrázku 4.1. Tento obrázek zároveň znázorňuje tok dat mezi jednotlivými prvky řídicího systému a také tok dat mezi podřízenými prvky a jednotlivými akčními členy.



Obr. 4.1. Základní struktura distribuovaného řídicího systému

Z obrázku 4.1 je vidět, že ovládací jednotka vážního systému obsluhuje pouze váhu na kamenné drtě a cement. Všechny ostatní akční členy mísicího procesu obsluhuje řídicí automat.

Hlavní funkce aplikace v PC je tedy řízení mísicího procesu. Před začátkem míchání je nejdříve třeba zadat podřízeným systémům požadované množství jednotlivých surovin, ze kterých se skládá beton. Potom na základě stavů obou podřízených systémů správně synchronizovat jejich vzájemnou spolupráci k dosažení co nejmenších časových prodlev, které prodlužují dobu trvání mísicího cyklu. Kromě základní funkce řízení mísicího procesu musí program také poskytovat funkce související s mícháním betonu a administrativní funkce potřebné pro správné vedení firmy. K funkcím souvisejícím s mícháním betonu patří například databáze receptur, možnost změnit si vybranou recepturu těsně před mícháním podle aktuálních požadavků zákazníka apod. Mezi administrativní funkce patří vedení statistik o spotřebě materiálu s možností tisku. Další funkce je vedení databáze odběratelů, která slouží k rychlému vyhledání odběratele při tisku dodacího listu. To je další administrativní funkce, kterou program poskytuje.

Funkce ovládací jednotky vážního systému je navažování cementu i kameniva nezávisle na ostatních prvcích řízené technologie. Toto se provádí obsluhou čtyř pneumatických ventilů, které otevírají jednotlivé zásobníky kameniva a obsluhou jednoho ventilu, který otevírá propust na konci šnekového dopravníku spojujícího zásobníky cementu se závěsnou váhou na cement. Navažování je spuštěno po komunikační lince příkazem z PC a po ukončení navažování je PC opět informováno, že je na dopravníku připraveno nastavené množství kameniva a že v závěsné váze je připraveno zvolené množství cementu.

Řídicí automat na základě informací o procesu vážení, které se k němu dostávají po komunikační lince z PC, řídí přímo akční členy celé mísicí technologie. Jakmile jsou zadány požadované hmotnosti do ovládací jednotky, zadá PC do řídicího automatu nastavené množství záměsové vody, plastifikačních přísad a dá pokyn řídicímu automatu ke spuštění mísicího procesu. Způsob, jakým řídicí automat ovládá akční členy mísicího procesu je podrobně popsán v podkapitole 4.2.2.

Komunikace obou podřízených prvků s PC je asynchronní a dochází k ní jen tak často, aby každý prvek distribuovaného řídicího systému věděl, v jakém stavu jsou akční členy, které sám neobsluhuje. Tím jsou všechny prvky řídicího systému dostatečně informovány a nedochází tak k zbytečným časovým prodlevám v průběhu mísicího cyklu a zároveň nemůže komunikace omezovat ostatní funkce řídicího systému.

Součástí programu v PC je také vizualizace, která umožňuje sledovat průběh mísicího procesu na monitoru. Pokud není při manuálním ovládaní mísicího cyklu vypnut řídicí automat a může tedy komunikací informovat program v PC o aktuálních stavech mísicí technologie, je vizualizace funkční i při manuálním ovládání mísicího procesu.

4.1. Ovládací jednotka vážního systému

Ovládací jednotka vážního systému (dále jen ovládací jednotka) dodávaná s vážním systémem jako technologický celek, obsluhuje pomocí pěti pneumatických ventilů a šesti tenzometrů celý vážní systém. Je ji možno ovládat buďto nadřazeným ovládacím prvkem po komunikační lince, nebo jí ovládat manuálně pomocí klávesnice a displeje, které jsou umístěné na předním panelu ovládací jednotky (fotografie A.3 v příloze A). Ovládací jednotka také umožňuje některé přídavné funkce jako například současné tárování váhy na kamenivo a cementy nebo nastavení minimální registrované hmotnosti zvlášť pro váhu na kamenivo a zvlášť pro váhu na cement. Tyto dvě naposled zmíněné funkce jsou ale přístupné pouze z klávesnice ovládací jednotky, protože dodaný software ovládací jednotky tyto hodnoty neumožňuje měnit po komunikační lince.

Nadřazeným prvkem je ovládací jednotka řízena po komunikační lince 20ti bytovým paketem. To umožňuje nadřazenému systému do ovládací jednotky zadávat hmotnosti jednotlivých frakcí kameniva, resp. cementu a také spuštění navažování podle nastavených hodnot. Spuštění navažování kameniva a cementu je na sobě vzájemně nezávislé. Podobným způsobem může nadřazený prvek číst z ovládací jednotky informace o stavu vážení nebo má také možnost přečíst aktuálně nastavené hmotnosti pro jednotlivé frakce kameniva a cementu. Stejně tak je možné přečíst aktuální hmotnosti naváženého cementu na váze, resp. kameniva na vážicím dopravníku. Ovládací jednotka také poskytuje informace o stavech vážního systému. Například, zda je zrovna navažováno kamenivo, resp. cement nebo zda je prázdný vážicí dopravník, resp. váha na cement. Výše zmíněný 20ti bytový protokol podrobně popisuje jedna z následujících podkapitol.

Ovládací jednotka nedovolí spustit navažování kameniva, resp. cementu, pokud není vážicí dopravník, resp. váha na cement prázdná. Tato vlastnost ovládací jednotky je užitečná z hlediska bezpečnosti, ale v případě, že je nastavena vyšší citlivost váhy na počáteční registrovanou hmotnost, způsobuje problémy v řízení u spouštění navažování kameniva. I přestože je dopravník prázdný, tak při nastavené nižší počáteční registrované hmotnosti se na displeji ovládací jednotky zobrazující hmotnost kameniva střídá nula s nějakou nenulovou hodnotou. A pokud nadřazený prvek dá příkaz ovládací jednotce ke spuštěná navažování kameniva v okamžiku, kdy váha zaznamenává nenulovou hmotnost na vážicím dopravníku, není tento příkaz ke spuštění navažování vykonán. Z tohoto důvodu je důležité pro bezchybný průběh mísicího procesu ovládaného řídicím systémem, aby byla počáteční registrovaná hmotnost u obou vah nastavena tak, aby ovládací jednotka v případě, že jsou váhy opravdu prázdné, vyhodnocovala vždy jen nulovou hmotnost.

V případě, že je navažování z nějakého důvodu přerušeno (prázdný zásobník, apod.) a nemůže být dokončeno, musí být ovládací jednotka vyresetována, aby s ní bylo možné znovu pracovat. Ovládací jednotku lze resetovat dvěma způsoby. První, snadnější, je pomocí nadřazeného PC, který po komunikační lince vyšle do ovládací jednotky příkaz pro reset. Pokud z nějakého důvodu není komunikační linka mezi PC a ovládací jednotkou funkční, je možné ovládací jednotku resetovat stiskem resetovacího tlačítka, které je umístěno pod předním krycím panelem ovládací jednotky.

4.1.1. Hardware ovládací jednotky

Vzhledem k tomu, že vážní systém byl dodán jako kompletní systém včetně instalace, je úplný popis hardwaru ovládací jednotky neveřejný a proto jsou dále uvedené informace velmi povrchní. V této aplikaci je použití ovládací jednotky softwarově omezeno pouze na obsluhu váhy kameniva a cementu a na komunikaci s nadřazeným systémem. Hardware ovládací jednotky je ale dimenzován tak, aby dokázala po zadání všech potřebných veličin řídit sama mísicí proces.

Ovládací jednotka je řízena osmibitovým mikroprocesorem Z84C15. Bližší informace o tomto mikroprocesoru jsou v příloze B. V dodané řídicí jednotce je taktovací frekvence mikroprocesoru 9,83MHz. Mikroprocesor je doplněn o tři paměti. První je typu ROM velikosti 32MB, druhá je zálohovaná paměť typu RWM CMOS 128kB a třetí je sériová paměť typu EEPROM 24LC64. Deska obsahuje obvody poskytující 7 kanálů 12ti bitového A/D převodníku, 32 bitových vstupů a 32 bitových výstupů. Dále také paralelní rozhraní pro fluorescenční displej, paralelní rozhraní pro displej LCD a paralelní rozhraní klávesnice. Všechny moduly pro styk s okolím jsou od procesoru galvanicky oddělené. Standardně je deska osazena moduly pro 8 bitových vstupů a 8 bitových výstupů, modulem pro galvanické oddělení 2 čítačů (např. pro impulsní vstupy průtokoměrů) a modulem pro galvanické oddělení linky RS485. Deska může být také osazena galvanicky odděleným sérioparalelním převodníkem pro tiskárnu nebo například galvanicky oddělenými převodníky vstupních a výstupních proudových smyček 0-20mA. Jako zobrazovací prvek je u ovládací jednotky použit VFD displej ITRON NORITRAKE CU20029SPB-T20A. Celá ovládací jednotka je napájena 5V. Toto napájení slouží pro obvodovou část mikroprocesoru i pro moduly pro styk s okolím.

Programové vybavení ovládací jednotky je sestaveno z programových modulů napsaných v assembleru a je doplněno podle dané aplikace. Stejně tak i komunikační protokol pro komunikaci s nadřazeným systémem má pro všechny aplikace podobnou strukturu, ale významy některých stavových bitů se liší podle aktuálních potřeb.

S nadřazeným systémem je ovládací jednotka propojena sériovou poloduplexní sběrnicí RS485, která používá budiče MAX485. V klidovém stavu jsou budiče orientovány jako vstupní. Změna orientace budičů je prováděna automaticky do 1 ms po posledním vyslaném znaku. Přenosová rychlost je 9600 Bd, jeden byte protokolu obsahuje 8 bitů, není použita parita a každý byte je zakončen dvěma stopbity.

V mísírně betonových směsí je nadřazeným systémem ovládací jednotky standardní PC se dvěma sériovými porty RS232. Aby mohla ovládací jednotka komunikovat s PC byl od firmy RVS dodán externí galvanicky oddělený převodník RS485/RS232, který je nezávisle napájený externím adaptérem.

4.1.2. Komunikační protokol jednotky vážního systému

Ovládací jednotka vážního systému v klidovém stavu očekává řídicí byte od nadřazeného systému, kterým je převedena buď do režimu *čtení dat nadřazeným systémem z váhy*, nebo do režimu *zápisu dat nadřazeným systémem do váhy*. V režimu čtení dat nadřazeným systémem odpoví váha na dotaz v řídicím bytu dvacetibytovým paketem, jehož struktura je popsána v tabulce 4.1.4. V režimu zápisu dat nadřazeným systémem do váhy následuje po řídicím bytu sekvence devatenácti bytů, jejichž význam popisuje tabulka 4.1.6.

Význam jednotlivých bitů řídicího byte v obou režimech ukazuje tabulka 4.1.1.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Binární adresa váhy				Kód služby			

Tab. 4.1.1. Popis řídicího byte

Binární adresa váhy je přednastavena výrobcem uvnitř váhy konfiguračním registrem. U váhy dodané do mísírny betonových směsí Říkov byla tato adresa přednastavena na binární hodnotu 1 0 1 0. Bit D3 určuje, zda bude nadřazený systém z váhy číst nebo do ní zapisovat. Zbývající tři nejnižší bity specifikují hodnoty, které budou z váhy čteny, resp. do ní zapisovány.

Tabulka 4.1.2 zobrazuje všechny dostupné kódy služeb, které poskytuje váha v režimu *čtení dat nadřazeným systémem z váhy* a stejně tak tabulka 4.1.3 zobrazuje všechny dostupné kódy služeb, které poskytuje váha v režimu *zápisu dat nadřazeným systémem do váhy*.

D3	D2	D1	D0	Kód služby – režim čtení dat nadřazeným systémem z váhy
0	0	0	1	Aktuální hmotnost na snímačích zatížení - kameniva (B3 – B6)
				- cementu (B7 – B10)
0	0	1	0	Naposledy zadaná hmotnost - 1.frakce kameniva (B3 – B6)
				- 2.frakce kameniva (B7 – B10)
				- 3.frakce kameniva (B11 – B14)
				- 4.frakce kameniva (B15 – B18)
0	0	1	1	Naposledy zadaná hmotnost - 1.frakce cementu (B3 – B6)
				- 2.frakce cementu (B7 – B10)
				- 3.frakce cementu (B11 – B14)
				- 4.frakce cementu (B15 – B18)

Tab. 4.1.2. Kódy služeb při režimu čtení dat

D3	D2	D1	D0	Kód služby - režim zápisu dat nadřazeným systémem do váhy
1	0	0	1	Zadá hmotnost - 1.frakce kameniva (B3 – B6)
				- 2.frakce kameniva (B7 – B10)
				- 3.frakce kameniva (B11 – B14)
				- 4.frakce kameniva (B15 – B18)
1	0	1	1	Zadá hmotnost - 1.frakce cementu (B3 – B6)
				- 2.frakce cementu (B7 – B10)
				- 3.frakce cementu (B11 – B14)
				- 4.frakce cementu (B15 – B18)
1	0	1	1	Spustí navažování kameniva (číselné proměnné se ignorují)
1	1	0	0	Spustí navažování cementu (číselné proměnné se ignorují)

Tab. 4.1.3. Kódy služeb při režimu zápisu dat

V případě, že je řídicím bytem zvolen režim čtení dat, odpoví váha 20ti bytovým paketem, jehož strukturu zobrazuje tabulka 4.1.4.

B1	Opakování přijatého řídicího byte
B2	Znak FF (hex) je-li povel řádně vykonán, jinak znak 00 (hex)
B3 - B6	Hmotnost v BCD tvaru, význam – viz. kód služby
B7 - B10	Hmotnost v BCD tvaru, význam – viz. kód služby
B11 - B14	Hmotnost v BCD tvaru, význam – viz. kód služby
B15 - B18	Hmotnost v BCD tvaru, význam – viz. kód služby
B19	Stavový byte
B20	Součet mod256 bytů B1 – B19

Tab. 4.1.4. Struktura dvacetibytového paketu v režimu čtení dat

Ve stavovém bytu B19 jsou uloženy informace o jednotlivých stavech vážícího systému. Tyto stavy přesně popisuje tabulka 4.1.5.

D0	0 = navažování ukončeno, 1 = navažování běží
D1	0 = váha na cement prázdná, 1 = není prázdná
D2	0 = dopravník prázdný, 1 = není prázdný
D3	0 = ovládání po sběrnici, 1 = manuální ovládání z panelu
D4 - D5	Nevyužité bity

Tab. 4.1.5. Význam jednotlivých bitů stavového bytu B19

Poslední byte paketu slouží pouze pro ověření bezchybné komunikace. Pokud je součet *mod256* všech dvaceti bytů paketu roven nule, proběhlo čtení dat z váhy nadřazeným systémem s velkou pravděpodobností bezchybně. Vysílání odezvy v režimu čtení dat nadřazeným systémem z váhy je zahájeno do 5 ms po přijetí povelu. Čtení následujícího paketu je možné nejdříve za 50 ms po ukončení předchozího čtení.

Po přijetí řídicího bytu, který uvede váhu do režimu zápisu dat nadřazeným systémem očekává váha sekvenci dalších devatenácti bytů na doplnění dvacetibytového vstupního paketu. A to i v případě, že řídicí byte spouští navažování kameniva, resp cementu. V tomto případě nezáleží na obsahu bytů B2-B19, ale byte B20 musí být, stejně jako v režimu čtení dat nadřazeným systémem z váhy, součet *mod256* bytů B1-B19, protože v opačném případě by váha paket považovala za neplatný a ignorovala by ho. Jednotlivé byty paketu mohou být vyslány bez meziznakových mezer. Správnost přenosu lze testovat následným čtením. Jak již bylo uvedeno výše, tak služba se provede pouze při nulovém součtu *mod256* bytů B1-B20, kdy váha považuje paket za bezchybně přijatý a tudíž platný. Strukturu dvacetibytového paketu v režimu zápisu dat nadřazeným systémem do váhy zobrazuje tabulka 4.1.6.

B1	Binární adresa váhy + kód služby
B2	Nevyužit, nejlépe 00H
B3 – B6	Hmotnost v BCD tvaru, význam – viz. kód služby
B7 – B10	Hmotnost v BCD tvaru, význam – viz. kód služby
B11 – B14	Hmotnost v BCD tvaru, význam – viz. kód služby
B15 – B18	Hmotnost v BCD tvaru, význam – viz. kód služby
B19	Nevyužit, nejlépe 00H
B20	Součet mod256 bytů B1 – B19

Tab. 4.1.6. Struktura dvacetibytového paketu v režimu zápisu dat

Údaj o hmotnosti je složen ze čtyř bytů, tzn. že může obsahovat až osm platných dekadických číslic. Tři nejnižší dekadické řády (např. v bytech B5 a B6) jsou za desetinnou čárkou. Příklad zadání jedné hmotnosti v BCD tvaru ukazuje tabulka 4.1.7.

číslo bytu	B3	B4	B5	B6
hodnota bytu	00H	42H	36H	50H

Tab. 4.1.7. Příklad zadání hmotnosti 423,65kg do 1.frakce

4.2. Řídicí automat

Řídicí automat obsluhuje kromě váhy na kamenivo a cement všechny akční členy mísicí technologie a tím řídí na základě informací a procesu vážení celý mísicí cyklus. Vstupní a stavové proměnné je do řídicího automatu možné zapisovat, resp. číst pouze po komunikační lince z nadřazeného systému, protože řídicí automat neobsahuje žádné ovládací prvky pro manuální obsluhu, ani žádné zobrazovací zařízení.

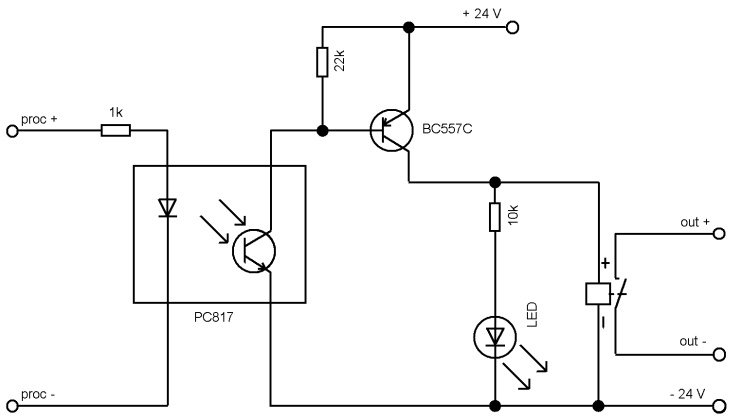
Řídicí automat slouží výhradně k řízení mísicího procesu distribuovaným řídicím systémem. Při manuálním ovládání mísicího procesu je řídicí automat použit pouze k informování PC o aktuálních stavech akčních členů.

4.2.1. Hardware řídicího automatu

Centrální prvek řídicího automatu je osmibitový mikroprocesor 80C552 od firmy Philips. V příloze C jsou uvedeny základní informace o tomto mikroprocesoru. Řídicí automat je rozdělen na mikroprocesorovou část a na vstupně-výstupní část. Obě tyto části jsou připevněny na DIN liště umístěné ve skříni panelu manuálního ovládání.

Schéma mikroprocesorové části řídicího automatu je v příloze C (obrázek C.1). Mikroprocesor 80C552 potřebuje pro svou funkci jen několik málo pomocných obvodů. Jedním z nich je krystal, který udává taktovací frekvenci mikroprocesoru. V tomto případě 14,745 MHz. Dalším obvodem je externí paměť typu EPROM, ve které je uložen řídicí program. Pro snadnější přístup do paměti je mezi mikroprocesor a externí paměť ještě v adresové části zařazen pomocný 8-násobný střadač 74373. Aby mohl řídicí automat komunikovat s nadřazeným prvkem je na piny mikroprocesoru *Rxd* a *Txd* připojen integrovaný obvod MAX232 umožňující připojení řídicího automatu na sběrnici RS232. Parametry této asynchronní komunikace jsou softwarově nastavitelné. Pro tuto aplikaci je přenosová rychlost 9600 Bd, jeden byte protokolu obsahuje 8 bitů, není použita parita a každý byte je zakončen jedním stopbitem. Plošný spoj procesorové části řídicího automatu je opět v příloze C (na obrázku C.2 je horní strana plošného spoje, na obrázku C.3 je dolní strana plošného spoje a na obrázku C.3 je rozložení součástek na desce procesorové části řídicího automatu).

Vstupně-výstupní část je tvořena z 12ti výstupních a 12ti vstupních obvodů. Schéma jednoho výstupního obvodu ukazuje obrázek 4.2.1. Výstupy jsou aktivovány z mikroprocesoru úrovní LOW a proto jsou vývody *proc+* všech výstupních obvodů propojeny a přivedeny na napájecí napětí mikroprocesorové části řídicího automatu. Vývody *proc-* jednotlivých výstupů jsou připojeny na mikroprocesor podle tabulky 4.2.1.



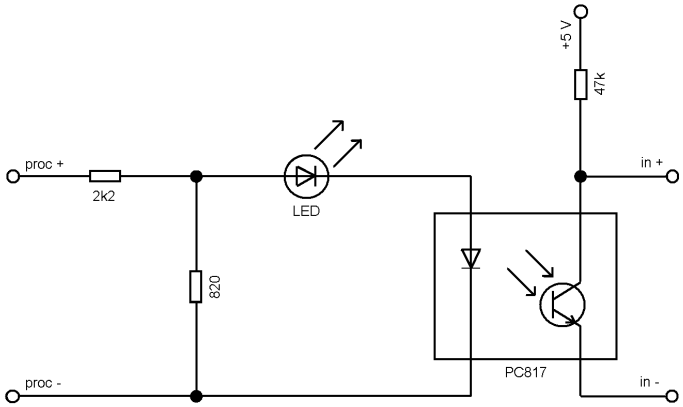
Obr 4.2.1. Schéma výstupního obvodu

V betonárce Říkov je využito pouze 11 výstupu. Význam jednotlivých výstupů, které ovládají akční členy mísicí technologie je popsán v tabulce 4.2.1.

Pořadí výstupu	Název	Pin na µP
1.	Dopravník	PWM1
2.	Míchací buben	P1.6
3.	Násypka nahoru	P3.5
4.	Násypka dolu	P3.3
5.	Voda – napouštění	PWM0
6.	Voda – do míchačky	P1.5
7.	Cement – do míchačky	P1.4
8.	Otevřít klapku	P1.7
9.	Zavřít klapku	P3.4
10.	Chrysoplast - napouštění	P1.3
11.	Chrysoxel - napouštění	P1.2

Tab. 4.2.1. Význam jednotlivých výstupů řídicího automatu

Kromě 3 řídicích vstupů je k automatu přivedeno ještě 5 vstupů kontrolních. Kontrolní vstupy ověřují jestli byl zapnut, resp. vypnut požadovaný akční člen mísicí technologie a jsou přivedeny z pomocných kontaktů stykačů, které tyto akční členy spínají. Schéma jednoho z osmi výstupních obvodů ukazuje obrázek 4.2.2. Význam jednotlivých vstupů a jejich připojení na mikroprocesor je popsáno v tabulce 4.2.2.



Obr 4.2.2. Schéma vstupního obvodu

Pořadí vstupu	Název	Pin na μP
1.	Průtokoměr vody	P5.1
2.	Ultrazv. čidlo uprostřed dráhy pojezdu koše	P5.0
3.	Ultrazv. čidlo v dolní části dráhy pojezdu koše	P5.3
4.	Průtokoměr plastifikátorů	P5.2
5.	Pomocný kontakt - dopravník	P5.5
6.	Pomocný kontakt – míchací buben	P5.4
7.	Pomocný kontakt – otevírání klapky	P5.7
8.	Pomocný kontakt – zavírání klapky	P5.6

Tab. 4.2.2. Význam jednotlivých vstupů řídicího automatu

Z obrázků 4.2.1 a 4.2.2 je patrno, že všechny vstupy a výstupy jsou pomocí optočlenu *PC817* galvanicky odděleny od mikroprocesorové části řídicího automatu. Tím je zajištěna ochrana mikroprocesorové části před případnou napěťovou špičkou. Není tím však ošetřeno rušení na vstupech. Toto rušení je nutno ošetřit softwarově v řídicím programu.

4.2.2. Software řídicího automatu

Software do řídicího automatu (dále jen program) je naprogramován v assembleru řady X51, a potom je přeložen do **.hex* souboru a uložen do paměti EPROM.

Program realizuje kromě jedné funkce celý postup míchání tak, jak byl popsán v kapitole 2.3. Řídicí automat nezajišťuje navažování kameniva a cementu, ale je o této činnosti pouze informován z PC a na základě této informace synchronizuje proces míchání s přípravou materiálu pro další mísicí cyklus. Program v podstatě simuluje dokonalé manuální ovládání mísicího procesu. Dokonalým ovládáním je myšleno ovládání mísicího procesu bez zbytečných časových prodlev, s maximálně možným časovým překrytím jednotlivých operací a tedy s co nejkratší dobou, po kterou probíhá celý mísicí cyklus. Toho je možné dosáhnout pouze pomocí řídicího automatu, který odstraní chybovost lidského faktoru.

Na obrázku 4.2.3.a je vývojový diagram zachycující základní průběh, kterým program řídí celý mísicí cyklus. Nejprve jsou z PC načteny data obsahující informace o objemu záměsové vody, plastifikačních přísad a počtu míchaček daného mísicího cyklu, a potom je na základě těchto informací spuštěna příprava materiálu na míchání. Po ukončení přípravy je materiál přemístěn do mísicího bubnu a po dostatečném promíchání je celý mísicí proces ukončen. V případě, že je potřeba mísicí cyklus ještě opakovat, se program znovu vrátí do režimu přípravy materiálu. Tento návrat je na obrázku 4.2.3.a znázorněn přerušovanou čarou.

Způsob, kterým program realizuje přípravu materiálu, dopravu a namíchání materiálu v bubnu je podrobněji popsán v následujících dvou podkapitolách.

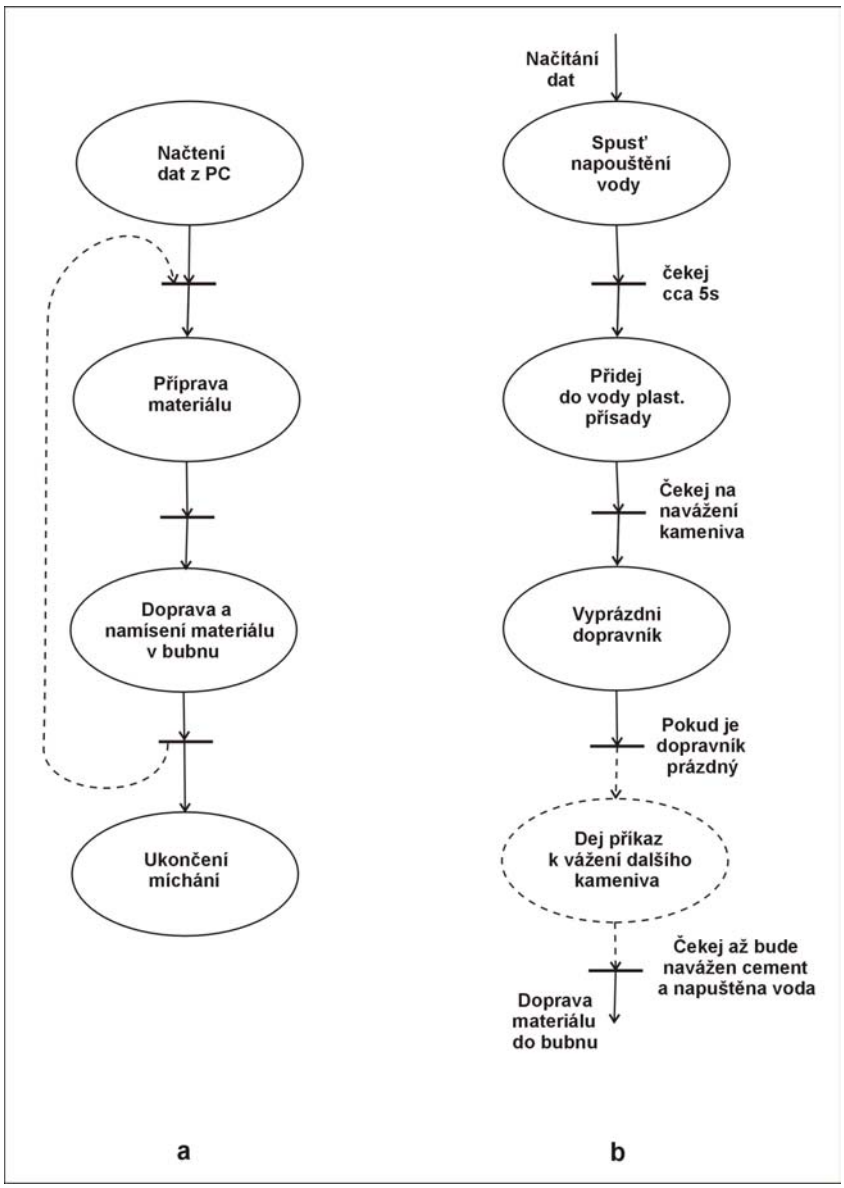
4.2.2.1. Příprava materiálu

Příprava materiálu začíná spuštěním odměřování nastaveného množství vody do nádrže. Ve stejný okamžik je spuštěno i navažování kameniva a cementu, ale protože toto navažování není řízeno automatem, není ve vývojovém diagramu na obrázku 4.2.3.b uvedeno. Po 5s jsou do nádrže s vodou automatem odměřeny také plastifikační přísady. Důvod, proč je důležité přesně dodržet časový odstup spuštění odměřování záměsové vody a plastifikačních přísad, je popsán v kapitole 2.3.1.

Když je v nádrži odměřeno nastavené množství plastifikačních přísad, musí automat zjistit zda je již ukončeno navažování nastaveného kameniva. Tuto informaci získá po komunikační lince pomocí výměny stavů popsané v kapitole 4.3.6.3. Výměna stavů probíhá tak dlouho, dokud není kamenivo naváženo. Když je ukončeno navažování kameniva, zapne automat dopravník na 13s, což je doba potřebná k úplnému vyprázdnění dopravníku. Potom opět po komunikační lince pomocí výměny stavů oznámí automat PC, že je již vážící dopravník prázdný a tudíž může být spuštěno navažování kameniva pro další mísicí cyklus. Navažování dalšího kameniva je ale spuštěno pouze v případě, že se v právě probíhajícím mísicím cyklu míchá více než jedna míchačka a aktuálně probíhající cyklus není poslední. Proto je tato operace na obrázku 4.2.3.b vyznačena přerušovanou čarou.

Po spuštění dalšího navažování kameniva počká automat na ukončení odměřování nastaveného množství záměsové vody do nádrže, a potom po komunikační lince zkontroluje,

zda je také ukončeno navažování cementu. Pokud ne, opakuje se výměna stavů tak dlouho dokud není cement navážen. Po odměření nastaveného množství vody a ukončení navažování cementu je příprava materiálu pro daný mísicí cyklus ukončena.



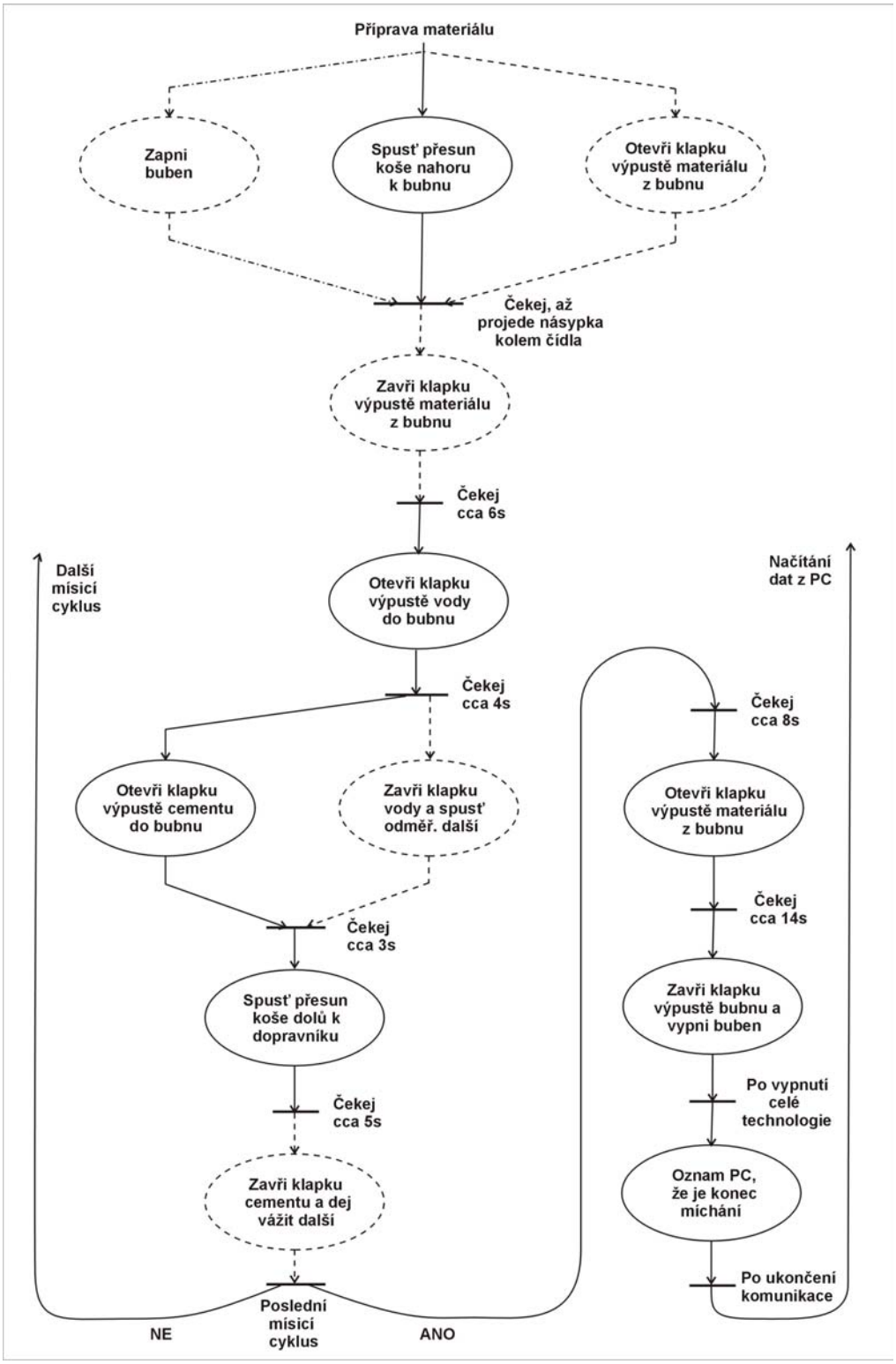
Obr 4.2.3. a. Základní průběh programu v řídicím automatu
b. Průběh přípravy materiálu

4.2.2.2. Doprava materiálu a míchání betonové směsi

Po ukončení přípravy je možné materiál přemístit do míchačky a namíchat betonovou směs, resp. maltu. Průběh tohoto procesu je znázorněn na obrázku 4.2.4. Všechny operace, které nejsou prováděny pravidelně při každém opakujícím se mísicím cyklu jsou vyznačeny přerušovanou čarou a dále je popsáno, kdy jsou prováděny a kdy ne. Čekací doby mezi jednotlivými operacemi jsou určeny experimentálně během procesu míchání v betonárce Říkov a jejich nedodržení by způsobilo nesprávný průběh mísicího cyklu.

Proces dopravy materiálu začne spuštěním přesunu dopravního koše nahoru k míchačce a ve stejný okamžik je také v případě, že je tímto cyklem započato míchání, zapnut mísicí buben. V opačném případě, je buben již zapnut a je potřeba otevřít klapku uzavírající výpust namíchaného betonu z míchačky, aby se vyprázdnila, než do ní bude nasypáno kamenivo připravené pro další mísicí cyklus. Po přijetí signálu z indukčního čidla, které je umístěno v horní části dráhy dopravního koše (viz kapitola 2.1.4), je klapka míchačky uzavřena a po 6 sec, kdy je už do míchačky nasypána alespoň část připraveného kameniva, je do míchačky vypuštěna také záměsová voda otevřením pneumatické klapky nádrže. Po 4 sec je pneumatická klapka nádrže opět zavřena a pokud aktuální mísicí cyklus není poslední, je spuštěno odměřování vody pro další cyklus. Ve stejný okamžik, kdy je zavřena klapka nádrže na vodu, je otevřena pneumatická klapka uzavírající výpusť cementu z váhy do míchačky. Tato klapka je otevřena 5 sec a po zavření je v případě potřeby spuštěno navažování cementu pro další mísicí cyklus.

Aby byl beton, resp. malta dobře promíchána, je potřeba směs v míchačce míchat alespoň 8s. Pokud aktuální mísicí cyklus není poslední, přejde automat po spuštění navažování cementu pro další cyklus do režimu čekání pro navážení kameniva, který je vyznačen na obrázku 4.2.3 a popsán v předchozí kapitole. V případě, že je aktuální mísicí cyklus poslední, probíhá ještě 8 sec míchání, aby byla směs dobře promíchána, a potom je otevřena klapka uzavírající výpusť namíchaného betonu z míchačky. Vyprazdňování betonu, resp. malty z míchačky při posledním mísicím cyklu probíhá 14 sec, a potom je už pouze ukončeno míchání uzavřením klapky a vypnutím míchačky. Na závěr je ještě nutno pomocí výměny stavů informovat PC o ukončení míchání a po úspěšném ukončení komunikace přejde automat do režimu načítaní dat pro další mísicí proces.



Obr 4.2.4. Průběh dopravy materiálu a míchání betonové směsi

4.3. Software do PC

Software do PC (dále jen aplikace) je vytvořen ve vývojovém prostředí Borland C++ Builder verze 5.0 [4]. Ke svému běhu vyžaduje operační systém Microsoft Windows 98. S vyššími verzemi operačního systému (např. Win2000, nebo WinNT) není aplikace plně kompatibilní, protože využívá pro komunikaci přes rozhraní RS232 dynamické knihovny vytvořené pro Win98, které s výše zmíněnými operačními systémy nejsou kompatibilní.

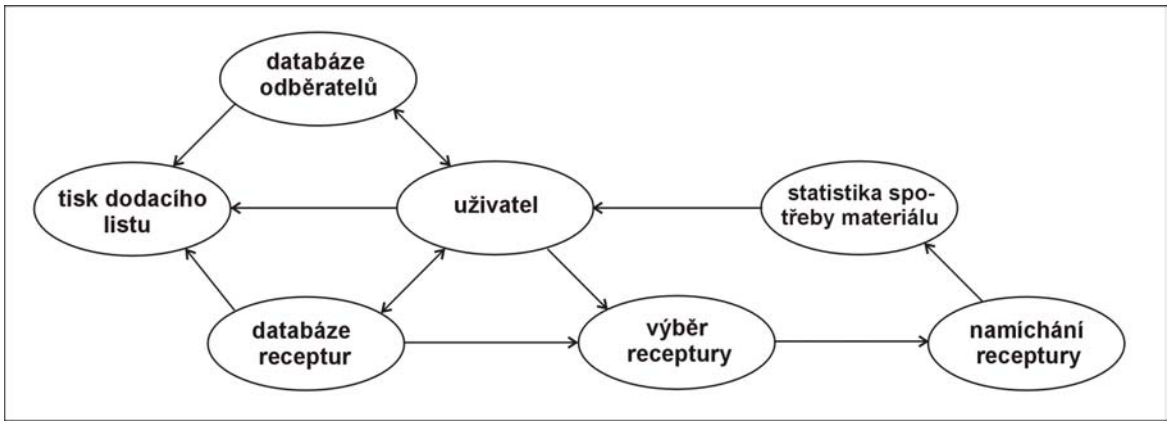
Aplikace tvoří rozhraní mezi uživatelem a samotným řídicím systémem. Kromě toho slouží uživateli také jako databázový systém k evidenci odběratelů a receptur betonových směsí namíchatelných v této betonárce. Aplikace navíc umožňuje tisk dodacího listu, který je potřeba dodat ke každé zakázce odběrateli. K urychlení a zjednodušení zadávání potřebných dat do dodacího listu slouží databáze, ze kterých uživatel vybere daného odběratele a recepturu a nemusí tedy tyto údaje zadávat znovu při další zakázce.

Aplikace je ovládána standardními ovládacími prvky, jako jiné aplikace pracující pod operačním systémem Win98. Všechny funkce, které aplikace umožňuje jsou dostupné z menu a pomocí klávesových zkratek. Nejpoužívanější ovládací prvky jsou navíc ještě dostupné z horní a dolní nástrojové lišty.

Při každém míchání se eviduje, na základě údajů dané receptury v databázi, spotřebovaný materiál pro každou zakázku. K této spotřebě se navíc eviduje i datum zakázky. Díky těmto datům je možné vést statistiku spotřebovaného materiálu, která se dá zobrazit a vytisknout za určitá časová období.

Výše popsaný tok dat mezi jednotlivými funkcemi řídicí a databázové aplikace je graficky znázorněn na obrázku 4.3.1. Řídicí a databázová aplikace je vytvořena na základě zkušeností z řízení mísírny betonových směsí a na základě požadavků zadavatele řídicího systému tak, aby umožňovala v provozu co nejrychlejší a nejsnadnější použití.

Následující podkapitoly popisují význam a ovládání jednotlivých částí databázové a řídicí aplikace.

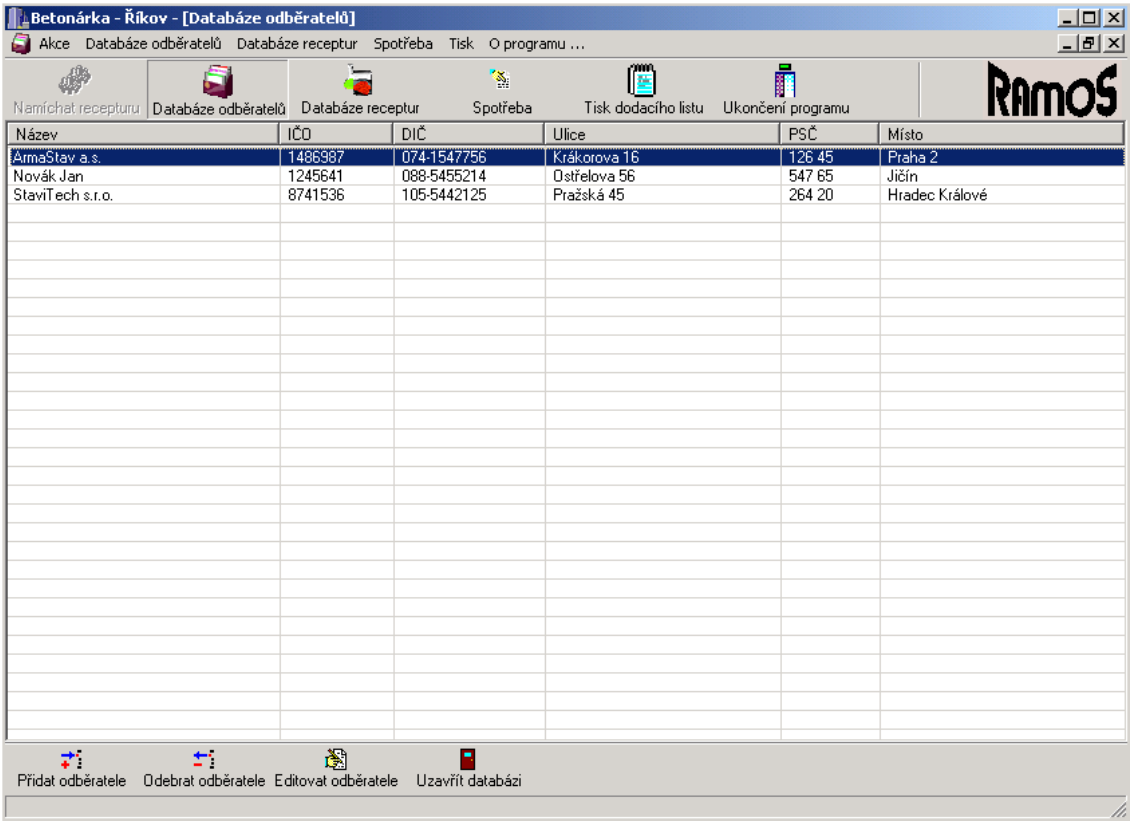


Obr. 4.3.1. Tok dat mezi jednotlivými funkcemi řídicí a databázové aplikace

4.3.1. Databáze odběratelů

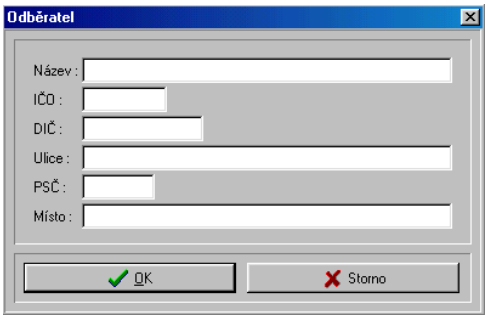
Databáze odběratelů slouží k evidenci odběratelů betonových směsí, betonových dlaždic a jiných výrobků nabízených betonárkou. Umožňuje uložení základních údajů o každém zákazníkovi potřebných k vyplnění dodacího listu. Ukázka databáze odběratelů je na obrázku 4.3.2.

Databáze odběratelů je uložena v souboru *odberatel.dat*, který je po každém vložení nového odběratele, resp. při změně odběratele již vloženého, vždy aktualizován.



Obr. 4.3.2. Ukázka databáze odběratelů

Databáze odběratelů umožňuje tři základní editační funkce. Přidání nového odběratele do databáze, změnu údajů již zadaného odběratele a odebrání odběratele z databáze. K přidání nového odběratele do databáze, a také k úpravě údajů již zadaného odběratele, slouží editační okno Odběratel (obrázek 4.3.3).



Obr. 4.3.3. Editační okno pro vložení nového odběratele

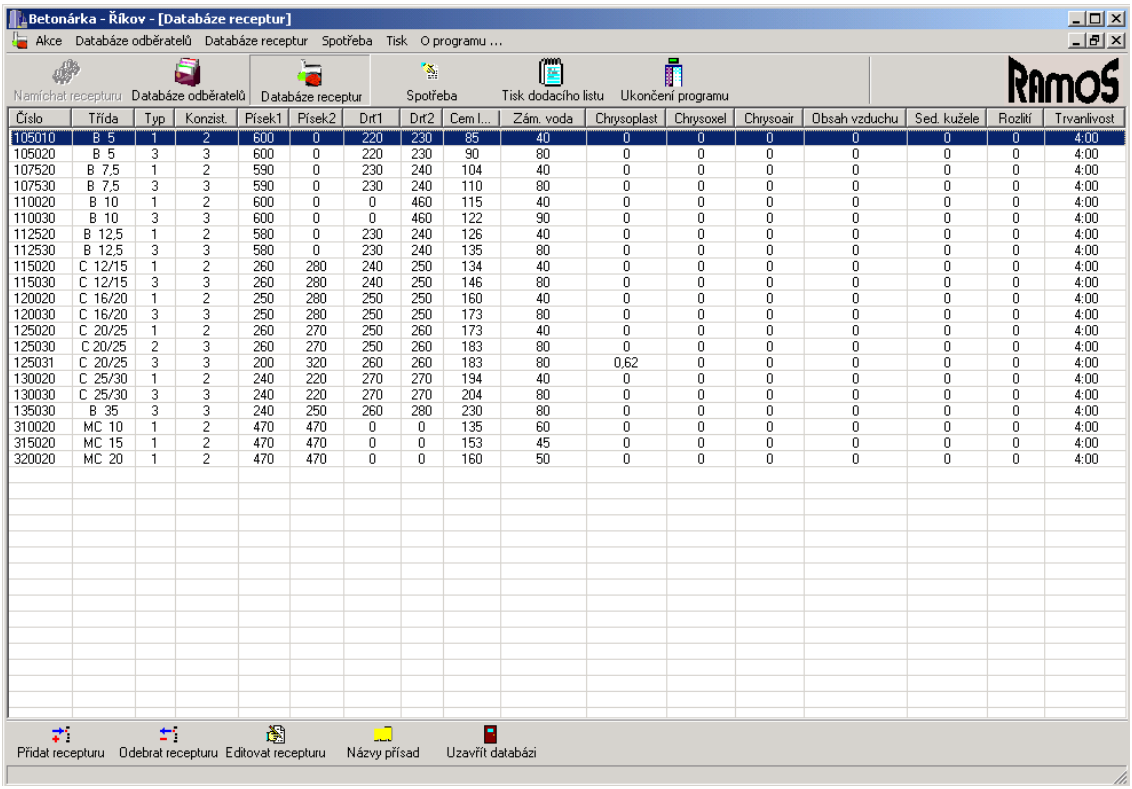
V tomto editačním okně je možné zadat resp. změnit šest údajů o každém zákazníkovi. Ne vždy jsou známy všechny zadávané údaje a je tedy možné některé položky nechat nevyplněné. Vyplnění položek Název a IČO je ale povinné, protože podle jedné z těchto dvou položek je vybírán odběratel z databáze při tisku dodacího listu a při spouštění mísicího procesu ovládaného řídicím systémem. Pokud tedy při zadávání nového odběratele, resp. při úpravě již zadaného odběratele, není vyplněna jedna z těchto dvou povinných položek, je uživatel při pokusu o potvrzení právě provedené editace stisknutím tlačítka *OK* upozorněn, že jedna z těchto dvou povinných položek není vyplněna a je vrácen zpět do tohoto editačního okna. Při odebírání odběratele z databáze je uživatel pro ověření ještě dotázán, zda si opravdu přeje odebrat z databáze označeného odběratele a po potvrzení tohoto ověření je odběratel z databáze nenávratně odebrán.

4.3.2. Databáze receptur

Databáze receptur slouží k evidenci receptur betonových směsí nabízených betonárkou. Recepturou je nazýván seznam materiálů a jejich množství, které jednotlivé betonové směsi, resp. malty obsahují. Ukázka databáze receptur je na obrázku 4.3.4.

Každá receptura je identifikována svou třídou, typem, konzistencí a identifikačním číslem, které je dáno třemi výše uvedenými položkami receptury. Receptura může obsahovat dvě různé kamenné drtě, dva různé druhy písku a cementu. Dále obsahuje množství záměsové vody a jednotlivých plastifikačních a provzdušňovacích přísad. Receptura má navíc položky obsah vzduchu, sednutí kužele, rozlití a trvanlivost. Tyto čtyři položky nemají vliv při míchání receptury, ale je nutné je do databáze také uvést. Trvanlivost je informační položka, která odběratele informuje o času, do které by měl namíchanou betonovou směs zpracovat. Zbylé tři položky jsou důležité, protože jsou směrodatné při kvalitativní kontrole betonu, resp. malty, která je prováděna každý měsíc.

Databáze receptur je uložena v souboru *receptury.dat*, který je po každém vložení nové receptury, resp. při změně receptury již vložené, vždy aktualizován.



Číslo	Třída	Typ	Konzist.	Písek1	Písek2	Drt1	Drt2	Cem I...	Zám. voda	Chrysoplast	Chrysoxel	Chrysoair	Obsah vzduchu	Sed. kužele	Rozlití	Trvanlivost
105010	B 5	1	2	600	0	220	230	85	40	0	0	0	0	0	0	4:00
105020	B 5	3	3	600	0	220	230	90	80	0	0	0	0	0	0	4:00
107520	B 7,5	1	2	590	0	230	240	104	40	0	0	0	0	0	0	4:00
107530	B 7,5	3	3	590	0	230	240	110	80	0	0	0	0	0	0	4:00
110020	B 10	1	2	600	0	0	460	115	40	0	0	0	0	0	0	4:00
110030	B 10	3	3	600	0	0	460	122	90	0	0	0	0	0	0	4:00
112520	B 12,5	1	2	580	0	230	240	126	40	0	0	0	0	0	0	4:00
112530	B 12,5	3	3	580	0	230	240	135	80	0	0	0	0	0	0	4:00
115020	C 12/15	1	2	260	280	240	250	134	40	0	0	0	0	0	0	4:00
115030	C 12/15	3	3	260	280	240	250	146	80	0	0	0	0	0	0	4:00
120020	C 16/20	1	2	250	280	250	250	160	40	0	0	0	0	0	0	4:00
120030	C 16/20	3	3	250	280	250	250	173	80	0	0	0	0	0	0	4:00
125020	C 20/25	1	2	260	270	250	260	173	40	0	0	0	0	0	0	4:00
125030	C 20/25	2	3	260	270	250	260	183	80	0	0	0	0	0	0	4:00
125031	C 20/25	3	3	200	320	260	260	183	80	0,62	0	0	0	0	0	4:00
130020	C 25/30	1	2	240	220	270	270	194	40	0	0	0	0	0	0	4:00
130030	C 25/30	3	3	240	220	270	270	204	80	0	0	0	0	0	0	4:00
135030	B 35	3	3	240	250	260	280	230	80	0	0	0	0	0	0	4:00
310020	MC 10	1	2	470	470	0	0	135	60	0	0	0	0	0	0	4:00
315020	MC 15	1	2	470	470	0	0	153	45	0	0	0	0	0	0	4:00
320020	MC 20	1	2	470	470	0	0	160	50	0	0	0	0	0	0	4:00

Obr. 4.3.4. Ukázka databáze receptur

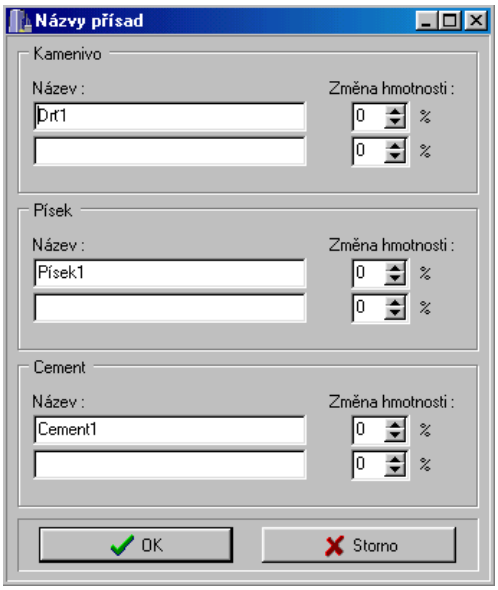
4.3.2.2. Číslo, třída, typ a konzistence receptury

Jednotlivé betonové směsi se od sebe liší třídou betonu, která určuje kvalitu a rozsah použití dané třídy. Obecně platí, že čím je větší číslo třídy, tím je ve směsi větší množství cementu. Třídy se dělí do dvou skupin. První skupinu tvoří betonové směsi obsahující kamennou drť i písek a jsou označovány písmenem C (podle starších norem také písmenem B). Druhou skupinu tvoří malty, které neobsahují kamennou drť, ale pouze písek a jsou označovány písmenem MC. Například betonová směs třídy 15 je označena C 15/20. Receptury stejné třídy se od sebe ještě mohou lišit různým typem a konzistencí. Typ receptury udává její hustotu. Receptury stejné třídy s odlišným typem se tedy liší pouze množstvím záměsové vody. Typ receptury může nabývat hodnoty od 1 do 12. Konzistence receptury určuje, které plastifikátory receptura obsahuje. Receptury s konzistencí 1 neobsahují žádné plastifikátory, s konzistencí 2 pouze chrysoplast, s konzistencí 3 pouze chrysoxel a s konzistencí 4 chrysoplast i chrysoxel.

Identifikační číslo receptury je určeno třídou, typem a konzistencí. Číslo je vždy šestimístné. První číslo udává, zda se jedná o beton nebo o maltu. V prvním případě je 1 a v druhém 3. Další 3 čísla udávají třídu receptury. Předposlední číslo udává konzistenci receptury sníženou o jedničku a poslední číslo reprezentuje typ receptury snížený o jedničku. Například betonová směs třídy B12,5 typu 1 s konzistencí 2 má identifikační číslo 112510.

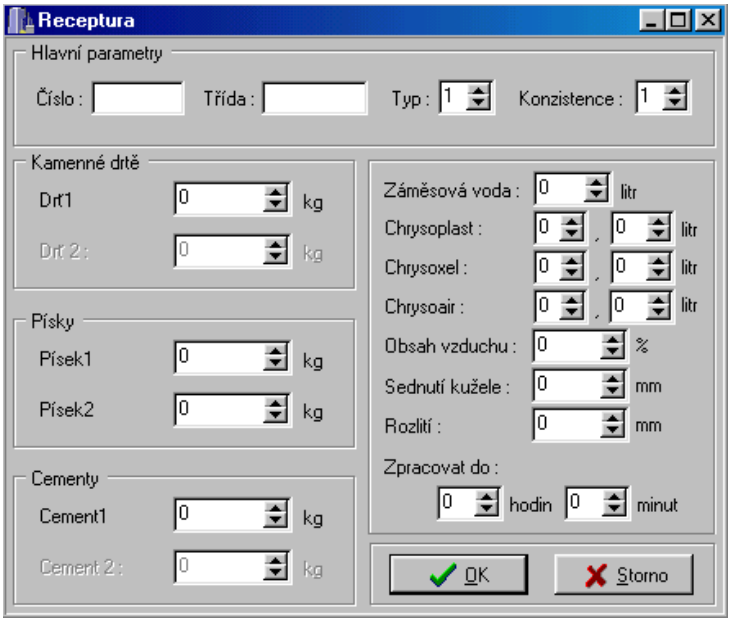
4.3.2.3. Způsob využití databáze receptur

Databáze receptur umožňuje stejně jako databáze odběratelů tři základní editační funkce. Přidání nové receptury do databáze, změnu údajů již zadané receptury a odebrání receptury z databáze. Databáze receptur ale na rozdíl od databáze odběratelů obsahuje ještě editační okno ke změně názvů kamenných drtí, písků a cementů. Tyto názvy musí být změnitelné, protože se uvádí do dodacího listu a musí odpovídat aktuální situaci. Toto editační okno také umožňuje procentuální snížení, nebo zvýšení hmotností jednotlivých materiálů v recepturách. Při zadání změny hmotnosti některého materiálu má tato operace po potvrzení za následek přepočítání a změnění v databázi všech receptur, které tento materiál obsahují. Tato funkce je důležitá například při změně vlhkosti písku. Editační okno pro změnu názvů materiálu a změnu hmotností ukazuje obrázek 4.3.5. Toto editační okno se vyvolá stiskem tlačítka *Názvy přísad*, umístěném na dolní liště databáze receptur.



Obr. 4.3.5. Editační okno pro změnu názvů materiálů a hmotností

Obrázek 4.3.5 ukazuje, že základní nastavení programu po prvním spuštění obsahuje pouze jeden druh kameniva, písku a cementu. Databáze ale může obsahovat 2 druhy od každého výše uvedeného materiálu. V editačním okně pro vkládání nové receptury do databáze, resp. pro změnu receptury v databázi již uložené lze vkládat, resp. měnit hmotnosti pouze těch materiálů, které mají uveden název v editačním okně *Názvy přísad*. Vždy je ale povinné, aby byla od každého druhu materiálu alespoň jedna položka pojmenována. Přidáme--li například v editačním okně z obrázku 4.3.5 ještě jeden druh písku s názvem *Písek2*, bude potom editační okno pro vkládání nové receptury, resp. změnu již uložené receptury vypadat podle obrázku 4.3.6.



Obr. 4.3.6. Editační okno pro vložení nové receptury

Na obrázku 4.3.6 je vidět, že je umožněna editace pouze jednoho druhu kamenné drtě, jednoho druhu cementu, ale dvou druhů písků. Vyplnění většiny položek při zadávání nové receptury, resp. při změně již zadané receptury není povinné. Povinné jsou pouze položky číslo, třída, typ a konzistence, protože tyto položky definují zařazení receptury do databáze. Po stisku tlačítka pro potvrzení nového zadání receptury, resp. pro změnu již zadané receptury aplikace kontroluje, zda jsou zadány všechny povinné položky. Pokud zadány jsou, aplikace ještě prověří, jestli již v databázi neexistuje receptura se stejný číslem, nebo zda už není v databázi receptura stejné třídy, stejným typem a stejnou konzistencí. Pokud nově zadaná receptura nesplňuje některý z výše uvedených požadavků, je uživatel vyzván, aby některou z položek změnil.

Databáze samozřejmě umožňuje také odebrat již nepotřebnou recepturu zadanou v databázi. Při odebírání receptury je uživatel pro ověření ještě dotázán, zda si opravdu přeje odebrat z databáze označenou recepturu a po potvrzení tohoto ověření je receptura nenávratně odebrána.

4.3.3. Tisk dodacího listu

Ke každé zakázce je nutno dodat třikrát vytisknutý dodací list. Dodací list obsahuje údaje o dodavateli, odběrateli, druhu a množství odebíraného výrobku. V případě, že si odběratel navíc objedná odvoz zboží, vyplňují se také údaje o místě dodání, informace o vozidle, řidiči a případně poznámka pro řidiče.

Tisk dodacího listu je možné kdykoliv spustit stiskem tlačítka *Tisk dodacího listu*, umístěného v horní nástrojové liště aplikace. Při míchání receptury pomocí řídicího systému se tisk dodacího listu automaticky spustí po úspěšném navázání komunikace s řídicí jednotkou váhy a řídicím automatem.

Editační okno pro vyplnění dodacího listu obsahuje funkci předchozího vyplnění, která uživateli umožňuje stiskem jediného tlačítka vyplnit všechny položky podle naposled vytisknutého dodacího listu, a tím v případě podobné zakázky usnadní uživateli vyplnění nového dodacího listu.

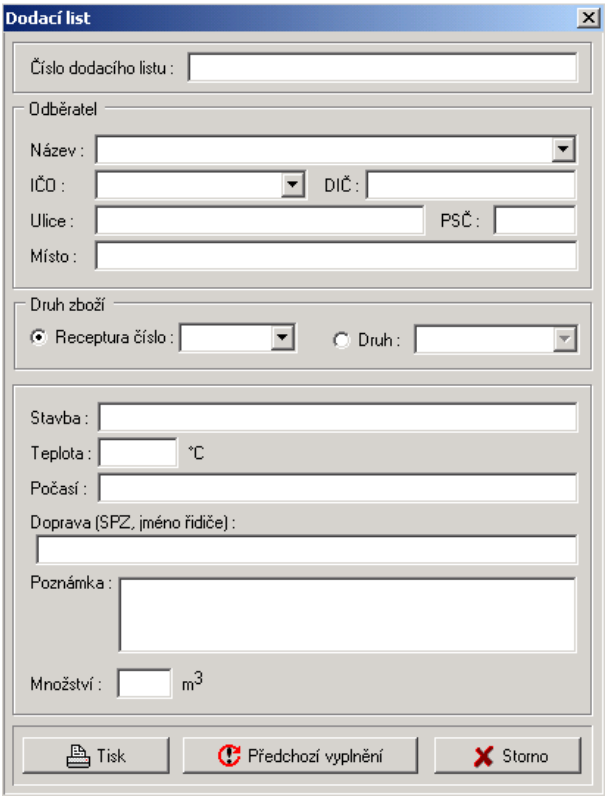
Ukázka vyplněného dodacího listu je uvedena v příloze D.

4.3.3.1. Samostatný tisk dodacího listu

Samostatný tisk dodacího listu slouží při manuálně ovládaném míchání betonových směsí nebo k odběru jiného zboží, než je betonová směs, jako například betonové dlaždice. Po stisknutí tlačítka *Tisk dodacího listu* se zobrazí editační okno s názvem *Dodací list*. Toto okno je na obrázku 4.3.7.

Editační okno obsahuje několik povinně vyplnitelných položek. První z nich je číslo dodacího listu. Druhá povinná položka je odběratel. Odběratel může být vybrán z databáze, nebo může být zadán nezávisle na databázi. Odběratel se z databáze volí buď podle názvu nebo podle identifikačního čísla (IČO). Třetí povinná položka je druh zboží. Jak bylo uvedeno výše může být dodací list vystaven na betonovou směs, resp. maltu, nebo na jiné zboží, jako jsou například betonové dlaždice. V případě betonové směsi musí být receptura vybrána z databáze, protože se do dodacího listu vyplňují údaje, jako například název cementu, který je v databázi receptur zadán a nedá se určit z čísla receptury. Ve druhém případě má uživatel výběr ze 7 druhů zboží: betonové dlaždice, silniční panely, písek, drť, cement, chrysoplast a chrysoxel. Poslední povinná položka je množství, která je pro betonové směsi, resp. malty v m^3 a pro jiný druh zboží v ks, resp. v kg. Zbylé položky, jako například stavba a teplota jsou nepovinné a záleží pouze na uživateli, zda budou vyplněny.

Po vyplnění všech potřebných položek se tisk dodacího listu potvrdí stiskem tlačítka *Tisk* a dodací list je následně třikrát vytisknut.



Obr. 4.3.7. Editační okno pro vyplnění dodacího listu

4.3.3.2. Tisk dodacího listu po spuštění mísicího procesu

Při míchání betonové směsi, resp. malty pomocí řídicího systému vyvolá řídicí aplikace po úspěšně ukončené komunikaci s podřízenými systémy automaticky editační okno pro vyplnění dodacího listu.

Pro vyplnění takto spuštěného editačního okna slouží také editační okno zobrazené na obrázku 4.3.7 a platí stejné podmínky jako při spuštění nezávislém na míchání s tím rozdílem, že položka *Množství* je nepřípustná pro zápis. Stejně tak jsou nepřístupné pro zápis i položky v editační skupině *Druh zboží* a *Odběratel*. Všechny položky nepřístupné pro zápis jsou přednastavené podle hodnot zadaných při spuštění míchání (viz kapitola 4.3.5).

4.3.3.3. Funkce předchozího vyplnění

V případech, kdy jeden odběratel odebírá více podobných, nebo stejných zakázek po sobě, funkce předchozího vyplnění urychluje a usnadňuje uživateli vyplnění dodacího listu.

Tato funkce se spustí stiskem tlačítka *Předchozí vyplnění* a je dostupná pro oba způsoby přístupu k tisku dodacího listu a uložené údaje z předchozího vyplnění jsou také mezi oběma těmito režimy zadání tisku dodacího listu přenosné.

Při použití této funkce pro vyplnění editačního okna spuštěného automaticky při míchání betonové směsi pomocí řídicího systému neovlivní funkce předchozího vyplnění položku *Množství* a editační skupiny *Druh zboží* a *Odběratel*, které jsou v tomto režimu přednastavené a nepřístupné.

Pokud ještě po spuštění aplikace nebyl vytisknut žádný dodací list a v paměti řídicí aplikace tedy není uloženo žádné předchozí vyplnění, je tlačítko *Předchozí vyplnění* neaktivní a funkce předchozího vyplnění zatím nelze použít.

4.3.4. Statistika spotřebovaného materiálu

Jeden z požadavků na řídicí systém bylo vedení záznamů o spotřebě materiálu spotřebovaného v průběhu mísicího procesu ovládaného řídicím systémem. Statistiku spotřebovaného materiálu lze ale také použít k vyhodnocení spotřeby materiálu za určité období pro všechny nebo pro jednoho vybraného odběratele. Kompletní spotřebu materiálů nebo jen její část za zvolené časové období je možno vytisknout na tiskárně s celkovými součty položek udávajících množství jednotlivých materiálů. Stejně tak je možno vytisknout na tiskárně za zvolené časové období spotřebu materiálu zaznamenanou k určitému odběrateli.

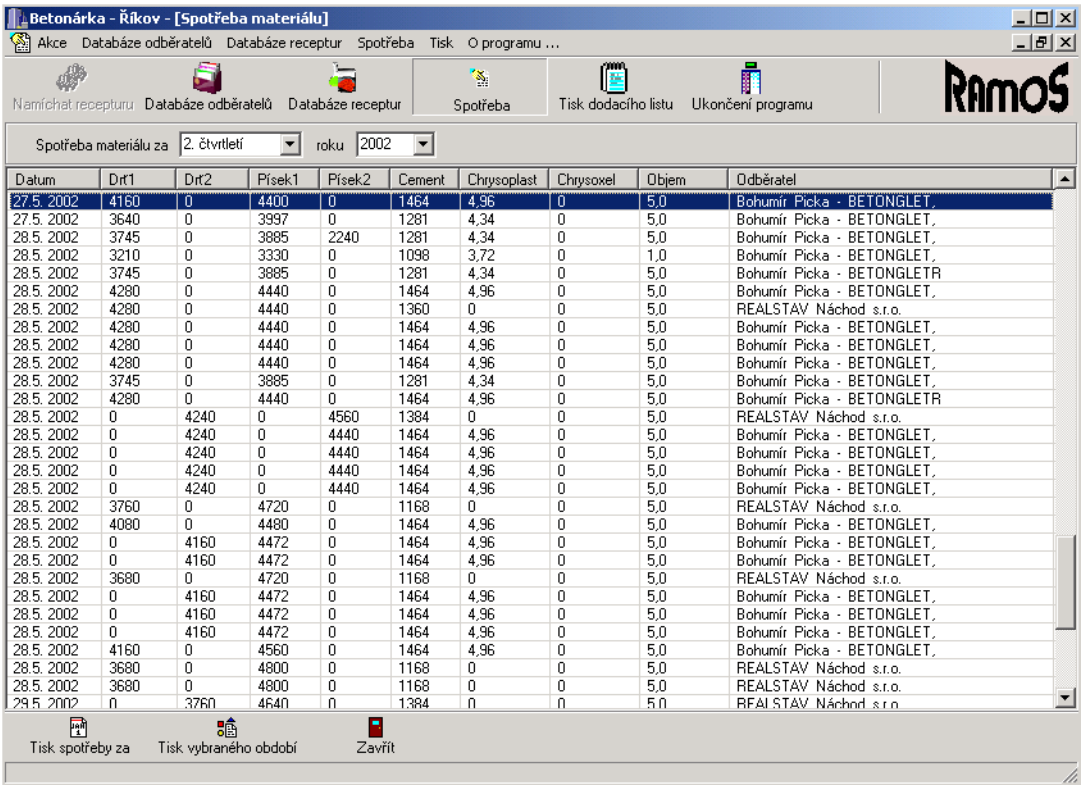
Ve statistice spotřebovaného materiálu je v každém záznamu uloženo množství obou druhů kameniva, obou druhů písků, množství cementu a v případě použití i množství plastifikátorů.. Ke každému takovému záznamu o spotřebě materiálu je také přiřazeno datum této spotřeby, což umožňuje vedení statistiky spotřebovaného materiálu za různá časová období. Poslední položka v záznamu o spotřebě materiálu je odběratel. Tato položka je do záznamu zahrnuta proto, aby bylo možno statistiku spotřebovaného materiálu vyhodnocovat vzhledem k jednotlivým odběratelům. Pro správné vedení statistiky spotřebovaného materiálu je potřeba, aby řídicí aplikace celý tento záznam uložila do statistiky po každém spuštění mísicího procesu, jakmile je úspěšně ukončena komunikaci s podřízenými systémy.

Záznam o spotřebě materiálu je ukládán do souboru podle data namíchání. Do jednoho souboru jsou vždy ukládány záznamy spadající do stejného čtvrtletí. Název tohoto souboru je určen tímto čtvrtletím. Například pro 2.čtvrtletí roku 1996 je název souboru *druhe_ctvrt_1996.dat*.

4.3.4.1. Zobrazení statistiky

Stejným způsobem jakým je spotřeba materiálu zaznamenávána do souboru je i zobrazována. Vždy je zobrazeno právě jedno zvolené čtvrtletí. Při otevření okna zobrazujícího statistiku je vždy vybráno čtvrtletí odpovídající aktuálně nastavenému datu v operačním systému. Zobrazení statistiky je ukázáno na obrázku 4.3.8.

V případě, že chce uživatel vidět záznam spotřeby starší než je aktuální čtvrtletí, umožňuje aplikace změnit zobrazované čtvrtletí ovládacími prvky umístěnými v horní části okna zobrazujícího statistiku. Těmito ovládacími prvky lze zvolit až deset let staré libovolné čtvrtletí.



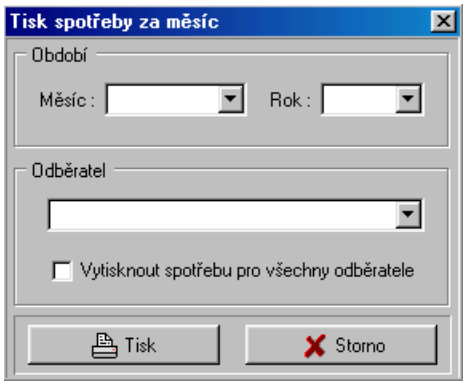
Datum	Drť1	Drť2	Písek1	Písek2	Cement	Chrysoplast	Chrysoxel	Objem	Odběratel
27.5. 2002	4160	0	4400	0	1464	4,96	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLET,
27.5. 2002	3640	0	3997	0	1281	4,34	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLET,
28.5. 2002	3745	0	3885	2240	1281	4,34	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLET,
28.5. 2002	3210	0	3330	0	1098	3,72	0	1,0	Bohumír Picka - BETONGLET,
28.5. 2002	3745	0	3885	0	1281	4,34	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLETR
28.5. 2002	4280	0	4440	0	1464	4,96	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLET,
28.5. 2002	4280	0	4440	0	1360	0	0	5,0	REALSTAV Náchod s.r.o.
28.5. 2002	4280	0	4440	0	1464	4,96	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLET,
28.5. 2002	4280	0	4440	0	1464	4,96	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLET,
28.5. 2002	4280	0	4440	0	1464	4,96	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLET,
28.5. 2002	3745	0	3885	0	1281	4,34	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLET,
28.5. 2002	4280	0	4440	0	1464	4,96	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLETR
28.5. 2002	0	4240	0	4560	1384	0	0	5,0	REALSTAV Náchod s.r.o.
28.5. 2002	0	4240	0	4440	1464	4,96	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLET,
28.5. 2002	0	4240	0	4440	1464	4,96	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLET,
28.5. 2002	0	4240	0	4440	1464	4,96	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLET,
28.5. 2002	0	4240	0	4440	1464	4,96	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLET,
28.5. 2002	3760	0	4720	0	1168	0	0	5,0	REALSTAV Náchod s.r.o.
28.5. 2002	4080	0	4480	0	1464	4,96	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLET,
28.5. 2002	0	4160	4472	0	1464	4,96	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLET,
28.5. 2002	0	4160	4472	0	1464	4,96	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLET,
28.5. 2002	3680	0	4720	0	1168	0	0	5,0	REALSTAV Náchod s.r.o.
28.5. 2002	0	4160	4472	0	1464	4,96	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLET,
28.5. 2002	0	4160	4472	0	1464	4,96	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLET,
28.5. 2002	0	4160	4472	0	1464	4,96	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLET,
28.5. 2002	4160	0	4560	0	1464	4,96	0	5,0	Bohumír Picka - BETONGLET,
28.5. 2002	3680	0	4800	0	1168	0	0	5,0	REALSTAV Náchod s.r.o.
28.5. 2002	3680	0	4800	0	1168	0	0	5,0	REALSTAV Náchod s.r.o.
29.5. 2002	0	3760	4640	0	1384	0	0	5,0	REALSTAV Náchod s.r.o.

Obr. 4.3.8. Ukázka zobrazení statistiky spotřebovaného materiálu

4.3.4.2. Tisk statistiky za určité časové období

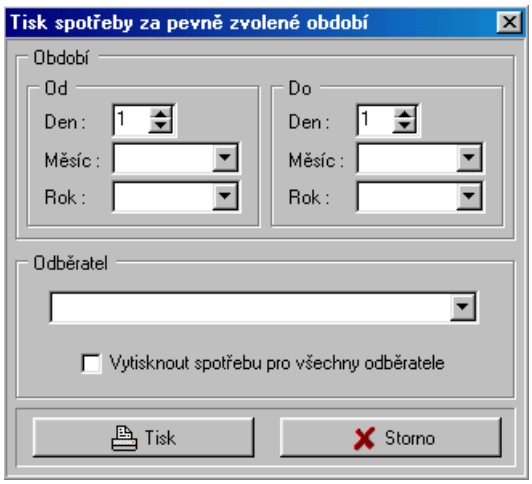
Do jednoho seznamu je možné vytisknout spotřebu materiálu za určitý měsíc, za určité čtvrtletí nebo spotřebu v pevně definovaném časovém období. Stejně tak si má možnost uživatel zvolit, zda bude do vytištěného seznamu spotřeby materiálu zahrnuta spotřeba materiálu všech odběratelů nebo pouze jednoho vybraného.

Po stisknutí tlačítka *Tisk spotřeby za* umístěného na dolní nástrojové liště se u tohoto tlačítka zobrazí menu ze kterého je možné vybrat, zda se bude tisknout seznam spotřeb za měsíc, čtvrtletí nebo pevně definované období. V případě že je vybrána položka *měsíc*, je zobrazeno editační okno *Tisk spotřeby za měsíc* (obrázek 4.3.9), ve kterém je potřeba zvolit požadovaný měsíc a rok. Také je potřeba vybrat požadovaného odběratele, pro kterého bude tisknuta spotřeba materiálu v daném měsíci. Pokud má být seznam spotřebovaného materiálu vytisknut pro všechny odběratele je potřeba zaškrtnout políčko s názvem *Vytisknout spotřebu pro všechny odběratele*. Nakonec je potřeba pouze stisknout tlačítko *Tisk* a seznam spotřeby materiálu za vybrané období a pro vybraného odběratele, resp. všechny odběratele se vytiskne.



Obr. 4.3.9. Editační okno pro zadání požadovaného měsíce a odběratele k tisku seznamu spotřebovaného materiálu

Pokud je z menu vybrána položka *čtvrtletí*, je zobrazeno téměř stejné editační okno jako při výběru položky *měsíc*. Jediný rozdíl spočívá v tom, že místo požadovaného měsíce pro tisk je vybíráno čtvrtletí. Pokud je ale z menu vybrána položka *pevně zvolené období*, je zobrazeno editační okno *Tisk spotřeby za pevně zvolené období* (obrázek 4.3.10). V tomto okně je nutné zadat přesně počáteční a koncové datum definující období, ze kterého se má seznam spotřeby materiálu tisknout. Určení odběratele je stejné jako v editačním okně pro tisk spotřeby materiálu za vybraný měsíc nebo čtvrtletí.

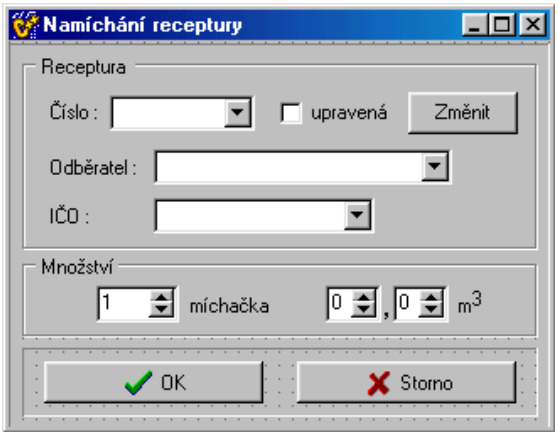


Obr. 4.3.10. Editační okno pro zadání pevně zvoleného období a odběratele k tisku seznamu spotřebovaného materiálu

Pokud je pevně definované období obsaženo pouze v jednom čtvrtletí je možné v okně zobrazujícím statistiku materiálu (obrázek 4.3.8) označit všechny řádky, které mají být zahrnuty do vytištěného seznamu spotřebovaného materiálu, a potom pouze spustit tisk seznamu stiskem tlačítka *Tisk vybraného období*, které je umístěno na dolní nástrojové liště statistiky spotřebovaného materiálu.

4.3.5. Namíchání receptury

Spuštění mísicího procesu pomocí řídicího systému se provádí stiskem tlačítka *Namíchat recepturu* umístěným vlevo v horní nástrojové liště řídicí aplikace. Aby bylo vůbec možné tuto funkci spustit musí být splněny podmínky, které jsou popsány v následující podkapitole. Po stisknutí tlačítka *Namíchat recepturu* se uživateli zobrazí editační okno *Namíchání receptury* (obrázek 4.3.9).



Obr. 4.3.11. Editační okno pro zadání namíchání receptury

V tomto editačním okně je povinné vyplnění všech položek. Při nevyplnění některé položky je uživatel po stisku tlačítka *OK* vyzván k vyplnění všech položek. Vyplnění všech položek je nutné, protože podle těchto zadaných dat je vytvořen záznam o spotřebě materiálu určeného pro tuto zakázku.

Recepturu, která má být namíchána je nutno vybrat z databáze receptur podle identifikačního čísla receptury. V případě, že je receptura zadána ručně pomocí klávesnice a aplikace zadanou recepturu v databázi receptur nenalezne, je opět uživatel vyzván k opravě své volby. Stejně tak je nutno vybrat i odběratele, pro kterého je míchaná betonová směs určená, z databáze odběratelů. Odběratel se z databáze volí buď podle názvu nebo podle identifikačního čísla (IČO).

K úspěšnému spuštění mísicího procesu ovládaného řídicím systémem je potřeba ještě zadat počet míchaček pro danou zakázku a množství celkové namíchané betonové směsi v kubických metrech. Maximální počet míchaček, které řídicí aplikace povoluje je 15.

Po vyplnění všech položek v editačním okně se spuštění mísicího procesu provede stiskem tlačítka *OK*. Pokud byly všechny položky vyplněny správně, editační okno s názvem *Namíchání receptury* se zavře, řídicí aplikace začne komunikovat s podřízenými systémy (viz kapitola 4.3.6) a otevře editační okno s názvem *Dodací list* pro tisk dodacího listu (viz kapitola 4.3.3).

Od spuštění, až do úplného ukončení mísicího procesu ovládaného řídicím systémem jsou v horní nástrojové liště aplikace neaktivní tlačítka *Namíchat recepturu* a *Ukončení programu*. Tím je zajištěno, aby nebyla aplikace před ukončením mísicího procesu zavřena, nebo aby nebylo možno spustit další mísicí proces před ukončením předchozího.

4.3.5.1. Podmínky pro přístup k funkci namíchání receptury

Po spuštění aplikace je tlačítko v horní nástrojové liště s názvem *Namíchat recepturu* neaktivní. Tímto způsobem je po spuštění řídicí aplikace ověřován průběh komunikace mezi aplikací a programovatelným automatem. Pokud je totiž programovatelný automat zapnut a je v režimu čekání na spuštění mísicího procesu, posílá po komunikační lince do PC byte $F0_H$ s frekvencí 1Hz a čeká na odpověď oznamující spuštění mísicího procesu. Jakmile řídicí aplikace po spuštění přijme tento byte, uvede tlačítko *Namíchat recepturu* do aktivního stavu.

Jak už bylo zmíněno dříve je tlačítko *Namíchat recepturu* neaktivní také po celou dobu mísicího procesu, aby nedošlo ke spuštění nového procesu před ukončením procesu předchozího. Po ukončení mísicího procesu se programovatelný automat opět dostane do režimu čekajícího na spuštění dalšího mísicího procesu a opět vysílá do PC byte informující o tomto stavu na jehož základě řídicí aplikace uvede tlačítko *Namíchat recepturu* zpět do aktivního stavu.

4.3.5.2. Úprava receptury před mícháním

Při vkládání nové receptury do databáze receptur je předpoklad, že zadávaná hmotnost kameniv a písků je udána pro nezavlhlý materiál. Vzhledem k tomu, že v mísírně betonových směsí Říkov není zásoba kameniv a písků zastřešena, není tento předpoklad vždy splněn a je proto třeba podle aktuální vlhkosti materiálu změnit množství kameniva záměsové vody.

Pro aktuální úpravu receptury vybrané z databáze před míšením je určena editační funkce, kterou lze spustit stiskem tlačítka *Změnit* v editačním okně pro zadání namíchání receptury (obrázek 4.3.11). Tlačítko *Změnit* je aktivní, tzn. funkce pro aktuální změnu recepturu je přístupná pouze tehdy, pokud je v položce *Číslo* vyplněno číslo receptury, která je uložena v databázi receptur.

K aktuální úpravě receptury před mícháním je určeno stejné editační okno jako pro vkládání nové receptury resp. pro změnu receptury již vložené (obrázek 4.3.6). Toto okno je po otevření předvyplněno hmotnostmi a objemy vybrané receptury a uživatel pouze změní hmotnosti resp. objemy podle aktuální potřeby. Provedené změny musí být potvrzeny stiskem tlačítka *OK*.

Aby řídicí systém po spuštění mísicího procesu akceptoval změnu receptury, je nutno aby v editačním okně pro zadání namíchání receptury bylo také zaškrtnuto políčko s názvem *upravená*, které je umístěno mezi položkou pro zadání čísla receptury a tlačítkem *Změnit*. Po úpravě receptury je toto políčko zaškrtnuto automaticky. Význam tohoto políčka je podobný jako u funkce předchozího vyplnění v editačním okně pro vyplnění dodacího listu (kapitola 4.3.3.3). Řídicí aplikace si pamatuje aktuálně upravenou recepturu a při dalším spouštění mísicího procesu se stejnou recepturou již stačí pouze zaškrtnout políčko s názvem *upravená* a řídicí systém namíchá betonovou směs podle aktuálně upravené receptury uložené v paměti od poslední úpravy. V případě, že k receptuře vybrané v editační položce *číslo* není v paměti řídicí aplikace uložena žádná aktuálně upravená receptura, je políčko s názvem *upravená*

neaktivní, tzn. že je potřeba upravit recepturu pomocí funkce pro aktuální úpravu a tím změnit stav políčka s názvem *upravená* do aktivního.

Aktuální změna receptury před spuštěním mísicího procesu nemá žádný vliv na změnu receptur uložených v databázi.

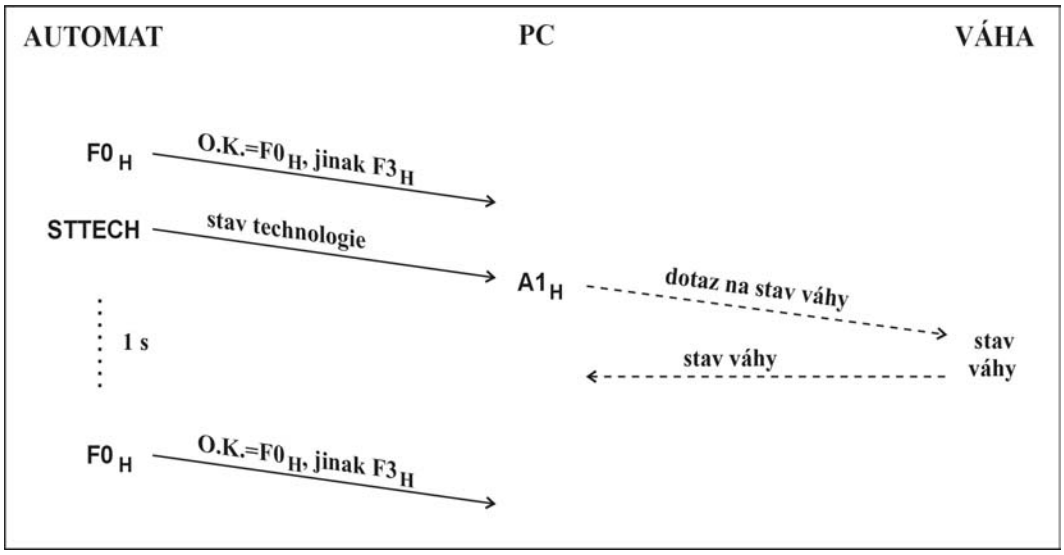
4.3.6. Komunikace s podřízenými systémy

Komunikace s podřízenými prvky je důležitou součástí řídicího systému, bez které by řízení nemohlo správně fungovat. Nadřazený prvek (dále jen PC) synchronizuje celé řízení, které je realizováno ovládací jednotkou vážního systému (dále jen ovládací jednotka) a řídicím automatem (dále jen automat). Komunikace mezi PC a podřízenými prvky je asynchronní a počáteční podnět ke komunikaci dává ve většině případů automat, a to i přesto, že je podřízený prvek centrálního řídicího systému. Jedinou výjimkou je inicializace mísicího procesu, kdy počáteční podmět pro komunikaci dává PC. Protokoly a způsoby komunikace jsou navrženy přímo pro tento řídicí systém tak, aby co nejvíce vyhovovaly daným podmínkám a požadavkům. Pouze 20ti bytový protokol pro komunikaci s ovládací jednotkou vážního systému byl určen dodavatelem tohoto systému, ale i ten byl po dohodě mírně upraven, aby co nejvíce vyhovoval tomuto centrálnímu řídicímu systému.

Následující podkapitoly blíže popisují jednotlivé způsoby komunikace mezi prvky řídicího systému v jednotlivých stavech, v nichž se může řídicí systém nacházet.

4.3.6.1. Průběh komunikace v klidovém stavu

V klidovém stavu, pokud není aktivní mísicí proces ovládaný řídicím systémem, probíhá mezi jednotlivými prvky řídicího systému velmi omezená komunikace. Aplikace v PC kromě přímého řízení mísicího procesu také poskytuje i administrativní funkce spojené s vedením mísírny betonových směsí. Zbytečně komplikovaná komunikace v klidovém stavu by aplikaci natolik zatěžovala, že by nebylo možné neomezeně pracovat s ostatními funkcemi programu. Proto v případě vypnuté vizualizace komunikace probíhá velmi omezeně a pouze mezi PC a automatem. Průběh této komunikace ukazuje obrázek 4.3.12.



Obr. 4.3.12. Průběh komunikace v klidovém stavu

V případě, že je vypnutá vizualizace, posílá automat v klidovém stavu do PC dva po sobě jdoucí byty. Hodnota prvního bytu je $F0_H$ pokud je ovládaná technologie připravena, resp. $F3_H$ pokud je nepřipravena pro spuštění mísicího procesu ovládaného řídicím systémem. Druhý byte *STTECH* (STav TECHnologie) obsahuje informace o stavech jednotlivých částí celé ovládané technologie. Význam jednotlivých bitů bytu *STTECH* popisuje tabulka 4.3.1.

D0	Dopravní koš jede dolu
D1	Dopravní koš jede nahoru
D2	Dopravník he zapnut
D3	Míchačka je zapnuta
D4	Odměřování vody do nádrže
D5	Vypuštění vody z nádrže do míchačky
D6	Vypuštění cementu do míchačky
D7	Výpusť míchačky je uzavřena

Tab. 4.3.1. Význam jednotlivých bitů bytu STTECH

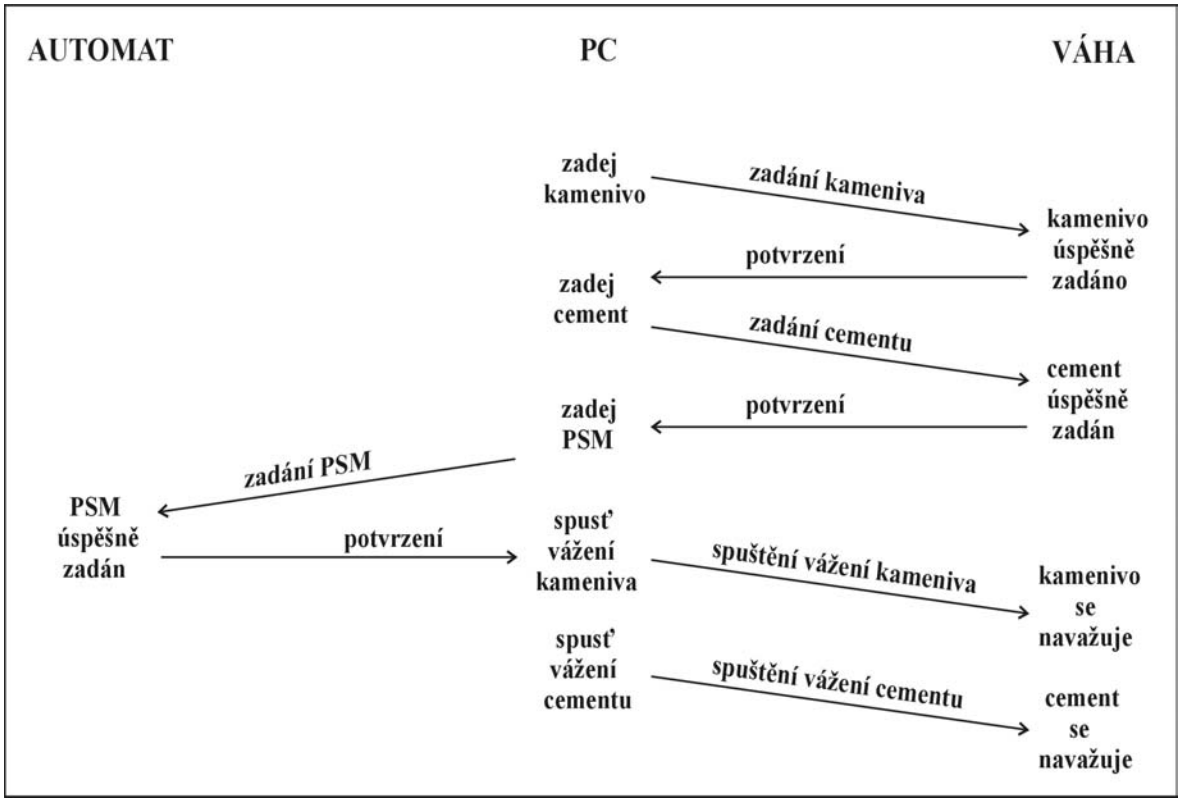
Pokud je zapnutá vizualizace, je komunikace v klidovém stavu navíc doplněna o komunikaci s ovládací jednotkou, která je na obrázku 4.3.12 vyznačena přerušovanou čarou. V tomto případě PC po přijetí dvou po sobě jdoucích bytů z automatu vyšle do ovládací jednotky byte s hodnotou $A1_H$, na který dostane odpověď obsahující informace o stavech vážního systému potřebnou pro obnovu vizualizace.

Po odvysílání výše popsaných dvou bytů čeká automat 1s na příkaz ke spuštění mísicího procesu (viz kapitola 4.3.6.2) a v případě, že je PC neaktivní, znovu opakuje komunikaci podle obrázku 4.3.12.

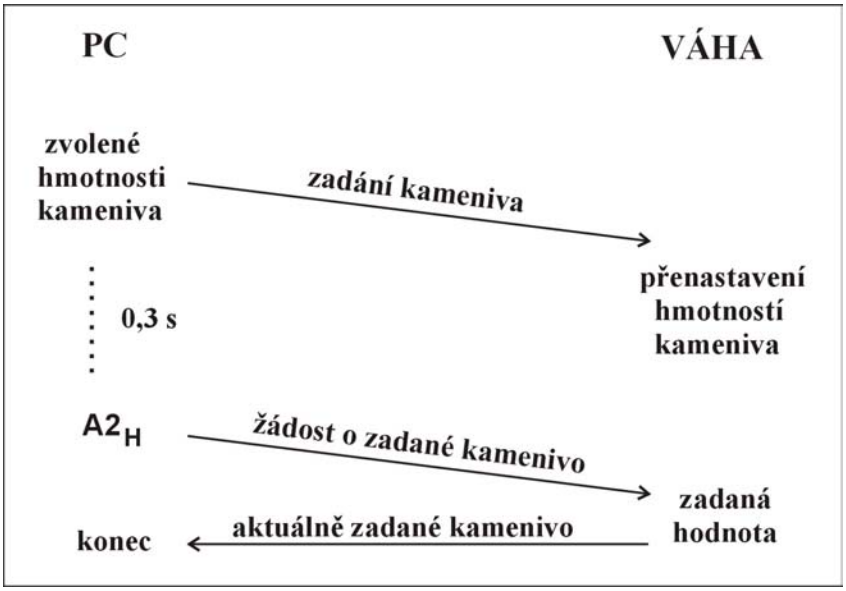
4.3.6.2. Zadání zvolených hodnot podřízeným prvkům

Před spuštěním mísicího procesu ovládaného řídicím systémem je potřeba nejdříve zadat do ovládací jednotky vážního systému zvolené hmotnosti kameniva a cementu a do řídicího automatu objem záměsové vody, objemy plastifikátorů a počet míchaček, které budou namíchány v právě zadávaném mísicím procesu. Všechny tyto veličiny si uživatel nastaví pomocí programu v PC (viz kapitola 4.3.5) a po zmáčknutí tlačítka *OK* se spustí zadávání nastavených veličin do podřízených prvků řídicího systému.

Teprve po úspěšném zadání všech veličin do ovládací jednotky vážního systému a řídicího automatu je fyzicky spuštěn mísicí proces, tzn. že se začne odměřovat záměsová voda a navažovat kamenivo a cement. Průběh komunikace pro zadání hodnot ovládací jednotce vážního systému a programovatelnému automatu (PSM) ukazuje obrázek 4.3.13.



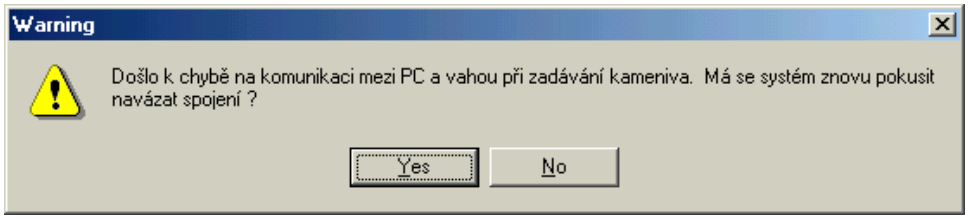
Obr. 4.3.13. Průběh komunikace při zadávání nastavených hodnot podřízeným prvkům řídicího systému



Obr. 4.3.14. Průběh komunikace při zadávání kameniva

Jak je vidět z obrázku 4.3.13, tak jsou nejdříve zadány hmotnosti kameniva a cementů do ovládací jednotky vážního systému a teprve po úspěšném zadání těchto hmotností jsou zadány nastavené objemy do řídicího automatu. Podrobnější průběh komunikace mezi PC a ovládací jednotkou při zadávání kameniva popisuje obrázek 4.3.14.

Nejprve jsou z PC pomocí 20ti bytového protokolu (viz kapitola 4.1.2) zadány do ovládací jednotky všechny nastavené hmotnosti kameniva a po 0,3s (nutná doba pro přenastavení aktuálních hmotností uvnitř ovládací jednotky) je ovládací jednotka bytem $A2_H$ vyzvána, aby poslala do PC pro kontrolu aktuálně nastavené hmotnosti. Pokud je součet *mod256* přijatého 20ti bytového protokolu správný a všechny aktuálně nastavené hmotnosti kameniva odpovídají skutečně zadaným hodnotám, je zadávání kameniva ukončeno jako úspěšné. V opačném případě, pokud nesouhlasí součet *mod256* nebo nějaká z hmotností kameniva nesouhlasí se skutečně zadanou hodnotou je zadávání hmotností kameniva považováno za neúspěšné a PC se pokusí zadat hmotnosti kameniva do ovládací jednotky znovu. Zadávání kameniva je považováno za neuspěšné a opakováno i v případě, že ovládací jednotka neodpoví do cca 1s na výzvu z PC, aby poslala nazpět naposled zadané hmotnosti kameniva pro ověření. V případě, že je zadávání kameniva 10krát za sebou považováno za neúspěšné, a nezáleží na tom z jakého důvodu, je na PC zobrazeno chybové hlášení, které ukazuje obrázek 4.3.15.

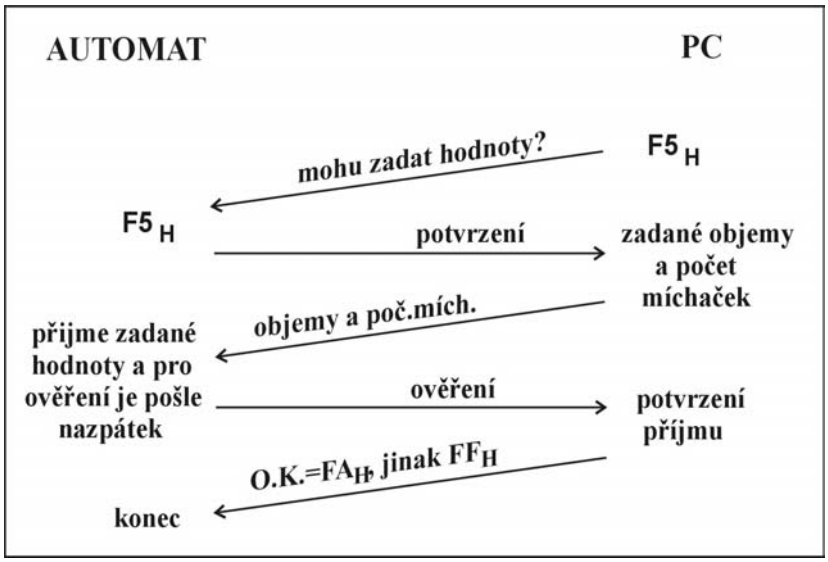


Obr. 4.3.15. Chybové hlášení oznamující špatně fungující nebo nefunkční komunikaci mezi PC a ovládací jednotkou při zadávání kameniva

Nejpravděpodobnější příčinou tohoto chybového hlášení je porušený vodič komunikace mezi PC a ovládací jednotkou, vypadlý konektor nebo chyba ovládací jednotky, která způsobila, že ovládací jednotka nereaguje na komunikaci. Z tohoto důvodu je vhodné zkontrolovat všechny konektory, ověřit funkci ovládací jednotky a stiskem tlačítka *Ano* v chybovém hlášení se pokusit o zadání kameniva znova.

Po úspěšném zadání kameniva následuje zadání nastavených hmotností cementu do ovládací jednotky. Způsob zadávaní hmotnosti cementu do ovládací jednotky probíhá podobným postupem jako zadávání kameniva. Rozdíl je v tom, že u cementu je možné zadat pouze první frakci (lze zadat i ostatní, ale váha je neuloží do paměti), řídicí byte 20ti bytového protokolu je mírně odlišný při zadávání hmotností cementu (viz kapitola 4.1.4) a pro výzvu pro výpis aktuálně zadaných hmotností cementů se používá místo $A2_H$ hodnota $A3_H$. Také je stejně jako při zadávání kameniva po 10ti neúspěšných zadání cementu vypsáno chybové hlášení s dotazem, zda se má PC znovu pokusit o zadání hmotnosti cementu.

Teprve po úspěšném zadání hmotností kameniva a cementu do ovládací jednotky je započato zadávání nastavených hodnot také do automatu. Průběh této komunikace ukazuje obrázek 4.3.16.



Obr. 4.3.16. Průběh komunikace mezi PC a automatem při zadávání nastavených hodnot

Nejdříve pošle PC do automatu byte s hodnotou $F5_H$, kterým se automatu zeptá, zda je připraven přijmout nastavené hodnoty objemů plastifikátorů, záměsové vody a počtu míchaček. V kladném případě automat odpoví bytem se stejnou hodnotou. Po přijetí kladné odpovědi pošle PC do automatu šest po sobě jdoucích bytů, jejichž význam je popsán v tabulce 4.3.2.

B0	Desítky a jednotky litrů chrysoplastu
B1	Desetiny a setiny litrů chrysoplastu
B2	Desítky a jednotky litrů chrysoxelu
B3	Desetiny a setiny litrů chrysoxelu
B4	Desítky a jednotky litrů záměsové vody
B5 L	Stovky litrů záměsové vody
B5 H	Počet míchaček

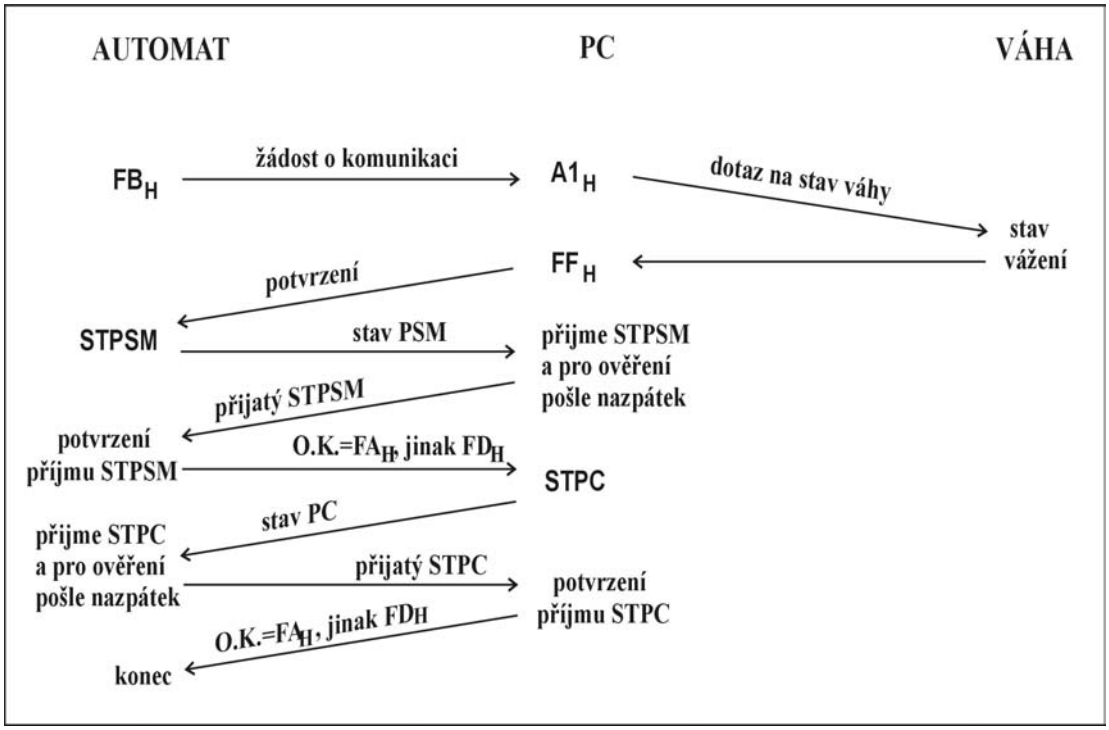
Tab. 4.3.2. Význam jednotlivých bytů použitých pro zadání nastavených hodnot do automatu

Všechny hodnoty posílané z PC do automatu jsou uvedeny v BCD kódu. Po přijetí všech šesti bytů automat tyto byty pošle pro ověření nazpět do PC a to v případě, že se všechny přijaté byty shodují s vyslanými, odpoví bytem s hodnotou FA_H. V opačném případě, kdy se jeden nebo více bytů neshodují, odpoví PC bytem s hodnotou FF_H. V tomto případě je celé zadávání nastavených hodnot z PC do automatu opakováno. Stejně tak je celé zadávání nastavených hodnot z PC do řídicího automatu opakováno i v případě, že v průběhu komunikace neodpoví dotazovaná strana do 1 sec. I při zadávání kameniva, resp. cementu je po 10ti neúspěšných zadání vypsané na PC chybové hlášení s dotazem, zda se má PC znovu pokusit o zadání nastavených hodnot do automatu.

Jakmile je úspěšně ukončeno zadání nastavených hodnot do automatu, tzn. automat přijme po vyslání 6ti bytů zpět do PC byte s hodnotou FA_H, spustí automat odměřování záměsové vody. PC po úspěšném ukončení komunikace s automatem dá pokyn ovládací jednotce, aby spustila navažování kameniva a hned potom i navažování cementu. Tím je ukončeno zadávání všech potřebných hodnot pro správný průběh mísicího cyklu.

4.3.6.3. Průběh komunikace během mísicího procesu

V průběhu mísicího procesu je potřeba synchronizovat spolupráci mezi automatem a ovládací jednotkou. Tato synchronizace je realizována přes PC pomocí výměny stavů. Výměna stavů je vždy spuštěna výhradně na pokyn automatu. Dochází k ní například, když automat čeká, až bude naváženo kamenivo a cement a naopak, když chce automat oznámit ovládací jednotce, že může spustit další navažování kameniva, resp. cementu. Průběh výměny stavů ukazuje obrázek 4.3.17.



Obr. 4.3.17. Průběh výměny stavů během mísicího procesu

Když automat chce spustit v průběhu mísicího procesu výměnu stavů, vyšle do PC byte s hodnotou FB_H. Po přijmutí tohoto bytu vyšle PC do ovládací jednotky řídicí byte s hodnotou $A1_H$, na který ovládací jednotka odpoví 20ti bytovým paketem, který obsahuje informace o stavu vážního systému. Po úspěšném ukončení komunikace s ovládací jednotkou oznámí PC automatu vysláním bytu s hodnotou FF_H, že je připraveno pro výměnu stavů. Automat po přijetí tohoto bytu vyšle do PC byte *STPSM* (STav PSM) obsahující informace o stavu mísicího procesu v automatu. Význam jednotlivých bitů tohoto bytu popisuje tabulka 4.3.3.

D0	Můžeš spustit další navažování kameniva
D1	Můžeš spustit další navažování cementu
D2	Konec mísicího procesu
D3-D7	Nevyužité bity

Tab. 4.3.3. Význam jednotlivých bitů bytu STPSM

PC vyšle byte *STPSM* pro ověření zpět do automatu a ten v případě, že se vyslaná hodnota shoduje s přijatou potvrdí správnost bytem s hodnotou FA_H a v opačném případě vyšle byte s hodnotou FD_H a celá výměna stavů je spuštěna od začátku. Po přijetí potvrzení o úspěšném přenesení bytu *STPSM* vyšle PC do automatu byte *STPC* (STav PC) obsahující informace o stavu vážního systému. Význam jednotlivých bitů tohoto bytu popisuje tabulka 4.3.4.

D0	Probíhá navažování kameniva
D1	Probíhá navažování cementu
D2	Vážicí dopravník je prázdný
D3	Váha na cement je prázdná
D4-D7	Nevyužité bity

Tab. 4.3.4. Význam jednotlivých bitů bytu STPC

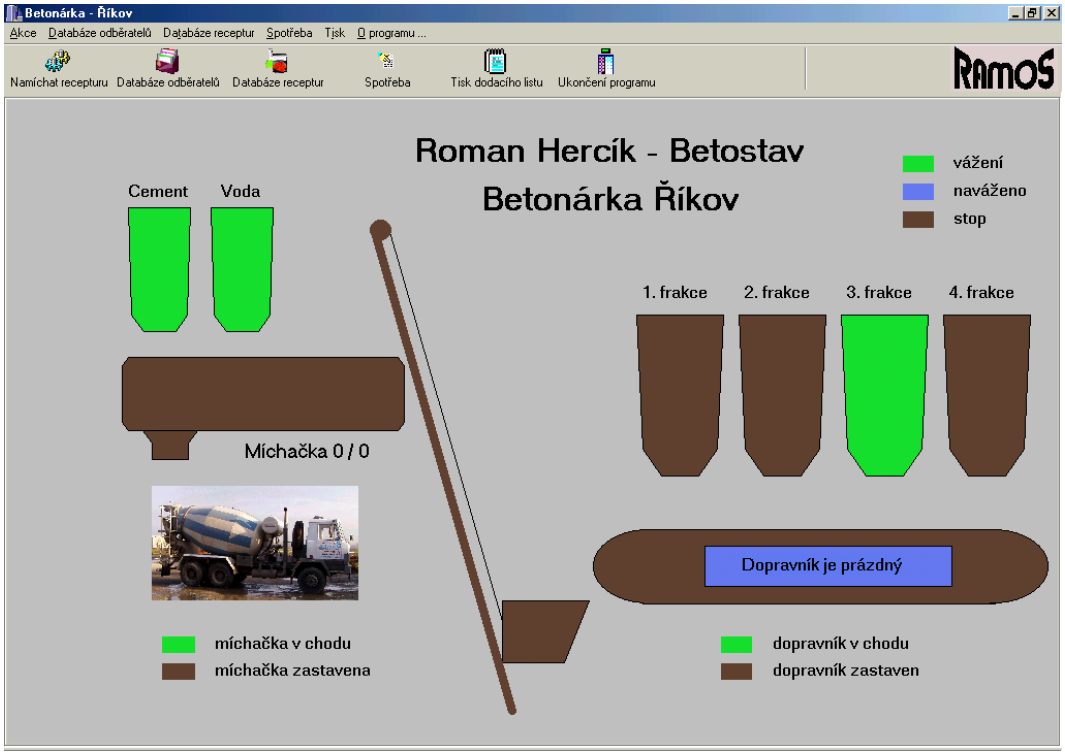
Stejně jako u bytu *STPSM* je i byte *STPC* vyslán pro ověření zpět do PC a to na základě shody, resp. neshody tento přenos potvrdí bytem s hodnotou FA_H, resp. zamítne bytem s hodnotou FD_H a výměna stavů je spuštěna od začátku. Pokud ani po 10ti pokusech nedojde k úspěšnému zakončení kompletní výměny stavů, vypíše PC chybové hlášení oznamující tento fakt. Na rozdíl od chybových hlášení při zadávání nastavených hodnot podřízeným prvkům řídicího systému je toto chybové hlášení pouze informační a řídicí systém se stále pokouší úspěšně dokončit výměnu stavů, protože jinak nemůže již spuštěný mísicí proces pokračovat.

4.3.7. Vizualizace

Součástí navrženého řídicího systému je také vizualizace zobrazující aktuální stav jednotlivých akčních členů v betonárce. Pro správný průběh vizualizace je potřeba s dostatečnou frekvencí obnovovat informaci o aktuálních stavech všech akčních členů.

V průběhu procesu míchání ovládaného řídicím systémem probíhá mezi PC a automatem výměna stavů (viz. kapitola 4.3.6.3), která má postačující frekvenci i pro vizualizaci a není proto nutná žádná další přídavná komunikace, určená výhradně pro potřebu vizualizace. Opačný případ nastává v klidovém stavu, kdy není nutná výměna stavů pro synchronizaci míchání. Klidovým stavem je myšlena aktuální nečinnost řídicího systému. Akční členy ale mohou být ovládány také manuálně, a potom je potřeba, aby v případě, že je zapnutá vizualizace, byla změna stavů jednotlivých akčních členů zobrazena i na monitoru. V tomto případě je nutná přídavná komunikace určená výhradně pro potřebu vizualizace s obnovovací frekvencí 1Hz (viz. kapitola 4.3.6.1).

Po spuštění řídicího programu v PC je vizualizace vypnuta. Zapnout ji je možno v hlavním menu *Akce* nebo pomocí klávesové zkratky *CTRL+V*. Stejným způsobem se vizualizace také vypíná. Aktuální stavy jednotlivých akčních členů jsou na monitoru barevně odlišeny. Ukázka vizualizace v průběhu mísicího procesu je na obrázku 4.3.18.



Obr. 4.3.18. Ukázka vizualizace v průběhu mísicího procesu

5. Závěr

Výsledkem realizace navrženého řídicího systému je plně funkční mísírna betonových směsí splňující požadavky zadavatele. Návrh řídícího systému vycházel ze současného stavu technologického zařízení betonárky, požadavků zadavatele a v neposlední řadě i omezeným finančním rozpočtem. Řídicí systém byl navržen tak, aby optimálním způsobem zvládl problémy míchání betonových směsí, usnadnil v co možná největší míře práci obsluhy, eliminoval ztrátové časy a minimalizoval chybovost lidského faktoru. Součástí řídicího systému je i vytváření databází pro usnadnění administrativy nutné pro chod betonárky. Vhodným návrhem algoritmu celého procesu se podařilo navzájem překrývat několik operací při zachování plné kontroly a tím dále zkrátit celý mísicí proces.

Řídicí systém by mohl být rozšířen o některé přídavné funkce pro další optimalizaci chodu betonárky směřující ke snížení nároků na odbornost obsluhy se zachováním stejné kvality betonu. Jednou z těchto funkcí může být sledování vlhkosti kameniva. Tím by odpadla potřeba měnit množství kameniva a záměsové vody podle aktuální vlhkosti ve vybrané receptuře před mícháním. Tuto operaci by vykonával řídicí systém na základě informací z vlhkostních čidel. Další pomocnou funkcí může být sledování obsahu zásobníků na kamenivo a cement pomocí deformačního čidla umístěného na konstrukci těchto zásobníků. Informace o stavech zásobníků může být součástí vizualizace.

Na závěr bych chtěl poděkovat vedoucímu této diplomové práce panu doc. Ing. Janu Bílkovi, Csc. za odborné vedení a cenné rady a podněty při realizaci této práce.

6. Použitá literatura

[1] Pytlík P.: *Technologie betonu*, VUT, Brno, 1997.

[2] Dablik M.: *Prezentace řídicího systému firmy* Asterix a.s., dosažitelné na http://www.asterix.cz

[3] Máša L.: *Prezentace řídicího systému firmy* Ivar a.s., dosažitelné na http://www.ivar.cz/Technologie/2index.htm

[4] Šusta R.: *Programování pro řízení ve Windows*, ČVUT, Praha, 1999.

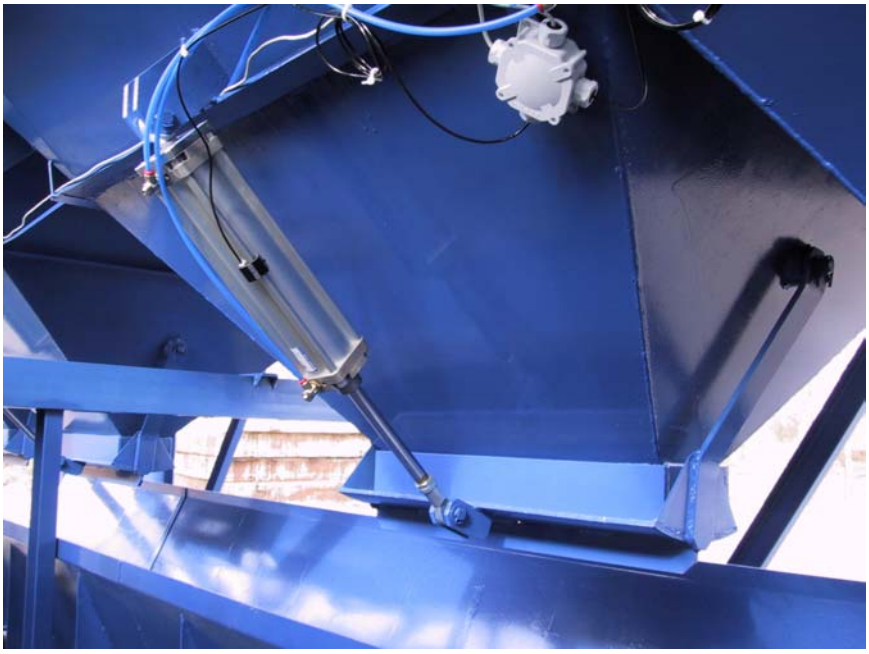
Příloha – A : Fotografie betonárky Říkov

Fotografie A.1. Zásobníky pro čtyři druhy kameniva

Fotografie A.2. Zásobníky cementu

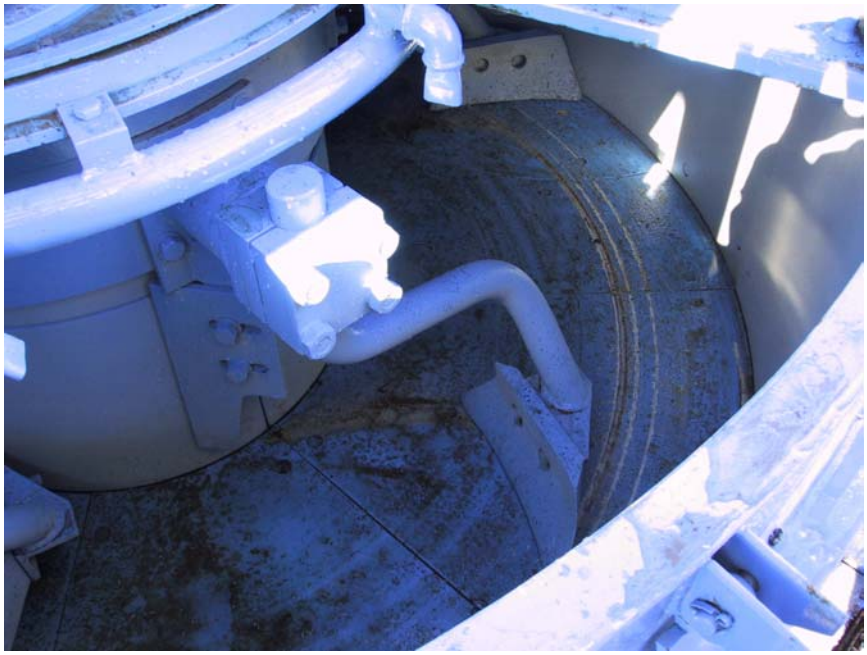
Fotografie A.3. Ovládací jednotka vážícího systému

Fotografie A.4. Vážící dopravník kameniva



Fotografie A.5. Ovládací píst násypky kameniva

Fotografie A.6. Dávkovač plastifikačních přísad



Fotografie A.7. Pohled do bubnu míchačky

Fotografie A.8. Výlevka míchačky s klapkou

Fotografie A.9. Dopravní koš

Fotografie A.10. Tažné zařízení dopravního koše

Příloha – B : 8-bitový mikroprocesor Z84C15

Z84C15

IPC/EIPC ENHANCED INTELLIGENT PERIPHERAL CONTROLLER

GENERAL DESCRIPTION

The Z84C15 are a series of Intelligent Peripheral Controllers (IPC) targeted for a broad range of applications from error correction modems/faxes, to enhancement/cost reduction of existing Z80 hardware using Z80 based discrete devices. The products are software and hardware compatible with the discrete devices Z84C00, Z84C20, Z84C30 and Z84C40.

The enhanced version, Z84C15, is pin compatible with the Z84015 and both are housed in a 100-pin QFP package. Zilog also offers Z84C15 in a 100-pin VQFP package.

FEATURES

- Z84C15 Enhancements:
  - Power-On Reset
  - Two Additional Chip Select Pins
  - 32-Bit CRC for Channel A of SIO
  - WAIT State Generator
  - Simplified EV Mode
  - Schmitt Trigger I/O, No Tx/Rx Clock
  - Crystal Divide-by-One Mode
- Z84C15 Features the Z84015 and Above Enhancements
- Z84015 Features:
  - Z84C00 - CPU
  - Z84C40 - SIO - Two Serial Channels
  - Z84C30 - CTC - 4x8 bit C/T
  - Z84C20 - PIO
  - Watch-Dog Timer (WDT)
  - Clock Generator Controller (CGC)
- Low Power Consumption
  Three Operating Modes
- 16 MHz Operation for Z84C15 Only.
- Voltage Range 5V ±10%
- 100-Pin VQFP Package for Z84C15

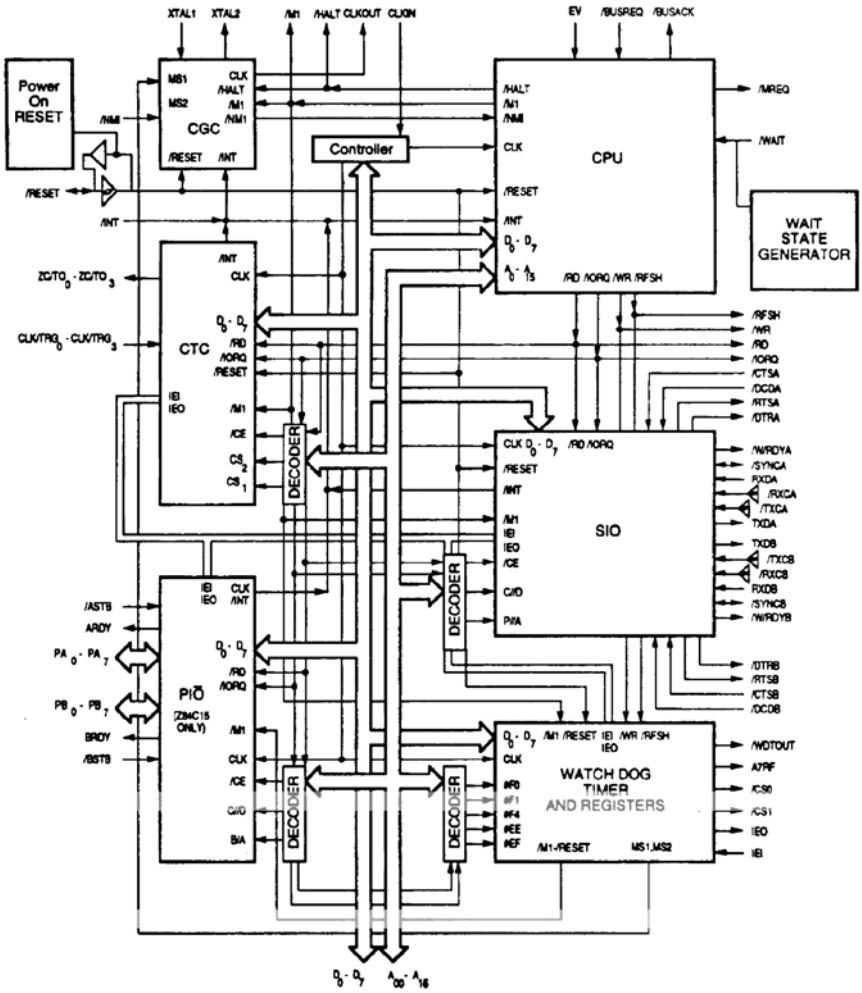


Figure 1. Z84C15 Functional Block Diagram

© 1997 by Zilog, Inc. All rights reserved. No part of this document may be copied or reproduced in any form or by any means without the prior written consent of Zilog, Inc. The information in this document is subject to change without notice. Devices sold by Zilog, Inc. are covered by warranty and patent indemnification provisions appearing in Zilog, Inc. Terms and Conditions of Sale only.

ZILOG, INC. MAKES NO WARRANTY, EXPRESS, STATUTORY, IMPLIED OR BY DESCRIPTION, REGARDING THE INFORMATION SET FORTH HEREIN OR REGARDING THE FREEDOM OF THE DESCRIBED DEVICES FROM INTELLECTUAL PROPERTY INFRINGEMENT. ZILOG, INC. MAKES NO WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PURPOSE.

Zilog, Inc. shall not be responsible for any errors that may appear in this document. Zilog, Inc. makes no commitment to update or keep current the information contained in this document.

Zilog's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems unless a specific written agreement pertaining to such intended use is executed between the customer and Zilog prior to use. Life support devices or systems are those which are intended for surgical implantation into the body, or which sustains life whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.

Zilog, Inc. 210 East Hacienda Ave.
Campbell, CA 95008-6600
Telephone (408) 370-8000
Telex 910-338-7621
FAX 408 370-8056
Internet: http://www.zilog.com

Příloha – C : 8-bitový mikroprocesor 80C552

General description

The 80C552/83C552 (hereafter generically referred to as 8XC552) Single-Chip 8-Bit Microcontroller is manufactured in an advanced CMOS process and is a derivative of the 80C51 microcontroller family. The 8XC552 has the same instruction set as the 80C51.

Three versions of the derivative exist:

- 83C552—8 kbytes mask programmable ROM
- 80C552—ROMless version of the 83C552
- 87C552—8 kbytes EPROM (described in a separate chapter)

The 8XC552 contains a non-volatile 8k × 8 read-only program memory (83C552), a volatile 256 × 8 read/write data memory, five 8-bit I/O ports, one 8-bit input port, two 16-bit timer/event counters (identical to the timers of the 80C51), an additional 16-bit timer coupled to capture and compare latches, a 15-source, two-priority-level, nested interrupt structure, an 8-input ADC, a dual DAC pulse width modulated interface, two serial interfaces (UART and I²C-bus), a "watchdog" timer and on-chip oscillator and timing circuits. For systems that require extra capability, the 8XC552 can be expanded using standard TTL compatible memories and logic.

In addition, the 8XC552 has two software selectable modes of power reduction—idle mode and power-down mode. The idle mode freezes the CPU while allowing the RAM, timers, serial ports, and interrupt system to continue functioning. The power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, causing all other chip functions to be inoperative.

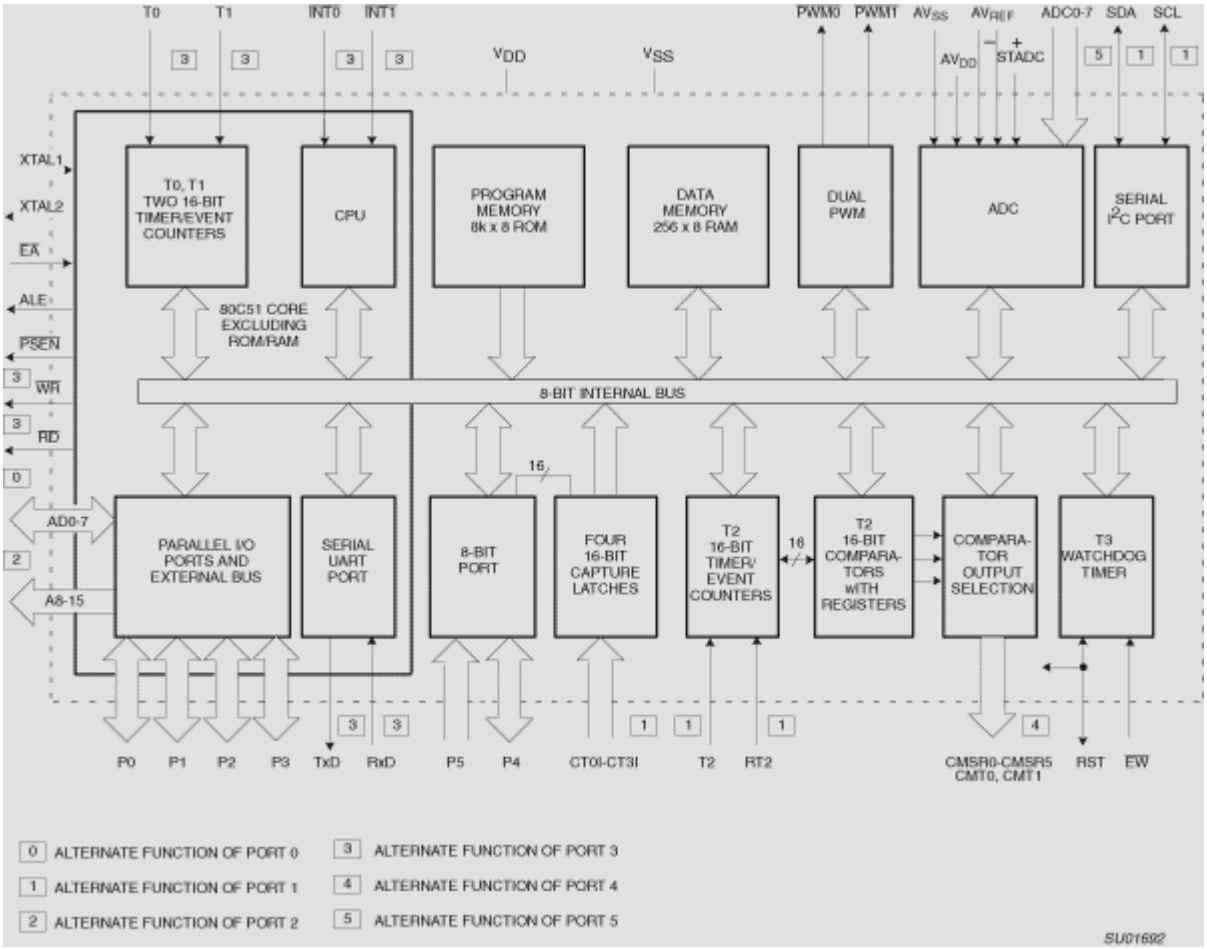
The device also functions as an arithmetic processor having facilities for both binary and BCD arithmetic plus bit-handling capabilities. The instruction set consists of over 100 instructions: 49 one-byte, 45 two-byte, and 17 three-byte. With a 16 MHz (24 MHz) crystal, 58 pct of the instructions are executed in 0.75 us (0.5 us) and 40 pct in 1.5 us (1 us). Multiply and divide instructions require 3 us (2 us).

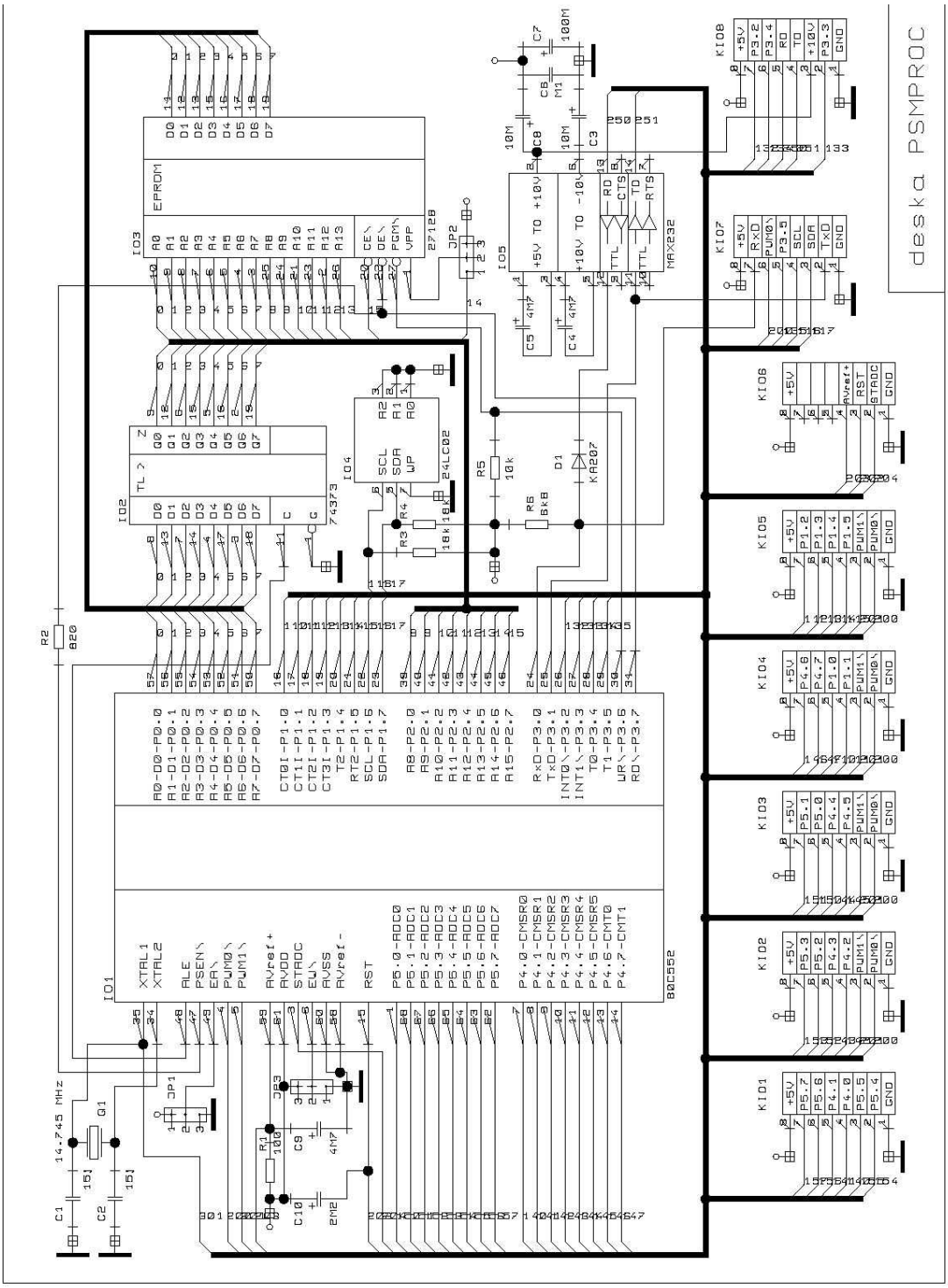
Features

- 80C51 central processing unit
- 8k × 8 ROM expandable externally to 64 kbytes
- ROM code protection
- An additional 16-bit timer/counter coupled to four capture registers and three compare registers
- Two standard 16-bit timer/counters
- 256 × 8 RAM, expandable externally to 64 kbytes
- Capable of producing eight synchronized, timed outputs
- A 10-bit ADC with eight multiplexed analog inputs
- Two 8-bit resolution, pulse width modulation outputs

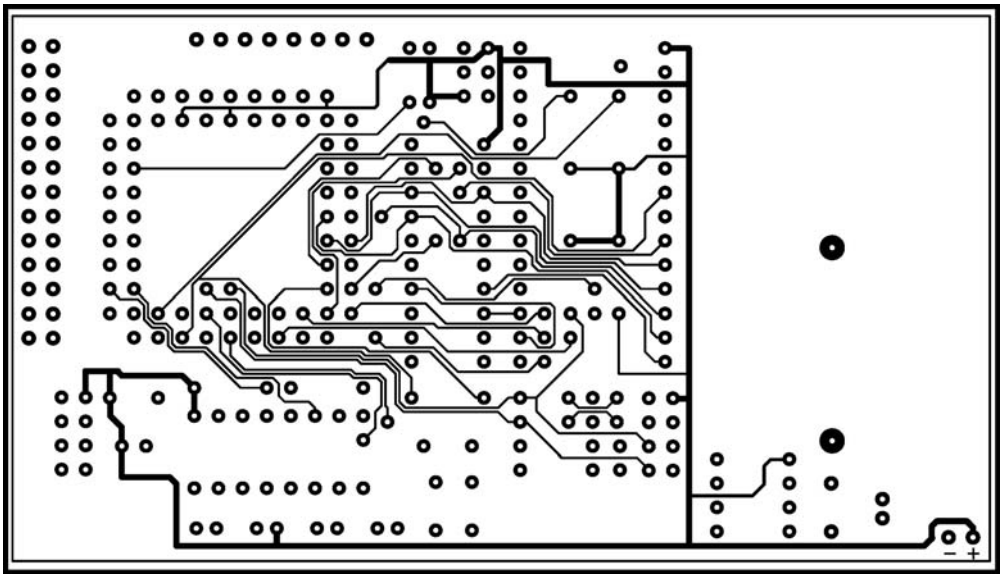
- Five 8-bit I/O ports plus one 8-bit input port shared with analog inputs
- I²C-bus serial I/O port with byte oriented master and slave functions
- Full-duplex UART compatible with the standard 80C51
- On-chip watchdog timer
- Three speed ranges:
  - 3.5 to 16 MHz
  - 3.5 to 24 MHz (ROM, ROMless only)
- Three operating ambient temperature ranges:
  - P83C552xBx: 0 Cel to +70 Cel
  - P83C552xFx: –40 Cel to +85 Cel (XTAL frequency max. 24 MHz)
  - P83C552xHx: –40 Cel to +125 Cel (XTAL frequency max. 16 MHz)

Blockdiagram(s)

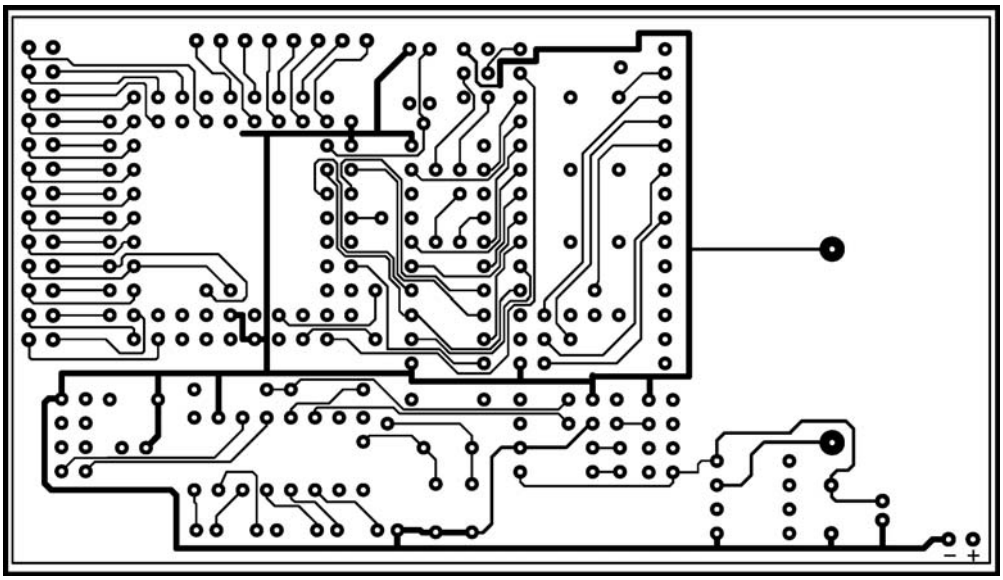




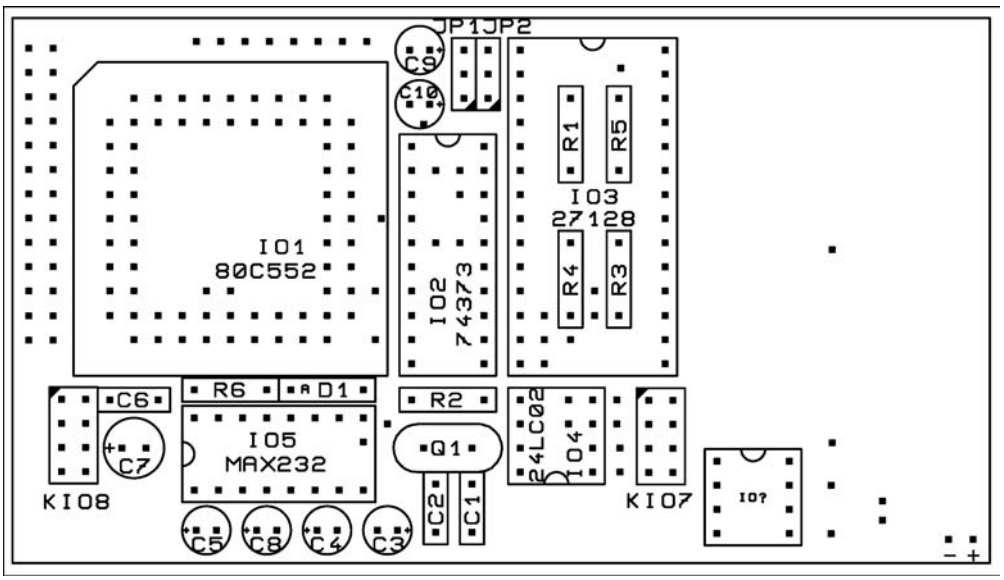
Obr. C.1. Schéma zapojení mikroprocesorové části řídicího automatu



Obr. C.2. Horní strana plošného spoje procesorové části řídicího automatu



Obr. C.3. Dolní strana plošného spoje procesorové části řídicího automatu



Obr. C.4. Rozmístění součástek na plošném spoji procesorové části řídicího automatu

Příloha – D : Ukázka vyplněného dodacího listu

CZ ROZOS **Roman HERCÍK** **Betostav** Nádražní 362, tel.-fax 0441 / 72580 54901 Nové Město nad Metují	DODACÍ LIST 1204/02 číslo	ODBĚRATEL: Novák Jan
IČO: 16805020 DIČ: 243-6403072379		IČO: 1245641 DIČ: 088-5455214
~~NAHOŘANY~~ Betonárka: Tel.: 491 471 281 Fax.: 491 471 785 ŘIKOV Tel.: 491 452 162	podpis	Ulice: Ostřelova 56 PSČ: 547 65 Místo: Jičín
		Stavba: Obecní dům v České Skalici Místo přejímky: Říkov

Pevnostní třída - zboží: C 20/25	Množství a MJ: 5 m^3	Cement: Cem II/A-S 42,5R	**Placeno hotově:** Řádný daňový doklad bude vyhotoven - zaslán.
Cena: Dle ceníku prodávajícího, platného v den dodání.	Přísada: Chrysoplast	RECEPTURA 125031	

Konzistence: S3	Datum: 16.1. 2003	Čas zamíchání: 19:36	Nejpozději zpracovat do: 23:36	Teplota: 18°C	Počasí: zataženo

Poznámka pro odběratele (kupujícího): Doba míchání, čekací doba na stavbě a mytí dopr. prostředků naší firmy je uvedeno v **ZÁZNAMU O PROVOZU VOZIDLA.** Betonová směs musí být zpracována co možná nejdříve po zamíchání. V případě transportbetonu ihned po ukončení přejímky, bez dodatečného přidání vody. Přemísťování již uložené vrstvy pomocí vibrátoru nebo samospádem se nedovoluje. Doba splatnosti daňových dokladů činí 14 dnů, po té době budou účtovány úroky z prodlení a s okamžitou platností zastaveny veškeré dodávky.

Doprava (SPZ, jméno řidiče):	Poznámka:
..... podpis ..... podpis kupujícího - příjemce - převzal	Množství přidané vody odběratelem: ..... litrů

Objednávky, dodávky betonů a služeb se řídí dodavatelskými podmínkami firmy Roman Hercík - BETOSTAV. Ke všem cenám je nutno připočíst DPH. U betonu, materiálu, zboží a dopravy 22%, u čerpání 5% DPH. Přirážky účtujeme k základní ceně při výrobě a dodávkách v sobotu, v neděli, ve svátcích a v pracovních dnech od 18.00 do 06.00 hodin ve výši 10%. Prohlášení o shodě výrobku podle §13 Zákona č. 22/1997 Sb. ve znění zákona č. 71/2000 Sb. a podle §11 Nařízení vlády č. 178/1997 Sb. ve znění nařízení vlády č. 81/1999 Sb., Nařízení vlády č. 163/2002 a zákona 205/2002 Sb. je uloženo u výrobce. Kvalita betonu odpovídá požadavkům ČSN 73 2400, 73 1209, P ENV 206, ČSN 206-1 a vyhlášce S ÚJB č. 184/97 Sb.