

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra využití strojů

**Analýza hospodaření se stavebním odpadem při výstavbě
aktuální stavby**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. Ing. Vlastimil Altmann, Ph.D.

Autor práce: Bc. Jan Dolanský

2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jan Dolanský

Krajinné inženýrství
Regionální environmentální správa

Název práce

Analýza hospodaření se stavebním odpadem při výstavbě aktuální stavby

Název anglicky

Analysis of construction waste management in the construction of the current building

Cíle práce

Analyzovat a vyhodnotit projektovou a realizační bilanci odpadů

Metodika

- 1 Úvod
- 2 Současný stav řešené problematiky
- 3 Cíl práce a použitá metodika
- 4 Vlastní práce
- 5 Výsledky a doporučení pro praxi
- 6 Diskuse a závěr
- 7 Seznam použité literatury

Doporučený rozsah práce

50 – 60 stran

Klíčová slova

stavební odpad, aktuální výstavba, analýza složení, nakládání s odpady

Doporučené zdroje informací

ALTMANN,V.,VACULÍK,P.,MIMRA, M.: (2010). Technika pro zpracování komunálního odpadu, ČZU Praha, Powerprint s.r.o., ISBN 978-80-213-2022-2, 1. vydání, 120 s.

CIRCLE ECONOMY A KOL., 2018a. 'Linear Risks': How Business As Usual Is A Threat To Companies And Investors – Insights – Circle Economy. Circle Economy [online] [vid. 2021-01-09]. Dostupné z: <https://www.circle-economy.com/resources/linear-risks-how-business-as-usual-is-a-threat-to-companies-and-investors>

EC, 2020a. Circular economy action plan: for a cleaner and more competitive Europe. [online]. ISBN 978-92-76-19070-7. Dostupné z:

https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf

M. LAMBERT, (2000): Douglas. Logistika. 2. vyd. Praha: Computer Press. ISBN 80-7226-221-1.

VOŠTOVÁ,V.,ALTMANN,V.,FRIES,J.,JEŘÁBEK,K.: (2009). Logistika odpadového hospodářství. ČVUT Praha, 5 – Technické vědy, ISBN 978-80-01-04426-1, 1. vydání, 349 s.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Ing. Vlastimil Altmann, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra využití strojů

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2021

doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2021

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Analýza hospodaření se stavebním odpadem při výstavbě aktuální stavby“ vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Chodově dne 30.03.2021

Bc. Jan Dolanský

.....

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval doc. Ing. Vlastimilovi Altmannovi, Ph.D. za vedení práce, konzultace, ochotu a cenné rady při zpracování této práce a svému zaměstnavateli - společnosti Metrostav a.s. za poskytnutí některých materiálů použitých v diplomové práci.

Abstrakt

Diplomová práce s názvem „Analýza hospodaření se stavebním odpadem při výstavbě aktuální stavby“ se zabývá bilancí teoretického (projektovaného) a skutečného množství stavebních a demoličních odpadů na konkrétní stavbě.

Cílem diplomové práce byla analýza hospodaření se stavebním odpadem na projektu „Ochrana, zefektivnění správy, zpřístupnění a využívání knihovnických fondů Krajské knihovny Karlovy Vary“. Stavba se nachází v Karlových Varech v městské části Dvory. Jedná se o výstavbu depozitáře knih a dalších tištěných publikací pro Krajskou knihovnu Karlovy Vary. Hlavním cílem práce bylo analyzovat a vyhodnotit projekční a skutečnou bilanci množství stavebního odpadu vyprodukovaného po celý čas sledované výstavby a jeho dalšího využití.

Jako výchozí podklad pro teoretické vyčíslení stavebních a demoličních odpadů na sledované stavbě byl použit stavební výkaz výměr. Stavební výkaz výměr byl následně porovnán s vážními lístky doložených od jednotlivých dodavatelů stavby. Porovnáním stavebního výkazu výměr a doložených vážních lístků bylo zjištěno, zda celkové množství stavebních a demoličních odpadů odpovídá teoretickému množství. V diplomové práci byl kladen důraz zejména na porovnání odpadů produkovaných při výkopových pracích a přípravě staveniště, to znamená odpady ze zeminy a kamení, betonu a asfaltu.

Po konečném porovnání teoretického a skutečného množství vyprodukovaných odpadů bylo zjištěno značné navýšení vyprodukovaných odpadů oproti navrhovanému množství, z čehož plyne i navýšení finančních prostředků nutných pro další nakládání s vyprodukovaným odpadem. Součástí výsledků práce jsou doporučení pro další praxi a to pro fázi projekční (přípravnou), tak pro fázi realizační.

Klíčová slova: stavební odpad, aktuální výstavba, analýza složení, nakládání s odpady

Abstract

The diploma thesis entitled "Analysis of construction waste management in the construction of the current building" deals with the balance of theoretical (projected) and actual amount of construction and demolition waste on a particular building.

The aim of the diploma thesis was the analysis of construction waste management on the project "Protection, streamlining of administration, access and use of library collections of the Karlovy Vary Regional Library". The building is located in Karlovy Vary in the Dvory district. This involves the construction of a depository of books and other printed publications for the Karlovy Vary Regional Library. The main goal of the work was to analyze and evaluate the design and actual balance of the amount of construction waste produced throughout the monitored construction and its further use.

As a starting point for the theoretical quantification of construction and demolition waste on the monitored construction site, a bill of quantities was used. The bill of quantities of the acreage was then compared with weighbridges tickets from individual construction contractors. A comparison of the construction bill of quantities and weighbridges tickets slips will determine whether the total amount of construction and demolition waste corresponds to the theoretical amount. In the diploma thesis, emphasis was placed especially on the comparison of waste produced during excavation work and site preparation, ie waste from soil and stones, concrete and asphalt.

After a final comparison of the theoretical and actual amount of waste produced, a significant increase in waste produced compared to the proposed amount was found, which results in an increase in funding required for further management of the waste produced. The results of the work include recommendations for further practice, both for the design phase (preparatory) and for the implementation phase.

Keywords: construction waste, current construction, composition analysis, waste management

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Současný stav řešení problematiky	12
2.1	Definice odpadu	12
2.2	Kategorie odpadů	12
2.3	Katalog odpadů.....	12
2.4	Stavební a demoliční odpad.....	13
2.5	Nebezpečný stavební odpad	14
2.5.1	Azbest.....	16
2.5.2	PCB - Polychlorované bifenyly	16
2.6	Nakládání se stavebním a demoličním odpadem	17
2.7	Materiálové využití stavebního a demoličního odpadu.....	19
2.7.1	Výroba a využití recyklovaného umělého kameniva.....	20
2.7.2	Recyklace a použití asfaltového odpadu	24
2.7.3	Využití odpadu z pěnového polystyrenu (EPS)	26
2.7.4	Další metody využití SDO ve stavebnictví	27
2.8	Skládkování SDO	29
2.9	Nakládání s nebezpečným SDO	30
2.9.1	Skládkování nebezpečného SDO	31
2.9.2	Termické odstranění nebezpečných SDO	31
2.9.3	Způsoby odstraňování materiálů s obsahem azbestu	32
2.10	Dobrovolné nástroje ochrany životního prostředí z pohledu SDO.....	33
2.10.1	Certifikace stavebních materiálů.....	33
2.10.2	Certifikační systémy šetrných budov	34
3	Cíl práce a použítá metodika.....	36
3.1	Cíl práce	36
3.2	Použitá metodika	36
4	Vlastní práce.....	38
4.1	Představení sledované stavby	38
4.2	Členění sledované stavby a vyčíslení předpokládaného množství SDO.....	39
4.2.1	Objekt depozitáře – projektované množství SDO.....	40
4.2.2	Přeložky inženýrských sítí – projektované množství SDO.....	41
4.2.3	Areálové komunikace – projektované množství SDO.....	42

4.3	Skutečné provedení stavby a vyčíslení reálného množství SDO	43
4.3.1	Objekt depozitáře – skutečné množství SDO.....	43
4.3.2	Přeložky inženýrských sítí – skutečné množství SDO.....	45
4.3.3	Areálové komunikace – skutečné množství SDO	46
4.4	Nakládání se SDO ze sledované stavby	47
4.5	Vyhodnocení celkové bilance SDO.....	48
4.6	Finanční analýza SDO ze sledované stavby	50
5	Výsledky a doporučení pro praxi	52
5.1	Výsledek - Celková bilance množství SDO	52
5.2	Výsledek - Celková finanční bilance nakládání se SDO.....	53
5.3	Doporučení pro praxi.....	53
5.3.1	Přípravná fáze stavby	53
5.3.2	Realizační fáze stavby.....	55
6	Diskuze a závěr	56
6.1	Diskuze	56
6.2	Závěr.....	57
7	Seznam použité literatury.....	59
8	Přílohy	68

Seznam použitých zkratk

CSÚRS	cenová soustava ÚRS
EPS	expandovaný pěnový polystyren
EU	Evropská unie
HBCDD	hexabromcyklododekan
IGP	inženýrskogeologický průzkum
JC	jednotková cena
LCA	Life Cycle Assessment - metoda analýzy životního cyklu
MJ	měrná jednotka
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NO	nebezpečný odpad
OO	ostatní odpad
PAU	polyaromatické uhlovodíky
PCB	polychlorované bifenyly
PD	projektová dokumentace
POH ČR	plán odpadového hospodářství ČR
PSV	přidružená stavební výroba
SDO	stavební a demoliční odpad
SO	stavební objekt
TZB	technické zařízení budovy
VV	výkaz výměr
ŽB	železobeton

1 Úvod

Stavební průmysl je jedním z největších producentů znečištění na planetě a to nejen z pohledu spotřeby energie použité při výstavbě a následném provozu, ale také co do množství vyprodukovaného odpadu. Vzhledem k nezanedbatelnému globálnímu množství stavebních a demoličních odpadů a k omezenosti primárních surovin pro výrobu nových materiálů, je nezbytné se otázkou omezení vzniku, případně nakládáním se stavebními a demoličními odpady, zabývat mnohem významněji.

Množství stavebních a demoličních odpadů lze ovlivnit po celý životní cyklus daného objektu, ať ve fázi projektové, realizační či při konečné demolici budovy. Právě při projekční fázi výstavby lze navrhnout takové postupy výstavby a použití materiálů, aby produkce odpadů pro daný objekt byla co nejnižší po celý její životní cyklus. Navržené postupy by měl při následné výstavbě zhotovitel dodržovat v co nejvyšší míře, ale otázkou zůstává, zda se teoreticky navržené postupy shodují s reálným stavem a proveditelností.

2 Současný stav řešení problematiky

2.1 Definice odpadu

Zákon definuje odpad jako každou movitou věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a která přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 k zákonu č. 541/2020 Sb. Obecně lze tedy říci, že odpad je vedlejší produkt z výroby nebo výrobku, který nemá žádné další využití. Odpad vzniká z každodenní činnosti lidí, průmyslovou výrobou, ale také přírodními vlivy a živelnými katastrofami. Vzhledem k velkému množství druhů odpadů s různými vlastnostmi a riziky dopadů na lidské zdraví a životní prostředí je nezbytné odpady zařadit do konkrétní kategorie (zákon č. 541/2020 Sb.).

2.2 Kategorie odpadů

Dle zákona č. 541/2020 Sb. je odpad rozdělen do 2 základních kategorií ostatní odpad (OO) a nebezpečný odpad (NO) (zákon č. 541/2020 Sb.).

Do kategorie NO se musí zařadit každý odpad, který vykazuje alespoň jednu z nebezpečných vlastností uvedených v nařízení komise Evropské unie (EU) č. 1357/2014. Nebezpečných vlastností je v nařízení komise EU č. 1357/2014 celkem 15 a jsou označeny pod zkratkou HP s příslušnou číslovkou. Příkladem nebezpečné vlastnosti je výbušnost (HP1), hořlavost (HP3). Dále do kategorie NO musí být zařazen odpad, který je uveden ve vyhlášce č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů, jako NO. Pokud je odpad smíšen nebo potřísněn některým z NO uvedeným ve vyhlášce č. 8/2021 Sb., musí být také zařazen do kategorie NO (nařízení komise EU č. 1357/2014).

2.3 Katalog odpadů

Katalog odpadů je v české legislativě upraven vyhláškou č. 8/2021 Sb., o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů. Každý původce odpadu nebo oprávněná osoba má za povinnost zařadit odpad do konkrétní skupiny, podskupiny a druhu odpadu. Uvedené začlenění se označuje pomocí šesti číselného kódu, z něhož první dvě

dvojcísli označuje skupinu odpadu, druhé dvojcísli podskupinu odpadu a třetí dvojcísli druh odpadu. V příloze č. 1 vyhlášky 8/2021 Sb. je uveden katalog odpadů včetně označení NO (vyhláška č. 8/2021 Sb.).

2.4 Stavební a demoliční odpad

Stavební průmysl je světově jedním z největších producentů odpadu. Téměř 40 % světového odpadu pochází ze stavebnictví. Stavební a demoliční odpad (SDO) vzniká při provádění staveb, rekonstrukci stavby, nebo při jejich odstraňování (Hájek, 2007). V EU se v roce 2016 vyprodukovalo bezmála 924 milionů tun stavebního odpadu, což představuje 36,4 % celkové roční produkce odpadu (Eurostat, ©2019). ČR vyprodukovala za rok 2018 necelých 37,8 milionu tun odpadu, z čehož 62,7 % představuje stavební odpad (Cenia, 2019).

V katalogu odpadů je stavební a demoliční odpad zařazen pod kódem 17 00 00. Skupina stavebních odpadů obsahuje celkem 8 podskupin a 42 různých druhů odpadů, z kterých je 17 druhů s označení NO. Skupina 17 zahrnuje odpady například z betonu (17 01 01), cihel (17 01 02), zeminy (17 05 04), ale také z azbestu a dalších problematických materiálů. Nejobjemnější množství odpadu ze skupiny stavebních a demoličních odpadů má podskupina s označením 17 05 - Zemina (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst), kamení, vytěžená jalová hornina a hlušina (vyhláška č. 8/2021 Sb.). Vytěžená zemina zaujímá přibližně polovinu všech vyprodukovaných stavebních odpadů v ČR (Bukovský, 2019). Celkový přehled SDO za posledních 7 let je uveden v tabulce č. 1. Celkový přehled všech odpadů je uveden v tabulce č. 2.

Tab. 1 Přehled množství SDO v ČR za posledních 7 let (Cenia, 2019)

Rok	Množství [t]	Podíl NO [t]
2012	17 318 625	570 751
2013	17 904 590	412 064
2014	19 124 592	458 027
2015	24 291 868	413 613
2016	20 669 215	301 381
2017	20 742 812	256 560
2018	23 701 321	452 480

Tab. 2 Bilance odpadů ČR za rok 2018 (Cenia, 2019)

Skupina odpadu	Množství [t]	Zastoupení [%]
01 00 00	58 352	0,15
02 00 00	287 369	0,76
03 00 00	193 119	0,51
04 00 00	92 153	0,24
05 00 00	16 406	0,04
06 00 00	22 740	0,06
07 00 00	150 465	0,40
08 00 00	50 233	0,13
09 00 00	1 224	0,00
10 00 00	1 782 032	4,72
11 00 00	104 019	0,28
12 00 00	731 960	1,94
13 00 00	165 050	0,44
14 00 00	4 269	0,01
15 00 00	1 252 812	3,32
16 00 00	610 061	1,61
17 00 00	23 701 321	62,73
18 00 00	44 338	0,12
19 00 00	2 882 382	7,63
20 00 00	5 634 539	14,91
Celkem:	37 784 844	100,00

2.5 Nebezpečný stavební odpad

Nebezpečné stavební odpady vznikají především smísením stavebního odpadu s látkou vykazující některou z nebezpečných vlastností (zákon č. 541/2020 Sb.). K tomuto smísení dochází ne zřídka při nerozvážené demolici objektů (například neodstrojení rozvodů technického zařízení budov – TZB, nebo při úniku provozních kapalin stavební mechanizace). Katalog odpadů dále určuje jiné nebezpečné druhy odpadu a to především materiály obsahující azbest, materiály obsahující polychlorované bifenylly (PCB), asfaltové směsi obsahující dehet a demoliční odpady obsahující rtuť. Stavební výrobky s výše uvedenými materiály byly produkovány zejména v minulém století a v současné době je jejich výroba regulována nebo zcela zastavena (vyhláška č. 8/2021 Sb.).

V ČR bylo za rok 2018 vyprodukováno bezmála 1,77 milionu tun NO, z toho bylo 452,48 tisíc tun nebezpečného stavebního odpadu (Cenia, 2019). Uvedené množství je opět nejvyšší ze všech skupin odpadů uvedených ve vyhlášce č. 8/2021 Sb., ale v porovnání s celkovým množstvím vyprodukovaných odpadů není jeho zastoupení tak výrazné (vyhláška č. 8/2021 Sb.). Celkový přehled vyprodukovaných nebezpečných odpadů je uveden v tabulce č. 3.

Tab. 3 Množství vyprodukovaných nebezpečných odpadů za rok 2018 v ČR (Cenia, 2019)

Skupina odpadu	Množství [t]	Zastoupení [%]
01 00 00	579	0,03
02 00 00	1 153	0,07
03 00 00	286	0,02
04 00 00	421	0,02
05 00 00	16 277	0,92
06 00 00	17 564	0,99
07 00 00	33 598	1,90
08 00 00	39 541	2,24
09 00 00	1 050	0,06
10 00 00	141 604	8,01
11 00 00	97 746	5,53
12 00 00	98 502	5,57
13 00 00	165 035	9,33
14 00 00	4 264	0,24
15 00 00	59 959	3,39
16 00 00	241 358	13,65
17 00 00	452 480	25,59
18 00 00	36 092	2,04
19 00 00	322 267	18,23
20 00 00	38 190	2,16
Celkem:	1 767 966	100,00

2.5.1 Azbest

Azbest je souhrnný termín pro přirozeně se vyskytující silikátový minerál, který tvoří dlouhá, tenká, oddělená vlákna. Azbest se získává průmyslovou těžbou šesti fibrózních materiálů (amosit, chryzotil, krokydolit, fibrózní druhy tremolitu, actinolitu a antofylitu) nebo jako vedlejší produkt při těžbě jiných rud. Nejvýznamnější naleziště azbestu jsou v Austrálii, USA nebo JAR (Hanley, 2011).

Azbest se hojně začal využívat v 19. století, ale důkazy o jeho použití jsou již z roku 4 500 před naším letopočtem. Azbest je pevný materiál s nízkou objemovou hmotností (průměrně $2,59 \text{ g.cm}^{-3}$), nehořlavý s bodem tání okolo $1\ 000 \text{ }^\circ\text{C}$ a odolný vůči značnému množství chemických činitelů. Z tohoto důvodu byl používán především k výrobě stavebních materiálů (střešní krytiny, potrubí, izolace a podobně) (Hanley, 2011).

Azbest i přes své výborné vlastnosti pro stavební průmysl je ve většině zemí světa zakázáno produkovat nebo je jeho výroba značně omezena, a to z důvodu negativních účinků na zdraví živých organismů. Při narušení struktury azbestových výrobků (například při řezání výrobků z azbestu) se do vzduchu uvolní obrovské množství mikroskopických vláken (velikost vláken v průměru $3 \mu\text{m}$ a délce vlákna $\geq 5 \mu\text{m}$), která se vdechováním usazují v dýchacím ústrojí, a mohou vyvolat rakovinotvorné bujení. Dále může vyvolat nemoc zvanou azbestóza (zaprášení plic), která vyvolává dušnost, kašel a v nehorším případě končí smrtí. Při odstraňování azbestových materiálů je nutné používat vhodné osobní ochranné pomůcky (Hanley, 2011).

2.5.2 PCB - Polychlorované bifenyly

Polychlorované bifenyly jsou skupinou organických, syntetických látek vznikající chlorací bifenyly. PCB může v molekule obsahovat až 10 atomů chloru (bifenyl, monochlorbifenyl, dichlorbifenyl a dále). Dle uspořádání atomů chloru může vzniknout až 209 příbuzných látek PCB. Komerčně vyráběné látky obsahují okolo 130 kongenerů (Holoubek, 2000).

PCB se začalo výrazně používat ve 30. letech minulého století v USA a postupně se rozšířilo do celého světa. PCB jsou bezbarvé nebo žlutě zbarvené netěkavé kapaliny téměř nerozpustné ve vodě, avšak dobře rozpustné v organických

rozpouštědlech a tucích. PCB jsou teplotně stálé, odolné vůči vysokým teplotám (teplota vzplanutí nad 1 000 °C), odolné proti kyselinám a zásadám. Používali se pro výrobu lepidel, nátěrových hmot, chladících a hydraulických médií nebo jako přídavné látky do cementů a omítek (Česká energetika, ©2011).

V 70. letech minulého století byly prokázány negativní účinky PCB na životní prostředí a jejich výroba byla značně omezena. Omezení se dotklo zejména použití pro otevřené systémy (nátěrové hmoty, lepidla a jiné), ale pro uzavřené systémy (chladící média, transformátory a jiné) jsou PCB používány dodnes. PCB se do životního prostředí dostávají spalováním výrobků s obsahem PCB nebo únikem provozních kapalin. Nebezpečnost PCB spočívá zejména v chronických otravách a bioakumulaci v potravním řetězci. U živých organismů při vystavení PCB bylo zaznamenáno poškození jater, problémy s reprodukcí, problémy s hormonálním a imunitním systémem. V roce 2001 byla látka PCB zařazena na seznam regulující persistentní organické polutanty ve Stockholmské úmluvě (Holoubek, 2000).

2.6 Nakládání se stavebním a demoličním odpadem

Vzhledem k tomu, že stavební a demoliční odpad tvoří výrazný podíl celkového vyprodukovaného odpadu na světě, je nezbytné, aby nakládání s ním bylo co nejefektivnější, a aby byla zajištěna jeho co nejvyšší opětovná použitelnost (Hájek, 2007). V současnosti se ve stavebnictví začíná projevovat nedostatek některých zcela primárních surovin k výrobě stavebních materiálů, jako je těžené kamenivo (písek, štěrk), které je nezbytné při výrobě betonu, asfaltových směsí nebo skla (Peduzzi, 2014). Nejen z tohoto důvodu je v plánu odpadového hospodářství ČR pro období 2015 – 2024 (POH ČR) stanoveno procentuální zastoupení opětovného využití SDO na 70 % celkové vyprodukované hmotnosti (MŽP ČR, 2018).

Stavební a demoliční odpad tvoří podstatnou část druhotných surovin nejen pro stavební, ale i pro další odvětví průmyslu. Tak jako celkové množství vyprodukovaného SDO (přes 60 % všech odpadů v ČR), tvoří celková zpětná použitelnost SDO nejvyšší množství ze všech skupin odpadů (přes 66 % celkové hmotnosti) (MŽP ČR, ©2016). Celkový přehled nakládání s odpady v ČR je uveden v tabulce č. 4 a č. 5.

Tab. 4 Způsob nakládání se stavebním a demoličním odpadem za rok 2018 v ČR
(MŽP ČR, ©2016)

Kategorie SDO	SDO - Způsob nakládání [t]		
	Materiálové využití	Energetické využití	Skládkování
OO	20 795 178	2 834	332 877
NO	137 057	255	35 618
Celkem	20 932 235	3 089	368 495

Tab. 5 Porovnání nakládání s SDO a ostatními skupinami odpadu za rok 2018 v ČR
(MŽP ČR, ©2016)

Skupina odpadu	Způsob nakládání [t]				
	Materiálové využití	Energetické využití	Skládkování	Spalování	Ostatní
17	20 932 235	3 089	368 495	-	-
01 – 20 (vyjma 17)	10 595 779	1 197 685	3 196 912	93 558	1 110
Celkem	31 528 014	1 200 774	3 565 407	93 558	1 110

Uvedená data v tabulkách dokládají, že POH ČR se v současnosti daří více než dodržovat. Z tabulek č. 2 a č. 4 je patrné, že se v ČR využije více než 88 % celkového vyprodukovaného SDO a pouze 1,5 % se odstraní skládkováním (MŽP ČR, 2014). Právě skládkování by měla být dle směrnice 2008/98/ES o odpadech posledním způsobem nakládání s odpadem (směrnice Evropského parlamentu 2008/98/ES).

POH ČR stanovuje hierarchii nakládání s odpadem dle směrnice 2008/98/ES o odpadech následovně:

1. Předcházení vzniku odpadu
2. Příprava k opětovnému použití
3. Recyklace odpadů
4. Jiné využití, například energetické
5. Odstranění odpadu

Předcházet vzniku SDO lze především v počátečních fázích výstavby. V plánovací a projektové etapě výstavby je nejvyšší možnost na předejití vzniku SDO a to zejména výběrem vhodných stavebních materiálů. Vhodnými stavebními materiály se rozumí materiály s dlouhou životností, materiály se snadnou opravitelností a úspornými materiály (například nízký podíl odřezů) (Green Solution, 2017).

Při odstraňování nebo změně stavby lze opětovně využít určité materiály a opětovně je zabudovat do jiných staveb. Jedná se především o výrobky a materiály takzvané přidružené stavební výroby (PSV), jako jsou výplně stavebních otvorů (okna, dveře), deskové materiály na bázi dřeva (překližka, OSB desky), sanitární zařizovací předměty (toalety, umývadla). Dále lze opětovně využít různá technologická zařízení, jako jsou kotle, kamna, vzduchotechnické jednotky a podobně (Green Solution, 2017).

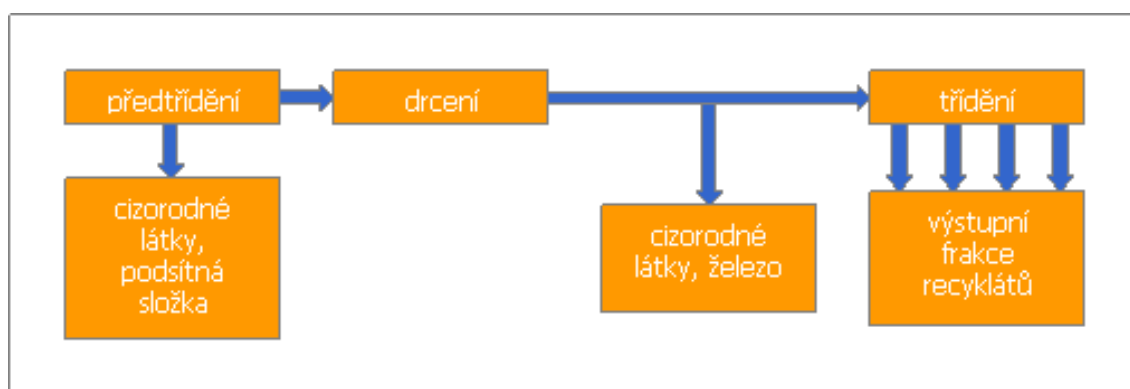
Pokud nelze využít stavební odpad k původnímu účelu, je možné odpad mechanicky a fyzikálně upravit a ten dále využívat jako recyklát. Jedná se především o různé drcené kamenivo z betonu, asfaltu a keramických výrobků. Takto získané materiály lze využít pro zásypy skládek, konstrukční vrstvy komunikací nebo jako plnivo do betonu (MŽP ČR, 2014)

2.7 Materiálové využití stavebního a demoličního odpadu

Materiálové využití SDO je dle tabulky č. 4 nejrozšířenější formou nakládání se SDO v ČR. Zpětně se využije téměř 21 milionů tun SDO, což do značné míry představuje snížení dodávaných přírodních surovin pro stavební výrobu. Materiálově využívat lze širokou škálu SDO, seznam vhodných a nevhodných recyklovatelných materiálů uvádí v příloze č. 1 metodický pokyn Ministerstva životního prostředí (MŽP) pro řízení vzniku stavebních a demoličních odpadů a pro nakládání s ním z roku 2018. Tento metodický pokyn připouští k recyklaci téměř všechny druhy odpadů vyjma odpadů obsahující asbest (MŽP ČR, 2018). Nejběžnějším způsobem opětovného využití SDO mimo odpadů podskupiny 17 05 je výroba stavebního recyklátu neboli recyklovaného umělého kameniva. SDO lze také využívat jako plnivo k výrobě betonů, omítek a asfaltových směsí. V posledních letech se SDO začaly využívat k samotné výrobě kusových stavebních výrobků a prefabrikátů. SDO ze skupiny 17 05 vytěžená zemina a kamení, se nejčastěji využívají ke zpětným zásypům, rekultivacím a terénním úpravám (Pojar, 2012).

2.7.1 Výroba a využití recyklovaného umělého kameniva

Recyklované umělé kamenivo neboli recyklát je technologicky upravený materiálový výstup ze SDO, který spočívá v jeho separaci, rozdrčení a roztřídění na jednotlivé frakce (zrnitost). Nejčastějším vstupním materiálem pro výrobu recyklátu jsou SDO z betonu, asfaltu, cihel a dalších keramických stavebních materiálů. Tak jako pro většinu ostatních výrobků platí i pro stavební recyklát zásada, že kvalita výstupního materiálu je rovna vstupní surovině (ARSM, ©2019). Pro docílení co nejvyšší kvality vstupních surovin a zároveň nejvýhodnější ekonomické rentability je nezbytné třídit vyprodukovaný SDO již při výstavbě (oddělovat NO, roztřídit keramické a betonové materiály, oddělovat ostatní inertní materiály) (VUT Brno, 2011). Z dlouhodobých zkušeností se osvědčila posloupnost recyklace znázorněná na obrázku č. 1.



Obr. 1 Schéma posloupnosti získávání stavebního recyklátu ze SDO (ARSM, ©2019)

Úprava SDO na stavební recyklát

Kvalita výsledného materiálu je závislá také na kvalitě strojního vybavení k jeho úpravě. Pro úpravu SDO na recyklát se používají různé druhy recyklačních linek (mobilní, stacionární, semimobilní). Nejrozšířenější zařízením jsou mobilní drtící linky čelist'ové nebo odrazové. Tyto mobilní linky jsou v dnešní době vybaveny pásovým podvozkem pro manipulaci drtiče v rámci staveniště, pásovým dopravníkem pro vstup surovin a výstup výsledného recyklátu, samotným drtičem, separátorem kovů a vibračním třídičem (Stavební technika, ©2021).



*Kombinovaná recyklační linka se zpětným vedením nadsitné složky
1) násypka s předtříděčem 2) odrazový drtič 3) hnací agregát (spalovací motor) 4)
magnetický separátor 5) vibrační tříděč 6) zpětný pás[8]*

Obr. 2 Fotografie běžné mobilní recyklační linky SDO (Stavební technika, ©2021)

Čelist'ové drtiče

Čelist'ové drtiče pracují na principu drcení pomocí pohyblivé a nepohyblivé části čelistí. Pohyblivá část čelisti se přibližuje ke statické části a tím vzniká drticí efekt. Čelist'ové drtiče dokáží rozdrtit vstupní materiál spíše na větší velikost frakce (od 40 mm průměru zrna). Pro menší zrnitost je potřeba použít další třídění. Výhodou čelist'ových drtičů je jejich výkon a provozní náklady. Naopak nevýhodou je již zmiňované omezení velikosti drcené frakce a celkově horší tvarové vlastnosti výstupního materiálu než u ostatních typů drtičů. Dnešní čelist'ové drtiče dokáží rozdrtit materiály s pevností až 250 MPa a jejich výkon činí kolem 200 t.hod⁻¹ vyprodukovaného recyklátu (Stavební technika, ©2021).

Odrazové drtiče

Odrazový drtič tvoří rotující válec s výčnělky pro zachycení vstupní suroviny a poté je vysokou rychlostí vržen proti nepohyblivým odraženým lištám. Výhodou odrazového drtiče je možnost získávat i menší frakce výstupního materiálu a jeho celkově lepší tvarové vlastnosti. Nevýhodou jsou provozní náklady, vyšší hlučnost a prašnost při provozu. Dnešní odrazové drtiče dokáží rozdrtit materiály s pevností

až 250 MPa a jejich výkon produkce činí přibližně 150 t.hod⁻¹ vyprodukovaného recyklátu v závislosti na tvrdosti vstupní suroviny (Stavební technika, ©2021).

Použití umělého recyklovaného kameniva

Nejběžnějšími materiálovými výstupy jsou betonové recykláty, cihelné recykláty nebo jejich kombinace (směsné recykláty). Betonový recyklát je nejvhodnější využít do podkladních a ochranných konstrukcí vozovek nebo jako náhrada přírodního kamene v konstrukčních vrstvách komunikací. Cihelné recykláty lze využít jako náhradu přírodního drobného kameniva na obsypy nejrůznějších inženýrských sítí (kanalizace, vodovod a podobně) mimo horkovodních potrubí nebo jako náhradu za antuku na povrchy sportovišť. Směsné recykláty se nejvíce uplatní při výměně nevhodných zpětných zásypů nebo násypů (Winkler, 2010).

Rozsah zkoušek a technických vlastností pro recyklované umělé kamenivo se stanovuje na základě způsobu užití kameniva. Požadované vlastnosti kameniva lze určit dle technických podmínek Ministerstva dopravy (například TP170 - Navrhování pozemních komunikací, nebo TP210 - Užití recyklovaných stavebně demoličních materiálů do pozemních komunikací). Základními požadavky na technické vlastnosti recyklovaného kameniva jsou zejména požadavky na geometrické vlastnosti (zrnitost, tvar zrn a podobně), fyzikální vlastnosti (pevnost, hmotnost, nasákavost) nebo požadavky na trvanlivost. Požadavky na technické vlastnosti materiálu dále uplatňuje projektant při statickém posouzení řešené stavby (Škopán, 2009).

Z legislativního hlediska lze na stavební recyklát nahlížet jako na upravený odpad nebo jako na výrobky z odpadu ve smyslu zákona č. 22/1997 Sb. a nařízení vlády č. 312/2005 Sb.. V případě recyklátu charakterizovaného jako upravený odpad (i v případě odpadů z podskupiny 17 05) je nutné dodržet vyhlášku č. 294/2005 Sb. (o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady) a její novelizaci č. 387/2016 Sb.. Tyto vyhlášky byly zrušeny s účinností nového zákona o odpadech k 01.01.2021, ale zatím za ně nebyla přijata žádná náhrada ve formě prováděcích předpisů (Škopán, 2017). Pro tyto účely vydalo MŽP metodický pokyn, který stanovuje prozatím využívat vyhlášku 294/2005 Sb. a její novelizace. Vyhláška č. 294/2005 Sb. stanovuje limity škodlivých látek v odpadech a upravených

odpadech používaných ke zpětným zásypům, konkrétně příloha č. 10 vyhlášky. Dle analýzy Stavební fakulty ČVUT z roku 2013 (projekt FRVŠ 915/2013 B1d.) nevyhovělo až 73 % zkoušených vzorků. Problém nastává u limitu povoleného obsahu arsenu v sušině. Tabulka 10.1 přílohy č. 10 vyhlášky č. 294/2005 Sb. stanovuje limit pro obsah arsenu v sušině na 10 mg.kg^{-1} , což je velmi konzervativní hodnota oproti ostatním zemím EU (například Švédsko povoluje 50 mg.kg^{-1}). Dalším zásadním problémem jsou překročené limity polyaromatických uhlovodíků (PAU) u asfaltových směsí. Při analýze nevyhovělo na 53 % zkoušených vzorků, přičemž limit tabulky 10. 1 stanovuje hodnotu PAU na 6 mg.kg^{-1} v sušině. Takovéto hodnoty jsou běžně překračovány při pokládce nových živičných směsí (Envi Group, ©2015a).

Náhrada přírodního kameniva pro výrobu betonových směsí

Přírodní těžené kamenivo jako jsou písky a šterky jsou třetím nejpoužívanějším přírodním zdrojem na světě s roční odhadovanou celosvětovou spotřebou přes 25 miliard tun. Spotřeba přírodního těženého kameniva se posledních 20 let více než ztrojnásobila a v některých zemích, zejména v jihovýchodní Asii, je zapotřebí přírodní kamenivo nákladně dovážet. V současné době v ČR takto závažná situace jako v jiných částech světa nehrozí, ale v horizontu 15 let by mohlo docházet k nedostatku některých druhů kameniva na trhu (Dohnal, 2018a)

Beton je jeden z nejdůležitějších stavebních materiálů vůbec. Betonová směs se připravuje smísením kameniva, pojiva (cementu), vody a dalších zlepšujících přísad. Náhradou za přírodní kamenivo může být recyklované umělé kamenivo z recyklovaného betonu. Požadavky na kamenivo používané do betonových směsí se řídí ČSN EN 12 620+A1 a požadavky na samotné betonové směsi ČSN EN 206. Požadavky na recyklované kamenivo se žádným způsobem neliší od požadavků na kamenivo přírodní. Základními zkoušenými parametry kameniva pro beton je zrnitost kameniva, tvarový index, obsah jemných částic, nasákavost a objemová hmotnost zrn po vysušení v sušině a odolnost proti drcení. V roce 2018 proběhla na Vysokém učení technickém v Brně studie zabývající se vlastnostmi recyklovaného kameniva používaného do betonových směsí. Výsledkem studie bylo zjištění, že kvalita vlastností recyklovaného kameniva je přímo úměrná kvalitě matečního betonu, z kterého bylo recyklované kamenivo vyrobeno. V tomto ohledu nastává

problém, protože recyklované kamenivo dostupné na recyklačních centrech je často vyrobeno z nejrůznějších matečních betonů. Nejhorší vlastnost, kterou vykazuje recyklované kamenivo, je nasákavost a následná objemová hmotnost v sušině. U malých frakcí (0 mm – 4 mm) je rozdíl mezi přírodním a umělým kamenivem až 10 %. S rostoucí velikostí frakce se však nasákavost snižuje. Nasákavost kameniva je rozhodující v množství přidávané záměsové vody a s vyšším množstvím vody se snižuje celková pevnost výsledné betonové směsi (Nováková a Mikulice, 2018).

Kvalita a vlastnosti nové betonové směsi vyrobené s použitím recyklovaného kameniva, je úměrná množství použitého recyklovaného kameniva. Všeobecně lze říci, že obsah přidaného recyklátu negativně ovlivňuje následující vlastnosti nové betonové směsi:

- ovlivnění konzistence betonové směsi,
- snížení objemové hmotnosti směsi (v některých případech může být výhoda),
- snížení pevnosti v tlaku o 10 – 15 %,
- snížení modulu pružnosti o 15 – 20 %,
- zvýšení součinitele dotvarování až o 50 %,
- zvýšení projevů smršťování o 20 – 40 %,
- snížení celkové životnosti betonových konstrukcí. (Kohoutová a Procházka, 2015)

Za zhoršením vlastností výsledné betonové směsi stojí především jemná vrstva cementového tmelu ulpívajícího na povrchu recyklovaného kameniva. Při odstranění cementu vhodnou technologií, lze dosáhnout zlepšení vlastností výsledného produktu (Kohoutová a Procházka, 2015).

2.7.2 Recyklace a použití asfaltového odpadu

Základním materiálem získávaným z asfaltového odpadu je takzvaný R - materiál. R - materiál je získáván odfrézováním starých asfaltových vrstev komunikací nebo rozdrčením a roztříděním vybouraných asfaltových ker pomocí výše uvedených technologií. Rozlišují se dva základní způsoby použití R - materiálu a to za studena a horka. Dále lze tyto metody rozdělit dle místa využití a to na v místě použití R - materiálu nebo v obalovně. Značení a míru použitelnosti R - materiálu stanovuje norma ČSN EN 13108-8 (ČSN EN 13108-8).

Recyklace za horka v místě

Recyklace za horka v místě spočívá v rozehrátí původní asfaltové vrstvy pomocí plynových infrazářičů, jejím odstranění a následném promíchání s dodatečným kamenivem, asfaltovým pojivem a dalšími zlepšujícími přísadami. Takto připravená směs se pomocí remixeru opětovně položí a zhutní na vozovku. Pro tento druh recyklace lze využít několik způsobů jako například reshape, repave, remix nebo remix plus. Výhody recyklace za horka v místě jsou především v její úspoře vstupních surovin (Zajíček a kol., 2014).

Recyklace za studena v místě

Tato metoda spočívá odfrézování původní asfaltové vrstvy pomocí recykléru. Odfrézovaný asfalt se dále promísí s pojivem (například cement) a vodou, následně je pokládán na vozovku včetně jeho zhutnění. Pojivo a voda jsou dávkovány pomocí cisterny umístěné na začátku „pokládkového tandemu“. V případě potřeby je přidáno i doplňkové kamenivo. Tato metoda je využívána spíše pro opravu podkladních vrstev komunikace. Finální obrusná asfaltová vrstva musí být ve většině případech položena nová (Zajíček a kol., 2014).

Recyklace za horka v obalovně

Jedná se o metodu, při níž je při výrobě nové asfaltové směsi přidáván asfaltový R - materiál v různých teplotách a poměru. Mezi nejběžnější metody recyklace za horka v obalovně patří příprava směsi přidáním studeného R - materiálu, kde maximální poměr využitého R-materiálu může tvořit 20 % objemu. Dalšími metodami jsou takzvaný dvouplášťový buben (maximální množství R-materiálu 50 %), dávkování předehrátého R-materiálu (maximální množství R - materiálu až 90 %) (ČSN EN 13108-8).

Asfaltový recyklát v ČR lze přidávat pouze do podkladních směsí. Použití recyklátu do vrchních obrusných vrstev je nepřijatelné. Dále musí splnit legislativní podmínky a to zejména vyhlášku č. 294/2005 Sb. a její novelizace, a vyhlášku č. 130/2019 Sb. (o kritériích, při jejichž splnění je asfaltová směs vedlejším produktem nebo přestává být odpadem) (Škopán, 2017). Výši přidávaného R - materiálu do nových směsí

stanovuje ČSN EN 13108-1. Výtažek povoleného množství přidaného R-materiálu je uveden v tabulce č. 6 (ČSN EN 13108-8).

*Tab. 6 Povolený obsah R - materiálu v nových asfaltových směsích
(ČSN EN 13108-8)*

Obrusné vrstvy		Ložní vrstvy		Podkladní vrstvy	
Druh směsi	Obsah R-materiálu [%]	Druh směsi	Obsah R-materiálu [%]	Druh směsi	Obsah R-materiálu [%]
ACO 8	25	ACL 16 S	30/15 ¹⁾	ACP 16 S	50
ACO 8 CH	25	ACL 16 +	30	ACP 16 +	60
ACO 11 S	-	ACL 16	40	ACP 22 S	50
ACO 11 +	-	ACL 22 S	30/15 ¹⁾	ACP 22 +	60
ACO 11	25	ACL 22 +	30		
ACO 16 S	-	ACL 22	40		
ACO 16 +	-				
ACO 16	25				

¹⁾ nemodifikované asfalty / modifikované asfalty

Recyklace za studena v obalovně

Metoda založena na použití odfrézovaného R - materiálu smíšeného v míchacích centrech v požadovaném poměru s pojivem, vodou a případným kamenivem. Výsledkem je homogenizovaná směs připravena na pokládku (ČSN EN 13108-8).

2.7.3 Využití odpadu z pěnového polystyrenu (EPS)

EPS je ve stavebnictví nejvíce používaný materiál k zateplování svislých a vodorovných konstrukcí. Vyrábí se ze zpěňovatelných polystyrenových perel za pomoci působení pentanu a syté vodní páry. EPS se vyznačuje velmi nízkou hmotností (15 – 40 kg.m⁻³), naopak jejich objem je velmi výrazný (Saint-Gobain, ©2021).

Nejjednodušším způsobem opětovného využití EPS je jeho navrácení do výroby nových polystyrenových výrobků. Polystyrenový odpad se rozdrtí a následně použije jako příměs k nové vstupní surovině. Polystyrenový odpad přijímají všichni výrobci EPS. Podmínkou pro zpětný odběr je jeho čistota (bez zbytků omítek, barev, lepidel

a podobně), což bývá nejčastějším problémem při demolicích a rekonstrukcích objektu (Saint-Gobain, ©2021).

V případě znečištěného EPS je možné tento odpad využít jako plnivo pro omítkové a betonové směsi. EPS se v drtící lince zpracuje na požadovanou frakci a následně je přidáván do nejrůznějších směsí. Přidáním určitého poměru do omítkových směsí vznikají takzvané tepelně izolační malty a omítky. Při přidání EPS drti do betonů vznikají takzvané lehčené betony. Problémem u použití polystyrenového plniva je jeho vysoký povrchový elektrostatický náboj. Částice rozdrčeného EPS se pomocí elektrostatického náboje přitahují na ostatní předměty a navzájem se odpuzují, což způsobuje problémy s mísitelností vyráběných směsí. Tento problém je možné odstranit zvýšením frakce polystyrenové drti (nelze poté použít do omítek a malt) nebo použít neutralizátor povrchové elektrostatického náboje (Štenko a kol., 2007).

U stavebního EPS se vyskytuje další problém s následnou recyklací, a to výskyt látky hexabromcyklododekan (HBCDD). HBCDD je látka výrazně omezena Evropskou komisí a v roce 2013 se dostala na seznam látek uvedených ve Stockholmské úmluvě. HBCDD je do stavebního EPS přidávána jako zpomalovač hoření, aby vyhověl přísným požadavkům požární ochrany. Dle legislativy ČR a EU nesmí EPS, který je v úmyslu recyklovat, překročit koncentraci HBCDD $1\ 000\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. V případě překročení této koncentrace je EPS považován za NO (Envi Group, ©2015b).

2.7.4 Další metody využití SDO ve stavebnictví

Předchozí popsané metody využití SDO patří mezi světově nejrozšířenější. Jedná se převážně o užití cihelného, asfaltového a betonového odpadu používaným pro dopravní stavitelství (nejrůznější konstrukce pro zemní práce) a jako plnivo do běžných stavebních hmot. SDO však existuje velká škála a pro jejich opětovné využití existují další možnosti a metody.

Výroba a použití pěnového skla

Pěnové sklo je uměle vytvořený pórovitý materiál s výbornými tepelně izolačními vlastnostmi (součinitel tepelné vodivosti = $0,04\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), a na rozdíl od ostatních tepelných izolantů, vyniká i ve vysoké pevnosti v tlaku. Pěnové sklo je nehořlavé,

nenasákavé, nezámrzne a odolné proti chemickým činitelům. V neposlední řadě je plně recyklovatelné. Vyrábí se z odpadního skla, které nelze využít k výrobě skleněných obalů. Skleněný odpad se rozemele na skelnou moučku a následně sloučí s chemickými činidly. Tato směs se následně při teplotě okolo 1 000 °C roztaví a expanduje. Expandovaná skleněná moučka rozpraská vlivem teplotního šoku a vzniká výsledný produkt (Brusatin, 2004).

Pěnové sklo se nejvíce využívá v místech se zvýšenými nároky na tepelně izolační vlastnosti a zároveň vyššími nároky na pevnost. Tyto vlastnosti pěnové sklo splňuje, a proto je vhodné jako podsyp pod základové konstrukce budov. Nevýhodou je prozatím jeho vysoká cena oproti ostatním konvenčním materiálům. Na obrázku č. 3 je zobrazen tepelně izolační podsyp pod základovou konstrukcí rodinného domu (Brusatin, 2004).



Obr. 3 Fotografie tepelně izolačního podsypu pod základovou konstrukcí rodinného domu (České stavby, ©2021)

Výroba zdících bloků z recyklovaných SDO

V současné době se na trhu se stavebními materiály začínají objevovat kusové stavební materiály vyrobené z recyklovaných SDO. Příkladem mohou být tvárnice od skotské společnosti KENOTEQ nebo nizozemské společnosti StoneCycling (produkt této společnosti je na obrázku č. 4). Tyto materiály jsou vyrobeny lisováním materiálů bez

vypalování. Z tohoto důvodu nejenže omezují množství vstupní přírodní suroviny, ale také snižují množství energie potřebné pro jejich výrobu. Tyto výrobky se svými vlastnostmi vyrovnají klasickým plným keramickým cihlám (Dohnal, 2018b).



Obr. 4 Fotografie cihly z recyklovaného odpadu (Topinfo, ©2021)

2.8 Skládkování SDO

Na SDO je nutné v první řadě nahlížet jako na suroviny k další výrobě nejrůznějších materiálů, a proto by uložení SDO na skládku mělo být až poslední možností. Z tabulky č. 4 je patrné, že skládkování je v ČR pro uložení SDO využíváno v omezené míře. Zásahu má na tom zejména výše poplatku za uložení jakéhokoliv odpadu na skládce. S nástupem nového zákona o odpadech v roce 2021 se tento poplatek ještě zvýšil. Současný minimální poplatek za skládkování využitelného odpadu z kategorie ostatní činí 800 Kč/t a každým rokem se bude zvyšovat. Po roce 2030 se skládkování odpadu (až na výjimky) zakazuje. Pokud se porovná poplatek za skládkovné a poplatek za uložení odpadu na recyklačním středisku, je tento rozdíl až čtyřnásobný (zákon č. 541/2020 Sb.). Výše minimálních poplatků za skládkovné je uvedena v tabulce č. 7.

Tab. 7 Sazba pro jednotlivé dílčí základy poplatku za ukládání odpadů na skládku v ČR (zákon č. 541/2020 Sb.)

Dílčí základ poplatku za ukládání	Poplatkové období v roce [Kč. t ⁻¹]									
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030 a dále
využitelných odpadů*)	800	900	1000	1250	1500	1600	1700	1800	1850	1850
zbytkových odpadů	500	500	500	500	500	600	600	700	700	800
nebezpečných odpadů	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
vybraných technologických odpadů	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
sanačních odpadů	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

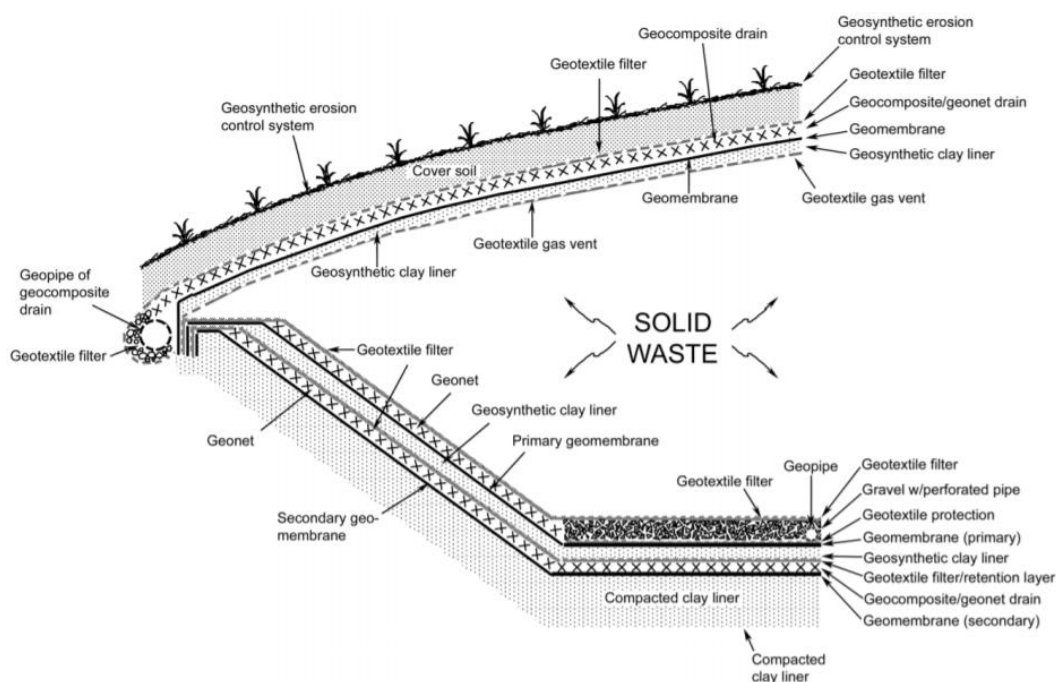
V české legislativě rozlišujeme tři typy skládek dle jejich technického zabezpečení a to skládky typu S-IO (skládky inertního odpadu), S-OO (skládky ostatního odpadu) a S-NO (skládky nebezpečného odpadu). Kvůli početnému množství druhů SDO je nutné SDO ukládat na k tomu určené skládky. Odpovídající typ skládky se určuje dle kategorie odpadu a vyhlášky č. 294/2005 Sb. a její navazující novelizace. Vyhláška č. 294/2005 Sb. uvádí druhy odpadů přijímaných na skládky bez prokázání nutných zkoušek a ve většině případů se jedná o SDO (cihly, beton, sklo, zemina) (vyhláška č. 294/2005 Sb.).

2.9 Nakládání s nebezpečným SDO

Pro nakládání s nebezpečným SDO existuje v současné době několik metod. Nejčastějšími metodami nakládání s nebezpečným SDO jsou skládkování, termické způsoby odstranění nebo ostatní mechanické, fyzikální, chemické a biologické metody (solidifikace nebo mechanicko-chemická dehalogenace). Samostatnou kapitolou zůstává nakládání s odpady obsahující azbest.

2.9.1 Skládání nebezpečného SDO

Pravidla pro ukládání jakéhokoli odpadu na skládku jsou prozatím upřesněna ve vyhlášce č. 294/2005 Sb. Nebezpečné SDO lze ukládat pouze na skládkách s označením S-NO (vyjma materiálů s obsahem azbestu), a to pouze v případě, že splňují náležitosti přílohy č. 5 vyhlášky (například zákaz ukládání hořlavých, výbušných nebo infekčních odpadů). Každá skládka se skládá z těsnění skládky, odvodňovacího systému, odplynění skládky, provozně technických zařízení a zařízení pro monitoring. V případě skládek určených pro ukládání NO musí těsnící vrstva skládky obsahovat dvě vrstvy izolačních bariér v minimální tloušťce 5 m (Junga, 2015). Schéma jednotlivých vrstev skládky včetně následné rekultivace je zobrazena na obrázku č. 5.



Obr. 5 Schéma vrstev skládky odpadů (Mythcon, ©2021)

2.9.2 Termické odstranění nebezpečných SDO

Termickým odstraněním odpadu lze rozumět jeho odstranění za pomoci působení vysokých teplot. Do termických metod odstranění odpadu patří spalování, pyrolýza nebo zplyňování. Při metodě spalování dochází k zapálení hořlavých složek odpadů za přítomnosti kyslíku. Nejčastěji se spalování provádí v rotačních pecích. Pyrolýza je způsob tepelného rozkladu odpadů za nepřítomnosti vzduchu při teplotách

500 – 1 000 °C v reakčním prostoru. Zplyňování je řízený termický proces při teplotách okolo 800 °C, při kterém dochází ke změně uhlíkatých látek na hořlavé plyny (Nitschová, 2009).

2.9.3 Způsoby odstraňování materiálů s obsahem azbestu

Staré azbestové materiály a konstrukce jsou jedním z nejrozšířenějších a nejobávanějších NO při demolicích a rekonstrukcích starých objektů. Vzhledem k vysoké odolnosti azbestových materiálů (odolnost vysokým teplotám a chemickým činitelům) je nejčastějším způsobem odstranění uložení na skládku, ale existují i další metody k jeho odstranění.

Skládkování materiálů s obsahem azbestu

Vzhledem k nevyluhovatelosti nebezpečných látek azbestových materiálů do prostředí, je možné skládkování azbestových materiálů na skládkách kategorie S-OO a S-NO, a to pouze za dodržení následujících podmínek uvedených ve vyhlášce č. 294/2005 Sb.:

- dodržení požadavků zákona 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví,
- na skládky kategorie S-OO lze ukládat pouze nepoškozené materiály nebo materiály v utěsněných obalech,
- na skládkách s obalem nelze provádět žádné výkopové a vrtné práce,
- skládky s uloženým azbestem musí mít vypracovanou dokumentaci s plánkem zobrazující polohu uloženého azbestu (vyhláška č. 294/2005 Sb.).

Metoda tepelného rozkladu

Při využití metody tepelného rozkladu dochází k uvolnění vázané vody v krystalech azbestových vláken. V důsledku uvolněné vody dochází ke změně krystalové struktury a azbest ztrácí své nebezpečné vlastnosti. Metoda je založena na konvenčním tepelném nebo mikrovlnném prouděním. Teplota proudění potřebná k rekrystalizaci azbestu je závislá na surovině, ze které byl azbest vyroben. Teploty proudění se pohybují v rozmezí 800 – 1 500 °C (Kusiorowskik R. a kol., 2012).

Metoda vysokoenergetického mletí

Vysokoenergetické mletí, nebo také vysokorychlostní mletí, je metoda využívající mechanickou energii k rozkladu krystalických mřížek a molekulárních vazeb azbestových vláken. Po dobu 8 – 12 minut vysokoenergetického mletí dochází k úplné chemické i krystalické změně struktury azbestu. Výsledným produktem po mletí je jemný prášek bez obsahu nebezpečných azbestových vláken. V současné době se tato metoda příliš nevyužívá a zkoumá se využití zbytkového prášku pro použití jako plnivo stavebních hmot (Paolini a kol., 2019).

2.10 Dobrovolné nástroje ochrany životního prostředí z pohledu SDO

V současné době jsou na stále větším vzestupu takzvané dobrovolné nástroje ochrany životního prostředí, které do značné míry mohou napomoci ke snížení a zpětnému využití SDO nebo zmírnění dopadů použitých stavebních materiálů ve stavbě. Nástroje lze rozdělit na certifikační systémy šetrných budov a certifikáty materiálů. Základními principy těchto nástrojů jsou dobrovolnost, prevence a systematický přístup. Výhodou získání některého z certifikátů je především prestiž daného výrobku nebo stavby a vyšší atraktivita pro potenciální zákazníky, což s sebou nese možnost vyšších finančních zisků

2.10.1 Certifikace stavebních materiálů

Certifikáty pro stavební materiály mohou dokládat nejrůznější vlastnosti výrobku od nezávadnosti na zdraví organismů a životní prostředí po výčet vlastností materiálu v celém jeho životním cyklu. Jednou ze světově nejrozšířenějších certifikací je environmentální prohlášení o produktu typu 3 (EPD).

Certifikace EPD udává výčet všech vlastností daného produktu o vlivu na životní prostředí v průběhu celého jeho životního cyklu (od těžby surovin až po demolici). Informace o produktu se získávají pomocí metody LCA (Life Cycle Assessment - metoda analýzy životního cyklu) dle norem ČSN ISO 14040 – 49. EPD jako takové si neklade požadavky na environmentální nezávadnost výrobku, pouze posuzuje negativní dopady na životní prostředí produktů stejné kategorie. Pomocí EPD lze selektovat materiály, se kterými by mohl být do budoucna problém s ohledem na jejich

následné využití nebo odstranění (Kočí, 2012). Příklad loga pro označení výrobku s certifikací EPD je zobrazen na obrázku č. 6.



Obr. 6 Loga certifikace EPD (ECO platform, ©2021)

2.10.2 Certifikační systémy šetrných budov

Certifikace budov je kvantifikované hodnocení míry naplnění kritérií trvale udržitelné stavby. Světově, ale i v ČR, jsou nejrozšířenější certifikacemi budov systémy LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) a SBTool (Sustainable Building Tool) (Česká rada pro šetrné budovy, ©2020).

V každé certifikaci (nehledě na zvolený systém) lze dosáhnout různých celkových hodnocení budovy s ohledem na výši a množství splněných kritérií daného systému. Jedním z kritérií každého systému je nakládání s odpadem v průběhu výstavby. V zásadě to znamená, že pokud při stavbě vznikne menší množství odpadu nebo se jeho větší část odstraní pomocí recyklace, získá daný projekt větší počet bodů pro závěrečné hodnocení. Například pro získání celkového počtu bodů pro oblast nakládání s odpady v systému LEED je zapotřebí recyklovat více než 75 % vyprodukovaného odpadu při výstavbě. Certifikační systémy dále omezují používání některých nebezpečných látek při výstavbě a tím i jejich následné odstraňování. Pro výstavbu nesmějí být například použity materiály na bázi dřeva obsahující močovinoformaldehydovou pryskyřici nebo materiály, jejichž obsah těkavých látek překračuje koncentraci $0,124 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Loga nejpoužívanějších certifikačních systémů jsou zobrazeny na obrázku č. 7. Využitím některého z certifikačních systémů lze výrazně

omezovat vznik SDO nebo snížit jeho množství uložené na skládkách (Česká rada pro šetrné budovy, ©2020).



Obr. 7 Obrázek loga nepoužívanějších certifikačních systémů (Česká rada pro šetrné budovy, ©2020)

3 Cíl práce a použitá metodika

3.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce je analyzovat a vyhodnotit projektovou a realizační bilanci odpadů sledované stavby. Pro dosažení hlavního cíle diplomové práce jsou stanoveny následující dílčí cíle:

- rozčlenění stavby na jednotlivé objekty dle potřeb diplomové práce,
- vyčíslení projektovaného množství SDO,
- vyčíslení skutečného množství SDO,
- porovnání projektového a skutečného množství SDO,
- vytvoření rozpočtu a jeho porovnání pro vyčíslení finančních dopadů SDO na sledovanou stavbu.

3.2 Použitá metodika

Analýza stavebních a demoličních odpadů bude probíhat na projektu „**Ochrana, zefektivnění správy, zpřístupnění a využívání knihovních fondů Krajské knihovny Karlovy Vary**“. Práce bude sledovat především tyto podskupiny odpadů: 17 01, 17 03, 17 05. V úvodu vlastní práce bude představena sledovaná stavba a její rozčlenění na stavební objekty (SO).

Jednotlivé SO budou představeny, sloučeny dle potřeby práce a poté vyčísleny sledované SDO. Data pro vyčíslení projektovaného množství SDO budou získána z výkazu výměr (VV) stavby. Nashromážděná data budou seskupena a zapracována do tabulky pod jednotlivými kódy dle katalogu odpadů.

Skutečné množství SDO bude získáváno prostřednictvím doložených vážných lístků od jednotlivých poddodavatelů stavby a bude popsáno skutečné stavební řešení SO. Veškeré doložené vážné lístky budou rozděleny pod jednotlivé kódy dle katalogu odpadů a bude vyčísleno jejich celkové skutečné množství. V této části bude také popsáno, jak se s konkrétními druhy SDO dále nakládalo. Sběr dat bude probíhat počas celé výstavby (od 12/2019 do 02/2021).

Výsledkem analýzy bude rozdílové porovnání mezi předpokládaným a skutečným celkovým množstvím SDO. Porovnání bude znázorněno v tabulce rozdělené dle SO a druhů SDO. Dále bude provedeno finanční vyčíslení více nebo naopak méně nákladů spojených s odpady na základě celkové bilance SDO včetně nákladů na dopravu. Pro vyčíslení finančních nákladů bude použita cenová soustava ÚRS (CSÚRS) 2021/1.

Pro potřeby diplomové práce bude uvažováno s objemovými hmotnostmi v tabulce č. 8.

Tab. 8 Uvažované objemové hmotnosti jednotlivých druhů SDO (Autor)

Druh odpadu	Objemová hmotnost [t.m⁻³]
17 01 01	2,4
17 03 02	2,7
17 05 04	1,8
17 01 02	1,3
17 01 07	1,5

4 Vlastní práce

4.1 Představení sledované stavby

Bilance SDO bude sledována na výstavbě nového depozitáře pro Krajskou knihovnu Karlovarského kraje. Kompletní projektovou dokumentaci s názvem „**Ochrana, zefektivnění správy, zpřístupnění a využívání knihovních fondů Krajské knihovny Karlovy Vary**“ vypracoval ing. arch. Miroslav Míka, investorem stavby je Karlovarský kraj a generálním zhotovitelem stavby je společnost Metrostav a.s.. Stavba je financována z Evropského fondu pro regionální rozvoj, rozpočtu ČR a z rozpočtu Karlovarského kraje. Předpokládané finanční náklady na stavební část projektu činí 90, 2 milionu Kč.

Sledovaný objekt se nachází v Karlových Varech v městské části Dvory v ulici Závodní. Jedná se o novostavbu třípodlažního nepodsklepeného objektu navazující spojovacím koridorem na stávající budovu Krajské knihovny. Nový depozitář zaujímá zastavěnou plochu 1 560 m². Objekt je založen na železobetonové (ŽB) základové desce. Svislé a vodorovné nosné konstrukce jsou tvořeny z ŽB prefabrikovaných prvků. Obvodový plášť tvoří vyzdívka z keramických cihel zateplených kontaktním zateplovacím systémem mimo první podlaží, kde je zateplovací systém nahrazen provětrávanou plechovou fasádou. Střecha je fóliová plochá s obvodovou atikou. Objekt bude sloužit zejména jako sklad pro archivaci povinných výtisků knih a dalších tiskovin (Míka, 2018). Na obrázku č. 8 je zobrazena vizualizace budoucího depozitáře.



Obr. 8 Vizualizace objektu nového depozitáře (Regionální stavební sdružení Karlovy Vary, ©2016)

4.2 Členění sledované stavby a vyčíslení předpokládaného množství SDO

Celá stavba depozitáře je rozdělena na 11 SO. Jednotlivé SO budou následně sloučeny, představeny a vyčísleny jejich celkové projektované hmotnosti SDO. Dále budou rozděleny do jednotlivých druhů dle katalogu odpadů. SO sledované výstavby jsou rozděleny následovně:

SO01a – Hlavní objekt

SO01b – Spojovací koridor

SO02 – Chodníky

SO03 – Komunikace

SO04 – Parkovací plochy

SO05 – Přeložka splaškové kanalizace

SO06 – Přeložka a doplnění dešťové kanalizace

SO07 – Přeložka vodovodního řadu

SO08 – Kabelová trasa – optika

SO09 – Náhradní výsadba

SO10 – Veřejné osvětlení (Míka, 2018).

Pro snadnější orientaci a potřeby práce budou SO objekty sloučeny a nazvány následovně:

Objekt depozitáře: SO01a + SO01b + SO08

Přeložka inženýrských sítí: SO05 + SO06 + SO07

Areálové komunikace: SO02 + SO03 + SO04 + SO09 + SO10

4.2.1 Objekt depozitáře – projektované množství SDO

Objekt depozitáře zahrnuje veškeré stavební práce spojené s pozemním stavitelstvím. VV pro objekt depozitáře obsahuje přípravu území, základy svislé a vodorovné konstrukce, ocelové konstrukce, vnitřní a vnější úpravu povrchů (omítky, malby, podlahy), veškeré rozvody a vybavení TZB (Míka, 2018).

Vzhledem k tomu, že VV objektu SO01a obsahuje kompletní přípravu území před zahájením výstavby všech ostatních objektů (vytrhání obrubníků, dlažby a podobně), bude podíl vyprodukovaného SDO pro tento objekt vysoký. Projektová dokumentace (PD) a VV pro objekt SO01a uvažuje z větší části s opětovným použitím odstraněných konstrukčních vrstev stávajících komunikací (518 m³ šterku), betonové dlažby (1 186 m²), betonových obrub (348 m) a stržené ornice. Nevyužité nebo poškozené materiály je uvažováno odvézt na skládku (Míka, 2018).

Objekt SO01b z pohledu odpadů obsahuje ve VV zemní práce pro základové konstrukce, rozebrání stávající ocelové konstrukce vchodu, bourání betonového schodiště, vybourání otvorů pro napojení spojovacího koridoru mezi starou a novou budovou. Pro objekt SO08 není ve VV uvažováno s žádným množstvím odpadu sledované podskupiny (Míka, 2018). Celková bilance projektovaného množství SDO pro objekt depozitáře je uvedena v tabulce č. 9.

Tab. 9 Předpokládané množství SDO pro část objektu depozitáře (Míka, 2018)

Kód odpadu	Množství [t]	Poznámka
SO01a - Hlavní objekt		
17 05 04	2 429,062	Zemina z výkopů
17 05 04	712,494	Nevyužitá ornice
17 05 04	188,333	Nevyužitá podkladní vrstvy komunikací
17 01 01	54,195	Vybourané obrubníky a dlažba
17 03 02	73,55	Vybourané stávající komunikace
SO01b - Spojovací koridor		
17 05 04	191,155	Zemina z výkopů
17 09 04	5,177	Bourací práce
17 04 05	0,900	Konstrukce vchodu

4.2.2 Přeložky inženýrských sítí – projektované množství SDO

Z důvodu výskytu inženýrských sítí na pozemku uvažovaného depozitáře, bude nutné před zahájením výstavby přesunout trasy všech kolizních podzemních sítí. V případě výstavby depozitáře se jedná o splaškovou kanalizaci, dešťovou kanalizaci a vodovodní řad. Pro potřeby odvodnění nově budovaných komunikací bude realizována nová větev dešťové kanalizace včetně odlučovače ropných látek. Potrubí pro dešťovou a splaškovou kanalizaci je navrženo z kameniny o průměru 250, 300 a 700 mm v celkové délce 428 m, revizní šachty kanalizace budou z prefabrikovaných ŽB dílců. Potrubí pro přeložku vodovodního řadu je navrženo z polyethylenu o průměru 160 mm v celkové délce 140 m. Přeložky inženýrských sítí obsahují také kanalizační a vodovodní přípojky (Míka, 2018).

Z pohledu odpadů VV pro přeložky inženýrských sítí se uvažuje pouze s odvozem přebytečného výkopku. Většina vytěžená zemina má být využita při zpětných zásypech inženýrských sítí, v případě, že vyhoví při hutnicí zkoušce. Požadovaná pevnost v tlaku na zemní pláni pod komunikace je 45 MPa (Míka, 2018). Celkové projektované množství SDO pro přeložky inženýrských sítí je uvedeno v tabulce č. 10.

Tab. 10 Předpokládané množství SDO pro část přeložky inženýrských sítí (Míka, 2018)

Kód odpadu	Množství [t]	Poznámka
SO05 - Splašková kanalizace		
17 05 04	236,592	Zemina z výkopů
SO06 - Dešťová kanalizace		
17 05 04	450,410	Zemina z výkopů
SO07 - Vodovodní řad		
17 05 04	218,790	Zemina z výkopů

4.2.3 Areálové komunikace – projektované množství SDO

Část areálové komunikace počítá s výstavbou nových chodníků, parkovacích ploch a samotných komunikací. Chodníky a komunikace jsou navrženy z betonové dlažby, přičemž pro jejich realizaci bude využita rozebraná stávající dlažba a obrubníky. Parkovací plochy budou z asfaltového betonu. Z důvodu dalších úspor bude pro komunikace a parkovací plochy využít štěrk z rozebíraných stávajících komunikací v celkovém množství 518 m³. Celková plocha nově realizovaných komunikací bude přes 2 500 m² (Míka, 2018).

Náhradní výsadba uvažuje s kácením 2 kusů stromů a vytrháním starých pařezů. Podél nově budovaného parkoviště projekt počítá s výsadbou 8 nových stromů. Pro zatravněné plochy bude k ohumusování použita stržená ornice. Projektová dokumentace pro veřejné osvětlení uvažuje pouze s přeložením 3 kusů lampových stožárů (Míka, 2018).

VV pro areálové komunikace uvažuje s vytěženou zeminou při odkopávkách pro konstrukční vrstvy. Konstrukční vrstva pro komunikace a parkovací plochy je navržena v celkové tloušťce 520 mm a pro chodníky 320 mm. Pro náhradní výsadbu jsou ve VV uváděné pouze poplatky pro kácené stromy a odstraňované pařezy (Míka, 2018). Celkové projektové množství SDO pro areálové komunikace je uvedeno v tabulce č. 11.

Tab. 11 Předpokládané množství SDO pro část areálové komunikace (Míka, 2018)

Kód odpadu	Množství [t]	Poznámka
SO02 - Chodníky		
17 05 04	58,768	Zemina z odkopávek
SO03 - Komunikace		
17 05 04	429,754	Zemina z odkopávek
SO04 - Parkovací plochy		
17 05 04	589,464	Zemina z odkopávek
SO09 - Náhradní výsadba		
17 02 01	9,450	Kácené stromy a pařezy

4.3 Skutečné provedení stavby a vyčíslení reálného množství SDO

Jednotlivé části stavby se neobešly bez změn oproti projektové dokumentaci, ale nejvýraznější odchylky projektovaného a skutečného množství SDO obsahuje stavební VV. Zásadní změnou oproti projektu byl problém s únosností zpětných zásypů z vytěžené zeminy a absence předpokládaných konstrukčních vrstev stávajících komunikací. V dalších kapitolách bude popsáno skutečné provedené jednotlivých stavebních částí dle předchozího rozdělení a vyčíslení reálného množství SDO.

4.3.1 Objekt depozitáře – skutečné množství SDO

Již při přípravě staveniště (odstraňování vrstev stávajících komunikací), a to při rozebírání stávající betonové dlažby, bylo zjištěno, že pod touto vrstvou se nachází původní asfaltový kryt tloušťky 100 mm. Tento asfaltový kryt bylo nutné odstranit pro budování dalších částí stavby. Celková odstraněná plocha asfaltového krytu byla přes 1 200 m².

Při odstraňování asfaltového krytu byl zjištěn problém s absencí konstrukčních vrstev původních komunikací. Konstrukční vrstvy se zde vůbec nevyskytovaly. Projekt uvažoval s odstraněním 1 600 m² podkladních šterkových vrstev v tloušťce do 400 mm a jejich zpětným využitím pro nové komunikace. Zemina,

kteřá se nacházela místo předpokládaných štěrků, byla vytěžena a odvezena na skládku.

Po odkopání zeminy na finální úroveň základové spáry hlavního objektu byl přivolán geotechnik a statik, aby byla potvrzena vhodnost a únosnost základové spáry, která byla požadována v hodnotě 15 MPa. Při statické zkoušce byla zjištěna u 75 % celkové plochy hlavního objektu nižší hodnota únosnosti pláne, než byla vyžadována, a bylo nutné základovou spáru sanovat. Sanace spočívala v odtěžení nevhodného výkopku v mocnosti 600 mm a následně zasypána vhodným materiálem.

Pro zásypy obvodového svahování okolo celého objektu hlavní budovy a základů spojovacího koridoru měla být využita vytěžená zemina. Vytěžená zemina opět nevyhovovala požadavkům na únosnost, a proto v místech budoucích komunikací bylo obvodové svahování zasypáno vhodným zásypovým materiálem dováženým z kamenolomu.

U objektu spojovacího koridoru bylo plánováno s výstavbou nové výtahové šachty. Tato výtahová šachta je umístěna v místech stávající betonové rampy a schodiště. VV obsahoval pouze práce a odpady spojené s bouráním schodiště.

Nevyužitá ornice, která měla být odvezena skládku, se uskladnila v areálu krajského úřadu na pozemku investora pro další budoucí využití. Celkový přehled SDO pro část objektu depozitáře je uveden v tabulce č. 12.

Tab. 12 Skutečné množství SDO pro část objekt depozitáře (Autor)

Kód odpadu	Množství [t]	Poznámka
SO01a - Hlavní objekt		
17 05 04	2 876,946	Výkop základů SO01a
17 01 01	33,236	Vybourané obrubníky a dlažba
17 05 04	724,863	Sanace základové spáry
17 05 04	431,364	Zásyp obvodového svahování
17 05 04	1 364,447	Příprava území
17 03 02	404,500	Stávající asfaltový kryt
SO01b - Spojovací koridor		
17 05 04	218,507	Výkop základů
17 01 01	18,860	Bourání schodiště a rampy
17 04 05	2,100	Demontáž ocelových konstrukcí
17 01 07	4,835	Bourání otvorů do stávající budovy

4.3.2 Přeložky inženýrských sítí – skutečné množství SDO

Nejvyšší podíl SDO u části přeložek inženýrských sítí tvoří zemina. Projekt uvažoval s použitím vytěžené zeminy pro zpětné zásypy, ale po statické zkoušce zemní pláně bylo rozhodnuto, že v místech nových komunikací bude vytěžená zemina odvezena na skládku a zpětný zásyp bude proveden z vyhovujícího materiálu.

Zásadnějším změnám se nevyhnuly přeložky inženýrských sítí u všech tří objektů. Před zahájením samotné realizace splaškové kanalizace byly přeměřeny skutečné výšky stoky a její spády. Po přeměření bylo zjištěno, že projektová dokumentace nekoresponduje se skutečností a bylo nutné upravit trasu kanalizace. Nově navržená trasa splaškové kanalizace je o 18 m delší, než uvádí projektová dokumentace.

Dešťová kanalizace byla provedena téměř dle projektové dokumentace. Zásadní změnou je propojení stávající dešťové stoky s nově budovanou v délce necelých 20 m. Naopak některé přípojky pro napojení uličních vpustí a dešťových svodů byly zkráceny.

Přeložka vodovodního řadu byla výrazně zkrácena. Jedním z důvodů byla nutnost zachovat vodovodní přípojky pro stávající budovy krajského úřadu, s kterými projektová dokumentace nepočítala. Dalším důvodem byla úspora finančních prostředků. Trasa přeložky vodovodního řadu byla zkrácena o 62 m.

Při výkopech kanalizačních řadů byly dále nalezeny betonové základové konstrukce bývalých budov kasáren v celkovém množství 45 m³. Tyto konstrukce byly vybourány a odvezeny k dalšímu zpracování. Celkový přehled SDO pro část přeložky inženýrských sítí je uveden v tabulce č. 13.

Tab. 13 Skutečné množství SDO pro část přeložky inženýrských sítí (Autor)

Kód odpadu	Množství [t]	Poznámka
SO05 - Splašková kanalizace		
17 05 04	653,262	Zemina z výkopů
17 01 01	155,230	Betonové základy starých konstrukcí
SO06 - Dešťová kanalizace		
17 05 04	1360,966	Zemina z výkopů
SO07 - Vodovodní řad		
17 05 04	325,915	Zemina z výkopů

4.3.3 Areálové komunikace – skutečné množství SDO

Celková plocha nově realizovaných komunikací se oproti projektové dokumentaci zásadně nezměnila. Jediným rozdílem je zúžení komunikace v jihovýchodní části objektu o 2,5 m z důvodu kolize s podzemním vedením vysokého napětí.

Největší změnou byla záměna finálních krytů objektů SO03 (komunikace) a SO04 (parkovací plochy). Projektová dokumentace uvažovala pro objekt SO03 kryt z betonové dlažby a pro objekt SO04 asfaltový povrch. Díky této změně bylo využito téměř veškeré množství původní betonové dlažby a zároveň bylo docíleno vyšší životnosti nově realizovaných komunikací. Kvůli propustnosti možných úkapů ropných a dalších nežádoucích látek skrz betonovou dlažbu, byla na parkovacích plochách realizována polyethylenová fólie s vysokou hustotou. Pokládka této fólie

měla za následek zvýšení množství celkových odkopávek na objektu SO04 (zvýšení odkopávek o 100 mm.m⁻², což činí navýšení přes 100 m³).

Změny tras inženýrských sítí se projevily také na stávajících komunikacích, kterých se stavba neměla dotknout. Především v severní a západní části staveniště došlo k rozebrání parkovacích ploch, při kterých byly nalezeny staré betonové konstrukce a asfaltové komunikace. Při zpětných opravách rozebraných parkovacích ploch opět došlo k navýšení celkové kubatury odkopávek.

Při provádění objektů SO09 (náhradní výsadba) a SO10 (veřejné osvětlení) nedošlo k žádným změnám. Celkový přehled SDO pro část areálové komunikace je uveden v tabulce č. 14.

Tab. 14 Skutečné množství SDO pro část areálové komunikace (Autor)

Kód odpadu	Množství [t]	Poznámka
SO02 - Chodníky		
17 05 04	78,768	Zemina z odkopávek
SO03 - Komunikace		
17 05 04	740,013	Zemina z odkopávek
SO04 - Parkovací plochy		
17 05 04	1 042,457	Zemina z odkopávek
17 01 01	12,024	Původní betonové konstrukce
17 03 02	25,120	Původní asfaltová komunikace
SO09 - Náhradní výsadba		
17 02 01	10,180	Kácené stromy a pařezy

4.4 Nakládání se SDO ze sledované stavby

Na stavbě depozitáře KV byly vyprodukovány různé SDO a bylo nutné je opětovně použít nebo uložit na příslušných skládkách a v recyklačních střediscích v Karlovarském kraji. S vyprodukovanými SDO sledovanými pro účely diplomové práce nakládali především dva poddodavatelé stavby (označení dodavatel A, B). Dodavatel A byl vybrán na výstavbu částí objekt depozitáře (příprava území a výkopy

pro SO01a) a přeložky inženýrských sítí, dodavatel B na výstavbu části areálových komunikací.

Dodavatel A veškeré SDO odvážel do kamenolomu Hutnický vrch u obce Smolné pece. Hutnický vrch se od sledované stavby nachází necelých 14 km. Dle informace od majitele společnosti byly veškeré vybourané hmoty (beton, asphalt a podobně) rozdraceny, přetříděny a dále prodány jako stavební a asfaltový recyklát. Odvážená zemina z výkopů byla použita pro rekultivace již vytěžených částí kamenolomu.

Dodavatel B vytěženou zeminu rovněž odvážel do kamenolomu Hutnický vrch. Vybouranou suť odvážel do vlastního recyklačního střediska v Chebu vzdáleného 43 km od sledované stavby. Recyklovaný materiál byl použit jako příměs do nových asfaltových směsí nebo dále prodán jako stavební recyklát.

4.5 Vyhodnocení celkové bilance SDO

V tabulce č. 15 je uvedena celková bilance mezi projektovaným a skutečným množstvím SDO na sledované stavbě. Projektované množství SDO bylo převzato ze stavebního VV. Skutečné množství bylo stanoveno na základě doložených vážních lístků od dodavatelů jednotlivých částí stavby. Pro jednotlivé objekty stavebních částí, u kterých nebylo možné přesné určení celkového množství SDO (zejména odkopávky komunikací), byla celková hmotnost SDO dopočtena součinem poměru mezi skutečnou a projektovanou celkovou hmotností SDO.

Tab. 15 Celková bilance SDO na sledované stavbě (Autor)

Projektované množství SDO		Skutečné množství SDO		
Kód odpadu	Množství [t]	Množství [t]	Rozdíl [t]	Poznámka
Část objekt depozitáře				
SO01a - Hlavní objekt				
17 05 04	3 329,889	5 397,620	2 067,731	Dopočet poměrem
17 01 01	54,195	33,236	-20,959	
17 03 02	73,550	404,500	330,950	
SO01b - Spojovací koridor				
17 05 04	191,155	218,507	27,352	
17 09 04	5,177	0,000	-5,177	
17 04 05	0,900	2,100	1,200	
17 01 07	0,000	4,835	4,835	
17 01 01	0,000	18,860	18,860	
Část přeložky inženýrských sítí				
SO05 - Splašková kanalizace				
17 05 04	236,592	653,262	416,670	
17 01 01	0,000	155,230	155,230	
SO06 - Dešťová kanalizace				
17 05 04	450,410	1 360,966	910,556	
SO07 - Vodovodní řad				
17 05 04	218,790	325,915	107,125	
Část areálové komunikace				
SO02 - Chodníky				
17 05 04	58,768	78,768	20,000	
SO03 - Komunikace				
17 05 04	429,754	740,013	310,259	Dopočet poměrem
SO04 - Parkovací plochy				
17 05 04	589,464	983,689	394,225	Dopočet poměrem
17 01 01	0,000	12,024	12,024	
17 03 02	0,000	25,120	25,120	
SO09 - Náhradní výsadba				
17 02 01	9,450	10,180	0,730	
Celkem [t]				
17 05 04	5 504,822	9 758,740	4 253,918	Zemina
17 01 01	54,195	219,350	165,155	Beton
17 03 02	73,550	429,620	356,070	Asfalt bez dehtu
17 09 04	5,177	0,000	-5,177	Směsný SDO
17 04 05	0,900	2,100	1,200	Železo a ocel
17 01 07	0,000	4,835	4,835	Směs betonu a cihel
17 02 01	9,450	10,180	0,730	Dřevo
Celkem	5 648,094	10 424,825	4 776,731	

4.6 Finanční analýza SDO ze sledované stavby

Pro vyhodnocení finančních dopadů celkové bilance SDO ze sledované stavby bude použito celkové vyčíslení SDO z tabulky č. 15. Finanční analýza bude obsahovat ceny za uložení konkrétního druhu SDO a náklady spojené s dopravou. Pro účely diplomové práce a z důvodu obchodního tajemství budou ceny za uvedené položky oceněny jednotkovými cenami (JC) metodikou ceníku CSÚRS 2021/1. Finanční analýza je vypracována v tabulce č. 16. Tabulka č. 16 obsahuje popis dané činnosti, měrnou jednotku (MJ), její množství, JC a celkovou cenu (celková cena = JC*množství). Místo pro uložení SDO bude uvažován kamenolom Hutnický vrch vzdálený 14 km od místa sledované stavby. Investor stavby si veškeré náklady na dopravu a uložení železného odpadu zajistil sám. Pro účely finanční analýzy na základě metodiky CSÚRS bude stanovena objemová hmotnost pro zeminu a kamení (17 05 04) na $1 \text{ m}^3 = 1,8 \text{ t.m}^{-3}$.

Tab. 16 Celková bilance finanční nákladů spojená s ukládáním SDO na sledované stavbě (Autor)

Projektované množství SDO					
Popis	MJ	Množství	JC	Cena celkem	Poznámka
Vodorovné přemístění výkopku do 10000m	[m ³]	3 058,234	256,00	782 908,02	
Vodorovné přemístění výkopku, příplatek za každý další 1 km	[m ³]	12 232,938	19,40	237 318,99	Hutnický vrch - 14 km
Uložení sypaniny na skládku	[m ³]	3 058,234	18,50	56 577,34	
Poplatek za uložení SDO na skládce, odpad 17 05 04	[t]	5 504,822	253,00	1 392 719,97	
Vodorovné přemístění suti do 1 km	[t]	142,372	42,70	6 079,28	
Vodorovné přemístění suti, příplatek za každý další 1 km	[t]	1 850,836	9,63	17 823,55	Hutnický vrch - 14 km
Poplatek za uložení SDO na skládce, odpad 17 01 01	[t]	54,195	162,00	8 779,59	Beton
Poplatek za uložení SDO na skládce, odpad 17 03 02	[t]	73,550	505,00	37 142,75	Asfalt
Poplatek za uložení SDO na skládce, odpad 17 09 04	[t]	5,177	596,00	3 085,49	Směsný SDO
Poplatek za uložení SDO na skládce, odpad 17 02 01	[t]	9,450	1 620,00	15 309,00	Dřevo
Celkem [Kč]					
Celkem:	2 557 743,98 Kč				
Skutečné množství SDO					
Popis	MJ	Množství	JC	Cena celkem	Poznámka
Vodorovné přemístění výkopku do 10000m	[m ³]	5 421,522	256,00	1 387 909,69	
Vodorovné přemístění výkopku, příplatek za každý další 1 km	[m ³]	21 686,089	19,40	420 710,12	Hutnický vrch - 14 km
Uložení sypaniny na skládku	[m ³]	5 421,522	18,50	100 298,16	
Poplatek za uložení SDO na skládce, odpad 17 05 04	[t]	9 758,740	253,00	2 468 961,22	
Vodorovné přemístění suti do 1 km	[t]	663,985	42,70	28 352,16	
Vodorovné přemístění suti, příplatek za každý další 1 km	[t]	8 631,805	9,63	83 124,28	Hutnický vrch - 14 km
Poplatek za uložení SDO na skládce, odpad 17 01 01	[t]	219,350	162,00	35 534,70	Beton
Poplatek za uložení SDO na skládce, odpad 17 03 02	[t]	429,620	505,00	216 958,10	Asfalt
Poplatek za uložení SDO na skládce, odpad 17 01 07	[t]	4,835	232,00	1 121,72	Směs betonu a cihel
Poplatek za uložení SDO na skládce, odpad 17 02 01	[t]	10,180	1 620,00	16 491,60	Dřevo
Celkem [Kč]					
Celkem:	4 759 461,76 Kč				

5 Výsledky a doporučení pro praxi

5.1 Výsledky - Celková bilance množství SDO

Porovnáním projektovaného a skutečného množství SDO v tabulce č. 15 bylo zjištěno, že skutečné množství vyprodukovaných SDO je přes 10 400 t, to je o necelých 46 % (4 776 t) vyšší hodnota, než bylo předpokládáno. Nejzásadnější rozdíl v celkové bilanci SDO je v množství vytěžené zeminy a kamení (rozdíl přes 4 200 t). Podíl zeminy a kamení ze všech skutečně vytěžených SDO tvoří bezmála 9 760 t. Tento rozdíl je dán několika aspekty:

- vytěžená zemina uvažovaná pro zpětné zásypy měla nevyhovující únosnost z důvodu vysoké vlhkosti až zamokření a geologickému složení (soudržné a nesoudržné zeminy). V důsledku těchto negativních vlastností byla zemina také špatně zhutnitelná a nedosahovala požadovaných statických parametrů,
- absence původních konstrukčních vrstev stávajících komunikací. Tento aspekt měl za následek navýšení kubatury ukládaných SDO o množství chybějících konstrukčních vrstev,
- rozpor mezi geodetickými mapovými podklady použitými pro zpracování projektové dokumentace a skutečností. Při geodetickém zaměření skutečného stavu byly zjištěny odchylky projekčních výškových kót stávajícího terénu staveniště,
- výškový a polohopisný rozpor nebo absence podkladů od správců inženýrských sítí (zejména dešťové kanalizace) na základě kterých vznikala projektová dokumentace pro přeložky,
- rozdíl mezi uvažovanou a skutečnou šířkou výkopů pro liniové objekty (kanalizační, vodovodní řady) na základě kterých vznikala stavební VV,
- odlišné výpočtové objemové hmotnosti vyprodukovaných SDO ve stavebním VV a skutečností,
- odchylky skutečných výšek zpětných zásypů, odkopávek a násypů oproti projektové dokumentaci,
- podíl vybourávaných hmot (beton, asfalt) představuje z celkové bilance 522 t, což činí přes 6 % množství všech skutečně vyprodukovaných odpadů. Tento rozdíl je v důsledku nálezů konstrukcí a komunikací z minulých dob.

5.2 Výsledky - Celková finanční bilance nakládání se SDO

V důsledku vysokého nárůstu celkového množství vyprodukovaných SDO se zvýšily i finanční náklady na následné uložení SDO. Původní náklady na uložení a odvoz SDO byly odhadovány na 2 557 000 Kč. Ve finále celkové náklady na odvoz a uložení SDO přesáhly částku ve výši 4 759 000 Kč, což je o 2 201 000 Kč více než předpoklad. Tyto vícenáklady tvoří 2,2 % z celkové ceny zakázky.

Celkové náklady na dopravu skutečně vyprodukovaných SDO tvoří 2 020 000 Kč. Celkové náklady spojené s uložení odpadu přesahují 2 739 000 Kč. Poměr mezi náklady za dopravu a uložení je 42 % doprava a 58 % uložení.

Nejzásadnější rozdíl je opět u odpadu ze zeminy kamení. Celkové náklady za uložení a dopravu tohoto SDO činí 4 377 000 Kč, což je o 1 908 000 Kč více než původní předpoklad. Skutečné finanční náklady za nakládání s vybouranými hmotami činí 381 000 Kč, což je o 293 00 Kč více než původní předpoklad.

Je důležité zmínit, že uvedené vícenáklady jsou vyčísleny pouze za odvoz a uložení SDO na skládce. Skutečné vícenáklady budou podstatně vyšší při dopočtu nákladů za provedené práce spojených s výkopy a bouráním konstrukcí.

5.3 Doporučení pro praxi

Vzhledem k vysokému nárůstu skutečného množství vyprodukovaných SDO spojených zejména s vytěženou zemínou a kamením lze navrhnout následující doporučení pro přípravnou fázi stavby (tvorba projektové dokumentace) a realizační fázi stavby.

5.3.1 Přípravná fáze stavby

Stanovení vhodného termínu výstavbu

Plánování termínu realizace stavby a to zejména práce spojené s výkopy, zásypy a násypy na příhodné klimatické podmínky. V zimním a podzimním období je vyšší pravděpodobnost vydatnějších srážek a nižších teplot, které s sebou nesou problémy spojené s promočením a zamrznáním konstrukčních vrstev zemních plání. V případě

sledované stavby byl dán investorem stavby termín pro zahájení výstavby na prosinec 2019 a ukončení v únoru 2021. Před zahájením samotné realizace základových konstrukcí objektu deponitáře bylo nezbytné přeložit inženýrské sítě pod navrhovanou budovou. Naopak realizace areálových komunikací se běžně provádí na závěr stavby. Plánování výstavby je omezeno nezřídka termínem poskytnutí dotace (i při této zakázce).

Provedení podrobného inženýrskogeologického průzkumu

Podrobný inženýrskogeologický průzkum (IGP) spočívá v provedení zkušebních vrtů v místě staveniště. Na základě podrobného IGP lze předvídat kvalitu těžných zemin a základové poměry, zjistit přítomnost nebo nepřítomnost stávajících konstrukčních vrstev a konstrukcí nebo zjistit přibližnou hladinu podzemní vody. Díky těmto podkladům lze upravit návrh zamýšlených základových konstrukcí (například záměna na hlubinné zakládání) a konstrukcí budoucích komunikací.

Provedení skutečného zaměření staveniště před zahájením projekčních prací

Zajištěním podrobného skutečného geodetického výškopisu (například pomocí 3D skenování) před zahájením samotných projekčních prací lze jednoduše stanovit hloubky navrhovaných výkopů a odkopávek a tím získat reálnější představu o vyprodukovaném množství odpadu ze zeminy a kamení.

Reálná dokumentace skutečného provedení inženýrských sítí

Zdokumentování skutečného směrového a výškového průběhu tras inženýrských sítí. Podklady od správců sítí nejsou vždy přesné a bývají staršího data. Pokud by při projekčních pracích byl k dispozici skutečný průběh tras inženýrských sítí, byly by eliminovány nákladné změny a termínová zpoždění spojená se změnou tras v průběhu výstavby.

Rezervy ve výpočtu vykázaného množství

Při výpočtových vzorcích stavebního VV uvažovat s rezervou v šířkách a rozsahu výkopů. Výpočetní šířky výkopů nejsou (ve většině případech) reálně proveditelné.

5.3.2 Realizační fáze stavby

Dodržení projektovaných hloubek výkopů a násypů

Striktně dodržovat a kontrolovat výšky výkopů, odkopávek, zásypů a násypů nových konstrukcí. Při „přesypání“ nebo „překopání“ nových konstrukcí dochází k dodatečným finančním vícenákladům a termínovým zpožděním.

Dodržení technologického postupu při provádění zemních prací

Dodržovat předepsaná pažení zejména pro hlubší výkopy. Při nepoužití pažení výkopu dochází k rozšíření výkopů a tím narůstá vytěžená kubatura výkopku, s níž jsou spojené další vícenáklady. V neposlední řadě je ohrožena bezpečnost pracovníků.

Kontrola odváženého množství SDO

Kontrola odváženého množství SDO na uložistiště odpadů. Následkem úmyslné nebo neúmyslné lidské chyby může docházet k navýšení nebo snížení množství uloženého SDO. Investor stavby a generální dodavatel může v místě staveniště zřídit kontrolní stanoviště určené ke kontrole počtu odjezdů nákladních automobilů. Poté lze porovnat množství doložených vážních lístků s počtem odjezdů nákladních vozidel.

6 Diskuze a závěr

6.1 Diskuze

Stavební průmysl je největším světovým znečišťovatelem životního prostředí. Dle uváděných zdrojů výstavba a následný provoz budov v EU spotřebuje více než 40 % veškeré vyrobené energie. Stavebnictví je dále zodpovědné za roční produkci 30 % CO₂ a vyprodukuje přes 40 % veškerých světových odpadů (Hájek, 2007). V ČR je produkce SDO o několik desítek procent vyšší než světový průměr. Dle dostupných dat z informačního systému odpadového hospodářství ČR (ISOH) bylo necelých 63 % všech vyprodukovaných odpadů za rok 2018 v ČR právě ze skupiny SDO (MŽP ČR, ©2016).

Na druhou stranu jsou SDO nejvyšší měrou opětovně využívány a minimálně skládkovány. Na základě dostupných informací z portálu ISOH je 88 % všech vyprodukovaných SDO materiálově využito a pouze 1,5 % je skládkováno (MŽP ČR, ©2016). Největším zastoupením materiálového využití SDO je takzvané umělé recyklované kamenivo, které může do značné míry přispět k úspoře přírodních vstupních surovin pro výrobu nových materiálů. Zároveň lze říci, že na kamenivo ze stavebních recyklátů se vztahují stejná pravidla a technické podmínky jako na kamenivo přírodní, což v určitých aspektech limituje hojnější využití stavebních recyklátů. Jako příklad lze uvést využití betonového recyklátu do nových betonových směsí. Betonové směsi s přidaným stavebním recyklátem mají v důsledku vysoké nasákavosti recyklátu výrazně nižší pevnostní charakteristiky (MŽP ČR, ©2016).

Na začátku roku 2021 začal být v ČR účinný nový zákon o odpadech (541/2020 Sb.), který zásadní měrou upravuje (navyšuje) minimální poplatky za ukládání odpadu na skládkách. Z tohoto lze předpokládat, že skládkování SDO se tímto ještě více omezí a zároveň stoupne podíl zpětného využití těchto odpadů. Otázkou ovšem zůstává, zda se recyklovaný SDO efektivně využije. Jak již bylo řečeno, materiálové využití je zejména o přetvoření odpadu na stavební recykláty, které jsou ve spoustě případech deponovány na recyklačních centrech a není o ně zájem ani zadarmo nebo je z legislativních důvodů nelze využít. Podobný problém je také s využitím přebytečné zeminy a kamení při výkopových pracích. Řeč je především o vyhlášce

č. 294/2005 Sb., která upravuje podmínky pro použití odpadu na zpětné zásypy, konkrétně množství škodlivých látek obsažených v sušině používaného odpadu. Množství škodlivých látek obsažených v recyklovaném odpadu, a to zejména arsenu a PAU, ve většině případech překračuje limity stanovené touto vyhláškou. Z pohledu evropského měřítko jsou tyto hodnoty velmi přísné. Například Švédsko povoluje pětkrát větší koncentraci arsenu v sušině než ČR (ČR 10 mg.kg^{-1} , Švédsko 50 mg.kg^{-1}). V současné době se čeká na nové prováděcí vyhlášky k novému zákonu o odpadech a rozhodující bude, zda tyto limity budou nastaveny na přijatelnější hodnoty, které by umožnily širší využití recyklovaných SDO v praxi (Škopán, 2017).

Jedním z hlavních cílů každé stavby vždy zůstává její finanční výsledek. Nakládání se SDO stojí stavebníka v průměru 3 – 4 % z celkových nákladů stavby (Osmani, 2011). Tyto hodnoty se shodují s provedenou analýzou v diplomové práci a je nutné podotknout, že tato finanční hodnota bývá nezdědka kalkulována jako zisk dodavatele stavby u stavebních zakázek. Vhodným projektovým řešením, následným správným prováděním postupu výstavby a nastavením vhodného odpadového hospodářství stavby lze uspořit finance nejen stavebníkovi, ale i dodavateli stavby.

6.2 Závěr

Diplomová práce měla za cíl analyzovat a hodnotit celkovou bilanci projektovaného a skutečného množství vyprodukovaných SDO ze stavby „Ochrana, zefektivnění správy, zpřístupnění a využívání knihovnických fondů Krajské knihovny Karlovy Vary“. Následným porovnáním byl vyčíslen rozdíl celkové hmotnosti vyprodukovaných SDO a jeho finanční dopad na stavbu.

Výsledkem bylo zjištění, že teoretické množství uváděné ve stavebním výkazu výměr se zcela neshoduje se skutečným množstvím, a to téměř o dvojnásobek celkového uvažovaného množství. Po vyhodnocení výsledků byla navržena doporučení pro praxi, která navrhuje termínová, průzkumná, technologická a organizační opatření jak pro přípravnou (projekční), tak pro realizační fázi výstavby.

Celkové výsledky ze sledované stavby svědčí o tom, že i přes naplánovanou projektová řešení k omezení vzniku SDO při výstavbě a s tím související finanční úspory, se neshodují se skutečností. Důsledkem této neshody byly především nepředpokládané

geologické poměry a výskyt starých skrytých konstrukcí. Tyto nepřepokládané aspekty je možné do značné míry eliminovat prostřednictvím nejrůznějších průzkumů při tvorbě projektové dokumentace.

Kladením vyšších nároků na důkladnější přípravnou fázi projektu, správným plánováním a vhodným postupem výstavby lze uspořit finanční prostředky všem zúčastněným stranám. V neposlední řadě lze těmito postupy také docílit vyššího předcházení vzniku odpadů, které povede k příznivějšímu stavu životního prostředí.

7 Seznam použité literatury

Odborné publikace

Brusatin G. a kol., 2004: Production of foam glass from glass waste. In: Proceedings of the international conference on sustainable waste management and recycling: glass waste: 67-69.

Hájek P., 2007: Udržitelná výstavba v podmínkách České republiky. In Konference Dřevo–materiál pro (Vol. 3). 2-2.

Hanley G. D., 2011: Toxicological Profile for Asbestos. Diane Publishing, Atlanta, 59 s.

Holoubek I., 2000: Polychlorinated Biphenyls (PCBs). World-Wide Contaminated Sites, Brno, 36 ss

Kočí V., 2012: LCA a EPD stavebních výrobků: posuzování životního cyklu a environmentální prohlášení o produktu jako cesta k udržitelnému stavebnictví. Česká rada pro šetrné budovy, Praha, 151 s.

Kusiorowskik R. a kol., 2012: Thermal decomposition of different types of asbestos. Journal of thermal analysis and calorimetry: 693-704.

Osmani M., 2011: Construction waste. Academic Press: 207-218.

Paolini V. a kol., 2019: Asbestos treatment technologies. Journal of Material Cycles and Waste Management 2: 205-226.

Peduzzi P., 2014: Sand, rarer than one thinks. Environmental Development 11: 208-208.

Škopán M., 2017: Recykláty z inertních stavebních a demoličních odpadů. Odpadové fórum: Odborný měsíčník pro průmyslovou a komunální ekologii, 12: 16-19.

Winkler G., 2010: Recycling construction & demolition waste: a LEED-based toolkit. McGraw-Hill Professional, 256 s.

Zajíček J. a kol., 2014: Technologie stavby vozovek. Informační centrum ČKAIT, Praha: 394 s.

Legislativní zdroje

Nařízení komise EU č. 1357/2014 ze dne 18. prosince 2014, kterým se nahrazuje příloha III směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES o odpadech a o zrušení některých směrnic.

ČSN EN 13108-8: Asfaltové směsi - Specifikace pro materiály - Část 8: R-materiál. Evropský výbor pro normalizaci, Brusel, 2016. 16 s.

Směrnice Evropského parlamentu 2008/98/ES o odpadech a zrušení některých směrnic.

Vyhláška č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, v platném znění.

Vyhláška č. 8/2021 Sb., o katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů.

Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech.

Internetové zdroje

ARSM ©2019: Podstata recyklace stavebních odpadů (online), [cit. 2021.02.24], dostupné z: <<http://arism.cz/podstata.php>>

ČESKÁ ENERGETIKA, ©2009: Co je PCB a Delor (online) [cit. 2021.01.26], dostupné z

<https://www.ceskaenergetika.cz/kompenzace_jaloveho_vykonu_ucinik_dekompenzace/co_je_pcb_a_delor.html>

BUKOVSKÝ, L., 2019: Stavební a demoliční odpad (online) [cit. 2021.01.17], dostupné z <<http://zpravy.ckait.cz/vydani/2019-03/stavebni-a-demolicni-odpady/>>

ČESKÁ RADA PRO ŠETRNÉ BUDOVY, ©2020: Šetrné budovy a komplexní certifikační systémy (online) [cit. 2021.02.28], dostupné z: <<https://www.czgbc.org/files/2021/01/738fb89879d9a56abcc3fb11ed7acce7.pdf>>

DOHNAL, R., 2018a: Nová krize na obzoru: Kdy dojdou zásoby písku? (online) [cit. 2021.02.26], dostupné z: <<https://www.estav.cz/cz/6879.nova-krize-na-obzoru-kdy-dojdou-zasoby-pisku>>

DOHNAL, R., 2018b: Umění recyklace: Staré cihly rozdrťí a tvoří z nich nové (online) [cit. 2021.02.26], dostupné z: <<https://www.estav.cz/cz/5876.umeni-recyklace-ze-starych-cihel-tvori-nove-cihly>>

ENVI GROUP, ©2015a: Jaká jsou environmentální rizika recyklátů ze stavebních odpadů (online) [cit. 2021.02.24], dostupné z: <<https://www.envigroup.cz/aktualita-477.html>>

ENVI GROUP, ©2015b: Ještě jednou stavební polystyren (online) [cit. 2021.02.26], dostupné z: <<https://www.envigroup.cz/jeste-jednou-stavebni-polystyren.html>>

EUROSTAT, ©2019: Statistika odpadů (online) [cit. 2021.01.17], dostupné z <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics/cs&oldid=504412#Celkov.C3.A1_produkcce_odpad.C5.AF>

JUNGA, P., 2015: Sklárky odpadů a technologické linky třídění odpadů nové (online)[cit. 2021.02.27], dostupné z: <https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/210/17166.pdf>

KOHOUTOVÁ, A. a PROCHÁZKA, J., 2015: Recyklace betonu (online) [cit. 2021.02.26], dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/www/prochja2/YTBK/Prednaska_10_2015.pdf>

MŽP ČR, ©2016: Veřejné informace o produkci a nakládání s odpady (online) [cit. 2021.01.28], dostupné z <<https://isoh.mzp.cz/VISOH/Main/PrednastaveneZobraz>>

NOVÁKOVÁ, I. a MIKULICA, K., 2018: Faktory ovlivňující kvalitu recyklovaného betonového kameniva (online) [cit. 2021.02.26], dostupné z: <<https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/18061-faktory-ovlivnujici-kvalitu-recyklovaneho-betonoveho-kameniva>>

POJAR, P., 2012: Co se stavebním odpadem (online), [cit. 2021.02.23], dostupné z: <<https://www.ceskestavby.cz/clanky/co-se-stavebnim-odpadem-20916.html>>

SAINT-GOBAIN, ©2021: Výroba pěnového polystyrenu (online) [cit. 2021.02.26], dostupné z: <<https://www.isover.cz/aktuality/vyroba-penoveho-polystyrenu>>

STAVEBNÍ TECHNIKA, ©2021: Vývojové trendy v technologiích pro recyklaci stavebních a demoličních odpadů (online) [cit. 2021.02.24], dostupné z: <<https://www.stavebni-technika.cz/clanky/trendy-v-technologiich-pro-recyklaci-odpadu>>

ŠKOPÁN, M., 2009: Možnosti zvyšování jakosti recyklátů ze stavebních a demoličních odpadů (online) [cit. 2021.02.24], dostupné z: <<http://www.enviweb.cz/77001>>

ŠTENKO, M. a kol, 2007: Využití recyklovaného pěnového polystyrenu EPS ve výrobě suchých stavebních směsí. (online) [cit. 2021.02.26] dostupné z: <<http://www.arasm.cz/info/Recycling2007.pdf>>.

Ostatní zdroje

Cenia, 2019: Statistická ročenka životního prostředí České republiky. MŽP ČR, Praha, 558 s.

MŽP ČR, 2018: Metodický návod odboru odpadů Ministerstva životního prostředí pro řízení vzniku stavebních a demoličních odpadů a pro nakládání s nimi. Odpor odpadů MŽP ČR, Praha, 29 s.

MŽP ČR, 2014: Plán odpadového hospodářství České republiky pro období 2015 – 2024. MŽP ČR, Praha, 182 s.

Green Solution, 2017: Průvodce předcházením vzniku stavebních odpadů. MŽP ČR, Praha, 30 s.

Míka, M., 2018: Rozšíření kapacity budovy C krajské knihovny. Ing. arch. Miroslav Míka, Mariánské Lázně.

Nitschová, D., 2009: Možnosti zpracování nebezpečných odpadů. Technická univerzita Ostrava, Fakulta hornicko-geologická, Ostrava. 78 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep. ÚK/Sklad diplomových prací.

Vysoké učení technické v Brně, 2011: Užití recyklovaných stavebně demoličních materiálů do pozemních komunikací. Fakulta stavební Vysoké učení technické v Brně, Brno, 24 s.

Seznam obrázků:

- Obr. 1 Schéma posloupnosti získávání stavebního recyklátu ze SDO (ARSM: Podstata recyklace stavebních odpadů (online), [cit. 2021.02.24], dostupné z: <<http://arism.cz/podstata.php>>).
- Obr. 2 Fotografie běžné mobilní recyklační linky SDO (STAVEBNÍ TECHNIKA: Vývojové trendy v technologiích pro recyklaci stavebních a demoličních odpadů (online) [cit. 2021.02.24], dostupné z: <<https://www.stavebni-technika.cz/clanky/trendy-v-technologiech-pro-recyklaci-odpadu>>).
- Obr. 3 Fotografie tepelně izolačního podsypu pod základovou konstrukcí rodinného domu (ČESKÉ STAVBY: Pěnové sklo - výborná tepelná izolace při zakládání domu (online) [cit. 2021.02.24], dostupné z: <<https://www.ceskestavby.cz/clanky/video-penove-sklo-vyborna-tepelna-izolace-pri-zakladani-domu-27667.html>>).
- Obr. 4 Fotografie cihly z recyklovaného odpadu (DOHNAL, R: Umění recyklace: Staré cihly rozdrťí a tvoří z nich nové (online) [cit. 2021.02.26], dostupné z: <<https://www.estav.cz/cz/5876.umeni-recyklace-ze-starych-cihel-tvori-nove-cihly>>).
- Obr. 5 Schéma vrstev skládky odpadů (MITHCON: Engineered Landfill Service (online) [cit. 2021.02.26], dostupné z: <<http://www.mythcon.net/engineered-landfill-service-2311343.html>>).
- Obr. 6 Obrázek loga certifikace EPD (ECO PLATFORM: Our “ECO EPD Programmes”(online) [cit. 2021.02.26], dostupné z: <<https://www.eco-platform.org/the-eco-epd-programs.html>>).
- Obr. 7 Obrázek loga nejpoužívanějších certifikačních systémů (ČESKÁ RADA PRO ŠETRNÉ BUDOVY: Šetrné budovy a komplexní certifikační systémy (online) [cit. 2021.02.28], dostupné z: <<https://www.czgbc.org/files/2021/01/738fb89879d9a56abcc3fb11ed7acce7.pdf>>).

Obr. 8 Vizualizace objektu nového depozitáře (REGIONÁLNÍ STAVEBNÍ SDRUŽENÍ KARLOVY VARY: Depozitář Krajské knihovny”(online) [cit. 2021.02.26], dostupné z: <<http://www.stavbykarlovarska.cz/cz/hlasovani/depozitar-krajske-knihovny-309>>).

Seznam tabulek:

- Tab. 1 Přehled množství SDO v ČR za posledních 7 let (Cenia, 2019: Statistická ročenka životního prostředí České republiky. MŽP ČR, Praha, 558 s.)
- Tab. 2 Bilance odpadů ČR za rok 2018 (Cenia, 2019: Statistická ročenka životního prostředí České republiky. MŽP ČR, Praha, 558 s.)
- Tab. 3 Množství vyprodukovaných nebezpečných odpadů za rok 2018 v ČR (Cenia, 2018: Statistická ročenka životního prostředí České republiky. MŽP ČR, Praha. 558 s.)
- Tab. 4 Způsob nakládání se stavebním a demoličním odpadem za rok 2018 v ČR Bilance odpadů ČR za rok 2018 (MŽP ČR: Veřejné informace o produkci a nakládání s odpady (online) [cit. 2021.01.17], dostupné z <<https://isoh.mzp.cz/VISOH/Main/PrednastaveneZobraz>>).
- Tab. 5 Porovnání nakládání s SDO a ostatními skupinami odpadu za rok 2018 v ČR Bilance odpadů ČR za rok 2018 (MŽP ČR: Veřejné informace o produkci a nakládání s odpady (online) [cit. 2021.01.28], dostupné z <<https://isoh.mzp.cz/VISOH/Main/PrednastaveneZobraz>>).
- Tab. 6 Povolený obsah R-materiálu v nových asfaltových směsích (ČSN EN 13108-8: Asfaltové směsi - Specifikace pro materiály - Část 8: R-materiál).
- Tab. 7 Sazba pro jednotlivé dílčí základy poplatku za ukládání odpadů na skládku v ČR (zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech).
- Tab. 8 Uvažované objemové hmotnosti jednotlivých druhů SDO (Autor)
- Tab. 9 Předpokládané množství SDO pro část objekt depozitáře (Míka, M.: Rozšíření kapacity budovy C krajské knihovny).
- Tab. 10 Předpokládané množství SDO pro část přeložky inženýrských sítí (Míka, M.: Rozšíření kapacity budovy C krajské knihovny).
- Tab. 11 Předpokládané množství SDO pro část areálové komunikace (Míka, M.: Rozšíření kapacity budovy C krajské knihovny).
- Tab. 12 Skutečné množství SDO pro část objekt depozitáře (Autor)

- Tab. 13 Skuteční množství SDO pro část přeložky inženýrských sítí (Autor)
- Tab. 14 Skutečné množství SDO pro část komunikace (Autor)
- Tab. 15 Celková bilance SDO na sledované stavbě (Autor)
- Tab. 16 Celková bilance finanční nákladů spojená s ukládáním SDO na sledované stavbě (Autor)

Seznam příloh

Příloha 1 Rozdělení podskupin a druhů stavebních a demoličních odpadů dle
vyhlášky č. 8/2021 Sb. (vyhláška č. 8/2021 Sb.)

8 Přílohy

Příloha 1 Rozdělení podskupin a druhů stavebních a demoličních odpadů dle vyhlášky č. 8/2021 Sb. (vyhláška č. 8/2021 Sb.)

17 STAVEBNÍ A DEMOLIČNÍ ODPADY (VČETNĚ VYTĚŽENÉ ZEMINY Z KONTAMINOVANÝCH MÍST)	
Katalogové číslo	Popis
17 01	Beton, cihly, tašky a keramika
17 01 01	Beton
17 01 02	Cihly
17 01 03	Tašky a keramické výrobky
17 01 06*	Směsi nebo oddělené frakce betonu, cihel, tašek a keramických výrobků obsahující nebezpečné látky
17 01 07	Směsi nebo oddělené frakce betonu, cihel, tašek a keramických výrobků neuvedené pod číslem 17 01 06
17 02	Dřevo, sklo a plasty
17 02 01	Dřevo
17 02 02	Sklo
17 02 03	Plasty
17 02 04*	Sklo, plasty a dřevo obsahující nebezpečné látky nebo nebezpečnými látkami znečištěné
17 03	Asfaltové směsi, dehet a výrobky z dehtu
17 03 01*	Asfaltové směsi obsahující dehet
17 03 02	Asfaltové směsi neuvedené pod číslem 17 03 01
17 03 03*	17 03 03* Uhelny dehet a výrobky z dehtu
17 04	17 04 Kovy (včetně jejich slitin)
17 04 01	Měď, bronz, mosaz
17 04 02	Hliník
17 04 03	Olovo
17 04 04	Zinek
17 04 05	Železo a ocel
17 04 06	Cín
17 04 07	Směsné kovy
17 04 09*	Kovový odpad znečištěný nebezpečnými látkami
17 04 10*	Kabely obsahující ropné látky, uhelný dehet a jiné nebezpečné látky
17 04 11	Kabely neuvedené pod číslem 17 04 10
17 05	Zemina (včetně vytěžených zeminy z kontaminovaných míst), kamení, vytěžená jalová hornina a hlušina
17 05 03*	Zemina a kamení obsahující nebezpečné látky
17 05 04	Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17 05 03
17 05 04 01	Sedimenty vytěžené z koryt vodních toků a vodních nádrží
17 05 05*	Vytěžená jalová hornina a hlušina obsahující nebezpečné látky
17 05 06	Vytěžená jalová hornina a hlušina neuvedená pod číslem 17 05 05
17 05 07*	Štěrky ze železničního svršku obsahující nebezpečné látky

17 05 08	Štěrk ze železničního svršku neuvedený pod číslem 17 05 07
17 06	Izolační materiály a stavební materiály s obsahem azbestu
17 06 01*	Izolační materiál s obsahem azbestu
17 06 03*	Jiné izolační materiály, které jsou nebo obsahují nebezpečné látky
17 06 03 01*	Izolační materiály na bázi polystyrenu obsahující nebezpečné látky
17 06 04	Izolační materiály neuvedené pod čísly 17 06 01 a 17 06 03
17 06 04 01	Izolační materiály na bázi polystyrenu s obsahem POPs vyžadující specifický způsob nakládání s ohledem na nařízení o POPs
17 06 04 02	Izolační materiály na bázi polystyrenu
17 06 05*	Stavební materiály obsahující azbest
17 08	Stavební materiál na bázi sádry
17 08 01*	Stavební materiály na bázi sádry znečištěné nebezpečnými látkami
17 08 02	Stavební materiály na bázi sádry neuvedené pod číslem 17 08 01
17 09	Jiné stavební a demoliční odpady
17 09 01*	Stavební a demoliční odpady obsahující rtuť
17 09 02*	Stavební a demoliční odpady obsahující PCB (např. těsnící materiály obsahující PCB, podlahoviny na bázi pryskyřic obsahující PCB, utěsněné zasklené dílce obsahující PCB, kondenzátory obsahující PCB)
17 09 03*	Jiné stavební a demoliční odpady (včetně směsných stavebních a demoličních odpadů) obsahující nebezpečné látky
17 09 04	Směsné stavební a demoliční odpady neuvedené pod čísly 17 09 01, 17 09 02 a 17 09 03

* *Nebezpečný odpad*