

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
STAVEBNÍ FAKULTA

Katedra konstrukcí pozemních staveb



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Využití principů cirkulární ekonomiky v navrhování kancelářských budov

Utilization of the circular economy principles in office buildings' design

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb
Vedoucí práce: Ing. Antonín Lupíšek, Ph.D.
Vypracovala: Bc. Nika Trubina

Praha 2022



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Trubina</u>	Jméno: <u>Nika</u>	Osobní číslo: <u>503272</u>
Zadávací katedra: <u>K124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb</u>		
Studijní program: <u>N3607 Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Využití principů cirkulární ekonomiky v navrhování kancelářských budov</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Utilization of the circular economy principles in office buildings' design</u>	
Pokyny pro vypracování: Rámcový obsah práce: <ul style="list-style-type: none">- Rešerše principů cirkulární ekonomiky ve stavebnictví obecně a se zaměřením na kancelářské budovy- Možnosti hodnocení návrhu budov z pohledu cirkulární ekonomiky- Případová studie aplikace principů cirkulární ekonomiky na konkrétní kancelářské budově<ul style="list-style-type: none">- Vyhodnocení výchozího stavu- Návrhy konstrukčních a dalších opatření podporujících cirkulární ekonomiku- Vyhodnocení navrženého stavu- Celkové zhodnocení a závěry	
Seznam doporučené literatury:	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Ing. Antonín Lupíšek, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>21.9.2021</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>2.1.2022 (KOS)</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

<u>21.9.2021</u>	Podpis studenta(ky)
Datum převzetí zadání	

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Nika TRUBINA

Název diplomové práce: Využití principů cirkulární ekonomiky v navrhování kancelářských budov

Základní část: KPS podíl: 90 %

Formulace úkolů: VIZ ZADÁNÍ DP

Podpis vedoucího DP: Datum: 21.9.2021

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: ODK podíl: 10 %

Konzultant (jméno, katedra): DOLEJŠ

Formulace úkolů: STATICKÝ NÁVRH STROPNÍK A PRŮVLAKŮ SKELETU, DISPOZIČNÍ SCHEMA STROPNÍ KONSTRUKCE.

Podpis konzultanta: Datum: 30.11.2021

3. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci na téma „Využití principů cirkulární ekonomiky v navrhování kancelářských budov“ vypracovala samostatně za odborného vedení Ing. Antonína Lupíška, Ph.D. a použila jsem pouze zdroje uvedené v seznamu použité literatury.

V Praze, dne 2. 1. 2022

Podpis

Nika Trubina

Poděkování

Především ráda bych poděkovala svému vedoucímu diplomové práce Ing. Antonínu Lupíškovi Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, cenné připomínky při zpracování, trpělivost a pozitivní přístup. Dále bych chtěla poděkovat doc. Dr. Ing. Jakubu Dolejšovi, IWE za poskytnuté konzultace a Ing. Ctislavu Fialovi, Ph.D., Ing. Michalu Burešovi, Ph.D., Ing. Janu Peště za užitečné podklady. Velké poděkování patří také celé mé rodině, příteli a přátelům, kteří mne po celou dobu studia podporovali.

Abstrakt

Práce se zabývá problematikou využití principů cirkulární ekonomiky ve stavebnictví, zejména v navrhování kancelářských budov.

V teoretické části diplomové práce jsou rozebrány zásadní definice cirkulární ekonomiky, její hlavní principy, implementace v rámci České republiky obecně a se zaměřením na odvětví stavebnictví s příklady dobré praxe. Dále byla provedena analýza hodnocení návrhu budov z pohledu cirkulární ekonomiky podle existujících certifikačních nástrojů. Na základě této analýzy byla vypracována nová kritéria, která jsou nezbytná pro hodnocení kancelářských budov.

Praktická část řeší případovou studii projektu, ve které jsou aplikována nově vyvinutá kritéria. Na jejich základě byla budova vyhodnocena a navržena řada optimalizačních konstrukčních a dalších opatření.

Klíčová slova

Cirkulární ekonomika, kritéria hodnocení budov, certifikační nástroje, administrativní budova, případová studie, recyklace, opětovné použití.

Abstract

The work is devoted to the use of the principles of circular economy in construction, especially in the design of office buildings.

The theoretical part of the thesis discusses the basic definitions of circular economics, its main principles, implementation in the Czech Republic in general and with a focus on the construction industry with examples of good practice. Furthermore, an analysis of the evaluation of building design from the perspective of circular economics according to existing rating systems and certification tools was performed. Based on this analysis, new criteria have been developed that are necessary for the evaluation of office buildings.

The practical part is represented as a case study of the project, in which the newly developed criteria are applied. Based on them, the building was evaluated and a number of optimization design and other measures were proposed.

Key words

Circular economy, office buildings, building circularity, indicators, certification tools, case study, recycling, reuse.

OBSAH

1. Úvod	8
2. Cirkulární ekonomika	9
2.1. Defínice	9
2.2. Strategie a principy cirkulární ekonomiky	12
2.3. Legislativa EU	13
3. Příklad implementace cirkulární ekonomiky v ČR	15
4. Analýza hodnocení návrhu budov z pohledu cirkulární ekonomiky	17
4.1. Principy cirkulární ekonomiky ve stavebnictví	17
4.2. Příklady dobré praxe	21
4.3. Hodnocení návrhu budov z pohledu cirkulární ekonomiky podle certifikačních nástrojů	27
5. Navržená hodnoticí kritéria	32
5.1. Hodnoticí kritérium č. 1 – Prodloužení životnosti budovy se zaměřením na funkční přízpůsobivost.	32
5.2. Hodnoticí kritérium č. 2 – Redukce množství použitých materiálů	34
5.3. Hodnoticí kritérium č. 3 – Umožnění budoucího opětovného využití stavebních prvků	34
5.4. Hodnoticí kritérium č. 4 – Redukce stavebního odpadu.	35
5.5. Hodnoticí kritérium č. 5 – Využití materiálů s obsahem recyklované složky	35
6. Případová studie	37
6.1. Identifikační údaje stavby	37
6.2. Účel objektu	37
6.3. Architektonické a funkční řešení	37
6.4. Konstrukční stavebně – technické řešení objektu	39
6.4.1. Zemní práce	39
6.4.2. Základové konstrukce	39
6.4.3. Konstrukční řešení stavby	39
6.4.4. Vodorovné nosné konstrukce	39
6.4.5. Svislé nosné konstrukce	39
6.4.6. Obvodový plášť	40
6.4.7. Vertikální doprava	40
6.4.8. Instalační šachty, podhledy a příčky	40
6.4.9. Střecha	41
6.4.10. Podlaha	41
6.4.11. Povrchové úpravy	41
7. Vyhodnocení stávajícího stavu budovy	42
7.1. Hodnoticí kritérium č. 1 – Prodloužení životnosti budovy se zaměřením na funkční přízpůsobivost.	42

7.2. Hodnoticí kritérium č. 2 – Redukce množství použitých materiálů.	43
7.3. Hodnoticí kritérium č. 3 – Umožnění budoucího opětovného využití stavebních prvků.	45
7.4. Hodnoticí kritérium č. 4 – Redukce stavebního odpadu.	45
7.5. Hodnoticí kritérium č. 5 – Využití materiálů s obsahem recyklované složky.	45
8. Návrh optimalizačních opatření	46
9. Vyhodnocení navrženého stavu.	61
9.1. Hodnoticí kritérium č. 1 – Prodloužení životnosti budovy se zaměřením na funkční přizpůsobivost.	61
9.2. Hodnoticí kritérium č. 2 – Redukce množství použitých materiálů.	62
9.3. Hodnoticí kritérium č. 3 – Umožnění budoucího opětovného využití stavebních prvků.	64
9.4. Hodnoticí kritérium č. 4 – Redukce stavebního odpadu.	64
9.5. Hodnoticí kritérium č. 5 – Využití materiálů s obsahem recyklované složky.	64
10. Porovnání variant.	64
11. Diskuze	66
12. Závěr.	67
Seznam použité literatury	68
Seznam tabulek	71
Seznam obrázků	72
Seznam grafů	73
Seznam příloh	73

1. Úvod

Dnes většina lidí si stále více uvědomuje, že není možné donekonečna vyrábět a pouze spotřebovávat zdroje. Ve veřejné sféře v posledních letech dominuje agenda udržitelného rozvoje týkající se dopadu na životní prostředí a využívání zdrojů. Hlavní úkol pro lidstvo a planetu je zachování životního prostředí budoucím generacím. Stavebnictví je jedním ze základních antropogenních faktorů ovlivňujících okolní prostředí, které produkuje enormní množství odpadu. Stále se proto hledají řešení v podobě vypracování nové legislativy, energetické certifikace budov, udržitelném navrhování. V poslední době se cirkulární ekonomika stala nedílnou součástí strategií udržitelného rozvoje. Uplatňování principů oběhového hospodářství a efektivity zdrojů ve stavebnictví za účelem snížení spotřeby zdrojů v budoucnu je nyní více než kdy jindy žádoucí. Přijetí principů oběhového hospodářství může zemím přinést nejen ekologické a sociální výhody, ale také ekonomické výhody.

Výběr kritérií pro hodnocení budov se obvykle liší v závislosti na zadání a na tom, čeho chceme dosáhnout. Tyto typy certifikací jsou obvykle zcela založeny na posouzení různých faktorů jako ekonomické, environmentální, sociální, lokální atd.

Cíl práce a postup

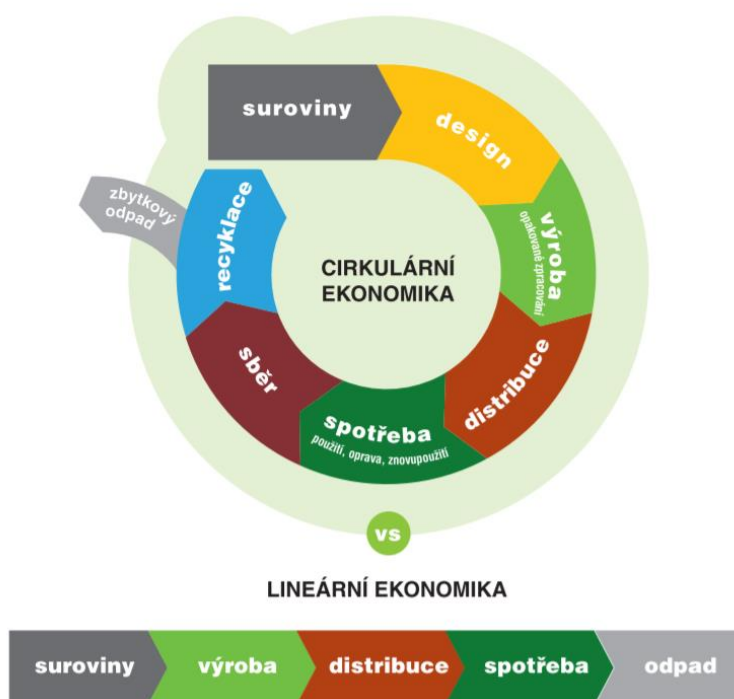
Cílem této diplomové práce je studium principů cirkulární ekonomiky a analýza možností jejich aplikace pro navrhování administrativních budov a také zvážit a najít způsob, jak je systematicky hodnotit.

Za tímto účelem budou prozkoumány hlavní principy a strategie oběhového hospodářství, evropská a česká legislativa, implementace v rámci České republiky obecně a v odvětví stavebnictví s příklady dobré praxe. Dále bude provedena analýza hodnocení návrhu budov z pohledu cirkularity podle existujících certifikačních nástrojů. Pokud hodnocení cirkularity v certifikačních nástrojích nebude dostatečné, budou navržena nová kritéria, aby díky tomuto systému hodnocení bylo možné posoudit kteroukoliv administrativní budovu.

V praktické části bude řešena případová studie referenčního projektu a budou použita navržená kritéria podporující principy cirkulární ekonomiky podle provedené rešerše. Na základě toho bude vyhodnocen výchozí stav budovy a navržen a vyhodnocen stav po případné aplikaci řady optimalizačních konstrukčních a dalších opatření. Důležité je také analyzovat, které principy byly vhodné a jaký je další vývoj této problematiky.

2. Cirkulární ekonomika

V druhé polovině XX. století po analýze negativních dopadů vědecké a technologické revoluce světová vědecká komunita dospěla k závěru, že lineární model ekonomiky „suroviny – výroba – distribuce – spotřeba – odpad“ je zastaralý. Zdroje na planetě jsou omezené, ale společnost stále čerpá 1,5krát více zdrojů, než kolik by měla naše planeta k dispozici, naše prostředí to prostě už déle nevydrží. Proto bylo rozhodnuto začít hledat alternativní řešení. Ke slovu se namísto tradičního lineárního modelu ekonomiky dostává kruhový přístup minimalizace odpadu a jeho efektivní opětovné využití, který může pomoci vytvořit udržitelné i efektivní hospodářství a snížit dopad na životní prostředí. Tato koncepce se jmenuje *cirkulární ekonomika*. [Obr. 1] V první řadě je nezbytné definovat základní pojmy, které jsou potřeba k vymezení podstaty této práce.



Obr. 1 - Rozdíl mezi cirkulární a lineární ekonomikou [1]

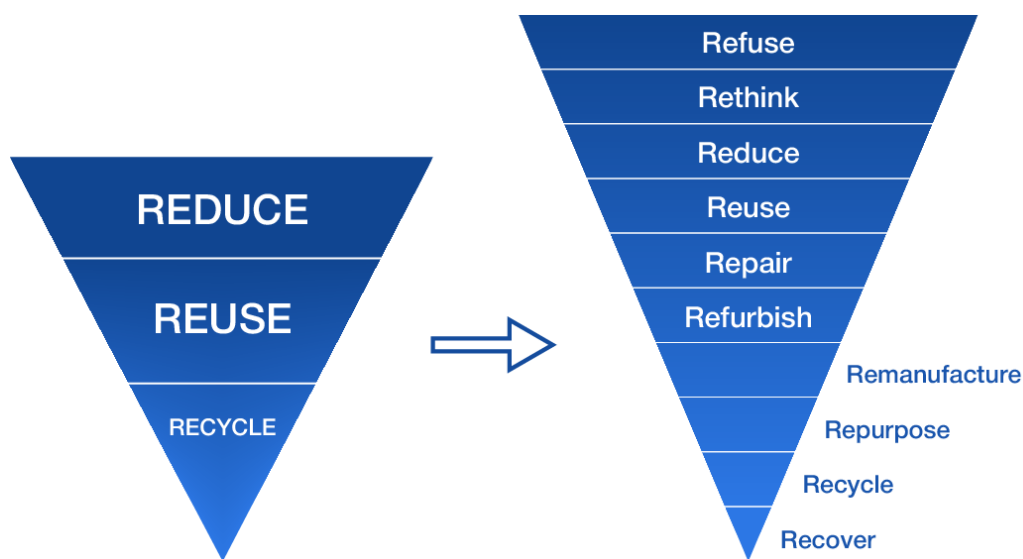
2.1. Definice

Jedná se o relativně nový pojem, který vznikl na konci minulého století, ale pořad neexistuje ustálená definice cirkulární ekonomiky (CE) neboli oběhového hospodářství. Ve vědecké literatuře a odborných časopisech se používá více než 100 různých definic cirkulární ekonomiky, protože tento koncept se používá v mnoha oborech od stavebnictví až po politiku. Postupem času také zaznamenal mnohé dílčí změny.

První komplexní a systematická analýza definic oběhového hospodářství v současném vědeckém a praktickém diskurzu byla uvedena v práci „Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions“ (Kirchherr, Reike & Hekkert, 2017). [2] Po analýze autoři dospěli k vlastní interpretaci a CE definovali jako „ekonomický systém, který nahrazuje koncept konečného životního cyklu produktu konceptem redukce, či alternativně znovu využitím materiálů, opravou nebo recyklací v procesu produkce, distribuce i spotřeby“.

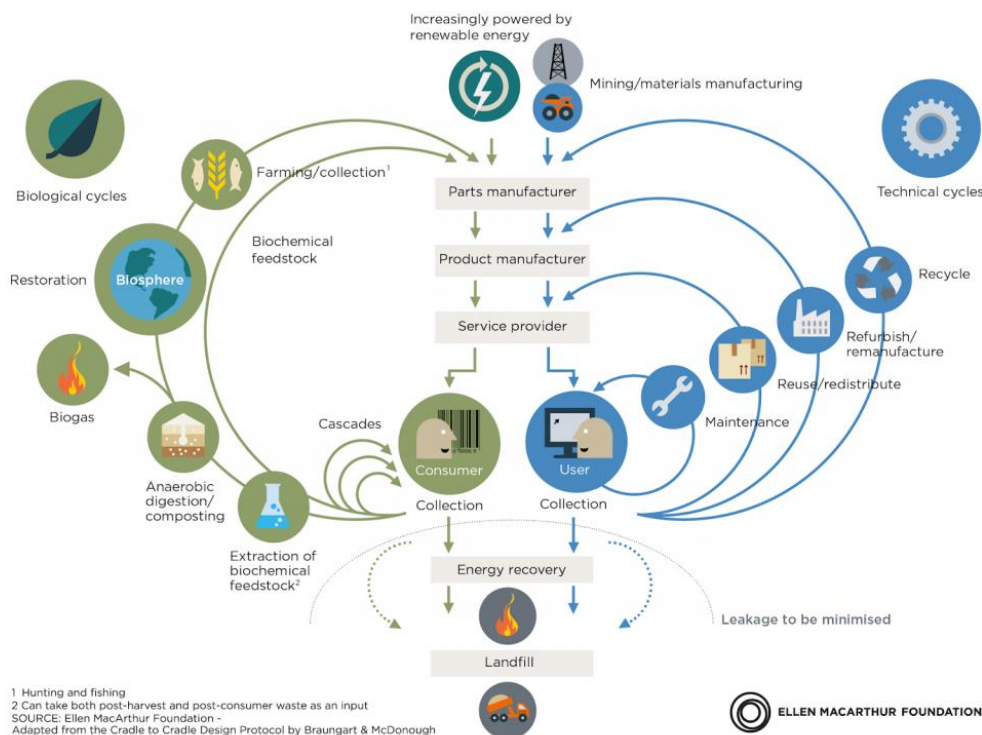
Rovněž analýza literárních zdrojů ukázala, že drtivý počet autorů používá při popisu principů cirkulární ekonomiky částici „re“ (z latiny „znovu“) a ztotožňují jádro CE se známým principem 3Rs – Reduce, Reuse, Recycle –, který byl transformován do principu 10Rs. [3] Princip 3Rs je popsán následovně:

- Reduce – redukování využití zdrojů – energie, surovin a materiálů;
- Reuse – opakované použití produktů v maximální míře;
- Recycle – recyklovat (opětovné použití surovin).



Obr. 2 - Transformace principu 3Rs do 10Rs [vlastní tvorba]

Jedna z nejpoužívanějších definic cirkulární ekonomiky, definice podle Ellen MacArthur Foundation, je popsána roztríděním výrobku do dvou jednotlivých cyklů – biologického a technického. [4] Tento princip pomáhá pochopit rozdíl mezi těmito cykly a také to, jak lze materiály používat déle. Diagram ukazuje kontinuální kruhový tok technických a biologických materiálů. První z nich – technické látky (např. hliník, železo, plast) – jsou omezené a nerozložitelné, takže jejich životnost musí být prodloužena prostřednictvím zachování, opětovného využití, renovace a recyklace. Britská nadace popisuje druhý tok (např. dřevo, papír atd.) jako obnovitelný, jenž má schopnost se rozkládat, což mu umožňuje vracet se zpátky do přírodního toku.



Obr. 3 - Diagram cirkulární ekonomiky podle Ellen MacArthur Foundation [4]

Český Institut cirkulární ekonomiky (dále INCIEN) uvádí tuto definici: „Cirkulární ekonomika je strategie udržitelného rozvoje, která vytváří funkční a zdravé vztahy mezi přírodou a lidskou společností.“ (Soňa Jonášová, zakladatelka Institutu Cirkulární Ekonomiky) [5]

Podrobnější definice CE byla uvedena britskou charitou WRAP – The Waste and Resources Action Programme. WRAP spolupracuje s podniky, jednotlivci a komunitami na dosažení cirkulární ekonomiky tím, že jim pomáhá omezovat plýtvání, vyvíjet udržitelné produkty a efektivně využívat zdroje. Zní takto: „Cirkulární ekonomika je alternativou k tradiční lineární ekonomice (výroba, použití, likvidace), ve které udržujeme zdroje v provozu tak dlouho, jak je to možné, získáváme z nich maximální hodnotu při používání (hodnotu využití), poté regenerujeme produkty a materiály na konci každého životního cyklu.“ [6]

Lze shrnout, že cirkulární ekonomika je systém, který je alternativou k tradiční lineární ekonomice a který je založen na myšlence prodloužení životního cyklu stávajících materiálů, produktů a zdrojů na tak dlouhou dobu, jak to umožňuje opětovné použití, oprava, renovace a recyklace. Když produkt dosáhne konce své životnosti, samotný produkt nebo jeho části, pokud je to možné, se vracejí do „kruhu“, kde je lze opětovně efektivně použít, čímž se zvyšuje jeho hodnota. V praxi to nejen snižuje množství odpadu na minimum, ale rovněž se tím předchází plýtvání původními zdroji.

2.2. Strategie a principy cirkulární ekonomiky

Stejně jako v případě definice i u principů oběhového hospodářství stále neexistuje jednotné vymezení, a proto se mohou – v závislosti na definici CE – konkrétní strategie lišit.

Při popisu strategií a principů se autoři odvolávají na již známé principy 9Rs – Refuse, Rethink, Reduce, Reuse, Repair, Refurbish, Remanufacture, Repurpose, Recycle, Recover – a ještě více odhalují jejich podstatu. Část jejich rolí již byla popsána v předchozí kapitole, např. představují záměr maximálně využít materiály a energii. Druhá část autorů odkazuje na diagram cirkulární ekonomiky od Ellen MacArthur Foundation.

Strategie, které budou popsány níže, jsou zkombinovány do 6 společných skupin podle jejich snahy zachovat funkce, produkty, komponenty, materiály nebo navázanou energii. Pro každou skupinu se odpovídajícím způsobem aplikuje R-framework:

- Strategie 1 – zachovat *funkci* produktů nebo služeb poskytovaných cirkulárními obchodními modely, jako jsou platformy pro sdílení a schémata podporující multifunkčnost produktů.
- Strategie 2 – zachovat *samotný produkt* prodloužením životnosti pomocí strategií, jako je trvanlivost, opětovné použití, obnova, renovace a přepracování.
- Strategie 3 – zachovat *součásti* produktu opětovným použitím, obnovou a přepracováním složek.
- Strategie 4 – chránit *materiály* recyklací a downcyklací.
- Strategie 5 – zachovat *navázanou energii* pomocí rekuperace (zpětného získávání) energie ze spaloven a skládek.
- Strategie 6 – výchozím bodem je lineární ekonomika jako referenční scénář nebo absence strategie uchování pro zobrazení stavu, pokroku a regrese směrem k CE. Ukazatel produkce odpadu na osobu za rok může například ukázat, zda podpora CE produkuje méně odpadu. [7]

2.3. Legislativa EU

V současné době nová evropská legislativa vyžaduje šetrnost stavebních výrobků vzhledem k životnímu prostředí a hledá cesty k navrhování udržitelných budov. Dne 21. ledna 2020 byl zveřejněn dokument Evropské komise „Cirkulární ekonomika – zásady pro projektování budov“, který obsahuje soubor zásad důležitých pro navrhování udržitelných budov. Cílem dokumentu je předcházet stavebním odpadům, jež vznikají při výstavbě nebo demolici, usnadnit opětovné použití a recyklaci stavebních materiálů. Dokument tak bude sloužit jako podklad pro návrh opatření, která přispějí ke snížení dopadu na životní prostředí ve městech a ke snížení nákladů na životní cyklus budov. [8] Bylo zdůrazněno několik základních principů, pro které byla předepsána očekávaná opatření k jejich implementaci.

1. Trvanlivost.

Trvanlivost budov přímo závisí na lepším návrhu, vyšší kvalitě stavebních produktů a sdílení informací. Konstrukční prvky by měly vydržet tak dlouho, jak dlouhou by měla mít budova životnost. Pokud to není možné z důvodu vnitřní zastaralosti nebo očekávané změny požadavků, měly by být jednotlivé prvky demontovatelné, opětovně využitelné, nebo recyklovatelné. Očekávaná opatření spočívají v preferování stavebních systémů, které obsahují principy cirkulární ekonomiky – například umožnit snadnou údržbu, opravy a výměnu částí konstrukčních systémů, což prodlouží životní cyklus budov. Dále je nutné žádat poskytovatele a projektanty o podrobné informace v souvislosti s produkty, materiály a návrhem budov. Uchovávat, aktualizovat a sdílet informace je nutné tak, aby zůstaly relevantní během celého životního cyklu budovy.

2. Adaptabilita.

Cílem je prodloužit životnost budovy jako celku, a to buď umožněním dalšího zamýšleného užívání, nebo prostřednictvím budoucích změn v používání se zaměřením na výměnu a renovaci. Jedna z možností je zabránit předčasné demolici budov rozvojem nové kultury projektování. Nabízí se tyto způsoby: předvádět změny v požadavcích a umožnit úpravy a transformace budov pro lepší využití a opětovné použití, hledat nové způsoby jejich užívání a připravit se na konec životnosti a budoucí životnost jejich součástí.

3. Omezení vzniku odpadu a zkvalitnění nakládání s odpadem.

Cílem je umožnit budoucí opětovné použití stavebních prvků, složek a částí se zaměřením na produkci menšího množství odpadu, na potenciál opětovného použití a na efektivní recyklaci hlavních stavebních prvků po demontáži. Aby bylo možné tohoto cíle

dosáhnout, je nutné navrhovat produkty a systémy takovým způsobem, aby je bylo možné snadno znovu použít, opravit, recyklovat nebo energeticky využít. Při recyklaci je vhodnější, aby byly produkty a systémy upcyklovány a aby se zabránilo ztrátě jejich hodnoty během recyklace. Dále je důležité při návrhu produktů a systémů nejen využívat snadno demontovatelné prvky a produkty, ale také předepisovat ve veřejných zakázkách, že odpad by měl být tříděn na místě, aby se usnadnila jeho recyklace. [9]

Pro snazší pochopení tématu je také potřeba vysvětlit pojmy, které se často používají společně s pojmem „Recyklace“. Jedna se o „upcycling“ a „downcycling“. S pojmem jako „recyklace“ se setkáváme každý den. Druhým pojmem - „downcycling“- se rozumí recyklace materiálu nebo věcí, které již nemají stejně vysokou hodnotu jako věci původní a jejich recyklovatelnost s každým dalším použitím klesá. Příkladem jsou dřevěné materiály. A naopak první pojem „upcycling“ znamená opačný proces. Upcyklace je založena na požadavku zpracovávat odpady na nové materiály nebo produkty, které jsou kvalitnější než ty původní, nebo mají pozitivní vliv na svět kolem nás.

3. Příklad implementace cirkulární ekonomiky v ČR

Koncepce cirkulární ekonomiky se aktivně používá i v České republice. Díky rostoucímu zájmu o ekologii, minimalizaci plýtvání se zdroji a prodloužení životnosti výrobků vznikla celá řada organizací na podporu tohoto hnutí.

Už v roce 2015 vznikl výše uvedený INCIEN, jehož cílem je zvýšit povědomí o konceptu cirkulární ekonomiky a demonstrovat jej v praxi. Ve svých projektech hledá cesty, jak snižovat množství odpadu v HoReCa segmentu – segmentu trhu, který se zabývá hotelnictvím, restauracemi, kluby, kavárnami atd., jak do textilního průmyslu přinést zpomalení a zacyklení, jak spolu se firmami vytvářet cirkulární kanceláře v administrativních prostorách nebo jak v regionech, které jsou závislé na skládkování komunálního i průmyslového odpadu, zavádět takové systémy, jež pomohou rozvíjet zpracování a získávání energie ze zbytkového odpadu. [5]

Další společnost, jež navazuje na činnost INCIEN je CIRA Advisory s.r.o (dále CIRAA). CIRAA je poradenská a konzultační firma zaměřující se na oblast cirkulární ekonomiky napříč všemi ekonomickými segmenty, která firmám nabízí strategie přechodu z lineárního principu ekonomiky na cirkulární. [10]

V sektoru stavebnictví ČR hraje důležitou roli Česká rada pro šetrné budovy (známá také pod zkratkou CZGBC – z anglického Czech Green Building Council), která sdružuje společnosti z různých odvětví ekonomiky. Asociace podporuje novou výstavbu i renovace na základě principů udržitelnosti, což přispívá ke zvyšování úrovně kvality budov. Také CZGBC se zaměřuje na návrh šetrných budov podle principu cirkulární ekonomiky. Nyní organizace podporuje Vize Nula, všechny její aktivity směřují tímto směrem. Vize Nula je strategie pro nulový dopad budov na životní prostředí během jejich celého životního cyklu. [11]

Výsledkem aktivní činnosti uvedených organizací a státu jsou strategie pro implementaci principů cirkularity v ČR. Za podpory Ministerstva životního prostředí (MŽP) a Ministerstva obchodu a průmyslu (MPO) byl vytvořen *Strategický rámec cirkulární ekonomiky České republiky 2040*. [12] Tento dokument navrhuje nejen vizi a cíle, ale rovněž předkládá konkrétní opatření, které mají pomoci se zavedením oběhového hospodářství v ČR. Strategický rámec stanovuje 10 prioritních oblastí. Jako jednu z prioritních oblastí, pro kterou jsou definovány zásady a opatření, stanoví průmysl, suroviny, stavebnictví a energetiku.



Obr. 4 - Strategie cirkulární ekonomiky. Strategický rámec. [12]

Na podzim 2021 byla zveřejněna strategie přechodu hlavního města Prahy na cirkulární ekonomiku v rámci Klimatického plánu Prahy do roku 2030 a očekává se, že Praze to výrazně pomůže s přechodem k uhlíkové neutralitě a k úspoře surovin. Nejvíce se opět věnuje problematice oboru stavebnictví. V metropoli se ročně spotřebuje nejvíce surovin – 13,5 milionů tun stavebního materiálu, což dle dat vyhodnocených Plánem odpadového hospodářství hlavního města Prahy z roku 2019 představuje 74 % veškerého odpadu. [13]

V cílech strategie je 7 strategických cílů rozpracováno do 27 specifických cílů a následně do 73 konkrétních opatření, která mají přispět ke snižování emisí a zlepšování kvality života v Praze.

Pro naplnění strategického cíle ve stavebnictví jsou navrženy 4 specifické cíle:

1. *Město jako banka materiálů, stavební materiál je evidován a maximálně recyklován.*
2. *Snížení stavebního odpadu realizací demoličních postupů, které umožňují znovuvyužití materiálů.*
3. *Nová výstavba i renovace splňují požadavky na cirkularitu zdrojů a udržitelné využívání materiálů.*
4. *Udržitelný provoz, renovace má prioritu před novou výstavbou. [14]*

4. Analýza hodnocení návrhu budov z pohledu cirkulární ekonomiky

4.1. Principy cirkulární ekonomiky ve stavebnictví

Stavebnictví je jedním z hlavních antropogenních faktorů ovlivňujících životní prostředí, které v současné době produkuje enormní množství odpadu. Jak už bylo zmíněno, stále však až 70 % všech odpadů v ČR pochází z odvětví stavebnictví, zatímco v celé Evropské unii je to přes 35 %. Tomu se lze vyhnout pomocí zavádění zásad oběhového hospodářství. [12]

V této kapitole budou podrobněji popsány a doplněny principy cirkulární ekonomiky. Některé z nich byly předloženy ve strategii hl. m. Prahy pro přechod na cirkulární ekonomiku – *Cirkulární Praha 2030*. [14]

- Posuzování životního cyklu a jeho náklady

Během procesu návrhu je nutné se zabývat nejen samotnou environmentální náročností výstavby budov a jejich provozem, ale také je důležité nezapomenout zohlednit celý životní cyklus budov od těžby surovin do výroby a dopravy stavebních materiálů a jejich případnou recyklaci až po demolici stavby. K tomuto účelu je využívána metodika posuzování životního cyklu – LCA (Life Cycle Assessment) a posuzování nákladů životního cyklu – LCC (Life cycle costing). Metoda je vhodná k analýze celkových nákladů pořízení, užívání, údržby a služeb v průběhu doby životnosti stavby, a to včetně nákladů na demolici nebo likvidaci.

- Budova jako banka materiálů – BAMB

Budova by měla být vnímána jako materiállová banka na konci své životnosti, aby bylo možné podstatně snížit podíl stavebních nebo demoličních odpadů a využívání primárních zdrojů. Je důležité snažit se o to, aby jednotlivé prvky budovy nebo materiály byly použity znovu. Namísto toho, aby se staly odpadem, budou budovy fungovat jako banky cenných materiálů.

Jako jeden z prvních, kdo tuto myšlenku podpořil, byl projekt HORIZON 2020 Buildings As Material Banks (BAMB). Cílem společnosti 16 partnerů z 8 evropských zemí je umožnit systémový posun ve stavebnictví vytvářením cirkulárních řešení. [15]

- Materiálové pasy – Building Material Passport

Aby bylo možné získat přehled o vlastnostech materiálů a jejich možnostech opětovného využití, je potřeba zavádět materiállové pasporty. V rámci projektu BAMB jsou definovány materiállové pasy takto: *Materiálové pasy (MP) jsou (digitální) soubory dat popisujících definované charakteristiky materiálů a komponentů v produktech a systémech, které jim dávají hodnotu pro současné použití, obnovu a opětovné použití. MP jsou informačním a vzdělávacím*

nástrojem, který řeší otázky, které často nejsou poskytnuty jinými dokumenty nebo certifikáty stavebních výrobků, zejména ve vztahu ke cirkularitě výrobků. MP neposuzuje a nevyhodnocuje data. Namísto toho poskytuje informace, které podporují hodnocení a certifikaci jinými stranami a umožňují zapsání stávajících hodnocení a certifikací do pasu jako nahrané dokumenty (Mullhall et al. 2017). [16]

Pasy mají potenciál začlenit stávající standardy a nástroje. Materiálové pasy vyvinuté v rámci projektu BAMB a obecně mají potenciál začlenit stávající mechanismy jako TDS – celkový obsah rozpuštěných pevných látek, MSDS – bezpečnostní list pro nakládání s nebezpečnými látkami anebo směsmi, EPD – environmentální prohlášení o produktu, Bill of Materials - výkaz jako seznam všech podsestav, dílů a výchozích materiálů, ze kterých se vyrábí konečný produkt, a to včetně množství, jež jsou k tomu potřebná, a další, kde je to relevantní jako podpora pro tvrzení o cirkulaci.

- EPD

Chci věnovat zvláštní pozornost ekoznačkám EPD – environmentálnímu prohlášení o produktu. Všechny výrobky uváděné na trh musí být řádně testovány a měly by mít prohlášení o shodě nebo prohlášení o vlastnostech. EPD je komplex hodnocení v rámci životního cyklu výrobků, v kterém jsou detailně uvedeny jejich vlastnosti a jenž slouží jako podklad pro porovnání projektantem, architektem nebo spotřebitelem. EPD samo o sobě neznamená, že je produkt šetrnější k životnímu prostředí, ale poskytuje kupujícímu srovnatelné informace, podle nichž by se mohl snadněji rozhodnout pro jeho koupi. Dokument obvykle popisuje deklarované jednotky produktu, spotřebu energií a vody, produkci odpadu, vliv na změnu klimatu, kolik materiálů bylo použito při výrobě, kolik z nich lze recyklovat nebo zda se jedná o sekundární materiály. Nakonec uvádí scénáře využití produktu. [18]

- Využití digitalizace a BIM

V moderním světě se bez technologií neobejdeme. Digitalizace pomáhá být špičkou, ukládat všechny důležité informace, v tomto případě o produktech a budovách. I když se legislativa teprve připravuje, BIM bude brzy povinnou a nedílnou součástí každého stavebního projektu.

BIM (Building Information Modelling) neboli *informační modelování staveb* se používá pro projektování budov a pomáhá v dalším procesu výstavby a provozu. BIM může virtuálně zobrazovat celý životní cyklus objektu: od koncepčního návrhu přes pracovní výkresy, konstrukci a provoz až po jeho demontáž. Skupina jednotlivých prvků, jež tvoří 3D model, může obsahovat další informace o designu, materiálových vlastnostech a užitných vlastnostech,

jednotkové ceně, investičních a provozních nákladech a další údaje. Vytvořený model reálného projektu se tak stane základem nejen pro návrh a realizaci stavby, ale i pro její provoz a údržbu.

V rámci nových projektů jsou již zpracovány pilotní projekty online knihoven, které uchovávají data o materiálech. Report o projektu BAMB od roku 2019 popisuje, že do Prototypu platformy materiálových pasů bylo implementováno přes 300 pasů materiálů. [15]

The screenshot shows the 'Materials Passport Platform Prototype' interface. It features a navigation bar with 'Products', 'Buildings', 'Instances', and 'Logout'. A search bar is located at the top right. On the left, there is a yellow circular icon of a chair and a '+ Add Product' button. The main content is a table titled 'Products' with the following data:

Name	Brand Name	Manufacturer	GTIN/EAN
Accoya® Wood	Accsys Technologies	Accsys Technologies	Unknown
Acrovyn® 4000	Acrovyn® 4000	Construction Specialties Inc.	Unknown
Ahrend Balance Desk	Ahrend	Ahrend	Unknown
AirMaster®	Desso	Tarkett	Unknown
Aluminium Door Furniture	AMI BV	AMI bv	Unknown
Armstrong Ultima+	Armstrong	Armstrong World Industries Limited	0888264102735
Axia 2.0 Office Chair	BMA Ergonomics	Flokk	

Obr. 5 - Výstřižek prototypu platformy materiálových pasů [16]

Dalším úspěšným příkladem zavadení knihovny dat o vlastnostech materiálů je nizozemská organizace Madaster, což je online platforma, která generuje a registruje materiálové pasy a vypočítává indikátory cirkularity pro konstrukci, použití a fáze konce životnosti.



Obr. 6 - Výstřižek platformy Madaster [17]

- Certifikace Cradle to cradle (C2C)

Tento přístup – doslovně „od kolébky do kolébky“ – pokrývá všechny fáze životního cyklu produktu a je předpokladem dobře fungujícího oběhového hospodářství. Pokud produkt získá tento certifikát, znamená to, že je bezpečný, zodpovědně vyrobený a cirkulární. Certifikační nástroj LEED tuto certifikaci uznává a uděluje certifikovaným produktům C2C body navíc v hodnocení budov.

- Výrobky z druhotných surovin

Významným potenciálem k podpoře šetrného stavebnictví disponují výrobky z druhotných surovin. Stavebnímu inženýrovi může pomoci *Katalog výrobků a materiálů s obsahem druhotných surovin pro použití ve stavebnictví*, který vznikl za podpory MPO a České agentury pro standardizaci. Katalog je vhodně rozdělen do dvou hlavních sekcí – přehled skupin surovin s velkým potenciálem využití ve stavebnictví a přehled stavebních výrobků, jež obsahují recyklované materiály, s technickými normami a dokumenty. Obsahuje také příklady dobré praxe.[19]

- Šetrná demolice – design for deconstruction a disassembly

Design for Destruction (design for disassembly) je moderní způsob navrhování, který zohledňuje životní cykly budovy a konstrukce, a umožňuje tak co nejefektivnější a bezzrátovou demolici budovy. Jedná se o důležitou inovativní strategii pro úsporu surovin, protože proces demolice budovy s přihlédnutím k tomuto principu nastává s obnovou použití demolovaných materiálů. Návrh destrukce výrazně mění tradiční lineární proces nakládání s odpady.

A proto koncepty Design for Destruction jsou základními koncepty pro uzavření „koloběhu“ materiálů. Tento model je blízký modelu „Od kolébky do kolébky“. Základní principy tohoto modelu jsou rozděleny na: typy použitých materiálů a komponent, jejich udržitelné charakteristiky a způsob montáže a demontáže materiálů a komponentů – čím jednodušší, tím lepší. [20]

4.2. Příklady dobré praxe

Č.1 - New office building

Název stavby: „New office building”, RAG-Stiftung and RAG AG Zollverein

Studio: Kadawittfeldarchitektur

Místo stavby: Německo, Essen, Im Welterbe 10

Účel užívání a charakter stavby: Administrativní budova, novostavba

V rámci projektu BAMB, který byl financován Evropskou unií, byl navržen pilotní projekt „New office building”. Administrativní budova byla postavena v Essenu v blízkosti průmyslového komplexu uhelného dolu Zeche Zollverein. Koncepce výstavby se zaměřuje na přístup C2C – přístup udržitelného návrhu s použitím recyklovaných materiálů a materiálových pasů pro výroby. Rovněž se plánuje, že části budovy budou přístupné veřejnosti (např. střešní zahrada o rozloze přibližně 3000 m²). Projekt bude brzy dokončen.

Při návrhu byla myšlenka „budova jako materiálová banka“ interpretována ve směru recyklace, aby byla zajištěna recyklovatelnost prvků. Koncepce vnitřního prostoru umožňuje přeměnu budovy na různá využití. Budova buď může zůstat kanceláří, přičemž se změní zónování, nebo se z ní může stát hotel.

Zavedením materiálového pasu a využití aspektů cirkulárního navrhování v rámci projektu bude možné přeměrovat 4 641 tun odpadu ze skládek, 91 tun odpadu nebude spáleno a dalších 12 108 tun materiálu bude možné recyklovat na produkty stejné kvality. [21]



Obr. 7 - Vizualizace administrativní budovy New office building[21]



Obr. 8 – Fotka administrativní budovy New office building[22]

Č.2 - Urban Mountain

Název stavby: Urban Mountain

Studio: SHL Architects

Místo stavby: Oslo, Norsko

Účel užívání a charakter stavby: Rekonstrukce administrativní budovy

Cena: 2013, 1. cena v otevřené mezinárodní soutěži

Jedná se o rekonstrukci a rozšíření výškové administrativní budovy o rozloze 50 000 m² v centru Osla. V projektu byly použity inovativní způsoby snižování spotřeby energie a CO₂ stopy budovy, principy cirkulární ekonomiky C2C a zaměření na certifikaci BREEAM Outstanding. Až bude rekonstrukce dokončena, budova dosáhne celkové rozlohy 79 000 m² a stane se udržitelným orientačním bodem pro město Oslo. Budova bude první výškovým objektem v Norsku, jehož obyvatelé a návštěvníci si užijí přirozené větrání.

Při rekonstrukci budovy Urban Mountain Oslo se dá recyklovat až 90 % stávajících materiálů na nové a modernizované stavební materiály. Až 80 % z nich se použije přímo na rekonstrukci budovy. Například všechny původní fasádní prvky se znovu použijí na zhotovení nové fasády. Koncept navíc počítá s měřitelnými cíli C2C v oblastech flexibility, biologické rozmanitosti a recyklace vody, tepla a organického odpadu. [23]



Obr. 9 - Vizualizace administrativní budovy Urban Mountain[24]

Obr. 10 - Vizualizace administrativní budovy Urban Mountain[24]



Obr. 11 - Stávající stav Urban Mountain[25]

Č.3 - Circle House Demonstrator

Název stavby: Circle House Demonstrator

Studio: Lendager Group, Vandkunsten, 3XN Architects

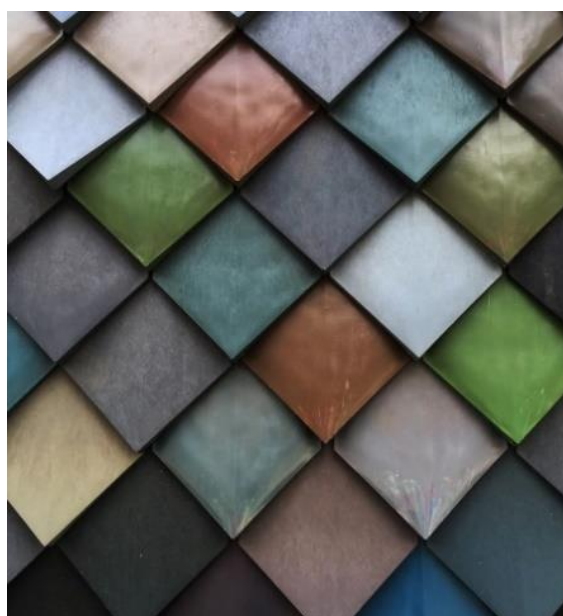
Místo stavby: Kodaň, Dánsko

Účel užívání a charakter stavby: demonstrace 1: 1 rodinného domu, mock up.

Circle House Demonstrator je modelový a výstavní prostor v poměru 1 : 1, kde jsou představeny a popsány všechny vrstvy budovy, materiály a produkty. Demonstrator je postaven na zásadách cirkulární ekonomiky a udržitelnosti. [Obr. 12]Všechny komponenty budovy od konstrukčních prvků po nábytek jsou navrženy podle principu C2C a Design for Disassembly – konstruování s ohledem na demontáž. [Obr. 15] [26]



Obr. 12 - Demonstrator Circle House [26]

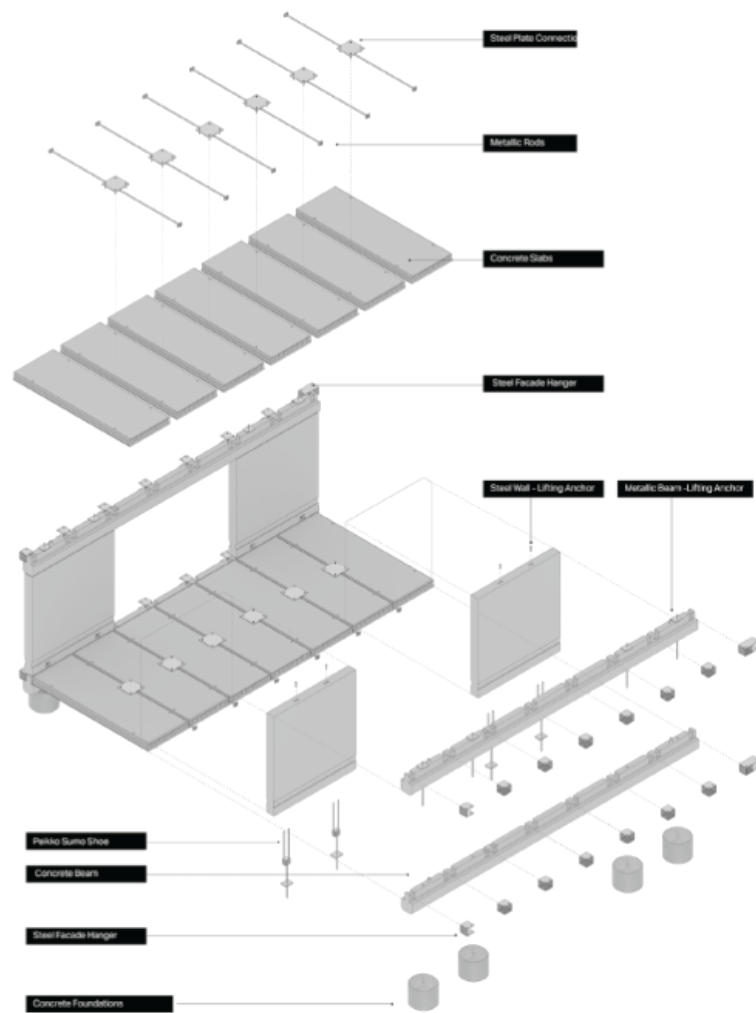


Obr. 13 - Fasádní panely vyrobené z recyklovaného plastového odpadu[26]

Fasádní panely jsou vyrobené z recyklovaného plastového odpadu od bureau SLA – we are architects a Overtreders W. [Obr. 12] Celá konstrukce je vyrobena z prefabrikátů, jejichž použití umožňuje nejen montáž bez mokrého procesu, ale také velkou variabilitu. Konstrukce domu byla na místě postavena velmi rychle a dodavatel byl s tímto procesem velmi spokojen. Trvalo to celkem asi hodinu, než byly postaveny zdi a než začala montáž dalšího patra. Například betonový sloup Demonstratoru bude demontován a znovu použit v konečném projektu Circle House. [Obr. 14]Tímto způsobem bude kruh uzavřen již v tomto projektu.



Obr. 14 - Montáž prefabrikovaných betonových sloupů demonstrátoru[26]



Obr. 15 - Konstrukce Demonstratoru Circle House [26]

Č.4 - Building D(emountable)

Název stavby: Building D(emountable)

Studio: architectenbureau cepezed b.v.

Místo stavby: Delft, Nizozemsko

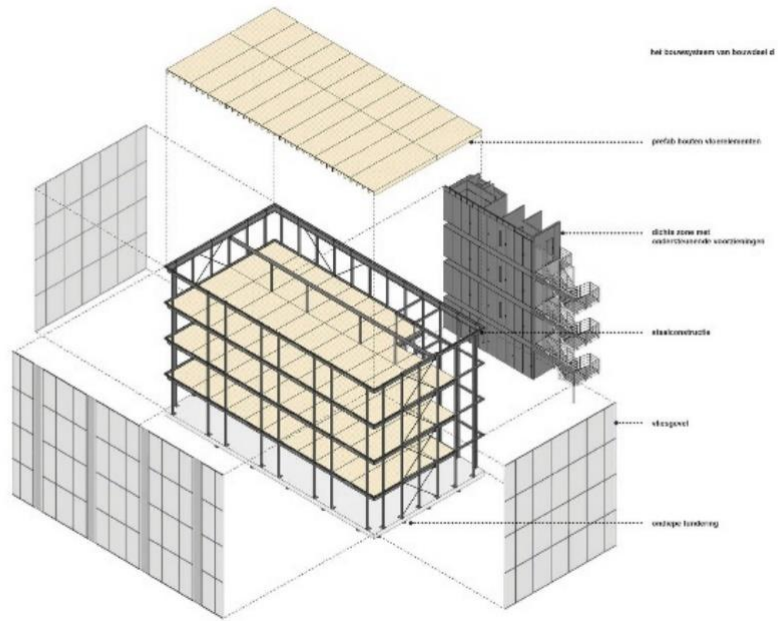
Účel užívání a charakter stavby: Obchodní a kancelářská budova, novostavba

Budova D(emountable) neboli R(ozebíratelný) dům je čtyřpatrová kancelářská budova, která má zcela rozebíratelnou nosnou konstrukci. [Obr. 17] Objekt má rozměry 11 x 21,5 metru, konstrukční systém (sloupový) kombinuje lehký ocelový rám s dřevěnými prvky – lepenými podlahovými dílci od výrobce Kerto LVL. Žebra lepených vazníků jsou krásně vidět v pohledu každého patra a jsou součástí estetiky celého domu. Prvky Kerto LVL byly prefabrikovány v továrně de Groot Vroomshoop spojením Kerto LVL Q-panelů a Kerto LVL S-nosníků dohromady lepením, lisováním a přibíjením. Na místě byly prvky umístěny na ocelové nosníky ve tvaru L s malou mezerou mezi nimi, aby byl umožněn nejen průchod řady vnitřních sloupů, ale aby se dalo instalovat i osvětlení. Podlahy z PVC jsou z částečně recyklovaného materiálu. Skleněný obvodový plášť je bez meziokenních rámců, a proto je osazen přímo na ocelovou konstrukci, což od zhotovitele vyžadovalo velkou přesnost. [27]

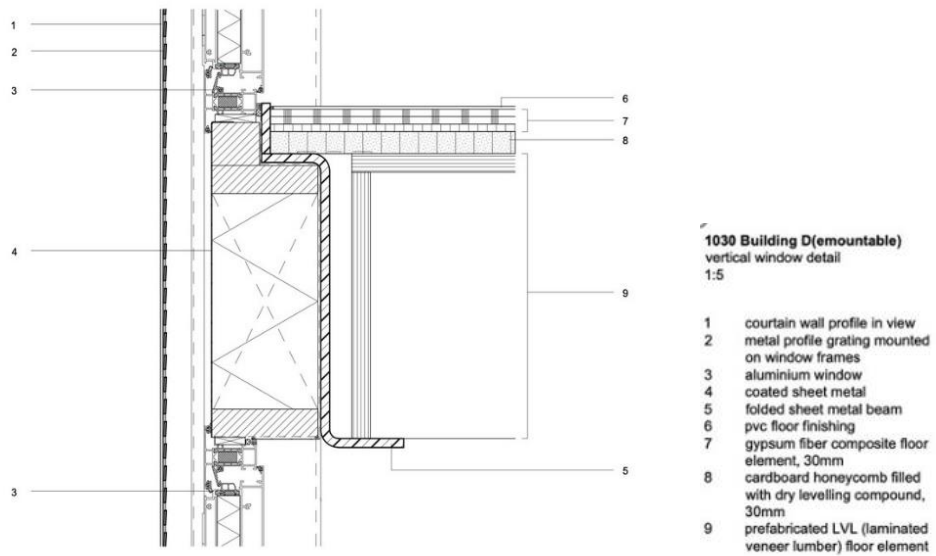
Pro výrobu prvků nosné konstrukce bylo použito minimální množství materiálu. Montáž proběhla dost rychle a nosná konstrukce byla sestavena za pouhé 3 týdny bez použití mokrého procesu, tedy kromě odlití základové betonové desky. Výhodou systému byla rychlá a snadná montáž ocelových, dřevěných a skleněných prefabrikátů.



Obr. 16 - R(ozebíratelná) budova [27]



Obr. 17 - Konstrukce R(ozebíratelné) budovy[27]



Obr. 18 – Detail napojení fasády na stropní konstrukce [28]

4.3. Hodnocení návrhu budov z pohledu cirkulární ekonomiky podle certifikačních nástrojů.

Pro hodnocení budov existuje celá řada certifikačních nástrojů, které hodnotí vliv budovy na životní prostředí a člověka nejenom z pohledu emisí škodlivých látek a energetické náročnosti, ale rovněž z pohledu vnitřního pohodlí, umístění objektu, hospodaření s vodou (jak s pitnou, tak i s dešťovou nebo šedou) a odpady atd.

V České republice jsou nejčastěji používány pět systémů: LEED, BREEAM, DGNB, SBToolCZ a WELL. První 4 z nich slouží k hodnocení dopadu na životní prostředí a udržitelnosti samotných budov – nových vlastnosti, které lze ovlivnit ve fázi návrhu, tak i stávajících. Poslední certifikační nástroj WELL je nástrojem komplexního měření a hodnocení parametrů vnitřního prostředí budovy.

K srpnu roku 2020 bylo v ČR certifikováno celkem 372 budov (stávajících i novostaveb), z nichž asi pouze 125 představují administrativní budovy. Jak je zřejmé z tabulky, drtivá většina certifikovaných staveb v ČR byla hodnocena podle BREEAM, což převažuje nad systémem LEED a DGNB. Ačkoli německý systém DGNB může být adaptován na konkrétní lokální podmínky, mimo Německo není příliš populární.[29]

Tab. 2 – Počet budov u zahraničních sousedů certifikovaných v systému BREEAM, LEED a DGNB

Stát	BREEAM	LEED	DGNB
ČR	308	62	2
Německo	411	1	1 559
Rakousko	52	52	1
SR	82	21	1
Polsko	881	201	6
CELKEM	1 734	337	1 569

Tab. 1 - Počet budov v ČR u zahraničních sousedů certifikovaných v systému BREEAM, LEED a DGNB.[29]

Čísla jsou platná k datu 14.8.2020.

Při certifikaci budov se ve většině případů principy cirkulární ekonomiky objevují v oblastech šetření s materiály, vodou, energiemi či nakládání s odpady.

V této diplomové práci byly pro hodnocení návrhu administrativní budovy z pohledu cirkulární ekonomiky zvažovány 4 různé certifikační nástroje: BREEAM, LEED, DGNB a SBToolCZ. Pro posouzení bude vybrán seznam kritérií a indikátorů, který odpovídá principům CE. Při výzkumu a porovnávání certifikačních systémů DGNB, BREEAM, LEED a SBToolCZ je důležitý výběr vhodných manuálů. Použité podklady byly vybrány pro administrativní

budovu, jež je novostavbou ve fázi projektové dokumentace. To znamená, že její návrh lze stále ovlivnit. Další informace o hodnoticích kritériích popíšu s odkazem na následující manuály: BREEAM International New Construction Version 2016, DGNB System – New buildings criteria set 2020, LEED v4 Building Design and Construction 2021 a SBToolCZ Manuál pro hodnocení administrativních budov ve fázi návrhu 2011. [31], [32], [33], [34].

Aby bylo možné provést posouzení, byly prozkoumány všechny příručky, všechny názvy kritérií byly sepsány do tabulky a každému byl poskytnut stručný popis a posouzení, zda se to týká oběhového hospodářství. Položky, které se týkají optimálního hospodaření s vodou nebo umístění objektu a jeho okolí, byly vyloučeny. Zvláštní pozornost byla věnována pouze těm bodům, které se týkají návrhu samotné budovy, její konstrukce a použití materiálů. Chtěla bych vyzdvihnout DGNB ze všech certifikačních systémů díky jejich hodnoticím kritériím.

Od první verze systému DGNB v roce 2008 je kladen velký důraz na celostní hodnocení v průběhu celého životního cyklu, na zodpovědné využívání zdrojů, na aspekty recyklace a demontáže, na dopad budovy na životní prostředí, množství nákladů na řízení a údržbu.[30] Certifikace DGNB poskytuje bonusy za uplatňování zásad cirkulární ekonomiky při udržitelné výstavbě. V hodnoticím manuálu „System DGNB. New constructions, buildings’ criteria set. Version 2020“ je uveden seznam dalších kritérií, při uplatňování kterých budou získány body navíc:

1. ENV2.3 – Land use
2. ECO1.1 – Life cycle cost
3. ECO2.1 – Flexibility and adaptability
4. ECO2.2 – Commercial viability
5. TEC1.4 – Use and integration of building technology
6. TEC1.6 – Ease of recovery and recycling
7. TEC3.1 – Mobility infrastructure
8. PRO1.4 – Sustainability aspects in tender phase
9. PRO2.1 – Construction site/construction process
10. SITE1.4 – Access to amenities [32]

V jiných systémech takový seznam kritérií neexistuje, ale existují samostatné indikátory, které jim odpovídají a systémy doplňují. Ještě jednou chci zmínit, že body týkající se optimálního hospodaření s vodními zdroji nebo umístění stavby a jejího okolí byly v dalším popisu vyloučeny z toho důvodu, že bych se chtěla více zaměřit na popis konstrukce. Obecně je možné zdůraznit klíčová témata, která podporují certifikáty téměř ve stejné míře.

To jsou:

Flexibilita a přizpůsobivost

Toto téma podporují tato kritéria: DGNB – Flexibility and adaptability, Commercial viability, BREAM - Functional adaptability, Designing for durability and resilience, SBToolCZ – Flexibilita využití budovy. [31], [32], [34].

Cílem je implementace koncepce funkční přizpůsobivosti – schopnosti budovy přizpůsobit se změně provozních požadavků v rámci stejného typu budovy nebo změnit účel užívání stavby, snížit finanční i ekologický vliv při změně nájemce a návrh budovy s maximální přínosem pro uživatele a dlouhodobým tržním potenciálem. K dosažení těchto cílů a získání kladného hodnocení je předložena řada opatření. Například, použít principy modularity pro snadnost výměny prvků a potenciální rozšíření budovy buď horizontálně, vertikálně; snadnost přístupu k systému TZB a způsoby jeho náhrady anebo rozšíření, snadnost výměny panelů v podlahách nebo stěnách, které lze odstranit bez ovlivnění konstrukce atd. Certifikace SBToolCZ poskytuje konkrétní údaje pro posouzení, například hodnoty pro výšky podlah a délku rozpětí a tím měří míru flexibility a přizpůsobení budovy pro případné změny vnitřní dispozice.

Materiálová efektivita

- Zodpovědné získávání surovin

Kritéria, která to popisují: DGNB – Sustainable resource extraction LEED – Building Product Disclosure and Optimization – Sourcing of Raw Materials, BREAM – Responsible sourcing of construction products. [31], [32], [33].

A i když je tento pododstavec spíše o strategii udržitelného rozvoje, přesto těžba surovin hraje v tématu cirkularity důležitou roli. Cílem je podporovat používání produktů a materiálů, které mají minimální dopad na životní prostředí, ekonomiku a společnost. Jedná se o maximalizaci využití obnovitelných materiálů (např. výrobky ze dřeva), které je možné vrátit „do kruhu“ - umožnit opětovné použití materiálů a zavést tendenci používat materiály, které mají recyklovaný obsah.

Na základě toho byla vybrána následující kritéria pro podporu materiálové účinnosti a certifikovaných produktů.

- Snadné využití a recyklace materiálů

Kritéria, která to popisují: DGNB – Ease of recovery and recycling, SBToolCZ – Použití konstrukčních materiálů při výstavbě. [32], [34].

Cílem je zajistit maximalizaci využití obnovitelných, recyklovaných a recyklovatelných konstrukčních materiálů, a tím v maximální míře snížit množství primárních zdrojů potřebných pro výstavbu a údržbu budov. Je hodnocen podíl materiálů na budovu, které splňují tyto zásady. Například pro získání maximálního hodnocení podle SBToolCZ se doporučuje použít 25 % a více.

Kritérium BREAM – Recycled aggregates. [31]

Cílem je podporovat používání recyklovaného a druhotného kameniva, a tím snížit poptávku po prvotním materiálu a optimalizovat materiálovou efektivitu ve stavebnictví. Pro získání maximálního hodnocení podle BREAM se doporučuje použít minimálně 25 % vysoce kvalitního kameniva.

- Používání certifikovaných produktů (EPD, princip Cradle to Cradle)

Podporující kritéria: LEED – Building Product Disclosure and Optimization – EPD, Material Ingredients. [33]

Cílem je podporovat používání produktů a materiálů, pro které jsou k dispozici informace o životním cyklu a které mají dopady na životní cyklus z hlediska životního prostředí, hospodářství a společnosti. Projektantům a architektům to usnadní výběr produktů při navrhování, certifikáty budou obsahovat veškeré údaje o složení, údaje o míře recyklovatelnosti a množství odpadu. Tyto informace budou předloženy ve formě takových certifikátů, dokud ještě nebudou zavedeny materiálové pasy. Je nabízeno použít alespoň 20 různých produktů pocházejících nejméně od pěti různých výrobců podporující tento cíl.

Nakládání se stavebním a demoličním odpadem

Kritéria, která to popisují: LEED - Construction and Demolition Waste Management, BREAM - Construction waste management. [33]

Cílem je snížení stavebního a demoličního odpadu odstraňovaného na skládkách a ve spalovnách prostřednictvím předcházení vzniku odpadů, opětovným používáním a recyklací materiálů a ochranou zdrojů pro budoucí generace. K dosažení těchto cílů je nutno vypracovat a implementovat plán nakládání s odpady ze staveb a demolic a získání kladného hodnocení prostřednictvím předcházení vzniku odpadů a jejich zneužívání. Rovněž se doporučuje zajistit třídění odpadu ihned na místě.

Nakládání s provozním odpadem

LEED - Storage and Collection of Recyclables, BREAM - Operational waste, SBToolCZ – Management tříděného odpadu. [33], [34]

Cílem je snížit množství skládek a spaloven, které jsou vytvořeny odpadem obyvatelů budov, prostřednictvím opětovného používání, recyklace materiálu, zachování přírodních zdrojů pro budoucí generace. K dosažení těchto cílů se doporučuje poskytování vyhrazených skladovacích zařízení pro toky domovního odpadu související s provozem, dostupnost a kapacitu sběrných nádob, míst na třídění, a tak napomáhat tomu, aby se odpad neposílal na skládku nebo do spalovny.

Posouzení životního cyklu budovy, jeho vliv a plánování nákladů životního cyklu.

Toto téma splňuje tato kritéria: DGNB – Building life cycle assessment a Life cycle cost, LEED - Building Life-Cycle Impact Reduction, BREAM - Life cycle impacts a Life cycle cost and service life planning, SBToolCZ - Náklady životního cyklu. [31], [32], [33], [34].

Během procesu návrhu je nutné se zabývat nejenom samotnou environmentální náročností výstavby budov a jejich provozem, ale nezapomenout zohlednit celý životní cyklus budov od těžby surovin do výroby a dopravy stavebních materiálů a jejich případnou recyklaci až po demolici stavby. K tomuto účelu je využívána metodika hodnocení životního cyklu – LCA (Life Cycle Assessment).

Náklady životního cyklu – LCC (Life cycle costing). Metoda je vhodná ke analýze celkových nákladů pořízení, užívání, údržby a služeb v průběhu doby životnosti stavby včetně nákladů na demolici nebo likvidaci. Měly by být vypracovány a vyhodnoceny scénáře, ve kterých jsou náklady na nové materiály, zařízení a likvidaci odpadu výrazně vyšší než v současnosti a ve kterých lze některé součásti prodat k opětovnému použití a/nebo recyklaci.

5. Navržená hodnoticí kritéria

Po analýze a porovnání certifikačních nástrojů a jejich indikátorů hodnocení byla vybrána nejvhodnější kritéria pro posouzení administrativní budovy s ohledem na požadavky cirkularity. V této diplomové práci budou použity takové aspekty, které se zaměřují na konstrukční systém a materiály. Zejména je kladen důraz na funkční přizpůsobivost – možnost změny nebo výměny konstrukčního systému – a na opětovné využití stavebních prvků a materiálů, aby bylo možné co nejdéle prodloužit životní cyklus budovy a jejích prvků. Na základě toho byly vytvořeny další indikátory jako souhrn všech parametrů z certifikačních nástrojů spojených s výše uvedenými kritérii cirkulární ekonomiky.

Závěry vyhodnocení lze aplikovat již v počáteční fázi přípravy výstavby v rozhodovacím procesu výběru nejvhodnějších konstrukčních a materiálových variant.

5.1. Hodnoticí kritérium č. 1 – Prodloužení životnosti budovy se zaměřením na funkční přizpůsobivost.

Cíl: V maximální míře prodloužit životnost budovy jako celku prostřednictvím umožnění dalšího zamýšleného užívání nebo možných budoucích změn v účelu užívání se zaměřením na funkční přizpůsobivost – snadnou výměnu konstrukčních prvků, změnu dispozic a renovaci, přizpůsobení se měnícím potřebám nájemníků a tržním podmínkám.

Indikátor: Kreditové hodnocení adaptability budovy a výsledný součet kreditů pro každý z aspektů adaptability s přepočtem na body.

Způsob hodnocení: Hodnocení konceptů návrhu s aspekty adaptability podle certifikačního nástroje SBToolCZ. [34]

1. Hodnocení nosného konstrukčního systému budovy – šířky rozpětí sloupů a konstrukční výšky pro umožnění flexibilnějšího rozvržení podlaží neboli umožnění změny v dispozici vnitřního prostoru.

Konstrukční systém budovy Nosný systém/ konstrukční výška (m)	Kredity K1			
	≤3,7	3,8	3,9	≥4,1
Stěnový - rozpory do 6 metrů	0	2	3	5
Stěnový - rozpory nad 6 metrů	3	5	6	7
Kombinovaný - rozpory do 6 metrů	3	5	6	7
Kombinovaný - rozpory nad 6 metrů	5	7	8	9
Skelet - rozpory do 6 metrů	5	7	8	9
Skelet - rozpory nad 6 metrů	7	8	9	10

Tab. 2 - Hodnoticí kritérium č. 1 - konstrukční systém budovy[34]

Poznámka: Mezilehlé hodnoty se lineárně interpolují.

2. Snadnost výměny konstrukčních prvků – kompletační konstrukce.

a. Příčky

Příčky	Kredity K2
Nedemontovatelné konstrukce potřebné bouracích prací	0
Demontovatelné (sadrokartonové, OSB desky)	2
Mobilní, lehce přemístitelné nebo lze znovu použít ve stejné podobě	4
Žádné příčky	5

Tab. 3- Hodnotící kritérium č. 1 – příčky [vlastní tvorba] [34]

Poznámka: V případě hodnocení pomocí tohoto kritéria jedná se o příčkách ve společném prostoru, kromě technických a hygienických prostor.

b. Obvodový plášť

Obvodový plášť	Kredity K3
Nedemontovatelné konstrukce potřebné bouracích prací, je součástí hlavní nosné konstrukci (např. monolitické s další úpravou)	0
Demontovatelné (např. dvojité - výměna jednoho pláště neovlivňuje druhý plášť, prostor mezi dvěma pláštěmi lze využít k údržbě a opravám obou plášťů)	3
Snadno demontovatelné a nezávisle na hlavní nosné konstrukci, možnost demontáže jednotlivých desek a prvků (LOP)	5

Tab. 4- Hodnotící kritérium č. 1 - obvodový plášť [vlastní tvorba] [34]

3. Snadný přístup k systému TZB

Návrh TZB	Kredity K4
Systémy TZB instalované v budově jsou navrženy tak, že umožňují změnu nejmenší částí odpovídající 50% celkové užité plochy bez ovlivnění provozu zbytku budovy	0
Systémy TZB instalované v budově jsou navrženy tak, že umožňují změnu nejmenší částí odpovídající 20% celkové užité plochy bez ovlivnění provozu zbytku budovy	3
Systémy TZB instalované v budově jsou navrženy tak, že umožňují změnu nejmenší částí odpovídající 5% celkové užité plochy bez ovlivnění provozu zbytku budovy	5

Tab. 5 - Hodnotící kritérium č. 1 - snadný přístup k systému TZB [34]

Celkové vyhodnocení kritéria:

Celkové kreditové ohodnocení se vypočte součtem všech kreditů dle tabulek.

$$K = K1 + K2 + K3 + K4,$$

kde K1 je kreditové ohodnocení budovy z hlediska nosného konstrukčního systému budovy, K2 je kreditové ohodnocení z hlediska snadnosti výměny příček, K3 je kreditové ohodnocení z

hlediska snadnosti výměny obvodového pláště, K4 je kreditové ohodnocení z hlediska snadnosti přístupu k systému TZB.

Kriteriální meze:

Přepočítání kreditového ohodnocení na body pro spojení do jednoho konečného ukazatelů.

Poznámka: Mezilehlé hodnoty se lineárně interpolují.

Kredity	Body
0	0
5	2
10	4
15	6
20	8
25	10

Tab. 6- Hodnotící kritérium č. 1 - kriteriální meze [vlastní tvorba]

5.2. Hodnotící kritérium č. 2 – Redukce množství použitých materiálů.

Cíl: Snížit absolutní množství použitých stavebních materiálů.

Při návrhu konstrukčního systému a kompletačních konstrukci **musí být dána přednost** navržené variantě s menším absolutním množstvím použitých stavebních materiálů, což vede na jeden z principů cirkulární ekonomiky – Reduce.

Indikátor: Celková hmotnost použitých stavebních materiálů na budovu (t)

Způsob hodnocení: Hmotnost materiálů použitých na stavební konstrukci se vypočte podle výkazu výměr.

5.3. Hodnotící kritérium č. 3 – Umožnění budoucího opětovného využití stavebních prvků.

Cíl: Umožnění budoucího cirkulačního použití stavebních prvků, složek a částí budovy **v původní podobě** na konci životního cyklu budovy se zaměřením na předcházení vzniku neboli produkci menšího množství stavebního odpadu a šetření s materiály.

Indikátor: Podíl produktů nebo systémů pro které je umožněná znovuvyužití **v původní podobě** bez recyklaci (%).

Způsob hodnocení: Hodnotí se celková hmotnost použitých stavebních materiálů a konstrukčních prvků pro které je umožněná snadná výměna a opětovné využití ve vztahu k celkové hmotnosti všech použitých materiálů (uvede se v %).

Kriteriální meze:

Přepočítání procentuálního ohodnocení na body pro spojení do jednoho konečného ukazatele.

Poznámka: Mezilehlé hodnoty se lineárně interpolují.

Procento (%)	Body
10	1
30	3
50	5
80	8
100	10

Tab. 7- Hodnoticí kritérium č. 3 - kritériální meze [vlastní tvorba]

5.4. Hodnoticí kritérium č. 4 – Redukce stavebního odpadu.

Cíl: Předcházení vzniku stavebního odpadu a podpora účinnosti zdrojů na konci životního cyklu budovy.

Indikátor: Hmotnost stavebního odpadu od použitých stavebních materiálů (t) a hmotnost stavebních materiálů pro které je umožněna recyklace (t) a jejich podíl na budovu. (%)

Způsob hodnocení: Hodnotí se celková hmotnost použitých stavebních materiálů a konstrukčních prvků, které patří mezi stavební a demoliční odpad na konci životního cyklu budovy, ve vztahu k celkové hmotnosti všech použitých materiálů (uvede se v %).

Kritériální meze:

Přepočet procentuálního ohodnocení na body pro spojení do jednoho konečného ukazatele.

Poznámka: Mezilehlé hodnoty se lineárně interpolují.

Procento (%)	Body
0	10
30	8
50	5
80	3
100	0

Tab. 8- Hodnoticí kritérium č. 4 - kritériální meze [vlastní tvorba]

5.5. Hodnoticí kritérium č. 5 – Využití materiálů s obsahem recyklované složky.

Cíl: Využití recyklovaného odpadu a druhotných surovin, a tím snížení poptávky po prvotních surovinách a optimalizace materiálové efektivity ve stavebnictví. Při návrhu konstrukčního systému a kompletačních konstrukci se kladně hodnotí použití produktů nebo systémů obsahující recyklované složky.

Indikátor: Podíl produktů nebo systémů obsahující recyklované složky (%)

Způsob hodnocení: Hodnotí se celková hmotnost použitých stavebních materiálů vyrobených z druhotných surovin/recyklovaných odpadů ve vztahu k celkové hmotnosti všech použitých materiálů (uvede se v %).

Kriteriální meze:

Přepočít procentního ohodnocení na body pro spojení do jednoho konečného ukazatele.

Poznámka: Mezilehlé hodnoty se lineárně interpolují.

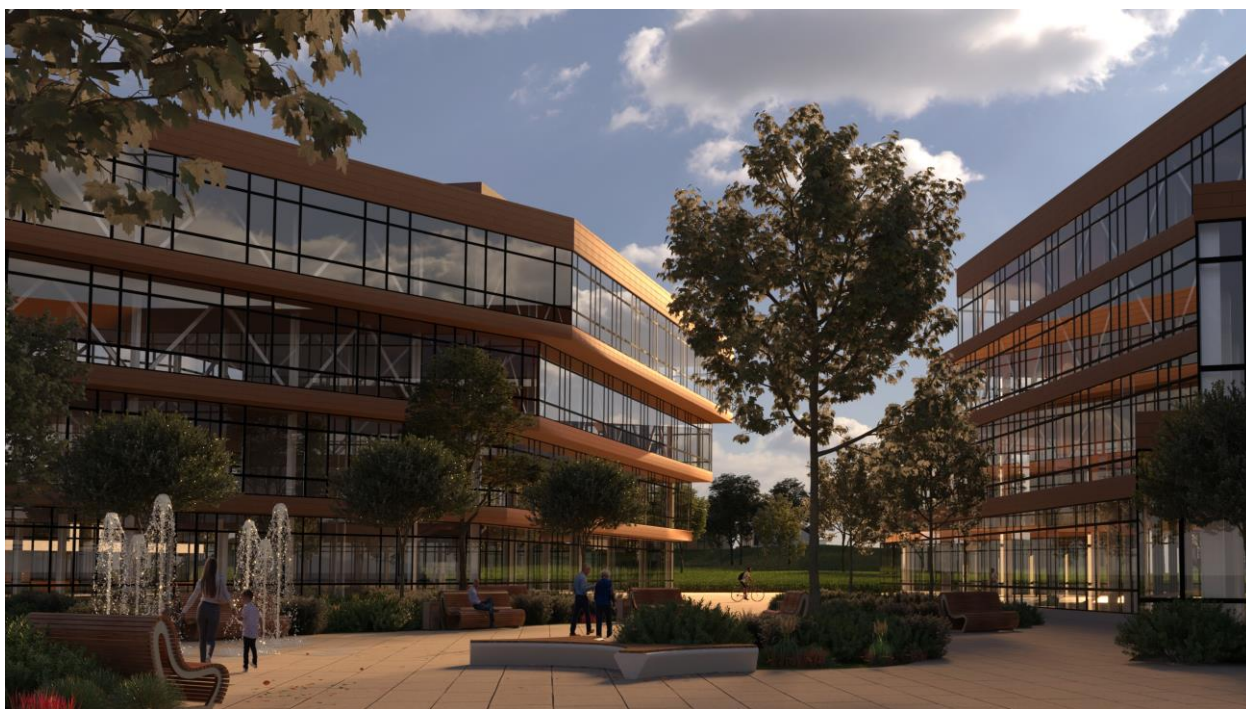
Procento (%)	Body
0	0
5	2
10	4
15	6
20	8
25	10

Tab. 9- Hodnotící kritérium č. 5 - kriteriální meze [vlastní tvorba]

6. Případová studie

Součástí diplomové práce je aplikace principů cirkulární ekonomiky na konkrétní kancelářské budově. [Obr. 19] Jako případová studie je uvažována administrativní budova v podobě základních půdorysů a řezů ve fázi dokumentace pro stavební povolení. Toto je můj vlastní návrh a vize moderní kanceláře. Část projektové dokumentace jsem vypracovala v rámci magisterského studia předmětu Projekt 4C. Ve své diplomové práci jsem tento projekt prohloubila.

Cílem tohoto oddílu je popsat stávající architektonické, stavebně-technické řešení objektu. Vypracovanou projektovou dokumentaci lze nalézt v přílohách. [Příloha 1]



Obr. 19 - Vizualizace referenční administrativní budovy [vlastní tvorba]

6.1. Identifikační údaje stavby

Název stavby: Administrativní budova.

Místo stavby: Vršovice, Praha 10.

Charakter stavby: Novostavba.

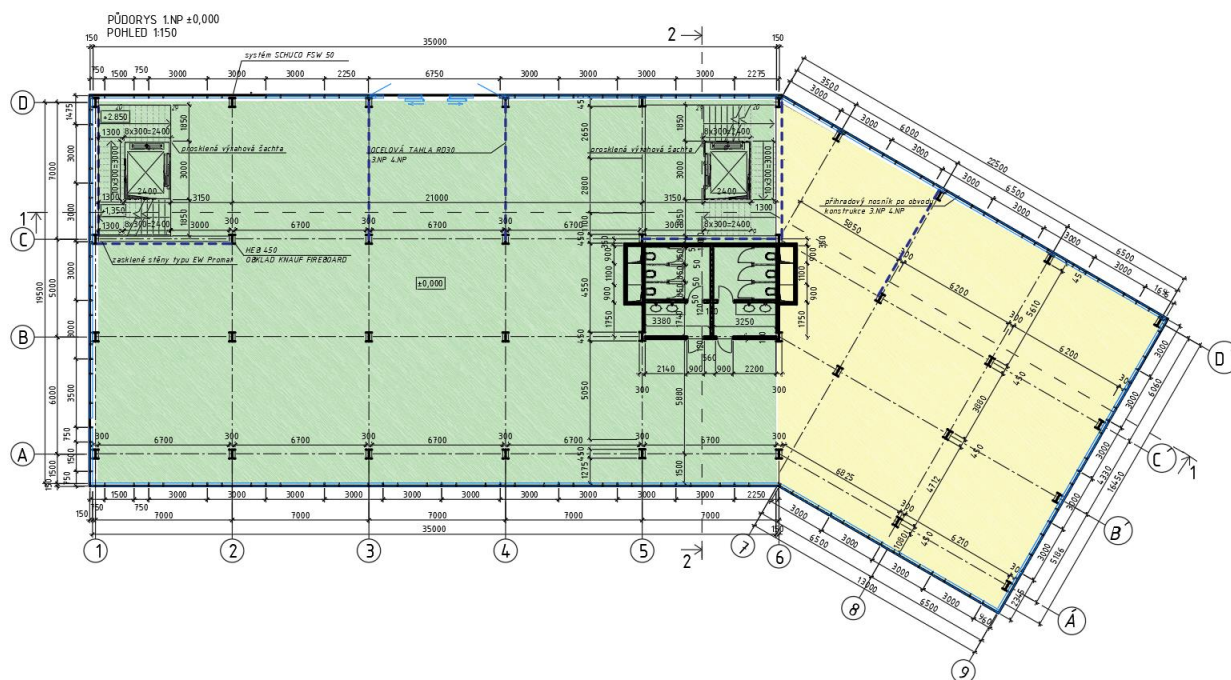
6.2. Účel objektu

Navržený objekt bude sloužit jako administrativní budova. Objekt bude užíván jako celek, nikoliv pronajímán po částech.

6.3. Architektonické a funkční řešení

Jedná se o administrativní budovu, která má 4 nadzemních podlaží. Konstruktivní výška jednotlivých podlaží je 4,2 m. Budova má nepravidelný tvar. Konstruktivně je objekt rozdělen na

dvě části, sekci A a sekci B – podélná a šikmá, která se nachází pod úhlem k vodorovné. [Obr. 20] Sekci tvoří ocelové rámy s táhly a příhradové nosníky. Konstrukční prvky jsou navrženy z oceli S235. Objekt obsahuje jeden hlavní vstup, kterým se dostaneme do haly administrativní budovy.



Obr. 20 – Půdorys administrativní budovy [vlastní tvorba]

Sekce A

Půdorys skeletu budovy je sestaven ze čtvercových polí o rozměru 7m x 7m, 5m x 7m uprostřed. V podélném směru je pět polí, v příčném jsou tři a vykonzolovaná část se dvou stran o rozměru 1,5 m. Rozměry celé sekci A jsou tedy 35 m x 20,5 m.

Sekce B

Půdorys skeletu budovy je sestaven ze čtvercových a trojúhelníkových polí. Rozměry celé sekci B jsou tedy 22,5 m x 16,45 m x 13 m.

Obecně objekt je ztužen pomocí příhradových (ztužení ve tvaru „X“) a rámových ztužidel, které jsou umístěny v schodišťovém prostoru a uprostřed budovy.

Budova má plochou nepochozí zelenou střechu, nejvyšší bod atiky se nachází +17,8 m nad úrovní okolního terénu.

Obvodový plášť budovy je tvořen systémem skleněných hliníkových fasád od výrobce Schüco a sendvičových panelů Kingspan Karrier.

Vertikální komunikace mezi jednotlivými podlažními je zajištěno trojramenným schodištěm a výtahem ve dvou částech budovy.

6.4. Konstrukční stavebně – technické řešení objektu

6.4.1. Zemní práce

Dle geologického průzkumu se na pozemku nachází písčítá půda pevné konzistence. Hladina podzemní vody nebyla do hloubky 6 m zastižena. Původní terén je rovinný. Srovnávací rovina odpovídá $\pm 0,000$ m, což je 204,0 m n.m.. Nejdříve bude sejmuta vrchní vrstva ornice do hloubky 0,2 m. Ta bude odvezena k uskladnění na městskou skládku, po skončení výstavby bude použita pro konečnou úpravu terénu.

6.4.2. Základové konstrukce

Sloupy administrativní budovy jsou kloubově kotveny do železobetonových patek čtvercového průřezu z betonu C25/30-XA1, XC1-Dmax22- C10,2-S4 o šířce 2,2 metry a hloubce 1,4 m. Základová spára odpovídá -1,67 m. Hydrofyzikální opatření – na nosnou spodní stavbu budou nataveny 2 vrstvy bentonitové tkaniny Mapeproof. Výztuž v základech je navržena z oceli B500B. Pod železobetonovou deskou v 1.PP je navržen podkladní beton C20/25 tloušťky 150 mm. Základová deska je navržena také z betonu C25/30 XC2 tloušťky 150 mm a vyztužená svařovanými Kari sítěmi.

6.4.3. Konstrukční řešení stavby

Dle konstrukčního řešení administrativní budova je navržena jako skeletový systém.

6.4.4. Vodorovné nosné konstrukce

Stropní deska je ocelobetonová, vybetonovaná do trapézových plechů výšky 130 mm a uložena na stropnicích IPE220 ve vzdálenosti 1,75 m. Stropnice působí jako spojitý nosník a jsou kloubově uloženy na průvlak HEB450. Skladby jednotlivých částí stropů jsou uvedeny dále.

6.4.5. Svislé nosné konstrukce

Svislé nosné konstrukce tvoří ocelové sloupy HEB450. Prostorová tuhost konstrukce je zajištěna příčnými a podélnými ztužidly. Objekt je ztužen pomocí příhradových ztužidel – ztužení ve tvaru „X“ a rámových ztužidel, které jsou umístěny v schodišťovém prostoru a uprostřed budovy.

Ve vykonzolovaných částech a podél budovy v 3. NP a 4.NP budou umístěny příhradové nosníky z různě profilových čtvercových uzavřených trubkových profilů SHS 140x140x6, 120x120x6, 70x70x5, které uprostřed v několika místech podepírají ocelová táhla RD30 přikotvena ke sloupům. Příhradové nosníky slouží ke podepření horních částí konstrukce.

6.4.6. Obvodový plášť

Obvodový plášť budovy je tvořen systémem hliníkových okenních systémů skleněných fasád od výrobce Schüco typu FWS 50 o tloušťce 50 mm v šedé barvě.

V dolních částech vykonzolovaných úseků bude použito opláštění od Kingspan. Kingspan Karrier je nedílnou součástí z lehkého, osvědčeného, továrně vyvinutého stavebního systému, který se skládá z jednotlivých vysoce izolovaných panelů, určený k podpoře opláštění, na kterých jsou umístěné fasádní kazety.

6.4.7. Vertikální doprava

V objektu jsou 2 schodiště v levé a pravé části sekce A, které spojuje veškerá podlaží, je přístupné z hlavního vchodu do objektu. Vertikální doprava je zajištěna tříramenným ocelovým schodištěm s 10 stupni v každém rameni při konstrukční výšce 4200 mm. Schodiště mají šířku 290 mm a výšku 150 mm, šířka ramene je 1500 mm. Ramena jsou ukotvena do podlahové desky a k nosnému skeletu v jednotlivých podlažích objektu, v úrovni mezipodest jsou dále ztuženy a podepírány vodorovnými nosníky.

V schodišťovém prostoru na rozhraní požárních úseků budou instalovány také pevně zasklené stěny typu EW od výrobce Promat. Hodnota požární odolnosti až EI 30/EW 45 dle ČSN EN 13501-2.

Další možností vertikálního přemístění je výtah s rozměry kabiny 1400/1600/2350 mm, jmenovité nosnosti 1600 kg. Výtah bude sloužit pro běžnou přepravu osob a nákladu pro provoz kanceláří v administrativním objektu. Výtah bude vybaven pro zaměstnance s omezenou schopností pohybu. Pohonná jednotka výtahu bude umístěna v posledním nadzemním podlaží nad výtahovou kabinou.

6.4.8. Instalační šachty, podhledy a příčky

V budově jsou celkem 4 instalačních šachty, ve kterých se nacházejí veškeré svody splaškové a dešťové kanalizace, stoupací potrubí rozvodu vody, vytápění a rozvody větrání. Tyto instalační šachty jsou opatřeny v každém podlaží nerezovými revizními dvířky 600x900 mm, které umožňují přístup do prostoru šachty.

Příčky jsou řešeny z pórobetonových příčkových Ytong v technických a hygienických prostorách. Mezi jednotlivými zasedacími místnostmi budou navrženy prosklené vnitřní příčky podle přání nájemníka.

Podhled v budově je tvořen zavěšením sádkartonového podhledu od výrobce Knauf.

6.4.9. Střecha

Budova má plochou nepochozí zelenou střechu, nejvyšší bod atiky se nachází +17,800 m nad úrovní okolního terénu. Střešní konstrukce je tvořena betonovou deskou vybetonovanou na trapézové plechy Comflor 60. Betonová deska je třídy C25/30 tloušťky 70 mm (nad vlnou plechu) – celkem 130 mm.

6.4.10. Podlaha

Před vstupem bude umístěna hrubá čistící zóna a v zádveři jemná čistící zóna. Nášlapné vrstvy jednotlivých podlah jsou navrženy tak, aby byly snadno čistitelné, nehořlavé, v případě potřeby protiskluzné (např. schodišťové stupně), a aby splňovaly hygienické předpisy dané normou.

Všechny vrstvy jednotlivých podlah jsou vyjmenovány v seznamu skladeb. Nášlapná vrstva navržená pro: recepci, kuchyňku, sociální zařízení.

V společenských prostorech je navržena zdvojená akustická podlaha NORTEC acoustic uložená na ocelové výškově nastavitelné stojky. Systém je doplněn zvukoizolačními a požárními přepážkami na rozhraní mezi jednotlivými chráněnými prostory.

6.4.11. Povrchové úpravy

Ochrana ocelové konstrukce nátěrovými hmotami od výrobce CORTEC bude stanovena na základě platných norem. Všechny prováděné nátěry a veškeré ochrany proti korozi musí být provedeny dle platných norem. Nátěrový systém stanoven dle ČSN ISO 12 944.

Nosná svislá ocelová konstrukce s požadavkem požární odolnosti vyšším, než R15 bude opatřena protipožárním obkladem sloupů od výrobce KNAUF Fireboard, který zajistí zvýšení požární odolnosti a nedojde tak k předčasnému kolapsu konstrukce při požáru a z důvodu neestetického působení. Sloupy jsou velice důležité z důvodu stability při požáru. Vodorovné konstrukce budou opatřeny vermikulit cementovým nástřikem, který je nutné obnovovat dle doporučení výrobce. Vodorovné konstrukce budou zakryty podhledem z důvodu neestetického působení a zakrytí vedených instalací pod stropní konstrukcí.

Na SDK příčkách je použita vnitřní sádrová omítka Rigips a vnitřní barva.

7. Vyhodnocení stávajícího stavu budovy

V této části práce bude provedeno posouzení stávajícího stavu objektu na základě nově vypracovaných hodnoticích kritérií.

7.1. Hodnoticí kritérium č. 1 – Prodloužení životnosti budovy se zaměřením na funkční přizpůsobivost.

1. Hodnocení nosného konstrukčního systému budovy

Hodnocená administrativní budova má konstrukční výšku 4,2 m. Dle konstrukčního řešení je budova navržena jako skeletový systém a rozpětí se v horizontální části pohybuje od 5 do 7 metrů, v šikmé – od 4,3 do 6 metrů, proto v této části nemůže získat maximální bodové hodnocení.

Konstrukční systém budovy Nosný systém/ konstrukční výška (m)	Kredity K1			
	≤3,7	3,8	3,9	≥4,1
Stěnový - rozpory do 6 metrů	0	2	3	5
Stěnový - rozpory nad 6 metrů	3	5	6	7
Kombinovaný - rozpory do 6 metrů	3	5	6	7
Kombinovaný - rozpory nad 6 metrů	5	7	8	9
Skelet - rozpory do 6 metrů	5	7	8	9
Skelet - rozpory nad 6 metrů	7	8	9	10

Tab. 10 - Hodnoticí kritérium č. 1 - konstrukční systém stávající budovy [vlastní tvorba]

Získané kredity K1: 9.

2. Snadnost výměny konstrukčních prvků – kompletační konstrukce.

a. Příčky

Příčky jsou řešeny z pórobetonových příčkových Ytong v technických a hygienických prostorech. Ve společném prostoru budou navrženy prosklené vnitřní příčky podle přání nájemníka mezi jednotlivými zasedacími místnostmi, v původní verzi tyto prvky chybí.

Příčky	Kredity K2
Nedemontovatelné konstrukce potřebné bouracích prací	0
Demontovatelné (sadrokartonové, OSB desky)	2
Mobilní, lehce přemístitelné nebo lze znovu použít ve stejné podobě	4
Žádné příčky	5

Tab. 11 - Hodnoticí kritérium č. 1 - stávající příčky [vlastní tvorba]

Získané kredity K2: 2,5.

Poznámka: V případě hodnocení pomocí tohoto kritéria jedná se o příčky ve společném prostoru, kromě technických a hygienických prostor.

b. Obvodový plášť

Jak bylo výše zmíněno obvodový plášť budovy je tvořen systémem skleněných fasád od výrobce Schüco FWS 50 a panelů Kingspan – LOP.

Obvodový plášť	Kredity K3
Nedemontovatelné konstrukce potřebné bouracích prací, je součástí hlavní nosné konstrukci (např. monolitické s další úpravou)	0
Demontovatelné (např. dvojité - výměna jednoho pláště neovlivňuje druhý plášť, prostor mezi dvěma plášti lze využít k údržbě a opravám obou plášťů)	3
Snadno demontovatelné a nezávisle na hlavní nosné konstrukci, možnost demontáže jednotlivých desek a prvků (LOP)	5

Tab. 12- Hodnotící kritérium č. 1 - stávající obvodový plášť [vlastní tvorba]

Získané kredity K3: 5.

3. Snadný přístup k systému TZB

Nebyl zohledněn přístup k systému TZB a instalačním šachtám, konstrukce byly kompletně zakryty sádkokartonem a to by komplikovalo přístup k nim při údržbě nebo v případě poruch.

Návrh TZB	Kredity K4
Systémy TZB instalované v budově jsou navrženy tak, že umožňují změnu nejmenší části odpovídající 50% celkové užité plochy bez ovlivnění provozu zbytku budovy	0
Systémy TZB instalované v budově jsou navrženy tak, že umožňují změnu nejmenší části odpovídající 20% celkové užité plochy bez ovlivnění provozu zbytku budovy	3
Systémy TZB instalované v budově jsou navrženy tak, že umožňují změnu nejmenší části odpovídající 5% celkové užité plochy bez ovlivnění provozu zbytku budovy	5

Tab. 13 - Hodnotící kritérium č. 1 - stávající přístup k systému TZB [vlastní tvorba]

Získané kredity K4: 0.

Celkové vyhodnocení kritéria:

Celkové kreditové ohodnocení se vypočte součtem všech kreditů dle tabulek.

$$K = K1 + K2 + K3 + K4 = 9 + 2,5 + 5 + 0 = 16,5.$$

Přepočet kreditového ohodnocení na body podle tabulky – **6,6 bodu**.

7.2. Hodnotící kritérium č. 2 – Redukce množství použitých materiálů.

Byl proveden výpočet hmotnosti materiálů použitých ve stavbě a zanesen do tabulky. [Tab. 14]

Název	Materiál	Tl. (m)	Hmotnost/mj	MJ	Délka/ plocha/ objem	MJ	Hmotnost (t)	
Základová konstrukce								
Základové pátky	železobeton	-	2300	kg/m3	110,88	m3	255,02	
Štěrkový podsyp frakce 36	štěrk	0,1	1600	kg/m3	965,5	m2	154,48	
Podkladní deska žb	železobeton	0,2	2300	kg/m3			444,13	
Hydroizolace	bentonit	0,01	5,1	kg/m3			0,05	
Tepelná izolace ISOVER EPS 150	exp.polystyren	0,06	25	kg/m3			1,45	
Deska žb	železobeton	0,1	2300	kg/m3			222,07	
Konstrukce - Skelet								
počet (ks)								
Sloupce HEB450	ocel	128	171	kg/m	4,2	m	91,93	
Ztužidla 2xL 80x10		16	11,86	kg/m	8,163	m	3,10	
Průvlak HEB300		-	117	kg/m	541,95	m	63,41	
Stropnice IPE240		-	30,7	kg/m	1690,5	m	73,35	
Příhradová konstrukce		-	-	-	-	-	-	15,76
Táhlo RD30 Maccaloy		6	4,8	kg/m	6/4,7	m	0,70	
Schodiště		-	-	-	-	-	-	11,11
Stropní konstrukce								
tl. (m)								
Trapezový plech ComFlor60	ocel pozink.	0,01	11,62	kg/m2	4171	m2	48,47	
Beton + kari síť 100X100X6	železobeton	0,1	2300	kg/m3			959,33	
Obvodový plášť								
tl. (m)								
LOP SCHÜCO FWS 50		0,05					78,63	
	sklo		41,5	kg/m2	1894,75	m2	68,21	
	hliník		36	kg/m2	1894,75	m2	9,85	
	EPDM		5,2	kg/m2	1894,75	m2	1,97	
Fasádní panel KINGSPAN Karrier K-ROC 1200xX	kamenná vlna+rošt'	0,15	28,2	kg/m2	560,33	m2	33,50	
Fasádní obkladové kazety KINGSPAN Dri-design	hliník	0,009	11,6	kg/m2	560,33	m2	13,78	
Příčky								
tl. (m)								
omítka Ytong	cement	0,005	5	kg/m2	405,76	m2	8,12	
příčka z příčkových Ytong Klasik 125	porobeton	0,125	475	kg/m3			48,18	
malta Ytong FIX N103	cement	0,005	1500	kg/m3			130,8	m2
Podlaha								
tl. (m)								
zdvojená podlaha NORTEC acoustic	kalciumsulfát vyztužený	0,04	75	kg/m2	3453,74	m2	259,03	
nášlapná vrstva dlažba	keramická	0,01	2200	kg/m3	296,80	m2	6,53	
tmel lepicí KNAUF	cement	0,005	2100	kg/m3			3,12	
roznášecí vrstva OSB desky	dřevěné třísky	0,036	740	kg/m3			7,91	
separační PE fólie	polyethylen	0,0002	900	kg/m3			0,05	
kroč.izolace desky ISOVER N	minerální vlna	0,05	100	kg/m3			1,48	
Zavěšený podhled Knauf UA/CD								
tl. (m)								
Knauf Silentboard 12,5mm	sadrokarton	0,00125	17,5	kg/m2	3865,92	m2	67,65	
Rošt - Profil UA a CD	hliník		0,55/2,15	kg/bm	5250	m	6,99	
Celkem							2885,21	

Tab. 14 - Celkový výkaz výměr stávajícího stavu [vlastní tvorba]

7.3. Hodnoticí kritérium č. 3 – Umožnění budoucího opětovného využití stavebních prvků.

V referenční administrativní budově tomuto kritériu vyhovují následující části: lehký obvodový plášť SCHÜCO FWS 50, fasádní obkladové kazety KINGSPAN Dri-design, pórobetonová tvárnice Ytong Klasik (lze využít opět v případě demontáže příček), zdvojená podlaha Nortec acoustic, některé části skladby podlah a podhledu. Případné opětovné použití těchto dílů je uvažováno pouze v případě, že materiál nedosáhl konce své životnosti. Celkem toto činí 14,3% z celkové hmotnosti budovy. [Graf 1 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**]

Výsledná hodnota kritéria: 14,3 %, počet bodů 1,5

7.4. Hodnoticí kritérium č. 4 – Redukce stavebního odpadu.

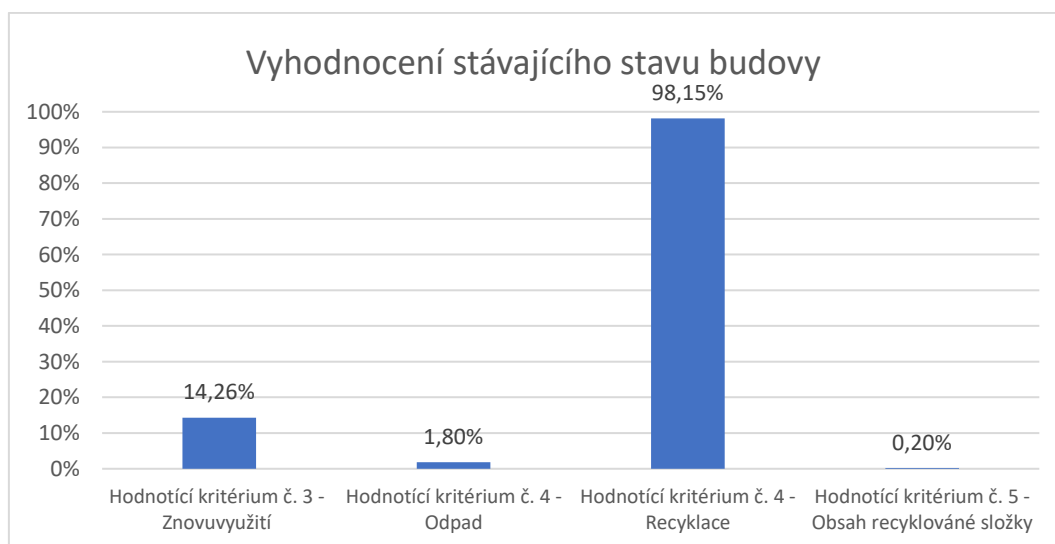
V tomto bodu byly všechny materiály analyzovány a zaříděny s ohledem na potenciální možnost recyklace, nebo naopak, které prvky budou odeslány na skládku.

Výsledná hodnota kritéria: 1,8% / 98,2% , počet bodů 10.

7.5. Hodnoticí kritérium č. 5 – Využití materiálů s obsahem recyklované složky.

V návrhu byly použity další produkty s obsahem recyklované složky: lehký obvodový plášť SCHÜCO FWS 50 a některé části skladby podlah, což činí 0,2% z celkové hmotnosti budovy. [Graf 1]

Výsledná hodnota kritéria: 0,2%, počet bodů 0.



Graf 1- Vyhodnocení stávajícího stavu budovy [vlastní tvorba]

Pro přehlednější pohled a další vyhodnocení jsou výsledky prezentovány ve formě grafu. Celkové kreditové ohodnocení se vypočte součtem všech kreditů dle tabulek: K3 =1,5, K4 = 10, K5 = 0. Finální počet bodů je 18,1 z 40 možných.

8. Návrh optimalizačních opatření

Po pečlivém posouzení navrhuji řadu optimalizačních opatření, a to konstrukčních a materiálových.

Konstrukční optimalizační opatření:

- Zvětšit rozpon mezi sloupy nad 6 metrů, aby bylo možné získat nejen nejvyšší kredit v rámci hodnocení nosného konstrukčního systému budovy, ale také větší flexibilitu změn dispozic pro nájemníka, popř. změn účelu stavby.
- Výměna nedemontovatelných příček z cihly za sádkartonové (z dřevěných panelů) v technických a hygienických prostorech a použití mobilních a lehce přemístitelných příček ve společných prostorech. Posouzení materiálových charakteristik s ohledem na hodnotící kritéria bude provedeno v další části opatření, jež se týká materiálů.
- Snadný přístup k systému TZB. V objektu je navržena centrální vzduchotechnika. Vedení potrubí vzduchotechniky je umístěno v instalačních šachtách a vyústí na střechu, kde se nachází VZT jednotky. Chlazení prostoru je strojní prostřednictvím chladicích jednotek. Vytápění a chlazení je vedeno ve společných prostorech v podhledu nad open spacem. K dispozici jsou volně otevíratelná dvířka v určených místech pro přístup do instalační šachty v případě nutných oprav nebo výměny stoupaček. Volný přístup k potrubí vytápění a chlazení, jež vedou v podhledu, bude zajištěn prostřednictvím snadno demontovatelných konstrukcí podhledu.
- Navrhnout místnost na třídění odpadu a podporovat tak poskytování vyhrazených skladovacích míst pro třídění toku odpadů, jež souvisí s provozem. Usnadní se tím recyklace a zároveň se tím podporují principy cirkulární ekonomiky.

Vypracovanou studii dispozičních změn a dokumentaci stávajícího stavu lze nalézt v přílohách.

Materiálová optimalizační opatření budou zahrnovat posouzení každé části budovy a porovnání se stávajícím stavem:

- náhrada standardního přírodního kameniva za recyklovaný materiál v základových patkách a jejich podsypech;
- návrh scénáře dalšího použití nosné konstrukce a její demontáž.
- jak je patrné z výkazu výměr, jednu třetinu celkové hmotnosti konstrukce tvoří stropní konstrukce. Navrhuji výměnu monolitického stropu z trapézového plechu a litého betonu

za prefabrikované nebo vylehčené panely a pak udělat jejich materiálové posouzení podle hodnoticích kritérií.

- posouzení skladeb obvodového pláště, příček, podlah a podhledů podle hodnoticích kritérií.

S ohledem na toto konkrétní zadání lze předpokládat, že prvky konstrukce budou sloužit pro univerzální znovupoužití. Proto níže budou uvedeny některé obecné požadavky pro navrhování, aby se maximalizoval potenciál pro opětovné použití a unifikovat je velikost s ohledem na stávající rozměry budovy:

- Primární nosníky mají délku 7 m a rozteč 6 m.
- Sekundární nosníky mají délku 6 m a rozteč 1,75 m.
- Rozměry stropních panelů musí být násobky 1,5m nebo 2m v příčném směru a 3,5m v podélném.

Základové konstrukce

Jak již bylo zmíněno, objekt je založen na železobetonových základových patkách. Řešením podporující cirkulární ekonomiku, které vede ke zmenšení množství těžených primárních a využití sekundárních surovin, by mohl být právě recyklovaný beton.

Beton je nejpoužívanějším stavebním materiálem na světě, a proto tvoří velkou část všech stavebních odpadů. Zároveň jsou omezeny i zdroje přírodního kameniva. V současnosti už existují technologie umožňující z existujícího materiálu po ukončení životnosti staveb postavit nové stavby. Jedná se o české vynalezení «Rebetong», který v roce 2019 představila na trhu Skanska v rámci nákupu patentové licence, jež patří společnosti ERC Beton. Rebetong je tak schopen likvidovat obrovské množství odpadu, který v současnosti končí na skládkách po demolici budov. Produkt má podobné vlastnosti jako beton, ale místo přírodního kameniva využívá recyklované – stavební suť v kombinaci s nanopříměsí. [35]

Požadované vlastnosti a podmínky pro použití recyklovaného kameniva do betonu pocházející ze stavebního a demoličního odpadu jsou v České republice definovány normou ČSN EN 12620 + A1, a složení – dle normy ČSN EN 933-11. [19]

* Rebetong obsahuje více recyklovaného kameniva, než povoluje norma ČSN EN 933-11, proto v tabulce v řádce, kde uveden podíl produktů obsahující recyklované složky jsou napsané 2 varianty – jedna podle norem a druhá s možnou perspektivou v budoucnosti.

Kriteria hodnocení / název	Stávající stav	Varianta 1
	C25/30-XA1, XC1-Dmax22- C10,2-S4	Rebetong C25/30-XA1, XC1-Dmax22-S4
Objemová hmotnost (kg/m ³)	2300,00	1975,20
Objem (m ³)	110,88	110,88
Celková hmotnost použitých stavebních materiálů na budovu (t)	255,02	219,01
Podíl produktů nebo systémů pro které je umožněná znovuvyužití v původní podobě (bez recyklaci) %	0%	0%
Hmotnost stavebního odpadu od použitých stavebních materiálů (t)	-	-
a hmotnost stavebních materiálů pro které je umožněná recyklace (t)	255,02	219,01
Podíl produktů nebo systémů obsahující recyklované složky %	0%	72,3% / 30%*

Tab. 15- Porovnání betonu do základových konstrukcí [vlastní tvorba]

Z tabulky je vidět, že menší objemovou hmotnost má beton obsahující recyklované kamenivo, což vede ke snížení celkové hmotnosti použitých stavebních materiálů pro výstavbu základových konstrukcí. Výhodou je možnost recyklace obou variant a využití recyklované složky v původním výrobku.

Skelet konstrukce

Obvykle, pokud jde o demontovatelnou konstrukci, se nejčastěji používá prefabrikované železobetonové konstrukce. Výhody montovaných konstrukcí jsou cena, rychlost výstavby díky absenci mokrého procesu, možnost kvalitnějšího zpracování atd. Vhodným řešením by bylo provést kloubové suché styky bez vyplnění cementovou zálivkou. Tyto druhy spoje mají širokou škálu aplikací – kotvení typu sloup-sloup, sloup-průvlak atd. Suché styky se provádějí pomocí sešroubovaných mezi sebou ocelových botek. V samotných konstrukčních prvcích budou připraveny otvory pro umístění spojovacích prvků.

Referenční budova má příliš složitý statický konstrukční systém v horních patrech, zejména ve vykonzolovaných částech, což vede na masivní průřezy sloupů a tloušťku stropu ze železobetonu. Lze předpokládat, že konzola o velikosti 4,5 m musí mít dostatečnou výšku průřezu nebo by měla být postavena z předem předpjatých prvků. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto ponechat skelet budovy vyrobený z oceli, ale změnit způsob instalace tím, ale změnit způsob instalace tím, že se vyhneme svařování dílů dohromady.

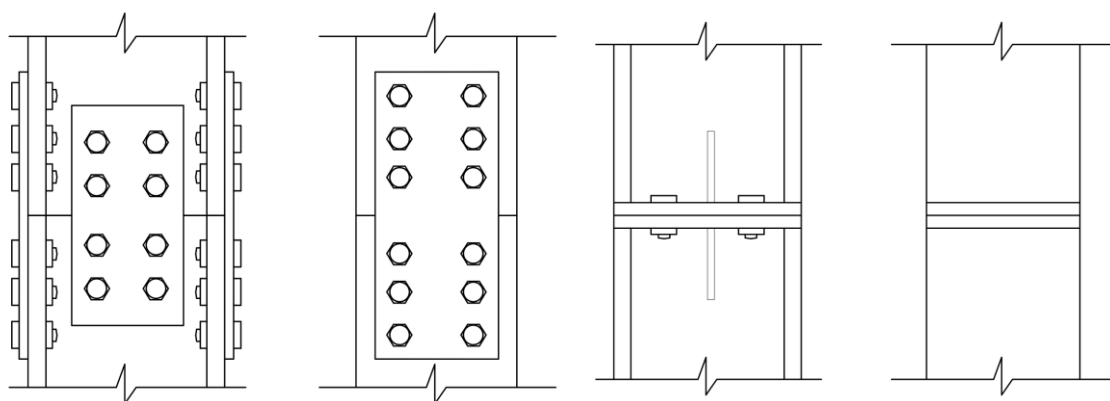
Výhody použití ocelové nosné konstrukce oproti betonové spočívá v nižší vlastní hmotnosti konstrukce, větší variabilitě tvaru konstrukcí jako v referenčním objektu. Dalším bodem je výhodnější možnost recyklace nosných ocelových konstrukcí oproti betonovým po skončení životnosti stavby při její demolici. K výrobě oceli je nutno roztavit železnou rudu, která je

neobnovitelným přírodním zdrojem, v pecích, kde se odstraní nečistoty a přidá se uhlík. Při tomto procesu vzniká velké množství CO₂. Recyklovaná ocel se však pouze roztaví anebo někdy se smísí se železem a poté se nalije do nových forem. To více šetří energii a snižuje škodlivé emise. Každopádně recyklovaná ocel již hraje důležitou roli v udržitelném navrhování.

Scénáře pro budoucí použití projektu by měly být zváženy již v rané fázi návrhu, aby bylo možné pochopit, jak lze budoucí použití a samotný návrh usnadnit. Navrhované scénáře:

1. Znovuvyužití ocelového skeletu – nosník lze od desky odpojit, takže nosníky lze demontovat a znovu použít, ale podlahové desky se znovu nepoužívají. Nosníky jsou pak k dispozici pro opětovné použití jako součást inventáře regenerovaných sekcí. Rozebíratelný ocelový skelet má velký význam v tom, že budoucí uživatel může konstrukci rozebrat a převézt na jiné místo, kde by mohla plnit další funkci, nebo postavit novou budovu v jiném tvaru. Kotvení konstrukčních prvků bude provedeno pomocí čelních desek, plechů a šroubů. Pro šroubové spoje je použita jakost šroubů 8.8. a více.
2. Univerzální znovupoužití celého skeletu spočívá v tom, že nosníky lze od desky odpojit a deskové prvky lze navíc od nosníků demontovat, takže oba mohou být potenciálně znovu použity zvlášť.
3. Speciální znovupoužití celého skeletu spočívá v tom, že nosníky a desku lze demontovat a znovu smontovat na jiném místě, ale ve stejné konfiguraci a geometrickém uspořádání jako při původním návrhu. [36]

Při návrhu rozebíratelného ocelového skeletu je nutno zajistit tuhost sloupu šroubovaným stykem, aby stykové příložky svým tvarem a plochou pokrývaly stykovaný průřez. Je několik možností montáže – boční a spodní.

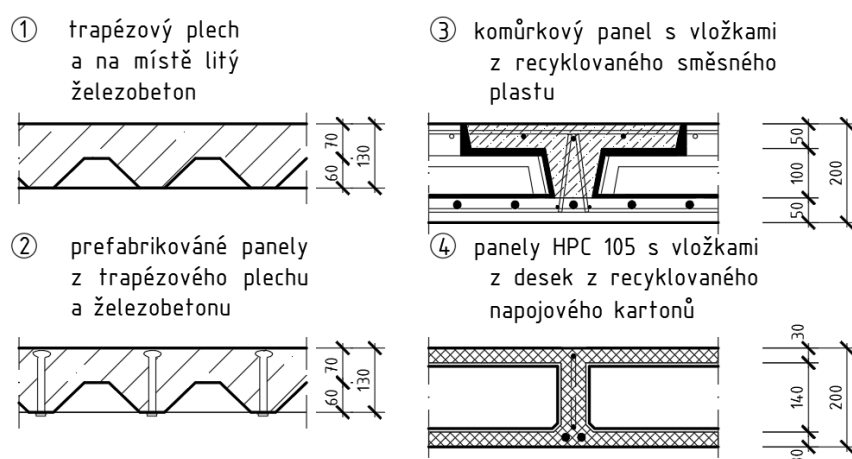


Obr. 21 - Příklad kotvení sloup-sloup pomocí šroubů a čelních desek. – boční [vlastní tvorba]

Obr. 22 - Příklad kotvení sloup-sloup pomocí šroubů a čelních desek. – spodní [vlastní tvorba]

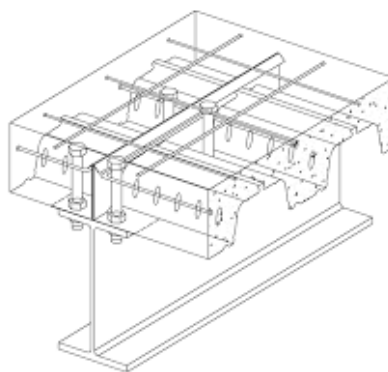
Stropní konstrukce

Ocelové stropní konstrukce se používají hlavně v ocelových skeletech. Běžným konstrukčním podlahovým systémem v kancelářských a vícepodlažních budovách je spřažená deska, která sestává z trapézového plechu a na místě litého železobetonu. Spřažení desky s ocelovými nosníky zajišťují spřahovací trny s hlavou, které jsou nejrozšířenějšími smykovými spojkami. Nejlevnější a nejsnadnější způsob instalace je přivařit trny k ocelovému nosníku přes profilovaný plech. Pomocí svařování dochází k vytvoření nerozebíratelného celku a trvalému spojení, což vede k časově náročnému a nákladnému procesu dekonstrukce. [36]



Obr. 23- Varianty skladeb stropu [vlastní tvorba]

Jako první alternativní řešení navrhuji místo monolitického stropu z trapézového plechu a na místě litého betonu použít prefabrikované panely ze stejných materiálů. Aby se dala celá konstrukce nebo pouze některé její části opětovně použít, prefabrikovaná stropní konstrukce musí být kotvena k nosníkům pomocí vysokopevnostních konstrukčních šroubů – trnů [Obr. 24] S ohledem na požadavky hodnoticího kritéria č. 3, které předkládá myšlenku opětovného využití stavebních prvků a materiálů, bylo rozhodnuto unifikovat rozměry stropních panelů – modulem 1,5 nebo 2 metry v příčném směru a 3,5 metry v podélném



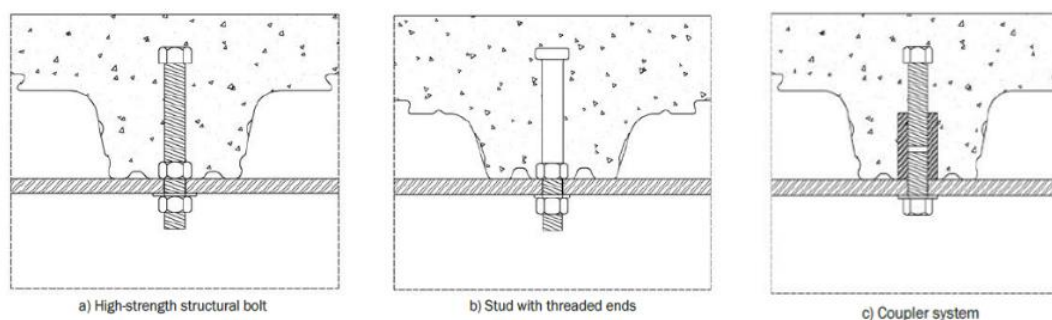
Obr. 24 - Schéma kotvení demontovatelné stropní konstrukce pomocí vysokopevnostních šroubů [36]



Obr. 25 - Prefabrikované stropní panely z trapézového plechu a betonové vrstvy vyztužené KARI sítí [36]

Kotvení může proběhnout pomocí následujících typů šroubů [Obr. 26] [36]:

1. Vysokopevnostní konstrukční šroub. Skládá se z jedné zapuštěné matice (nutná pro dosažení dostatečné tuhosti smykových trnů) a vnější matice pod horní pásnici nosníku (používá se k utažení střižné spojky).
2. Šroubované spráhovací trny
3. Coupler systém (spráhlo)



Obr. 26 - Druhy demontovatelného systému smykového spojení v ocelobetonových panelech [36]

Podle výkazu výměr v předchozí části „Vyhodnocení stávajícího stavu budovy“ je vidět, že jednu třetinu celkové hmotnosti skeletu tvoří ocelobetonový strop. A proto bylo pro zmenšení absolutního množství materiálů bylo rozhodnuto jako druhé alternativní řešení navrhnout vylehčené prefabrikované železobetonové panely s vložkami z recyklovaných materiálů.

Tyto panely jsou výsledkem společné práce týmu z Fakulty stavební ČVUT v Praze na výzkumných projektech ve složení prof. Ing. Petr Hájek, CSc., Ing. Magdaléna Kynčlová a Ing. Ctislav Fiala. Pro další srovnání byly vybrány tyto typy prefabrikovaných panelů: komůrkový panel s vložkami z recyklovaného směšného plastu (vylehčení cca o 40 % oproti plně monolitické desce stejné tloušťky) a panely z vysokohodnotného betonu HPC 105 s vložkami z desek z recyklovaných nápojových kartonů. [37] [Obr. 23] Použití těchto panelů má pozitivní vliv na 2 kritéria pro hodnocení budovy najednou, za prvé se snižuje celková hmotnost

konstrukce a za druhé tyto výrobky obsahují recyklovaný materiál. Vzhledem k tomu, že stropní vložky z recyklovaných nápojových kartonů a plastů lze vyrobit z konstrukčních desek libovolné velikosti, znamená to, že tyto panely lze vyrobit i v universálních velikostech. Další výkresy a ilustrace typických prvků jsou uvedeny v příloze. Koncepce výroby komůrkových panelů je založena na tradiční technologii výroby filigránových panelů. Předpokládá se, že instalace těchto panelů by měla být také provedena pomocí vysokopevnostních konstrukčních šroubů bez provedení „mokrého procesu“. V samotných panelech a nosnících budou připraveny otvory pro umístění spojovacích prvků. [38]

Srovnávací charakteristiky navrhovaných variant jsou znázorněny v následující tabulce.

Kriteria hodnocení / název	Stávající stav	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
	trapezový plech a na místě litý železobeton	prefabrikované panely z trapezového plechu a železobetonu	komůrkový panel s vložkami z recyklovaného směsného plastu	panely HPC 105 s vložkami z desek z recyklovaného nápojového kartonů
Rozměry	monolitický na celou plochu	3,5 x 3	3,5 x 3	3,5 x 3
Objemová hmotnost (kg/m ³)	2300	2300	1544	1032
Tloušťka (m)	0,13	0,13	0,2	0,2
Plocha (m ²)	4171			
Způsob kotvení	přivažené trny k ocelovému nosníku přes profilovaný plech	šroubované trny z prefabrikovaného panelu k ocel. nosníku	vysokopevnostní šrouby z prefabrikovaného panelu k ocel. nosníku	vysokopevnostní šrouby z prefabrikovaného panelu k ocel. nosníku
Celková hmotnost použitých stavebních materiálů na budovu (t)	1008	1008	1288	860
Podíl produktů nebo systémů pro které je umožněná znovuvyužití v původní podobě (bez recyklaci) %	0%	100%	100%	100%
Hmotnost stavebního odpadu od použitých stavebních materiálů (t)	0	0	0	0
a hmotnost stavebních materiálů pro které je umožněná recyklace (t)	1008	1008	1288	860
Podíl produktů nebo systémů obsahující recyklované složky %	0%	0%	5,7%	8%

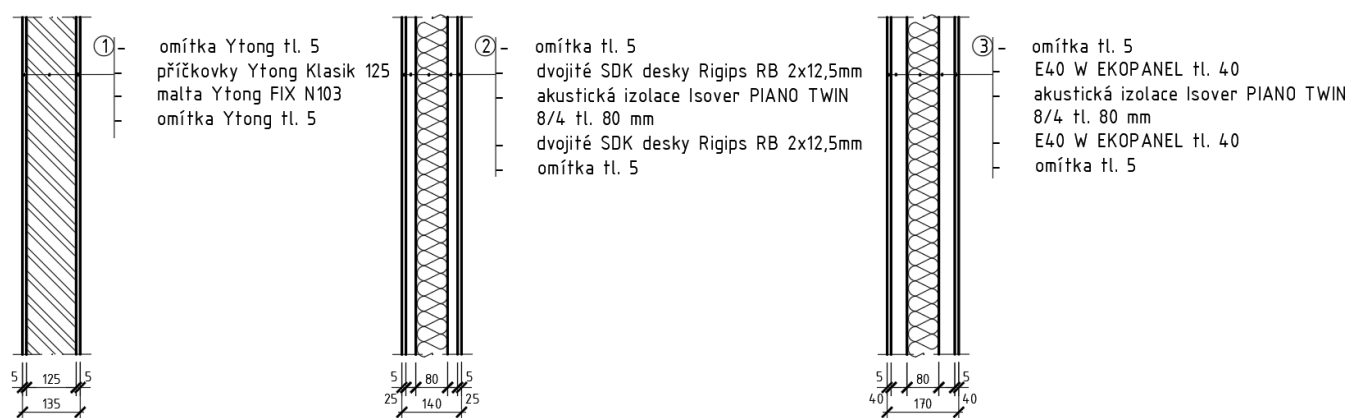
Tab. 16 - Porovnání variant stropních konstrukcí [vlastní tvorba]

Z výše uvedených údajů je možné vyčíst, že navrhovaná varianta č.3 má nejlepší přínos. Tato možnost splnila očekávaný výsledek podle tří kritérií, zejména má nejmenší hmotnost a vyšší podíl obsahu recyklované složky, také je umožněno znovuvyužití v původní podobě.

Příčky

Zpočátku referenční budova byla navržena s příčkami z pórobetonových příčkovek Ytong. (Ytong Klasik 125, omítka Ytong, malta Ytong FIX N103) Instalace tohoto systému probíhá mokrým procesem – konstrukce příček z tvárnic se zakládá na tepelněizolační maltu, z čehož vyplývá, že v případě změny dispozice, případných opravných prací nebo demontáže dojde ke náročnému procesu bourání nebo opravy jednotlivých částí.

Oproti tomu navrhuji alternativní konstrukce ze sádrokartonových a dřevěných panelů s ohledem na požadavky cirkulární ekonomiky. Navržené příčky by měly mít nižší hmotnost, být částečně nebo zcela recyklovatelné, případně i mít snadnější proces montáže a demontáže anebo podíl recyklované složky ve výrobku.



Obr. 27- Varianty skladeb příček [vlastní tvorba]

Jako první variantní řešení byla zvolena roštová dvojitá sádrokartonová příčka s vloženou tepelnou a zvukovou izolací (dvojitě SDK desky Rigips RB 2x12,5mm, akustická izolace Isover PIANO TWIN 8/4 tl. 80 mm, omítka). V sádrokartonové příčce je plánováno umístit instalační vedení, je nutné navrhnout příčku se zdvojenou nosnou kóstrou a mezerou pro akustickou izolace a vedení instalačních rozvodů.

Podle statistik v České republice po skončení životnosti výrobků skládkovány sádrový odpad činí 86% oproti jenom 14% recyklované části. [41] Při výrobě nových sádrokartonových desek je možné použít skoro 10% recyklované sádry, dobrým příkladem v praxi je sádrokartony od výrobce Rigips. [19],[43] Výrobce ISOVER podporuje vývoj LCA pro izolační výrobky podle norem a vytváří EPD dokumenty pro své produkty. V současné době je reálné znovupoužití izolačních panelů v případě demontáže konstrukce příček, či využití nějakých kusů odpadního materiálu pouze v případě, že výrobek nebyl vážně poškozen, zničen a není to v rozporu s jeho dobou životnosti. Ačkoliv v EPD izolace Isover PIANO TWIN není uvedena

informace o recyklaci po konci životnosti a produkt je považován za skládkovaný bez možnosti opětovného použití. Obsah recyklované složky činí 0,38kg/m² izolace. [40]

Druhá nabízená varianta je příčka ze slaměných panelů EKOPANEL (E40 W tl. 80 EKOPANEL, akustická izolace Isover PIANO TWIN 8/4 tl. 40 mm 0,625x15 m, omítka).

Jádro ekopanelu je lisováno ze slámy bez dalších pojiv a nátěrů, lepeno recyklovanou lepenkou, samotné jádro je obaleno recyklovaným papírem. Výstavba tohoto druhu příček je prováděna suchou cestou, a rychleji na rozdíl od zděných příček. Vzhledem k možnosti objednání ekopanelů požadované délky a jednoduchosti montáže bez nosného roštu lze takovou příčku postavit/demontovat za pár minut. Samotné panely lze po dožití stavby 100% zrecyklovat nebo použít znovu. Uvnitř konstrukce je vložena stejná tepelná a zvuková izolace jako i ve předchozí variantě. [54] Požární odolností ekopanelu je nižší (třída E) oproti SDK desce, a proto je třeba věnovat pozornost ohnivzdornému nátěru.

Srovnávací charakteristiky navrhovaných variant příček jsou znázorněny v následující tabulce.

Kriteria hodnocení / název	Stávající stav	Varianta 1	Varianta 2
	Příčka z příčkovek Ytong	Roštová sádrokartonová příčka Rigips s vloženou tepelnou izolací	Příčka z Ekopanelů s vloženou tepelnou izolací
Tloušťka (m)	0,135	0,13	0,12
Plocha (m ²)	405,76		
Snadnost výměny konstrukčních prvků	Nedemontovatelné konstrukce potřebné bouracích prací	Demontovatelné (sádrokartonové)	Demontovatelné (OSB desky)
Celková hmotnost použitých stavebních materiálů na budovu (t)	62,19	23,52	26,66
Podíl produktů nebo systémů pro které je umožněná znovuvyužití v původní podobě (bez recyklaci) %	77,48%	62,10%	68,65%
Hmotnost stavebního odpadu od použitých stavebních materiálů (t)	14,00	13,05	0,24
a hmotnost stavebních materiálů pro které je umožněná recyklace (t)	48,18	2,05	18,30
Podíl produktů nebo systémů obsahující recyklované složky %	0,00%	7,52%	46,72%

Tab. 17- Porovnání variant příček [vlastní tvorba]

Pro dosažení velkého podílu produktů nebo systémů pro které je umožněná znovuvyužití v původní podobě (bez recyklaci) je nutno vzít v úvahu dobu životnosti výrobku, v tomto případě životnost SDK desek a slaměných Ekopanelů a že výrobek nebyl vážně poškozen a dobře očištěn.

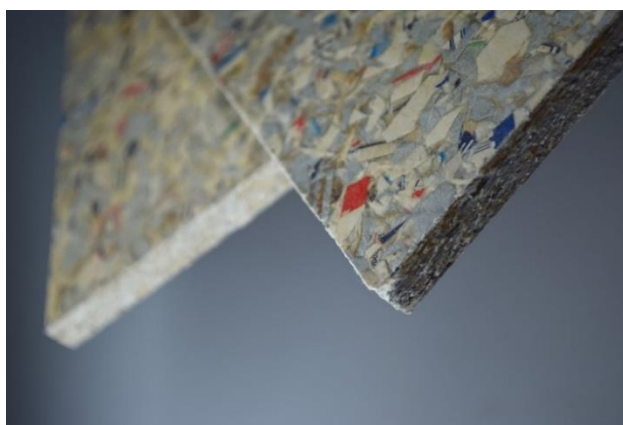
Podhled

V původní variantě strop byl řešen zavěšením sádkartonového podhledu Knauf na ocelovém roštu z UA/CD profilu 1750x1500. Po instalaci nejsou sádkartonové desky Knauf Silentboard vhodné pro opětovné použití v nezměněném stavu. Podle EPD Knauf 93% celkové hmotnosti desek lze recyklovat. Hmotnost Knauf Silentboard GKF o tloušťce 12,5 mm činí cca. 17,5 kg / m², což je dostatečně vysokou hodnotou oproti například minerálním deskám. [41]

Prvním alternativním řešením pro deskové podhledy jsou minerální podhledy Armstrong ULTIMA+, které jsou vyráběny na bázi minerální vlny. Podíl recyklované složky dosahuje 37%. Minerální podhled má výhody v ještě rychlejší montáži oproti sádkartonům, a v případě potřeby – jednoduchá demontáž s možností opětovného použití materiálu. Správně demontovaná prkna lze znovu nainstalovat. Také minerální desky lze vrátit do výrobního procesu k recyklaci na nové minerální stropní desky, když je k dispozici dostatečná kvalita materiálu.

Společnost Armstrong aktivně podporuje principy cirkulární ekonomiky, a tak připravila program recyklace podhledů a odřezků – Armstrong Ceiling Solutions. Kromě toho výrobek ULTIMA+ má certifikace Cradle to Cradle Bronze. [39]

Jako druhé variantní řešení byla zvolena podhledová deska Packwall design. Generální ředitel pan Radim Lovětínský ve společnosti Flexibau, jež vyrábí tento druh desek, poskytl svůj komentář k produktu a ujistil, že obsahem desek Packwall design je pouze drť nápojových kartonů neboli tetrapaků, vybíraných z českých domácností a dovezených k výrobci po dotřídění svozovou službou jako je např. AVE, Marius Pedersen apod. Pro obaly vyráběnými ze dřevní hmoty se využívá FSC certifikát, který zaručuje, že obaly byly vyrobeny z materiálů pocházejících z udržitelných zdrojů a byly získány z lesů hospodárným způsobem. Pro výrobu desek nepoužívá žádné primární suroviny ani chemikálie nebo pojiva. Krycí papíry jsou dokonce také vyrobeny z recyklovaného papíru. Recyklace neboli znovupoužití desek PackWall pro výrobu dalších nových desek PackWall je možná v případě, když se podaří vrátit (dostat do výrobního závodu) desky PackWall nekontaminované chemikáliemi, omítkami, nečistotami (blátem, maltou ze stavby, betonem a obdobnými věcmi) a zbavené spojovacího materiálu (vrutů, šroubů, hřebíků). Ve střednědobé budoucnosti se připravuje plán proškolení svozové služby, a tak jak se nyní už třídí na sběrných dvorech dřevo, postupovat i s deskami PackWall. Aby se firmě dosloužilé desky vracely do výroby automaticky, stejně jako se dostávají samotné tetrapaky.



Obr. 28 - Desky Packwall design [45]

<https://stavba.tzb-info.cz/podlahy-pricky-povrchy/20905-realizace-konstrukci-deskami-packwall-z-druhotne-suroviny>

Kriteria hodnocení / název	Stávající stav	Varianta 1	Varianta 2
		zavěšený podhled Knauf UA/CD 1750x1500 (deska Silentboard sadkartonová, hliníkové profily)	zavěšený podhled z mineralních desek (deska Armstrong ULTIMA+, hliníkové profily)
Objemová hmotnost (kg/m ³)	1400	270	750
Tloušťka desek (m)	0,0125	0,019	0,015
Plocha (m ²)	3865,92		
Snadnost výměny konstrukčních prvků	Demontovatelné konstrukce s možností výměny prvků	Demontovatelné konstrukce s možností výměny prvků	Demontovatelné konstrukce s možností výměny prvků
Celková hmotnost použitých stavebních materiálů na budovu (t)	74,64	26,82	50,48
Podíl produktů nebo systémů pro které je umožněná znovuvyžití v původní podobě (bez recyklaci) %	9,36%	100% *	100% *
Hmotnost stavebního odpadu od použitých stavebních materiálů (t)	4,74	0,00	0,00
a hmotnost stavebních materiálů pro které je umožněná recyklace (t)	69,90	26,82	50,48
Podíl produktů nebo systémů obsahující recyklované složky %	0,00%	28,84%	86,16%

Tab. 18- Porovnání variant podhledu [vlastní tvorba]

* V případě správné demontáže desek existuje možnost opětovného použití materiálu v původní podobě. Kromě toho je nutno vzít v úvahu dobu životnosti samotného výrobku.

Podlaha

V referenční kancelářské budově podlaha byla řešena pomocí zdvojené podlaha NORTEC acoustic. Zdvojené podlahy se skládají z desek a výškově nastavitelných sloupků (lepeny sloupkovým a závitovým lepidlem), což zajišťuje efektivní vedení kabelových rozvodů dvojitou podlahou, zároveň snadnou přístupnost k instalacím.

Panely ze síranu vápenatého vyztužené vlákny lze snadno demontovat a znovu použít beze změny pro stejnou aplikaci. Pro jiné způsoby opětovného použití/likvidace se doporučuje třídění od ostatních stavebních materiálů na místě. Po zpracování v recyklačních závodech určených pro sádrový odpad a po drcení nebo dodatečném odstranění nečistot lze vlákny vyztužené desky ze síranu vápenatého použít jako půdní kondicionéry, složky hnojiv, nebo čínidla regulující tuhnutí cementu. Kromě toho mohou být panely ze síranu vápenatého vyztužené vlákny nasměrovány do výrobního procesu jako surovina pro nové panely po příslušné úpravě, čímž se uzavře „materiálový kruh“. Vyvýšené podlahové podstavce také mohou být plně nasměrovány na recyklaci oceli. Výrobek obsahuje recyklovanou složku, materiál z druhotných surovin činí 6,94 kg/m² podle EPD. Produkt je certifikovaný C2C Silver, a proto jej lze považovat za uživatelsky přívětivý produkt pro certifikační systémy jako LEED, DGNB, SBToolCZ a BREEAM. [46]

V technických a hygienických prostorách podlaha byla řešena jako plovoucí s nášlapnou vrstvou ve tvaru keramické dlažby na lepicím tmelu. Roznášecí vrstvu bude provedena z OSB desek. Kročejová izolace je ve tvaru desek ISOVER N. Produkt se považuje za skládkovaný bez opětovného použití, využití nebo recyklace. Tovární odpad z minerální vlny lze zpracovat na recyklované brikety pro výrobu minerální vlny. Celkové množství recyklovaného obsahu ve výrobku ISOVER N dle ČSN EN ISO 14021 je 69 %.[47]

Alternativním řešením pro podlahy bude vinylové podlahy od výrobce Pergo. Firma podporuje používání zásad CE ve svých produktech. Pro společenské prostory nabízím nášlapnou vrstvu se snadno použitelným zaklepávacím systémem. Systém umožňuje snadnou demontáž podlahy a její opakované použití na jiném místě. Po skončení životnosti lze odpadní podlahovou krytinu recyklovat na novou. Panely je nutné instalovat bez pomoci lepidla, jenom prostřednictvím mechanického zaklapnutí, které umožňuje naklánění panelů nebo jejich vodorovné podélné vkládání. Výrobce zajišťuje, že panely musí umožňovat zvednutí a opětovnou instalaci po omezený počet opakování bez jakékoli ztráty kvality.

Do technických a hygienických prostoru bylo rozhodnuto použít vinylové podlahy iQ OPTIMA tloušťky 1.5 mm od výrobce Pergo také. Tato podlaha patří mezi systémy do mokrých

prostor a oddílu cirkulárních podlah. Z důvodu zvýšených požadavků na ochranu proti vlhkosti bylo rozhodnuto použít tmel pro instalace.

Kriteria hodnocení / název	Stávající stav	Alternativní varianta	Stávající stav	Alternativní varianta
	Zdvojená podlaha NORTEC acoustic	Plovoucí podlaha z nášlapnou vrstvou Vinyl	Plovoucí podlaha z keramickou nášlapnou vrstvou	Plovoucí podlaha z nášlapnou vrstvou Vinyl
Plošná hmotnost (kg/m ²)	75	270		
Tloušťka desek (m)	0,04	0,019	0,04	0,019
Plocha (m ²)	3453,74		296,80	
Snadnost výměny konstrukčních prvků	Demontovatelné konstrukce s možností výměny prvků	Demontovatelné konstrukce s možností výměny prvků	Těžce demontovatelné konstrukce s možností výměny prvků	Těžce demontovatelné konstrukce s možností výměny prvků
Celková hmotnost použitých stavebních materiálů na budovu (t)	259,03	140,64	19,09	13,36
Podíl produktů nebo systémů pro které je umožněná znovuvyužití v původní podobě (bez recyklaci) %	100,00%	87,72%	41,70%	59,57%
Hmotnost stavebního odpadu od použitých stavebních materiálů (t)	0,00	17,27	4,60	4,60
a hmotnost stavebních materiálů pro které je umožněná recyklace (t)	259,03	123,37	14,49	8,76
Podíl produktů nebo systémů obsahující recyklované složky %	9,25%	8,47%	5,36%	7,66%

Tab. 19 - Porovnání variant podlah [vlastní tvorba]

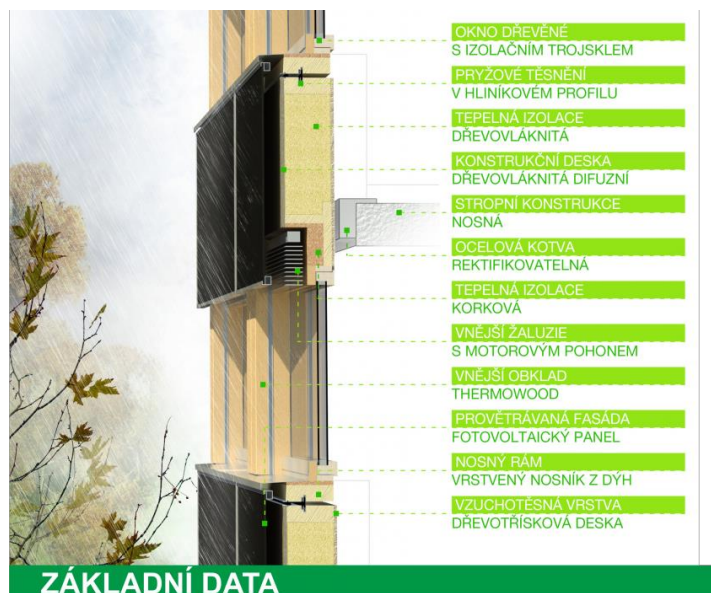
Obvodový plášť

Fasáda referenčního objektu byla řešena pomocí lehkého obvodového pláště hliníkovými okny od výrobce Schüco typu FWS 50 a opláštění z sendvičových panelů od Kingspan pokrytých hliníkovými kazetami.

System oken se klasicky skládá z hliníkové sloupko-příčnickové nosné konstrukce o tloušťce 50 mm v šedé barvě a prosklených částí. Produkt Schüco je certifikovaný C2C, je také aktivně zapojen do Iniciativy A/U/F, aby byl udržitelně zlepšen cirkulační cyklus v oblasti výroby oken a fasád. Pro recyklaci starých hliníkových oken a fasád vznikla v roce 2011 z certifikovaných firem v Německu výkonná recyklační organizace pod hlavičkou A/U/F. Ze starého hliníku jsou opět vyráběny velmi kvalitní profily, tento proces lze často opakovat a je velmi energeticky efektivní. Veškerý jednou vytvořený hliník tak představuje materiál, který má velkou hodnotu a svázanou energii. Hliník lze pomocí recyklace nezsčítelněkrát použít, aniž by došlo ke snížení jeho jakosti a vlastností.

Bohužel často se stává, že recyklace prováděná v současnosti je obvykle „downcycling“, při procesu recyklace materiálů dochází ke ztrátě jejich technické kvality. Například okenní sklo se v současnosti nerecykluje zpět na vysoce kvalitní okenní sklo, ale obvykle se přeměňuje na obalové sklo nebo jiné nekvalitní výrobky, dokud neskončí na skládkách. Recyklace podle principu Cradle to Cradle má naopak zajistit, aby všechny materiály mohly cirkulovat ve stejné původní kvalitě. [48]

Alternativním řešením je lehký obvodový plášť Envilop v podobě panelů na bázi dřeva. [Obr. 29] System byl vyvinut Univerzitním centrem energeticky efektivních budov ČVUT v Praze. Obrovskou výhodou je vysoká míra prefabrikace a suchá výstavba. Panely se snadno montují a demontují bez dodatečného lešení pomocí rektifikačních ocelových kotev. Výzkumná skupina na ČVUT také podporuje cirkulární vývoj, pro výrobu tohoto produktu simulovali celý životní cyklus (od výroby, montáže, provozu stavby až po výměnu za nový plášť na konci jeho životnosti). Samotný panel se skládá z prosklených částí – hliníkového okna, nosného rámu panelu, vnější a vnitřní konstrukční dřevoštěpkové desky, opláštění fasádní obkladem, tepelné izolace uvnitř. [49]



40 **80** **6** **0,16** **30**
 cm % kg_{CO₂,ekv.}/m² W/m²K %

základní tloušťka pláště včetně instalační předstěny snížení tepelné ztráty objektu ve srovnání s Boletickými panely uhlíkové stopa oproti 168kg/m² běžných hliníkových plášťů průměrný součinitel prostupu tepla neprůsvitné části spotřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů oproti hliníkovým LOP

Obr. 29 – Základní data o Envilop[49]

Srovnávací charakteristiky navrhovaných variant fasád jsou znázorněny v následující tabulce.

Kriteria hodnocení / název	Stávající stav	Varianta 1
		SCHÜCO FWS 50, Fasádní panely KINGSPAN Karrier K-ROC, obkladové kazety
Tloušťka (m)	0,05/0,15	0,27
Plocha (m ²)	1894,75	
Způsob kotvení	Rektifikační ocelové kotvy	Rektifikační ocelové kotvy
Celková hmotnost použitých stavebních materiálů na budovu (t)	125,91	145,46
Podíl produktů nebo systémů pro které je umožněná znovuvyužití v původní podobě (bez recyklaci) %	73,4%	100,0%
Hmotnost stavebního odpadu od použitých stavebních materiálů (kg, a hmotnost stavebních materiálů pro které je umožněná recyklace	36,7	7,27
Podíl produktů nebo systémů obsahující recyklované složky %	89,27	138,19
	52%	12%

Tab. 20 - Porovnání variant fasád [vlastní tvorba]

9. Vyhodnocení navrženého stavu

Po aplikaci optimalizačních opatření je provedeno posouzení nového stavu objektu na základě vypracovaných hodnoticích kritérií.

9.1. Hodnoticí kritérium č. 1 – Prodloužení životnosti budovy se zaměřením na funkční přizpůsobivost.

1. Hodnocení nosného konstrukčního systému budovy

Konstrukční výška se nezměnila a činí 4,2 m. Po vnitřních změnách a přenesení řady sloupů jsou nyní rozpětí budovy 6 metrů, což umožňuje získat maximální bod.

Konstrukční systém budovy Nosný systém/ konstrukční výška (m)	Kredity K1			
	≤3,7	3,8	3,9	≥4,1
Stěnový - rozpory do 6 metrů	0	2	3	5
Stěnový - rozpory nad 6 metrů	3	5	6	7
Kombinovaný - rozpory do 6 metrů	3	5	6	7
Kombinovaný - rozpory nad 6 metrů	5	7	8	9
Skelet - rozpory do 6 metrů	5	7	8	9
Skelet - rozpory nad 6 metrů	7	8	9	10

Tab. 21- Hodnoticí kritérium č. 1 - konstrukční systém navrženého stavu [vlastní tvorba]

Získané kredity K1- 10.

2. Snadnost výměny konstrukčních prvků – kompletační konstrukce.

a. Příčky

Příčky budou řešeny jako demontovatelné ze slaměných panelů EKOPANEL v technických a hygienických prostorách. Ve společném prostoru budou navrženy prosklené vnitřní příčky podle přání nájemníka mezi jednotlivými zasedacími místnostmi, v původní verzi tyto prvky chybí.

Příčky	Kredity K2
Nedemontovatelné konstrukce potřebné bouracích prací	0
Demontovatelné (sadrokartonové, OSB desky)	2
Mobilní, lehce přemístitelné nebo lze znovu použít ve stejné podobě	4
Žádné příčky	5

Tab. 22- Hodnoticí kritérium č. 1 – navržené příčky [vlastní tvorba]

Získané kredity K2 - 3,5.

b. Obvodový plášť

Obvodový plášť budovy bude navržen jako lehký obvodový plášť Envilop.

Obvodový plášť	Kredity K3
Nedemontovatelné konstrukce potřebné bouracích prací, je součástí hlavní nosné konstrukci (např. monolitické s další úpravou)	0
Demontovatelné (např. dvojité - výměna jednoho pláště neovlivňuje druhý plášť, prostor mezi dvěma plášti lze využít k údržbě a opravám obou plášťů)	3
Snadno demontovatelné a nezávisle na hlavní nosné konstrukci, možnost demontáže jednotlivých desek a prvků (LOP)	5

Tab. 23 - Hodnotící kritérium č. 1 – navržený obvodový plášť [vlastní tvorba]

Získané kredity K3- 5.

3. Snadný přístup k systému TZB

Návrh TZB	Kredity K4
Systémy TZB instalované v budově jsou navrženy tak, že umožňují změnu nejmenší částí odpovídající 50% celkové užité plochy bez ovlivnění provozu zbytku budovy	0
Systémy TZB instalované v budově jsou navrženy tak, že umožňují změnu nejmenší částí odpovídající 20% celkové užité plochy bez ovlivnění provozu zbytku budovy	3
Systémy TZB instalované v budově jsou navrženy tak, že umožňují změnu nejmenší částí odpovídající 5% celkové užité plochy bez ovlivnění provozu zbytku budovy	5

Tab. 24 - Hodnotící kritérium č. 1 – navržený přístup k systému TZB [vlastní tvorba]

Získané kredity K4- 5.

Celkové vyhodnocení kritéria:

Celkové kreditové ohodnocení se vypočte součtem všech kreditů dle tabulek.

$$K = K1 + K2 + K3 + K4 = 10 + 3,5 + 5 + 5 = 23,5.$$

Přepočítání kreditového ohodnocení na body podle tabulky – **9,4 bodu.**

9.2. Hodnotící kritérium č. 2 – Redukce množství použitých materiálů.

Po porovnání alternativních variant částí konstrukce byly vybrány neoptimálnější z nich pro nový projekt. Byl proveden výpočet hmotnosti materiálů použitých v novém návrhu a výsledky se zobrazí v tabulce. [Tab. 25]

Název	Materiál	Tl. (m)	Hmotnost/mj	MJ	Délka/ plocha/ objem	MJ	Hmotnost (t)	
Základová konstrukce								
Základové pátky	železobeton	-	2300	kg/m3	110,88	m3	255,02	
Štěrkový podsyp frakce 36	štěrk	0,1	1600	kg/m3	965,5	m2	154,48	
Podkladní deska žb	železobeton	0,2	2300	kg/m3			444,13	
Hydroizolace	bentonit	0,01	5,1	kg/m3			0,05	
Tepelná izolace ISOVER EPS 150	exp.polystyren	0,06	25	kg/m3			1,45	
Deska žb	železobeton	0,1	2300	kg/m3			222,07	
Konstrukce - Skelet								
počet (ks)								
Sloupy HEB450	ocel	128	171	kg/m	4,2	m	91,93	
Ztužidla 2xL 80x10		16	11,86	kg/m	8,163	m	3,10	
Průvlak HEB300		-	117	kg/m	541,95	m	63,41	
Stropnice IPE240		-	30,7	kg/m	1690,5	m	73,35	
Příhradová konstrukce		-	-	-	-	-	-	15,76
Táhllo RD30 Maccaloy		6	4,8	kg/m	6/4,7	m	0,70	
Schodiště		-	-	-	-	-	-	11,11
Stropní konstrukce								
		tl. (m)						
Trapezový plech ComFlor60	ocel pozink.	0,01	11,62	kg/m2	4171	m2	48,47	
Beton + kari síť 100X100X6	železobeton	0,1	2300	kg/m3			959,33	
Obvodový plášť								
		tl. (m)						
LOP SCHÜCO FWS 50		0,05					78,63	
	sklo		41,5	kg/m2	1894,75	m2	68,21	
	hliník		36	kg/m2	1894,75	m2	9,85	
	EPDM		5,2	kg/m2	1894,75	m2	1,97	
Fasádní panel KINGSPAN Karrier K-ROC 1200xX	kamenná vlna+rošt'	0,15	28,2	kg/m2	560,33	m2	33,50	
Fasádní obkladové kazety KINGSPAN Dri-design	hliník	0,009	11,6	kg/m2	560,33	m2	13,78	
Příčky								
		tl. (m)						
omítka Ytong	cement	0,005	5	kg/m2	405,76	m2	8,12	
příčka z příčekovek Ytong Klasik 125	porobeton	0,125	475	kg/m3			48,18	
malta Ytong FIX N103	cement	0,005	1500	kg/m3			130,8	m2
Podlaha								
		tl. (m)						
zdvojená podlaha NORTEC acoustic	kalciumsulfát vyztužený	0,04	75	kg/m2	3453,74	m2	259,03	
nášlapná vrstva dlažba	keramická	0,01	2200	kg/m3	296,80	m2	6,53	
tmel lepicí KNAUF	cement	0,005	2100	kg/m3			3,12	
roznášecí vrstva OSB desky	dřevěné třísky	0,036	740	kg/m3			7,91	
separační PE fólie	polyethylen	0,0002	900	kg/m3			0,05	
kroč.izolace desky ISOVER N	minerální vlna	0,05	100	kg/m3			1,48	
Zavěšený podhled Knauf UA/CD								
		tl. (m)						
Knauf Silentboard 12,5mm	sadrokarton	0,00125	17,5	kg/m2	3865,92	m2	67,65	
Rošt - Profil UA a CD	hliník		0,55/2,15	kg/bm	5250	m	6,99	
Celkem							2885,21	

Tab. 25 - Celkový výkaz výměr navrženého stavu [vlastní tvorba]

9.3. Hodnoticí kritérium č. 3 – Umožnění budoucího opětovného využití stavebních prvků.

Nové alternativní výrobky byly speciálně vybrány tak, aby jednou z jejich funkcí byla možnost je v průběhu času znovu použít v původní podobě. V novém návrhu tomuto kritériu vyhovují následující části: více než polovina prvků skeletu, lehký obvodový plášť Envilop, stropní panely, částečně příčky – pokud prvek se dá dobře očistit od nečistot nebo odstranit společně s vrchní vrstvou, lze opětovně využít Ekopanely, a některé části skladby podlah a podhledu. Případné opětovné použití těchto dílů je uvažováno pouze v případě, že materiál nedosáhl konce své životnosti. Procento takových prvků je 55,8 % z celkové hmotnosti budovy.

Výsledná hodnota kritéria: 55.8%, počet bodů 5,5.

9.4. Hodnoticí kritérium č. 4 – Redukce stavebního odpadu.

V tomto bodu byly všechny materiály analyzovány a zaříděny s ohledem na potenciální možnost recyklace, nebo naopak, které prvky budou odeslány na skládku.

Výsledná hodnota kritéria: 1,31%, počet bodů 10.

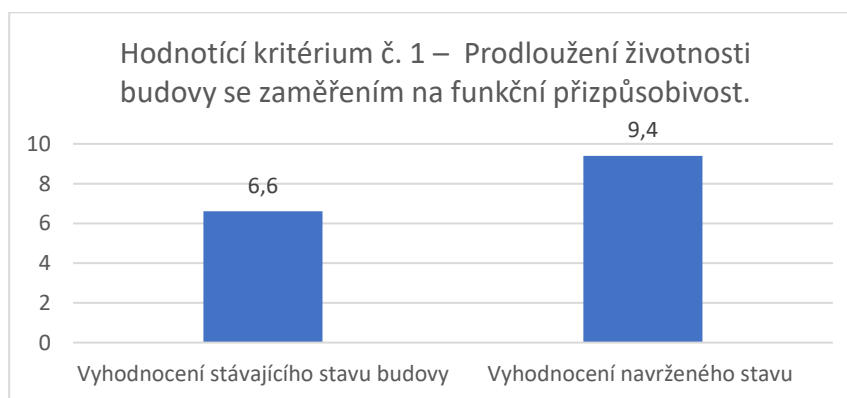
9.5. Hodnoticí kritérium č. 5 – Využití materiálů s obsahem recyklované složky.

V návrhu byli použity ještě více produktů s obsahem recyklované složky: Rebetong do základových patek, alternativní podsyp z recyklované stavební suti, vložky do desek z recyklovaného nápojového kartonu a některé části skladby podlah a podhledu – OSB desky atd, což činí 13,11% z celkové hmotnosti budovy. Výsledná hodnota kritéria: 13.11%, počet bodů 5.

Celkové kreditové ohodnocení se vypočte součtem všech kreditů dle tabulek: $K3 = 5,5$, $K4 = 10$, $K5 = 5$. Finální počet bodů je 29,9 z 40 možných.

10. Porovnání variant

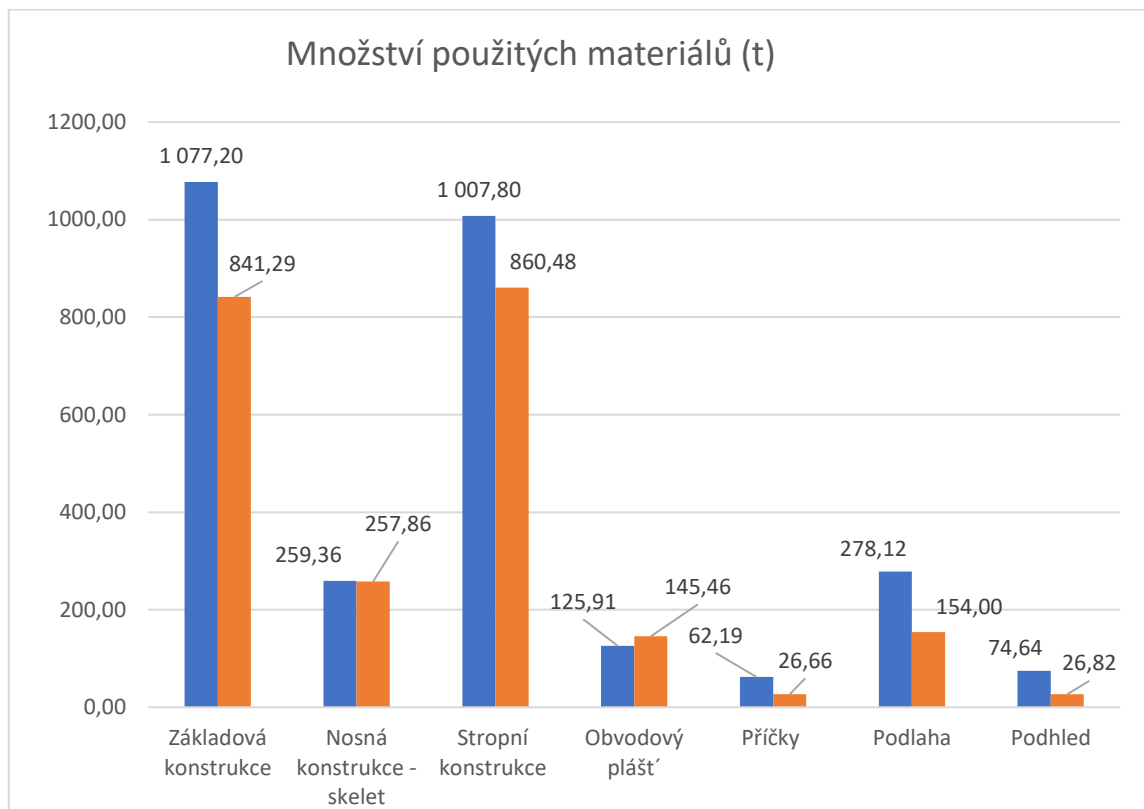
Pro přehlednější pohled a další vyhodnocení jsou výsledky prezentovány ve formě grafů.



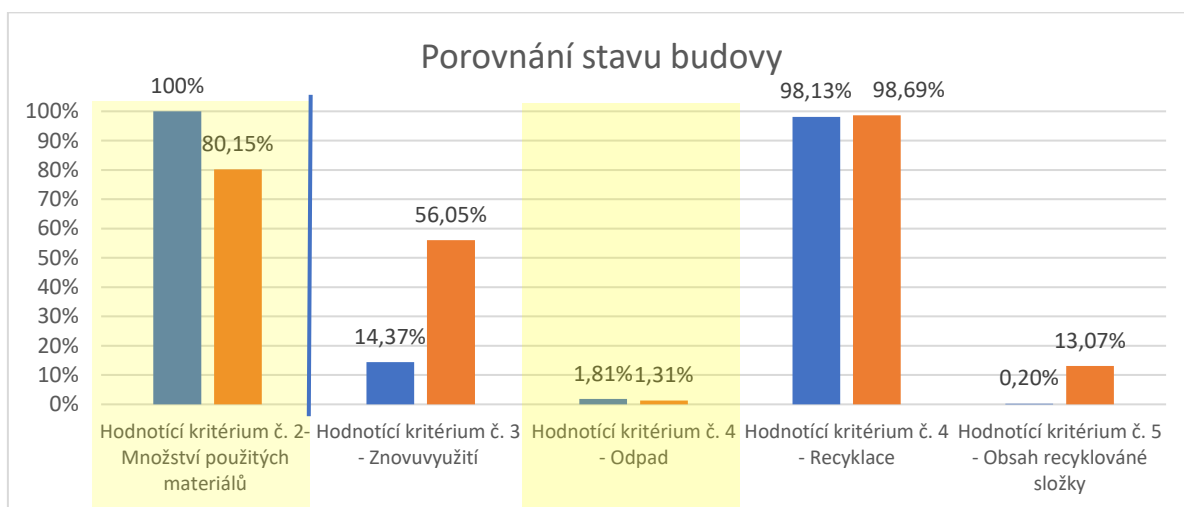
Graf 2- Hodnoticí kritérium č. 1, porovnání variant [vlastní tvorba]

Maximální počet bodů v hodnotícím kritériu č. 1 je 10. Po aplikaci optimalizačních opatření se navržená varianta přiblížila k maximálnímu počtu bodů oproti původní.

Jak je vidět z diagramu, v každé kategorii se hmotnost snížila, kromě fasády. [Graf 3 - Porovnání množství použitých materiálů (t) [vlastní tvorba]Graf 3] Je to dáno tím, že i přes větší váhu byly podle mého názoru hodnotnější jiné ukazatele – velká míra prefabrikace, použité obnovitelné materiály.



Graf 3 - Porovnání množství použitých materiálů (t) [vlastní tvorba]



Graf 4 - Vyhodnocení navrženého stavu budovy [vlastní tvorba]

Kromě toho se žlutě označuje kritéria, u kterých platí, že čím nižší je ukazatel, tím vyšší bude bod při hodnocení (hmotnost materiálů, odpad). U ostatních kritérií se podstata hodnocení nezměnila – čím více procento, tím lépe (znovuvyužití, recyklace, obsah recyklované složky). V hodnoticím kritériu č.2 byl původní stav uvažován jako 100% vůči navrženému. Absolutní množství použitých stavebních materiálů se snížilo o 20%. Jak je vidět z grafu bylo ušetřeno přibližně 500 tun materiálů. [Graf 3] možnost využívat části konstrukce opět se oproti předchozí variantě zvýšila o 41 %, míra recyklovatelnosti se skoro nezměnila, obsah recyklovaných složek se zvýšil o 13 %.

11. Diskuze

Už v původní verzi budova vykazovala poměrně dobré výsledky při hodnocení. Některé aplikované prvky podpořily udržitelné stavebnictví a částečně principy cirkulární ekonomiky. Například lehký obvodový plášť nebo zdvojená podlaha.

Všechna alternativní řešení se dají vzájemně dobře nahradit v závislosti na požadavcích zákazníka nebo nájemce. Nebude to těžké, protože hlavní myšlenkou při volbě konstrukci a její části bylo zjednodušení spojení mezi sebou, snadná instalace a zvýšení objemu recyklace. Hlavní nosní prvky konstrukce budou k sobě přišroubovány, to umožnit vyměnit jednotlivé prvky nebo zvětšovat/zmenšovat budovu.

Rovněž je nutno věnovat pozornost dostupnosti těchto materiálů. Například při výběru stropních desek byla dána přednost nejlepší variantě ze strany hodnocení. Panely s vložkami z recyklovaných nápojových kartonů se ale vyrábí pouze na zakázku. Proto by mohlo být stejně vhodné použít běžný trapézový plech a beton.

Možná odhady hodnot v hodnoticím kritériu č.4 z hlediska recyklace jsou příliš idealizované. Nelze zaručit, že se po skončení služby produktu se s ním skutečně naloží podle předpokládaných scénářů, případné informace je potřeba ověřit u místních zpracovatelských závodů. Ale všechny odhady o tom byly založeny na informacích o vlastnostech produktů, zejména EPD. Tyto materiály byly používány, dokud nebyly vyvinuty online knihovny materiálůvých pasů. Potenciál tohoto tématu je velký a doufám, že procesy recyklace stavebního a demoličního odpadu budou plně automatizovány v blízké budoucnosti.

12. Závěr

Ráda bych shrnula výsledky své práce. V teoretické části práce byla provedena analýza definic a základních pilířů cirkulární ekonomiky, která se ukázala jako značně mnohostranná. Díky analýze v konečném výsledku byla vybrána nejobsáhlejší definice a nejvhodnější metody použití. Vysoká míra uplatňování principů oběhového hospodářství se ukázala i v Evropě i v České republice, o čemž svědčí nově vypracované strategie na úrovni státu i strategie přechodu hlavního města na oběhové hospodářství do roku 2030, i když praktických příkladů je v ČR stále málo. Stavebnictví toto téma také aktivně podporuje a má mnoho přístupů k jeho aplikaci, např. budova/město jako banka materiálů, využití BIM technologií pro usnadnění procesu navrhování, zavádění materiálových pasů nebo strukturování dat o vlastnostech materiálů, cirkulární kritéria pro certifikace budov atd.

V praktické části byla řešena případová studie zvolené kancelářské budovy ve fázi projektové dokumentace. Jedním z cílů práce bylo vyhodnotit stávající stav objektu s ohledem na požadavky cirkularity. Za tímto účelem byla provedena analýza kritérií čtyřech certifikačních nástrojů a zvolen seznam kritérií podporujících cirkulární principy. Na základě toho byly vypracovány nové vlastní indikátory hodnocení pro kancelářské budovy. Kritéria kombinují požadavky na konstrukční řešení a flexibilitu, aby bylo možné objekt nebo jeho jednotlivé části znovu využít pro jiné účely, a zásady pro snížení celkové hmotnosti budovy, zvýšení recyklovatelnosti materiálů a obsahu recyklovaných složek ve výrobcích.

Další částí bylo porovnání alternativních variant některých dílů – skeletu, stropních konstrukci, obvodového pláště, podlah, přiček, podhledu. Poté byly vybrány ty optimální a použity v nové verzi návrhu budovy. V důsledku toho bylo ušetřeno přibližně 500 tun materiálů, možnost využívat části konstrukce opět se oproti předchozí variantě zvýšila o 41 %, míra recyklovatelnosti se skoro nezměnila, obsah recyklovaných složek se zvýšil o 13 %. Tím pádem nová kritéria byla ověřena v praxi.

Tím navržená opatření měla na nově navržený stav pozitivní vliv a všechny úkoly stanovené v diplomové práci byly splněny.

Seznam použité literatury

1. ekolamp.cz. [online] 2019 [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.ekolamp.cz/cz/newsletter?id=19>
2. Kirchherr, Reike & Hekkert. *Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions* [online]. 2017 [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/321432839_Conceptualizing_the_circular_economy_An_analysis_of_114_definitions
3. Zengwei Yuan, Jun Bi, and Yuichi Moriguichi. *The Circular Economy: A New Development Strategy in China* [online]. 2008 [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/229618832_The_Circular_Economy_A_New_Development_Strategy_in_China
4. Ellen MacArthur Foundation. *Circular economy diagram*. [online] 2019. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>
5. incien.org [online] 2019 [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://incien.org/>
6. wrap.org.uk [online] [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://wrap.org.uk/taking-action/climate-change/circular-economy>
7. Moragaa, Huysvelda, Mathieux, Blengini, Alaertsd, Van Ackerd, Meester, Dewulf. *Circular economy indicators: What do they measure?* [online] 2019. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092134491930151X#!>
8. enviweb.cz *Zásady cirkulární ekonomiky při projektování budov v návaznosti na Level(s)* [online] 2020 [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.enviweb.cz/117132>
9. Evropská komise. *Zásady cirkulární ekonomiky při projektování budov* [online] 2020. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/stavebnictvi-a-suroviny/strategicke-dokumenty-pro-udrzitelne-stavebnictvi/zasady-cirkularni-ekonomiky-pri-projektovani-budov-v-navaznosti-na-levels--253983/>
10. ciraa.eu [online] 2021. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.ciraa.eu/>
11. Česká rada pro šetrné budovy www.czgbc.org [online] 2021. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.czgbc.org/cs/o-nas>
12. Ministerstvo životního prostředí, *Strategický rámec cirkulární ekonomiky České republiky 2040* [online] 2021. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_20211213_Vlada-schvalila-Cirkularni-Cesko_2040/\\$FILE/Cirkul%C3%A1rn%C3%AD%20%C4%8Cesko_2040_web.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_20211213_Vlada-schvalila-Cirkularni-Cesko_2040/$FILE/Cirkul%C3%A1rn%C3%AD%20%C4%8Cesko_2040_web.pdf)
13. ISES, s.r.o. *Vyhodnocení plnění krajského POH Hlavního města Prahy za rok 2019* [online] 2020. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: https://portalzp.praha.eu/file/3254634/Vyhodnoceni_POH_kraje_HMP_za_rok_2019.pdf
14. Pražský inovační institut, z.ú. (Pii), *Strategie hl. m. Prahy pro přechod na cirkulární ekonomiku* [online] 2021. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: https://www.prazskyinovacniinstitut.cz/files/2710_strategie_ce.pdf
15. bamb2020.eu [online] 2016 [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.bamb2020.eu/>
16. Heinrich, Lang *Materials passports – best practice* [online] 2019. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: https://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2019/02/BAMB_MaterialsPassports_BestPractice.pdf

17. Madaster Demo Account [online] 2021 [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: https://appsource.microsoft.com/en-us/product/web-apps/madasterservicesbv.madaster_demo_account?tab=overview
18. cenia.cz *Environmentální prohlášení o produktu*. [online] 2021 [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.cenia.cz/spolecenska-odpovednost/epd/>
19. Pavlů Tereza, Pešta Jan, Volf Martin, Lupíšek Antonín. *Katalog výrobků a materiálů s obsahem druhotných surovin pro použití ve stavebnictví* [online] 2018 [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <http://www.recyklujmestavby.cz/wp-content/uploads/2019/10/Recyklujmestavby-katalog-3.08.pdf>
20. steelconstruction.info *Steel and the circular economy* [online] 2018 [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: https://www.steelconstruction.info/Steel_and_the_circular_economy#Design_for_deconstruction_and_reuse
21. bamb2020.eu *New office building* [online] [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.bamb2020.eu/topics/pilot-cases-in-bamb/new-office-building/>
22. Kirchner Jens. *Fotodokumentace*. Essen. Dostupné z: <https://www.kadawittfeldarchitektur.de/en/projekt/rag-stiftung-und-rag-ag-zollverein/>
23. *Urban Mountain* [online] [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.shl.dk/urban-mountain/>
24. Hammer schmidt lassen architects. *Vizualizace*. Dostupné z: <https://www.shl.dk/urban-mountain/>
25. Stávající stav Urban Mountain. *Fotodokumentace*. Oslo. [online] [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://goo.gl/maps/kSehqnhvhJPqJMUF7>
26. GXN Copenhagen A/S. *Circle House Demonstrator*. Kodaň [online] [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://gxn.3xn.com/project/circle-house-demonstrator>
27. archiweb.cz *R(ozebíratelný) dům*. Delft [online] [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.archiweb.cz/b/building-d-emountable>
28. metsawood.com *Building D(emountable)*. Delft [online] [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.metsawood.com/global/news-media/references/Pages/building-d-emountable.aspx>
29. atelier-dek.cz *Co se událo v oboru certifikace BREEAM v uplynulých letech* [online] [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/co-se-ud%C3%A1lo-v-oboru-certifikace-breeam-v-uplynul%C3%BDch-letech-912>
30. Certifikace DGNB [online] [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.dgnb.de/de/verein/system/>
31. BRE Global Ltd. *BREEAM International New Construction 2016*. Technical Manual [cit. 2022-01-01].
32. DGNB GmbH. *DGNB System – New buildings criteria set Version 2020 international*. [cit. 2022-01-01].
33. USGBC. *LEED v4.1 Building design and construction. Version 2021*. [cit. 2022-01-01].
34. Vonka Martin a kol. *Metodika SBToolCZ – Manuál hodnocení administrativních budov ve fázi návrhu*. 2011. Praha. [cit. 2022-01-01].

35. reality.skanska.cz *Skanska začala používat recyklovaný beton*. Praha [online] 2019 [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://reality.skanska.cz/blog/skanska-zacala-pouzivat-recyklovany-beton>
36. Girao Coelho, Lawson, Lam, Yang. *Guidance on demountable composite construction systems for UK practice*. UK [online] 2020 [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: [https://steel-sci.com/assets/downloads/Guidance%20on%20Demountable%20composite%20construction%20systems%20for%20UK%20practice.%20\(P428\).pdf](https://steel-sci.com/assets/downloads/Guidance%20on%20Demountable%20composite%20construction%20systems%20for%20UK%20practice.%20(P428).pdf)
37. Fiala Ctislav. *Optimalizace betonových konstrukcí v environmentálních souvislostech*. Praha, 2011 [cit. 2022-01-01]. ISBN 978-80-01-04663-0
38. Fiala Ctislav. *Stropní panel s vložkami z recyklovaného směsného plastu jako progresivní alternativa k dosud převládajícím řešením*. [online] Praha [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://doczz.cz/doc/241050/stropan%3%AD-panel-s-vlo%5%BEkami-z-recyklovan%3%A9ho-sm%4%9Bsn%3%A9ho>
39. EPD-AKC-20200124-ICA1-EN. Armstrong Building Products B.V. Ultima+ Planks (19mm). Berlin, Germany, 2020.
40. NEPD-2077-937-EN. Saint-Gobain Sweden AB, ISOVER. ISOVER Piano® Ljudskiva Stål. Oslo, 2020.
41. EPD-KNA-20160123-IBB1-EN. Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU). Knauf Silentboard. Berlin, Germany, 2017.
42. EPD-SÜC-20170131-IBC1-DE. Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU). Schüco International KG. Schüco FWS 50. Berlin, Germany, 2017.
43. 3013EPD-17-0229Saint-Gobain Construction Products CY, division Rigips. Habito H 12.5 mm. Praha, 2017.
44. ekopanely.cz *Ekopanel E40* [online] [cit. 2022-01-01] Dostupné z: <https://www.ekopanely.cz/sluzby-a-produkty/ekopanely/technicke-parametry/>
45. stavba.tzb-info.cz *Realizace konstrukcí deskami PACKWALL z druhotné suroviny*. Praha [online] 2020 [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/podlahy-pricky-povrchy/20905-realizace-konstrukci-deskami-packwall-z-druhotne-suroviny>
46. EPD-LIN-2014223-IAA1-DE. Linder. Raised floor NORTEC. Arnstorf, Germany, 2017.
47. 3015-EPD-030060631. Saint-Gobain Construction Products CZ, divize ISOVER. ISOVER N.
48. schueco.com [online] [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.schueco.com/cz/o-firme/trvala-udrzitelnost/zamereno-na-udrzitelnost/casto-kladene-otazky>
49. Tywoniak Jan, *Lehké obvodové pláště budov – pokročilá řešení s přírodními materiály* Volyně, Czech Republic [online] 2015 [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/274593391_Lehke_obvodove_plaste_budov_-_pokrocila_reseni_s_prirodnimi_materialy
50. ČSN EN 12620+A1 (721502) Kamenivo do betonu.
51. ČSN EN 933-11 (721193) Zkoušení geometrických vlastností kameniva - Část 11: Klasifikace složek hrubého recyklovaného kameniva.
52. ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

Seznam tabulek

Tab. 1 - Počet budov v ČR u zahraničních sousedů certifikovaných v systému BREEAM, LEED a DGNB.[29]	27
Tab. 2 - Hodnotící kritérium č. 1 - konstrukční systém budovy[34]	32
Tab. 3- Hodnotící kritérium č. 1 – příčky [vlastní tvorba] [34].....	33
Tab. 4- Hodnotící kritérium č. 1 - obvodový plášť [vlastní tvorba] [34]	33
Tab. 5 - Hodnotící kritérium č. 1 - snadný přístup k systému TZB [34].....	33
Tab. 6- Hodnotící kritérium č. 1 - kritériální meze [vlastní tvorba]	34
Tab. 7- Hodnotící kritérium č. 3 - kritériální meze [vlastní tvorba]	35
Tab. 8- Hodnotící kritérium č. 4 - kritériální meze [vlastní tvorba]	35
Tab. 9- Hodnotící kritérium č. 5 - kritériální meze [vlastní tvorba]	36
Tab. 10 - Hodnotící kritérium č. 1 - konstrukční systém stávající budovy [vlastní tvorba].....	42
Tab. 11 - Hodnotící kritérium č. 1 - stávající příčky [vlastní tvorba].....	42
Tab. 12- Hodnotící kritérium č. 1 - stávající obvodový plášť [vlastní tvorba].....	43
Tab. 13 - Hodnotící kritérium č. 1 - stávající přístup k systému TZB [vlastní tvorba].....	43
Tab. 14 - Celkový výkaz výměr stávajícího stavu [vlastní tvorba]	44
Tab. 15- Porovnání betonu do základových konstrukcí [vlastní tvorba].....	48
Tab. 16 - Porovnání variant stropních konstrukcí [vlastní tvorba].....	52
Tab. 17- Porovnání variant příček [vlastní tvorba].....	54
Tab. 18- Porovnání variant podhledu [vlastní tvorba].....	56
Tab. 19 - Porovnání variant podlah [vlastní tvorba].....	58
Tab. 20 - Porovnání variant fasád [vlastní tvorba]	60
Tab. 21- Hodnotící kritérium č. 1 - konstrukční systém navrženého stavu [vlastní tvorba]	61
Tab. 22- Hodnotící kritérium č. 1 – navržené příčky [vlastní tvorba].....	61
Tab. 23 - Hodnotící kritérium č. 1 – navržený obvodový plášť [vlastní tvorba].....	62
Tab. 24 - Hodnotící kritérium č. 1 – navržený přístup k systému TZB [vlastní tvorba].....	62
Tab. 25 - Celkový výkaz výměr navrženého stavu [vlastní tvorba]	63

Seznam obrázků

Obr. 1 - Rozdíl mezi cirkulární a lineární ekonomikou [1]	9
Obr. 2 - Transformace principu 3Rs do 10Rs [vlastní tvorba]	10
Obr. 3 - Diagram cirkulární ekonomiky podle Ellen MacArthur Foundation [4]	11
Obr. 4 - Strategie cirkulární ekonomiky. Strategický rámec. [12]	16
Obr. 5 - Výstřižek prototypu platformy materiálových pasů [16].....	19
Obr. 6 - Výstřižek platformy Madaster [17].....	19
Obr. 7 - Vizualizace administrativní budovy New office building[21]	
Obr. 8 – Fotka administrativní budovy New office building[22].....	21
Obr. 9 - Vizualizace administrativní budovy Urban Mountain[24]	
Obr. 10 - Vizualizace administrativní budovy Urban Mountain[24]	22
Obr. 11 - Stávající stav Urban Mountain[25]	22
Obr. 12 - Demonstrator Circle House [26]	
Obr. 13 - Fasádní panely vyrobené z recyklovaného plastového odpadu[26].....	23
Obr. 14 - Montáž prefabrikovaných betonových sloupů demonstrátoru[26]	24
Obr. 15 - Konstrukce Demonstratoru Circle House [26].....	24
Obr. 16 - R(ozebíratelná) budova [27]	25
Obr. 17 - Konstrukce R(ozebíratelné) budovy[27].....	26
Obr. 18 – Detail napojení fasády na stropní konstrukce [28].....	26
Obr. 19 - Vizualizace referenční administrativní budovy [vlastní tvorba].....	37
Obr. 20 – Půdorys administrativní budovy [vlastní tvorba]	38
Obr. 21 - Příklad kotvení sloup-sloup pomocí šroubů a čelních desek. – boční [vlastní tvorba]..	49
Obr. 22 - Příklad kotvení sloup-sloup pomocí šroubů a čelních desek. – spodní [vlastní tvorba]	49
Obr. 23- Varianty skladeb stropu [vlastní tvorba].....	50
Obr. 24 - Schéma kotvení demontovatelné stropní konstrukce pomocí vysokopevnostních šroubů [36]	50
Obr. 25 - Prefabrikované stropní panely z trapézového plechu a betonové vrstvy vyztužené KARI sítí [36].....	51
Obr. 26 - Druhy demontovatelného systému smykového spojení v ocelobetonových panelech [36]	51
Obr. 27- Varianty skladeb příček [vlastní tvorba].....	53
Obr. 28 - Desky Packwall design [45].....	56
Obr. 29 – Základní data o Envilop[49].....	60

Seznam grafů

Graf 1- Vyhodnocení stávajícího stavu budovy [vlastní tvorba].....	45
Graf 2- Hodnotící kritérium č. 1, porovnání variant [vlastní tvorba]	64
Graf 3 - Porovnání množství použitých materiálů (t) [vlastní tvorba]	65
Graf 4 - Vyhodnocení navrženého stavu budovy [vlastní tvorba].....	65

Seznam příloh

Příloha 1 - Původní výkresová dokumentace k objektu

Příloha 2 - Návrh uprav dispozice

Příloha 3 - Varianty skladeb konstrukcí

Příloha 4 - Část ocelových konstrukcí – posouzení nosníků

Příloha 5 - Část ocelových konstrukcí – dispoziční schéma stropní konstrukce