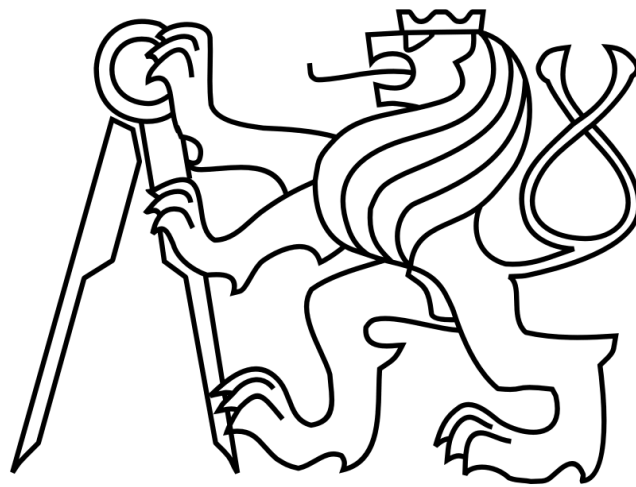


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

12/2014

Ondřej Janák

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucí bakalářské práce Doc. Ing. Dana Měšťanové CSc..

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych na tomto místě poděkoval paní Doc. Ing. Daně Měšťanové CSc. za námět, vedení a pomoc při zpracovávání tématu.

Dále pak panu Doc. Ing. Karlu Trtíkovi, CSc. za nasměrování na odbornou literaturu v odvětví betonu.

Beton v českém stavebnictví

**Concrete in the Czech Construction
Industry**

Anotace

Bakalářská práce se zabývá betonem, ve smyslu stavebního materiálu uplatňujícího se především v českém stavebnictví. Text práce popisuje, co to vlastně beton je, z čeho se vyrábí a jak jsou betony děleny, podle svého stavu, funkcí, vlastností, výroby a jsou zmíněny speciální betony.

Stručná historie pak dokládá, že beton je materiál, používaný již v dávné minulosti. Kapitola Předpisy dokumentuje používání v přítomnosti a věnuje se především nově zavedené normě ČSN EN 206.

Technologie betonu je popsána od výroby, přes dopravu, ukládání, hutnění, spáry až po ošetřování. Dále je práce zaměřena na výhody betonu ve spojení s železovou výztuží z ekonomického a technického hlediska.

Následně vytvořená statistika, provedená na základě dat ČSÚ, dokumentuje výrobu betonu a dalších souvisejících výrobků v tunách a tisících Kč od roku 2002 do roku 2013.

Část věnující se specifikaci, obsahuje tabulky z normy ČSN EN 206 a popis specifikace betonu. V rámci práce byl vytvořen samostatný excelový formulář, odpovídající na otázku správné specifikace betonu, který po výběru požadovaných parametrů sestaví specifikaci betonu.

Závěrem jsou uvedeny dva zajímavé příklady použití betonu v našem okolí.

Annotation

Bachelor thesis pursues concrete in the sense of construction material used above all in Czech construction industry. There is given description of what concrete is, inputs it is made of and how are concretes divided according to their state, function, characteristics, production and there are special concretes mentioned as well.

It is illustrated by brief history that concrete is material used also in bygone past. Chapter Regulations documents usage in present time and is devoted especially to newly implemented standard ČSN EN 206.

Concrete technology is described from production, across transportation, casting, compacting, seams to after-treatment. Further the thesis is aimed at advantages of concrete in conjugation with rebar from economical and technical point of view.

Subsequently there was created a statistics documenting production of concrete and other related commodities in tons and thousands of CZK from year 2002 till 2013.

A part dedicated to specification contains tables from the standard ČSN EN 206 and description of concrete specification. In the terms of thesis was created stand-alone excel form, answering a question of correct specification of concrete. After selection of required parameters, the form compiles specification of concrete.

As conclusion there are two interesting examples of usage of concrete in our surrounding.

Klíčová slova

Beton, transportbeton / beton připravený k lití, čerstvý beton, vyztužený beton, železobeton, výztuž / výztužný prvek, specifikace betonu, specifikátor, typový beton, beton předepsaného složení, stavební materiál, český stavební průmysl, statistika,

Key Words

Concrete, ready-mixed concrete, fresh concrete, reinforced concrete, ferroconcrete, rebar / reinforcing bar, specification of concrete, specifier, designed concrete, prescribed concrete, construction material, Czech construction industry, statistics,

Obsah

| | |
|--|-----------|
| Anotace | 5 |
| Annotation | 6 |
| Klíčová slova | 7 |
| Key Words | 7 |
| Obsah | 8 |
| Popis dílčích úkolů | 10 |
| <i>A. Popis stavby</i> | <i>10</i> |
| A.1. Urbanistické řešení | 10 |
| A.2. Stavebně konstrukční řešení | 10 |
| <i>B. Propočet stavby</i> | <i>12</i> |
| <i>C. Založení a struktura stavební firmy</i> | <i>13</i> |
| <i>D. Harmonogram investora</i> | <i>14</i> |
| <i>E. Studie proveditelnosti</i> | <i>14</i> |
| <i>F. Model stárnutí stavebního objektu</i> | <i>15</i> |
| <i>G. Položkový rozpočet</i> | <i>16</i> |
| <i>H. Předvýrobní příprava</i> | <i>16</i> |
| 1. Úvod | 18 |
| 2. Materiál historie, přítomnosti i budoucnosti | 19 |
| 2.1. <i>Beton</i> | <i>19</i> |
| 2.1.1. Složky betonu..... | 19 |
| 2.2. <i>Dělení betonů</i> | <i>20</i> |
| 2.3. <i>Stručná historie</i> | <i>23</i> |
| 2.4. <i>Předpisy</i> | <i>24</i> |
| 2.4.1. Normy | 24 |
| 2.4.2. Další předpisy | 25 |
| 2.5. <i>Cesta betonu – z betonárny do konstrukce</i> | <i>25</i> |
| 2.5.1. Výroba..... | 25 |
| 2.5.2. Doprava..... | 26 |
| 2.5.3. Ukládání čerstvého betonu..... | 27 |
| 2.5.4. Hutnění..... | 28 |
| 2.5.5. Pracovní a dilatační spáry | 29 |
| 2.5.6. Ošetřování | 30 |
| 3. Proč využívat beton | 31 |
| 3.1. <i>Ekonomická stránka</i> | <i>32</i> |

| | |
|--|-----------|
| 3.2. Technická stránka..... | 32 |
| 4. Statistický blok | 33 |
| 4.1. Klasifikace z hlediska statistiky..... | 33 |
| 4.2. Práce s daty ČSÚ | 34 |
| 4.3. Vyhodnocení provedené statistiky | 36 |
| 4.3.1. Výroba [t]..... | 36 |
| 4.3.2. Výroba [tis. Kč] | 38 |
| 4.3.3. Vyhodnocení | 40 |
| 5. Specifikace betonu & interaktivní průvodce | 41 |
| 5.1. Klasifikace betonů | 41 |
| 5.2. Klasifikace vlivů a vlastností..... | 42 |
| 5.2.1. Stupně vlivu prostředí | 42 |
| 5.2.2. Konzistence..... | 43 |
| 5.2.3. Stupně pro další vlastnosti samozhutnitelného betonu (SCC)..... | 45 |
| 5.2.4. Třídy vlastností ztvrdlého betonu | 46 |
| 5.2.5. Základní požadavky na složení betonu | 48 |
| 5.3. Specifikace..... | 48 |
| 5.3.1. Specifikace typového betonu | 49 |
| 5.3.2. Specifikace betonu předepsaného složení..... | 50 |
| 5.3.3. Specifikace normalizovaného betonu | 50 |
| 5.4. Interaktivní formulář | 51 |
| 6. Zajímavé příklady využití betonu | 51 |
| 6.1. RWY 06R/24L Letiště Praha | 51 |
| 6.2. Chlazení betonu při betonáži Trojského mostu | 53 |
| 7. Závěr | 56 |
| Přílohy | 57 |
| Seznam použité literatury..... | 63 |
| Seznam obrázků, tabulek, grafů | 65 |
| Seznam příloh | 66 |

Popis dílčích úkolů

A. Popis stavby

A.1. Urbanistické řešení

Území parcely 2/1, k.ú. Dušníky u Rudné patří do areálu bývalého zemědělského statku, jehož původní funkce během času zanikla. Vlastník postupně, v etapách revitalizuje prostor statku a hospodářská stavení jsou tak postupně nahrazována novými objekty. „Navrhovaná stavba bude součástí stávajících budov statku a přinese do vnitroareálu, spolu s ostatními připravovanými stavbami, očekávané oživení svým novým využitím, které bude jiné, než původní zemědělské.“ (KAISR et. al., 2008, s. 6)

Třípodlažní objekt, sloužící obchodním, kancelářským a ubytovacím účelům má následující prostorové parametry uvedené v Tabulka 1.1: Prostorové a plošné parametry objektu.

| Prostorové a plošné parametry: | Funkce objektu | |
|--|--|--|
| Obestavěný prostor = 4241,10 m ³ | Obchodní plochy = 265,68 m ² | viz průvodní zpráva jako plocha 5 prodejen |
| Zastavěná plocha = 415,95 m ² | Administrativní plochy = 172,74 m ² | plocha 8 kanceláří |
| Užitná plocha celkem = 982,69 m ² | Bytové plochy = 287,28 m ² | plocha 6 ubytovacích jednotek |

Tabulka 1.1: Prostorové a plošné parametry objektu. Zdroj: autor

A.2. Stavebně konstrukční řešení

Objekt je založený na obvodových a příčných základových pasech z betonu ve ztraceném bednění, různých šířek dle zatížení. V úrovni hrubé podlahy jsou pasy propojeny monolitickou železobetonovou deskou tl. 180mm z betonu C20/25. V celé ploše pod základovou deskou je podkladní beton tl. 70mm na hutněném polštáři tl. 200 mm.

Nosné stěny jsou zhotoveny z keramických tvárnic tl. 300 nebo 365 mm v kvalitě P15/MC10. Nad otvory menšího rozměru jsou použity vysoké keramické překlady, pro velké otvory jako například výlohy, jsou překlady zhotoveny kombinací ocelových nosníků I a betonové výplně.

Vodorovné nosné konstrukce 1. a 2.NP jsou tvořeny předpjatými dutinovými panely typu Spiroll tl. 200 a 265 mm, zalitými betonovou směsí do podélných zámků a nadbetonávkou do úrovně hrubé podlahy. Stropní konstrukce 3.NP je tvořena konstrukcí krovu resp. SDK podhledem připojeným přes typové prvky ke zdvojeným kleštinám.

Sedlové zastřešení objektu je řešeno jako klasická konstrukce s dřevěným krovem se dvěma mezilehlými vaznicemi a dvěma pozednicemi složenými z ocelového a dřevěného profilu IPE240 + 12/24. Krov je podepřen příčnými stěnami nosného systému. Střešní krytina je skládaná tašek Bramac CL, na laťování ve spádu 30°. Vikýře a ostatní detaily jsou oplechovány Titzinkovým plechem.

Vertikální komunikaci zajišťují dvě schodiště zhotovená z prefabrikovaných železobetonových ramen a podest. Hlavní schodiště SCH1 probíhá celým objektem, doplňující SCH2 vede pouze do 2.NP.

Příčky jsou dvou tloušťek; jednoduché tl. 125 mm z cihelných bloků tl. 115 a akustické tl. 300 mm skladby: 2x tvarovka tl. 115 mm s mezerou vyplněnou skelnou vatou.

Povrchy podlah jsou zakončené buď keramickou dlažbou nebo skládanou lamelovou podlahou. Vnitřní povrchy stěn a stropů jsou upraveny vápenocementovou omítkou a finálním bílým nátěrem nebo keramickým obkladem. Stropní železobetonové plochy byly nejprve potaženy sklovláknitým pletivem a v sociálních zařízeních se použila pod obklady i dlažby hydroizolační stěrka. Vnější fasáda je opatřena kontaktním zateplovacím systémem s probarvenou omítkou. Otvory v obvodovém plášti jsou vyplněny plastovými okny a dveřmi, zasklenými izolačním dvojsklem. Vnitřní dveře jsou z dřevěných aglomerátů, plné, včetně obložkových zárubní.



Obrázek 1.1: Zpracovávaný objekt. Zdroj: autor

B. Propočet stavby

V rámci předmětu 126KAN2 byl pro stavbu zpracován propočet investora. Byly použity technickohospodářské ukazatele (THU) z webu www.stavebnistandardy.cz, společnosti RTS. Na základě Jednotné klasifikace objektů (JKSO), nebylo možno jednoznačně zatřídit stavbu do jedné z kategorií, protože skupiny JKSO se třídí podle funkce a dotčený objekt je polyfunkční. Zatříděn byl tedy do třech kategorií a jejich ukazatele byly zprůměrovány, jelikož na každou z nich připadlo jedno nadzemí podlaží. Jednalo se tedy o kategorie: 801.82.1.1 budovy prodejen / *, 801.61.1.1 budovy administrativní (správní) / * a 803.11.1.1 domy bytové typové s neunifikovanými konstrukčními soustavami / domy bytové typové 1-4 podlažní, bez občans. vybavení / *svíslá nosná konstrukce zděná z cihel, tvárnic, bloků / novostavba objektu (*platí pro všechny kategorie). Základní rozpočtové náklady jednotlivých stavebních objektů byly stanoveny dle Tabulka 1.2: Základní rozpočtové náklady v propočtu.

| Označení | Název stavebního objektu | Výměra MJ | cena/MJ | Cena bez DPH | DPH | Cena s DPH |
|--------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------|------------|----------------------|
| SO.01 | Demolice stávajícího objektu | 2 981,65 m ³ | 200,00 | 596 330 | 20% | 715 596 Kč |
| SO.02 | Novostavba řešeného objektu | 4 676,59 m³ | 4 964,67 | 23 217 698 | 20% | 27 861 238 Kč |
| SO.03 | Vodovodní přípojka | 46,30 m | 2 442,00 | 113 065 | 20% | 135 678 Kč |
| SO.04 | Přípojka plynovodu | 58,90 m | 2 450,00 | 144 305 | 20% | 173 166 Kč |
| SO.05 | Přípojka NN | 20,40 m | 1 432,00 | 29 213 | 20% | 35 055 Kč |
| SO.06 | Kanalizační přípojka | 28,50 m | 4 202,00 | 119 757 | 20% | 143 708 Kč |
| SO.07 | Přípojka slaboproudu (telefon) | 32,50 m | 998,00 | 32 435 | 20% | 38 922 Kč |

Tabulka 1.2: Základní rozpočtové náklady v propočtu. Zdroj: autor

| Oddíl | Σ cena bez DPH | DPH | Σ cena s DPH |
|---|----------------------|---------------------|----------------------|
| I. Projektové a průzkumné práce | 2 092 669,00 Kč | 418 533,80 Kč | 2 511 203,00 Kč |
| II. Provozní soubory | - | - | - |
| III. Stavební objekty (ZRN) | 24 252 804,00 Kč | 4 850 560,00 Kč | 29 103 364,00 Kč |
| IV. Stroje, zařízení a inventář investiční povahy | - | - | - |
| V. Umělecká díla | - | - | - |
| VI. Náklady na umístění stavby (VRN) | 1 212 640,20 Kč | 242 528,04 Kč | 1 455 168,00 Kč |
| VII. Ostatní náklady | 727 584,12 Kč | 97 011,22 Kč | 824 595,00 Kč |
| VIII. Rezerva - nepředvídané náklady | 1 697 696,28 Kč | 339 539,26 Kč | 2 037 236,00 Kč |
| IX. Jiné investice | - | - | - |
| X. Náklady hrazené z provozních prostředků | - | - | - |
| Předpokládané náklady na realizaci stavby | 25 465 444 Kč | 5 093 088 Kč | 30 558 532 Kč |
| Celkové náklady | 29 983 394 Kč | 5 948 172 Kč | 35 931 566 Kč |

Tabulka 1.3: Rekapitulace propočtu. Zdroj: autor

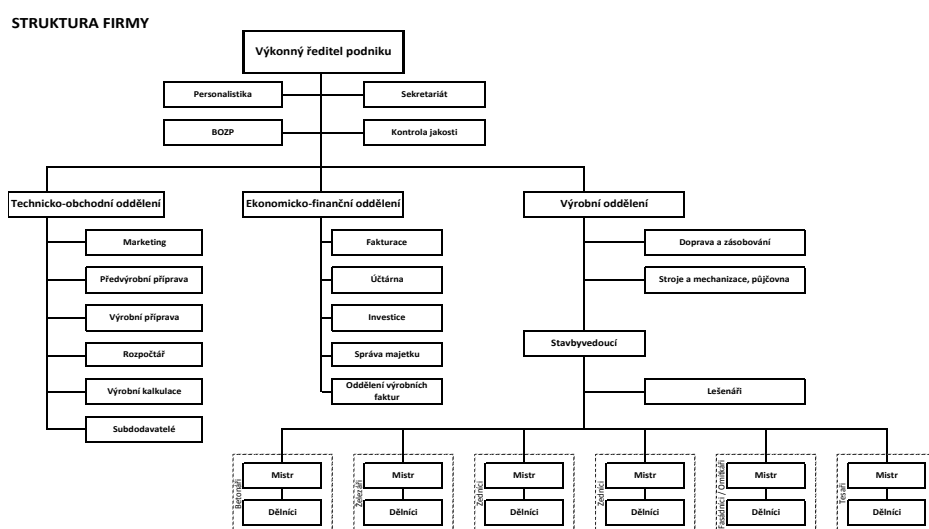
C. Založení a struktura stavební firmy

Fiktivní stavební firma byla vytvořena jako samostatná práce v rámci předmětu 126TERI. Byly připraveny podklady a důležité pro založení společnosti a zapsání do Obchodního rejstříku:

- Společenská a Nájemní smlouva
- Čestné prohlášení, Podpisový vzor, Žádost o výpis z rejstříku trestů jednatele
- Ohlášení živnosti, Přihláška k registraci k DPH, Návrh na zápis do OR

Dále byl sestaven business plán charakterizující předmět podnikání a společnost samotnou, její cíle, nastínění marketingu a očekávaný vývoj. Jednotlivé činnosti podle OKEČ zahrnují mj. především Provádění staveb, jejich změn a odstraňování, demolice a zemní práce, přípravné a dokončovací stavební práce, silniční nákladní dopravu, ad.

Nejdůležitější částí je pak Finanční záměr obsahující nejen vyčíslení nákladů, odpisů a úvěru, ale také ekonomický plán se ziskem a finanční plán, kde je stanovený bod zvratu na 5. rok od zřízení společnosti. To vše založené na navrženém počtu pracovníků, movitém majetku a struktuře společnosti uvedené na Obrázek 1.2. Celkový počet zaměstnanců se vyšplhal na 85, z toho 21 technickohospodářských pracovníků a 64 výrobních zaměstnanců. Množství sil bylo plánováno jednak vzhledem k zaměření a struktuře firmy, aby záběr činností nebyl příliš široký, na základě trendu subdodávání odborných profesí, a jednak aby poměr $TH : V$ pracovníkům odpovídal $1 : 3$.



Obrázek 1.2 Struktura společnosti. Zdroj: autor

D. Harmonogram investora

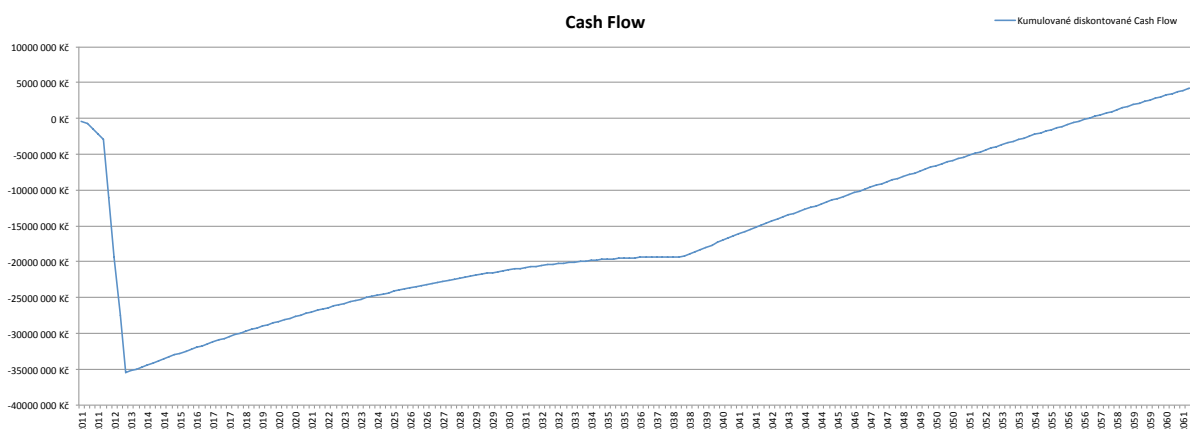
V předinvestiční fázi výstavbového projektu je mimo různých typů studií, jako jeden z podkladů zpracován harmonogram investora. Investorská příprava v předmětu 126PRRS, řeší tuto problematiku spolu s žádostmi o vydání územního rozhodnutí a stavební povolení a oznámením veřejné zakázky na stavební práce.

V Harmonogramu investora jsou zohledněny intervaly nutné k vyřízení administrativních záležitostí, tvorbě různých stupňů dokumentace, výběru dodavatele atd. Je tedy zaměřen na fázi předinvestiční a investiční přípravu projektu. Součástí HMG jen předpokládaný průběh nákladů, převzatých z propočtu, rozložených v čase. Tím se získá i předběžné Cash Flow.

E. Studie proveditelnosti

Studie proveditelnosti včetně analýzy návratnosti investičních prostředků byla vyhotovena v předmětu 126RVP. Ve studii byly zhodnoceny kritéria přijatelnosti projektu a představa o stavbě byla popsána z hlediska prostorových a výnosových parametrů. Dále byla zpracována statistická analýza okolí projektu a konkurence.

Investiční náklady byly použity z propočtu a stanovila se výše úvěru. Dle popsaných prostorových a výnosových parametrů byly vypočteny provozní náklady a výnosy. Tyto vstupy posloužily pro tvorbu finančního Cash Flow, udávajícího průběh nákladů v provozní fázi projektu, s milníky jako splacení úvěru nebo bod návratnosti investice stanovený diskontovaným kumulovaným CF na rok 2057, viz Graf 1.1: Kumulované diskontované Cash Flow.

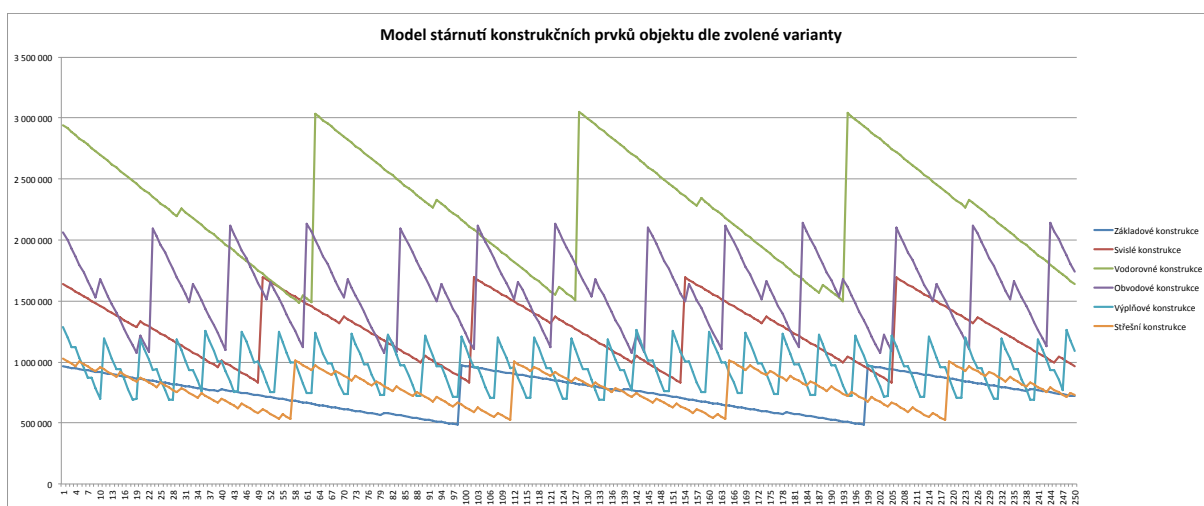


Graf 1.1: Kumulované diskontované Cash Flow. Zdroj: autor

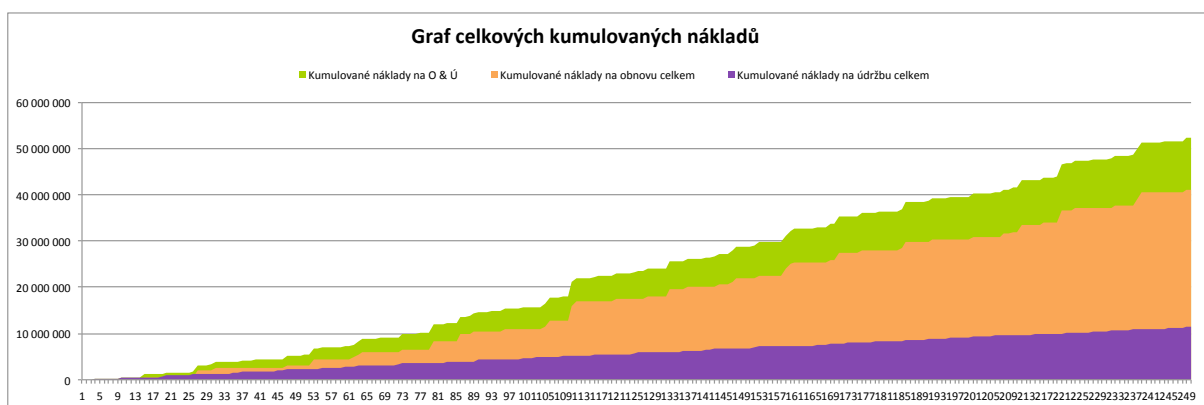
F. Model stárnutí stavebního objektu

Souhrnným cílem projektu zpracovávaného na cvičeních 126POPR a 126YPOR bylo sestavení struktury modelu stárnutí objektu, doplněné o grafické znázornění nákladů na obnovu a údržbu stárnoucího objektu.

Bylo sestaveno schéma modelu, vyjadřující vazby mezi jednotlivými konstrukčními prvky a jejich vzájemné působení. Dále vznikla tabulka s výchozími parametry konstrukcí pro výpočty. Model stárnutí byl nejdříve vyzkoušen ve variantách lineární a exponenciální na jednom vybraném konstrukčním prvku. Zahrnutí všech konstrukčních prvků do Modelu stárnutí si vyžádalo naprogramování procedury ve Visual Basicu a vytvoření rozhraní, které by bylo uživatelsky přívětivé. Ovládací panel obsahuje tlačítka spouštějící různé varianty výpočtu a zaškrtačací pole ovlivňující zapojení všech nebo pouze jednotlivých vlivů okolních prvků. Procedura automaticky vykresluje graf vyjadřující výpočet stárnutí všech prvků, na který je propojena.



Graf 1.2: Model stárnutí jednotlivých konstrukčních prvků. Zdroj: autor



Graf 1.3: Celkové kumulované náklady za dobu životnosti. Zdroj: autor

Dále byl tento výpočet prodloužen až na 250 let pro názornost obnovy některých prvků s dlouhou životností a byly vykresleny grafy nákladů na údržbu a obnovu rozložených v letech a kumulovaných nákladů za celou dobu životnosti.

G. Položkový rozpočet

Nabídková příprava dodavatele byla zastoupena zpracováním položkového rozpočtu za použití programu KROsplus. Položkové členění nákladů bylo zpracováno pouze pro stěžejní objekt, *SO.02 - Prodejní, kancelářský a ubytovací objekt*, na celou část HSV a většinu PSV, kdy na profese elektromontáže, montáže ZTI, ÚT, VZT apod. byly použity náklady z propočtu, protože podobné montážní práce jsou ve valné většině případů subdodávkami a do nabídkového řízení je jejich nacenění poptáváno generálním dodavatelem u potenciálních subdodavatelů. Totéž platí i pro ostatní stavební objekty, jako bourání nebo přípojky.

Mezi propočtem a rozpočtem vznikl zákonitý rozdíl vyjádřený absolutně v Tabulka 1.4: Rozdíly mezi propočtem a rozpočtem. Tyto diference vznikly především kvůli nepřesnému použití cenových ukazatelů, kdy byly aplikovány ukazatele průměrné, ačkoli přesnějším způsobem by bylo nalézt například v software KROsplus stavbu podobnou a využít cenové ukazatele jí příslušné.

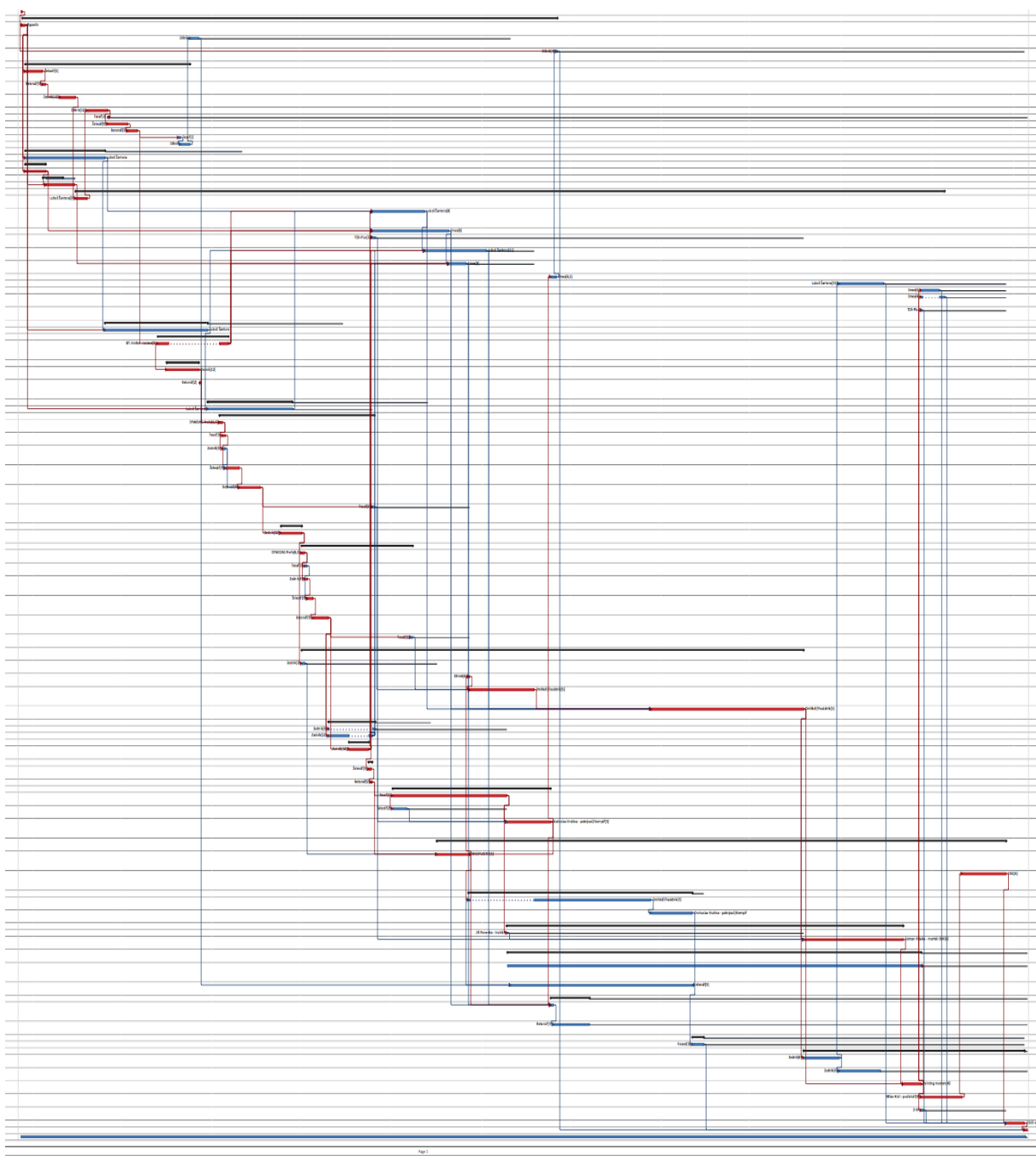
| Náklady stanovené | Propočtem (bez DPH) | Rozpočtem (bez DPH) | Rozdíl (bez DPH) | Rozdíl vzhledem k propočtu |
|-------------------|---------------------|---------------------|------------------|----------------------------|
| ZRN | 23 217 698 Kč | 20 646 361 Kč | 2 571 337 Kč | 11,1% |
| NUS | 1 212 640 Kč | 1 032 318 Kč | 180 322 Kč | 14,9% |

Tabulka 1.4: Rozdíly mezi propočtem a rozpočtem. Zdroj: autor

H. Předvýrobní příprava

V realizační fázi nastala druhá část dodavatelské přípravy, kterou je předvýrobní příprava. Na bázi fiktivní společnosti z předmětu 126TERI, viz kapitola C. Založení a struktura stavební firmy byly určeny činnosti, které musejí být realizovány poddodavateli, nalezení vhodní subdodavatelé a zapsání do přehledu na krycím listě. Prvořadost tohoto úkolu spočívá ve výběru smluvních partnerů, který zabírá poměrně dlouhý časový úsek. Dále byla navržena Smlouva o dílo, uvádějící smluvní strany, předmět a dobu plnění, odměnu a další podmínky standardní pro tento typ dohody. Nedílnou součástí předvýrobní přípravy je zařízení staveniště, které bylo zakresleno do stávající situace a přizpůsobeno stávajícím sítím

a kapacitním potřebám stavby. Výstavba by měla časově i finančně probíhat podle časového plánu vytvořeného na základě oběma stranami odsouhlaseného rozpočtu. Takovýto harmonogram prací byl zpracován pomocí software Microsoft Project. Vnikl načtením exportované výrobní kalkulace včetně nákladů na jednotlivé agregované činnosti, jejich provázáním a dosažením potřebných lidských zdrojů. Vyhodnocení výše zmíněné přípravy proběhlo analýzou času, kde byly posuzovány lhůty a termíny výstavby, dále analýzou zdrojů, v níž je rozebraný vývoj počtu pracovníků, či využití a přetížení zdrojů, nakonec pak analýzou nákladů, kde byl sestaven platební kalendář a vyhodnocoval se tok nákladů.



Graf 1.4: Ilustrační harmonogram stavby. Zdroj: autor

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

1. Úvod

V poslední době je beton jedním z nejvíce využívaných materiálů. Ačkoli se uplatňuje na obrovském množství konstrukcí, není výjimkou, že i lidé, kteří s ním přímo pracují, ať už „na papíře“ z pohledu projektanta, stavebního ekonomy, apod., či přímo na stavbě v podobě technika nebo stavebního dělníka, o něm ví velice málo. Kvalitní literatury a zdrojů o betonu je velmi mnoho. Je jich až takové množství, které není možné obsáhnout, pokud se jeden nevěnuje pouze betonu. Často se stává, že materiály jsou zaměřené na jednu konkrétní věc a nezaobírají se zbytkem. Jiné, jenž jsou komplexní, bývají rozsáhlá, několika svazková vydání.

Cílem práce je vytvořit přehled pro jednodušší orientaci v tématice betonu. Přiblížit beton jako stavební materiál z několika hledisek, které spolu na první pohled zdánlivě nesouvisí, ale opak je pravdou. Dále vytyčit některé jeho výhody, nevýhody a důvody, proč beton jako stavivo vůbec používat a proč. Dosáhnout tohoto záměru pomůže ucelený přehled informací týkající se specifikace, technických a ekonomických předností betonu a náhled z pozice statistiky.

Neméně zapeklitou situací, se zdá být nově zavedené názvosloví betonů, které přinesla řada norem EN 206 a lze konstatovat, že se příliš „nevžilo“. Proto bude v praktické části vytvořen interaktivní formulář, který po výběru požadovaných parametrů, vygeneruje správný název betonu.

Na otázku proč se zabývat betonem, lze podotknout, že je to materiál, který denně umožňuje pokrok ve stavbách, ať už zvláštních tvarů či funkcí, a je žádoucí se jím zabývat, jelikož je brán jako samozřejmost a pro dnešní dobu je téměř nepředstavitelné, že by neexistoval.

2. Materiál historie, přítomnosti i budoucnosti

2.1. *Beton*

„Betonem rozumíme stavivo, vznikající stmelěním plniva (pevných látek vhodné zrnitosti) vhodným pojivem.“ (PROCHÁZKA et. al., 2007, s. 14) Podle doc. Trtíka se beton se také dá chápat jako „umělý slepenec, ve kterém je jako plniva použito zpravidla přírodního kameniva a jako pojiva zpravidla cementu.“ (TRTÍK, 2009, s. 3) „Název beton byl zaveden francouzským inženýrem Belidor(em) v roce 1753 pro směs kameniva a pojiva, která má po vytvrzení trvalou soudržnost.“ (NEDBAL et. al., 1998, s. 20) Norma ČSN EN 206 říká, že beton je „materiál ze směsi cementu, hrubého a drobného kameniva a vody, s přísadami, příměsemi nebo s vlákny nebo bez nich, který získá své vlastnosti hydratací cementu.“ (ČSN EN 206, 2014, s. 14)

Pro popis betonů se používá

Vodní součinitel = poměr hmotnost vody / hmotnost cementu

$$w = m_v / m_c$$

Rovnice 1: Vodní součinitel

(TRTÍK, 2009, s. 21)

Aby platil u betonů s příměsemi, je to spíše poměr voda/pojivo w/b (b – binder)

(AĪTCIN, 2005, s. 16)

2.1.1. Složky betonu

Základní

- Cement
- Voda
- Kamenivo

Doplňkové

- Přísady (do 5 % cementu)
- Příměsi (práškové látky)

Výztuž

- Betonářská ocel (pruty, sítě, třmínky)
- Předpjatá výztuž
- Rozptýlená výztuž

2.2. *Dělení betonů*

Z hlediska stavu (ČSN EN 206, 2014)

- Čerstvý beton – je zcela zamíchán a je ještě v takovém stavu, který umožňuje jeho zhutnění zvoleným způsobem.
- Ztvrdlý beton – je v pevném stavu a má již určitou pevnost.

Podle statických a konstrukčních vlastností

- Prostý beton – „používá se pro konstrukce namáhané převážně tlakem“¹
- Železobeton – „vyztužený ocelovými vložkami, o nichž se předpokládá, že se podílejí na přenášení vnitřních sil“¹
- Předpjatý beton – „do něhož je záměrně a nezávisle na zatížení vneseno předpětí“¹
 - Předpínaný předem
 - Dodatečně předpínaný

Dělení podle způsobu montáže

- Ukládaný do bednění?
- Prefabrikovaný
- Stříkaný beton

Podle funkce

- Nosný – „splňující požadavky na nosnou funkci“¹
- Nenosný beton
 - Výplňový beton
 - Beton izolační
- Beton s funkcí kombinovanou

¹ (PROCHÁZKA et. al., 2007, s. 17)

² Po vysušení v sušárně.

Podle místa výroby

- Beton vyráběný na staveništi – beton, který byl vyroben odběratelem na staveništi pro vlastní potřebu
- Transportbeton – dodávaný v čerstvém stavu osobou nebo organizací, která není odběratelem, ve smyslu ČSN EN 206, je také:
 - Beton vyráběný odběratelem mimo staveniště
 - Beton vyráběný na staveništi, ale ne odběratelem
- Beton vyráběný i ukládaný ve speciální výrobně – v
- Beton vyráběný v laboratorních podmínkách

Dle použitého pojiva (KOHOUTKOVÁ et. al., 2005, s. 13 - 14)

- Betony s cementovým pojivem
 - Z portlandského cementu
 - Ze směsných cementů
 - Z jiných cementů (rozpínavé, síranovzdorné, barevné, hlinitanový cement, ...)
- Betony s pojivem na bázi umělých pryskyřic
- Betony s pojivem na bázi živic a asfaltů
- Betony s pojivem na bázi síry
- Betony se sádrovým pojivem
- Betony s jinými pojivy (např. hlíny nebo kombinace cementu se speciálními jíly)

Dle objemové hmotnosti (ČSN EN 206, 2014)

- Lehký beton ($800 \text{ kg/m}^3 < \rho_v < 2000 \text{ kg/m}^3$)²
 - Konstrukční lehký beton (ukládáný do bednění; používá se pórovité kamenivo typu LYTAG nebo LIAPOR – Keramzit)³
 - Tepelně izolační a nosný lehký beton (plynobetonové tvárnice a dílce YTONG, HEBEL, LIAPOR)³
 - Vysoce tepelně izolační lehký beton (pěnobetony, dřevovláknité tepelně izolační desky, např. LIGNOS, LIGNOPOR)³

² Po vysušení v sušárně.

³ (NEDBAL et. al., 2001, s. 90)

- Obyčejný beton ($2000 \text{ kg/m}^3 < \rho_V < 2600 \text{ kg/m}^3$)²
- Těžký beton ($2600 \text{ kg/m}^3 < \rho_V$)²

Speciální betony

- Silniční betony
 - PVHP (Podkladní Vrstva s Hydraulickým pojivem) – zhotovované podle zásad mechaniky zemin, „tyto vrstvy pozůstávají ze směsi nedrceného nebo drceného kameniva a hydraulického pojiva.“ (NEDBAL et. al., 2001, s. 27)
 - Pro vzdušný beton – „vystavený podmínkám povětrnosti za mrazu“ je zhotovován tak, že „se při míchání čerstvého betonu dávkuje provzdušňovací přísady, které vytvářejí malé póry o velikosti 10 – 300 μm , sloužící jako prostor, do kterého se může uvolnit led o větším objemu, vznikající za nízkých teplot z vody nasáklé do betonu.“ (NEDBAL et. al., 2001, s. 39)
- Vodotěsný beton – pro „konstrukce, které jsou dlouhodobě jednostranně vystaveny vodnímu tlaku. Případech musí být i odolné vůči agresivnímu prostředí, být mrazuvzdorné a odolávat proudění vody.“ (NEDBAL et. al., 2001, s. 56)
 - Vodotěsný beton zhotovovaný do bednění
 - Beton ukládaný pod hladinu vody
- Vysokopevnostní beton (HSC – High Strength Concrete) – „má třídu pevnosti v tlaku vyšší než C 50/60 pro obyčejný a těžký beton a LC 50/55 pro lehký beton.“ (ČESKOMORAVSKÝ CEMENT, 2013, s. 116)
- Samothutitelný beton (SCC – Self Compacting Concrete) – "beton, který teče a zhutňuje se jen svou vlastní vahou, vyplňuje bednění s umístěnou výztuží, kabely, krabicemi, apod., přičemž zůstává homogenní.“ (ČSN EN 206, 2014, s. 14) Jinými slovy umí vyplnit vybedněný prostor, aniž by docházelo k segregaci velkých zrn.
- Vláknobeton (vyztužený rozptýlenými vlákny)
 - Drátkobeton (podskupina vláknobetonů vyztužovaná ocelovými vlákny)

- Cementový potěr – „stavební díl, zhotovovaný na nosnou podložní vrstvu nebo na tepelně či zvukově izolační vrstvu.“
 - Spřažený potěr
 - Potěr na oddělovací mezivrstvě (např. krycí potěr hydroizolace)
 - Plovoucí potěr (na vrstvu tepelné, či zvukové izolace)

Z hlediska vlastností (AĪTCIN, 2005, s. 16)

- Běžný beton (beton s normální pevností/obyčejný beton) – NSC (Normal Strength Concrete) s pevnostmi od C 12/15 do C 50/60
- Vysokohodnotný beton ($w < 0,40$)

Podle Aitcina neznamena vysokohodnotný beton čistě jen to, že má vysokou pevnost, protože „jakmile však začaly být používány ke snížení vodního součinitele superplastifikátory a nahradily dříve používané plastifikátory v běžných betonech, přišlo se na to, že betony s velmi nízkým vodním součinitelem získaly také další vlastnosti, jako vysokou tekutost, vysoký modul pružnosti, vyšší ohybovou pevnost, nižší permeabilitu, zlepšenou odolnost proti obrusu a lepší trvanlivost.“ (AĪTCIN, 2005, s. 16)

2.3. *Stručná historie*

Jak již bylo řečeno v předchozí kapitole, beton jako název stavebního materiálu je používán od roku 1753. „Historie betonu sahá až do doby kolem roku 3600 př. n. l., kdy podle Plinia existovaly sloupy v Egyptě z umělého kamene.“ (ČESKOMORAVSKÝ CEMENT, 2013, s. 3) Dále je možné se dozvědět, že „první zprávy o umělém kameni, což je vlastně beton, pochází již z 1. stol. po Kr., ... Pozdější zprávy z Řecka se zmiňují o vodovodu rovněž z umělého kamene (v Argosu). Jako stavivo znali beton určitě Římané.“ (PROCHÁZKA et. al., 2007, s. 13). Profesor Neville píše v historické poznámce k portlandskému cementu, že staří Egyptané používali zvápenatělý nečistý sádrovec. Řekové a Římané používali žíhaný vápenec a později se naučili přidávat vápno a vodu, písek a drcené kamenivo nebo cihly či rozbité dlaždice. To byl první beton v historii. (NEVILLE, 1963, s. 1) Jak dále zmiňuje profesor Neville, „středověk přinesl obecný propad v kvalitě a používání cementu a pokrok ve znalosti cementu může být dokládán až v 18. Století.“ (NEVILLE, 1963, s. 2)

„V roce 1796 přihlásil J. Parker anglický patent, ve kterém popsal postup drcení a pálení vhodné vápencové suroviny. Výsledek byl nazván románským cementem. Roku 1824 přihlásil J. Aspdin patent s názvem „Zlepšení ve výrobě umělého kamene“. V roce 1825

založil továrnu, v níž vyráběl pojivo pod obchodním názvem „Portlandský cement“. (ČESKOMORAVSKÝ CEMENT, 2013, s. 4)

„Beton má malou pevnost v tahu ve srovnání s jeho tlakovou pevností. Proto byl jedním z největších vynálezů 19. stol. vyztužený beton kdy tažené oblasti byly zesíleny výztuží. Za vynálezce železového betonu bývá považován francouzský zahradník Monier, který asi v roce 1867 připadl na myšlenku zhotovit betonové květináče a menší vodní nádrže vyztužené drátěnou sítí.“ (PROCHÁZKA et. al., 2007, s. 13)

„Vývoj vlastností betonu prošel od nízkých pevností, které byly na počátku 20.století na úrovni 10 až 15 MPa, do hodnot, u kterých lze hovořit o desetinásobné pevnosti.“ (ČESKOMORAVSKÝ CEMENT, 2013, s. 7)

S pokrokem technologií zaznamenáváme zlepšování vlastností betonu. Jak uvádí docent Trtík, „došlo k velmi významnému nárůstu dosažitelných technických vlastností betonu. Tuto tendenci lze velice dobře ilustrovat na maximálních hodnotách pevnosti betonu v tlaku“ uvedených v Tabulka 2.1: Maximální hodnoty pevnosti betonu v tlaku uvažované našimi předpisy (TRTÍK, 2009, s. 4)

| Rok | Předpis | Orientační hodnota maximální pevnosti betonu v tlaku | |
|-------------|---|--|------------|
| | | MPa | % |
| 1922 | Výnos Ministerstva veřejných prací "Ustanovení o provádění a účtování prací betonářských" | 15 | 100 |
| 1932 | ČSN 1090-1932 | 40 | 267 |
| 1970 | ČSN 73 2001 | 50 | 333 |
| 1986 | ČSN 73 1201 | 60 | 400 |
| 2001 | ČSN EN 206-1 | 115 | 767 |

Tabulka 2.1: Maximální hodnoty pevnosti betonu v tlaku uvažované našimi předpisy. Zdroj: (TRTÍK, 2009)

2.4. *Předpisy*

2.4.1. Normy

V dnešní době je celý svět okolo nás normován. Nejinak je tomu i u betonu. Platí pro něj mj. i norma s názvem *Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*, označená jako *ČSN EN 206 (73 2403)*.

Podle oznámení č. 81/14 ve Věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) z července 2014, byla vydána norma ČSN EN 206. „Počátek platnosti ČSN, jejich změn a oprav počíná obecně prvním dnem měsíce následujícího po měsíci vydání“, což znamená, že platí od 1. srpna 2014. Jejím předchůdcem byla norma ČSN EN 206-1:2001-09, zrušená dle oznámení č. 70/14 ve Věstníku ÚNMZ z června 2014, (kdy byla zároveň nahrazující norma vyhlášena a určena dle oznámení č. 68/14).

2.4.2. Další předpisy

Existuje řada dalších předpisů, které se týkají betonu, jeho složek, příměsí, přísad, i to, zda „je beton správně uložen, zhutněn a ošetřován, např. v souladu s EN 13670 nebo jinými příslušnými normami“ (ČSN EN 206, 2014, s. 10). Dále pak normy týkající se zkoušení a v neposlední řadě navrhování konstrukcí, kde například stojí za zmínku Eurokód 2 (EN 1992-1-1), řešící mj. také, aby „tloušťka minimální krycí vrstvy výztuže betonem byla v souladu s příslušnou normou pro navrhování pro specifikovaný vliv prostředí, například s EN 1992-1-1.“ (ČSN EN 206, 2014, s. 10)

2.5. *Cesta betonu – z betonárny do konstrukce*

2.5.1. Výroba

Čerstvý beton může být vyráběn na staveništi nebo mimo něj v betonárnách, což je častější i, z hlediska homogenity směsi, bezpečnější. Toto konstatování lze odůvodnit tvrzením, že ve specializované výrobě bude zaručeno jak přesnější dávkování, tak dokonalejší promísení složek.

Docent Trtík píše o obecně platných zásadách při výrobě betonu. „Dávkování musí být uskutečněno s odpovídající přesností. Normy předepisují, aby každá složka byla dávkována maximálně s 3% odchylkou od hodnoty požadované v návrhu receptury. Výjimkou jsou přísady dávkované v množství menším než 3 % hmotnosti cementu, kde je povolena odchylka ve výši 5 %.“ (TRTÍK, 2009, s. 48)

Produkce betonu probíhá mícháním vstupních složek v míchače po dobu míchání. „Zejména dokonalé promísení cementového prachu v objemu čerstvého betonu je požadavkem, bez jehož splnění nelze vyrobit kvalitní beton. Dokonalé rozptýlení cementu ovlivňuje i rychlost a rovnoměrnost hydratace.“ (TRTÍK, 2009, s. 49)

Pořadí vkládání jednotlivých složek je obecně následující:

- Kamenivo hrubé (uvolnění zbytků minulé záměsi ze stěn a lopatek míchačky)
- Kamenivo jemné (homogenizace, tj. stejnoměrné promísení, směsi kameniva)
- Přísady a příměsi ve formě sušiny (přidávání buď s kamenivem nebo s cementem)
- Cement (dokonalé promísení se směsí kameniva)
- Voda (nejlépe zkrápním povrchu směsi kameniva a cementu)
- Kapalně přísady a příměsi (buď v roztoku se záměsovou vodou nebo až do dokonale promísené směsi)

„Kvalitu promísení složek betonu posuzujeme přesností dávkování a dosažením stejnorodosti v celém objemu namíchané dávky při předepsané konzistenci čerstvého betonu.“
(PYTLÍK, 1997, s. 156)

2.5.2. Doprava

Doprava z betonárny na stavbu je možná dvěma způsoby. Prvním je nakládka na vozidlo s ložnou plochou, jak lze dopravovat suchý nebo zavlhlý beton a je třeba se vyvarovat riziku osychání. Druhým způsobem je přeprava autodomíchávači, jež je běžnější a je možné díky ní dopravovat betony s nižší konzistencí, např. čerpatelné.

Nesmí být opomenuta vnitrostaveništní doprava betonu, kdy mohou být využity následující způsoby.

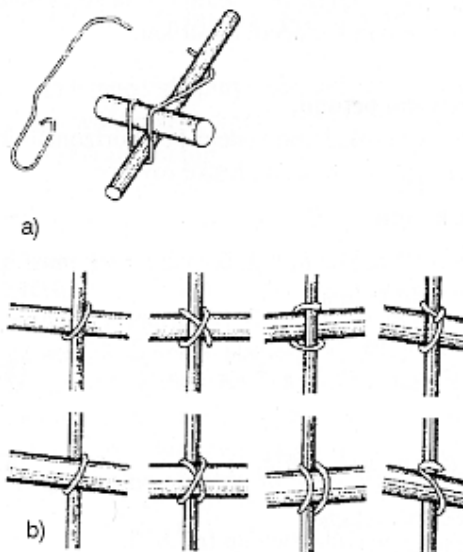
- gravitační – vlastním volným pádem ze skluzu autodomíchávače
- korečkem
- jeřáb s badií (betonovacím košem)
- čerpadlo betonu

Ve vztahu k dopravě čerstvého betonu je nutno podotknout, že „hlavním problémem je zachování zpracovatelnosti betonu a stability provzdušnění vysokohodnotného betonu“ Dále je podle Aйтсina i dalších nutno zohlednit dopravní toky na veřejných komunikacích a vyvarovat se dopravní zácpy (AЙTCIN, 2005, s. 179), aby nebyla překročena doba zpracovatelnosti, kde se jako obecně uvádí 90 minut, pokud není stanoveno jinak ve specifikaci. Jako další rizika uvádí Trtík „únik některých částí čerstvého betonu, nejčastěji vody, cementu a nejjemnějších zrn kameniva, v důsledku užití dopravního prostředku s nedokonalou těsností. Vniknutí nežádoucích látek do čerstvého betonu (např. zvětšení

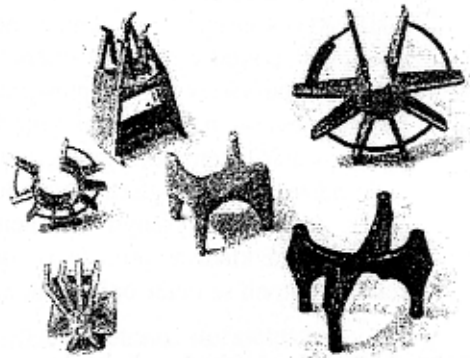
obsahu vody ve směsi při dešti a dopravě v nevhodných přepravních prostředcích např. otevřených nákladních autech). Překročení maximálně přípustné doby dopravy (překročení doby, po kterou lze čerstvý beton kvalitně zpracovat). Zhutnění čerstvého betonu v průběhu dopravy (opět např. při dopravě v nákladních autech). V tomto případě je nezbytné beton před jeho uložením do bednění a zpracováním přemíchat. Stejného postupu je třeba použít, dojde-li při přepravě k jeho rozmísení. Největší nebezpečí snížení kvality čerstvého betonu vzniká při jeho překládání z jednoho přepravního prostředku do jiného. Z tohoto důvodu má být počet překládek minimalizován.“ (TRTÍK, 2009, s. 50 - 51)

2.5.3. Ukládání čerstvého betonu

„Před uložením se musí zkontrolovat uložení výztuže. Křížující se pruty ocele jsou svázané a uloženy do bednění pomocí distančních tělísek.“ (PYTLÍK, 1997, s. 168) Různé vazby prutů lze vidět na Obrázek 2.1 a) vázací pružinou, b) vázání drátem. Příklady distančních tělísek jsou na Obrázek 2.2.



Obrázek 2.1 Vazby křížujících se prutů
Zdroj: (PYTLÍK, 1997)



Obrázek 2.2 Distanční tělíska
Zdroj (PYTLÍK, 1997)

Při ukládání betonu je využíván volný pád čerstvého betonu do bednění (gravitační způsob) nebo může být plněn otvorem v bednění odspodu v případě samozhutnitelného betonu. „Obvykle je výška volného pádu omezoována na 3 až 5 stop (0,9 až 1,5 m)“ jak je řečeno v článku *Volný pád betonu* Americké společnosti dodavatelů betonu, aby byl „brán ohled na segregaci, jež může nastat při volném pádu betonu do místa betonáže.“ Na základě 4

studií ve svém článku Suprenant vyvrací, že by výška volného pádu měla způsobovat dopad na segregaci a tvrdí, že „obecný předpoklad, že (čerstvý beton) narážející na výztuž způsobí segregaci nebo oslabí beton je neplatný.“ Jako příklad dává betonáž kesonů, kde beton padal z výšky až 46 m, ale v jádrových vývrtech nebyly stopy po segregaci ani po rozdíly v pevnosti. Na závěr tvrdí, že „omezování výšky volného pádu snižuje výkon při výrobě betonu, což zvyšuje náklady stavebníkovi bez zvýšení kvality betonu.“ (SUPRENANT , 2001)

2.5.4. Hutnění

„Cílem zhutňování je snížení objemu vzduchových pórů v betonu, tj. získat beton s maximální hutností.“ (PYTLÍK, 1997, s. 181) Hutnění je prováděno vibrací a v případě ploch hlazením. „Častým omylem je, že pokud je vysokohodnotný beton řídký, nevyžaduje vibraci. To není pravda. Díky své lepivosti a vysoké kohezi má vysokohodnotný beton tendenci zachycovat velké vzduchové kapsy a bubliny, které musí být odstraněny vibrací.“ (AĪTCIN, 2005)

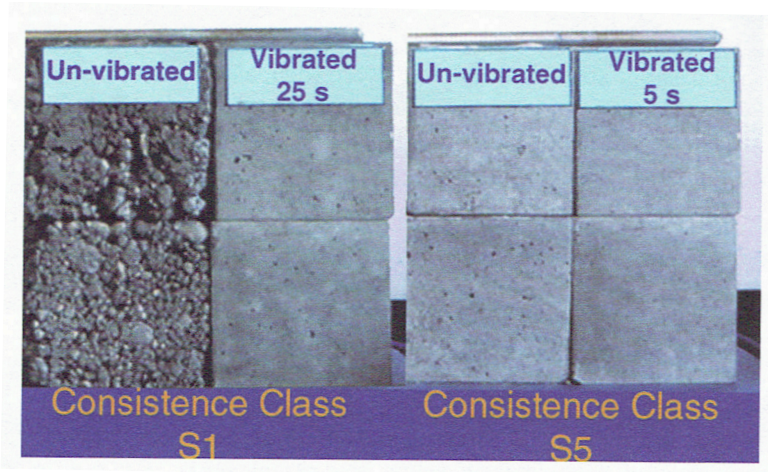
Způsoby hutnění je možné nalézt v Tabulka 2.2 Rozdělení zhutňovacích způsobů. Zdroj: Pro úplnost by mělo být uvedeno, že betonové plochy se dokončují hlazením, např. vibrační latí, ale i třeba jen zednickou lžící pro zapravení malých defektů, jak zmiňuje AĪtcin. (AĪTCIN, 2005, s. 182)

| Zhutňovací způsob | Konzistence | Použití |
|---|---|---|
| A .impuls dusání odstředování střásání | mechanicky C0, ručně C2 C1, V1 C1, V1 | základy, monolitické konstrukce trouby, stožáry velmi vyztužené dílce |
| A. síla lisování válcování extrudování | C1, V1 C2 C1, V1 | betonové zboží, dílce do pevnosti 25 Mpa výrobky z prostého betonu |
| B. dynamické kmity vibrování | C0 - C2, V1 - V3 | univerzální použití |
| B. fyz-chem. plastifikace vakuování | S4, F4 S1, S2 | univerzální snížení w zvláštní případy |
| B. Kombinace vibrolisování | V0, C0 | betonové zboží |

Tabulka 2.2 Rozdělení zhutňovacích způsobů. Zdroj: (PYTLÍK, 1997)

Hutnění má vliv na výslednou podobu betonu, v závislosti na zpracovatelnosti betonu. Colleparadi ukazuje, že tekutý beton, s konzistencí S5, dosáhne, bez vibrace nebo za pomoci krátké 5 sekundové vibrace, pevnosti 35 MPa. „Naproti tomu pevnost hůře zpracovatelného

betonu velice závisí na účinnosti vibrace“ a na její délce v intervalu 0 až 25 sekund. (COLLEPARDI, 2009, s. 72) Z Obrázek 2.3 Účinek vibrace na strukturu betonů s třídou konzistence S1 a S5 je patrné, špatné hutnění, resp. žádné hutnění může mít u určitých betonů fatální následky nejen co se týká vzhledu ale i pevnosti, která je v tomto případě méně než poloviční.



Obrázek 2.3 Účinek vibrace na strukturu betonů s třídou konzistence S1 a S5
Zdroj: (COLLEPARDI, 2009)

2.5.5. Pracovní a dilatační spáry

„Pracovní spáry vzniknou přerušením betonování na více jako 2 hodiny. Základním požadavkem je minimalizace počtu a délky spár. Také je třeba zohlednit:

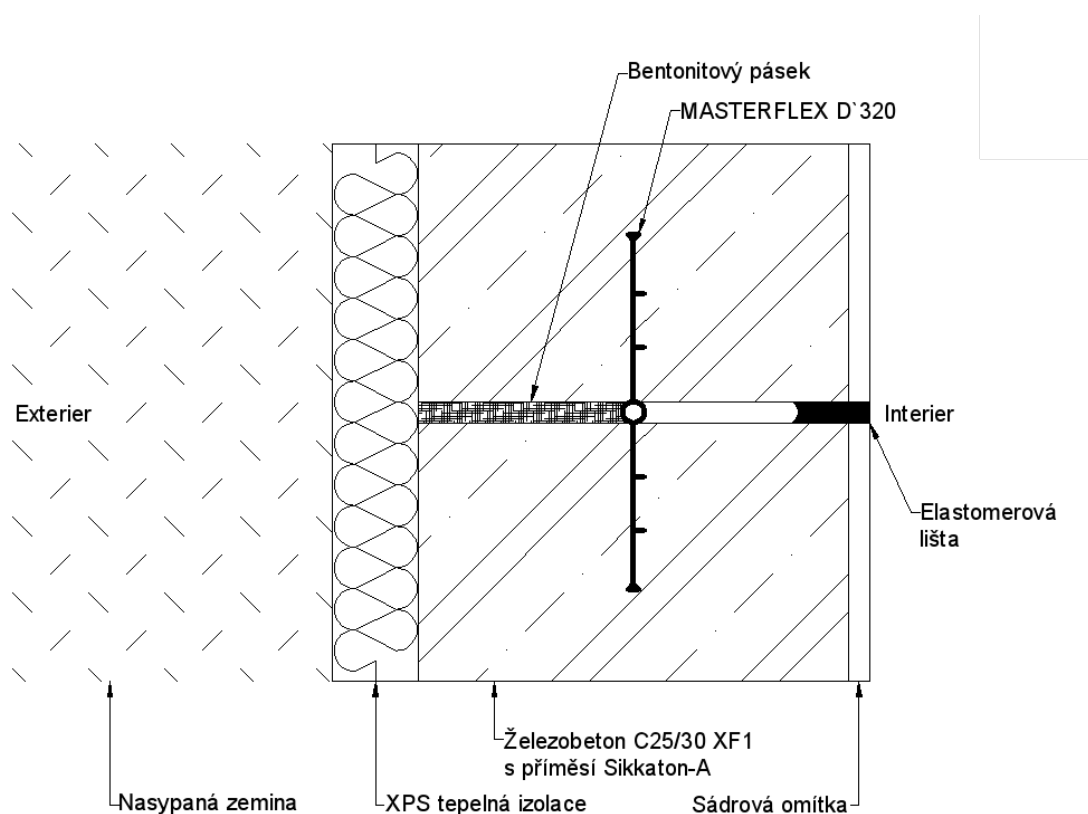
- Spáry nesmí vzniknout v místech, kde očekáváme největší smykové napětí,
- Betonáž ukončujeme podle polohy výztuže,
- Polohu spáry omezuje bednění,
- Spáry jsou určeny technologickým postupem,
- Pohledový beton nemůže mít spáry tam, kde se vytvoří stínová hrana.

Je vhodné při přerušení práce na 24 hodin přidávat do hraniční vrstvy čerstvého betonu zpomalovače tuhnutí cementu. Řešení pracovní spáry by mělo respektovat:

- Spáru umístit tak, aby tlak nového čerstvého betonu směřoval kolmo na pracovní spáru,
- Pracovní spáru profilovat (zalomit) u velmi namáhaných konstrukcí,
- Vodotěsné konstrukce potřebují několikrát zalomenou spáru, aby tok vody se prodloužil, pokud je spára ve směru toku,

- Spojení obou vrstev betonu přes pracovní spáru lze upravit vyčnívající výztuží nebo hustou síťovinou nebo vložení plechové spojky opatřené bitumenovým nátěrem,
- Povrch starší betonové vrstvy je nutno zdrsnit a provlhčit, nevsáklou a neodpařenou vodu odstranit (např. stlačeným vzduchem) a potom nanést 50-100 mm jemné malty (do 8 mm a se zvýšeným obsahem cementu).“ (PYTLÍK, 1997)

Těsnění dilatačních spár, stejně jako pracovních u bílé vany, je možno zhotovit polymerovými pásy doplněnými o bentonitový pásek a elastomerovou lištu, jak je ukázáno na Obrázek 2.4.



Obrázek 2.4 Příklad těsnícího pásu vloženého do spáry. Zdroj: Autor (výkres KP2E)

2.5.6. Ošetřování

„Cílem ošetřování betonu je dosažení co největší pevnosti betonu využitím hydratace cementu a nerušené tvorby struktury cementového kamene. Ošetřování a ochrana povrchu betonu začíná co nejdříve po vytvarování a ztuhnutí betonu.“ (PYTLÍK, 1997, s. 258)

Otázka proč beton ošetřovat byla shrnuta Veselým těmito důvody; minimalizace plastického smršťování, zajištění dostatečné pevnosti povrchu a trvanlivosti povrchové vrstvy.

Dále ochrana před mrazem, před škodlivými otřesy, nárazy nebo před poškozením. To vše za účelem dosáhnout požadované parametry ztvrdlého betonu v konstrukci. (VESELÝ, 2014)

Způsoby ošetřování:

- Ponechání betonu v bedně
- Pokrytí povrchu betonu parotěsnými plachtami, které jsou zabezpečeny na hranách a spojích proti odkrytí
- Namočit povrch mlžením, nebo přes textilii (pozor na proud vody způsobující vymývání betonu)
- Udržovat povrch betonu viditelně vlhký vhodnou vodou a chránit tento vlhký povrch proti vysychání
- Nástřík vhodných ošetřovacích hmot

(VESELÝ, 2014)

Doba potřebného ošetřování betonu je závislá na vývoji vlastností betonu v povrchové vrstvě. (ČSN EN 13670, 2009)

Třída ošetřování musí být stanovena v prováděcí dokumentaci, jako jedna z následujících:

- Třída ošetřování 1 minimální doba je 12 hod.
- Třída ošetřování 2 35 hod.
- Třída ošetřování 3 50 hod.
- Třída ošetřování 4 70 hod.

3. Proč využívat beton

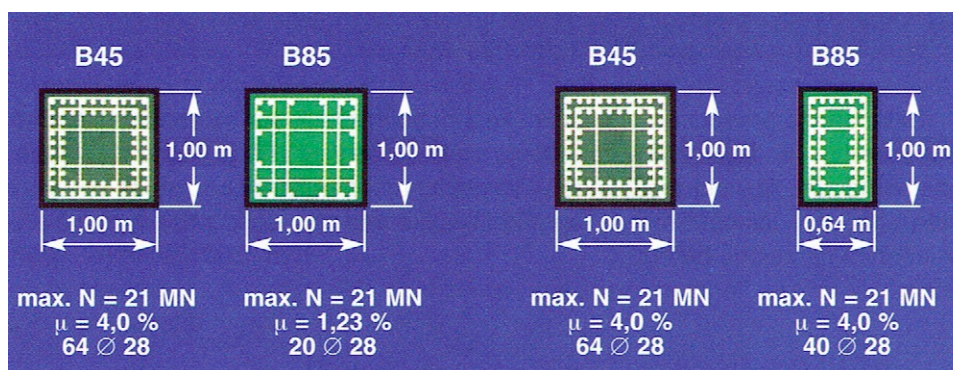
Profesor Aitcin říká, že „jestliže se dodrží veškeré stavební předpisy, pak konečný výběr konkrétního konstrukčního materiálu je závislý na ekonomických kritériích.“ (AĪTCIN, 2005, s. 29) Mluví jednak o výběru dodavatele podle nízké ceny, což je jistě trend dnešní doby. Zároveň ale musíme uvažovat náklady na údržbu a obnovu konstrukcí, které spolu s investičními náklady na výstavbu a náklady na likvidaci tvoří náklady životního cyklu (LCC - Life Cycle Cost) stavby. (ČÁPOVÁ et. al., 2011, s. 14). Aitcin také píše o tom, že při výběru „se však jedná o soubor specifických technických výhod, které je nutné do rozhodování zahrnout.“ (AĪTCIN, 2005, s. 29)

3.1. *Ekonomická stránka*

„Abychom co nejvíce využili ekonomické výhody dostupného konstrukčního materiálu, je důležité v celém rozsahu porozumět jeho vlastnostem.“ (AĪTCIN, 2005, s. 29)

Do ekonomického hodnocení musíme zahrnout jak finanční hledisko, čili efektivnost investice, ale také další přímé i nepřímé přínosy sociálního charakteru. Tyto dva úhly pohledu mohou být kombinovány v projektech financovaných z veřejných zdrojů.

Jako první výhodu betonu lze uvést možnost manipulace s vlastnostmi. Fyzikální atributy mohou přímo ovlivnit prostorové uspořádání. Například použitím vysokopevnostního betonu plynou „menší průřezy nosných prvků, zmenšení množství výztuže a úsporu půdorysné plochy“ (NEDBAL et. al., 2001, s. 117), jak lze vidět na Obrázek 3.1. Navýšením podlahové plochy o výměru uspořeno použitím nosných prvků s menším profilem, mohou vzrůst výnosové parametry objektu.



Obrázek 3.1 Snížení množství výztuže. Zdroj: (NEDBAL et. al., 2001, s. 122)

Další možností je úspora materiálu, v prvním případě Obrázek 3.1 se jedná o ocelovou výztuž, ale lze ušetřit i beton, „například zvýšením pevnosti betonu v tlaku z 60 na 75 MPa u těžní pobřežní věže TROLL, která byla navržena do hloubky 300 m, se dosáhlo snížení objemu použitého betonu o 50 000 m³ a úspory 77 mil. Dolarů.“ (AĪTCIN, 2005, s. 30)

3.2. *Technická stránka*

„Je nezbytné aby beton odolával podmínkám, na které byl navrhnut, bez znehodnocení, v průběhu let. O takovém betonu řekneme, že je trvanlivý.“ (NEVILLE, 1963, s. 329)

Trvanlivost betonu je soubor vlastností díky kterým je beton schopný odolávat „působení fyzikálních nebo chemických agresivních vlivů.“ (AĪTCIN, 2005, s. 261) V trvanlivosti betonu je důležitým aspektem ošetření povrchové vrstvy, kdy je jednak musí dbát na zamezení vzniku smršťovacích trhlin správným ošetřováním a také různými

ochrannými nátěry, či v neposlední řadě snížením vodního součinitele, za předpokladu přidání superplastifikátorů, za vzniku vysokohodnotného betonu, který má kompaktnější mikrostrukturu a lépe se brání prostupnosti agresivních látek. (AĪTCIN, 2005)

„Odolnost proti abrazi bývá nejdůležitějším požadavkem konstrukcí, jakými jsou například kryty vozovek, brzdné a akcelerační plochy, nebo řada částí vodních staveb, zejména jsou-li vystaveny působení vody, která unáší drobné částice. Pro výrobu betonu odolného proti abrazi je důležitá vysoká kvalita cementové pasty a abrazi odolné kamenivo.“ (AĪTCIN, 2005, s. 268)

Beton může být mrazuvzdorný, k čemuž „vede snadná cesta – vytvoření sítě drobných uzavřených pórů.“ Je nutné aby póry měly mikroskopické rozměry a byly rovnoměrně rozloženy. (AĪTCIN, 2005, s. 270) Takové struktury je dosahováno provzdušňováním.

„Důležitou vlastností běžného betonu je odolnost proti žáru. Díky tomu se beton často používá k ochraně oceli. K dobré požární odolnosti běžného betonu přispívá jeho pórovitá struktura a množství vázané vody.“ (AĪTCIN, 2005, s. 282)

4. Statistický blok

Pro pochopení jak je beton důležitým materiálem a jak byla výroba jeho a souvisejících materiálů ovlivněna hospodářským propadem v roce 2008 a v následujících letech, je třeba se uchýlit ke statistice.

4.1. *Klasifikace z hlediska statistiky*

Ačkoli je beton a související druhotné výrobky stavebním materiálem, pohledem statistika jsou tyto výrobky zařídovány do zpracovatelského průmyslu. Struktura klasifikace produkce podle CZ-CPA je následující.

| Úroveň | Název číselníku |
|--------|---|
| 1 | Klasifikace produkce (CZ-CPA) - úroveň 1 - Sekce |
| 2 | Klasifikace produkce (CZ-CPA) - úroveň 2 - Oddíl |
| 3 | Klasifikace produkce (CZ-CPA) - úroveň 3 - Skupina |
| 4 | Klasifikace produkce (CZ-CPA) - úroveň 4 - Třída |
| 5 | Klasifikace produkce (CZ-CPA) - úroveň 5 - Kategorie |
| 6 | Klasifikace produkce (CZ-CPA) - úroveň 6 - Subkategorie |

Tabulka 4.1 Úrovně klasifikace CZ-CPA. Zdroj: ČSÚ



Obrázek 4.1 částečně rozbalený strom klasifikace CZ-CPA. Zdroj: ČSÚ

4.2. Práce s daty ČSÚ

Z webové prezentace Českého statistického úřadu, ze sekce *Výroba vybraných výrobků v průmyslu* byly staženy tabulky oddílu 23 – *Ostatní nekovové minerální výrobky*, za dostupné roky 2003 až 2013. Z těchto jednotlivých tabulek byly vybrány subkategorie a uspořádány do souhrnné tabulky dle odpovídajících let.

Vybrané subkategorie:

- Cementové slínky
- Portlandský cement
- Nehašené (pálené) vápno
- Hašené vápno
- Stavební tvárnice a cihly z cementu, umělého kamene nebo betonu, též vyztužené
- Krytinové tašky, obkladové desky, dlaždice a podobné výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene
- Prefabrikované stavební dílce z cementu, betonu nebo umělého kamene, též vyztužené
- Beton připravený k lití
- Malty a betony kromě žáruvzdorných
- Trouby z cementu, betonu nebo umělého kamene
- Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n.
- Desky, tabule, dlaždice a podobné výrobky z rostlinných vláken a z dřevěného odpadu aglomerované s cementem, sádrou nebo jinými minerálními pojivy⁴

Ze souhrnné tabulky byly odstraněny přebytečné údaje, jako názvy v angličtině nebo redundantní data z předchozích let, která ČSÚ revidoval v letech následujících.

Průběžně byla prováděna kontrola dat. V první řadě, zda souhlasí údaje odkazované ze zdrojových tabulek ČSÚ, která byla přeuložena na pevné hodnoty, aby bylo zabráněno znehodnocení případným poškozením referenčních souborů. Druhý stupeň kontroly se týkal vlastních subkategorií. Jejich názvy se průběhu času mírně měnily, stejně tak i jejich kódy (např. do roku 2007 byl nynější oddíl 23 kódován jako 26). Bylo nutné zkontrolovat, zda uspořádání subkategorií je správné. Třetí kontrolovaný řád byla měrná jednotka. Subkategorie jsou často v tabulkách zastoupeny dvakrát a bylo nutné ověřit, zda správnost uspořádání i dle rozměru dat. Veškeré kontroly byly provedeny za pomoci podmíněného formátování v tabulkovém editoru nebo, v případě lišících se názvů, vizuálně po urovnání do sloupců, jak je možné vidět v ilustrační Tabulka 4.2 pro vizuální kontrolu názvů a MJ subkategorií.

⁴ pouze u měrné jednotky *tis. Kč*.

| Rok | Název | Měrná jednotka |
|------|---|----------------|
| 2013 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. | t |
| 2012 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. | t |
| 2011 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. | t |
| 2010 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. | t |
| 2009 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. | t |
| 2008 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. | t |
| 2007 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene jinde neuvedené | t |
| 2006 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene jinde neuvedené | t |
| 2005 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene jinde neuvedené | t |
| 2004 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene jinde neuvedené | t |
| 2003 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene jinde neuvedené | t |
| 2013 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. | tis. Kč |
| 2012 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. | tis. Kč |
| 2011 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. | tis. Kč |
| 2010 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. | tis. Kč |
| 2009 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. | tis. Kč |
| 2008 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. | tis. Kč |
| 2007 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene jinde neuvedené | tis. Kč |
| 2006 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene jinde neuvedené | tis. Kč |
| 2005 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene jinde neuvedené | tis. Kč |
| 2004 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene jinde neuvedené | tis. Kč |
| 2003 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene jinde neuvedené | tis. Kč |

Tabulka 4.2 pro vizuální kontrolu názvů a MJ subkategorií. Zdroj: autor

Souhrnná tabulka byla filtrována podle měrné jednotky a byly vytvořeny dvě konečné výstupní tabulky. Tabulka 7.1 Výroba [t] - vybrané výrobky oddílu 23 - Ostatní nekovové minerální výrobky, s měrnou jednotkou *tuny* a Tabulka 7.2 Výroba [tis. Kč] - vybrané výrobky oddílu 23 - Ostatní nekovové minerální výrobky s měrnou jednotkou *tisíce Kč*. Na základě těchto dvou tabulek byly vytvořeny Graf 7.1 a Graf 7.2 v odpovídajících měrných jednotkách. Popsány jsou v následující kapitole.

Pozn. Tabulka 7.1 a Tabulka 7.2 jsou zařazeny na konec práce do Příloh, protože při umístění v této kapitole by nebyly dostatečně čitelné z důvodu jejich šířky. Graf 7.1 a Graf 7.2 jsou obsaženy v rámci kapitoly 4.3 pro ilustraci, ale pro lepší názornost jsou také zařazeny do Příloh, kde je každému vyhrazena vlastní strana.

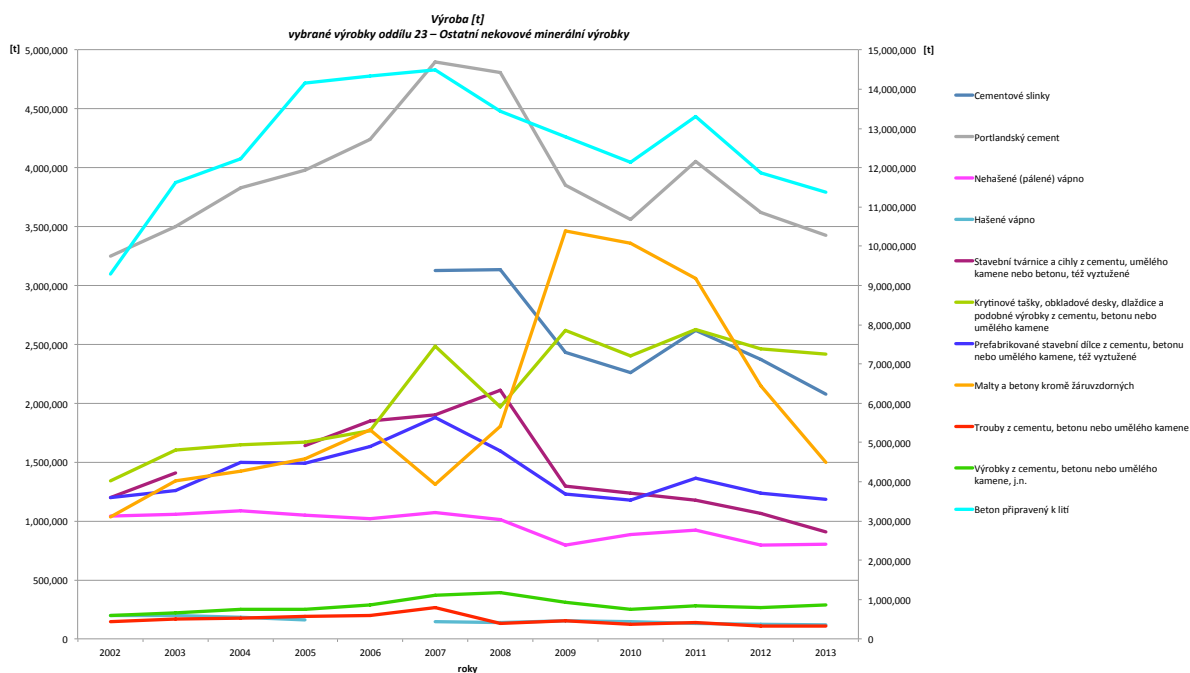
4.3. ***Vyhodnocení provedené statistiky***

4.3.1. **Výroba [t]**

Graf 7.1 Výroba [t] - vybrané výrobky oddílu 23 - Ostatní nekovové výrobky je tvořen daty z Tabulka 7.1 se stejným názvem. Hodnoty jsou množství vyrobených produktů v tunách. Časové období jsou roky 2002 až 2013, jimž odpovídá osa X. Svislé osy Y jsou dvě. Primární osa Y, umístěná vlevo nabývá hodnot od 0 do 5 milionů tun a platí pro všechny řady

mimo tyrkysově znázorněné řady Beton připravený k lití. Pro něj platí sekundární osa Y omezená shora hodnotou 15 milionů tun.

Chybějící nebo nevypovídající data Českého statistického úřadu jsou v tabulkách označeny * a v grafech vynechány. Proto například řada Cementové slínky začíná v roce 2007.



Graf 7.1 Výroba [t] - vybrané výrobky oddílu 23 - Ostatní nekovové výrobky
Zdroj: autor. Data ČSÚ

Od roku 2002 do 2007 je možné pozorovat růst. Následně je znatelný propad způsobený hospodářskou recesí, která nastala na konci roku 2008. V roce 2013 se grafu může zdát trend ustalování na aktuálních hodnotách, s výhledem mírný, ale pomalý růst.

Stojí za povšimnutí, že z hlediska hmotnosti, bývá Betonu připraveného k lití vyrobeno přibližně třikrát více, než Portlandského cementu. Tyto dvě řady, ještě spolu s řadou Cementové slínky spolu velmi dobře korelují. Korelační koeficienty nabývají hodnot okolo 0,9, což znamená velmi silnou korelaci a pozitivní závislost. Nejvyšší hodnotou korelačního koeficientu je 0,99197 a má ji Portlandský cement vůči Cementovým slínkům, ze kterých se vyrábí. V Tabulka 7.4 Korelační koeficienty - Výroba [t] je umístěn na 1. místě. Na další korelační koeficienty je možné se podívat v Tabulka 7.3 Korelační matice - Výroba [t].

| Název | Cementové slinky | Portlandský cement | Nehašené (pálené) vápno | Hašené vápno | Stavební tvárnice a cihly z cementu, umělého kamene nebo betonu, též vyztužené | Krytinové tašky, obkladové desky, dlaždice a podobné výrobky z cementu, | Prefabrikované stavební dílce z cementu, betonu nebo umělého kamene, též vyztužené | Beton připravený k lití | Malty a betony kromě žáruvzdorných | Trouby z cementu, betonu nebo umělého kamene | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. |
|--|------------------|--------------------|-------------------------|--------------|--|---|--|-------------------------|------------------------------------|--|---|
| Cementové slinky | 1,00000 | | | | | | | | | | |
| Portlandský cement | 0,99197 | 1,00000 | | | | | | | | | |
| Nehašené (pálené) vápno | 0,89793 | 0,95749 | 1,00000 | | | | | | | | |
| Hašené vápno | 0,99979 | -0,30940 | 0,68684 | 1,00000 | | | | | | | |
| Stavební tvárnice a cihly z cementu, umělého kamene nebo betonu, též vyztužené | 0,94128 | 0,85184 | 0,68471 | 0,12562 | 1,00000 | | | | | | |
| Krytinové tašky, obkladové desky, dlaždice a podobné výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene | -0,43299 | 0,20730 | -0,72585 | -0,83898 | -0,28715 | 1,00000 | | | | | |
| Prefabrikované stavební dílce z cementu, betonu nebo umělého kamene, též vyztužené | 0,92541 | 0,89632 | 0,61845 | -0,05598 | 0,85951 | -0,07194 | 1,00000 | | | | |
| Beton připravený k lití | 0,91172 | 0,81725 | 0,19536 | -0,41952 | 0,67722 | 0,29272 | 0,76291 | 1,00000 | | | |
| Malty a betony kromě žáruvzdorných | -0,38266 | -0,04450 | -0,64140 | -0,43491 | -0,27914 | 0,69333 | -0,35295 | 0,17086 | 1,00000 | | |
| Trouby z cementu, betonu nebo umělého kamene | 0,67204 | 0,58563 | 0,68494 | 0,32470 | 0,64825 | -0,20072 | 0,82099 | 0,56045 | -0,39566 | 1,00000 | |
| Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. | 0,88145 | 0,87718 | -0,04706 | -0,57977 | 0,63389 | 0,48114 | 0,64161 | 0,65693 | 0,12051 | 0,27317 | 1,00000 |

Tabulka 7.3 Korelační matice - Výroba [t]. Zdroj: autor. Data ČSÚ

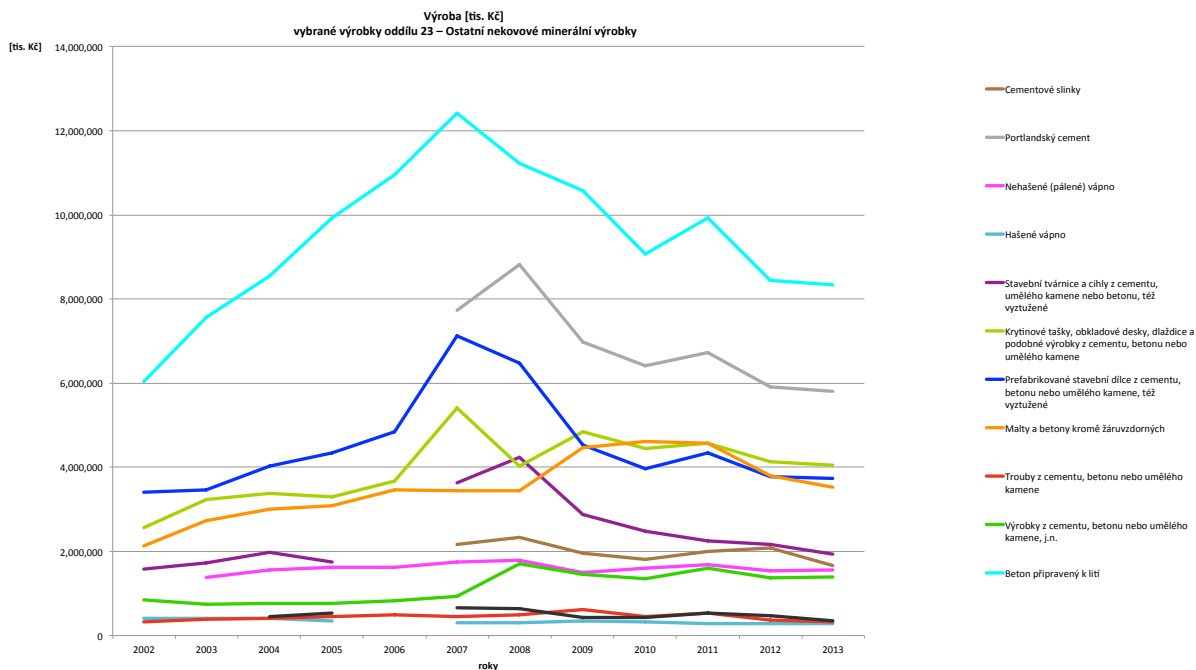
4.3.2. Výroba [tis. Kč]

Graf 7.2 Výroba [tis. Kč] - vybrané výrobky oddílu 23 - Ostatní nekovové výrobky je tvořen daty z Tabulka 7.2 se stejným názvem. Čísla jsou hodnoty výroby uvedeny v tis. Kč. Časové období jsou roky 2002 až 2013, jsou totožné jako na Graf 7.1 a opět odpovídají ose X. V tomto případě je svislá osa jen jedna a je omezená zdola 0 a shora 14.000.000 tis Kč.

Chybějící nebo nevypovídající data Českého statistického úřadu jsou v tabulkách označeny * a v grafech vynechány. Proto například řady Cementové slinky a Portlandský cement začínají v roce 2007. To je také důvod, proč je v roce 2006 několik řad přerušeno – chybí data.

Na grafu Výroba [tis. Kč] - vybrané výrobky oddílu 23 - Ostatní nekovové výrobky je patrný růst před recesí do roku 2007 a následný propad vidět ještě lépe než na předchozím grafu s MJ tuny. Trend se ovšem zdá být stejný a to ustálení na aktuálních hodnotách a možný budoucí pomalý růst.

Korelace jsou na Graf 7.2 ještě více uspořádané, což je vidět přímo z grafu na první pohled, ale velmi dobře je to vidět i na Tabulka 7.5 Korelační matice - Výroba [tis. Kč]. Opět Beton připravený k lití velmi dobře koreluje k Portlandskému cementu, hodnotou korelačního koeficientu 0,85. Ještě lepší korelaci s Portlandským cementem mají Stavební tvárnice, ale zde to bude pravděpodobně způsobeno menším počtem srovnávaných dat. Téměř všechny vybrané výrobky mimo Malt a betonů (suché směsi) se zdají být ve velmi silné korelaci, znamenající pozitivní závislost jejich kvantitativních znaků.



Graf 7.2 Výroba [t] - vybrané výrobky oddílu 23 - Ostatní nekovové výrobky.
Zdroj: autor. Data ČSÚ

| Název | Cementové slinky | Portlandský cement | Nehašené (pálené) vápno | Hašené vápno | Stavební tvárnice a cihly z cementu, umělého kamene nebo betonu, též vyztužené | Krytinové tašky, obkladové desky, dlaždice a podobné výrobky z cementu, | Prefabrikované stavební dílce z cementu, betonu nebo umělého kamene, též vyztužené | Beton připravený k lití | Malty a betony kromě žáruvzdorných | Trouby z cementu, betonu nebo umělého kamene | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. |
|--|------------------|--------------------|-------------------------|--------------|--|---|--|-------------------------|------------------------------------|--|---|
| Cementové slinky | 1,00000 | | | | | | | | | | |
| Portlandský cement | 0,81779 | 1,00000 | | | | | | | | | |
| Nehašené (pálené) vápno | 0,66979 | 0,80156 | 1,00000 | | | | | | | | |
| Hašené vápno | 0,02857 | 0,29023 | 0,55410 | 1,00000 | | | | | | | |
| Stavební tvárnice a cihly z cementu, umělého kamene nebo betonu, též vyztužené | 0,81427 | 0,97429 | 0,71883 | 0,43946 | 1,00000 | | | | | | |
| Krytinové tašky, obkladové desky, dlaždice a podobné výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene | 0,17145 | 0,23232 | 0,44294 | 0,68167 | 0,64527 | 1,00000 | | | | | |
| Prefabrikované stavební dílce z cementu, betonu nebo umělého kamene, též vyztužené | 0,75892 | 0,88616 | 0,80793 | 0,37870 | 0,90672 | 0,59279 | 1,00000 | | | | |
| Beton připravený k lití | 0,69601 | 0,85306 | 0,78172 | 0,54731 | 0,81582 | 0,72632 | 0,86859 | 1,00000 | | | |
| Malty a betony kromě žáruvzdorných | 0,35931 | 0,33525 | 0,19634 | 0,66196 | 0,33683 | 0,76907 | 0,14225 | 0,46755 | 1,00000 | | |
| Trouby z cementu, betonu nebo umělého kamene | 0,33346 | 0,46443 | 0,24902 | 0,22419 | 0,51039 | 0,54547 | 0,42019 | 0,70397 | 0,63290 | 1,00000 | |
| Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. | 0,10273 | 0,15173 | 0,34232 | 0,74918 | 0,52548 | 0,54139 | 0,19940 | 0,25671 | 0,70855 | 0,34968 | 1,00000 |

Tabulka 7.5 Korelační matice - Výroba [tis. Kč]
Zdroj: autor. Data ČSÚ

4.3.3. Vyhodnocení

Na otázku položenou v úvodu, zda s recesí klesla výroba betonu a produkce cementu, jakožto hlavního vstupního materiálu, z něhož se beton vyrábí, lze jednoznačně odpovědět ano. Svědčí o tom jak množstevní výroba uváděná v tunách, tak i výroba měřená finančně, uváděná v tisících Kč. Jak bylo popsáno výše nedělo se tak jen u betonu či cementu a slínek, ale i u dalších vybraných zkoumaných výrobků. Dá se konstatovat, že strmé propady se zastavily a produkce se ustálí a pravděpodobně v následujících letech začne růst, i když je oprávněné očekávat, že se tak bude dít velmi pomalým tempem.

Zajímavým jevem u zkoumaných výrobků je častá velmi silná korelace. Ačkoli spolu některé souvisí přímo a jiné méně, mohly všechny být ovlivňovány stejnými nebo podobnými tržními silami. Ať už se jednalo o snížení poptávky při recesi nebo stavebním boomu před rokem 2008.

Výroba betonu je z hlediska sledování dopadů recese zajímavým měřítkem. Z důvodu, že se toto stavivo používá především v primárních konstrukcích, odraz hospodářského propadu se rychle promítne do statistik.

5. Specifikace betonu & interaktivní průvodce

5.1. Klasifikace betonů

„Betony jsou klasifikovány tzv. pevnostní třídou, která bývá označována písmenem C (concrete) s udáním charakteristických 5% hodnot (5% kvantil) 28 denních pevností betonu v tlaku, a to válcové f_{ck} ke krychelné $f_{ck,cube}$, tedy „C $f_{ck}/f_{ck,cube}$ “.“ (PROCHÁZKA et. al., 2007)

| Současné pevnostní třídy betonu podle ČSN EN 206 | Dřívější pevnostní třídy betonu | Dřívější značky | Ještě starší značení |
|--|---------------------------------|-----------------|----------------------|
| Pevnost na válci / na krychli | Pevnost na krychli | | Pevnost na krychli |
| MPa | MPa | | kp/cm ² |
| | B7,5 | 0 | B 92 |
| | B12,5 | I | B 148 |
| C 12/15 | B15 | II | B 175 |
| C 16/20 | B20 | III | B 231 |
| C 20/25 | B25 | | B 285 |
| C 25/30 | B30 | IV | B 340 |
| C 30/37 | B35 | V | B 395 |
| | B40 | | B 450 |
| C 35/45 | B45 | | B 505 |
| C 40/50 | B50 | VI | B 550 |
| C 45/55 | B55 | | B 598 |
| C 50/60 | B60 | | B 645 |

Poznámky

Pro běžnou výrobu a kontrolu se doporučuje používat třídy betonu, které jsou v tabulce zvýrazněny.

Beton je v současnosti zatřídován podle pevnosti v tlaku do tříd na základě klasifikace podle válcové pevnosti.

Současné značení betonu C 30/37 neopovídá žádnému dřívějšímu značení. Dříve značenému betonu B35 [Mpa] odpovídalo označení B 395 [kp/cm²], B40 pak B 450.

Tabulka 5.1 Převodní tabulka betonů podle pevnosti v tlaku.
Zdroj: (KOLEKTIV AUTORŮ, 2013)

5.2. *Klasifikace vlivů a vlastností*

5.2.1. Stupně vlivu prostředí

| Označení stupně | Popis prostředí | Informativní příklady výskytu stupně vlivu prostředí |
|-----------------|---|---|
| 1 | Bez nebezpečí koroze nebo narušení | |
| X0 | Pro beton bez výztuže nebo zabudovaných kovových vložek. Všechny vlivy s výjimkou zmrazování a rozmrazování, obrusu nebo chemicky agresivního prostředí. Pro beton s výztuží nebo se zabudovanými kovovými vložkami: Velmi suché | Beton uvnitř budov s velmi nízkou vlhkostí vzduchu |
| 2 | Koroze vlivem karbonátce | |
| | Pokud je beton obsahující výztuž nebo jiné zabudované kovové vložky vystaven ovzduší a vlhkosti, pak se stupeň vlivu prostředí určí následovně: | |
| XC1 | Suché nebo stále mokré. | Beton uvnitř budov s velmi nízkou vlhkostí vzduchu; Beton trvale ponořený ve vodě. |
| XC2 | Mokré, občas suché. | Povrch betonu vystavený dlouhodobému působení vody; Většina základů. |
| XC3 | Středně mokré, vlhké. | Beton uvnitř budov se střední nebo velkou vlhkostí vzduchu; Venkovní beton chráněný proti dešti. |
| XC4 | Střídavě mokré a suché. | Povrchy betonu ve styku s vodou, které nejsou zahrnuty ve stupni vlivu prostředí XC2. |
| 3 | Koroze vlivem chloridů, ne však z mořské vody | |
| | Pokud přichází beton, obsahující výztuž nebo jiné zabudované kovové vložky, do styku s vodou obsahující chloridy, včetně rozmrazovacích solí, ze zdrojů jiných než z mořské vody, určí se vliv prostředí následovně: | |
| XD1 | Středně mokré, vlhké. | Povrchy betonů vystavené chloridům rozptýleným ve vzduchu. |
| XD2 | Mokré, občas suché. | Plavecké bazény. Beton vystavený působení průmyslových vod obsahujících chloridy. |
| XD3 | Střídavě mokré a suché. | Části mostů vystavené postřikům obsahujícím chloridy. Vozovky, betonové povrchy parkovišť. |
| 4 | Koroze vlivem chloridů z mořské vody | |
| | Pokud přichází beton, obsahující výztuž nebo jiné zabudované kovové vložky, do styku s chloridy z mořské vody nebo slaným vzduchem z mořské vody, musí být vliv prostředí určen následovně: | |
| XS1 | Vystaven slanému vzduchu, ale ne v přímém styku s mořskou vodou | Stavby blízko mořského pobřeží nebo na pobřeží. |
| XS2 | Trvale ponořen ve vodě. | Části staveb v moři. |
| XS3 | Smáčený a ostříkovaný přílivem. | Části staveb v moři. |
| 5 | Působení mrazu a rozmrazování s rozmrazovacími prostředky nebo bez nich | |
| | Pokud je mokrá beton vystaven významnému působení střídavého mrazu a rozmrazování, určí se vliv prostředí následovně: | |
| XF1 | Mírně nasycen vodou bez rozmrazovacích prostředků. | Svislé betonové povrchy vystavené dešti a mrazu. |
| XF2 | Mírně nasycen vodou s rozmrazovacími prostředky. | Svislé betonové povrchy silničních konstrukcí vystavené mrazu a rozmrazovacím prostředkům rozptýleným ve vzduchu. |
| XF3 | Značně nasycen vodou bez rozmrazovacích prostředků. | Vodorovné betonové povrchy vystavené dešti a mrazu. |
| XF4 | Značně nasycen vodou s rozmrazovacími prostředky nebo mořskou vodou. | Vozovky a mostovky vystavené rozmrazovacím prostředkům. Betonové povrchy vystavené přímému ostříku rozmrazovacími prostředky a mrazu. Omývaná část staveb v moři vystavená mrazu. |

| Stupeň | Zkouška sednutím podle EN 12350-2 [mm] |
|--|--|
| S1 | 10 až 40 |
| S2 | 50 až 90 |
| S3 | 100 až 150 |
| S4 | 160 až 210 |
| S5 ^{a)} | ≥ 220 |
| ^{a)} viz poznámka na začátku kapitoly | |

Tabulka 5.4 Klasifikace konzistence podle sednutí kužele.
Zdroj: (ČSN EN 206, 2014)

| Stupeň | Zhutnitelnost zkoušená podle EN 12350-4 |
|---|---|
| C0 ^{a)} | ≥ 1,46 |
| C1 | 1,45 až 1,26 |
| C2 | 1,25 až 1,11 |
| C3 | 1,10 až 1,04 |
| C4 ^{b)} | < 1,04 |
| ^{a)} viz poznámka na začátku kapitoly | |
| ^{b)} C4 se používá pouze pro lehký beton | |

Tabulka 5.5 Klasifikace konzistence podle zhutnitelnosti.
Zdroj: (ČSN EN 206, 2014)

| Stupeň | Rozlítí zkoušené podle EN 12350-5 |
|--|-----------------------------------|
| F1 ^{a)} | < 340 |
| F2 | 350 až 410 |
| F3 | 420 až 480 |
| F4 | 490 až 550 |
| F5 | 560 až 620 |
| F6 ^{a)} | > 630 |
| ^{a)} viz poznámka na začátku kapitoly | |

Tabulka 5.6 Klasifikace konzistence podle rozlítí.
Zdroj: (ČSN EN 206, 2014)

| Stupeň | Sednutí-rozlítím ^{a)} zkoušené podle EN 12350-8 |
|---|--|
| SF1 | 550 až 650 |
| SF2 | 660 až 750 |
| SF3 | 760 až 850 |
| ^{a)} Klasifikace není použitelná pro beton s D_{max} větší než 40 mm | |

Tabulka 5.7 Klasifikace konzistence podle sednutí-rozlítím.
Zdroj:(ČSN EN 206, 2014)

5.2.3. Stupně pro další vlastnosti samozhutnitelného betonu (SCC)

| Stupeň | t_{500} ^{a)} zkoušený podle EN 12350-8 [s] |
|---|---|
| VS1 | < 2 |
| VS2 | ≥ 2 |
| ^{a)} Klasifikace není použitelná pro beton s D_{max} větší než 40 mm | |

Tabulka 5.8 Stupně viskozity - t_{500} . Zdroj: (ČSN EN 206, 2014)

| Stupeň | t_v ^{a)} zkoušenou podle EN 12350-9 [s] |
|---|--|
| VF1 | < 9 |
| VF2 | 9,0 až 25,0 |
| ^{a)} Klasifikace není použitelná pro beton s D_{max} větší než 22,4 mm | |

Tabulka 5.9 Stupně viskozity - t_v .Zdroj: (ČSN EN 206, 2014)

| Stupeň | Koeficient L-truhlíkem zkoušený podle EN 12350-10 |
|--------|---|
| PL1 | ≥ 0,80 se dvěma pruty žebírkové výztuže |
| PL2 | ≥ 0,80 se třemi pruty žebírkové výztuže |

Tabulka 5.10 Stupně schopnosti průtoku L-truhlíkem. Zdroj: (ČSN EN 206, 2014)

| Stupeň | Stupeň ^{a)} zkoušený podle EN 12350-12 [mm] |
|---|--|
| PJ1 | ≤ 10 se 12 pruty žebírkové výztuže |
| PJ2 | ≤ 10 se 16 pruty žebírkové výztuže |
| ^{a)} Klasifikace není použitelná pro beton s D_{max} větší než 40 mm | |

Tabulka 5.11 Stupně průtoku J-kroužkem. Zdroj: (ČSN EN 206, 2014)

| Stupeň | Segregovaná část zkoušená podle EN 12350-11 [%] |
|---|---|
| SR1 | ≤ 20 |
| SR2 | ≤ 15 |
| ^{a)} Klasifikace není použitelná pro beton s D_{max} větší než 40 mm | |

Tabulka 5.12 Stupně odolnosti proti segregaci. Zdroj: (ČSN EN 206, 2014)

5.2.4. Třídy vlastností ztvrdlého betonu

| Třída pevnosti v tlaku | Minimální charakteristická válcová pevnost | Minimální charakteristická krychelná pevnost |
|------------------------------|--|--|
| | $f_{ck,cyl}$ N/mm ² | $f_{ck,cube}$ N/mm ² |
| C 8/10 | 8 | 10 |
| C 12/15 | 12 | 15 |
| C 16/20 | 16 | 20 |
| C 20/25 | 20 | 25 |
| C 25/30 | 25 | 30 |
| C 30/37 | 30 | 37 |
| C 35/45 | 35 | 45 |
| C 40/50 | 40 | 50 |
| C 45/55 | 45 | 55 |
| C 50/60 | 50 | 60 |
| C 55/67 | 55 | 67 |
| C 60/75 | 60 | 75 |
| C 70/85 | 70 | 85 |
| C 80/95 | 80 | 95 |
| C 90/105 | 90 | 105 |
| C 100/115 | 100 | 115 |

Tabulka 5.13 Třídy pevnosti v tlaku obyčejného betonu a těžkého betonu. Zdroj: (ČSN EN 206, 2014)

| Třída pevnosti v tlaku | Minimální charakteristická válcová pevnost | Minimální charakteristická krychelná pevnost |
|------------------------------|--|--|
| | $f_{ck,cyl}$ N/mm ² | $f_{ck,cube}$ N/mm ² |
| LC 8/9 | 8 | 9 |
| LC 12/13 | 12 | 13 |
| LC 16/18 | 16 | 18 |
| LC 20/22 | 20 | 22 |
| LC 25/28 | 25 | 28 |
| LC 30/33 | 30 | 33 |
| LC 35/28 | 35 | 28 |
| LC 40/44 | 40 | 44 |
| LC 45/50 | 45 | 50 |
| LC 50/55 | 50 | 55 |
| LC 55/60 | 55 | 60 |
| LC 60/66 | 60 | 66 |
| LC 70/77 | 70 | 77 |
| LC 80/88 | 80 | 88 |

Tabulka 5.14 Třídy pevnosti v tlaku lehkého betonu. Zdroj: (ČSN EN 206, 2014)

| Třída objemové hmotnosti | D 1,0 | D 1,2 | D 1,4 | D 1,6 | D 1,8 | D 2,0 |
|---|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Rozsah objemové hmotnosti zkoušené podle EN 12390-7 [kg/m ³] | ≥ 800 a | > 1 000 a | > 1 200 a | > 1 400 a | > 1 600 a | > 1 800 a |
| | ≤ 1 000 | ≤ 1 200 | ≤ 1 400 | ≤ 1 600 | ≤ 1 800 | ≤ 1 1000 |

Tabulka 5.15 Klasifikace lehkého betonu podle objemové hmotnosti. Zdroj: (ČSN EN 206, 2014)

5.2.5. Základní požadavky na složení betonu

| Použití betonu | Obsah chloridů kategorie ^{a)} | Maximální obsah Cl- k hmotnosti cementu ^{b)} % |
|---|---|---|
| Prostý beton nebo beton neobsahující jiné kovové vložky, s výjimkou korozivzdorných závěsných prvků | Cl 1,0 | 1,00 |
| Beton s ocelovou výztuží nebo jinými kovovými vložkami | Cl 0,2 | 0,20 |
| | Cl 0,4 ^{c)} | 0,40 |
| Beton s předpjatou ocelovou výztuží v přímém kontaktu s betonem | Cl 0,1 | 0,10 |
| | Cl 0,2 | 0,20 |

^{a)} Pro specifické použití betonu závisí použitá kategorie na ustanoveních platných v místě použití betonu.

^{b)} pokud se do betonu používají příměsi, které se započítávají do obsahu cementu, pak se obsah chloridových iontů vyjadřuje jako procentní podíl chloridových iontů k hmotnosti cementu plus celkové hmotnosti příměsí, které se do cementu započítávají.

^{c)} Předpisy platné v místě použití mohou povolovat jiné kategorie obsahu chloridů pro betony s cementy CEM III.

Tabulka 5.16 Maximální obsah chloridů v betonu. Zdroj: (ČSN EN 206, 2014)

5.3. Specifikace

I třináct let po vydání normy EN 206-1 zavádějící nové názvy betonů není jednoduché je specifikovat ani pro jedince i z řad odborné veřejnosti.

Specifikace betonu je „konečná sestava dokumentovaných technických požadavků, předaných výrobcí ve formě požadovaných vlastností nebo složení betonu.“ (ČSN EN 206, 2014, s. 15) Řídí se podle normy ČSN EN 206 *Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*, z června 2014 a zcela závisí na Specifikátorovi, který je za ni zodpovědný. Specifikátor je „osoba nebo organizace stanovující specifikaci pro čerstvý beton“ (ČSN EN 206, 2014, s. 15) „všechny příslušné požadavky na vlastnosti betonu byly zahrnuty ve specifikaci, která se předkládá výrobcí betonu.“ Obsáhnout se musí nejen požadavky na pevnost, odolnost, konzistenci, ad., ale také „vlastnosti betonu, které jsou nutné pro přepravu po dodání, ukládání, zhutnění, ošetřování nebo další úpravy“ „(např. povrchové – pohledový beton).“ (ČSN EN 206, 2014, s. 35)

Ke specifikaci betonu lze přistupovat třemi cestami

- Specifikace typového betonu
- Specifikace betonu předepsaného složení
- Specifikace normalizovaného betonu

5.3.1. Specifikace typového betonu

Pravděpodobně nejpoužívanější možnost jak dosáhnout specifikace betonu. Setkáváme se s ní v projektech i ve výrobním procesu. Od zavedení často citovaných nových norem řady EN 206 již ovšem nestačí udat jako popis betonu B30, jak tomu bylo dříve, viz Tabulka 5.1, ale správný název by měl vypadat například takto:

ČSN EN 206: C 25/30 – XC3, XD1 – Cl 0,2 – D_{max} 16 mm – D_{1,8⁵} – F6⁶

Musí obsahovat:

Odkaz na evropskou normu EN 206

Třída pevnosti v tlaku dle Tabulka 5.13 nebo Tabulka 5.14

Stupeň(ě) vlivu prostředí dle Tabulka 5.2

Maximální obsah chloridů dle Tabulka 5.16

Max. horní mez frakce kameniva

Obj. hmotnost nebo třída

Stupeň

konzistence

Doplňující požadavky: (s vybranými příklady)

- Zvláštní třídy cementu podle ČSN EN 197-1 *CEM I/A (P – V) 42,5 R*
- Druh kameniva podle ČSN EN 12620 *Kamenivo s dostatečnou mrazuvzdorností*
- Funkce v konstrukci
- Odolnost proti účinkům mrazu a rozmrazování
- Nárůst pevnosti
- Vývin tepla během hydratace
- Pomalé tuhnutí

⁵ Navíc pro lehký beton třídu objemové hmotnosti

⁶ Navíc pro transportbeton a beton vyráběný na staveništi

- Odolnost proti průsaku vody *Max průsak 30 mm podle ČSN EN 12 390 – 8*
- Odolnost proti obruš
- Pevnost v příčném tahu
- Smršťování, tečení
- Modul pružnosti *Modul pružnosti 25 GPa podle ČSN ISO 6784*
- Požadavky na povrchové úpravy *Pohledový beton*
(ČSN EN 206, 2014)

5.3.2. Specifikace betonu předepsaného složení

„Beton, pro který je výrobcí předepsáno složení, včetně používaných složek“ odběratelem. (ČESKOMORAVSKÝ CEMENT, 2013, s. 251) Jednodušeji řečeno „specifikace složení se týká složek, které vstupují do betonářské míchačky.“ (COLLEPARDI, 2009, s. 339) Odběratel tedy předkládá složení betonu, včetně množství jednotlivých složek. Dodavatel čerstvého betonu složky zamíchá. Odpovědnost za vlastnosti nese odběratel. „Základem pro navrhování nebo pro předepsání složení betonu jsou výsledky průkazných zkoušek, nebo dlouhodobé zkušenosti se srovnatelným betonem.“ (NEDBAL et. al., 1998, s. 90)

5.3.3. Specifikace normalizovaného betonu

„Normalizovaný beton musí být specifikován citací, jejíž součástí je:

- Norma platná v místě použití betonu, která stanovuje příslušné požadavky;
- Označení betonu podle citované normy.

Normalizovaný beton se může použít pouze pro:

- Obyčejný beton pro konstrukce z prostého a železového betonu;
- Třídy betonu $\leq C 16/20$, pokud předpisy platné v místě použití betonu nepřipouští i pro třídu betonu C 20/25;
- Stupně vlivu prostředí X0 a XC1, pokud předpisy platné v místě použití betonu nepřipouštějí použití i pro jiné stupně vlivu prostředí.“

(ČSN EN 206, 2014)

5.4. *Interaktivní formulář*

Pro usnadnění specifikace typového betonu byl v rámci práce vytvořen excelový formulář, který na základě vybraných vlastností vygeneruje správnou specifikaci betonu.

Formulář je založen na výběru z rozbalovacích seznamů textového popisu stupňů vlivu prostředí a číselných hodnot konzistence, pevností, maximálního obsahu chloridů, velikosti zrn kameniva, případně volitelných objemových hmotností pro lehký beton a konzistenci pro čerpatelný beton. Výběrem parametru z takzvaného Combo Boxu, je řízena funkce SVYHLEDAT (VLOOKUP), která z daných zdrojových tabulek vybere označení, stupně nebo třídy odpovídající vybraným hodnotám. Dále jsou stanoveny omezující podmínky pomocí funkcí KDYŽ (IF), IFERROR (IFERROR), A (AND), NEBO (OR) a NE (NOT). Specifikace se pak dynamicky sumarizuje v jednom z řádků formuláře. Dosažení správného výsledku je podmíněno výběrem ve všech krocích formuláře. Pokud je porušena podmínka nebo není zvolen povinný parametr, promítne se na jeho místo ve specifikaci příkaz k výběru. Kroky 5. a 6. formuláře jsou nepovinné a příkaz k výběru se tedy nezobrazuje. Krok 5. je nutné vybrat pouze při specifikaci lehkého betonu a krok 6. pro specifikaci čerpatelného betonu.

Zdrojové tabulky jsou především tabulky obsažené v kapitole 4 Klasifikace v ČSN EN 206. Dále pak je obsažena Převodní tabulka betonů podle pevnosti v tlaku (viz. kapitola 5.1 této práce, Tabulka 5.1). Z té je možné získat pouze pevnost v tlaku odpovídající dřívějším pevnostním třídám, je však nutné doplnit další údaje výběrem stejně jako při specifikování podle normy ČSN EN 206.

Formulář je samostatný excelový soubor, označený jako příloha 2.

6. Zajímavé příklady využití betonu

6.1. *RWY 06R/24L Letiště Praha*

Nově navrhovaná runway na Letišti Václava Havla v Praze se jeví jako zajímavá tloušťkou konstrukce vozovky RWY. Ta bude zhotovená jako „betonová, postranní pásy RWY asfaltové nebo betonové.

Konstrukce vozovky RWY bude navržena s ohledem na geologické podmínky podloží, pro zatížení letadly kódového písmene A-F, návrhová letadla B747-400, B747-8, MD-11, A340-600, A380-800.

Postranní méně únosné pásy TWY (Shoulder) musí umožnit provoz vozidel ZPS i nákladních vozidel zabezpečujících údržbu zpevněných provozních ploch.

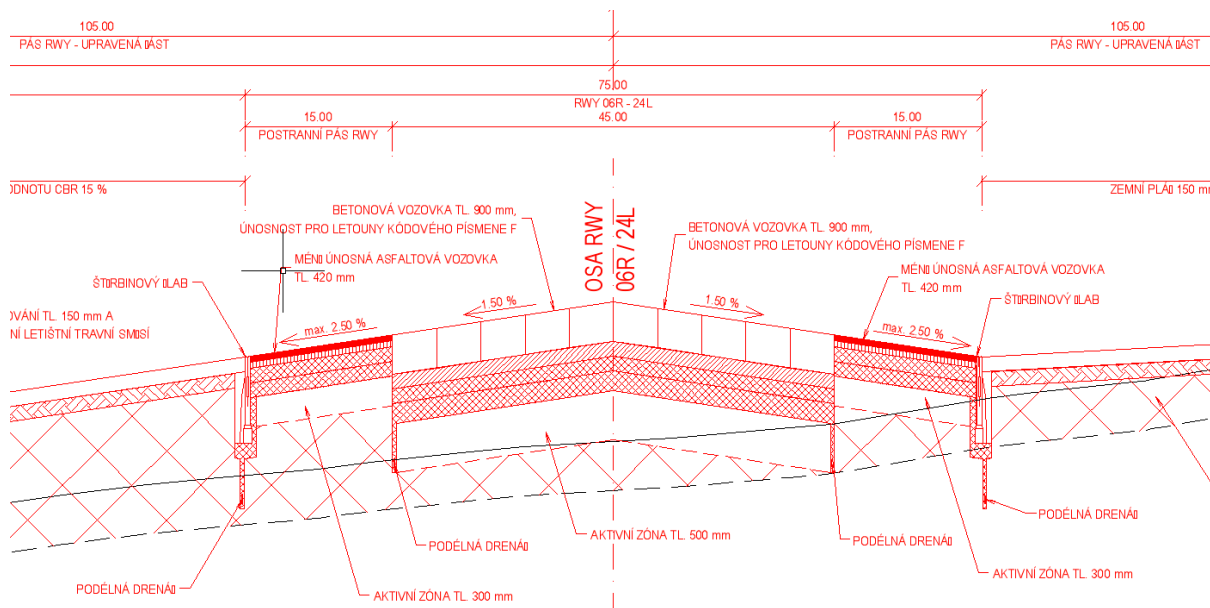
RWY 06R/24L má rozměry 3100/3345 x 45 m, únosnost vozovky pro letadla kódového písmene E-F, návrhová letadla B747-400, B747-8, MD-11, A340-600, A380-800.

Poznámka:

- 1) Délka 3100 m je provozní délka RWY.
- 2) Zbývajících 245 m stavební délky RWY slouží jako příprava prodloužení RWY 06R/24L na délku 3550 m (2. etapa výstavby)“ (METROPROJEKT, n.d.)

Zajímavostí je, že cementobetonový kryt vozovky má tloušťku 400 mm, což je dvojnásobek běžných CB krytů užívaných na dálnicích. Podkladní vrstvy RWY pak mají tl. dalších 500 mm. Oproti běžným podkladním vrstvám, kdy se tloušťky pohybují okolo 200 až 270 mm a dosahují maximálně 350 mm je to opět dvojnásobná tloušťka.

S danými rozměry RWY se spotřebuje na obě etapy na CB kryt 63.900 m³ betonu. Při plošném rozměru 159.750 m² a přibližné ceně 9.000 Kč/m² mohou náklady na provedení CB krytu v tloušťce 400 mm, podle zvoleného materiálu, odpovídat 1.437.750.000 Kč.

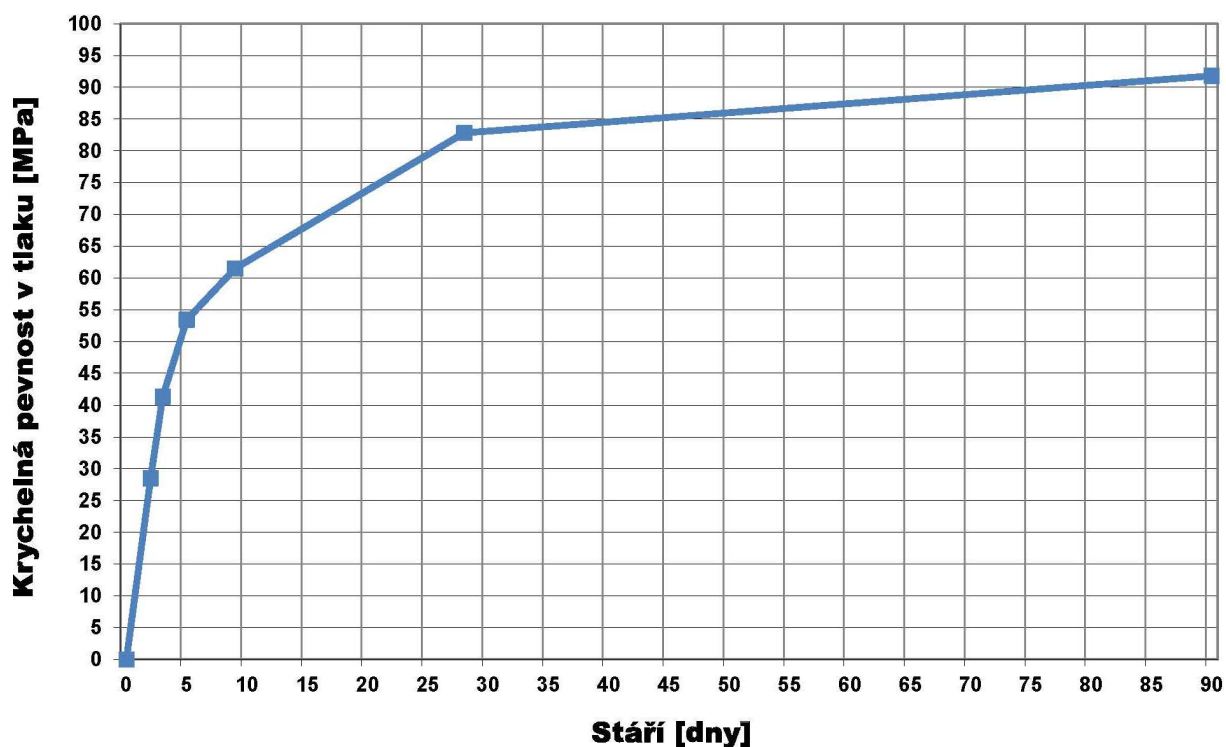


Obrázek 6.1 Část charakteristického řezu runway 06R/24L. Zdroj: (Metroprojekt)

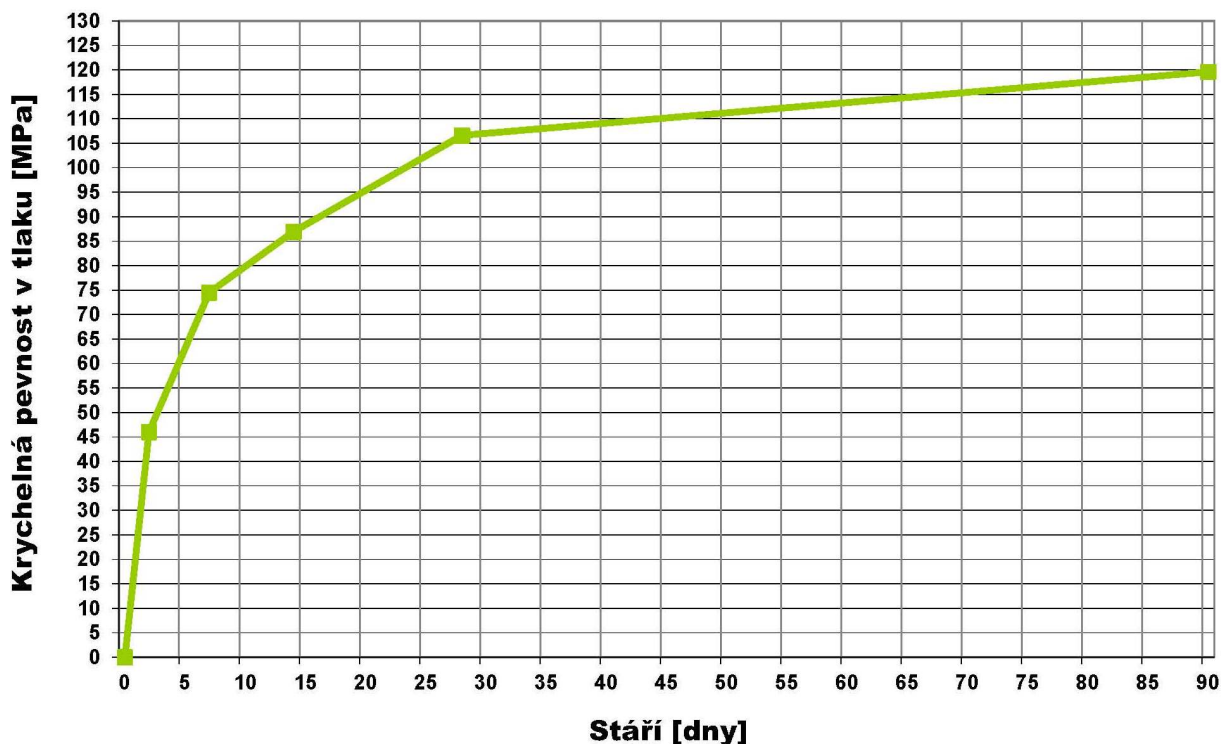
6.2. Chlazení betonu při betonáži Trojského mostu

Mnoho ze zmíněných materiálů nebo principů v této práci se uplatnilo při výstavbě Trojského mostu. Ať už se jedná o použití „vysokopevnostního samozhutnitelného betonu, s nízkým vývinem hydratačního tepla, aplikace vláken pro redukci trhlin od smršťování nebo premiérové použití chlazení betonu kapalným dusíkem“ (VESELÝ et. al. , 2013), či pouze výše zmíněné zásady ošetřování. O předposledně jmenované technologie chlazení zatím řeč v předchozích odstavcích nebyla a proto je zařazena zde.

„Nový Trojský most přes Vltavu vyniká jedním z nejplošších oblouků ve světě. Nízké vzepětí oblouku a celkově subtilní konstrukci bez opory v podobě pilířů v řece mohli projektanti navrhnout i díky použití nadstandardních vysokohodnotných betonů s pevností vyšší než 100 MPa.“ Vysokohodnotné betony byly použity například na mostovce v podobě C 50/60 XF2, který měl ve stáří 28 dní pevnost 70 – 80 MPa. Viz Graf 6.1. Tento beton obsahoval také polypropylenová vlákna, bránících vzniku trhlin. Další zajímavý beton byl použit v patkách mostního oblouku, a to C 80/95 ve samozhutnitelné konzistenci, protože nemohl být vibrován. „Po 28 dnech vykazoval pevnost více než 100 MPa“, po 90 dnech dosahoval pevností okolo 120 MPa, jak lze vidět na Graf 6.2. (VESELÝ et. al. , 2013)



Graf 6.1 Nárůst pevnosti betonu C 50/60 XF2. Zdroj: (VESELÝ et. al. , 2013)



Graf 6.2 Nárůst pevnosti betonu SCC 80/95. Zdroj: (VESELÝ et. al. , 2013)

„V letním období byl beton chlazen kapalným dusíkem, což je zcela nová technologie, ověřená poprvé v praxi právě při betonáži mohutných koncových příčníků inundačního pole Trojského mostu. Při tvrdnutí betonu, tedy chemické reakci cementu s vodou, dochází k vývinu hydratačního tepla. Uvolněným teplem se beton zahřívá a vysoké teploty v konstrukci mohou negativně ovlivnit kvalitu betonové konstrukce. Je tedy nutné zabránit tomu, aby teplota při tvrdnutí překročila maximální stanovenou mez pro danou konstrukci. Maximální teplota v konstrukci se dá omezit buď složením směsi, nebo ochlazením čerstvého betonu. Vzhledem k požadavkům na rychlý nárůst pevností a modulů pružnosti nebylo možné zásadním způsobem omezit teplotu v konstrukci složením betonu. Pozornost tedy byla soustředěna na teplotu čerstvého betonu. Chlazení betonu kapalným dusíkem probíhá těsně po namíchání betonové směsi. Ke kryogennímu zásobníku se přistaví autodomíchávač, k plnicímu trychtýři se připevní dávkovací zařízení čerpající kapalným dusíkem. Beton je nutné chladit cyklováním, aby došlo k rovnoměrnému zchlazení celé směsi. Po každém cyklu trvajícím řádově několik sekund by měla následovat krátká pauza na promíchání. Dávkovací zařízení umožňuje nastavení času jednoho cyklu. Celkově tak zchlazení jednoho autodomíchávače trvá zhruba 10 minut. Beton byl vyroben z odleželého cementu (s nižší teplotou), aby bylo následné chlazení efektivnější. Betonáž koncových příčníků inundačního mostu trvala celý den, přičemž během dne teplota vzduchu rostla až na 28 °C, teplota dodaného chlazeného betonu však díky nové technologii nepřekročila 23,5 °C.“ (VESELÝ et. al. , 2013)



Obrázek 6.2 Chlazení čerstvého betonu kapalným dusíkem. Zdroj (VESELÝ et. al. , 2013)



Obrázek 6.3 Chlazení čerstvého betonu kapalným dusíkem. Zdroj: (transportbeton.cz)

7. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo popsat beton jako materiál a technologii betonu. Dále posoudit postavení betonu na českém trhu a vytvořit interaktivní formulář pro specifikaci betonu.

V prvních třech kapitolách byl popsán beton, technologie jeho výroby, některé ekonomické a technické výhody jeho používání ve spojení s železovou výztuží. V těchto kapitolách bylo vycházeno z kvalitní literatury a jejich přínos je ve shrnutí důležitých a zajímavých věcí na jednom místě.

Postavení betonu a souvisejících materiálů bylo zhodnoceno na základě statistiky v kapitole 4. Byla zpracována data ČSÚ a vytvořeny grafy vývoje výroby betonu za roky 2002 až 2013 ve dvou různých měrných jednotkách, a to v tunách a tisících Kč. Jednoznačné závěry z těchto grafů a navazujících korelačních matic jsou, že výroba exponovaných stavebních produktů rapidně klesla po začátku hospodářské recese v roce 2008, ale pokles se zastavuje s pravděpodobným výhledem na pomalé oživení. Dále lze konstatovat, že vybrané materiály spolu silně korelují.

Specifikace betonu byla popsána na základě normy ČSN EN 206 v 5. kapitole a byl vytvořen formulář v MS Excel, který reaguje na zadání požadovaných parametrů v podobě stupňů vlivů prostředí nebo pevnostních tříd atd., a jeho výstupem je specifikace betonu.

S ohledem na stanovený rozsah bakalářské práce je potřeba konstatovat, že veškeré dotčené oblasti by bylo možné rozebírat podrobněji a interaktivní formulář specifikace betonu v budoucnu zpracovat jako aplikaci pomocí programovacího jazyka např. pro web nebo přenosná chytrá zařízení a rozšířit ji o další funkce, jako vyhledávání betonáren dle již existujících databází apod.

Výstup z BP v podobě specifikačního formuláře je využitelný v rámci českého stavebnictví. Mohou ho použít malí investoři, stejně tak jako technici na stavbách, jelikož umí transformovat předchozí názvy betonů na členění nových dle pevnosti v tlaku. Nebo studenti škol stavebního zaměření, protože se blíží se formě výukového materiálu.

Přílohy

| Kód výrobku Product code | Název Description | Měrná jednotka Unit | Výroba rok 2002 Total production | Výroba rok 2003 Total production | Výroba rok 2004 Total production | Výroba rok 2005 Total production | Výroba rok 2006 Total production | Výroba rok 2007 Total production | Výroba rok 2008 Total production | Výroba rok 2009 Total production | Výroba rok 2010 Total production | Výroba rok 2011 Total production | Výroba rok 2012 Total production | Výroba rok 2013 Total production |
|-----------------------------|--|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 235110002 | Cementové slinky | t | * | * | * | * | * | 3 127 530 | 3 137 828 | 2 433 746 | 2 260 561 | 2 617 072 | 2 371 207 | 2 077 194 |
| 2351121002 | Portlandský cement | t | 3 249 155 | 3 502 103 | 3 828 677 | 3 978 056 | 4 238 818 | 4 898 530 | 4 804 845 | 3 851 100 | 3 558 536 | 4 052 558 | 3 620 330 | 3 422 525 |
| 2352103302 | Nehašené (pálené) vápno | t | 1 044 671 | 1 054 989 | 1 084 258 | 1 048 728 | 1 016 373 | 1 073 795 | 1 011 077 | 795 174 | 884 458 | 924 977 | 796 154 | 800 974 |
| 2352103502 | Hašené vápno | t | 201 425 | 194 591 | 179 996 | 162 283 | * | 146 125 | 138 902 | 150 637 | 147 937 | 132 508 | 123 922 | 118 795 |
| 2361113002 | Stavební tvárnice a cihly z cementu, umělého kamene nebo betonu, též vyztužené | t | 1 202 458 | 1 410 353 | * | 1 639 109 | 1 847 629 | 1 903 625 | 2 114 077 | 1 297 857 | 1 239 317 | 1 174 418 | 1 064 294 | 904 324 |
| 2361115002 | Krytinové tašky, obkladové desky, dlaždice a podobné výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene | t | 1 339 398 | 1 605 809 | 1 650 585 | 1 666 729 | 1 769 706 | 2 480 749 | 1 970 070 | 2 616 067 | 2 399 304 | 2 629 353 | 2 460 278 | 2 413 511 |
| 2361120002 | Prefabrikované stavební dílce z cementu, betonu nebo umělého kamene, též vyztužené | t | 1 199 811 | 1 257 944 | 1 497 892 | 1 488 726 | 1 634 903 | 1 875 546 | 1 592 359 | 1 228 172 | 1 177 694 | 1 366 854 | 1 237 557 | 1 183 492 |
| 2363100002 | Beton připravený k lití | t | 9 282 531 | 11 631 578 | 12 228 779 | 14 159 534 | 14 324 482 | 14 499 306 | 13 442 686 | 12 792 580 | 12 144 714 | 13 296 876 | 11 867 739 | 11 381 635 |
| 2364100002 | Malty a betony kromě žáruvzdorných | t | 1 034 658 | 1 339 535 | 1 420 066 | 1 531 089 | 1 776 693 | 1 312 536 | 1 802 626 | 3 460 251 | 3 357 862 | 3 062 659 | 2 144 889 | 1 499 453 |
| 2369193002 | Trouby z cementu, betonu nebo umělého kamene | t | 149 108 | 165 280 | 177 429 | 187 594 | 199 497 | 267 915 | 132 738 | 150 350 | 122 154 | 135 573 | 111 525 | 107 241 |
| 2369198002 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. | t | 195 840 | 220 631 | 247 778 | 252 994 | 289 128 | 371 423 | 393 239 | 309 276 | 252 455 | 279 410 | 262 889 | 286 219 |

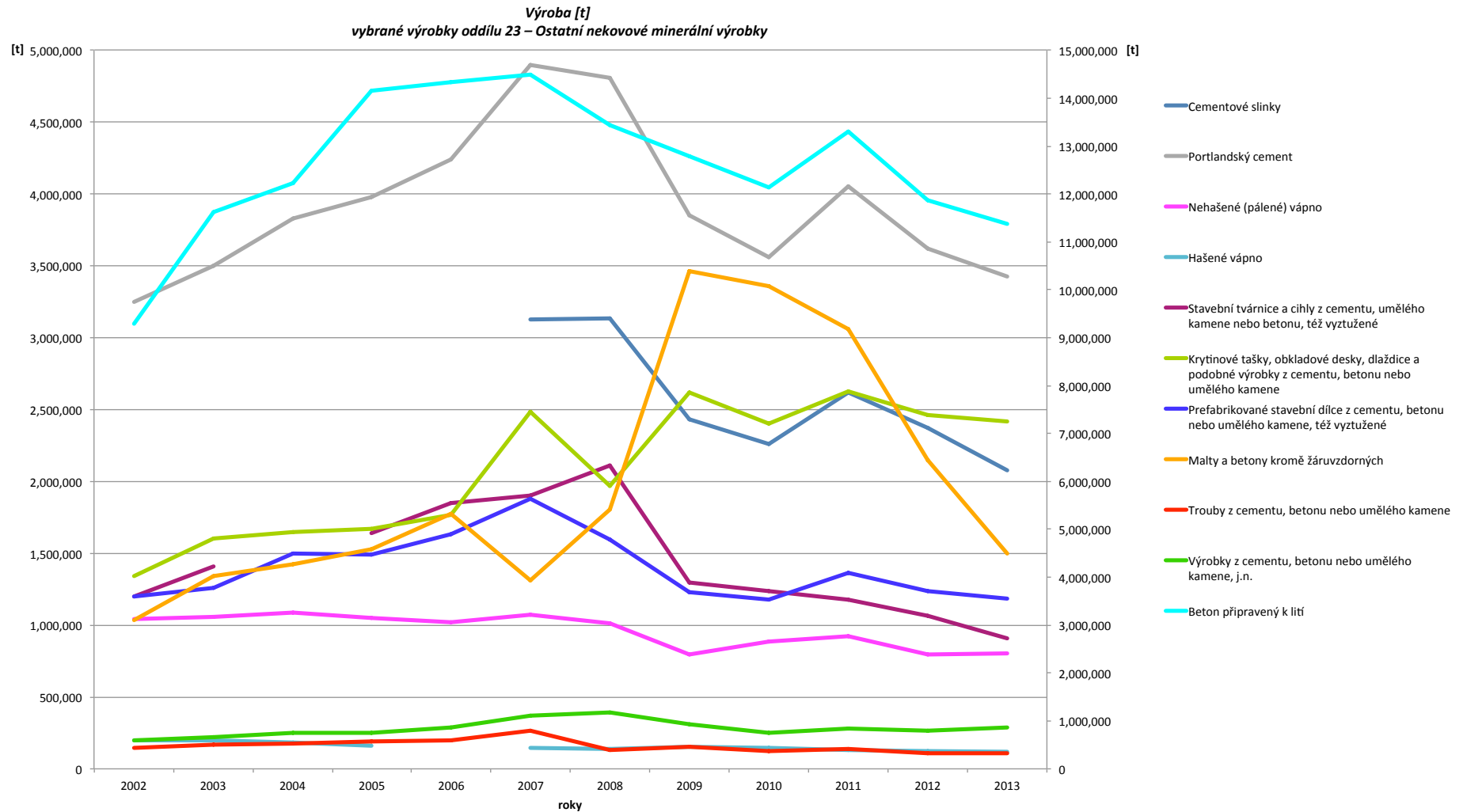
* znamená nedostupná data

Tabulka 7.1 Výroba [t] - vybrané výrobky oddílu 23 - Ostatní nekovové minerální výrobky. Zdroj: autor. Data: ČSÚ

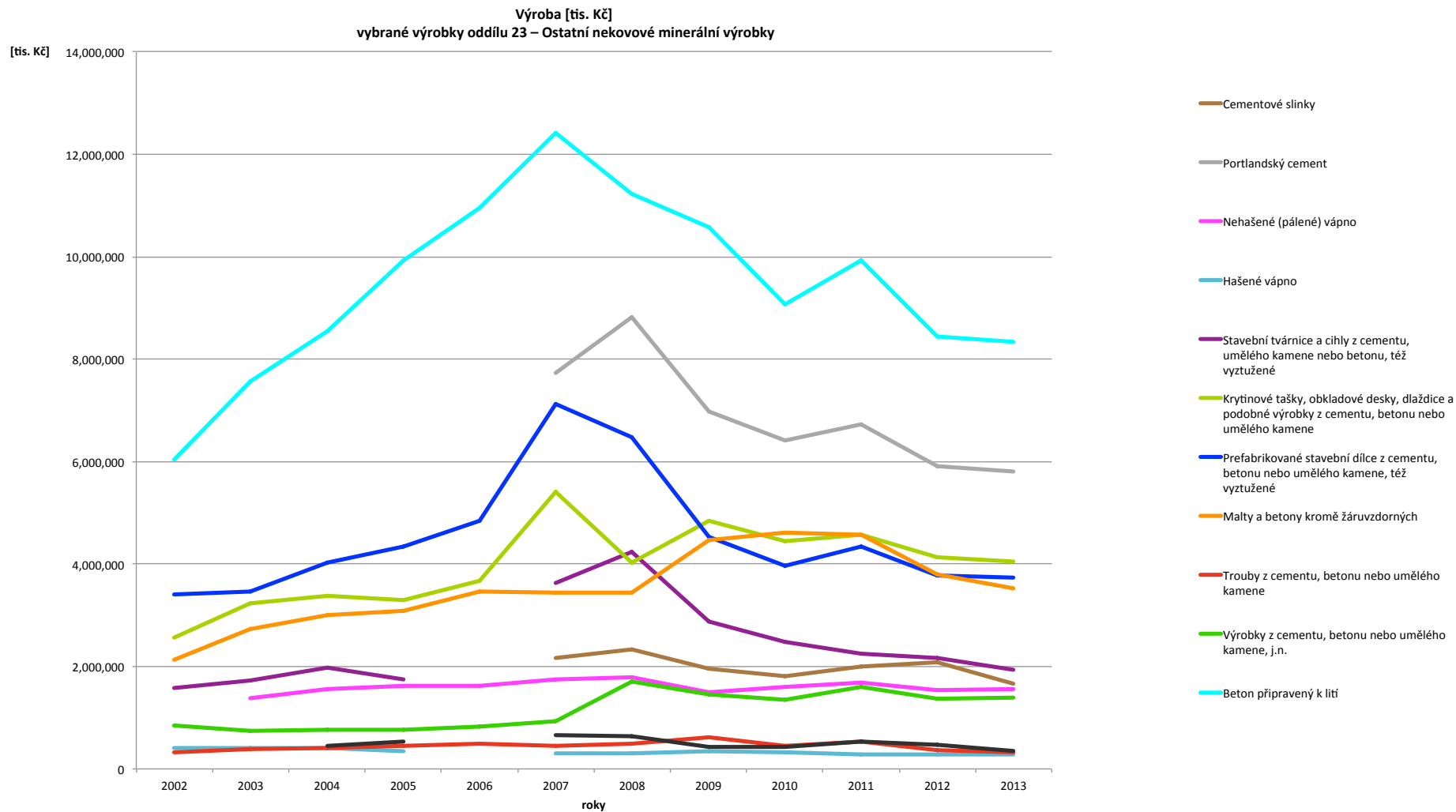
| Kód výrobku Product code | Název Description | Měrná jednotka Unit | Výroba rok 2002 Total production | Výroba rok 2003 Total production | Výroba rok 2004 Total production | Výroba rok 2005 Total production | Výroba rok 2006 Total production | Výroba rok 2007 Total production | Výroba rok 2008 Total production | Výroba rok 2009 Total production | Výroba rok 2010 Total production | Výroba rok 2011 Total production | Výroba rok 2012 Total production | Výroba rok 2013 Total production |
|-----------------------------|--|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 235110002 | Cementové slinky | tis. Kč | * | * | * | * | * | 2 168 527 | 2 338 725 | 1 963 487 | 1 816 414 | 1 999 854 | 2 080 184 | 1 656 035 |
| 2351121002 | Portlandský cement | tis. Kč | * | * | * | * | * | 7 736 895 | 8 808 873 | 6 977 951 | 6 407 413 | 6 735 970 | 5 914 984 | 5 805 576 |
| 2352103302 | Nehašené (pálené) vápno | tis. Kč | * | 1 380 916 | 1 560 664 | 1 627 341 | 1 625 896 | 1 754 384 | 1 784 412 | 1 506 031 | 1 608 278 | 1 687 819 | 1 536 139 | 1 556 968 |
| 2352103502 | Hašené vápno | tis. Kč | 418 344 | 416 425 | 398 456 | 344 553 | * | 313 754 | 305 651 | 342 551 | 334 675 | 289 470 | 283 817 | 282 292 |
| 2361113002 | Stavební tvárnice a cihly z cementu, umělého kamene nebo betonu, též vyztužené | tis. Kč | 1 576 165 | 1 716 524 | 1 973 055 | 1 742 872 | * | 3 630 347 | 4 246 596 | 2 866 718 | 2 471 719 | 2 258 686 | 2 155 598 | 1 929 840 |
| 2361115002 | Krytinové tašky, obkladové desky, dlaždice a podobné výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene | tis. Kč | 2 563 440 | 3 227 319 | 3 384 298 | 3 290 609 | 3 681 162 | 5 412 624 | 4 023 877 | 4 839 699 | 4 447 008 | 4 561 973 | 4 140 716 | 4 049 490 |
| 2361120002 | Prefabrikované stavební dílce z cementu, betonu nebo umělého kamene, též vyztužené | tis. Kč | 3 406 806 | 3 454 354 | 4 033 278 | 4 339 675 | 4 842 168 | 7 122 052 | 6 478 071 | 4 527 461 | 3 972 551 | 4 344 056 | 3 786 343 | 3 737 438 |
| 2363100002 | Beton připravený k lití | tis. Kč | 6 037 382 | 7 553 250 | 8 545 992 | 9 921 247 | 10 952 724 | 12 421 780 | 11 230 162 | 10 569 531 | 9 062 040 | 9 919 568 | 8 434 783 | 8 335 609 |
| 2364100002 | Malty a betony kromě žáruvzdorných | tis. Kč | 2 130 649 | 2 731 540 | 3 004 930 | 3 078 025 | 3 461 942 | 3 445 435 | 3 449 116 | 4 458 075 | 4 620 050 | 4 563 500 | 3 802 581 | 3 528 537 |
| 2369193002 | Trouby z cementu, betonu nebo umělého kamene | tis. Kč | 318 712 | 394 601 | 415 640 | 450 502 | 494 300 | 450 638 | 487 184 | 617 061 | 443 640 | 523 746 | 373 185 | 329 513 |
| 2369198002 | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. | tis. Kč | 856 604 | 734 600 | 774 339 | 755 855 | 834 981 | 937 539 | 1 698 399 | 1 448 282 | 1 348 316 | 1 592 286 | 1 364 065 | 1 384 802 |
| 2365110002 | Desky, tabule, dlaždice a podobné výrobky z rostlinných vláken a z dřevěného odpadu aglomerované s cementem, sádkou nebo jinými minerálními pojivy | tis. Kč | * | * | 441 331 | 526 412 | * | 658 837 | 632 567 | 423 968 | 437 464 | 528 001 | 474 904 | 351 035 |

* znamená nedostupná data

Tabulka 7.2 Výroba [tis. Kč] - vybrané výrobky oddílu 23 - Ostatní nekovové minerální výrobky. Zdroj: autor. Data: ČSÚ



Graf 7.1 Výroba [t] - vybrané výrobky oddílu 23 - Ostatní nekovové výrobky. Zdroj: autor. Data: ČSÚ



Graf 7.2 Výroba [tis. Kč] - vybrané výrobky oddílu 23 - Ostatní nekovové výrobky. Zdroj: autor. Data: ČSÚ

| Název | Cementové slinky | Portlandský cement | Nehašené (pálené) vápno | Hašené vápno | Stavební tvárnice a cihly z cementu, umělého kamene nebo betonu, též vyztužené | Krytinové tašky, obkladové desky, dlaždice a podobné výrobky z cementu, | Prefabrikované stavební dílce z cementu, betonu nebo umělého kamene, též vyztužené | Beton připravený k lití | Malty a betony kromě žáruvzdorných | Trouby z cementu, betonu nebo umělého kamene | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. |
|--|------------------|--------------------|-------------------------|--------------|--|---|--|-------------------------|------------------------------------|--|---|
| Cementové slinky | 1,00000 | | | | | | | | | | |
| Portlandský cement | 0,99197 | 1,00000 | | | | | | | | | |
| Nehašené (pálené) vápno | 0,89793 | 0,35749 | 1,00000 | | | | | | | | |
| Hašené vápno | 0,39979 | -0,30940 | 0,68684 | 1,00000 | | | | | | | |
| Stavební tvárnice a cihly z cementu, umělého kamene nebo betonu, též vyztužené | 0,94128 | 0,85184 | 0,68471 | 0,12562 | 1,00000 | | | | | | |
| Krytinové tašky, obkladové desky, dlaždice a podobné výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene | -0,43299 | 0,20730 | -0,72585 | -0,83898 | -0,28715 | 1,00000 | | | | | |
| Prefabrikované stavební dílce z cementu, betonu nebo umělého kamene, též vyztužené | 0,92541 | 0,89632 | 0,61845 | -0,05598 | 0,85951 | -0,07194 | 1,00000 | | | | |
| Beton připravený k lití | 0,91172 | 0,81725 | 0,19536 | -0,41952 | 0,67722 | 0,29272 | 0,76291 | 1,00000 | | | |
| Malty a betony kromě žáruvzdorných | -0,38266 | -0,04450 | -0,64140 | -0,43491 | -0,27914 | 0,69333 | -0,35295 | 0,17086 | 1,00000 | | |
| Trouby z cementu, betonu nebo umělého kamene | 0,67204 | 0,58563 | 0,68494 | 0,32470 | 0,64825 | -0,20072 | 0,82099 | 0,56045 | -0,39566 | 1,00000 | |
| Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. | 0,88145 | 0,87718 | -0,04706 | -0,57977 | 0,63339 | 0,48114 | 0,64161 | 0,65693 | 0,12051 | 0,27317 | 1,00000 |

Tabulka 7.3 Korelační matice - Výroba [t]. Zdroj: autor. Data: ČSÚ

| Pořadí | Nejvyšší hodnoty | Nejnižší hodnoty |
|--------|------------------|------------------|
| 1 | 0,99197 | -0,83898 |
| 2 | 0,94128 | -0,72585 |
| 3 | 0,92541 | -0,64140 |
| 4 | 0,91172 | -0,57977 |
| 5 | 0,89793 | -0,43491 |
| 6 | 0,89632 | -0,43299 |
| 7 | 0,88145 | -0,41952 |
| 8 | 0,87718 | -0,39566 |
| 9 | 0,85951 | -0,38266 |
| 10 | 0,85184 | -0,35295 |
| 11 | 0,82099 | -0,30940 |
| 12 | 0,81725 | -0,28715 |
| 13 | 0,76291 | -0,27914 |
| 14 | 0,69333 | -0,20072 |
| 15 | 0,68684 | -0,07194 |
| 16 | 0,68494 | -0,05598 |
| 17 | 0,68471 | -0,04706 |
| 18 | 0,67722 | -0,04450 |
| 19 | 0,67204 | 0,12051 |
| 20 | 0,65693 | 0,12562 |

Tabulka 7.4 Korelační koeficienty - Výroba [t]. Zdroj: autor. Data: ČSÚ

| Název | Cementové slinky | Portlandský cement | Nehašené (pálené) vápno | Hašené vápno | Stavební tvárnice a cihly z cementu, umělého kamene nebo betonu, též vyztužené | Krytinové tašky, obkladové desky, dlaždice a podobné výrobky z cementu, | Prefabrikované stavební dílce z cementu, betonu nebo umělého kamene, též vyztužené | Beton připravený k lití | Malty a betony kromě žáruvzdorných | Trouby z cementu, betonu nebo umělého kamene | Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. |
|--|------------------|--------------------|-------------------------|--------------|--|---|--|-------------------------|------------------------------------|--|---|
| Cementové slinky | 1,00000 | | | | | | | | | | |
| Portlandský cement | 0,81779 | 1,00000 | | | | | | | | | |
| Nehašené (pálené) vápno | 0,66979 | 0,80156 | 1,00000 | | | | | | | | |
| Hašené vápno | 0,02857 | 0,29023 | -0,55410 | 1,00000 | | | | | | | |
| Stavební tvárnice a cihly z cementu, umělého kamene nebo betonu, též vyztužené | 0,81427 | 0,97429 | 0,71883 | -0,43946 | 1,00000 | | | | | | |
| Krytinové tašky, obkladové desky, dlaždice a podobné výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene | 0,17145 | 0,23232 | 0,44294 | -0,68167 | 0,64527 | 1,00000 | | | | | |
| Prefabrikované stavební dílce z cementu, betonu nebo umělého kamene, též vyztužené | 0,75892 | 0,88616 | 0,80793 | -0,37870 | 0,90672 | 0,59279 | 1,00000 | | | | |
| Beton připravený k lití | 0,69601 | 0,85306 | 0,78172 | -0,54731 | 0,81582 | 0,72632 | 0,86859 | 1,00000 | | | |
| Malty a betony kromě žáruvzdorných | -0,35931 | -0,33525 | 0,19634 | -0,66196 | 0,33683 | 0,76907 | 0,14225 | 0,46755 | 1,00000 | | |
| Trouby z cementu, betonu nebo umělého kamene | 0,33346 | 0,46443 | 0,24902 | -0,22419 | 0,51039 | 0,54547 | 0,42019 | 0,70397 | 0,63290 | 1,00000 | |
| Výrobky z cementu, betonu nebo umělého kamene, j.n. | 0,10273 | 0,15173 | 0,34232 | -0,74918 | 0,52548 | 0,54139 | 0,19940 | 0,25671 | 0,70855 | 0,34968 | 1,00000 |

Tabulka 7.5 Korelační matice - Výroba [tis. Kč] . Zdroj: autor. Data: ČSÚ

| Pořadí | Nejvyšší hodnoty | Nejnižší hodnoty |
|--------|------------------|------------------|
| 1 | 0,97429 | -0,74918 |
| 2 | 0,90672 | -0,68167 |
| 3 | 0,88616 | -0,66196 |
| 4 | 0,86859 | -0,55410 |
| 5 | 0,85306 | -0,54731 |
| 6 | 0,81779 | -0,43946 |
| 7 | 0,81582 | -0,37870 |
| 8 | 0,81427 | -0,35931 |
| 9 | 0,80793 | -0,33525 |
| 10 | 0,80156 | -0,22419 |
| 11 | 0,78172 | 0,02857 |
| 12 | 0,76907 | 0,10273 |
| 13 | 0,75892 | 0,14225 |
| 14 | 0,72632 | 0,15173 |
| 15 | 0,71883 | 0,17145 |
| 16 | 0,70855 | 0,19634 |
| 17 | 0,70397 | 0,19940 |
| 18 | 0,69601 | 0,23232 |
| 19 | 0,66979 | 0,24902 |
| 20 | 0,64527 | 0,25671 |

Tabulka 7.6 Korelační koeficienty - Výroba [tis. Kč]. Zdroj: autor. Data: ČSÚ

Seznam použité literatury

- AĪTCIN, P.C., 2005. *Vysokohodnotný beton*. Praha: Informační centrum ČKAIT. ISBN 80-86769-39-3.
- ČÁPOVÁ, D., D. MĚŠŤANOVÁ a J. TOMÁNKOVÁ, 2011. *Příprava a řízení staveb*. Praha: Česká technika, 199 s.. ISBN 978-80-01-04166-6.
- PROCHÁZKA, J. et al., 2007. *Navrhování betonových konstrukcí 1*. Praha: ČBS Servis, s.r.o. ISBN 978-80-903807-5-2.
- NEDBAL, F. et al., 1998. *Za betonem do Evropy*. Praha: Svaz výrobců betonu ČR.
- ČESKOMORAVSKÝ CEMENT, 2013. *Příručka technologa - Beton - suroviny, výroba, vlastnosti*. HEIDELBERGCEMENTGroup.
- ČSN EN 206, 2014. *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: ÚNMZ.
- NEDBAL, F., M. MAZUROVÁ a K. TRTÍK, 2001. *Speciální betony*. Aktualizovaný dotisk 2006. Praha: Svaz výrobců betonu ČR. ISBN 80-238-2678-6.
- KOLEKTIV AUTORŮ, 2013. *Stavitelství do kapsy..* Praha: Informační centrum ČKAIT. ISBN 978-80-87438-44-2.
- VESELÝ, V., 2014. Ošetřování betonu. In: *Moderní trendy v betonu III. - Provádění betonových konstrukcí*. Praha: Českomoravský beton.
- ČSN EN 13670, 2009. *Provádění betonových konstrukcí*. Praha: ÚNMZ.
- VESELÝ, J. a R. COUFAL, 2013. Vysokohodnotné betony v konstrukci Trojského mostu. *Stavitel*. Praha: Business Media CZ, 8. 7. 2013, č 8, s. 26-28. Dostupné také z: http://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/technologie/vysokohodnotne-betony-v-konstrukci-trojskeho-mostu_105648.html
- COLLEPARDI, M., 2009. *Moderní beton*. Praha: Informační centrum ČKAIT. ISBN 978-80-87093-75-7.
- KAISR, R. a M. MACHULKA, 2008. *Dokumentace pro stavební povolení* [.doc]. Praha: 8. 12. 2008.

KOHOUTKOVÁ, A. et al., 2005. *Betonové konstrukce 1*. Praha: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 80-01-03197-7.

NEVILLE, A. M., 1963. *Properties of Concrete*. London: Sir Isaac Pitman & Sons, Ltd.

METROPROJEKT. *Technická zpráva RWY* [.doc].

PYTLÍK, P., 1997. *Technologie betonu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. ISBN 80-214-0779-4.

SUPRENANT, B. A., 2001. Free Fall of Concrete. *Concrete International*. American Concrete Institute, č 06. ISRC 7/04/ASCC. Dostupné také z: http://www.asconline.org/Portals/0/docs/POSITION-STATEMENTS/PS-17_FreeFallConcrete.pdf

TRTÍK, K., 2009. *Technologie betonu*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT. ISBN 978-80-01-04408-7.

Seznam obrázků, tabulek, grafů

| | |
|--|----|
| Obrázek 1.1: Zpracovávaný objekt. Zdroj: autor | 11 |
| Obrázek 1.2 Struktura společnosti. Zdroj: autor | 13 |
| Obrázek 2.1 Vazby křížujících se prutů Zdroj: (PYTLÍK, 1997) | 27 |
| Obrázek 2.2 Distanční tělíska Zdroj (PYTLÍK, 1997) | 27 |
| Obrázek 2.3 Účinek vibrace na strukturu betonů s třídou konzistence S1 a S5 Zdroj: (COLLEPARDI, 2009)..... | 29 |
| Obrázek 2.4 Příklad těsnícího pásu vloženého do spáry. Zdroj: Autor (výkres KP2E) | 30 |
| Obrázek 3.1 Snížení množství výztuže. Zdroj: (NEDBAL et. al., 2001, s. 122) | 32 |
| Obrázek 4.1 částečně rozbalený strom klasifikace CZ-CPA. Zdroj: ČSÚ | 34 |
| Obrázek 6.1 Část charakteristického řezu runwayí 06R/24L. Zdroj: (Metroprojekt)..... | 52 |
| Obrázek 6.2 Chlazení čerstvého betonu kapalným dusíkem. Zdroj (VESELÝ et. al. , 2013) | 55 |
| Obrázek 6.3 Chlazení čerstvého betonu kapalným dusíkem. Zdroj: (transportbeton.cz) | 55 |
| | |
| Tabulka 1.1: Prostorové a plošné parametry objektu. Zdroj: autor | 10 |
| Tabulka 1.2: Základní rozpočtové náklady v propočtu. Zdroj: autor | 12 |
| Tabulka 1.3: Rekapitulace propočtu. Zdroj: autor | 12 |
| Tabulka 1.4: Rozdíly mezi propočtem a rozpočtem. Zdroj: autor | 16 |
| Tabulka 2.1: Maximální hodnoty pevnosti betonu v tlaku uvažované našimi předpisy. Zdroj: (TRTÍK, 2009)..... | 24 |
| Tabulka 2.2 Rozdělení zhutňovacích způsobů. (PYTLÍK, 1997) | 28 |
| Tabulka 4.1 Úrovně klasifikace CZ-CPA. Zdroj: ČSÚ | 33 |
| Tabulka 4.2 pro vizuální kontrolu názvů a MJ subkategorií. Zdroj: autor | 36 |
| Tabulka 5.1 Převodní tabulka betonů podle pevnosti v tlaku. (KOLEKTIV AUTORŮ, 2013) | 41 |
| Tabulka 5.2 Stupně vlivu prostředí (ČSN EN 206, 2014)..... | 43 |
| Tabulka 5.3 Mezní hodnoty pro stupně chemického působení rostlé zeminy a podzemní vody (ČSN EN 206, 2014) | 43 |
| Tabulka 5.4 Klasifikace konzistence podle sednutí kužele (ČSN EN 206, 2014) | 44 |
| Tabulka 5.5 Klasifikace konzistence podle zhutnitelnosti (ČSN EN 206, 2014)..... | 44 |
| Tabulka 5.6 Klasifikace konzistence podle rozlití (ČSN EN 206, 2014)..... | 44 |
| Tabulka 5.7 Klasifikace konzistence podle sednutí-rozlitím (ČSN EN 206, 2014)..... | 45 |

| | |
|---|----|
| Tabulka 5.8 Stupně viskozity - t_{500} (ČSN EN 206, 2014) | 45 |
| Tabulka 5.9 Stupně viskozity - t_v (ČSN EN 206, 2014) | 45 |
| Tabulka 5.10 Stupně schopnosti průtoku L-truhlíkem (ČSN EN 206, 2014) | 45 |
| Tabulka 5.11 Stupně průtoku J-kroužkem (ČSN EN 206, 2014) | 46 |
| Tabulka 5.12 Stupně odolnosti proti segregaci (ČSN EN 206, 2014) | 46 |
| Tabulka 5.13 Třídy pevnosti v tlaku obyčejného betonu a těžkého betonu (ČSN EN 206, 2014) | 46 |
| Tabulka 5.14 Třídy pevnosti v tlaku lehkého betonu (ČSN EN 206, 2014) | 47 |
| Tabulka 5.15 Klasifikace lehkého betonu podle objemové hmotnosti (ČSN EN 206, 2014) | 47 |
| Tabulka 5.16 Maximální obsah chloridů v betonu (ČSN EN 206, 2014) | 48 |
| Tabulka 7.1 Výroba [t] - vybrané výrobky oddílu 23 - Ostatní nekovové minerální výrobky | 58 |
| Tabulka 7.2 Výroba [tis. Kč] - vybrané výrobky oddílu 23 - Ostatní nekovové minerální výrobky | 58 |
| Tabulka 7.3 Korelační matice - Výroba [t] | 61 |
| Tabulka 7.4 Korelační koeficienty - Výroba [t] | 61 |
| Tabulka 7.5 Korelační matice - Výroba [tis. Kč] | 62 |
| Tabulka 7.6 Korelační koeficienty - Výroba [tis. Kč] | 62 |
| | |
| Graf 1.1: Kumulované diskontované Cash Flow | 14 |
| Graf 1.2: Model stárnutí jednotlivých konstrukčních prvků | 15 |
| Graf 1.3: Celkové kumulované náklady za dobu životnosti | 15 |
| Graf 1.4: Harmonogram stavby | 17 |
| Graf 6.1 Nárůst pevnosti betonu C 50/60 XF2. Zdroj: (VESELÝ et. al. , 2013) | 53 |
| Graf 6.2 Nárůst pevnosti betonu SCC 80/95. Zdroj: (VESELÝ et. al. , 2013) | 54 |
| Graf 7.1 Výroba [t] - vybrané výrobky oddílu 23 - Ostatní nekovové výrobky | 59 |
| Graf 7.2 Výroba [tis. Kč] - vybrané výrobky oddílu 23 - Ostatní nekovové výrobky | 60 |

Seznam příloh

Soubor: Příloha 1 - statistika 2003-2013.xlsx

Soubor: Příloha 2 – Specifikační formulář.xlsx