

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
TECHNOLOGIE STAVEB**



ZÁVĚREČNÁ

PRÁCE

5/2020

Tomáš Bindr

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení:	Bindr	Jméno:	Tomáš	Osobní číslo:	468637
Zadávací katedra:	Katedra technologie staveb				
Studijní program:	Stavební inženýrství (B3651)				
Studijní obor:	Příprava, realizace a provoz stavby				

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:	Mezerovitý beton		
Název bakalářské práce anglicky:	Permeable concrete		
Pokyny pro vypracování:	<p>Rešerše stávajících technických možností Zhodnocení technické proveditelnosti Trvanlivost vzhledem k podnebí a zimní údržbě Ekonomické porovnání (pořizovací a dlouhodobé náklady) Odhad za možné úspory z titulu retenčních nádrží</p>		
Seznam doporučené literatury:	<p>Moderní stavitelství, Ing. Hanus Nestle a kol., Praha 2005 Technologie staveb 1, Ing. Ivan Zapletal a kol., STU Bratislava Speciální betony, Ing. F. Nedbal a kol., Praha 2002</p>		
	Doporučené portály: www.betoniks.cz www.ebeton.		
Jméno vedoucího bakalářské práce:	doc. Ing. Pavel Svoboda, CSc.		
Datum zadání bakalářské práce:	21.2.2020	Termín odevzdání bakalářské práce:	18.5.2020
			<i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
	Podpis vedoucího práce		Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího bakalářské práce Doc. Ing. Pavla Svobody CSc. a Ing. Jana Kočího.

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

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Pavlovi Svobodovi CSc. a Ing. Janu Kočímu za pomoc, ochotu a bezmeznou trpělivost při zpracování tohoto pojednání.

Mezerovitý beton

Permeable concrete

Anotace

Bakalářská práce se zabývá mezerovitým betonem, který představuje možnost propuštění vody do podloží i v husté městské zástavbě. Zhodnocuje možnou technickou proveditelnost v podmínkách českých měst a pojednává o možné ekonomické úspoře.

Annotation

The bachelor's thesis deals with Permeable concrete, which introduces the possibility of releasing water into the subsoil even in urban areas as well as evaluates the possible technical feasibility in the conditions of cities in the Czech republic. It also introduces possible savings in field of economics.

Klíčová slova

Beton, mezerovitý beton, vodopropustný beton, porézní beton, propustný beton, retenční nádrže, řešení technických možností, údržba, pořizovací náklady, dlouhodobé náklady, životnost, možné úspory, infrastruktura kanalizační sítě, čističky odpadních vod.

Key Words

Concrete, void concrete, pervious concrete, porous concrete, permeable concrete, retention tank, search for technical possibilities, maintenance, initial costs, long-term costs, lifetime, sewer network infrastructure, sewage treatment plants.

Obsah

Anotace	2
Annotation	2
Abstrakt a klíčová slova	3
Abstract and key Words	3
Seznam použitých zkratek	6
1 Úvod	7
1.1 Podněty k práci	7
1.2 Úkoly a cíle	8
2 Rešerše stávajících technických možností.....	9
2.1 Čeští výrobci	10
2.1.1 Zapa beton - Zapa Drop.....	11
2.1.1.1 Stavební připravenost	11
2.1.1.2 Pokládka	11
2.1.1.3 Ošetřování	12
2.1.1.4 Skladba	12
2.1.1.5 Doprava	12
2.1.2 Cemix - Beton drenážní.....	12
2.1.2.1 Stavební připravenost	13
2.1.2.2 Pokládka	13
2.1.2.3 Ošetřování	13
2.1.2.4 Skladba	14
2.1.3 Cemex - Pervia Base a Pervia Top.....	14
2.1.3.1 Stavební připravenost	15
2.1.3.2 Pokládka	15
2.1.3.3 Ošetřování	16
2.1.3.4 Skladba	16
2.2 Zahraniční výrobci	16

2.2.1	Tarmac - Topmix Permeable.....	16
2.2.1.1	Stavební připravenost	17
2.2.1.2	Pokládka	17
2.2.1.3	Ošetřování	18
2.2.1.4	Skladba	19
2.2.2	Chaney Enterprises.....	20
2.2.2.1	Stavební připravenost	21
2.2.2.2	Pokládka	21
2.2.2.3	Ošetřování	21
2.2.2.4	Skladba	22
2.2.3	Spragues` Ready Mix	22
2.2.3.1	Stavební připravenost	22
2.2.3.2	Pokládka	22
2.2.3.3	Ošetřování	22
2.2.3.4	Skladba	23
3	Porovnání jednotlivých výrobků.....	24
3.1	Využití	24
3.2	Cena	25
3.3	Údržba	25
3.4	Specifikace	27
4	Ekonomické porovnání.....	28
4.1	Požizovací a dlouhodobé náklady	28
4.2	Náklady na retenční nádrže a ČOV	31
4.3	Návratnost a odhad možných úspor	33
5	Závěr.....	35
6	Zdroje.....	37
7	Seznam obrázků, tabulek a grafů.....	40

Seznam použitých zkratek

IZS	Integrovaný záchranný systém
PC	Mezerovitý beton
ČOV	Čistička odpadních vod
NRMCA	Národní asociace pro beton
BRMCA	Britská asociace pro beton

1 Úvod

V rámci zahušťování městské zástavby dochází souběžně k rozšiřování zpevněných ploch jako jsou chodníky, parkoviště, nástupní plochy IZS a jiné manipulační plochy. Většinou se jedná o plochy z litého asfaltu, betonové či žulové dlažby. Tyto plochy mají nyní nulovou schopnost zadržovat dešťové srážky. To vede k nárazovým odtokovým špičkám, které je nutné zohlednit při dimenzování veškerých sítí technické infrastruktury, jako jsou kanalizace a zejména retenční nádrže. Ty jsou často nákladně budovány v kaskádových soustavách, aby bylo možné přívalové dešťové srážky pouze zpomalit a bez dalšího užitku nechat následně odtéci kanalizací.

Voda je nedílnou součástí života. Voda, důvod, proč vůbec existuje život na Zemi. V současné době, letech neúprosného sucha, se stává prioritou vodu zadržovat a hýčkat si ji. Revitalizace a všemožné zadržování vody v tůních, močálech, rašeliništích, mokřadech, meandrech potůčků, polích i lesích určí následné bytí naší civilizace. Nesmíme nadále ustavičně odstavovat vodu přímo do kanalizace, čističek odpadních vod a přímou cestou posílat do vodních toků, které ji směřují mimo naše kraje, s tím je potřeba skoncovat. Mezerovitý beton jako nově se rozvíjející technologie poskytuje jedinečnou příležitost, jak vodě zabránit, aby se ztrácela bez řádného využití a zapojení do ekosystému.

1.1 Podněty k práci

Betonové plochy se v letních měsících rozpalují a ovlivňují tepelnou pohodu v okolních objektech. Dotace spodních vod srážkami se snižují. Plochy je také technicky obtížnější svádět do akumulčních nádrží např. pro závlahu.

Toto vše vede k poptávce po nových druzích zpevněných ploch, které budou kombinovat jak dopravní či komunikační funkci, bezúdržbovost, při současné maximalizaci retenční schopnosti povrchů, které tvoří.

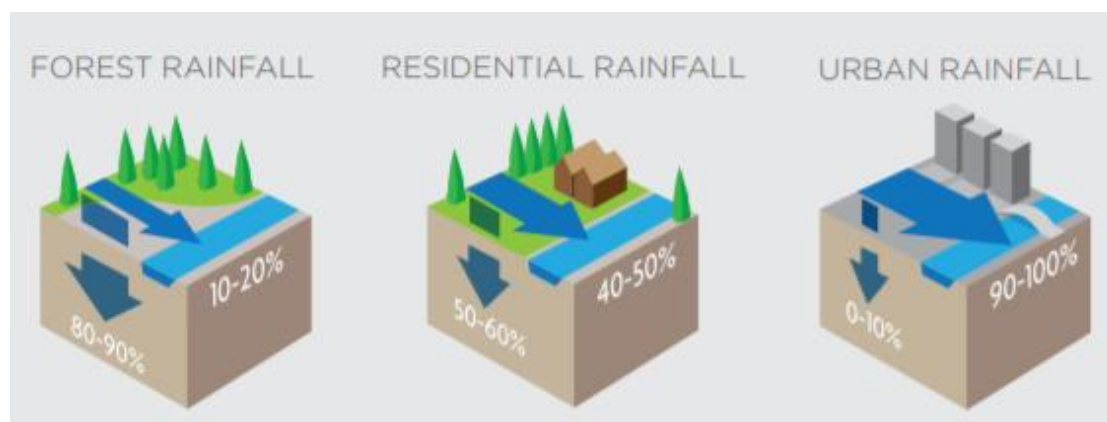
1.2 Úkoly a cíle

Cílem mé práce bude vytvořit rešerši našich i světových možností a zhodnotit proveditelnost v podmínkách českých měst s ohledem na místní podnebí a zimní údržbu. Vytvořit porovnání z pohledu ekonomiky - pořizovací a dlouhodobé náklady, náklady na opravy a výměny po dobu životnosti okolní zástavby. Odhadnout možné úspory ze strany menších nároků na retenční nádrže a složitou infrastrukturu kanalizační sítě.

2 Rešerše stávajících technických možností

Mezerovitý beton dosud není moc rozšířenou stavební technologií, ačkoli se na trhu objevuje již přes 50 let. Až v poslední době byl uznán jeho potenciál pro správu dešťové vody. V současné době se používá vesměs výhradně jako beton pro jednu z vrstev vozovek. Nicméně několik málo produktů na trhu se již nabízí pro ostatní použití.

Obecně se jedná o beton, který je směsí cementu, vody a hrubého kameniva společně s chemickými přísadami. Obsahuje minimum písku. Má předepsanou mezerovitost. Svou vlastnost získává díky mezerovitosti (=pórovitosti), která dosahuje až 30 %. Zájem o tuto technologii pramení ze zájmu o udržitelný rozvoj. Můžeme ho najít pod zkratkou PC (=permeable concrete).



Obrázek 1, Propustnost do spodních vod. Zdroj: Tarmac

Největší důraz se klade právě na efektivitu propustnosti vody. Výsledkem může být řízený odtok až do spodních vod. Tímto způsobem by byla zajištěna i přírodní filtrace v podobě průsaku půdou a podložím. Jediné všeobecné omezení pokládky je v půdách, které mají nízkou infiltrační schopnost a držely by tak vodu v betonu.



Obrázek 2, Příklad realizace. Zdroj: TZBinfo

2.1 Čeští výrobci

Jedním z výraznějších českých producentů mezerovitého betonu je firma ZAPA beton. Tato firma má rozsáhlou síť betonáren (cca 60) po celé ČR. Soustředí se na šetrnost k životnímu prostředí. Snaží se o změnu přístupu - potřeba celkové změny vnímání okolí a životního prostředí. Věnuje se vývoji nových stavebních materiálů a možnosti zařazení produktů do udržitelné výstavby. Firma se dále zabývá řadou projektů zabývajících se udržitelností, jako je třeba ZAPA GREEN LINE. Mezi další výrobce mezerovitého betonu patří Trasbeton, Cemex a Cemix.



Obrázek 3, Logo projektu. Zdroj: ZAPA beton

2.1.1 Zapa beton – Zapa Drop

Vyrábí se dle podnikové normy PN 02/2016. Snoubí kombinaci vysoké odvodňovací schopnosti společně s dobrou únosností.



Obrázek 4, Ukázka probarvenosti. Zdroj: ZAPA beton

2.1.1.1 Stavební připravenost

Velmi důležitá je podkladní vrstva, která musí být dostatečně stabilní, zhutněná a únosná stejně jako pod zámkovou dlažbu. Během zatěžování nesmí docházet k poklesu. Dostatečně propustné podloží s dostatečnými vsakovacími poměry stačí pouze zhutnit, pro nepropustné podloží musíme vybudovat odvodňovací systém – např. drenážní potrubí. Teplota při betonáži by neměla klesnout pod 5°C a naopak by neměla přesáhnout 25°C – konstrukce se pak musí ochlazovat a vlhčit.

2.1.1.2 Pokládka

Pokládku lze provést třemi způsoby. V žádném případě se pro hutnění nesmí použít ponorné vibrátory.

- Pomocí speciálních finišerů (finišery na pokládku asfaltu, nebo cementobetonových krytů). Ty jsou vhodné zejména na rozsáhlé plochy, umožňují rychlou pokládku o rovnoměrné tloušťce.

- Pomocí grejdrů, které pomocí radlice urovnávají beton do nastavené výšky.
- Pomocí ručního ukládání a následným zarovnáním a dohutněním.

2.1.1.3 Ošetřování

Ihned po zhutnění se povrch zakryje geotextilií, nebo nepropustnou fólií, aby byla navýšena ochrana proti nepříznivým vnějším podmínkám a aby se zamezilo nadměrnému vysychání, musí setrvávat ve vlhkém stavu minimálně 7 dní od ukládky. Je nutné udržovat vhodné teplotní podmínky. Výsledný produkt je třeba chránit před zanesením nečistotami z důvodů možného snížení funkčnosti (vsakovacích vlastností).

2.1.1.4 Skladba

Existují dvě doporučené skladby. Rozdílem je následné využití plochy.

2.1.1.4.1 Pochozí plocha kolem bazénu

- Zapa Drop 100 mm
- Vyspádovaná betonová plocha
- Zemní pláň o modulu přetvárnosti $E_{def2} \geq 30$ MPa

2.1.1.4.2 Obyčejná pochozí plocha

- Zapa Drop 150 mm
- Podkladní vrstva, kamenná drť (8-16 mm) 200 mm
- Zemní pláň o modulu přetvárnosti $E_{def2} \geq 30$ MPa

2.1.1.5 Doprava

Dopřavit Zapa Drop na místo pokládky lze buď pomocí korby nákladního vozu (přikryté plachtou při vyšších teplotách), nebo autodomíchávačem.

2.1.2 Cemix - Beton drenážní

Ve svém postavení předního výrobce stavebního materiálu si nemůže dovolit ztrácet krok. Proto se i ona věnuje

udržitelnému rozvoji a ekologičnosti v podobě mezerovitého betonu.

2.1.2.1 Stavební připravenost

Základním předpokladem je opět dostatečně propustné podloží. Velkou roli znovu hraje propustnost podkladu. U vodonepropustných vrstev je nutné zajistit spád zaručující odvod vody. Mezerovitý beton se následně pokládá na upravenou podkladní nebo ochrannou vrstvu, případně na fólie nebo geotextilie. Před pokládkou je nutné podklad zvlhčit, aby neodmítal vlhkost namíchané směsi. Optimální teplota pro pokládku je v rozmezí od 5 do 20°C.

2.1.2.2 Pokládka

Beton se připravuje smícháním suché směsi s předepsaným množstvím vody v míchačce (nebo ve vhodné nádobě). Kladení probíhá pomocí vhodné techniky nebo ručně. Konečné zhutnění se provádí pomocí hutnicích válců bez vibrace, pomocí příložných vibrátorů nebo dusáním.

2.1.2.3 Ošetřování

Nutnost chránit beton před účinky větru a možným mechanickým poškozením nese stejnou váhu jako udržování vlhkosti konstrukce (mlžení vodou, pomocí překrytí plastové fólie nebo geotextilie). Riziko přináší opět nečistoty, které mohou způsobit zhoršení propustných vlastností, a vjezd vozidel. V průběhu zimních měsíců ochranu zajišťuje překrytí další vrstvou.



Obrázek 5, Zakrytí fólií kvůli vlhkosti. Zdroj: Pervious Pavement

2.1.2.4 Skladba

Firma Cemix vyrábí primárně drenážní beton jako podklad pro venkovní dlažbu. Ve zdejší podání je vhodný i z hlediska odpařování.

- Kamenná nebo betonová dlažba.
- Zásyp - podsypový písek a zásypový písek - výrobek přednostně určen pro podsyp a spárování zámkové dlažby, pro uložení potrubí.
- Drenážní beton - zde slouží nejen pro rychlý odvod dešťové vody ale i zamezuje vertikální pohyb konstrukce. Zároveň funguje jako vyrovnávací vrstva pro uložení hrubé dlažby. Může napomáhat při vysušování vlhkého zdiva.
- Vyrovnávací vrstva - hutněný štěrk, který vytváří únosné a propustné podloží.
- Rostlý vodopropustný terén.

2.1.3 Cemex - Pervia Base a Pervia Top

Firma Cemex se odkazuje, ať co se týče výroby či technologických postupů, na harmonizovanou normu ČSN 73 6124-2

Stavba vozovek - vrstvy ze směsí stmelěných hydraulickými pojivy - část 2: Mezerovitý beton. Všechny technické vlastnosti jsou dány odkazem na tuto normu. Mimo to je k nalezení i další variace - vodopropustný beton. Vyznačuje se vyšší pevností a odolností. Veškeré technické požadavky se prozatím odkazují na americkou normu ASTM no.C1688, jelikož v současnosti neexistuje žádná evropská ani česká národní norma. Přednostní využití spočívá ve vytvoření podkladní vrstvy vozovky, která by měla být schopná celoplošně drenážovat vodu. Výrobce nabízí dvě možné varianty.

Pervia Base

Tento výrobek představuje vodonepropustnou betonovou směs, která slouží jako venkovní podkladní vrstva se schopností propouštět vodu. Používá se jako podklad pro sportovní povrchy, dlažby a kamenné koberce.

Pervia Top

Pervia TOP je oproti Pervia BASE pevnější a odolnější. Funguje jako finální vrstva komunikací a parkovacích ploch, chodníků či cyklostezek, které mají zvýšené požadavky na správu dešťových vod.

2.1.3.1 Stavební připravenost

Beton se může uložit pouze na ochranou nebo podkladní vrstvu. Jedná-li se o drenáže, představuje podkladní vrstvu fólie nebo geotextilie. Vrstva odpovídá harmonizované normě a před pokládáním musí být zvlhčená, aby přijala vlhkost směsi.

2.1.3.2 Pokládka

Během transportu nesmí dojít k znehodnocení materiálu. Jako nejvhodnější prostředek se považuje nákladní vozidlo se sklopnou korbou. Ta nesmí být znečištěná zbytky ostatních materiálů. Z hlediska možné vysoké teploty či větší vzdálenosti transportu vzniká doporučení korbu překrýt ochrannou plachtou.

Okolní teplota se musí pohybovat od 5 do 20°C. Klade se zpravidla finišery, grejdry, možná je ale i manuální pokládka. Následné dohutnění musí být provedeno bez vibrace, pouze pomocí hutnicích válců nebo příložných vibrátorů.

2.1.3.3 Ošetřování

Vliv teploty se ozývá i v případě následného ošetřování. Teplota vzduchu se musí pohybovat od 0 do 30°C. Beton nesmí být vystaven prudkému dešti. V době tuhnutí a tvrdnutí je nutné vrstvu chránit před větrem a mechanickým poškozením. Pomocí mlžení vodou, parotěsného nástřiku a překrytím plastové fólie je nutné udržovat beton ve vlhkém stavu minimálně po dobu prvních 7 dní od pokládky. Během zimních měsíců se doporučuje překrytí další vrstvou. Povrch by se měl chránit před zanesením a neměl by být aktivně využíván jako pojezdová plocha pro automobily.

2.1.3.4 Skladba

Norma uvádí jako nutnou vrstvu pouze vrstvu podkladní nebo ochrannou. Ideální složení vrstvy spočívá v podobě štěrkové drti o mocnosti přibližně 200 mm. Na ni se pokládá pak beton samotný.

2.2 Zahraniční výrobci

Světový trh s mezerovitým betonem je oproti českému trhu rozvinutější zejména ve Spojených státech, kde existuje několik téměř gigantických producentů. V některých zemích fungují různé asociace spojující souhrn technických vlastností a požadavků na výrobu betonu. Patří mezi ně například NRMCA (National Ready Mixed Concrete Association) a BRMCA (British Ready Mixed Concrete Association). Fungují zároveň jako propagační portál.

2.2.1 Tarmac - Topmix Permeable

Tarmac se pyšní značkou ISO 14001, která prokazuje, že se firma chová šetrně k životnímu prostředí. Proto je vnímána jako zodpovědná, se schopností plnit vysoké požadavky. To ji staví

do žádané pozice. Představuje jednoho z předních zahraničních výrobců.

Speciální vlastnosti PC vyžadují přísnější kontrolu dávkování - nejdůležitější je celkový obsah vody. Vodní součinitel by se měl pohybovat cca kolem 0,3.



Obrázek 6, Detail struktury finální vrstvy. Zdroj: Tarmac

2.2.1.1 Stavební připravenost

Podkladní vrstva by měla být ideálně zhutněna na 90-95 % teoreticky možné hustoty. Samozřejmě to má negativní vliv na propustnost podloží. Proto vzniká zásadní požadavek na permeabilitu spodní vrstvy. Okolní teplota nesmí klesnout v žádném případě pod bod mrazu, měla by být vyšší než 5 °C a nižší než 30 °C alespoň první dva dny od položení, ideálně alespoň 72 hodin. Nejvíce vhodnou teplotu nalezneme mezi 15 a 20 °C

2.2.1.2 Pokládka

Pro přípravu směsi se používají běžná míchací zařízení jako na ostatní betony. Delší dobu míchání způsobuje nižší podíl vody. Obsah vody je omezen kvůli výsledné hlavní vlastnosti - méně vody znamená méně vyplněných pórů, a tím větší pórovitost. Uložení PC nemůže probíhat běžným způsobem. S ohledem na viskozitu jsou běžné autodomíchávače a čerpadla nevhodná. Doporučuje se použít autodomíchávače s větším otvorem

na přemístění směsi nebo nákladní automobil s korbou. Pokládka směsi probíhá ideálně do hodiny po smíchání, s možnou příměsí lze dobu prodloužit na hodinu a půl či více. Je třeba zajistit dostatečnou stavební plochu z hlediska horší transportovatelnosti z dopravního prostředku na místo určení.

2.2.1.3 Ošetřování

Oproti zámkové dlažbě či asfaltu je zásadní dozrávání, které trvá minimálně 7 dní od uložení. Chemické reakce, které během této doby probíhají, potřebují dostatečné množství vody. Vlhčení povrchu funguje například za pomoci mlžení. Za pomoci zpomalovače lze předejít potencionálním ztrátám povrchové vody. V poslední řadě se musí dodržovat dilatační úseky kvůli možnému praskání.



Obrázek 7, Dilatační spára. Zdroj: Pervious Pavement



Obrázek 8, Vytváření dilatačních spár. Zdroj: Pervious Pavement

Díky průměrné propustnosti $36\,000\text{ mm/h/m}^2$ neohrozí případné znečištění funkčnost. Pro zvládnutí stoleté bouřky je třeba odvod 300 mm/h/m^2 . Povrch je tedy schopný účinně fungovat i v případě zanesení až 95 % pórů a mezer. Jediné omezení by mohlo nastat v oblastech pil nebo skládek, při hojnějším výskytu nečistot. Touto schopností je potřeba následné údržby téměř nulová.

2.2.1.4 Skladba

Existují tři základní typy konstrukčního řešení, které lze použít.

2.2.1.4.1 Systém A - full infiltration

Umožňuje veškeré vodě, co na povrch dopadne, proniknout do spodních vod. Případně umožňuje i minimum vody zachytit pro následné použití.

- Topmix Permeable
- Prostupné zhutněné podloží

2.2.1.4.2 Systém B - partial infiltration

Systém s částečnou infiltrací je životaschopný pouze na podloží, které má určité schopnosti propustnosti. Ve spodní vrstvě jsou nainstalovány trubky. Ty umožňují veškerou

přebytečnou vodu, co nemůže proniknout do stávajícího terénu, vypustit do drenážních zařízení - vodní toky, bažiny či kanalizace. Systém se používá tam, kde půda není schopná pojmout celý objem vody.

- Topmix Permeable
- Prostupné zhutněné podloží s trubním systémem

2.2.1.4.3 Systém C - full attenuation

Použití tohoto systému je žádoucí v oblastech, kde je nutná recyklace vody. Systém zahrnuje instalaci nepropustné membrány, jen zajišťuje výstup potrubí. Tím je zcela zajištěno zachycení vody.

- Topmix Permeable
- Prostupné zhutněné podloží
- Nepropustná membrána

2.2.2 Chaney Enterprises

Americká výroba se také ukazuje na trhu s propustným betonem, který dokáže nahradit tradiční asfalt. Beton má světlejší povrch, čímž vyžaduje až o 30 % méně osvětlení v noci. Světlá barva údajně napomáhá pocitu bezpečí a klidu, navíc povrch díky světlosti snižuje povrchovou teplotu. Počátky mezerovitého betonu v Americe sahají téměř do poloviny minulého století. Na území Floridy byl poprvé použit před více než 40 lety a stále o svou funkčnost zde nepřišel. Nicméně provozuschopnost se udává kolem 25 let - méně než obyčejný beton, ale mnohem více než klasický asfalt.

Výrazně snižuje dlouhodobé náklady. Opět zde míním potřebu správy dešťové vody a údržbu.

Vlastnosti se kontrolují pomocí normy ASTM C1701. Největší důraz je kladen na počet zmrazovacích cyklů. Odolnost vůči mrazu ovlivňuje zejména procentuální zastoupení mezer a podloží - určuje, jak dlouhou dobu bude voda v betonu setrvávat - při menší mezerovitosti může dojít k roztrhnutí betonu.

2.2.2.1 Stavební připravenost

Podloží se stmelí na 90 až 95 % možné teoretické hustoty. Realizace by neměla probíhat při teplotách nižších než 5 °C. Jestliže úroveň spodní vody je blíže než 900 mm pod povrchem, může to znemožnit funkčnost, tudíž se stává použití PC nevhodným.

2.2.2.2 Pokládka

Pozornost opět věnujeme množství vody. Vodní součinitel by se měl pohybovat kolem 0,3 a to i s případným zakomponováním tekutého barviva. V žádném případě se finální vrstva nesmí vibrovat, jelikož by došlo k přílišnému stmelení, a tím by se omezila následná funkčnost propustnosti. Povrch se pouze zahladí a lehce zatlačí kvůli jemnějšímu výsledku.



Obrázek 9, Hutnění příložným vibrátorem. Zdroj: Pervious Pavement

2.2.2.3 Ošetřování

Údržba začíná u vhodné volby umístění. Póry se mohou zanešť například sečenou trávou. Míra údržby se liší hlavně podle lokality. Doporučení udává povrch měsíčně kontrolovat alespoň vizuálně, podle potřeby udržovat okolí a jednou ročně provést celkovou prohlídku povrchu kvůli případným prasklinám. Nicméně

povrch se díky své struktuře dokáže samočistit. Téměř 90 % nečistot odnese prvních 20 až 40 mm deště.

2.2.2.4 Skladba

Existuje mnoho způsobů, jak skladbu realizovat. Celková mocnost jednotlivých podloží se odvíjí od míry zatížení. Následná vrstva základů má 100 až 200 mm, v oblastech s vysokou mírou zmrazovacích cyklů se doporučuje až 600 mm. Beton samotný se potom nanáší v tloušťce od 150 do 250 mm. Vždy musí být provedeno certifikovaným dodavatelem. Možné certifikace jsou celkem 3.

2.2.3 Spragues` Ready Mix

Společnost byla založena v Los Angeles v roce 1927. Na výrobu betonu přešla ale až po druhé světové válce. Následně se rozšířila i do ostatních amerických států. Výroba podléhá normě ASTM C33.

2.2.3.1 Stavební připravenost

Podkladní zhutněná vrstva by měla být dobře odvodněná, v případě špatné propustnosti, a její povrch navlhčený. Zhutnění by mělo odpovídat asi 92 % možné teoretické hustoty.

2.2.3.2 Pokládka

Uložení pod svahem je rizikové. Materiál ze svahu může při dešti erodovat a dostat se na povrch PC, což by zapříčinilo ztrátu funkce. Materiál se nanáší po vrstvách 150 mm, které se jednotlivě lehce hutní.

2.2.3.3 Ošetřování

Největší riziko spočívá v tom, že se beton zanesení a že může při nevhodném používání (nadměrné zatížení atp.) prasknout. Jednou měsíčně se proto doporučuje vizuální kontrola, zda nedošlo k poškození nebo zanesení nečistotami. Vypadá-li beton v pořádku, není třeba nic dělat.

2.2.3.4 Skladba

Nejniže leží zhutněné podloží, na něm potom filtrační geotextilie, která po krajích pokračuje až k povrchu. To zabraňuje i případně erozi. Mocnost podkladní vrstvy se odvíjí od očekávaných dimenzí dešťových srážek, obecně je ideální tloušťka 300 mm. V případě skalního podloží je třeba dodržet sklon 4 až 6 %. Následuje základová vrstva. Finální vrstva se liší podle typu použití, pro parkoviště kolem 150 mm, pro komunikace 200 mm za předpokladu řídkého výskytu nákladních automobilů.

3 Porovnání jednotlivých výrobků

3.1 Využití

Zapa Drop je primárně určen pro finální úpravu pochozích ploch, cest, chodníků, zahradních cest, cyklotras a pochozích ploch kolem bazénů. Výhodu představuje menší náchylnost ke vzniku námrazy a minimální smrštění, které zapříčiňuje minimalizaci dilatačních úseků (po 10 m²). Nevýhodou je, že se nedá použít pro silniční komunikace - vjezd automobilu ohrožuje funkčnost výrobku.

Cemix Beton drenážní může být použit i k vysušování vlhkého zdiva nebo jako maltové lože pro realizaci hrubé dlažby. Předpokládá se jeho použití jako vyrovnávací vrstvy. Musí se zamezit vjezdu vozidel z titulu ochrany před znečištěním prachem a mechanickým poškozením. Následně v zimních měsících je třeba zajistit překrytí další vrstvou. Kvalitativně se odkazuje na normu ISO 9001.

Cemex Pervia Base slouží pouze jako podkladní vodopropustná vrstva pro pochozí plochy, podklad pro sportoviště, dlažby a kamenné koberce.

Cemex Pervia Top se doporučuje pro plochy, kde se požaduje zvýšená pevnost a odolnost jako jsou cyklostezky, parkoviště, finální vrstvy příjezdových komunikací, chodníky.

Vodopropustný beton Topmix Permeable od firmy Tarmac se používá na sportovní hřiště, cyklotrasy, parkoviště či příjezdové cesty a chodníky. Díky „skladovací“ vrstvě pod finální vrstvou vodonepropustného betonu je zamezeno prasknutí a poškození při mrazu. Výrobek se podrobuje normě BS EN 206-1 a BS 8500. Další výhodou představuje odrazivost slunečního záření. Odráží až 40 %, obyčejný asfalt pouze 5-10 %. Navíc se díky teplotě může odpařovat voda v betonu, a tím se povrch zchladí. Už při tloušťce 150 mm se dá použít v oblastech, které jsou zatěžovány vozidly do 7,5 t.

Chaney Enterprises najde své využití ve sklenících, stezkách, chodnicích, ale i při stabilizaci svahů. Díky svým vlastnostem může být využit pro parkovací plochy a komunikace s nižší mírou provozu, a to i v případě výskytu nákladních aut, například na komunikacích k různým skladům.

Stejně tak potom Spragues' Ready Mix nabízí využití v oblastech pochozích i pojezdových s vyloučením vysoké míry provozu.

3.2 Cena

Spousta výrobců konkrétní cenu neuvádí. Avšak například v americkém prostředí se cena pohybuje dle lokality někdy na úrovni obyčejného betonu (u nás tj. 1700 Kč) až po jeden a půl násobek ceny (až 2600 Kč). Do ceny může promluvit i probarvení.

Na českém trhu se cena pohybuje poněkud výš, a to kolem 3000 až 3500 Kč.

3.3 Údržba

Jediná možnost údržby Zapa Drop spočívá ve vysokotlakém čištění. Právě pomocí vysokotlakého proudu dostaneme nečistoty z povrchu a pórů.

Drenážní beton od Cemixu následně nevyžaduje žádnou další údržbu, a to kvůli tomu, že se jedná o podkladní vrstvu pro hrubou dlažbu či pod základy zahradních prvků. Životnost se předpokládá stejná jako u běžných betonů.

Pervia Base i Pervia Top by se měl během zimních měsíců ochraňovat další přidanou vrstvou, a to zejména kvůli zamezení vzniku trhlin.

Topmic Permeable nevyžaduje žádnou údržbu. Vyloučení realizace v blátivých a prašných oblastech předejdeme všem rušivým aspektům, které by mohly ohrozit funkčnost.

Jednoroční úklid se doporučuje u propustného betonu od Chaney Enterprises. Propustné schopnosti nemusí být ohroženy ani po několika letech, nicméně občasný dozor je na místě.

V poslední řadě Spragues' Ready Mix předpokládá kontroly co měsíc - s ohledem na zanesení částicemi a v případě nadměrného zatížení i možných prasklin. Z tohoto hlediska je tedy nejnáročnější.

3.4 Specifikace

Tabulka 1, Souhrnné porovnání výrobků. Zdroj: autor

Výrobek	Zapa DROP	Cemex Pervia BASE	Cemex Pervia TOP	Cemix beton drenážní	Tarmac Topmix Permeable	Chaney Enterprises	Spragues' Ready Mix	Jednotky
Pevnost v tlaku	8-25	15<	25<	15	10-20	10-35	10-35	[MPa]
Cena bez DPH	2625	2600	2900	4600	-	2200	2200	[Kč/m ³]
Cena s DPH 21	3176,25	3146	3509	5566	-	2470	2470	[Kč/m ³]
Objemová hmotnost	1700-2000	-	-	2000	1600-2000	1600-2000	1600-2000	[kg/m ³]
Tloušťka	100-150	100-300	100-300	50-150	100-200	100-200	150-200	[mm]
Mezerovitost	15-25	20-35	18-25	15	20-35	15-40	38	[%]

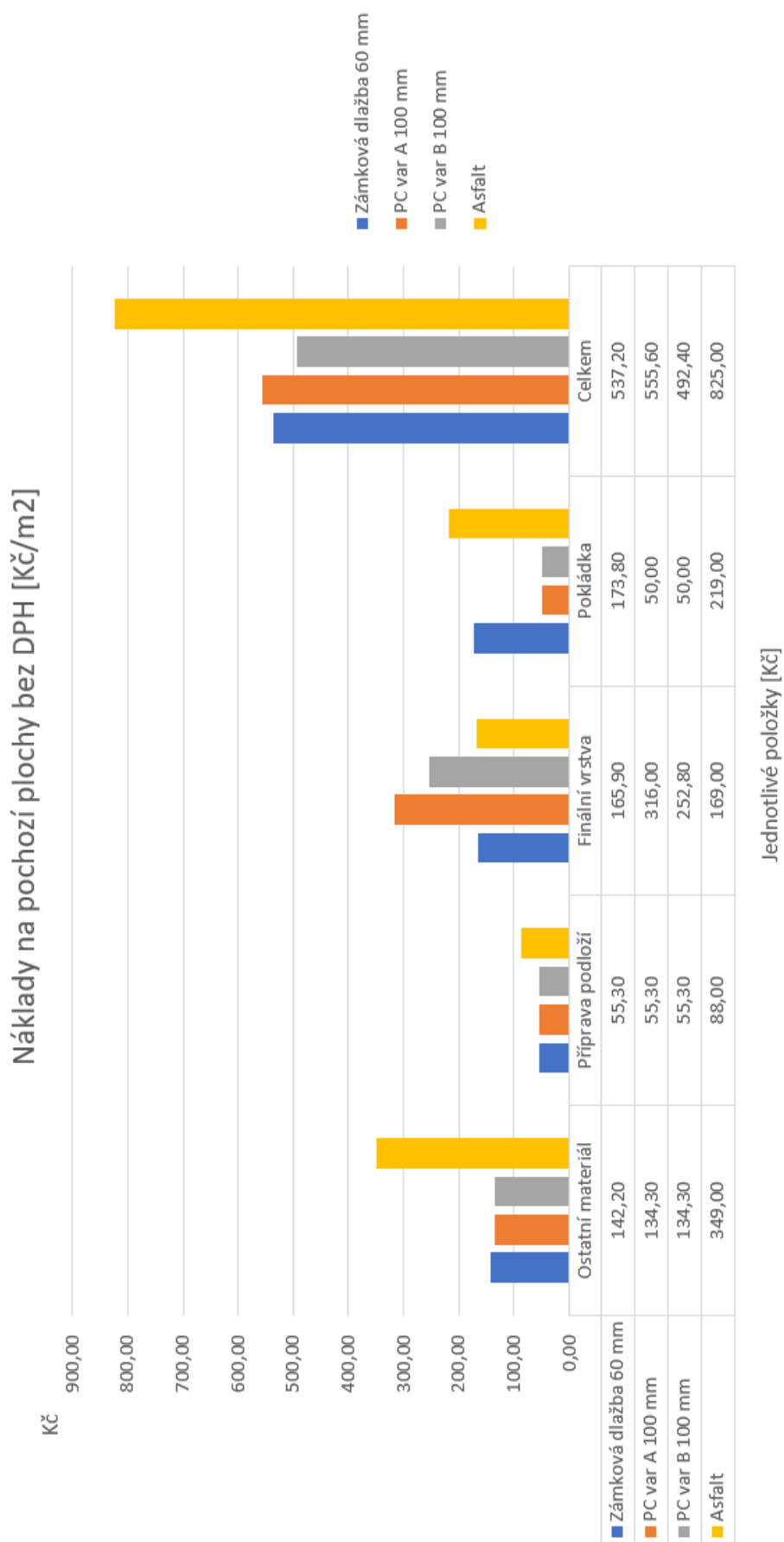
4 Ekonomické porovnání

4.1 Pořizovací a dlouhodobé náklady

Mezerovitý beton je možné použít například i místo zámkové dlažby. Níže uvedené tabulky a grafy srovnávají cenu pro pochozí plochy a pojezdové plochy. Avšak technická norma uvažuje PC s mechanickými parametry minimálně okolo 10 MPa, což je pro pojezdové plochy nedostačující - to lze zajistit složením směsi. Reprezentativní ceny zahrnují kromě zámkové dlažby a asfaltu dvě možnosti volby PC, které jsou z hlediska funkčnosti bez rozdílu, pouze se liší dle dodavatelů tak, aby obsáhly možné rozpětí.

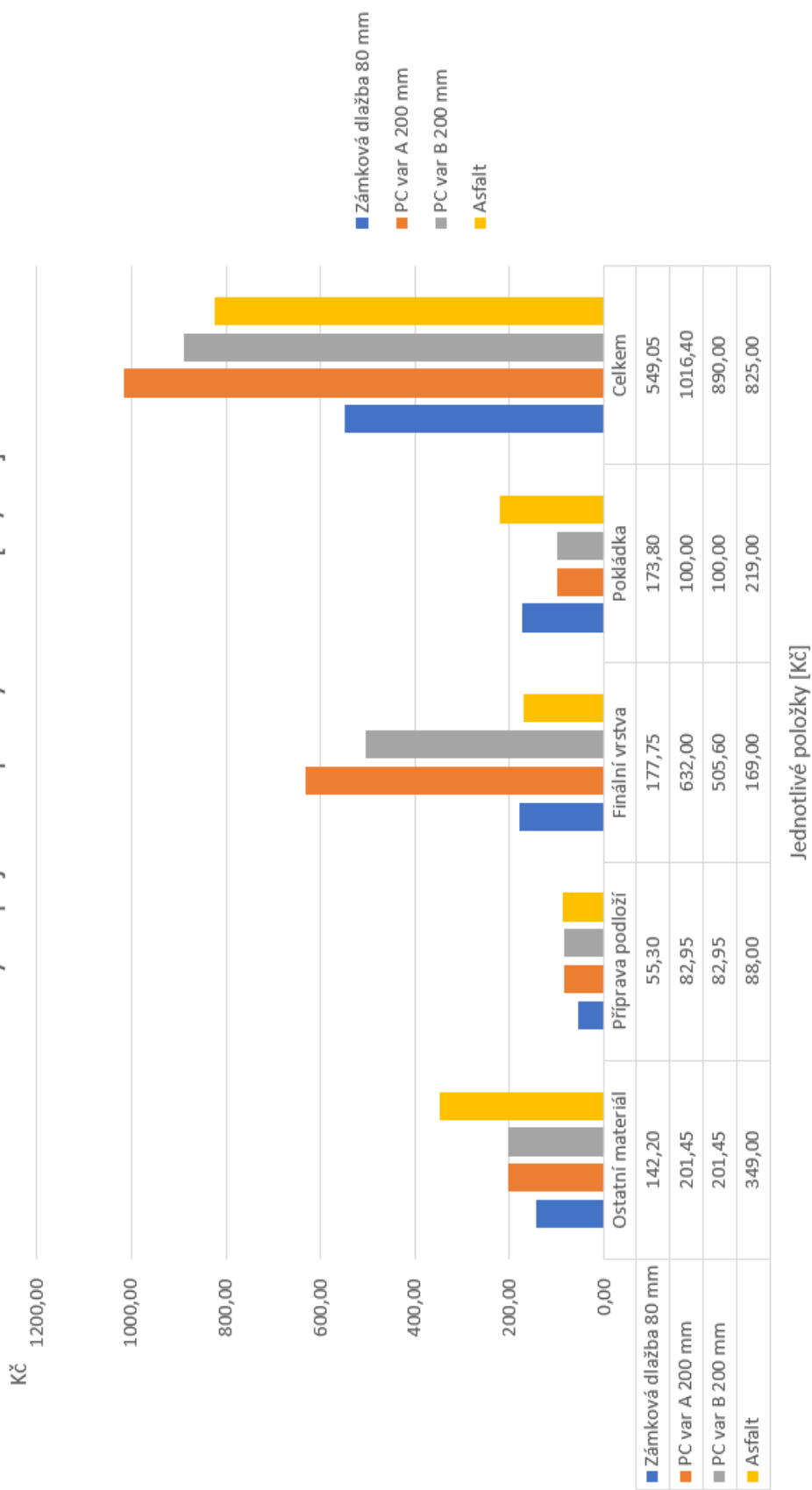
Na pochozí plochy je srovnatelný dle ceny, ale rychlejší z titulu snadnější pokládky, nemá prořezy a umožňuje větší tvarovou variaci. Menší náchylnost vzniku námrazy opět nahrává této variantě betonu.

Pojezdové plochy jako jsou parkoviště a komunikace vyžadují větší vrstvu betonu s ohledem na pevnost. U PC vzniká navíc požadavek na dilatační úseky vzhledem k prevenci praskání. Během realizace se bedlivě musí sledovat, oproti asfaltu, některé klimatické podmínky - nevystavovat beton příliš vysokým teplotám, příliš velkému větru. Oproti běžným konstrukčním variantám vozovek se dá používat nejdříve po 7 dnech. Navíc je nevhodný pro komunikace s vyšším provozem těžkých automobilů. Přesto v městské zástavbě, díky své vlastnosti, poskytuje jedinečnou příležitost k udržitelnosti rozvoje, uvolnění kapacity čističek, předejití nárazových špiček při přílivových deštích a případnému přímému vlévání kanalizace do vodních toků.



Graf 1, Náklady na pochozí plochy bez DPH [Kč/m²]. Zdroj: autor

Náklady na pojezdové plochy bez DPH [Kč/m²]



Graf 2, Náklady na pojezdové plochy bez DPH [Kč/m²]. Zdroj: autor

4.2 Náklady na retenční nádrže a ČOV

Retenční nádrže představují velmi finančně náročnou položku v rozpočtu nejedné společnosti zajišťující fungující kanalizační síť měst. Například Prahu v tomto ohledu spravují Pražské vodovody a kanalizace, které vlastní 47 retenčních nádrží (údaj k roku 2019), Brno Brněnské vodárny s 13 retenčními nádržemi (údaj k roku 2019), atd. Samotná realizace retenční nádrže není nejlevnější. Cena se pohybuje kolem 20 000 Kč na vybudovaný m³ objemu (včetně přípravných i zemních prací). Samotné náklady na provoz pak činí přibližně 300 Kč na m³ za rok. Jejich životnost se pohybuje kolem 25 let.

Dle mého odhadu se v českých městech vyskytuje kolem sta retenčních nádrží o objemech od desítek až po tisíce m³. Předpokládaná úspora, si myslím, sahá za až k několika desítkám miliard ročně. Bohužel se mi nepodařilo zjistit konkrétnější údaje. Instituce zabývající se kanalizační sítí a retenčními nádržemi reagovaly na mé dotazy bez odezvy.

Příklady retenčních nádrží

Retenční nádrž Jeneweinova o objemu 8600 m³ byla vystavena o investičních nákladech více než 580 milionu korun.

Výpočet množství srážkových vod svedených do kanalizace uvádí dle přílohy č. 16 k vyhlášce č. 428/2001 Sb., upravuje §31 prováděcí vyhlášky č. 428/2001 Sb. k zákonu č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu. Čističky se musí zaobírat ročně kolem 70 milionu metrů krychlových srážkové vody, která steče do kanalizační sítě. Viz. tabulka níže.

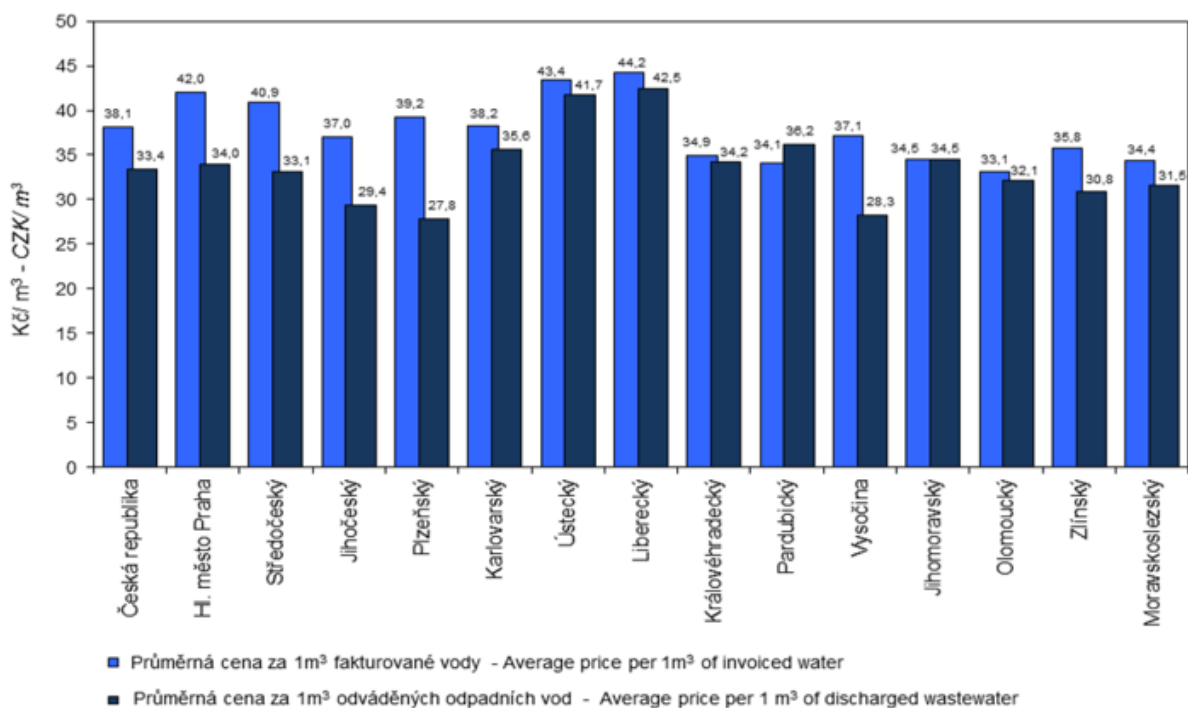
Tabulka 2, Kanalizace - souhrnné údaje 2017/2018. Zdroj: ČSÚ

Ukazatel	Měřicí jednotka	2017	2018	Index % Index % 2018/ 2017	Unit
Počet obyvatel v domech napojených na kanalizaci	tis. osob	9 052	9 090	100,4	thous. persons
z toho napojených na kanalizaci s ČOV	tis. osob	8 714	8 759	100,5	thous. persons
Délka kanalizační sítě	km	48 491	48 756	100,5	km
Počet kanalizačních přípojek	tis.	1 694	1 704	100,6	thous.
Vypouštěné odpadní vody do kanalizace celkem	tis. m ³	524 158	529 124	100,9	thous. m ³
- z toho bez zpoplatněných srážkových vod	tis. m ³	453 322	457 320	100,9	thous. m ³
Čištěné vody (bez vod srážkových)	tis. m ³	442 181	446 306	100,9	thous. m ³
Voda vypouštěná do vodních toků celkem	tis. m ³	852 699	769 035	90,2	thous. m ³
Počet ČOV	kus	2 612	2 677	102,5	
Kapacita ČOV	m ³ /den	3 914 493	4 274 245	109,2	m ³ /day
Kaly produkované v ČOV	t sušiny	178 077	202 358	113,6	tonnes of dry matter
Stočné	mil. Kč	17 192	17 676	102,8	CZK million

Úspory v provozu ČOV

Vzhledem k množství srážkové vody a průměrným nákladům na pročištění 1 metru krychlového lze vypočítat možnou úsporu.

$Možná\ úspora = 70\ 000\ 000 * 40,- = 2\ 800\ 000\ 000,-$ (počet m³ čištěné srážkové vody * jednotková cena = možné roční úspoře)

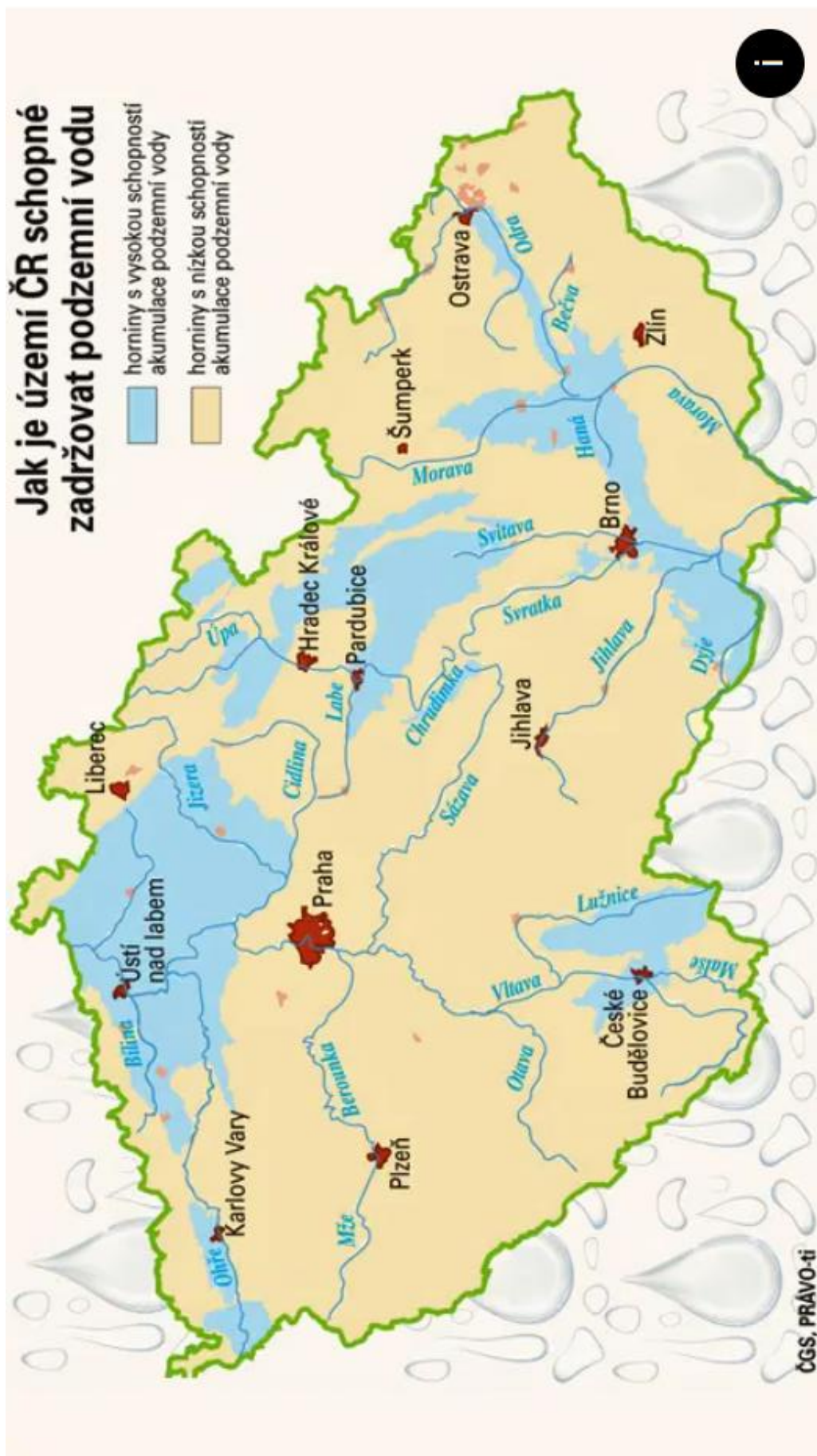


Obrázek 10, Průměrná cena za 1 m³ fakturované vody a průměrná cena za 1 m³ odváděných odpadních vod v ČR v roce 2018. Zdroj: ČSÚ

4.3 Návratnost a odhad možných úspor

Návratnosti PC nabývá téměř ihned. Následně dochází k úspoře z hlediska údržby a obnovy retenčních nádrží v řádech miliard korun. Nedílnou součástí ekonomických úspor představuje samotné čištění vody v ČOV. Při předpokladu účinnosti 100 % částka dosahuje takřka 3 miliard korun. V celkovém součtu nabývá uspořená částka desítek miliard korun ročně.

Velmi výrazné přispění vykazuje i směrem ke stavu spodních vod a celkovému koloběhu vody. Spodní vody poskytují obrovskou zásobu vody, která zamezuje řadě možných přírodních katastrof, považujeme ji za pitnou a užitkovou. Její význam nalezneme také v průmyslu a zemědělství.



Obrázek 11, Schopnost území ČR zadržovat podzemní vodu. Zdroj: novinky.cz

5 Závěr

Cílem mé závěrečné bakalářské práce bylo vytvořit rešerši možných technických možností odvodu vody z husté městské zástavby pomocí mezerovitého betonu, předejít tak odtokovým špičkám. Zhodnotit realizovatelnost v podmínkách českých měst. Dále pak ekonomicky porovnat pořizovací a dlouhodobé náklady oproti stávajícím řešením v podobě ploch z litého asfaltu, nebo betonové či žulové dlažby.

Počáteční kapitoly popisovaly zpočátku mezerovitý beton obecně. Následně se věnovaly rozboru možností na českém trhu, kde se nejpříjemnějším výrobcem stala firma Zapa beton. Nabízí realizaci v podstatě veškerých pochozích ploch, cyklostezek a případně parkovišť s menšími zatíženími. Myslím, že na žádost by byla schopna na základě poznatků materiál zformovat k větší únosnosti, a tím pádem mezerovitý beton realizovat i na některé méně využívané komunikace. Kategorie zahraničních producentů poskytla nejednu technicky zajímavou alternativu. Větší propracovanost a lepší vlastnosti utvořily pro mnohé zadavatele lákavou nabídku.

Specifikace mezerovitého betonu se u nás odkazuje na harmonizovanou normu ČSN 73 6124-2, jelikož jiná česká norma se mezerovitému betonu nevěnuje. Ve světě pak existuje již řada norem jako například ASTM C1688 a ASTM C1701. V zahraniční obecně funguje mnohem propracovanější výrobní systém, který jde ruku v ruce s kvalitou.

V další kapitole se objevilo celkové porovnání všech zmíněných produktů. Srovnání z hlediska využití, údržby, tím i dlouhodobých nákladů, a ceny zformovalo celkové srovnání produktů, může tak usnadnit výběr dodavatele.

Výstup v podobě rešerše je využitelný v rámci udržitelného rozvoje. Vzhledem k téměř nulovým nákladům na údržbu a relativně dlouhé životnosti okolo 25 let, vytváří mezerovitý beton velmi zajímavou alternativu, jak pomoci koloběhu.

Technologii mohou využít zejména investoři větších staveb, případně celé rozšiřující se městské zástavby. Na základě možného řešení lze redukovat chod čističek odpadních vod, snížit počet i výrobu retenčních nádrží. V konečném důsledku to znamená úsporu v řádu několika miliard ročně.

Kdysi všudypřítomná voda se díky přístupu civilizace s postupem času vytrácí. Nenápadné mizení spodních vod není sice na první pohled vidět, ale o to víc je zásadní pro náš život.

Obsahem mého pojednání jsem zahrnul veškeré stanovené cíle. Z titulu proveditelnosti je technologie omezena pouze teplotou a případnými dešťovými srážkami. Údržba při vhodném výběru dodavatele nepředstavuje téměř žádné náklady. Životnost PC se pohybuje minimálně kolem 25 let.

6 Zdroje

1. Beton v českém stavebnictví. Praha, 2014. Bakalářská práce. ČVUT.
2. Beton s přírodními plnivy. Praha, 2018. Bakalářská práce. ČVUT.
3. Vodovody, kanalizace a vodní toky - 2018 [online]. 2019 [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/vodovody-kanalizace-a-vodni-toky-2018>
4. NESTLE, Hans a kol. Moderní stavitelství. 1. Praha, 2005.
5. ZAPLETAL, Ivan a kol. Technologie staveb 1. 1. Bratislava: STU Bratislava, 2002.
6. NEDBAL, František a kol. Speciální betony. 1. Praha, 2002.
7. Časopis beton [online]. Praha [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: www.betontks.cz
8. EBeton [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: www.ebeton.cz
9. ZAPA beton [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.zapa.cz/cs>
10. Severočeské vodovody a kanalizace a.s. [online]. 2014 [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: www.scvk.cz
11. Stavba vozovek: Vrstvy ze směsí stmelených hydraulickými pojivy - Část 2: Mezerovitý beton. Praha: PRAGOPROJEKT, 2008.
12. Storm Water Management by Pervious Concrete [online]. Silver Spring, Maryland, 2004 [cit. 2020-04-21]. Dostupné z: <https://www.cement.org/cement-concrete-applications/paving/pervious-concrete/storm-water-management-by-pervious-concrete>
13. Pervious Concrete: Pavement. Pervious Pavement [online]. [cit. 2020-04-21]. Dostupné z: <https://www.perviouspavement.org/>
14. Water Absorbing Pervious Concrete Pavement [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.cemexusa.com/products-and-services/concrete/types-of-concrete/pervious-concrete>

15. Topmix Permeable [online]. Birmingham, Anglie, 2019 [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.tarmac.com/solutions/readymix/topmix-permeable/>
16. Pervious Concrete [online]. [cit. 2020-04-25]. Dostupné z: <https://www.chaneyenterprises.com/PerviousConcrete>
17. Pervious Concrete | Eco-Friendly [online]. 2015 [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://srmconcrete.com/ready-mix-concrete/pervious/>
18. Chaneyenterprises [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.chaneyenterprises.com/files/productdocs/CENews%20-%20Controlling%20Runoff%20Beautifully.pdf>
19. Opravy a rekonstrukce pozemních komunikací - POZKOM s.r.o. [online]. 2020 [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <http://www.pozkom.cz/>
20. České stavby cz [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/>
21. Česká geologická služba [online]. [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet>
22. Podzemních vod v Česku hrozivě ubývá [online]. Právo, 2017 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/domaci/clanek/podzemnich-vod-v-cesku-hrozive-ubyva-40028494>
23. Pervious concrete and traditional concrete [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.ukessays.com/essays/construction/pervious-concrete-comparing-to-traditional-concrete.php>
24. Interpave - The Precast Concrete Paving Associations [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.paving.org.uk/>
25. NRMCA Expanding the Concrete Industry Through Promotion [online]. National Ready Mixed Concrete Association, 2020 [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.nrmca.org/>
26. British Ready - mixed Concrete Asociacion (BRMCA) [online]. London, 2020 [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.brmca.org.uk//>

27. What is Pervious Concrete [online]. [cit. 2020-05-08].
Dostupné z: <https://www.ny-engineers.com/blog/what-is-pervious-concrete>
28. Drenážní beton pomáhá zadržovat srážky v urbanizovaném prostředí [online]. 2018, 21.5.2018 [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/17391-drenazni-beton-pomaha-zadrzovat-srazky-v-urbanizovanem-prostredi>
29. Retenční nádrže a stoky na stokové síti. Brno, 2016. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Doc. ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
30. Návrhové postupy při řetězení opatření hospodaření s dešťovou vodou. 2019. Bakalářská práce. ČVUT. Vedoucí práce Doc. Ing. Stránský David, Ph.D.

7 Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obrázek 1, Propustnost do spodních vod. Zdroj: Tarmac	9
Obrázek 2, Příklad realizace. Zdroj: TZBinfo	10
Obrázek 3, Logo projektu. Zdroj: ZAPA beton	10
Obrázek 4, Ukázka probarvenosti. Zdroj: ZAPA beton	11
Obrázek 5, Zakrytí fólií kvůli vlhkosti. Zdroj: Pervious Pavement	14
Obrázek 6, Detail struktury finální vrstvy. Zdroj: Tarmac ..	17
Obrázek 7, Dilatační spára. Zdroj: Pervious Pavement	18
Obrázek 8, Vytváření dilatačních spár. Zdroj: Pervious Pavement	19
Obrázek 9, Hutnění příložným vibrátorem. Zdroj: Pervious Pavement	21
Obrázek 10, Průměrná cena za 1 m ³ fakturované vody a průměrná cena za 1 m ³ odváděných odpadních vod v ČR v roce 2018. Zdroj: ČSÚ	33
Obrázek 11, Schopnost území ČR zadržovat podzemní vodu. Zdroj: novinky.cz	34
Tabulka 1, Souhrnné porovnání výrobků. Zdroj: autor	27
Tabulka 2, Kanalizace - souhrnné údaje 2017/18. Zdroj: ČSÚ	32
Graf 1, Náklady na pochozí plochy bez DPH [Kč/m ²]. Zdroj: autor	29
Graf 2, Náklady na pojezdové plochy bez DPH [Kč/m ²]. Zdroj: autor	30