

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STAVEBNÍ**



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

2021

**MARTINA
PĚNIČKOVÁ**

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Pěničková** Jméno: **Martina** Osobní číslo: **458743**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Projektový management a inženýring**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Vícekritériální hodnocení využití tepelných izolací

Název diplomové práce anglicky:

Multi-criteria evaluation of the use of thermal insulation

Pokyny pro vypracování:

Rámcový obsah diplomové práce:

- popis základních typů metod vícekritériálního hodnocení
- vymezení a popis jednotlivých typů tepelně izolačních materiálů
- výběr souboru kritérií a jejich popis
- stanovení vah kritérií
- hodnocení tepelně izolačních materiálů pomocí vybraných metod vícekritériálního hodnocení
- porovnání výsledků zjištěných s využitím předchozích metod

Seznam doporučené literatury:

FOTR, Jiří a Lenka ŠVECOVÁ. Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje. Třetí, přepracované vydání. Praha: Ekopress, 2016. ISBN 978-80-87865-33-0.
KADLČÁKOVÁ, Anna. Ekonomika ve stavebnictví 50: hodnotový management. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02605-1.
MÁRTON, Jan. Stavby ze slaměných balíků: slaměné izolace v nízkoenergetických a pasivních domech, návrh staveb šetrných k životnímu prostředí, hliněné omítky, ozeleněné střechy. 2., dopl. a aktualiz. vyd. Liberec: J. Márton, 2014. ISBN 978-80-260-5713-0.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Eduard Hromada, Ph.D., katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví FSV

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **19.02.2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **16.05.2021**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Eduard Hromada, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomantka bere na vědomí, že je povinna vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví

Diplomová práce

**Vícekriteriální hodnocení využití tepelných
izolací**

**Multi-criteria Evaluation of the Use of Thermal
Insulation**

Vypracovala: Bc. Martina Pěničková

Vedoucí práce: Ing. Hromada Eduard, Ph.D.

Abstrakt

Předmětem diplomové práce „Vícekriteriální hodnocení využití tepelných izolací“ je porovnání tepelných izolací pro kontaktní zateplovací systém. Ve výběru variant jsou zastoupeny jak anorganické, tak organické materiály. V teoretické části jsou stručně popsány metody pro stanovení vah kritérií a metody vícekriteriálního hodnocení variant, více rozvinuty jsou pouze metody použité v praktické části. Třetí a čtvrtá kapitola teoretické části krátce pojednává o zateplovacích systémech a tepelných izolacích. Praktická část diplomové práce je zaměřena na hodnocení vybraných výrobků. Pátá a šestá kapitola se zabývá stanovením a popsáním hodnotících kritérií a hodnocených materiálů. Následující kapitola je věnována stanovením vah kritérií pomocí Saatyho metody. Na ni navazuje vícekriteriální hodnocení variant za použití tří metod, a to metody váženého pořadí, metody lineárních dílčích funkcí užitku a Saatyho metody. Z výsledků těchto metod je pak určeno preferenční pořadí tepelně izolačních materiálů.

Klíčová slova

tepelná izolace, kontaktní zateplovací systém, váha kritéria, dílčí hodnocení variant, vícekriteriální hodnocení

Abstract

The subject of the thesis, 'Multi-criteria evaluation of the use of thermal insulation', is a comparison of thermal insulation for the contact insulation system. Both inorganic and organic materials are represented in the selection of variants. In the theoretical section, the methods for weighting criteria and the methods for multi-criterion variant assessment are briefly described; only the methods used in the practical part are analysed in more details. The third and fourth chapters of the theoretical section deal briefly with insulation systems and thermal insulation. The practical part of the thesis is focused on the evaluation of selected products. The fifth and sixth chapters contain the determination and description of the assessment criteria and the evaluated materials. Next chapter is devoted to assign a relative weight to the selected criterion based on Saaty method. Followed by a multi-criterion assessment by using three methods, namely the weighted order method, the linear utility sub-functions method and the Saaty method. The results of mentioned methods lead to the determination of the preferential order of thermal insulation materials.

Keywords

thermal insulation, contact insulation system, criterion weight, sub-assessment of variants, multi-criteria evaluation

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Vícekriteriální hodnocení využití tepelných izolací“ jsem vypracovala samostatně, pouze pod vedením vedoucího diplomové práce Ing. Hromady Eduarda, Ph.D.

Dále prohlašuji, že jsem pro vypracování této práce čerpala pouze ze zdrojů uvedených v seznamu použité literatury a v souladu s metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Souhlasím s užíváním této práce ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským.

V Praze dne 16.05.2021

.....

Bc. Martina Pěničková

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala mé rodině a blízkým za jejich podporu po celou dobu mého studia. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Eduardovi Hromadovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi pomohly tuto práci dokončit.

Obsah

Úvod.....	10
TEORETICKÁ ČÁST	11
1 Metody stanovení vah kritérií.....	11
1.1 Saatyho metoda	12
2 Metody vícekritériálního hodnocení variant	15
2.1 Metoda váženého pořadí	17
2.2 Metoda lineárních dílčích funkcí užítku	18
2.3 Saatyho metoda	19
3 Zateplování budov.....	20
3.1 Rozdělení zateplovacích systémů	20
3.2 Vnější kontaktní zateplovací systém	20
4 Členění tepelných izolací	23
4.1 Minerální tepelné izolace	24
4.2 Syntetické tepelné izolace	24
4.3 Organické tepelné izolace	24
4.4 Foukaná tepelná izolace	25
PRAKTICKÁ ČÁST.....	26
5 Výběr a popis kritérií hodnocení	26
5.1 Stanovení kritérií	26
5.2 Popis kritérií.....	27
6 Hodnocené materiály	37
6.1 Pěnový polystyren.....	37

6.2	<i>Minerální vata</i>	40
6.3	<i>Fenolická pěna</i>	44
6.4	<i>Technické konopí</i>	48
6.5	<i>Korek</i>	53
7	Stanovení vah kritérií	59
8	Vícekriteriální analýza	62
8.1	<i>Metoda váženého pořadí</i>	62
8.2	<i>Metoda lineárních dílčích funkcí užitku</i>	68
8.3	<i>Saatyho metoda</i>	75
8.4	<i>Porovnání výsledků metod</i>	81
9	Vyhodnocení variant	82
	Závěr	83
	Použitá literatura	84
	Seznam tabulek	89
	Seznam grafů	90
	Seznam obrázků	90
	Seznam příloh	91

Úvod

S vícekritériálním hodnocením se setkáváme prakticky denně v osobním i profesním životě, a to při každé volbě z více variant. Ať se jedná o výběr automobilu nebo typu tepelné izolace pro zateplení domu, vždy vybíráme podle námi zvolených kritérií, jen k výběru většinou nevyužíváme speciální metody.

K volbě tématu diplomové práce mě vedla skutečnost, že pracuji jako přípravář a s praktickým využitím tepelné izolace se setkávám každý den. Protože stále větším trendem ve stavebnictví je dbát při realizaci na životní prostředí, a i ve svém osobním životě se snažím být šetrná k přírodě, tak vznikla úvaha, zda je možné nejčastěji používané tepelné izolanty zaměnit za více ekologicky šetrnější variantu. Respektive, zda organická tepelná izolace za předpokladu objektivně zvolených kritérií má šanci v porovnání s nejčastěji používanými tepelnými izolacemi uspět.

V praktické části této diplomové práce jsou nejdříve zvolena vhodná kritéria pro hodnocení tepelně izolačních materiálů určených pro použití v kontaktním zateplovacím systému. Tato kritéria jsou dále podrobněji rozebrána a poté je určena jejich váha důležitosti. Kritéria slouží jako podklad pro vícekritériální analýzu. Hodnocené tepelně izolační materiály jsou popsány především ve vztahu ke zvoleným hodnotícím kritériím. Vybrány byly dva výrobky zastupující běžně používané tepelné izolace v kontaktním zateplovacím systému, polystyren a minerální vata. Dále inovativní anorganický materiál fenolická pěna a dva nejpoužívanější organické materiály pro tepelné izolace, a to technické konopí a korek. Tyto tepelně izolační materiály jsou hodnoceny ve vícekritériálních metodách vzhledem k vybraným kritériím.

Diplomová práce má za cíl tyto tepelné izolace představit, stanovit jejich silné a slabé stránky s ohledem na zvolená kritéria a vybrat z výše uvedených tepelných izolací tu nejlepší. V praxi by práce mohla sloužit jako podklad pro diskuzi při volbě tepelného materiálu pro kontaktní zateplovací systém.

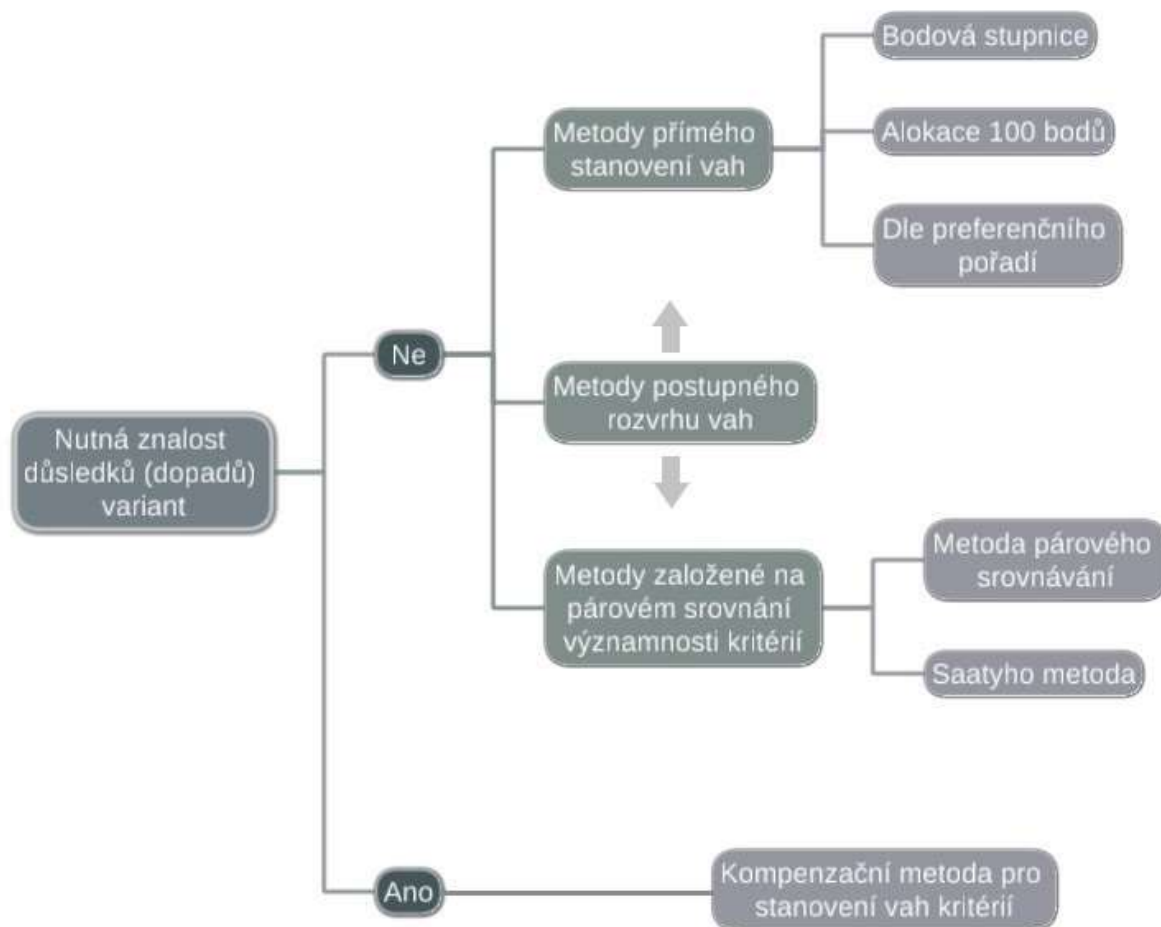
TEORETICKÁ ČÁST

1 Metody stanovení vah kritérií

Aby bylo možné realizovat metodu vícekritériálního hodnocení variant je ve většině případů nezbytné nejprve stanovit váhy jednotlivých kritérií hodnocení. Váhy kritérií je možné nazývat také koeficienty významnosti. A tyto koeficienty jsou číselným odrazem jejich důležitosti. Při sledování zájmů podniku jsou cíle transformovány do jednotlivých kritérií. Platí, že čím je koeficient významnosti vyšší, tím je kritérium důležitější, a to je ovlivněno rozhodovatelem, která kritéria považuje za významnější. Pro získání srovnatelnosti vah souboru kritérií, které je možné stanovit vícero metodami, se tyto koeficienty významnosti zpravidla normují a následně je jejich součet jedna.

Základní členění metod je graficky znázorněno na obrázku níže. Toto členění je závislé na potřebě znát důsledky (dopady) všech variant pro každé kritérium [9].

Graf 1: Základní členění metod stanovení vah kritérií



Zdroj: Zpracováno dle [9] v aplikaci [59]

Pro **metody přímého stanovení vah kritérií** platí, že stanovení vah jednotlivým kritériím probíhá přímým posuzováním jejich významnosti hodnotitelem.

U **metody postupného rozvrhu vah** jsou požadovány určité nároky na soubor kritérií. Je to například požadavek na úplnost souboru kritérií. Pro splnění tohoto požadavku vyplývá nutnost většího počtu hodnotících kritérií. A protože takový soubor zpravidla přesahuje počet deseti kritérií, bylo by pro hodnotitele určování vah těchto kritérií za použití některé z ostatních uvedených metod náročné a zdlouhavé.

Metody stanovení vah kritérií založené **na párovém srovnání** jsou charakteristické zjišťováním preferenčních vztahů mezi dvojicemi kritérií.

V některých případech může dojít ke zkreslení výsledku celého procesu vícekritériálního hodnocení, a to z důvodu, že předem stanovené váhy nereflektují velikost důsledků variant vzhledem k jednotlivým kritériím. V případě, že jsou účinky jednotlivých variant pro dané kritérium zhruba stejné, resp. rozdíl mezi největší a nejhorší hodnotou je poměrně malý, pak tento aspekt nemá významnou roli při rozhodování, přestože hodnotitel toto kritérium výrazně preferuje. Těmto komplikacím je možné předejít využitím **vah stanovených kompenzační metodou**. Metoda funguje na principu, že si hodnotitel představí dvě hypotetické varianty, kdy jedna má nejhorší možné dopady vzhledem ke všem kritériím a ta druhá naopak nejlepší možné dopady vzhledem ke všem kritériím. Podle těchto hypotetických variant se dále přiřazují váhy [9].

1.1 Saatyho metoda

Saatyho metodu pro stanovení vah jednotlivých kritérií je možné také nazvat jako metodu párového porovnání. Funguje totiž na stejném principu, hodnotitel kvantifikuje váhu preference každého kritéria oproti zbývajícím vybraným kritériím. V této metodě se určuje nejen upřednostnění jednoho kritéria, ale také se uvádí i velikost vzájemné důležitosti porovnávaných kritérií. Vzájemná důležitost při porovnávání kritérií se zapisuje do tzv. matice relativních důležitostí kritérií S resp. Saatyho matice. Pro znázornění vzájemné důležitosti kritérií se využívá bodová stupnice s deskriptory.

Jak bylo výše zmíněno výsledkem párového porovnání kritérií s uvedením velikostí vzájemných preferencí dvojic kritérií je Saatyho matice S [8, 9, 11] viz obrázek níže.

Obrázek 1: Matice preferencí

$$\begin{matrix} & f_1 & f_2 & \dots & f_k \\ f_1 & \left[\begin{array}{cccc} 1 & s_{12} & \dots & s_{1k} \\ 1/s_{12} & 1 & \dots & s_{2k} \\ \vdots & \vdots & & \\ 1/s_{1k} & 1/s_{2k} & \dots & 1 \end{array} \right. \\ f_2 & & & & \\ \vdots & & & & \\ f_k & & & & \end{matrix}$$

Zdroj: [46]

Při vyjadřování velikostí preferencí doporučuje Saaty využít bodovou stupnici opatřenou deskriptory s uvedenými váhami viz obrázek níže [8, 9, 11].

Tabulka 1: Saatyem doporučená bodová stupnice s deskriptory

Počet bodů	Deskriptor
1	kritéria jsou stejně významná
3	kritérium v řádku je trochu významnější než ve sloupci
5	kritérium v řádku je dosti významnější než ve sloupci
7	kritérium v řádku je prokazatelně významnější než ve sloupci
9	kritérium v řádku je absolutně významnější než v sloupci

Zdroj: Zpracováno dle [8, 9, 11]

Stanovení vah kritérií z matice exaktními postupy bez počítačových programů je pro praktické využití nesmyslné. Proto pro výpočet vah kritérií bez použití programů bylo navrženo několik jednoduchých metod, a to:

1) Metoda řádkových součtů – jednotlivé nenormované váhy kritérií v se získají jako řádkové součty matice S dle vztahu:

$$v_i = \sum_{j=1}^n s_{ij} \quad (1)$$

kde v_i označuje nenormované váhy jednotlivých kritérií,
 s_{ij} jsou prvky matice S ,
 n je počet kritérií.

2) Metoda převrácených hodnot sloupcových součtů – nenormované váhy jednotlivých kritérií v_i se získají jako převrácené hodnoty součtu sloupců hodnot matice S pomocí následujícího vzorce:

$$v_j = \frac{1}{\sum_{i=1}^n s_{ij}} \quad (2)$$

kde v_i jsou nenormované váhy jednotlivých kritérií,
 s_{ij} jsou prvky matice S ,
 n je počet kritérií.

3) Metoda geometrického průměru – pomocí geometrického průměru součinu prvků v řádku Saatyho matice se stanovují nenormované váhy kritérií, a to dle uvedeného vztahu:

$$v_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

kde v_i označuje nenormované váhy jednotlivých kritérií,
 s_{ij} jsou prvky matice S ,
 n je počet kritérií.

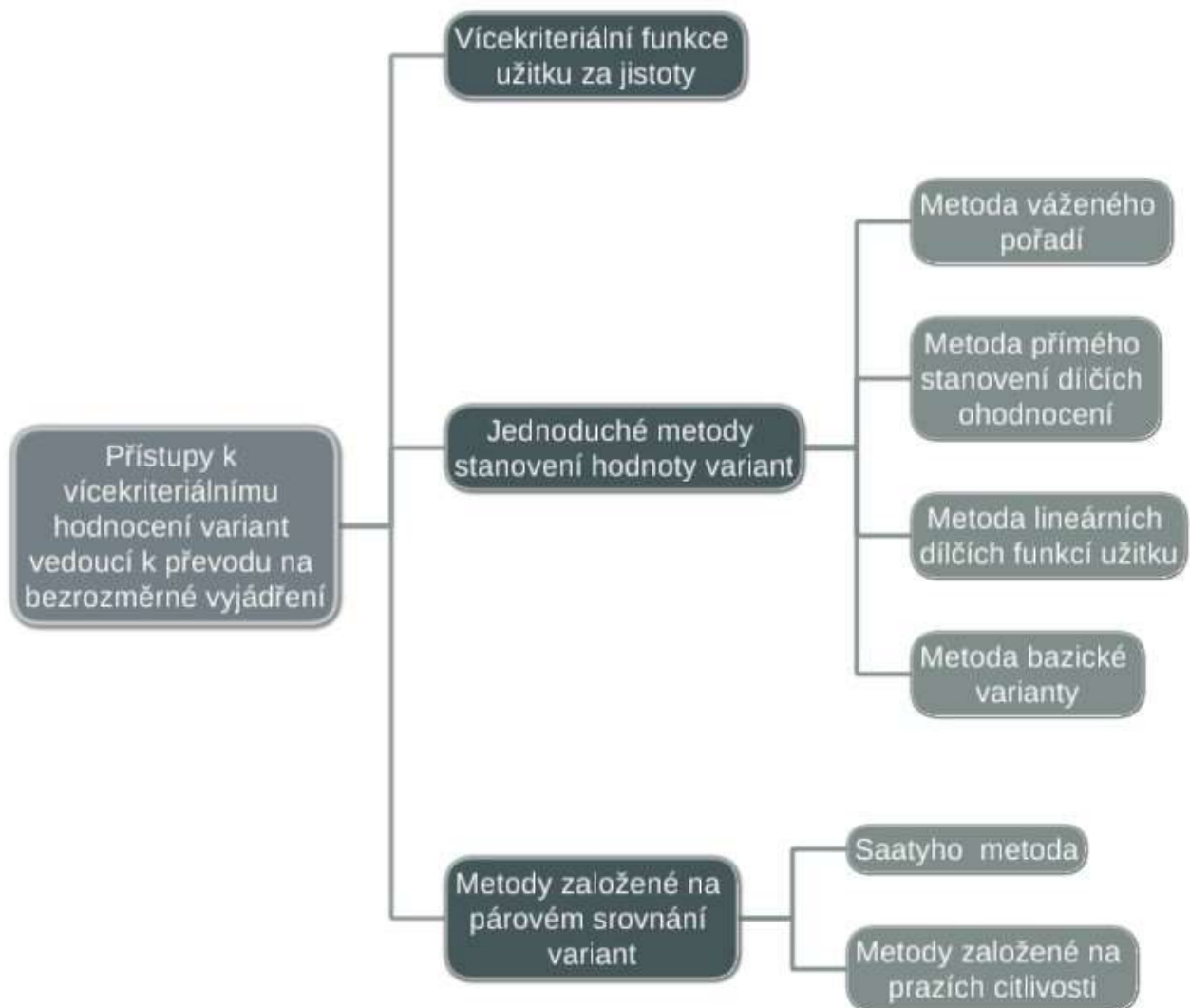
Saatyho metoda je většinou využívána pro stanovení vah u menších souborů kritérií, a to z důvodu, že při velkém počtu kritérií je pro hodnotitele obtížné vyjádřit vzájemné preference kritérií a udržet hodnocení pomocí bodů dostatečně soudržné. A v neposlední řadě je hodnocení velkého souboru kritérií s využitím Saatyho metodou časově náročné [8, 9, 10, 11].

2 Metody vícekriteriálního hodnocení variant

Základní přednosti metod vícekriteriálního hodnocení variant jsou:

- rozhodovateli umožňují posoudit varianty s ohledem na rozsáhlý soubor kritérií,
- rozhodovatel je podstatou metod donucen vyjádřit své chápání důležitosti jednotlivých kritérií hodnocení explicitně (nikoliv pouze intuitivně),
- celý postup hodnocení variant je transparentní, reprodukovatelný a pochopitelný i pro další subjekty, kterých se volba varianty více či méně dotýká [9].

Graf 2: Základní členění vícekriteriálních metod



Zdroj: Zpracováno dle [9] v aplikaci [59]

Vícekritériální funkce užitku za jistoty, také někdy označována jako funkce utility, užitková funkce, funkce hodnoty, preferenční funkce. Je to exaktní vícekritériální metoda pro hodnocení variant, která pracuje s preferencemi variant rozhodování hodnotitele za podmínek jistoty. Funkce funguje na principu přiřazování užitku (utility, hodnocení, hodnoty) každé variantě vyjádřeným reálným číslem. Čím je číslo větší, tím více si hodnotitel dané varianty cení. V obecném užití je tvorba vícekritériální funkce užitku za jistoty obtížnější záležitostí, proto se při praktické aplikaci pracuje s jednodušším tvarem této funkce [9].

Jednoduché metody stanovení hodnoty (užitku) variant se dají dobře využívat v praxi. Tento soubor metod stanovuje celkové hodnocení variant jako vážený součet dílčích hodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím. Z této hodnoty se pak stanoví jejich preferenční uspořádání. V následující tabulce jsou uvedeny často využívané jednoduché metody stanovení hodnoty variant, k nim popsáno vhodné využití vzhledem k povaze hodnotících kritérií a jejich nevýhody při hodnocení variant [9].

Tabulka 2: Přehled jednoduchých metod stanovení hodnoty variant

Metoda	Vhodnost	Nevýhody
váženého pořadí	pro kvalitativní kritéria	neodráží rozdíly mezi hodnotami u kvantitativních kritérií
přímého stanovení dílčích ohodnocení	pro kvalitativní i kvalitativní kritéria	vyšší subjektivita a náročnost na hodnotitele
lineární dílčích funkcí užitku	pro kvantitativní kritéria	předpokládá linearitu dílčích funkcí užitku
bazické varianty	pro kvantitativní kritéria	předpokládá linearitu pro výnosová kritéria a nelineární průběh pro nákladová kritéria

Zdroj: Zpracováno dle [9]

Společným rysem **metod založených na párovém srovnání variant** je, že informace pro určení preferenčního seřazení variant tvoří výsledky párového srovnání těchto variant vzhledem k jednotlivým kritériím hodnocení. Metody spadající do této skupiny jsou vhodné pro hodnocení variant s převládajícími kvalitativními kritérii [9].

2.1 Metoda váženého pořadí

Tato metoda pracuje s dílčím ohodnocením variant vzhledem k jednotlivým kritériím, variantám se určuje pořadí podle hodnot vzhledem k těmto kritériím. Dílčí ohodnocení j -té varianty vzhledem k i -tému kritériu stanovíme podle vzorce

$$h_i^j = m + 1 - p_i^j \quad (4)$$

kde h_i^j je počet variant,

p_i^j je pořadí j -té varianty vzhledem k i -tému kritériu,

m je počet variant.

Podstata a první krok je pro hodnocené varianty určit pořadí, a to pro každé kritérium zvlášť. Nejvýhodnější variantě náleží číslo jedna resp. první místo, ostatní varianty řadíme vzestupně. Přiřazené pořadí je pomocí uvedeného vzorce převedeno na dílčí hodnocení variant. Ze vztahu vyplývá, že dílčí ohodnocení h_i^j nejlepší varianty bude rovno právě počtu kritérií. A dílčí ohodnocení nejhorší varianty je zpravidla jedna. Po určení všech dílčích hodnocení z hlediska jednotlivých kritérií vyjádříme hodnotu varianty pomocí váženého součtu jednotlivých variant podle vztahu níže a následně určíme jejich pořadí.

$$H^j = \sum_{i=1}^n v_i h_i^j \quad \text{pro } j = 1, 2, \dots, m, \quad (5)$$

kde H^j je celkové hodnocení (hodnota) j -té varianty,

v_i je váha i -tého kritéria,

h_i^j je dílčí hodnocení j -té varianty vzhledem k i -tému kritériu,

n je počet kritérií hodnocení,

m je počet variant [9, 11].

2.2 Metoda lineárních dílčích funkcí užítku

Dílčí hodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím se touto metodou určuje odlišně, než u předchozí metody, a to s ohledem na typ těchto kritérií.

U kvalitativních kritérií se dílčí hodnocení určí přímým přiřazením bodů ze zvolené bodové stupnice. Nejčastěji se pro hodnocení používá desetibodová stupnice, tj. 1, 2, 3, ..., 10, resp. jemnější stobodová stupnice, tj. 1,2,3, ..., 100. Nejnižší hodnota je jeden bod a ten odpovídá nejhorší variantě.

Při hodnocení kvantitativních kritérií se pracuje s předpokladem, že dané dílčí funkce užítku mají lineární tvar. A tyto funkce jsou stanoveny, tak že nejhorší hodnotě každého kritéria x_i^0 je přiřazen dílčí užitek 0 a nejlepší hodnotě x_i^* dílčí užitek 1, resp. 100. Spojnice těchto bodů zobrazuje lineární dílčí funkci užítku. Dílčí hodnocení variant vzhledem k jednotlivým kvantitativním kritériím h_i^j se stanovuje podle vztahu:

$$h_i^j = \frac{x_i^j - x_i^0}{x_i^* - x_i^0} \quad (6)$$

kde h_i^j je dílčí hodnocení j -té varianty vzhledem k i -tému kritériu,

x_i^j je hodnota j -té varianty i -tého kritéria,

x_i^* je nejlepší hodnota i -tého kritéria,

x_i^0 je nejhorší hodnota i -tého kritéria.

Také je možné odečíst hodnoty ze spojnice z grafického vyjádření funkce.

Pozitivum této metody je, že stanovení hodnoty variant s kvantitativními kritérii je méně ovlivněno subjektivitou, než u metod s přímým bodováním.

Předpoklad linearity dílčích funkcí užítku je při praktickém využití obvykle přijatelný [9]. Pro získání celkového hodnocení variant lze opět použít vážený součet, jak bylo již vysvětleno v předchozí podkapitole. Pomocí normovaných vah v případě zvolení desetibodové stupnice resp. stobodové nebo z nenormovaných při stanovení bodové stupnice 0 až 1 u kvalitativních kritérií.

2.3 Saatyho metoda

Tvůrcem této metody, jak název napovídá, je americký matematik L.H. Saaty, který ji chápe jako analytický hierarchický proces.

Saatyho metodu lze aplikovat nejen na stanovení vah kritérií, ale také na volbu varianty. Stanovení vah kritérií je popsáno již v podkapitole 1.1. Určení dílčích hodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím je v Saatyho metodě obdobné jako již v popsaném postupu pro stanovení vah kritérií. Jedinou odlišností je, že hodnocenými objekty jsou varianty rozhodování namísto kritérií. Párovým srovnáním variant pro určité kritérium se vytvoří dílčí Saatyho matice. Postupně se určují velikosti preferencí všech dvojic variant v každém kritériu zvlášť. Přiřazování bodů vychází ze stupnice doporučené Saatyem, uvedené již v podkapitole 1.1. Přiřazené hodnoty s_{ij} každé této matice prezentují odhady poměru dílčích hodnocení i -té a j -té varianty vzhledem k danému kritériu. I v tomto případě platí postup jako při stanovení vah Saatyho metodou. Uvedenými postupy se vytvoří Saatyho matice pro jednotlivá kritéria, resp. dílčí hodnocení variant vzhledem k těmto kritériím.

Celkové zhodnocení variant rozhodování H^j se stanoví jako vážený součet, vztah je uveden v podkapitole 2.1 Metoda váženého pořadí.

Předností Saatyho metody vícekritériálního hodnocení je především:

- její poměrně jednoduchý a srozumitelný postup,
- možné využití i pro hodnocení variant se souborem kritérií smíšeného charakteru, tj. obsahuje kvantitativní i kvalitativní kritéria [9].

3 Zateplování budov

Důvodů pro zateplování budov je mnoho, úspora energie na vytápění a tím i snížení provozních nákladů. Dále zvýšení kvality bydlení např. zamezení tvoření plísní, zvýšení povrchové teploty konstrukcí. Vedlejším pozitivním efektem zateplování budov je zastavení destrukce domu, jedná se o korozi výztuže obvodových panelů, mrazové trhlinky v obvodovém plášti, zatékání do styků apod. To se týká především panelových domů postavených v 70. letech a později. Zateplení objektu má příznivý vliv na vnitřní teplotu i v letním období, kdy je díky tepelné izolaci nižší [5].

Podle platného zákona č. 318/2012 Sb., musí být všechny nově navrhované stavby označeny energetickým štítkem, který určuje energetickou náročnost stavby. To v praxi znamená, že veškeré novostavby musí být navrženy se zateplením [6].

3.1 Rozdělení zateplovacích systémů

Zateplovací systémy můžeme rozdělit podle:

- umístění tepelné izolace
 - na vnější straně konstrukce,
 - na vnitřní straně konstrukce,
- konstrukčního systému
 - kontaktní zateplovací systémy,
 - provětrávané fasádní systémy,
 - tepelně izolační omítky,
 - sendvičový systém [18, 19].

3.2 Vnější kontaktní zateplovací systém

Diplomová práce se v praktické části zabývá hodnocením tepelných izolací pro aplikaci do vnějšího kontaktního zateplovacího systému, proto je tématu zateplení fasády v teoretické části věnováno více prostoru, než zbylým typům zateplování.

Charakteristické pro kontaktní zateplení je, že mezi jednotlivými vrstvami skladby pláště není

provětrávaná mezera. Na nosnou konstrukci je kotvena tepelná izolace a ta je kryta vyztuženou omítkou.

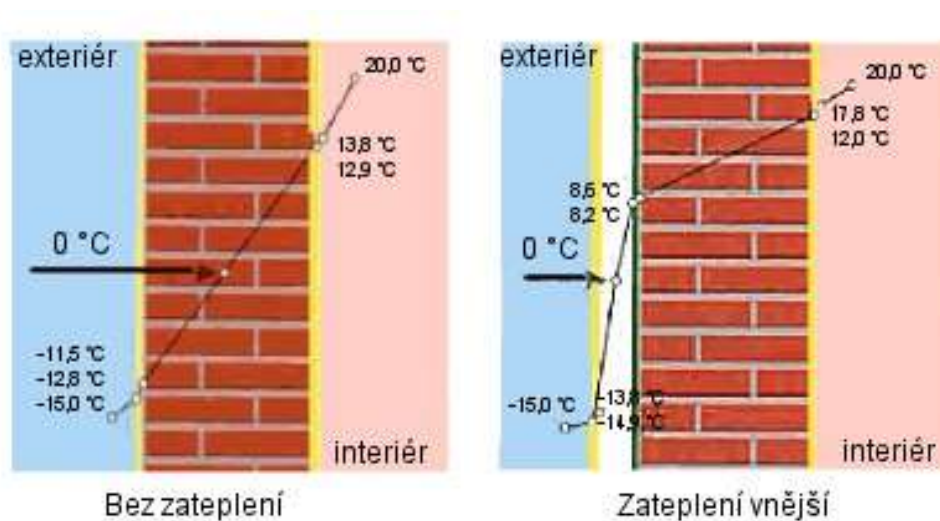
U nás je stále nejčastěji používaná tepelná izolace ve formě polystyrenových desek, které jsou kotveny k nosné konstrukci hmoždinkami a ty doplněny vrstvou lepicí a ztužující sítě. Na ně je kladena sklotextilní mřížka (perlínka), dále podkladní sítka a na ni finální omítky [3]. Pro kontaktní zateplovací systém jsou vzhledem k charakteru skladby používány především tepelné izolace ve formě desek.

Výhody:

- oblast kondenzace vodních par je u vnějšího povrchu konstrukce,
- vnější zateplení tvoří souvislou obálku objektu (eliminace tepelných mostů),
- zásah do užitného prostoru je minimální [18, 19].

Na obrázku níže je graficky znázorněn průběh teplot v konstrukci ve variantě bez zateplení a s vnějším kontaktním zateplením.

Obrázek 2: Porovnání prostupu tepla konstrukcí zateplenou a nezateplenou



Zdroj: [17]

3.2.1 Vnější tepelně izolační kompozitní systém

Vnější tepelně izolační kompozitní systém, též mezinárodně nazývaný zkratkou ETICS (external thermal insulation composite system), je sestava z průmyslově zhotovených výrobků. Tato sestava je realizována přímo na stavbě. Systém ETICS je v České republice nejrozšířenější technologie zateplování obvodových plášťů budov, především z důvodu snadného provedení. Obsahuje speciálně vybrané výrobky:

- v systému specifikovanou lepicí hmotu,
- v systému specifikované mechanické kotvicí prvky
- v systému specifikovaný tepelně izolační materiál,
- v systému specifikovanou základní vrstvu z jedné nebo více vrstev, z nich nejméně jedna vrstva obsahuje výztuž,
- v systému specifikovanou výztuž,
- v systému specifikovanou finální povrchovou úpravu, ta může zahrnovat dekorativní vrstvu.

Na zavedení certifikovaného systému měl velký vliv vstup České republiky do Evropské unie. Protože tím vzniká povinnost zapracování norem, vyhlášek, předpisů a dalších závazných dokumentů do národní normy a také povinnost ji praktikovat při realizaci.

Podmínky pro provádění jsou vždy předepsány výrobcem a jsou nedílnou součástí stavební dokumentace. Je v nich popsán technologický postup montáže ETICS [6].

4 Členění tepelných izolací

Na základě materiálové podstaty dělíme tepelné izolace do základních skupin a to:

- minerální,
 - skelná vata,
 - kamenná vlna,
 - pěnové sklo,
 - keramická vlna,
- syntetické,
 - EPS – pěnový polystyren,
 - XPS – extrudovaný polystyren,
 - PUR – typ polyuretanové pěny,
 - FEL – elastomerová pěna,
 - PEF – polyetylenová pěna,
 - fenolická pěna,
- organické,
 - živočišné,
 - ovčí vlna,
 - kachní peří,
 - rostlinné,
 - dřevěná vlna,
 - celulóza,
 - konopí,
 - len,
 - sláma,

- korek,
- speciální,
 - vakuové,
 - aerogel,
 - foukané atd. [3, 5, 12].

4.1 Minerální tepelné izolace

Tyto materiály jsou dobře odolné proti škůdcům a nepodléhají tlení. Také mají skvělé protipožární vlastnosti. Na druhé straně jsou více náchylné k degradaci při navlhnutí. Výroba minerálních izolací, především jejich tavení, je energeticky vysoce náročné [5, 12].

4.2 Syntetické tepelné izolace

Jedná se především o materiály vznikající polymerací styrenu – polystyrenu. Tento proces probíhá pomocí napěňovacích prostředků jako je pentan a CO₂. Při výrobě se uvolňují škodliviny do ovzduší.

Jedná se o jedny z nejrozšířenějších tepelných izolantů, používaných ve stavební praxi i přes prokazatelné nežádoucí účinky na životní prostředí. A i přesto, že dochází ke změnám fyzikálních vlastností postupem stárnutí materiálu, kvůli kterým se na fasádě tvoří trhliny [5, 12].

4.3 Organické tepelné izolace

Poptávka po přírodních izolacích není prozatím na českém trhu příliš vysoká, proto se nutnost dovozu a zpracování v menším množství promítá negativně do ceny. Ale díky trendu posledních let, který podporuje návrat k principům trvale udržitelného rozvoje, využívání organických izolací rychle vzrůstá. Přitom používání přírodních materiálů je vlastně návrat k našim kořenům. V západních zemích jsou přírodní izolanty resp. přírodní stavební materiály již dlouho podporovány nejrůznějšími legislativními změnami, které je upřednostňují [5, 12].

4.4 Foukaná tepelná izolace

Je to konvenční stavební izolant. Na místo užití je aplikována speciálním strojním zařízením. Tento typ materiálu je ideální pro dodatečné zateplení objektu již nepřístupných míst, tedy vhodné při rekonstrukci starší budovy.

Foukaná izolace je vyráběna z celulózy, minerální vlny, polystyrenu. Její výhodou je také, že při aplikaci není rušen běžný provoz budovy a nevznikají žádné odřezky a tím odpad z přebytečného materiálu [5].

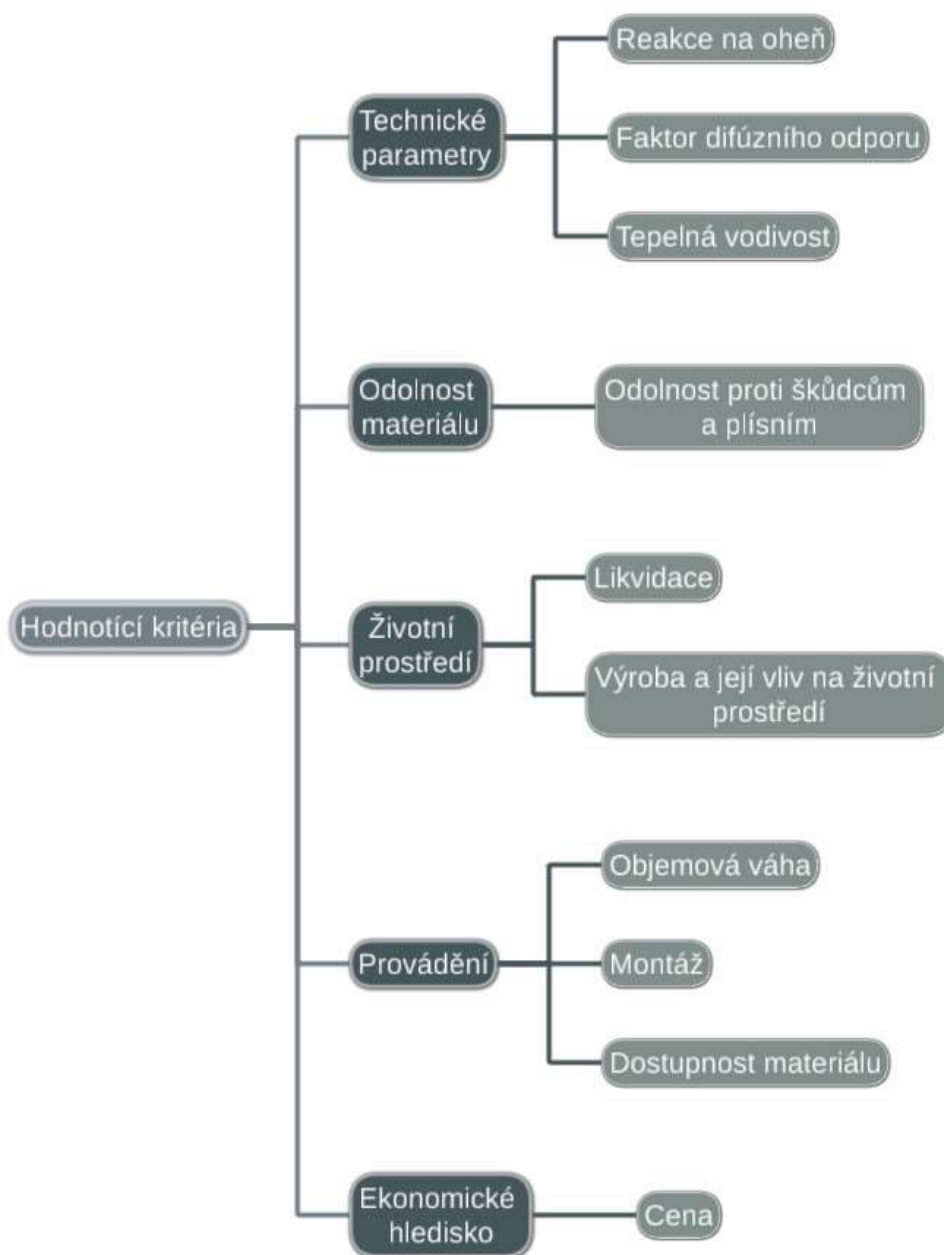
PRAKTICKÁ ČÁST

5 Výběr a popis kritérií hodnocení

5.1 Stanovení kritérií

Na obrázku níže jsou pomocí větveného grafu graficky znázorněna vybraná kritéria pro hodnocení tepelně izolačních výrobků určených do kontaktního zateplovacího systému.

Graf 3: Větvený graf – kritéria hodnocení



Zdroj: Vlastní zpracování v aplikaci [59]

Tyto kritéria jsou výsledkem eliminace z většího souboru možných kritérií, a to z důvodu vyloučení kritérií, která jsou prakticky stejného významu tzv. se dublují (např. tepelná vodivost a tepelný odpor) nebo nejsou pro výběr varianty podstatným parametrem. V následujících kapitolách slouží jako stěžejní podklad pro hodnocení variant ve vícekritériální analýze.

5.2 Popis kritérií

Tato podkapitola je věnována detailnímu popsání jednotlivých kritérií, respektive určení významu a rozsahu, co je v určitém kritériu hodnoceno.

5.2.1 Reakce na oheň

Třída reakce na oheň klasifikuje vliv materiálu na zrod a další šíření požáru. Zařazení materiálu, resp. stavebního výrobku do třídy nám dává informaci, zda a jaký vliv má na šíření nežádoucího požáru. Klasifikace určuje rychlost hoření sebe samotného a i jaké množství tepla daný materiál uvolňuje do okolí.

Nejčastěji jsou výrobky zařazeny do jedné ze sedmi tříd, na základě malorozměrových laboratorních zkoušek prováděných podle evropských norem. Třídy jsou označeny A1, A2, B, C, D, E a F. Označení A1 charakterizuje výrobek, který zcela nepřispívá k požáru. Na opačném konci stupnice je třída F, ta označuje výrobek, který se výrazně podílí na rozvoji a intenzitě ohně.

U třídy reakce na oheň A2 – D (popř. E) se uvádí i doplňková klasifikace vyjadřující intenzitu vývoje kouře (s_1 , s_2 a s_3) a plamenně hořících kapek (d_0 , d_1 a d_2). Obě doplňkové klasifikace jsou požární legislativou požadovány. Označení s je odvozeno z anglického slova smoke a označení d z anglického slova droplet. Čím vyšší číslo, tím je vyšší míra tvorby doprovodných komponentů hoření tzn. kouře a kapek [6, 45, 58].

V praxi většinou materiály tepelných izolací nejsou posuzovány samostatně, ale jako soubor vrstev, tedy je určován stupeň hořlavosti celé konstrukce např. tepelná izolace, včetně ochranné vrstvy (omítka, SDK). Protože v diplomové práci není posuzována požární odolnost celého objektu, ale hodnoceny jsou pouze konkrétní tepelně izolační výrobky, jsou uváděny hodnoty pouze výrobků nikoliv celého systému zateplení. Dalším důvodem proč při hodnocení není finální povrch zahrnut do třídy reakce na oheň je, že se pracuje s předpokladem, že finální povrch zateplení je u všech variant totožný, proto je možné ho zanedbat.

V následující tabulce jsou jednotlivé třídy na oheň dle ČSN EN 13501-1 + A1 slovně klasifikovány.

Tabulka 3: Klasifikace tříd reakce na oheň dle ČSN EN 13501-1 +A1

Třída reakce na oheň dle ČSN EN 13501-1 +A1	Klasifikace tříd reakce na oheň
A1	Výrobky nepřispívají k požáru, včetně rozvinutého. Vyhovují všem požadavkům nižších tříd.
A2	Vyhovuje kritériím B, navíc k nim nebude výrobek při plně rozvinutém požáru významně přispívat k dalšímu šíření plamene.
B	Stejná kritéria jako třída C, ale vyhovuje přísnějším požadavkům.
C	Stejná kritéria jako třída D, ale navíc vyhovuje přísnějším požadavkům. Také při tepelném působení hořícího předmětu vykazuje omezené rozšíření ohně.
D	Výrobky schopné odolávat působení tepla od hořícího předmětu za podstatného zpoždění a omezení uvolňování tepla.
E	Výrobky schopné odolávat působení malého plamene o krátký časový interval bez významného rozšíření plamene.
F	Výrobky, pro které nebyla zjištěna žádná třída. Nejsou na třídu kladeny žádné požadavky na chování.

Zdroj: Zpracováno dle [45, 58]

5.2.2 Faktor difúzního odporu

Je to poměrná schopnost materiálu propouštět vodní páru pomocí difúze. Je značen řeckým písmenem μ (mý) a je to bezrozměrná veličina. Vyjadřuje poměr mezi difúzním odporem materiálu a difúzním odporem nehybné vrstvy vzduchu o stejné tloušťce. Z toho vyplývá, že pro vzduch je faktor difúzního odporu 1. Čím vyšší číslo, tím vyšší má materiál odpor propustnosti par. Trendem posledních let jsou difúzně otevřené objekty a proto jsou preferovány nižší hodnoty faktoru difúzního odporu [6].

5.2.3 Tepelná vodivost

Tepelná vodivost je zjednodušeně schopnost materiálu vést teplo. Je to jeden z nejdůležitějších parametrů tepelně izolačních materiálů i stavebních materiálů obecně. Charakterizuje ji součinitel tepelné vodivosti, značený písmenem λ (lambda) a uváděný v jednotkách W/m*K. Hodnota λ je výrazně ovlivněna objemovou hmotností, směrem

tepelného toku v anizotropních látkách, vlhkostí, teplotou a chemickým složením materiálu. Čím je parametr vyšší, tím materiál vede lépe teplo a proto je jako tepelný izolant méně vhodný.

Rozlišuje se součinitel tepelné vodivosti deklarovaný, charakteristický a návrhový [6]. V diplomové práci je uvažováno s hodnotami návrhovými.

5.2.4 Odolnost proti škůdcům a plísním

Toto kritérium hodnotí náchylnost materiálu k tvoření plísní uvnitř souvrství i napomáhání tvoření plísní v interiéru objektu. Dále zohledňuje, zda daný materiál často napadají škůdci, u tepelných izolací bývá největším problémem ptactvo, hlodavci, kunovitá zvířata a hmyz. Protože se diplomová práce zaměřuje na kontaktní zateplovací systém, není tomuto kritériu kladena vysoká preference. Již zmínění škůdci vyhledávají prostory, kde se mohou uhnízdít a to tento systém umožňuje jen v nízké míře, ale přesto je tento parametr vhodné zohlednit.

5.2.5 Likvidace

Největší množství stavebního odpadu vzniká při rekonstrukci či demolici, včetně tepelných izolantů, které je nezbytné zlikvidovat. Stejně jako každý odpad, i ten stavební podléhá zákonu o odpadech a dle něj lze s odpadem nakládat pěti možnostmi:

- odpad se znovu použije ke stejnému, nebo jinému účelu,
- odpad se upraví a znovu využije,
- recyklace odpadu,
- odstranění odpadu,
- odpad se uloží na skládce.

Protože více jak polovina tepelných izolací jsou poměrně nové materiály z pohledu využití ve stavebnictví, nebylo doposud nutné ve větším množství řešit jejich likvidaci. Z toho důvodu prozatím nejsou zavedeny dostatečně vyvinuté technologie a postupy k jejich opětovnému využití, úpravě nebo recyklaci. A proto se u většiny materiálů přistupuje ke skládkování, ale takové řešení nelze provádět donekonečna. Pro recyklaci izolačních materiálů by byla aktuálně nejvhodnější varianta přeměny na palivo. Taková recyklace je možná například u celulózy, avšak inhibitory proti hoření, které jsou nezbytné z důvodu splnění podmínek pro stavební materiál, tomu znemožňují a i tento materiál se ukládá na skládku. Pro představu přeměna izolačního materiálu na palivo stojí okolo 750 Kč/t a za uložení celulózy na skládku

se zaplatí cca 1 750 Kč/t.

Izolace vhodné ke zpracování na palivo, za předpokladu zpracování bez již zmíněných přísad, jsou korkové desky i foukaný korek, denim recyklovaný, dřevovlákn v deskách, konopné desky, len v deskách, ovčí vlna foukaná i v páslech, sláma v balících i deskách, kombinovaná izolace z kokosu a korku.

U izolací z čedičové vlny foukané i v deskách, expandovaného perlitu, fenolické pěny, PUR pěny, slámy foukané atd. je nutné přistoupit na skládkování [4, 7].

5.2.6 Výroba a její vliv na životní prostředí

Zalidnění na zemi neustále roste a tím se i zvyšuje spotřeba energie. Ve sloupcovém grafu na následující straně je znázorněn počet obyvatel v letech 1971, 1990, 2000, 2020 a prognóza na rok 2050. Z hodnot vyplývá, že množství lidí na planetě roste v řádů miliard a s ním i spotřeba tun měrného paliva. Za takřka 20 let, mezi lety 2000 a 2020 se navýšilo obyvatelstvo na Zemi o 42 % a vzestup spotřeby energie je dokonce 108 %. V roce 2000 byla spotřeba energie 16,8 miliard tun, v roce 2020 se už pohybuje na hranici 19,4 miliard tun a prognózy do roku 2050 jsou okolo 27,1 miliardy tun energie. Dále v grafu lze pozorovat vývoj produkce emisí CO₂, která mezi lety 2000 a 2020 stoupla o 44,8 %. Je možné na grafu sledovat, že produkce emisí CO₂ je přímo úměrná energetické spotřebě.

Při hodnocení materiálu je potřeba zohlednit také jejich ekologickou stopu, numericky definovat úroveň energetické složky a míru vlivu materiálu na kvalitu životního prostředí.

Rozlišují se tři hlediska:

1) Množství vázané primární energie (PEI) nazývané také jako tzv. šedá energie. Údaj je uváděn v MJ/kg a vypovídá o primární energii v daném materiálu. Tedy jednoduše jedná se o energii vynaloženou na získání suroviny, výrobu a dopravu daného materiálu. 1 MJ lze přepočítat na 0,27 kWh.

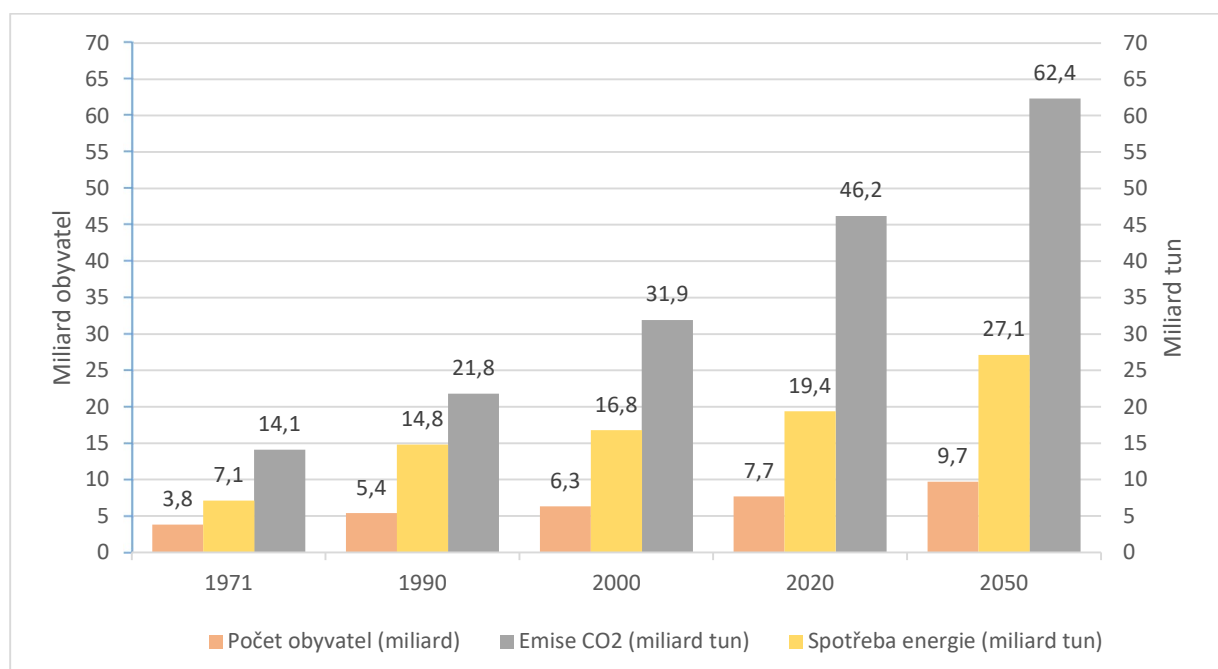
2) Hodnota GWP (Global Warming Potential – potenciální globální oteplování), hodnotí emise CO₂, které zahrnují emise látek přispívající skleníkovému efektu. Uvádí se kolik kilogramů CO₂ se uvolňuje při výrobě posuzovaného produktu. Hodnota GWP může být i v záporných číslech, například u rostoucích surovin, které absorbují během růstu více CO₂, než je při jeho zpracování a zabudování na stavbě uvolní.

3) Emise SO₂, tedy hodnota AP (Acidification Potential – potenciál zakyselení životního prostředí). Nejedná se pouze o tento plyn, vztahují se do této hodnoty i další plyny, které se podílejí na acidifikaci, především sem patří oxid dusíku a amoniaku. Tato méně známá

hodnota je důležitá, protože plyny reagují s vodou a vážou se na ni, následně dopadají na Zemi především v podobě kyselých dešťů, ty poškozují vodní, lesní a půdní ekosystémy [1, 43, 44].

V souboru kritérií hodnocení tepelných izolací v diplomové práci je zohledněna pouze hodnota GWP, je vybrána jako zástupce vlivu materiálu na životní prostředí z uvedených tří hledisek. U hodnocení nejsou zvoleny všechny tři hlediska jako kritéria z důvodu znevýhodnění méně ekologicky šetrných materiálů. Hodnota GWP nejlépe nastiňuje celý životní cyklus výroby nebo růstu suroviny až po vytvoření výrobku. Navíc hodnota PEI je u materiálů k hodnotě GWP takřka přímo úměrná, a proto zvolení jednoho zástupce nezkrusuje výsledek vícekritériální analýzy.

Graf 4: Demografický vývoj spotřeby energie a produkce emisí CO₂ v letech 1971–2050



Zdroj: Zpracováno dle [43, 44]

5.2.7 Objemová hmotnost

Pro lepší srovnání váhy posuzovaných materiálů, bez ohledu na tloušťku byl zvolen parametr objemové hmotnosti. Ta je u materiálů uváděná výrobcem při optimální vlhkosti materiálu pro realizaci.

Tuto veličinu také označuje řecké písmeno, a to písmeno ρ (ró). Objemová hmotnost je

uváděna v jednotkách kg/m^3 včetně pórů, mezer a dutin. Tedy použitý objem v m^3 lze nazvat jako reálně změřený. Zjednodušeně můžeme říct, že čím vyšší ρ , tím vyšší váha materiálu, až na vzácné výjimky [1].

Při hodnocení kritéria ve vícekritériální analýze jsou upřednostňovány materiály s nižší objemovou hmotností a tím i nižší vahou daného výrobku. Čím lehčí výrobek, tím se s ním lépe manipuluje při dopravě a vyvolává menší stálé zatížení na konstrukce.

5.2.8 Montáž

Montáž systému ETICS podléhá normě ČSN 73 290: Provádění vnějších tepelněizolačních kompozitních systémů ETICS. Je to nejpoužívanější systém v České republice pro vnější kontaktní zateplovací systém.

Postup realizace kontaktních zateplovacích systémů:

1) Příprava podkladu – lepit desky je možné pouze na soudržný, pevný a rovný povrch fasády, očištěný od prachu a jiných nečistot. Je doporučeno podklad omýt tlakovou vodou, provést penetraci staré omítky nebo vyrovnat novou vrstvou omítky. Nerovnosti povrchu by neměly přesáhnout 20 mm/m, resp. 10 mm/m u celoplošného lepení [55].

Obrázek 3: Montáž KZS - Příprava podkladu



Zdroj: [55]

2) Založení zateplení – pro založení fasádního kontaktního zateplení se nejčastěji používá certifikovaný soklový profil s okapničkou. Doporučuje se první řadu desek těsně přitisknout k přední straně profilu, aby deska přes něj nepřesahovala ani nebyla zapuštěná. Spára mezi zakládacím profilem a podkladem musí být náležitě utěsněna. V dnešní době je v praxi postupně přecházeno na profily z plastu, především protože tvoří tepelné mosty a také jejich cena je výhodnější [2, 4, 20, 55].

Obrázek 4: Montáž KZS - Založení zateplení



Zdroj: [55]

3) Lepení desek – běžný způsob lepení tepelné izolace s podélnými vlákny, se provádí nanesením lepidla po obvodu, doplněné vnitřními body lepidla. Kontaktní lepená plocha musí být minimálně 40 %. U izolací z kolmých vláken (např. minerální izolace je v této variantě vyráběna) je nutné vždy lepit celoplošně. Desky musí být v obou případech lepeny těsně na sraz. Při lepení je nezbytné dodržovat lepení desek na vazbu, a to i v rozích objektu [2, 4, 55].

Obrázek 5: Montáž KZS - Lepení desek



Zdroj: [55]

4) Kotvení hmoždinkami – u nalepených desek je nezbytné nechat lepidlo vytvrdnout, u běžně používaných lepidel je tato doba minimálně 24 hodin. Po přiměřeném vytvrdnutí lepidla se provádí přebroušení izolačních desek brusným hladítkem, tím se odstraní případné malé nerovnosti. Kotvení desek je prováděno talířovými hmoždinkami [4, 55].

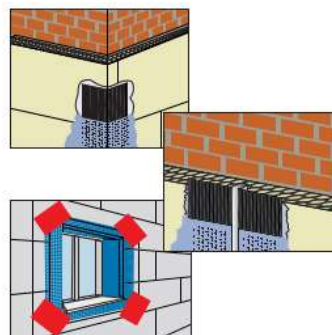
Obrázek 6: Montáž KZS - Kotvení hmoždinkami



Zdroj: [55]

5) Ochrana hran a izolace při montáži – okolí rohů budovy a ostatní hrany je potřeba vyztužit speciálními profily pro to učeným nebo zdvojením výztužné síťoviny u méně náročných aplikací. U fasádních otvorů (okna, dveře, vrata atd.) je prováděno diagonální zpevnění v rozích otvorů pruhem perlinky o minimálním rozměru 300 x 500 mm [2, 4, 55].

Obrázek 7: Montáž KZS - Ochrana hran a izolace při montáži



Zdroj: [55]

6) Penetrace podkladu – pro snadné a bez problémové provedené vrchní omítky je vhodné provést penetraci. Penetrace zajistí snížení a sjednocení savosti výztužné vrstvy. Do penetračního nátěru je možné zamíchat odstín finální povrchové úpravy nebo jsou na trhu v nabídce i penetrace již probarvené [55].

Obrázek 8: Montáž KZS - Penetrace podkladu



Zdroj: [55]

7) Základní (výztužná) vrstva – obvykle její provádění probíhá 1-3 dny po ukončení lepení desek a případném kotvení hmoždinek. Vyztužení základní vrstvy se provádí ručně plošným zatlačením skleněné síťoviny, přibližně do třetiny tloušťky základní vrstvy [55].

Obrázek 9: Montáž KZS - Základní vrstva



Zdroj: [55]

8) Provádění povrchových úprav – nejčastěji používaná úprava u kontaktních zateplovacích systému je ušlechtilá tenkovrstvá omítka v nejrůznějších barvách a strukturách [55].

Obrázek 10: Montáž KZS - Provádění povrchových úprav



Zdroj: [55]

U kritéria Montáž je sledován především způsob provádění, zda je možné realizovat zateplení již běžně používaným postupem, který je popsán v této podkapitole. To přímo souvisí, zda je materiál certifikovaný v systému ETICS. V neposlední řadě je hodnocena pohodlnost provádění např. řezání desek, kotvení hmoždinek apod.

5.2.9 Dostupnost materiálu

V tomto kritériu je posuzována dostupnost materiálu na trhu, resp. zda se materiál na trhu nabízí, jaké množství prodejců ho nabízí a možnosti dodávky.

5.2.10 Cena

Cena je bezpochyby parametr, který bude vždy stát na prvních příčkách důležitosti při výběru tepelné izolace resp. jakéhokoliv stavebního materiálu. V praktické části diplomové práce je cena při vícekritériálním hodnocení uváděna v jednotkách Kč/m³ bez DPH.

Je použita cena pouze za dodávku materiálu bez dopravy, protože cena dopravy je závislá na množství dodávky a nelze ji bez konkrétního množství potřebné k realizaci vyčíslit. Přidružený materiál na kotvení a lepení desek je zanedbán, protože je u všech posuzovaných materiálů takřka stejný.

6 Hodnocené materiály

Tato kapitola popisuje jednotlivé materiály vzhledem ke zvoleným kritériím. Tyto informace jsou vstupními daty pro hodnocení materiálů ve vícekritériální analýze.

6.1 Pěnový polystyren

Jedná se o jeden z nejpoužívanějších izolačních materiálů v České republice, především z důvodu nízké ceny a malé váhy, která umožňuje snadnou manipulaci. Dosud neexistuje jiný dostupný materiál, který vykazuje tak vysoké pevnosti při tak nízké hmotnosti. Zajímavostí je, že polystyren je takřka českého původu, vynalezl ho v Německu roku 1949 Fritz Stastny, stejně tak jako u spousty vynálezů, stalo se tak náhodou.

Pěnový polystyren je lehká a tuhá organická pěna. Polystyren lze využít pro zateplení všech konstrukcí budovy.

Pro hodnocení materiálu v diplomové práci je vybrán výrobek ISOVER EPS 100F, izolační desky vhodné pro kontaktní zateplovací systém. Desky jsou vyráběny ve standardním rozměru 1000 x 500 mm, v tloušťce od 30 mm do 200 mm [36, 37, 54].

Obrázek 11: EPS 100F od firmy Isover



Zdroj: [36]

6.1.1 Reakce na oheň

Polystyren nedokáže ohni dlouhodobě vzdorovat, má stupeň hořlavosti E [36, 54].

6.1.2 Faktor difúzního odporu

EPS lze zařadit mezi středně propustné materiály, jeho faktor difúzního odporu dle ČSN EN 13163+A1 je 30-70. Taková nízká propustnost je příznivá spíše pro kontaktní zateplovací systém nežli pro provětrávanou fasádu. Následkem neprodyšné obálky budovy, může docházet ke vzniku plísní v interiéru [36, 37, 54].

6.1.3 Tepelná vodivost

Návrhová tepelná vodivost izolační desky Isover EPS 100F je 0,037 W/m*K [54].

6.1.4 Odolnost proti škůdcům a plísním

Jak již bylo zmíněno v odstavci o difúzním odporu, z důvodu špatné propustnosti můžou uvnitř objektu vznikat plísně, ale tato skutečnost není v tomto parametru zohledněna, protože je tento jev následkem vysokého faktoru difúzního odporu. EPS není pro nežádoucí hmyz a škůdce lákadlem [36, 37].

6.1.5 Likvidace

Polystyren patří mezi tepelné izolace, které nelze přeměnit na palivo, a proto je jedinou možností při likvidaci jeho skládkování. V případě spalování jsou do ovzduší produkovány monostyrolly a bromovodíky, při teplotě nad 500 C° i dioxiny a furany. Tyto látky přispívají ke skleníkovému efektu a tzv. letnímu smogu [5, 7].

6.1.6 Výroba a její vliv na životní prostředí

Polystyren ve formě perlí, je hlavní surovinou pro výrobu desek EPS. Do perlí je přidáváno nadouvadlo pentan v obsahu 6-7 %. Polystyrenové perle jsou vyráběny suspenzí polymerací monomeru styrenu. Pentan i styren je látka běžně se vyskytující v přírodě, největší množství pentanu v přírodě vzniká při rozkladu rostlinného materiálu účinkem mikroorganismů. Avšak pro průmyslové účely jsou obě látky vyráběny z ropy, výrobci garantují, že pěnový polystyren neobsahuje freony, které by poškozovaly ozónovou vrstvu.

Výrobu pěnového polystyrenu lze rozdělit na tři etapy – předpění, meziuskladnění a tvorba bloků, desek či jiných výrobků z polystyrenu. Celý proces je závislý na těžbě a zpracování ropy, a to je z enviromentálního hlediska důvod k diskuzi o vhodnosti používání polystyrenu. Ekologická stopa výroby izolační desky EPS v hodnotě GWP se pohybuje okolo 3,35 kgCO₂ ekv/kg [1, 5, 37].

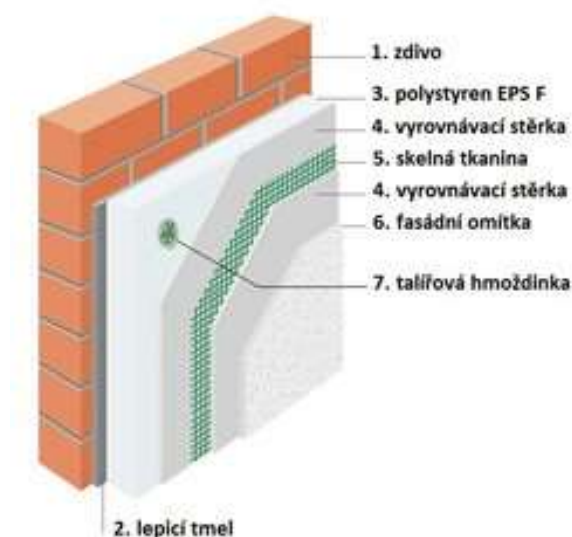
6.1.7 Objemová hmotnost

Objemová hmotnost tepelné izolace EPS 100F je pouhých 18 - 20 kg/m³. Takové nízké hodnotě nemůže konkurovat žádná tepelná izolace v deskách, pásech. Nízká váha desek má mnoho výhod, nejen při manipulaci s materiálem, ale především je zaizolování tímto produktem minimálním zatížením pro nosné konstrukce [36, 37, 54].

6.1.8 Finální povrch – vnější omítka

Tepelněizolační pěnové desky 100F jsou určeny především pro fasádní zateplovací systém ETICS [54].

Obrázek 12: Skladba ETICS s EPS



Zdroj: [38]

6.1.9 Montáž

Protože izolační desky EPS jsou využívány v systému ETICS, musíme dodržet normu ČSN 73 290: Provádění vnějších tepelněizolačních kompozitních systémů ETICS.

Řezání izolačních desek EPS je velice snadné, díky tomu je montáž rychlá a bez komplikací s úpravou desek dle parametrů objektu [54].

6.1.10 Dostupnost materiálu

Materiál je běžně požívaný v praxi a k prodeji ho nabízí nespočet firem na trhu, jedná se o jeden z nejprodávanějších materiálů.

6.1.11 Cena

Cena za m³ izolačního polystyrenu 100F od firmy Isover stojí 2 450 Kč bez DPH. Tloušťka nemá na cenu za m³ vliv, není na ni závislá [36].

6.2 Minerální vata

V diplomové práci je hodnocena čedičová vata z důvodu vhodnějšího využití pro kontaktní zateplovací systém, konkrétně desky TF Profi od firmy Isover. Jedná se o desky s podélným vláknem. Standardní rozměry jsou 1000 x 600 mm a vyrábí se v tloušťkách od 20 mm do 300 mm, tloušťky nad 260 mm je nutné konzultovat s výrobcem [39, 56].

Obrázek 13: Čedičová vata TF Profi od firmy Isover



Zdroj: [39]

6.2.1 Reakce na oheň

Minerální izolace na bázi kamenných vláken odolává při požáru teplotám až kolem 1000 °C, tato odolnost zajišťuje v případě požáru delší čas, než se stavební konstrukce zhroutí. Desky Isover TF Profi dle ČSN EN 13501-1+A1 spadají do třídy A1 reakce na oheň. Jedná se o jednu z nejodolnějších izolací proti ohni na trhu [39, 40].

6.2.2 Faktor difúzního odporu

Izolační fasádní desky z čedičové minerální vlny mají faktor difúzního odporu 1, izolace tedy nebrání konstrukci dýchat a tím umožňuje volné odvětrávání vlhkosti z konstrukce [56, 57].

6.2.3 Tepelná vodivost

Návrhový součinitel tepelné vodivosti je 0,037 W/m*K, tato hodnota je srovnatelná s ostatními tepelnými izolacemi na trhu, výrazně se od ostatních neliší [56].

6.2.4 Odolnost proti škůdcům a plísním

Minerální vlákno v deskách Isover TF Profi nepodporuje růst hub, bakterií ani plísní. Může být útočištěm pro hmyz, který se v izolaci zahnízdí [5, 57].

6.2.5 Likvidace

Ekologicky nejvýhodnější variantou je minerální vatu znovu použít při realizaci, ale to prakticky nikdy není možné. Obvykle je minerální izolace recyklována, stará minerální vlna je přetavena a znovu použita do nového materiálu. Možnost skládkování také přichází v úvahu, materiál nemá výrazný negativní dopad na životní prostředí, ukládá se jako běžný stavební odpad [42].

6.2.6 Výroba a její vliv na životní prostředí

Základní surovina pro výrobu minerální vlny je čedič, struska a diabas, ke směsi horniny jsou dále přidávány brikety. Brikety jsou vyráběny z recyklátu odpadních surovin vznikajících jako vedlejší produkt výroby. Při vysokých teplotách jsou v kupolových pecích suroviny taveny, z pece vychází roztavená láva, ta vtéká do rozvláknovacího stroje. Do tekuté masy se přidávají pojiva a impregnační oleje zajišťující vyšší stabilitu a odolnost vláken proti vlhkosti. Jemná vlákna vzniklá z rozvláknění roztaveného materiálu se vrství. Vrstvy jsou v krepovacím zařízení stlačovány na požadovanou tloušťku. Následuje tvrdící komora ve které dochází k vytvrzování materiálu. Pomocí dělicích pil je materiál řezán do konečných rozměrů. Odpadní materiál resp. odřezky je zpracováván v procesu recyklace, vznikají z něj již zmíněné brikety. Sopečný diabas vzniká tektonickou činností a při výrobě je využíváno zanedbatelné množství v porovnání s produkcí tohoto materiálu pravidelně přírodou [41]. Ekologická stopa výroby izolační desky z čedičové vlny má hodnotu GWP 1,64 kgCO₂ ekv/kg [1].

6.2.7 Objemová hmotnost

Objemová hmotnost desek Isover TR Profi se pohybuje mezi 80 – 150 kg/m³, objemová hmotnost není konstantní a mění se s tloušťkou výrobku [56].

6.2.8 Finální povrch – vnější omítka

Izolační desky Isover TF Profi jsou v praxi běžně využívány do systémů ETICS [55].

Obrázek 14: Skladba ETICS s minerální vlnou



Zdroj: [55]

6.2.9 Montáž

Montáž minerální vaty v kontaktním zateplovacím systému probírá dle normy ČSN 73 290: Provádění vnějších tepelněizolačních kompozitních systémů ETICS. Izolace se lepí stejným způsobem jako EPS a dále kotví hmoždinkami. V posledních letech jsou využívány záпустní hmoždinky s kombinací se zátkami, aby přerušily tepelný a akustický most od kovového trnu hmoždinky. Zátky jsou vyráběny vyřezáním z desek a mají kruhový tvar s podélnou orientací vláken. Při práci je nezbytné pracovat s ochrannými pomůckami, z důvodu uvolňujících částeczek vnikajících do plic a podráždění kůže.

Řezání desek není výrazně náročné, vhodné je použít speciálně určený montážní nůž nebo pilu, minerální izolace je velice rychle otupí [12, 54].

6.2.10 Dostupnost materiálu

Minerální izolace je s polystyrenem jedna z nejpoužívanějších tepelných izolací, a proto je její dostupnost bezproblémová.

6.2.11 Cena

U minerální izolace TF Profi výrobce v ceně zohledňuje tloušťku materiálu, proto bude zastupující cena z vypočtené ceny na m³ za jednotlivé typy desek. Ze sloupce s cenou za m³ jednotlivých desek v tabulce níže je vidět, že cena za m³ u tlouštěk od 20 mm do 60 mm je vyšší než u desek s tloušťkou nad 60 mm. Od tloušťky 80 mm je cena konstantní, a protože v zateplení stěn jsou v ploše prakticky vždy izolační desky z minerální vlny přesahující 80 mm tloušťky, bude dále uvažováno s touto cenou.

Tabulka 4: Určení ceny pro TF Profi

Tloušťka (m)	Cena bez DPH (Kč/m ²)	Cena bez DPH (Kč/m ³)
0,02	58,30	2 915,00
0,03	87,45	2 915,00
0,04	116,60	2 915,00
0,05	145,75	2 915,00
0,06	174,90	2 915,00
0,08	211,20	2 640,00
0,10	264,00	2 640,00
0,12	316,80	2 640,00
0,14	369,60	2 640,00
0,15	396,00	2 640,00
0,16	422,40	2 640,00
0,18	475,20	2 640,00
0,20	528,00	2 640,00
0,22	580,80	2 640,00
0,24	633,60	2 640,00
0,26	686,40	2 640,00
0,28	739,20	2 640,00
0,30	792,00	2 640,00

Zdroj: Vlastní zpracování dle [39]

Cena pro čedičovou minerální vlnu TF Profi je 2 640 Kč bez DPH za m³.

6.3 Fenolická pěna

Jedná se o jeden z inovativních materiálů. Desky jsou tvořeny jádrem z tuhé fenolické pěny s uzavřenou buněčnou strukturou. Z obou stran je deska opláštěna textilií na bázi skla.

Izolaci je možné aplikovat do tepelněizolačního kontaktního fasádního systému (ETICS). Detaily okolo parapetů, ostění a nadpraží okenních a dveřních otvorů mohou být bez problémů řešeny deskami z fenolické pěny. Pro hodnocení tepelné izolace z tuhé fenolické pěny je použitý výrobek Kooltherm K5 Kontaktní fasádní deska od firmy Kingspan.

Desky jsou vyráběny ve standardních rozměrech 400 x 1200 mm, tloušťky jsou odstupňované po 10 mm od 20 mm do 200 mm, dle potřeby stavby [22].

Obrázek 15: Kooltherm K5



Zdroj: [23]

6.3.1 Reakce na oheň

Fenolická pěna je původem organický materiál a proto nelze u výrobku zajistit zcela nehořlavost, ale pyšní se odolností C, a to je s ohledem na běžně používané tepelné izolace na bázi pěnoplastu (EPS) o dvě třídy vyšší odolnost [21].

6.3.2 Faktoru difúzního odporu

Desky mají hodnotu faktoru difúzního odporu $\mu = 35$, to odpovídá uzavřené strukturální buňce. V případě fasádní izolační desky s uzavřenou strukturou buňky nemohou vodní páry

téměř procházet a dům se stává neprodyšným, může hrozit tvorba plísní v interiéru, tomuto problému lze předcházet pravidelným větráním [49].

6.3.3 Tepelná vodivost

Součinitel tepelné vodivosti tepla u desky z fenolické pěny Kooltherm K5 je 0,02 W/(m*K) v nejčastěji používaných tloušťkách. S porovnáním s běžně používanou tepelnou izolací poskytuje téměř dvojnásobnou tepelnou ochranu, to znamená v realizaci nižší tloušťky izolantu a tím menší zásah do užitého prostoru, také lepší řešení některých technických problémů a celkový lepší estetický vzhled fasády [21].

6.3.4 Odolnost proti škůdcům a plísním

Desky jsou díky uzavřené materiálové struktuře a složení jádra perfektně odolné proti zvířecím útočníkům, plísním, hub i hmyzu [23].

6.3.5 Likvidace

Odpad z izolačních jader je zcela recyklovatelný, zbylé části musí být uloženy na skládce, veškerý odpad musí být odstraněn v souladu s místními zákony a vyhláškami [29, 48].

6.3.6 Výroba a její vliv na životní prostředí

Z důvodu efektivnosti izolace Kooltherm K5 se významně snižují emise CO₂ u budov. Ekologická převaha oproti produktům z minerální vaty začíná již při procesu výroby tepelněizolačních desek. Pomocí exotermické reakce vzniká tuhá fenolická pěna pro desky, vyprodukované odpadní teplo je používáno současně k sušení již hotových desek. Pro desky Kooltherm K5 není stanovena přesná hodnota parametru GWP. Z uvedených informací výrobcem, hodnota GWP pro fenolické desky se pohybuje okolo 3 kgCO₂ ekv/kg, o něco málo nižší, než EPS [49].

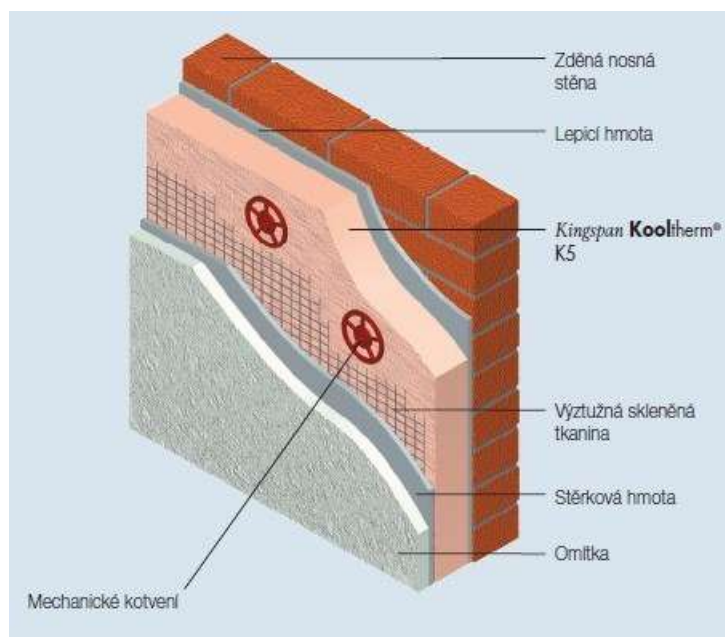
6.3.7 Objemová hmotnost

S fenolickou pěnou se dobře pracuje, je velice podobná polystyrenu, je lehká. To znamená, že má nízkou objemovou hmotnost, a to 35 kg/m³, ale stále platí, že je současně stejně jako polystyren pevná [21].

6.3.8 Finální povrch – vnější omítka

Jak bylo již výše zmíněno tepelněizolační desky lze využívat dle testování a následné klasifikaci ze strany PAVUS, a.s. do komplexního systému vnějšího zateplení (ETICS). Proto lze na tepelněizolační desky K5 aplikovat běžně používanou finální skladbu v podobě natažení stěrkové hmoty, síťoviny a následně finální vnější omítku [21].

Obrázek 16: Skladba ETICS s použitím Kooltherm K5



Zdroj: [24]

6.3.9 Montáž

Při montáži tepelněizolačních desek je nezbytné respektovat pokyny a doporučení k manipulaci, skladování, přepravě a montáži uvedené výrobcem desek. Dále je nutné dodržovat všeobecné pokyny i pokyny a požadavky BOZP a PO uvedené v produktovém listu produktu. Aplikace desek z fenolické pěny je možná ve dvou variantách, lepením nebo mechanickým kotvením, stejně jako u klasických tepelných izolací z polystyrenu.

Pro lepení desek je povinné použít jen lepicí hmoty k tomu určené, certifikované v příslušných systémech systémových dodavatelů ETICS.

Mechanické kotvení tepelněizolačních desek je výrobcem požadováno provádět výlučně pomocí talířových hmoždinek pro systémy certifikovaných dodavatelů systému vnějších kontaktních zateplení ETICS a přímo schválených v jejich systémech, vhodných pro montáž desek z fenolické pěny. Vždy je nezbytné dodržet kotevní schéma, které určuje typ, počet a umístění kotev. Hmoždinka se umísťuje do místa desky, které je v náležitě ploše podmazané lepidlem. Řezání desek je možné nožem nebo pilou, nevytváří velké množství prachu a je snadné.

Desky mají rovnou hranu a kladou se tedy na tupý sraz vedle sebe, na přání zákazníka lze dodat desky i s úpravou hrany ve tvaru polodrážky [22, 24].

Obrázek 17: Montáž tepelněizolačních desek z fenolické pěny



Zdroj: [24]

6.3.10 Využitelnost zhotovitelem

Instalace izolačních desek z fenolické pěny není pro zhotovitele běžně působícím na českém trhu nijak výraznou změnou od běžně používaného polystyrenu, zhotovitel postupuje dle běžného postupu u systému ETICS [21].

6.3.11 Dostupnost materiálu

Tepelná izolace z fenolické pěny je poměrně novinkou na českém trhu, její dostupnost není problémem. Ale přece jen je u prodejců není tak rozšířená jako např. EPS a minerální vata.

6.3.12 Cena

Tepelná izolace Kooltherm K5 má cenu 11 214,3 Kč/m³ bez DPH, v praktické části se pracuje se zaokrouhlenou hodnotou 11 214 Kč/m³ bez DPH [47].

6.4 Technické konopí

Výrobce o izolaci z technického konopí mluví jako o odpovědi na fenomén 21. století – ochrana životního prostředí ve smyslu ohledu na životní prostředí včetně redukování emise CO₂ v ovzduší a snižování energetických nároků při výrobě a energetické náročnosti budovy v životním cyklu. Tepelněizolační desky jsou tvořeny konopným pazdeřím a vláken s příměsí pojivých vláken a roztoku sody, která slouží jako ochrana proti hoření a plísním. Konopné termoizolační výrobky lze využívat pro zateplení celého objektu, od podlahových skladeb až po střechu, včetně kontaktního zateplovacího systému.

Pro potřeby této diplomové práce byl vybrán výrobek Canabest PANEL od firmy Canabest s.r.o. provozované společností OMEGA project s.r.o., tento druh výrobku je doporučován výrobcem pro použití do kontaktního zateplovacího systému.

Termoizolační výrobek Canabest PANEL má složení:

50 – 55 % konopné pazdeří,

30 – 35 % konopné vlákno,

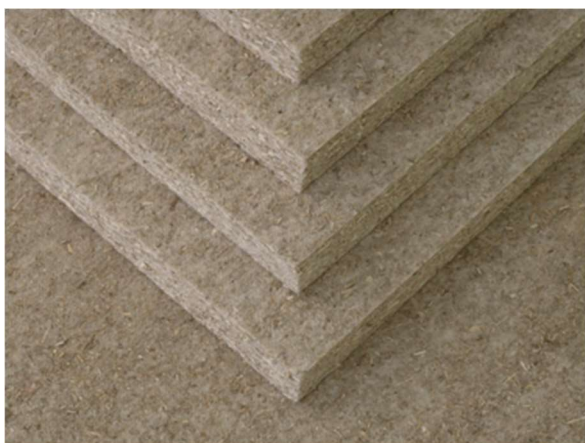
15 – 17 % BiCo vlákna – pojiva,

3 – 5 % soda [25].

BiCo vlákno je dvousložkové vlákno vyráběno z polyethylenu (PET), která tvoří jádro vlákna a z polyesteru (PE), který slouží jako obal vlákna. BiCo vlákna jsou používána právě jako pojivo v konopných tepelných izolacích. PE povrch se při cca 140 °C na konopná vlákna přitaví, ale PET jádro zůstává stabilní. Díky této vlastnosti je možné pojit mezi sebou vlákna konopné izolace s dlouhodobou stálostí.

Desky jsou vyráběny ve standardním rozměru 500 x 1000 mm v tloušťce 30 – 60 mm. [1, 25, 26, 51].

Obrázek 18: Konopné desky Canabest

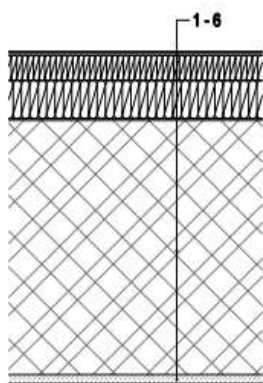


Zdroj: [25]

Na obrázku níže je uvedena doporučená skladba výrobcem OMEGA project, při aplikaci desek v kontaktním zateplovacím systému.

Obrázek 19: Doporučená skladba pro KZS výrobcem OMEGA project s.r.o.

CB 04.13



CB 04.13	Obvodová stěna – dodatečné zateplení, KZS				mm
1 - omítkový systém s vysokou difúzní propustností					5
2 - desky tepelné izolace Canabest Panel, mechanicky kotvené+lepené	40	60	40	40	60
3 - desky tepelné izolace Canabest Panel, mechanicky kotvené+lepené	0	0	40	60	60
4 - lepicí tmeľ					3
5 - keramické zdivo / plynosíkářt. 400mm, U = 0,3 [W / (m ² .K)]					400
6 - omítka					12
tepelné izolace celkem	40	60	80	100	120
celkem	460	480	500	520	540
U ₀ [W / (m ² .K)]	0,25	0,22	0,20	0,18	0,17
Fázový posun tepelného kmůtu Psi [h]	22,6	23,3	24,0	0,7	1,5

* 1.)

Zdroj: [50]

6.4.1 Reakce na oheň

Tepelná izolace z konopí je podle ČSN EN 13501-1:2007 klasifikována do třídy E, to znamená hořlavá hmota v kontaktu s plamenem.

Tuto skutečnost lze vyřešit relativně snadno uzavřením požárně odolným obkladem. Omezení při použití konopné izolace jsou u významnějších staveb, které podléhají vyšším požadavkům

na základě požární normy, jedná se o stavby jako například nemocnice, školy, apod., u takových staveb je předepsáno použít nehořlavé materiály pro požárně odolné konstrukce. Však u většiny běžných staveb lze konopné izolace bez problémů použít. Navíc impregnace v roztoku přírodní sody má samozhášivý účinek [25, 27].

6.4.2 Faktor difúzního odporu

Konopné izolace patří mezi vysoce difúzně propustné materiály. Faktor difúzního odporu je $\mu = 1 - 2$. Konkrétně u výrobku Canabest PANEL je hodnota difúzního odporu 1,8.

Předností konopné izolace vzhledem k problému vlhkosti, není jen vysoká difúzní propustnost, ale také další významnou výhodou je schopnost redistribuce vlhkosti. Obecně to znamená schopnost materiálu předávat vlhkost celým svým objemem a tím vyvažovat svou vlhkost tzv. vlhkostní vodivost. Díky této vlastnosti nedochází ke vzniku lokálních koncentrací vlhkosti. Vlhkost je distribuována do celého objemu a tím vzniká významně větší plocha povrchu, která zajišťuje snadnější odvětrání a tím odvodu nežádoucí vody.

Konopná izolace se navíc lépe vyrovnává s vyšší vlhkostí než např. minerální izolace, její objemová vlhkost může narůst až na 20 % a přesto nebude narušena účinnost izolačních schopností. Zatímco u minerálních izolací dochází ke ztrátě tepelněizolačních už při 2 % objemové vlhkosti [25].

6.4.3 Tepelná vodivost

Konopné desky Canabest PANEL mají hodnotu tepelné vodivosti $\lambda = 0,041 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. U izolantů se hodnoty tepelné vodivosti pohybují mezi $0,02 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ až $0,05 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Kromě polyuretanovým izolacím, které mají tepelnou vodivost okolo $0,02 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ mohou konopné izolace ostatním běžně používaným izolantům bez problému konkurovat [25, 51].

6.4.4 Odolnost proti škůdcům a plísním

Materiál byl testován Státním zdravotním ústavem na odolnost a je proti škůdcům a plísním zcela odolný, odolnost zajišťuje impregnace v sodném roztoku. Ale i bez roztoku nemají o konopný izolát škůdci zájem, neobsahuje žádné bílkoviny a navíc pro hlodavce nejsou konopná vlákna stravitelná. Konopí v konstrukci není náchylné, ke tlení či plesnivění [1, 27].

6.4.5 Likvidace

Izolační desky z technického konopí lze recyklovat, jsou vhodné ke zpracování na palivo [7].

6.4.6 Výroba a její vliv na životní prostředí

Jeden kilogram rostliny konopí při svém růstu uvolňuje do ovzduší 0,2 kg CO₂, ale zároveň spotřebuje a na sebe naváže přibližně 4 kg CO₂. Stejně jako ostatní rostlinné přírodní materiály, tak i konopné izolace jsou přínosem při ochraně přírody. Tato příznivá bilance je nesrovnatelná s bilancí CO₂ vyprodukované při výrobě pěnoplastických tepelněizolačních materiálů z ropy nebo z anorganických vláken na bázi skla nebo minerálních vláken. Produkce CO₂ se u konopné izolace pohybuje v záporných číslech. Hodnota GWP je pro konopné desky s PE vlákny -0,133 kg CO₂ ekv/kg [1].

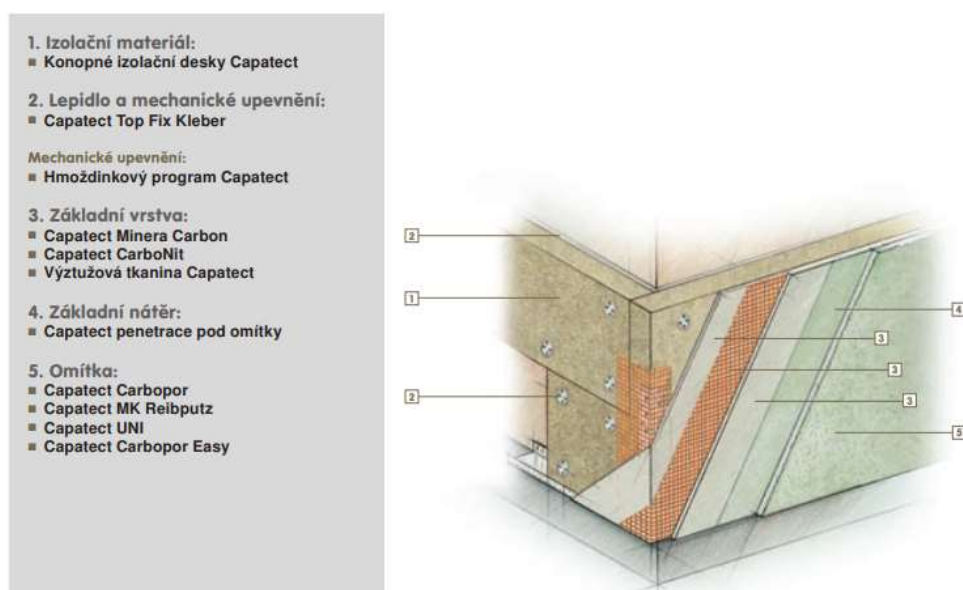
6.4.7 Objemová hmotnost

Objemová hmotnost desky Canabest PANEL je 100 kg/m³ (±5). Pro představu jedna deska 500 x 1000 mm v tloušťce 50 mm váží 2,5 kg, je to trochu více v porovnání s polystyrenem, u kterého taková deska váží cca 0,75 kg, ale s minerální vatou je váha srovnatelná, spíše lehce nižší [51].

6.4.8 Finální povrch – vnější omítka

Skladba s použitím konopné izolace se od klasického systému ETICS příliš neliší, například firma Caparol uvádí systém Capatect Eco – Line, který je již certifikován dle ETAG 004, číslo ETA je 05/0052. Na obrázku můžeme vidět skladbu s využitím výrobků Capatect, ale je možné pro realizaci využít obdobné přírodní či jiné běžně používané materiály [28, 52].

Obrázek 20: Fasádní systém Eco – Line



Zdroj: [52]

6.4.9 Montáž

Na trhu se už zhruba 15 let technické konopí při zateplení fasády používá. Pro montáž má firma Caparol zpracovaný montážní postup, který je prakticky shodný se standardními zateplovacími systémy. Jediným zásadním rozdílem je vrtání otvorů při osazení hmoždinek, konopné desky jsou velice tuhé a takřka v nich otvor nelze vyvrtat běžnou vrtačkou. Z tohoto důvodu jsou otvory pro hmoždinky předvrtány při výrobě, aby montáž byla usnadněna. Na izolační desky je kladena výztužná vrstva, podobně jako u standardních systémů.

Jedná se o systém, kde je realizace mírně odlišná od běžně používaného EPS a minerální vaty, především v řezání, vrtání, a proto je nutné provést odborné zaškolení pracovníků [28, 52].

Obrázek 21: Ukázka realizace zateplení z technického konopí



Zdroj: [30]

6.4.10 Využitelnost zhotovitelem

U nás realizaci nabízí například firma Hliněný dům s.r.o. po zaškolení montážníků může zateplení konopnými deskami provádět i běžná stavební firma realizující zateplování budov.

6.4.11 Dostupnost materiálu

Izolaci z konopí nabízí jen omezené množství prodejců, není na trhu tak běžným materiálem jako třeba jiné častěji používané tepelné izolace. Dodací lhůta není výrazně delší.

6.4.12 Cena

Cenu pro konopnou izolaci Canabest Panel ovlivňuje její tloušťka. Pro získání zastupující ceny za m³ jsou v tabulce vypsány ceny za m² a přepočteny na m³.

Tabulka 5: Určení ceny pro Canabest Panel

Tloušťka (m)	Cena bez DPH (Kč/m ²)	Cena bez DPH (Kč/m ³)
0,02	186,00	9 300,00
0,03	279,00	9 300,00
0,04	372,00	9 300,00
0,05	350,00	7 000,00
0,06	420,00	7 000,00
0,08	560,00	7 000,00
0,10	700,00	7 000,00

Zdroj: Vlastní zpracování dle [25]

Pro velké plochy kontaktního zateplovacího systému bude použita tloušťka vyšší, než 0,05 m. A u minerální vlny byla použita jako platná cena, také ta zastupující desky vyšších tloušťek, a proto i u konopné izolace pro porovnání použijeme cenu 7 000 Kč/m³ bez DPH.

6.5 Korek

Korkovou izolaci lze využít ve formě expandované drtě nebo desek. K výrobě korkových desek nejsou potřeba žádná přidaná pojiva. Vysokým tlakem při zvýšených teplotách se z korkových granulátů vytlačuje vlastní pryskyřice, granuláty se do sebe propojí a vznikne deska.

Technické vlastnosti korku jsou stálé. Používá se především v nízkoenergetických stavbách, kde jsou požadavky vytvořit zdravé prostředí se stálými vlastnostmi po generace.

Korek je zvukově i tepelně izolační. Pro účely diplomové práce je posuzována deska XPLD expandovaná izolační korková deska. Desky jsou vyráběny ve standardním rozměru 500 x 1000 mm, v tloušťkách od 10 mm až 300 mm [31, 32].

Obrázek 22: XPLD, korkový dub, sklizená kůra





Zdroj: [53]

6.5.1 Reakce na oheň

Korek je houževnatý materiál, není náchylný na opotřebení. Také dobře odolává teplotám od $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ až do $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$, přirozeným způsobem bez potřeby přísad či ošetření zpomaluje šíření ohně a spolehlivě čelí požáru. Korkové desky vhodné pro kontaktní zateplovací systém mají požární odolnost klasifikovanou třídou B2, tedy materiál těžce hořlavý. Je možné odolnost proti požáru korku vylepšit přísadou vodního skla [1, 53].

6.5.2 Faktor difúzního odporu

Materiál je dobře difúzně propustný, faktor difúzního odporu je nízký, výrobce Jelínek udává $\mu = 2 - 8$ dle EN 1015-19. Díky tomu korkové izolační desky regulují relativní vlhkost vzduchu ve vnitřním prostoru objektu [1, 31].

6.5.3 Tepelná vodivost

Koeficient tepelné vodivosti u tepelněizolačních korkových desek se pohybuje $0,035 - 0,040\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, konkrétně u desek XPLD je $\lambda = 0,036\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Tepelné izolační vlastnosti jsou o srovnatelné s nejčastěji používaným polystyrenem nebo minerální vatou [53].

6.5.4 Odolnost proti škůdcům a plísním

Korkové izolační desky jsou odolné proti plísním a hobám, přispívá tomu i téměř nulová nasákavost materiálu. Korek obsahuje přírodní vosk suberin, který také znemožňuje šíření plísní. Technické vlastnosti korku se po desetiletí životnosti nemění. Další výhodou obsaženého vosku suberin je jeho odpudivost pro dřevokazné i ostatní hmyz a hlodavce, ale člověk ho nijak při používání nevnímá [1].

6.5.5 Likvidace

Korek lze využít opakovaně nebo je možné ho recyklovat a dále ho využít pro výrobu nových produktů. Korkové desky jsou bez přísad, a proto tlejí v kompostu i v zemi, nijak životní prostředí nezatežují. Je možné je také spálit [1].

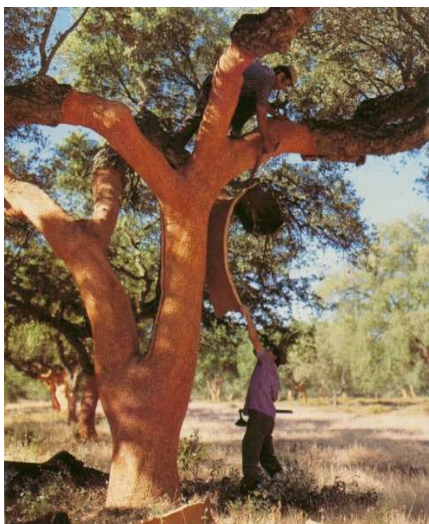
6.5.6 Výroba a její vliv na životní prostředí

Výrobní proces využívá ekologicky čistou elektrickou energii, získanou spalováním biomasy, která vzniká při samotné výrobě. Tímto postupem získaná energie tvoří až 97 % celkové energie ve výrobním procesu.

Hodnota GWP pro výrobu korku je - 1,23 kg CO₂ ekv.kg⁻¹. Jak bylo již zmíněno u konopné izolace, záporná hodnota ukazuje, že korek pokryje vyprodukované CO₂ vykompenzuje zpracováním při růstu a tím je pro přírodu přínosem.

Celý ekologický proces podporuje i ruční sběr kůry, který probíhá stovky let stejným způsobem, bez potřeby použití mechanizace. Strom po odebrání kůry zůstane nepoškozený, za předpokladu, že je sběr uskutečněn správně a je odebrána pouze vrstva kůry. Tento proces lze opakovat každých 9 let [1, 32, 33].

Obrázek 23: Sklizeň kůry dubu korkového



Zdroj: [34]

Ekologický proces výroby probíhá následovně:

- 1) ruční sběr korkové kůry,
- 2) zbytky korkové kůry jsou drceny a následně gravitačně tříděny,

- 3) vytríděná zrna se transportují do autokláv, kde se při teplotě 350 – 370 °C expandují (zvětšují svůj objem),
- 4) při expandování korkových zrn dochází k jejich vzájemnému spojení. Ke spojení dochází bez použití syntetického lepidla nebo rozpouštědla, za pomoci pryskyřice,
- 5) expandované korkové bloky jsou následně ochlazovány vodou a nechávají se volně 10 dní stabilizovat,
- 6) po stabilizaci jsou bloky řezány na požadované rozměry [53].

6.5.7 Objemová hmotnost

Korková izolační deska XPLD má hustotu 105 – 125 kg/m³, to je jedna z nejvyšších hodnot se kterou se lze u tepelných izolací setkat [53].

6.5.8 Finální povrch – vnější omítka

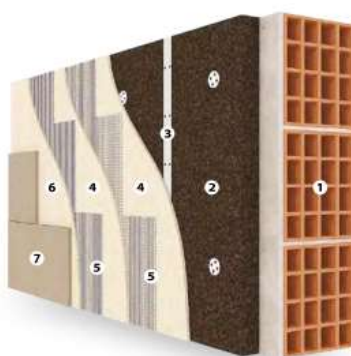
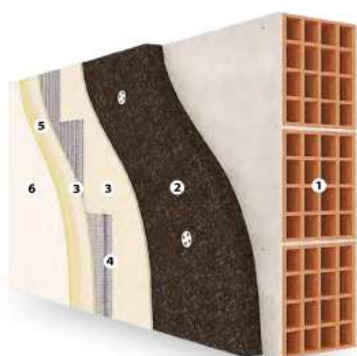
V katalogu od firmy Jelínek Group je možné najít již navržené a v praxi využívané skladby kontaktního zateplovacího systému, není však na trhu jediným, jako další příklad lze uvést firmu Likor.

Finální úprava není zvolenou tepelnou izolací nijak ovlivněna, je možné zvolit ekologickou nebo používanou v běžné praxi [53].

Obrázek 24: KZS s korkovými deskami od firmy Jelínek Group

Typ izolace: XPLD expandovaná korková deska

Typ izolace: XPLD expandovaná korková deska



- ❶ stěna
- ❷ expandovaná korková deska
- ❸ hrubá omítka
- ❹ armovací mřížka
- ❺ základová barva
- ❻ finální úprava

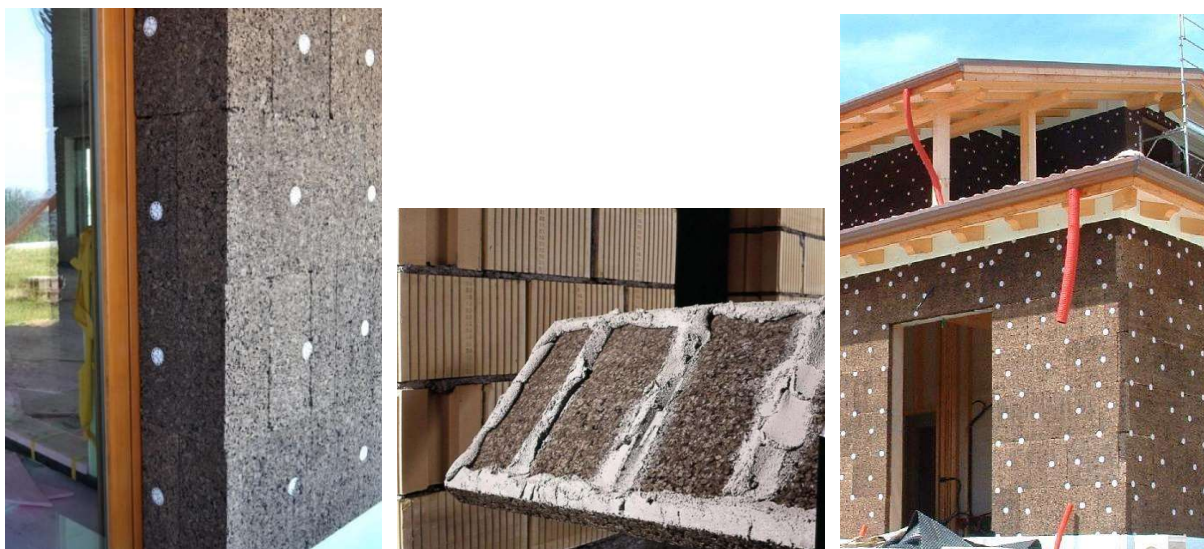
- ❶ stěna
- ❷ expandovaná korková deska
- ❸ kovový nosíkový profil
- ❹ armovací lepidlo
- ❺ armovací mřížka
- ❻ penetrační nátěr
- ❼ finální úprava

Zdroj: [32]

6.5.9 Montáž

Korkové izolační desky jsou k podkladu lepeny stejně jako běžně používané tepelné izolace v kontaktním zateplovacím systému. Pro řezání korkových desek se používá nůž nebo pila. Desky lze snadno řezat.

Obrázek 25: Ukázka realizace korkové izolace



Zdroj: [53]

6.5.10 Využitelnost zhotovitelem

Dostupnost korku je proměnlivá, vysoká kvalita se nachází v oblasti Portugalska a Španělska, aktuálně s dovozem není problém a firmy s materiálem pracují. V České republice realizaci nabízí například firma JM-DODOS s.r.o. nebo firma Fibotech s.r.o. [35].

6.5.11 Dostupnost materiálu

U izolačních korkových desek je delší dodací lhůta a není vždy k dispozici kompletní nabídka tloušťek. Na českém trhu je malý výběr dodavatelů korkové izolace.

6.5.12 Cena

Cenu pro korkové izolační desky XPLD ovlivňuje její tloušťka. Pro získání zastupující ceny za m^3 jsou v tabulce vypsány ceny za m^2 a přepočteny na m^3 .

Tabulka 6: Určení ceny pro korkovou desku XPLD

Tloušťka (m)	Cena bez DPH (Kč/m²)	Cena bez DPH (Kč/m³)
0,010	158	15 800,00
0,015	199	13 266,67
0,020	215,00	10 750,00
0,025	258,00	10 320,00
0,030	305,00	10 166,67
0,040	396,00	9 900,00
0,050	496,00	9 920,00
0,060	594,00	9 900,00
0,080	792,00	9 900,00
0,100	990,00	9 900,00
0,120	1 188,00	9 900,00
0,150	1 486,00	9 906,67
0,200	1 980,00	9 900,00
0,300	2 970,00	9 900,00

Zdroj: Vlastní zpracování dle [31]

Pro velké plochy kontaktního zateplovacího systému bude použita tloušťka větší, než 0,05 m. U minerální vlny a technického konopí byla použita jako platná cena také ta pro větší tloušťky, a z toho důvodu u korkové izolace bude pro porovnání použita cena 9 900 Kč/m³ bez DPH.

7 Stanovení vah kritérií

Pro stanovení vah kritérií je v diplomové práci použita Saatyho metoda – metoda geometrického průměru. Tato metoda je popsána v podkapitole 1.1.

Stanovení váhy kritérií je nepostradatelným krokem pro další postup ve vícekritériální analýze.

V následujících dvou tabulkách je uvedena bodová stupnice a k hodnotám uvedeno slovní vyjádření. Bodová stupnice je použita pro párové hodnocení kritérií mezi sebou v Saatyho matici.

Tabulka 7: Bodové hodnocení důležitosti kritérií S

Počet bodů	Deskriptor
1	kritéria jsou stejně významná
3	kritérium v řádku je trochu významnější než ve sloupci
5	kritérium v řádku je dosti významnější než ve sloupci
7	kritérium v řádku je prokazatelně významnější než ve sloupci
9	kritérium v řádku je absolutně významnější než ve sloupci

Zdroj: Zpracováno dle [8]

Tabulka 8: Bodové hodnocení důležitosti kritérií 1/S

Počet bodů	Deskriptor
1	kritéria jsou stejně významná
1/3	kritérium ve sloupci je trochu významnější než v řádku
1/5	kritérium ve sloupci je dosti významnější než v řádku
1/7	kritérium ve sloupci je prokazatelně významnější než v řádku
1/9	kritérium ve sloupci je absolutně významnější než v řádku

Zdroj: Zpracováno dle [8]

V následující tabulce je přehled vybraných kritérií a k nim přiřazeno pořadí, pro která je pomocí Saatyho metody hledaná jednotlivá váha kritérií. Podle těchto kritérií budou hodnoceny varianty tepelných izolací.

Tabulka 9: Přřazená pořadí kritériím

Pořadí	Kritérium
1	Reakce na oheň
2	Faktor difúzního odporu
3	Tepelná vodivost
4	Odolnost proti škúdcům a plísním
5	Likvidace
6	Výroba a její vliv na živ. prostředí
7	Objemová hmotnost
8	Montáž
9	Cena
10	Dostupnost materiálu

Zdroj: Vlastní zpracování

V tabulce níže je výsledná Saatyho matice po provedení párového srovnání kritérií a na základě něj přiřazení bodů. Geometrickým průměrem dojdeme až k normované váhy a podle jejich velikosti lze určit pořadí důležitosti kritérií. Normované váhy jsou důležitým podkladem pro vícekritériální analýzy, určují důležitost jednotlivých kritérií.

Tabulka 10: Saatyho matice relativních důležitostí kritérií

Kritéria	Saatyho matice										Geometr. průměr	Norm. váha	Pořadí důležitosti
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	1	3	1/3	5	5	3	7	7	5	5	3,136	0,218	2
2	1/3	1	1/7	5	5	3	5	3	3	1/5	1,415	0,098	5
3	3	7	1	5	7	1	7	7	5	1	3,354	0,233	1
4	1/5	1/5	1/5	1	1/3	1/7	3	3	3	1/3	0,567	0,039	7
5	1/5	1/5	1/7	3	1	1	5	5	1	1/5	0,782	0,054	6
6	1/3	1/3	1	7	1	1	9	5	5	1	1,676	0,116	4
7	1/7	1/5	1/7	1/3	1/5	1/9	1	1/3	1/5	1/9	0,216	0,015	10
8	1/7	1/3	1/7	1/3	1/5	1/5	3	1	1	1/7	0,362	0,025	9
9	1/5	1/3	1/5	1/3	1	1/5	5	1	1	1/7	0,479	0,033	8
10	1/5	5	1	3	5	1	9	7	7	1	2,410	0,167	3
Σ											14,397	1,000	

Zdroj: Vlastní zpracování

Z normované váhy je zřetelné, že kritérium Tepelné vodivosti je výrazně nejdůležitějším faktorem pro výběr tepelné izolace, to není nic překvapivého. Na pomyslném stupínku vítězů stojí i kritérium č. 1 Reakce na oheň a č. 9 Cena.

Jako nejméně důležitým kritériím ze Saatyho metody vyšla Objemová váha izolačního materiálu a Montáž. Tato skutečnost je z velké části ovlivněna způsobem umístění tepelné izolace, a to jako tepelná izolace v kontaktním zateplovacím systému. Kdyby byly materiály hodnoceny pro jiné využití např. střešní zateplení nebo podlahová izolace měli by tyto parametry pravděpodobně daleko vyšší vliv a tedy i normovanou váhu.

Dále hodnocení ovlivnila úvaha hodnotitele, který upřednostnil parametry ovlivňující celý životní cyklus stavby před kritérii ovlivňující pouze činnosti při realizaci zateplení.

8 Vícekritériální analýza

V této kapitole je pomocí vybraných vícekritériálních metod zjišťována nejlepší varianta tepelné izolace pro využití v kontaktním zateplovacím systému.

8.1 Metoda váženého pořadí

Tuto metodu lze na soubor zvolených kritérií dobře použít. Kritéria jsou z poloviny kvalitativní povahy a u kvantitativních nejsou mezi hodnotami velké rozdíly, resp. hodnoty lze za sebou seřadit bez větších hodnotových skoků. Metoda je vysvětlena v podkapitole 2.1.

8.1.1 Dílčí hodnocení variant vzhledem ke kritériu

V tabulkách jsou varianty ohodnoceny vzhledem k jednotlivým kritériím. Písmeno m ve vzorci vyjadřuje počet variant, tedy v tomto případě 5. Váhy kritérií byly vypočteny v předchozí kapitole. V tabulkách jsou již připravené hodnoty po zohlednění váhy daného kritéria, protože budou dále využity do váženého součtu.

Váha kritéria pro kritérium č. 1 Reakce na oheň je 0,218.

Tabulka 11: Dílčí hodnocení váženého pořadí varianty č. 1

Reakce na oheň					
$h_j^i = m + 1 - p_j^i$					
Varianta	m.j.	Hodnota	p_j^i	h_j^i	* váha kritéria
EPS	-	E	4,5	1,5	0,3267
Minerální vata	-	A1	1,0	5,0	1,0890
Fenolická pěna	-	C	3,0	3,0	0,6534
Konopí	-	E	4,5	1,5	0,3267
Korek	-	B2	2,0	4,0	0,8712

Zdroj: Vlastní zpracování

Váha kritéria č. 2 Faktor difúzního odporu je 0,098.

Tabulka 12: Dílčí hodnocení váženého pořadí varianty č. 2

Faktor difúzního odporu					
$h_j^i = m + 1 - p_j^i$					
Varianta	m.j.	Hodnota	p_j^i	h_j^i	* váha kritéria
EPS	-	30-70	5,0	1,0	0,0983
Minerální vata	-	1	1,0	5,0	0,4914
Fenolická pěna	-	35	4,0	2,0	0,1965
Konopí	-	1,8	2,0	4,0	0,3931
Korek	-	2-8	3,0	3,0	0,2948

Zdroj: Vlastní zpracování

Váha kritéria č. 3 Součinitel tepelné vodivosti je 0,233.

Tabulka 13: Dílčí hodnocení váženého pořadí varianty č. 3

Tepelná vodivost					
$h_j^i = m + 1 - p_j^i$					
Varianta	m.j.	Hodnota	p_j^i	h_j^i	* váha kritéria
EPS	W/(m*K)	0,037	3,5	2,5	0,5824
Minerální vata	W/(m*K)	0,037	3,5	2,5	0,5824
Fenolická pěna	W/(m*K)	0,02	1,0	5,0	1,1648
Konopí	W/(m*K)	0,041	5,0	1,0	0,2330
Korek	W/(m*K)	0,036	2,0	4,0	0,9318

Zdroj: Vlastní zpracování

Váha kritéria č. 4 Odolnost proti škůdcům a plísním je 0,039.

Tabulka 14: Dílčí hodnocení váženého pořadí varianty č. 4

Odolnost proti škůdcům a plísním					
$h_j^i = m + 1 - p_j^i$					
Varianta	m.j.	Hodnota	p_j^i	h_j^i	* váha kritéria
EPS	-	výborně	1,5	4,5	0,1772
Minerální vata	-	velmi dobře	4,0	2,0	0,0788
Fenolická pěna	-	výborně	1,5	4,5	0,1772
Konopí	-	velmi dobře	4,0	2,0	0,0788
Korek	-	velmi dobře	4,0	2,0	0,0788

Zdroj: Vlastní zpracování

Váha kritéria č. 5 Likvidace je 0,054.

Tabulka 15: Dílčí hodnocení váženého pořadí varianty č. 5

Likvidace					
$h_j^i = m + 1 - p_j^i$					
Varianta	m.j.	Hodnota	p_j^i	h_j^i	* váha kritéria
EPS	-	skládka	4,5	1,5	0,0815
Minerální vata	-	skládka	4,5	1,5	0,0815
Fenolická pěna	-	skládka, částečně recyklovatelné	3,0	3,0	0,1630
Konopí	-	palivo	2,0	4,0	0,2173
Korek	-	recyklace, tlení, palivo, spálení	1,0	5,0	0,2716

Zdroj: Vlastní zpracování

Váha kritéria č. 6 Výroba a její vliv na životní prostředí je 0,116.

Tabulka 16: Dílčí hodnocení váženého pořadí varianty č. 6

Výroba a její vliv na živ. prostředí					
$h_j^i = m + 1 - p_j^i$					
Varianta	m.j.	Hodnota	p_j^i	h_j^i	* váha kritéria
EPS	kgCO2 ekv/kg	3,35	5,0	1,0	0,1164
Minerální vata	kgCO2 ekv/kg	1,64	3,0	3,0	0,3493
Fenolická pěna	kgCO2 ekv/kg	3,00	4,0	2,0	0,2328
Konopí	kgCO2 ekv/kg	-0,133	2,0	4,0	0,4657
Korek	kgCO2 ekv/kg	-1,23	1,0	5,0	0,5821

Zdroj: Vlastní zpracování

Váha kritéria č. 7 Objemová hmotnost je 0,015.

Tabulka 17: Dílčí hodnocení váženého pořadí varianty č. 7

Objemová hmotnost					
$h_j^i = m + 1 - p_j^i$					
Varianta	m.j.	Hodnota	p_j^i	h_j^i	* váha kritéria
EPS	kg/m3	18-20	1,0	5,0	0,0751
Minerální vata	kg/m3	80-150	4,5	1,5	0,0225
Fenolická pěna	kg/m3	35	2,0	4,0	0,0601
Konopí	kg/m3	100	3,0	3,0	0,0451
Korek	kg/m3	105-125	4,5	1,5	0,0225

Zdroj: Vlastní zpracování

Váha kritéria č. 8 Montáž je 0,025.

Tabulka 18: Dílčí hodnocení váženého pořadí varianty č. 8

Montáž					
$h_j^i = m + 1 - p_j^i$					
Varianta	m.j.	Hodnota	p_j^i	h_j^i	* váha kritéria
EPS	-	výborně	1,5	4,5	0,1132
Minerální vata	-	velmi dobře	3,0	3,0	0,0755
Fenolická pěna	-	výborně	1,5	4,5	0,1132
Konopí	-	dobře	4,5	1,5	0,0377
Korek	-	dobře	4,5	1,5	0,0377

Zdroj: Vlastní zpracování

Váha kritéria č. 9 Dostupnost materiálu je 0,033.

Tabulka 19: Dílčí hodnocení váženého pořadí varianty č. 9

Dostupnost materiálu					
$h_j^i = m + 1 - p_j^i$					
Varianta	m.j.	Hodnota	p_j^i	h_j^i	* váha kritéria
EPS	-	výborně	1,5	4,5	0,1497
Minerální vata	-	výborně	1,5	4,5	0,1497
Fenolická pěna	-	velmi dobře	3,0	3,0	0,0998
Konopí	-	dobře	4,0	2,0	0,0665
Korek	-	uspokojivě	5,0	1,0	0,0333

Zdroj: Vlastní zpracování

Váha kritéria č. 10 Cena je 0,167.

Tabulka 20: Dílčí hodnocení váženého pořadí varianty č. 10

Cena					
$h_j^i = m + 1 - p_j^i$					
Varianta	m.j.	Hodnota	p_j^i	h_j^i	* váha kritéria
EPS	Kč/m ³	2 450	1,0	5,0	0,8370
Minerální vata	Kč/m ³	2 640	2,0	4,0	0,6696
Fenolická pěna	Kč/m ³	11 214	5,0	1,0	0,1674
Konopí	Kč/m ³	7 000	3,0	3,0	0,5022
Korek	Kč/m ³	9 900	4,0	2,0	0,3348

Zdroj: Vlastní zpracování

V následující tabulce jsou uvedena přiřazená pořadí v jednotlivých kritériích pro každou variantu.

Tabulka 21: Přiřazená pořadí variantám v jednotlivých kritériích

Varianta	Přiřazená pořadí variantám v jednotlivých kritériích									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EPS	4,5	5,0	3,5	1,5	4,5	5,0	1,0	1,5	1,5	1,0
Minerální vata	1,0	1,0	3,5	4,0	4,5	3,0	4,5	3,0	1,5	2,0
Fenolická pěna	3,0	4,0	1,0	1,5	3,0	4,0	2,0	1,5	3,0	5,0
Konopí	4,5	2,0	5,0	4,0	2,0	2,0	3,0	4,5	4,0	3,0
Korek	2,0	3,0	2,0	4,0	1,0	1,0	4,5	4,5	5,0	4,0

Zdroj: Vlastní zpracování

V tabulce níže jsou uvedena dílčí hodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím.

Tabulka 22: Dílčí hodnocení variant v jednotlivých kritériích

Varianta	Dílčí ohodnocení variant v jednotlivých kritériích									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EPS	1,5	1,0	2,5	4,5	1,5	1,0	5,0	4,5	4,5	5,0
Minerální vata	5,0	5,0	2,5	2,0	1,5	3,0	1,5	3,0	4,5	4,0
Fenolická pěna	3,0	2,0	5,0	4,5	3,0	2,0	4,0	4,5	3,0	1,0
Konopí	1,5	4,0	1,0	2,0	4,0	4,0	3,0	1,5	2,0	3,0
Korek	4,0	3,0	4,0	2,0	5,0	5,0	1,5	1,5	1,0	2,0
Váha kritéria	0,218	0,098	0,233	0,039	0,054	0,116	0,015	0,025	0,033	0,167

Zdroj: Vlastní zpracování

8.1.2 Celkové hodnocení variant

Pro celkové hodnocení variant je využit vážený součet dílčích hodnocení v jednotlivých kritériích s ohledem na váhu kritéria. V dílčích tabulkách jsou pro výpočet připravené jednotlivé dílčí ohodnocení vynásobená váhou kritéria. V následující tabulce jsou hodnoty vypsány a následně sečteny, podle výše hodnocení varianty je určeno pořadí variant.

Tabulka 23: Celkové hodnocení metody váženého pořadí

Varianta	Dílčí ohodnocená varianty * váha kritéria										Hodnocení variant	Pořadí variant
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
EPS	0,3267	0,0983	0,5824	0,1772	0,0815	0,1164	0,0751	0,1132	0,1497	0,8370	2,558	4
Minerální vata	1,0890	0,4914	0,5824	0,0788	0,0815	0,3493	0,0225	0,0755	0,1497	0,6696	3,590	1
Fenolická pěna	0,6534	0,1965	1,1648	0,1772	0,1630	0,2328	0,0601	0,1132	0,0998	0,1674	3,028	3
Konopí	0,3267	0,3931	0,2330	0,0788	0,2173	0,4657	0,0451	0,0377	0,0665	0,5022	2,366	5
Korek	0,8712	0,2948	0,9318	0,0788	0,2716	0,5821	0,0225	0,0377	0,0333	0,3348	3,459	2
	Σ										15	

Zdroj: Vlastní zpracování

8.1.3 Zhodnocení metody váženého pořadí

Pořadí variant na základě vícekritériální metodou váženého pořadí jsou vidět v tabulce výše, kdy varianta s nejvyšší hodnotou je minerální vata. Jako druhý v pořadí vyšel organický materiál korek. Pak následují oba zbývající anorganické materiály fenolická pěna a EPS. S nejnižší hodnotou a tedy na posledním místě vyšla varianta konopí.

Při zkoumání číselného vyjádření hodnocení variant je zjevné, že minerální vata je sice na prvním místě v pořadí, ale korek má hodnocení jen nepatrně nižší.

8.2 Metoda lineárních dílčích funkcí užitku

Tato metoda je pro zvolený soubor kritérií méně vhodná, než zbylé dvě použité metody, hodí se více na soubor kritérií složený z převážně kvantitativních. Ale není zcela nevhodná, vzhledem k poměru kvalitativních a kvantitativních kritérií. Metoda je vysvětlena v podkapitole 2.2.

8.2.1 Dílčí hodnocení variant vzhledem ke kritériím

Zvolená bodová stupnice pro kritéria je 1-10, kdy bodová hranice 1 náleží nejhorší hodnotě a bodů 10 má nejlepší hodnota z variant.

Předpokladem u kvantitativních kritérií je, že dolní i horní hranici dílčích definičních oborů určují nejhorší x_i^0 a nejlepší x_i^* hodnoty jednotlivých kritérií ve sledovaném souboru variant. V tabulkách níže jsou vyjádřeny jednotlivá dílčí hodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím, podle uvedeného vztahu níže, který je v kapitole 2.2 podrobněji vysvětlen.

$$h_i^j = \frac{x_i^j - x_i^0}{x_i^* - x_i^0} \quad (6)$$

Kritérium č. 1 Reakce na oheň je kvalitativního charakteru, proto jsou body přímo přiřazeny ze stupnice 1-10. Váha kritéria pro kritérium č. 1 Reakce na oheň je 0,218.

Tabulka 24: Lineární dílčí funkce užitku vzhledem ke kritériu č. 1

Reakce na oheň					
Varianta	m.j.	Hodnota	Dílčí ohodnocení variant	Normovaná váha	* váha kritéria
EPS	-	E	2,00	0,08	0,0168
Minerální vata	-	A1	10,00	0,38	0,0838
Fenolická pěna	-	C	5,00	0,19	0,0419
Konopí	-	E	2,00	0,08	0,0168
Korek	-	B2	7,00	0,27	0,0586
Σ			26,00	1,00	

Zdroj: Vlastní zpracování

Kritérium č. 2 Faktor difúzního odporu je kritérium kvantitativní, dílčí hodnocení je určeno pomocí vztahu uvedeného v úvodu podkapitoly. Hodnoty variant, které byly určeny rozmezím, jsou převedeny aritmetickým průměrem z krajních hodnot na zastupující hodnotu. Váha kritéria č. 2 Faktor difúzního odporu je 0,098.

Tabulka 25: Lineární dílčí funkce užitku vzhledem ke kritériu č. 2

x_i^0	x_i^*
50	1

Faktor difúzního odporu					
Varianta	m.j.	Hodnota	Dílčí ohodnocení variant	Normovaná váha	* váha kritéria
EPS	-	50	0,00	0,00	0,0000
Minerální vata	-	1	1,00	0,31	0,0679
Fenolická pěna	-	35	0,31	0,10	0,0208
Konopí	-	1,8	0,98	0,31	0,0668
Korek	-	5	0,92	0,29	0,0623
Σ			3,21	1,00	

Zdroj: Vlastní zpracování

Tepelná vodivost kritérium č. 3 je kvantitativní povahy, proto je určeno pomocí vztahu uvedeného v úvodu podkapitoly. Váha kritéria č. 3 Součinitel tepelné vodivosti je 0,233.

Tabulka 26: Lineární dílčí funkce užitku vzhledem ke kritériu č. 3

x_i^0	x_i^*
0,041	0,02

Tepelná vodivost					
Varianta	m.j.	Hodnota	Dílčí ohodnocení variant	Normovaná váha	* váha kritéria
EPS	W/(m*K)	0,037	0,19	0,12	0,0256
Minerální vata	W/(m*K)	0,037	0,19	0,12	0,0256
Fenolická pěna	W/(m*K)	0,02	1,00	0,62	0,1345
Konopí	W/(m*K)	0,041	0,00	0,00	0,0000
Korek	W/(m*K)	0,036	0,24	0,15	0,0320
Σ			1,62	1,00	

Zdroj: Vlastní zpracování

Kritérium č. 4 Odolnost proti škůdcům a plísním patří do skupiny kvalitativních kritérií, proto jsou body přímo přiřazeny ze stupnice 1-10. Váha kritéria č. 4 Odolnost proti škůdcům a plísním je 0,039.

Tabulka 27: Lineární dílčí funkce užítku vzhledem ke kritériu č. 4

Odolnost proti škůdcům a plísním					
Varianta	m.j.	Hodnota	Dílčí ohodnocení variant	Normovaná váha	* váha kritéria
EPS	-	výborně	10,00	0,23	0,0495
Minerální vata	-	velmi dobře	8,00	0,18	0,0396
Fenolická pěna	-	výborně	10,00	0,23	0,0495
Konopí	-	velmi dobře	8,00	0,18	0,0396
Korek	-	velmi dobře	8,00	0,18	0,0396
Σ			44,00	1,00	

Zdroj: Vlastní zpracování

Kritérium č. 5 Likvidace je kvalitativního charakteru, proto jsou body přímo přiřazeny ze stupnice 1-10. Váha kritéria č. 5 Likvidace je 0,054.

Tabulka 28: Lineární dílčí funkce užítku vzhledem ke kritériu č. 5

Likvidace					
Varianta	m.j.	Hodnota	Dílčí ohodnocení variant	Normovaná váha	* váha kritéria
EPS	-	skládka	1,0	0,05	0,0026
Minerální vata	-	skládka	1,0	0,05	0,0026
Fenolická pěna	-	skládka, částečně recyklovatelné	3,0	0,14	0,0078
Konopí	-	palivo	6,0	0,29	0,0155
Korek	-	recyklace, tlení, palivo, spálení	10,0	0,48	0,0259
Σ			21,00	1,00	

Zdroj: Vlastní zpracování

Kritérium č. 6 Výroba a její vliv na životní prostředí je vyjádřeno kvantitativně, a proto bude použit vzorec pro výpočet dílčího hodnocení variant. Váha kritéria č. 6 Výroba a její vliv na životní prostředí je 0,116.

Tabulka 29: Lineární dílčí funkce užitku vzhledem ke kritériu č. 6

x_i^0	x_i^*				
3,35	-1,23				
Výroba a její vliv na živ. prostředí					
Varianta	m.j.	Hodnota	Dílčí ohodnocení variant	Normovaná váha	* váha kritéria
EPS	kgCO2 ekv/kg	3,35	0,00	0,00	0,0000
Minerální vata	kgCO2 ekv/kg	1,64	0,37	0,17	0,0197
Fenolická pěna	kgCO2 ekv/kg	3,00	0,08	0,03	0,0040
Konopí	kgCO2 ekv/kg	-0,133	0,76	0,34	0,0401
Korek	kgCO2 ekv/kg	-1,23	1,00	0,45	0,0527
Σ			2,21	1,00	

Zdroj: Vlastní zpracování

Kritérium č. 7 Objemová hmotnost je také kvantitativní kritérium. Hodnoty variant, které byly určeny rozmezím, jsou převedeny aritmetickým průměr z krajních hodnot na zastupující hodnotu. Váha kritéria č. 7 Objemová hmotnost je 0,015.

Tabulka 30: Lineární dílčí funkce užitku vzhledem ke kritériu č. 7

x_i^0	x_i^*				
115	19				
Objemová hmotnost					
Varianta	m.j.	Hodnota	Dílčí ohodnocení variant	Normovaná váha	* váha kritéria
EPS	kg/m3	19	1,00	0,50	0,0076
Minerální vata	kg/m3	115	0,00	0,00	0,0000
Fenolická pěna	kg/m3	35	0,83	0,42	0,0063
Konopí	kg/m3	100	0,16	0,08	0,0012
Korek	kg/m3	115	0,00	0,00	0,0000
Σ			1,99	1,00	

Zdroj: Vlastní zpracování

Kritérium Montáž, v pořadí č. 8 je kvalitativního charakteru, proto je hodnoceno body z bodové stupnice. Váha kritéria č. 8 Montáž je 0,025.

Tabulka 31: Lineární dílčí funkce užitku vzhledem ke kritériu č. 8

Montáž					
Varianta	m.j.	Hodnota	Dílčí ohodnocení variant	Normovaná váha	* váha kritéria
EPS	-	výborně	10,0	0,26	0,0066
Minerální vata	-	velmi dobře	8,0	0,21	0,0053
Fenolická pěna	-	výborně	10,0	0,26	0,0066
Konopí	-	dobře	5,0	0,13	0,0033
Korek	-	dobře	5,0	0,13	0,0033
			Σ	38,00	1,00

Zdroj: Vlastní zpracování

Kritérium č. 9 Dostupnost materiálu je také kvalitativního charakteru jako předchozí kritérium, proto je hodnoceno body z bodové stupnice. Váha kritéria č. 9 Dostupnost materiálu je 0,033.

Tabulka 32: Lineární dílčí funkce užitku vzhledem ke kritériu č. 9

Dostupnost materiálu					
Varianta	m.j.	Hodnota	Dílčí ohodnocení variant	Normovaná váha	* váha kritéria
EPS	-	výborně	10,0	0,29	0,0095
Minerální vata	-	výborně	10,0	0,29	0,0095
Fenolická pěna	-	velmi dobře	8,0	0,23	0,0076
Konopí	-	dobře	5,0	0,14	0,0048
Korek	-	uspokojivě	2,0	0,06	0,0019
			Σ	35,00	1,00

Zdroj: Vlastní zpracování

Kritérium č. 10 Cena je vyjádřeno kvantitativně, a proto bude použit vzorec pro výpočet dílčího hodnocení variant. Váha kritéria č. 10 Cena je 0,167.

Tabulka 33: Lineární dílčí funkce užitku vzhledem ke kritériu č. 10

x_i^0	x_i^*	Cena			
11 214	2 450				
Varianta	m.j.	Hodnota	Dílčí ohodnocení variant	Normovaná váha	* váha kritéria
EPS	Kč/m ³	2 450	1,00	0,38	0,0642
Minerální vata	Kč/m ³	2 640	0,98	0,37	0,0628
Fenolická pěna	Kč/m ³	11 214	0,00	0,00	0,0000
Konopí	Kč/m ³	7 000	0,48	0,18	0,0309
Korek	Kč/m ³	9 900	0,15	0,06	0,0096
		Σ	2,61	1,00	

Zdroj: Vlastní zpracování

8.2.2 Celkové hodnocení variant

Celkové hodnocení každé varianty nyní stanovíme jako vážené součty dílčích normovaných ohodnocení přes všechna kritéria.

V tabulce níže jsou vypsána normovaná dílčí hodnocení variant již v násobku s váhou jednotlivého kritéria. Z nich je vypočteno hodnocení každé varianty a následně jejich pořadí.

Tabulka 34: Celkové ohodnocení variant metodou lineárních dílčích funkcí užítku

Varianta	Dílčí ohodnocená varianty * váha kritéria										Hodnocení variant	Pořadí variant
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
EPS	0,0168	0,0000	0,0256	0,0495	0,0026	0,0000	0,0076	0,0066	0,0095	0,0642	0,182	5
Minerální vata	0,0838	0,0679	0,0256	0,0396	0,0026	0,0197	0,0000	0,0053	0,0095	0,0628	0,317	1
Fenolická pěna	0,0419	0,0208	0,1345	0,0495	0,0078	0,0040	0,0063	0,0066	0,0076	0,0000	0,279	3
Konopí	0,0168	0,0668	0,0000	0,0396	0,0155	0,0401	0,0012	0,0033	0,0048	0,0309	0,219	4
Korek	0,0586	0,0623	0,0320	0,0396	0,0259	0,0527	0,0000	0,0033	0,0019	0,0096	0,286	2
	Σ										1	

Zdroj: Vlastní zpracování

8.2.3 Zhodnocení metody lineárních dílčích funkcí užítku

Výsledné pořadí pomocí metody lineárních dílčích funkcí užítku se příliš od pořadí určeným pomocí metody váženého pořadí neliší. Opět je vítěznou variantou minerální vata a na druhém místě je korek atd. Změna nastává u předposledního a posledního pořadí, kdy je polystyren na posledním a technické konopí se umístilo před ním.

8.3 Saatyho metoda

Pro vyhodnocení nejuvhodnější varianty byla jako poslední metoda použita Saatyho metoda neboli Metoda Analytického hierarchického procesu, podrobněji vysvětlena v kapitole 2.3. Bodové hodnocení pracuje na stejném principu jako už bylo uvedeno v Saatyho metodě využitou pro určení vah kritérií. Tedy obě tabulky s deskriptory platí i následujícím hodnocení. Váhy jednotlivých kritérií jsou určeny Saatyho metodou viz. předchozí kapitola.

Pro jednotlivá kritéria jsou níže vytvořeny Saatyho matice z kterých jsou stanovena dílčí hodnocení variant. Varianty jsou mezi sebou posuzovány dle uvedených vlastností, dle preferencí vhodnějšího použití.

Tabulka 35: Bodové hodnocení preferencí variant S

Počet bodů	Deskriptor
1	varianty jsou stejně preferované
3	variantu v řádku preferujeme trochu více než ve sloupci
5	variantu v řádku preferujeme o dost více než ve sloupci
7	variantu v řádku preferujeme prokazatelně více než ve sloupci
9	variantu v řádku preferujeme absolutně více než ve sloupci

Zdroj: Zpracováno dle [8]

Tabulka 36: Bodová hodnocení preferencí variant $1/S$

Počet bodů	Deskriptor
1	varianty jsou stejně preferované
1/3	variantu ve sloupci preferujeme trochu více než v řádku
1/5	variantu ve sloupci preferujeme o dost více než v řádku
1/7	variantu ve sloupci preferujeme prokazatelně více než v řádku
1/9	variantu ve sloupci preferujeme absolutně více než v řádku

Zdroj: Zpracováno dle [8]

8.3.1 Dílčí hodnocení variant vzhledem ke kritériu

V následující tabulce jsou shrnuty zastupující hodnoty kritérií jednotlivých variant resp. vstupní data pro Saatyho metodu.

U kvalitativních kritérií, resp. Montáži, Dostupnosti materiály a Odolnost proti škůdcům jsou kritéria hodnocena slovně jako při klasifikaci ve škole:

- výborně,
- velmi dobře,
- dobře,
- uspokojivě,
- vyhovující,
- nevyhovující.

Tabulka 37: Hodnoty variant vzhledem ke kritériím

Poř.	Kritérium	m.j.	EPS	Minerální vata	Fenolická pěna	Konopí	Korek
1	Reakce na oheň	-	E	A1	C	E	B2
2	Faktor difúzního odporu	-	30-70	1	35	1,8	2-8
3	Součinitel tepelné vodivosti	W/(m*K)	0,037	0,037	0,02	0,041	0,036
4	Odolnost proti škůdcům	-	výborně	velmi dobře	výborně	velmi dobře	velmi dobře
5	Likvidace	-	skládka	skládka	skládka, částečně recyklovatelné	palivo	recyklace, tlení, palivo, spálení
6	Výroba a její vliv na živ. prostředí	kgCO2 ekv/kg	3,35	1,64	3,00	-0,133	-1,23
7	Objemová hmotnost	kg/m3	18-20	80-150	35	100	105-125
8	Montáž (kotvení, řezání)	-	výborně	velmi dobře	výborně	dobře	dobře
9	Dostupnost	-	výborně	výborně	velmi dobře	dobře	uspokojivě
10	Cena	Kč/m3	2 450	2 640	11 214	7 000	9 900

Zdroj: Vlastní zpracování

Váha kritéria pro kritérium č. 1 Reakce na oheň je 0,218.

Tabulka 38: Saatyho matice dílčího hodnocení variant vzhledem ke kritériu č. 1

Reakce na oheň	Saatyho matice					Geometr. průměr	Norm. váha	* váha kritéria
	EPS	Minerální vata	Fenolická pěna	Konopí	Korek			
EPS	1	1/9	1/5	1	1/7	0,316	0,041	0,0089
Minerální vata	9	1	3	9	3	3,737	0,481	0,1047
Fenolická pěna	5	1/3	1	5	1/3	1,227	0,158	0,0344
Konopí	1	1/9	1/5	1	1/7	0,316	0,041	0,0089
Korek	7	1/3	3	7	1	2,178	0,280	0,0610
Σ						7,775	1,000	

Zdroj: Vlastní zpracování

Váha kritéria č. 2 Faktor difúzního odporu je 0,098.

Tabulka 39: Saatyho matice dílčího hodnocení variant vzhledem ke kritériu č. 2

Faktor difúzního odporu	Saatyho matice					Geometr. průměr	Norm. váha	* váha kritéria
	EPS	Minerální vata	Fenolická pěna	Konopí	Korek			
EPS	1	1/9	1/3	1/7	1/5	0,254	0,033	0,0032
Minerální vata	9	1	7	3	5	3,936	0,506	0,0497
Fenolická pěna	3	1/7	1	1/5	1/5	0,443	0,057	0,0056
Konopí	7	1/3	5	1	3	2,036	0,262	0,0257
Korek	5	1/5	5	1/3	1	1,108	0,142	0,0140
Σ						7,777	1,000	

Zdroj: Vlastní zpracování

Váha kritéria č. 3 Součinitel tepelné vodivosti je 0,233.

Tabulka 40: Saatyho matice dílčího hodnocení variant vzhledem ke kritériu č. 3

Součinitel tepelné vodivosti	Saatyho matice					Geometr. průměr	Norm. váha	* váha kritéria
	EPS	Minerální vata	Fenolická pěna	Konopí	Korek			
EPS	1	1	1/7	3	1	0,844	0,111	0,0258
Minerální vata	1	1	1/7	3	1	0,844	0,111	0,0258
Fenolická pěna	7	7	1	7	7	4,743	0,622	0,1449
Konopí	1/3	1/3	1/7	1	1/3	0,351	0,046	0,0107
Korek	1	1	1/7	3	1	0,844	0,111	0,0258
Σ						7,626	1,000	

Zdroj: Vlastní zpracování

Váha kritéria č. 4 Odolnost proti škůdcům a plísním je 0,039.

Tabulka 41: Saatyho matice dílčího hodnocení variant vzhledem ke kritériu č. 4

Odolnost proti škůdcům a plísním	Saatyho matice					Geometr. průměr	Norm. váha	* váha kritéria
	EPS	Minerální vata	Fenolická pěna	Konopí	Korek			
EPS	1	3	1	3	3	1,933	0,333	0,0131
Minerální vata	1/3	1	1/3	1	1	0,644	0,111	0,0044
Fenolická pěna	1	3	1	3	3	1,933	0,333	0,0131
Konopí	1/3	1	1/3	1	1	0,644	0,111	0,0044
Korek	1/3	1	1/3	1	1	0,644	0,111	0,0044
Σ						5,800	1,000	

Zdroj: Vlastní zpracování

Váha kritéria č. 5 Likvidace je 0,054.

Tabulka 42: Saatyho matice dílčího hodnocení variant vzhledem ke kritériu č. 5

Likvidace	Saatyho matice					Geometr. průměr	Norm. váha	* váha kritéria
	EPS	Minerální vata	Fenolická pěna	Konopí	Korek			
EPS	1	1	1/3	1/7	1/9	0,351	0,042	0,0023
Minerální vata	1	1	1/3	1/7	1/9	0,351	0,042	0,0023
Fenolická pěna	3	3	1	1/5	1/7	0,762	0,092	0,0050
Konopí	7	7	5	1	1/3	2,412	0,291	0,0158
Korek	9	9	7	3	1	4,427	0,533	0,0290
Σ						8,303	1,000	

Zdroj: Vlastní zpracování

Váha kritéria č. 6 Výroba a její vliv na životní prostředí je 0,116.

Tabulka 43: Saatyho matice dílčího hodnocení variant vzhledem ke kritériu č. 6

Výroba a její vliv na živ. prostředí	Saatyho matice					Geometr. průměr	Norm. váha	* váha kritéria
	EPS	Minerální vata	Fenolická pěna	Konopí	Korek			
EPS	1	1/5	1/3	1/7	1/9	0,254	0,033	0,0038
Minerální vata	5	1	5	1/3	1/5	1,108	0,142	0,0166
Fenolická pěna	3	1/5	1	1/5	1/7	0,443	0,057	0,0066
Konopí	7	3	5	1	1/3	2,036	0,262	0,0305
Korek	9	5	7	3	1	3,936	0,506	0,0589
Σ						7,777	1,000	

Zdroj: Vlastní zpracování

Váha kritéria č. 7 Objemová hmotnost je 0,015.

Tabulka 44: Saatyho matice dílčího hodnocení variant vzhledem ke kritériu č. 7

Objemová hmotnost	Saatyho matice					Geometr. průměr	Norm. váha	* váha kritéria
	EPS	Minerální vata	Fenolická pěna	Konopí	Korek			
EPS	1	7	3	7	7	4,004	0,528	0,0079
Minerální vata	1/7	1	1/5	1	1	0,491	0,065	0,0010
Fenolická pěna	1/3	5	1	5	5	2,108	0,278	0,0042
Konopí	1/7	1	1/5	1	1	0,491	0,065	0,0010
Korek	1/7	1	1/5	1	1	0,491	0,065	0,0010
Σ						7,586	1,000	

Zdroj: Vlastní zpracování

Váha kritéria č. 8 Montáž je 0,025.

Tabulka 45: Saatyho matice dílčího hodnocení variant vzhledem ke kritériu č. 8

Montáž	Saatyho matice					Geometr. průměr	Norm. váha	* váha kritéria
	EPS	Minerální vata	Fenolická pěna	Konopí	Korek			
EPS	1	3	1	5	5	2,371	0,360	0,0091
Minerální vata	1/3	1	1/3	3	3	1,000	0,152	0,0038
Fenolická pěna	1	3	1	5	5	2,371	0,360	0,0091
Konopí	1/5	1/3	1/5	1	1	0,422	0,064	0,0016
Korek	1/5	1/3	1/5	1	1	0,422	0,064	0,0016
Σ						6,586	1,000	

Zdroj: Vlastní zpracování

Váha kritéria č. 9 Dostupnost materiálu je 0,033.

Tabulka 46: Saatyho matice dílčího hodnocení variant vzhledem ke kritériu č. 9

Dostupnost materiálu	Saatyho matice					Geometr. průměr	Norm. váha	* váha kritéria
	EPS	Minerální vata	Fenolická pěna	Konopí	Korek			
EPS	1	1	3	5	7	2,537	0,364	0,0121
Minerální vata	1	1	3	5	7	2,537	0,364	0,0121
Fenolická pěna	1/3	1/3	1	3	5	1,108	0,159	0,0053
Konopí	1/5	1/5	1/3	1	3	0,525	0,075	0,0025
Korek	1/7	1/7	1/5	1/3	1	0,267	0,038	0,0013
Σ						6,973	1,000	

Zdroj: Vlastní zpracování

Váha kritéria č. 10 Cena je 0,167.

Tabulka 47: Saatyho matice dílčího hodnocení variant vzhledem ke kritériu č. 10

Cena	Saatyho matice					Geometr. průměr	Norm. váha	* váha kritéria
	EPS	Minerální vata	Fenolická pěna	Konopí	Korek			
EPS	1	3	9	5	7	3,936	0,494	0,0827
Minerální vata	1/3	1	7	5	7	2,412	0,303	0,0507
Fenolická pěna	1/9	1/7	1	1/5	1/3	0,254	0,032	0,0053
Konopí	1/5	1/5	5	1	3	0,903	0,113	0,0190
Korek	1/7	1/7	3	1/3	1	0,459	0,058	0,0097
						Σ	7,965	1,000

Zdroj: Vlastní zpracování

8.3.2 Celkové hodnocení variant

Celkové hodnocení je určeno stejně jako u jednoduchých metod stanovení hodnoty variant, tj. jako vážený součet dílčích hodnocení viz tabulka níže.

Tabulka 48: Celkové ohodnocení variant Saatyho metodou

Varianta	Normovaná váha varianty * váha kritéria										Hodnocení variant	Pořadí variant
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
EPS	0,0089	0,0032	0,0258	0,0131	0,0023	0,0038	0,0079	0,0091	0,0121	0,0827	0,169	4
Minerální vata	0,1047	0,0497	0,0258	0,0044	0,0023	0,0166	0,0010	0,0038	0,0121	0,0507	0,271	1
Fenolická pěna	0,0344	0,0056	0,1449	0,0131	0,0050	0,0066	0,0042	0,0091	0,0053	0,0053	0,233	2
Konopí	0,0089	0,0257	0,0107	0,0044	0,0158	0,0305	0,0010	0,0016	0,0025	0,0190	0,120	5
Korek	0,0610	0,0140	0,0258	0,0044	0,0290	0,0589	0,0010	0,0016	0,0013	0,0097	0,207	3
											Σ	1

Zdroj: Vlastní zpracování

8.3.3 Zhodnocení Saatyho metody

Ani u třetí metody se vítěz nemění, na prvním místě je opět minerální vata. Avšak druhé místo obsadila fenolická pěna. Na posledním místě je konopí stejně jako v metodě váženého pořadí.

8.4 Porovnání výsledků metod

V tabulce níže jsou vidět preferenční pořadí variant z použitých vícekritériálních metod.

Tabulka 49: Preferenční uspořádání variant podle jednotlivých metod

Varianta	Výsledné pořadí		
	Metoda váženého pořadí	Metoda lineárních dílčích funkcí užítka	Saatyho metoda
EPS	4	5	4
Minerální vata	1	1	1
Fenolická pěna	3	3	2
Konopí	5	4	5
Korek	2	2	3

Zdroj: Vlastní zpracování

Z tabulky je viditelné, že pořadí variant se na základě použité metody liší minimálně.

Tepelná izolace z minerální čedičové vaty je jasným vítězem vícekritériální analýzy pro použití do kontaktního zateplovacího systému. Výrobky z fenolické pěny a korku se umístily na střední hladině preference. S nejhorším preferenčním pořadím vyšla varianta EPS a konopí.

9 Vyhodnocení variant

V této kapitole dochází ke konečnému vyhodnocení výsledků získaných z vícekritériální analýzy. Výsledné pořadí variant je získáno pomocí váženého průměru na základě určených spolehlivostí metod.

Určená preference metod je:

- Metoda váženého pořadí 0,35
- Metoda lineárních dílčích funkcí užitku 0,2
- Saatyho metoda 0,45

Vyšší preference pro Saatyho metodu byla zvolena z důvodu vyšší spolehlivosti párového srovnání každé hodnoty vzhledem k jednotlivému kritériu, podrobnějšího hodnocení každého páru zvlášť. U zbylých dvou metod probíhalo hodnocení celého souboru najednou.

Metoda lineárních dílčích funkcí užitku má nejnižší hodnotu preference z důvodu, že pro soubor kritérií je méně vhodná, než zbylé dvě metody.

Tabulka 50: Výsledné pořadí variant

Varianta	Pořadí variant			Celkové pořadí	
	Metoda váženého pořadí	Metoda lineárních dílčích funkcí užitku	Saatyho metoda	Vážený průměr	Výsledné pořadí
EPS	4	5	4	4,20	4
Minerální vata	1	1	1	1,00	1
Fenolická pěna	3	3	2	2,55	3
Konopí	5	4	5	4,80	5
Korek	2	2	3	2,45	2

Preferenční váha	0,35	0,20	0,45
-------------------------	------	------	------

Zdroj: Vlastní zpracování

Na prvním místě je anorganický materiál, a to minerální čedičová vata. Na druhém místě se umístil organický materiál korek, avšak druhý zástupce organického materiálu je na posledním místě. Třetí a čtvrté místo patří polystyrenu a fenolické pěně.

Závěr

Hlavním cílem diplomové práce bylo porovnání tepelněizolačních materiálů vzhledem ke zvoleným kritériím a vyhodnotit, zda mohou alternativní tepelné izolace konkurovat těm nejčastěji používaným.

Z výsledků vícekritériálních metod v kapitole č. 9 je patrné, že anorganický materiál minerální čedičová vata na základě kritérií nemá ve zbývajících materiálech konkurenci. Což je dáno především výbornou reakcí na oheň a nízkou cenou oproti ostatním variantám.

Na druhém místě se však umístil organický materiál korek. Tento v celku překvapující výsledek by mohl zavdat důvod k diskuzi, zda není na místě s ohledem na udržitelný rozvoj přemýšlet v praxi také o jiných více ekologických variantách tepelné izolace. To především také proto, že tepelný izolant z korku vyšel v hodnocení hůře zejména kvůli jeho vysoké ceně a nedostupnosti na českém trhu, což by se při častějším používání v praxi změnilo a mohl by být pravděpodobně adekvátním konkurentem.

Na druhou stranu druhý zvolený organický materiál se umístil na posledním místě. Důvodem je nejhorší součinitel tepelné vodivosti a reakce na oheň mezi variantami i poměrně vysoká cena v porovnání s ostatními materiály, což byla tři kritéria s nejvyšší vahou významnosti.

Dalším překvapujícím výsledkem je umístění nejčastěji používaného materiálu polystyrenu, který se umístil na předposledním místě. Důvodem je zejména jeho vysoká hořlavost, špatná propustnost par a jeho nejhorší dopad na životní prostředí. Přesto je nejpoužívanějším tepelným izolantem na trhu, a to díky jeho nejnížší ceně a nízké váze. Na třetím místě v těsné blízkosti za korkem se umístil tepelný izolant z fenolické pěny. Jedná se o inovativní materiál s bezkonkurenčně nejlepším součinitelem tepelné vodivosti v porovnání s ostatními variantami. Jedná se však o velmi drahý materiál a jeho ekologický dopad není o mnoho lepší než u polystyrenu.

Na výsledné pořadí variant má velký vliv zohlednění environmentálního hlediska, pokud by výběr probíhal obdobně jako u většiny realizací v praxi, kdy je hlavním kritériem cena a ostatním kritériím je přisuzována výrazně nižší důležitost, neměly by organické výrobky oproti těm běžně používaným anorganickým vůbec šanci. Avšak společnost si stále více uvědomuje nutnost změny. Zejména mladá generace projevuje zájem o životní styl šetrný k přírodě, a na to developerské firmy reagují a zařazují ekologické prvky do stavebních záměrů.

Použitá literatura

Knížní zdroje a odborné časopisy

- [1] CHYBÍK, Josef. Přírodní stavební materiály [online].1. elektronické vydání. Praha: Grada, 2009. ISBN 8024725320;9788024725321;9788024791142;8024791145.
- [2] LINHART, Ladislav. Zateplování budov [online].1. elektronické vydání. Praha: Grada, 2010. ISBN 9788024783437;8024733617;8024783436;9788024733616.
- [3] VALDA, Vojtěch. Stavba domu svépomocí. V Praze: Venkovský dům, 2015. ISBN 9788090603103;8090603106
- [4] ŠÁLA, Jiří a Milan MACHATKA. Zateplování v praxi: provádění vnějších kontaktních zateplovacích systémů. 1. vyd. Praha: Grada, 2002. ISBN 9788024702247;802470224X
- [5] ŠUBRT, Roman. Tepelné izolace v otázkách a odpovědích. 2. dopl. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2008. ISBN 9788073002343;8073002345.
- [6] MIKULECKÁ, Kristýna a Radimír NOVOTNÝ. PŘEHLED TEPELNÝCH IZOLACÍ VE STAVEBNÍ PRAXI SE ZAMĚRNÍM NA NOVODOBÉ MATERIÁLY A JEJICH EKONOMICKÉ POSOUZENÍ. Mladá Veda. 2017, vol. 5, no. 10, s. 47-62
- [7] ŠÍPKOVÁ, Veronika. Stavební tepelné izolace pro svislé konstrukce. 1.vydání. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. 2014. ISBN: 978-80-248-3661-4 (brož.)
- [8] KADLČÁKOVÁ, Anna. Ekonomika ve stavebnictví 50: hodnotový management. Vyd. 1. Praha: ČVUT, 2002. ISBN 8001026051;9788001026052.
- [9] FOTR, Jiří a Lenka ŠVECOVÁ. Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje. Třetí, přepracované vydání. Praha: Ekopress, 2016. ISBN 978-80-87865-33-0.
- [10] BERAN, Václav. Základy teorie rozhodování: Aplikace ve stavebnictví. 1. vyd. Praha: Ediční středisko Českého vysokého učení technického, 1986
- [11] SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renata. BERAN, Václav. DLASK, Petr. Rozhodování (vstupní data, významnost kritérií, hodnocení variant). 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04982-2.
- [12] MÁRTON, Jan a Aleš BROTÁNEK. Stavby ze slaměných balíků: slaměné izolace v nízkoenergetických a pasivních domech, návrh staveb šetrných k životnímu prostředí, hliněné

omítky, ozeleněné střechy. 2., dopl. a aktualiz. vyd. Liberec: J. Márton, 2014. ISBN 9788026057130;8026057139.

Internetové zdroje

[17] SEDLÁČEK, Jiří. Přednosti vnitřního a venkovního zateplení. Tzbinfo. 27.2.2004 [online]. [cit. 2021-05-06]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/1840-prednosti-vnitriho-a-venkovniho-zatepleni>

[18] Dodatečné zateplování budov. FAST – Pozemní stavitelství IV. [online]. [cit. 2021-05-06]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/13.html>

[19] BARTOŠOVÁ, Daniela. Různé typy zateplení staveb. HOME. 8.6.2017. [online]. [cit. 2021-05-06]. Dostupné z: <https://homebydleni.cz/dum/stavebni-materialy/ruzne-typy-zatepleni-staveb/>

[20] Protipožární založení ETICS v oblasti soklu od HPI-CZ. 2.8.2017. [online]. [cit. 2021-05-06]. Dostupné z: https://www.imaterialy.cz/rubriky/informace-vyrobcu/protipozarni-zalozeni-etics-v-oblasti-soklu-od-hpi-cz_44915.html

[21] PÁROVÁ, Mária. KRATOCHVÍL, Václav. Aplikace fenolické pěny jako tepelné izolace v ETICS. Časopis stavebnictví [online]. 2020, 1. prosince 2020, 2020(11), 1 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-aplikace-fenolicke-peny-jako-tepelne-izolace-v-etics.html>

[22] Kingspan: Vysoce účinná izolace Kooltherm K5 Kontaktní fasádní deska [online]. 1 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.kingspan.com/cz/cs-cz/produkty/izolace/izolacni-desky/kooltherm-k5-kontaktni-fasadni-deska>

[23] Kooltherm K5. Zofi: Svět fasádních materiálů.[online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://eshop.zofi.cz/kooltherm-k5-izolacni-desky-z-fenolicke-peny/30mm-1200-x-400-mm/popis>

[24] Kingspan Kooltherm K5. DEK.[online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/obsah/technicka-podpora/kooltherm-k5-kingspan>

[25] Konopná izolace. [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <http://www.konopna-izolace.cz/>

- [26] Slovník: BiCo vlákno. Přírodní stavby. [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.prirodnistavba.cz/wordbook/bico-vlakno-7.html>
- [27] Termo konopí. [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.izolace-konopi.cz/katalog/5/konopi.html>
- [28] LOUKOTKA, Jan. Český Carapol s.r.o. – ETICS Capatect Eko – Line. Stavebnictví 3000. 4.1.2016. 2016 [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/cesky-caparol-s-r-o-etics-capatect-oko-line>
- [29] ŠÍPKOVÁ, Veronika. KORBELOVÁ, Šárka. LABUDEK, Michal. KRAUS Michal. Ekologická likvidace izolace a tloušťky izolací v modelové konstrukci dle norem. Izolace – info. 3.12.2015. 2015 [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/zateplovani-obecne-informace/20486-ekologicka-likvidace-izolace-a-tloustky-izolaci-v-modelove-konstrukci-dle-norem-a.html#.YGsW3OgzaUI>
- [30] Kopný – Beton.cz. [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.konopny-beton.cz/>
- [31] XPLD Expandovaná izolační korková deska. KOREK JELÍNEK, SPOL. S R.O. [online]. [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://korek-jelinek.cz/z4975-xpld-expandovana-izolacni-korkova-deska>
- [32] Tepelná a zvuková korková izolace. . KOREK JELÍNEK, SPOL. S R.O. [online]. [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <http://www.korek.cz/cs/clanky-a-galerie/clanky-navody/10-o-korkove-izolaci/12-tepelna-a-zvukova-korkova-izolace>
- [33] Korkové zateplovací obklady izolace z přírodního korku pro zdravé bydlení. Artstyle. . [online]. [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://www.artstyl.cz/korkova-fasadni-a-interierova-izolace/>
- [34] Co o korku možná nevíte. LIKOR s.r.o. 31.7.2015. [online]. [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://www.likor.cz/aktuality/topic/11-co-o-korku-mozna-nevite>
- [35] Tepelná a zvuková korková izolace. ASB. 31.10.2008. [online]. [cit. 2021-04-15]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/zatepleni/tepelna-azvukova-korkova-izolace>
- [36] Isover EPS 100F. Divize ISOVER, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s., [online]. [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-eps-100f>

- [37] RYDLO, Pavel. ZEMENE, Pavel. Vlastnosti a možnosti pěnového polystyrenu. Izolace.cz [online]. 6.2.2006 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://www.isolace.cz/clanky/vlastnosti-a-moznosti-penoveho-polystyrenu/>
- [38] Zateplení fasády pomocí kontaktního systému Etics. REALINVEST s.r.o. [online]. [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <http://zateplovani-fasadprostejovsweb.webmium.com/zateplovani-fasad>
- [39] Isover TF Profi. Divize ISOVER, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s., [online]. [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-tf-profi>
- [40] HANZELÍN, Pavel. Izolace a požární bezpečnost objektů. CJ izolace, s.r.o. [online]. [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: <http://www.tepelna-izolace.cz/izolace-a-pozarni-bezpecnost-objektu.html>
- [41] Výroba čedičové izolace. Divize ISOVER, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s., [online]. [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/aktuality/vyroba-cedicove-izolace>
- [42] DOLEŽEL, Michal. Co se starou minerální vlnou? Nejlepší je recyklace. ROCKWOOL. 12.11.2019. 2019. [online]. [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: <https://bydlenivevate.cz/recyklace/co-se-starou-mineralni-vlnou-nejlepsi-je-recyklace/>
- [43] Elektrická energie v celku. Skupina ČEZ – vzdělávání. [online]. [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vzdelavani-a-vyzkum>
- [44] ČERVINKOVÁ, Jana. EIA: Globální spotřeba energie se do roku 2050 zvýší o 50 %. Energetice.cz. [online]. 27.9.2019. 2019. [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/rychle-zpravy/eia-globalni-spotreba-energie-se-roku-2050-zvysi-50>
- [45] HEJTMÁNEK, Petr. NAJMANOVÁ, Hana. POKORNÝ, Marek. Vybrané požárně technické charakteristiky stavebních výrobků a hmot. tzbinfo.cz 25.1.2016. 2016. [online]. [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/13649-vybrane-pozarne-technicke-charakteristiky-stavebnich-vyrobku-a-hmot>
- [46] HALUZA, Miroslav. MACHÁČEK, Jan. Využití multikriteriální analýzy (MCA) pro hodnocení inteligentních elektroinstalací. 14.7.2011. [online]. [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/inteligentni-budovy/7651-vyuziti-multikriterialni-analyzy-mca-pro-hodnoceni-inteligentnich-elektroinstalaci>

[47] Kingspan Kooltherm K5. DEK. [online]. [cit. 2021-05-01]. Dostupné z:
https://www.dek.cz/produkty/detail/1421013026-kooltherm-k5-30mm-5-76m2-bal-nove?tab_id=popis

Ostatní zdroje

[48] Bezpečnostní list KOOLTHERM: Kingspan Isulation Continental Europe. Listopad 2014 první vydání. 2014.

[49] Brochure CZ Kooltherm K5: Kingspan Isulation Continental Europe. 03/2021 verze 1. 2021

[50] Doporučené skladby. OMEGA project s.r.o.

[51] Technický list výrobku: Canabest PANEL. Canabest s.r.o. 14.4.2009.

[52] Capatect: Tepelně izolační systémy (ETICS). Caparol. 2016

[53] Katalog-korkových izolací. Jelínek. 2016

[54] Technický list výrobku: Isover EPS 100F. ISOVER. 4.7.2019

[55] Fasádní zateplovací systém. Prospekt fasády ISOVER. Červenec 2020.

[56] Technický list výrobku: Isover TF Profi. ISOVER. 17.8.2020

[57] Katalog technických izolací- ISOVER. 08.2017

[58] ČSN EN 13501-1 +A1 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň

[59] Mobilní aplikace miMind – Easy Mind Mapping. Aktualizace 13.11.2020

Seznam tabulek

Tabulka 1: Saatym doporučená bodová stupnice s deskriptory	13
Tabulka 2: Přehled jednoduchých metod stanovení hodnoty variant.....	16
Tabulka 3: Klasifikace tříd reakce na oheň dle ČSN EN 13501-1 +A1	28
Tabulka 4: Určení ceny pro TF Profi	43
Tabulka 5: Určení ceny pro Canabest Panel	53
Tabulka 6: Určení ceny pro korkovou desku XPLD.....	58
Tabulka 7: Bodové hodnocení důležitostí kritérií S.....	59
Tabulka 8: Bodové hodnocení důležitostí kritérií 1/S.....	59
Tabulka 9: Přiřazená pořadí kritériím	60
Tabulka 10: Saatyho matice relativních důležitostí kritérií	60
Tabulka 11: Dílčí hodnocení váženého pořadí varianty č. 1	62
Tabulka 12: Dílčí hodnocení váženého pořadí varianty č. 2.....	63
Tabulka 13: Dílčí hodnocení váženého pořadí varianty č. 3.....	63
Tabulka 14: Dílčí hodnocení váženého pořadí varianty č. 4.....	63
Tabulka 15: Dílčí hodnocení váženého pořadí varianty č. 5.....	64
Tabulka 16: Dílčí hodnocení váženého pořadí varianty č. 6.....	64
Tabulka 17: Dílčí hodnocení váženého pořadí varianty č. 7.....	64
Tabulka 18: Dílčí hodnocení váženého pořadí varianty č. 8.....	65
Tabulka 19: Dílčí hodnocení váženého pořadí varianty č. 9.....	65
Tabulka 20: Dílčí hodnocení váženého pořadí varianty č. 10.....	65
Tabulka 21: Přiřazená pořadí variantám v jednotlivých kritériích.....	66
Tabulka 22: Dílčí hodnocení variant v jednotlivých kritériích	66
Tabulka 23: Celkové hodnocení metody váženého pořadí	67
Tabulka 24: Lineární dílčí funkce užítku vzhledem ke kritériu č. 1	68
Tabulka 25: Lineární dílčí funkce užítku vzhledem ke kritériu č. 2	69
Tabulka 26: Lineární dílčí funkce užítku vzhledem ke kritériu č. 3	69
Tabulka 27: Lineární dílčí funkce užítku vzhledem ke kritériu č. 4	70
Tabulka 28: Lineární dílčí funkce užítku vzhledem ke kritériu č. 5	70
Tabulka 29: Lineární dílčí funkce užítku vzhledem ke kritériu č. 6	71
Tabulka 30: Lineární dílčí funkce užítku vzhledem ke kritériu č. 7	71
Tabulka 31: Lineární dílčí funkce užítku vzhledem ke kritériu č. 8	72
Tabulka 32: Lineární dílčí funkce užítku vzhledem ke kritériu č. 9	72

Tabulka 33: Lineární dílčí funkce užitku vzhledem ke kritériu č. 10	73
Tabulka 34: Celkové ohodnocení variant metodou lineárních dílčích funkcí užitku.....	74
Tabulka 35: Bodové hodnocení preferencí variant S	75
Tabulka 36: Bodová hodnocení preferencí variant 1/S	75
Tabulka 37: Hodnoty variant vzhledem ke kritériím	76
Tabulka 38: Saatyho matice dílčího hodnocení variant vzhledem ke kritériu č. 1	77
Tabulka 39: Saatyho matice dílčího hodnocení variant vzhledem ke kritériu č. 2	77
Tabulka 40: Saatyho matice dílčího hodnocení variant vzhledem ke kritériu č. 3	77
Tabulka 41: Saatyho matice dílčího hodnocení variant vzhledem ke kritériu č. 4	78
Tabulka 42: Saatyho matice dílčího hodnocení variant vzhledem ke kritériu č. 5	78
Tabulka 43: Saatyho matice dílčího hodnocení variant vzhledem ke kritériu č. 6	78
Tabulka 44: Saatyho matice dílčího hodnocení variant vzhledem ke kritériu č. 7	79
Tabulka 45: Saatyho matice dílčího hodnocení variant vzhledem ke kritériu č. 8	79
Tabulka 46: Saatyho matice dílčího hodnocení variant vzhledem ke kritériu č. 9	79
Tabulka 47: Saatyho matice dílčího hodnocení variant vzhledem ke kritériu č. 10	80
Tabulka 48: Celkové ohodnocení variant Saatyho metodou.....	80
Tabulka 49: Preferenční uspořádání variant podle jednotlivých metod.....	81
Tabulka 50: Výsledné pořadí variant	82

Seznam grafů

Graf 1: Základní členění metod stanovení vah kritérií.....	11
Graf 2: Základní členění vícekritériálních metod.....	15
Graf 3: Větvený graf – kritéria hodnocení	26
Graf 4: Demografický vývoj spotřeby energie a produkce emisí CO ₂ v letech 1971–2050 ..	31

Seznam obrázků

Obrázek 1: Matice preferencí	13
Obrázek 2: Porovnání prostupu tepla konstrukcí zateplenou a nezateplenou	21
Obrázek 3: Montáž KZS - Příprava podkladu.....	32
Obrázek 4: Montáž KZS - Založení zateplení.....	33
Obrázek 5: Montáž KZS - Lepení desek	33
Obrázek 6: Montáž KZS - Kotvení hmoždinkami	34
Obrázek 7: Montáž KZS - Ochrana hran a izolace při montáži	34

Obrázek 8: Montáž KZS - Penetrace podkladu.....	35
Obrázek 9: Montáž KZS - Základní vrstva	35
Obrázek 10: Montáž KZS - Provádění povrchových úprav	36
Obrázek 11: EPS 100F od firmy Isover	37
Obrázek 12: Skladba ETICS s EPS.....	39
Obrázek 13: Čedičová vata TF Profi od firmy Isover	40
Obrázek 14: Skladba ETICS s minerální vlnou	42
Obrázek 15: Kooltherm K5	44
Obrázek 16: Skladba ETICS s použitím Kooltherm K5	46
Obrázek 17: Montáž tepelněizolačních desek z fenolické pěny	47
Obrázek 18: Konopné desky Canabest.....	49
Obrázek 19: Doporučená skladba pro KZS výrobcem OMEGA project s.r.o.	49
Obrázek 20: Fasádní systém Eco – Line	51
Obrázek 21: Ukázka realizace zateplení z technického konopí	52
Obrázek 22: XPLD, korkový dub, sklizená kůra	53
Obrázek 23: Sklizeň kůry dubu korkového.....	55
Obrázek 24: KZS s korkovými deskami od firmy Jelínek Group.....	56
Obrázek 25: Ukázka realizace korkové izolace	57

Seznam příloh

Příloha 1: Technický list - ISOVER EPS 100F.....	92
Příloha 2: Technický list - TF Profi	93
Příloha 3: Prohlášení o vlastnostech - Kooltherm K5	95
Příloha 4: Technický list - Canabest PANEL.....	96
Příloha 5: Technický list - XPLD expandovaná izolační korková deska.....	98

Isover EPS 100F

Fasádní desky z pěnového polystyrenu

CHARAKTERISTIKA VÝROBKU

EPS (pěnový polystyren) je lehká a tuhá organická pěna, která se široce používá v evropském stavebnictví, zejména jako tepelná izolace. Bílé izolační desky si v průběhu 50 let používání získaly na stavbách pro své výborné užitné vlastnosti pevné místo. Izolační desky EPS Isover jsou vyrobeny pomocí nejnovějších technologií bez obsahu CFC a HCFC (známé jako freony). Moderní technologie zajišťuje stálou kvalitu v minimální energetickou náročnost výroby, což deskám zajišťuje výborný poměr cena/výkon. Veškeré desky EPS Isover se vyrábějí v samozhášivém provedení se zvýšenou požární bezpečností.*

POUŽITÍ

Izolační desky Isover EPS 100F jsou určeny zejména pro fasádní zateplovací systémy ETICS se zvýšenými nároky na pevnost v tlaku a ostatní aplikace bez významných požadavků na zatížení tlakem (podlahy apod.). Desky jsou vhodné pro izolační vrstvy energeticky úsporných staveb (nizkoenergetické a pasivní domy) s běžnými tloušťkami izolace 200-500 mm. Zároveň se EPS 100F používá pro kvalitní zateplení stávajících staveb, např. v rámci programu Zelená úsporám. Při aplikaci je zcela nezbytné dodržet technologický postup konkrétního zateplovacího systému!

ROZMĚRY A BALENÍ

Tloušťka [mm]	30	50	60	80	100	120	140	160	180	200
Délka × šířka [mm]	1000 × 500									
Množství v balíku [ks]	16	10	8	6	5	4	3	3	2	2
Množství v balíku [m ²]	8,0	5,0	4,0	3,0	2,5	2,0	1,5	1,5	1,0	1,0
	0,240	0,250	0,240	0,240	0,250	0,240	0,210	0,240	0,180	0,200
Tepelný odpor R _p [m ² ·K·W ⁻¹]	0,80	1,35	1,60	2,15	2,70	3,20	3,75	4,30	4,85	5,40

Po dohodě lze dodat výrobky i v jiných tloušťkách a rozměrech.

HRANY

Desky jsou standardně opatřeny rovnou hranou, za příplatek je možno vytvoření polodrážky (do max. tl. 240 mm, krycí rozměry se zmenší o rozměr polodrážky, tj. 15 mm).

TECHNICKÉ PARAMETRY

Označení	Jednotka	Metodika	Hodnota	Kód značení
Geometrické vlastnosti				
Tolerance délky	[% , mm]	ČSN EN 822	±2 mm	Třída tolerance délky L2
Tolerance šířky	[% , mm]	ČSN EN 822	±2 mm	Třída tolerance šířky W2
Tolerance tloušťky	[% , mm]	ČSN EN 823	±1 mm	Třída tolerance tloušťky T1
Odchylna od pravouhlosti ve směru délky a šířky S _p	[mm·m ⁻¹]	ČSN EN 824	±2	Třída pravouhlosti S2
Odchylna od rovinnosti S _{max}	[mm]	ČSN EN 825	3	Třída rovinnosti P3
Relativní změna délky Δε _l , šířky Δε _b , tloušťky Δε _t	[%]	ČSN EN 1604	1	Rozměrová stabilita za určených teplotních a vlhkostních podmínek DS (70,90)1
			±0,2	Třída rozměrové stability za konstantních laboratorních podmínek DS(N)2
			1	Úroveň rozměrové stability za určených teplotních a vlhkostních podmínek DS (70,-)1
Tepelné technické vlastnosti				
Deklarovaný součinitel tepelné vodivosti λ _D ¹⁾	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	Deklarace dle ČSN EN 13163+A1 Měření dle ČSN EN 12667	0,037	
Návrhový součinitel tepelné vodivosti λ _v ²⁾	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	ČSN 73 0540-3	0,037	
Měrná tepelná kapacita c _p	[J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	ČSN 73 0540-3	1270	
Mechanické vlastnosti				
Napětí v tlaku při 10% deformaci σ ₁₀	[kPa]	ČSN EN 826	100	Úroveň napětí v tlaku při 10% deformaci CS(10)100
Trvalá zatížitelnost - napětí v tlaku při 2% deformaci pro dlouhodobé zatížení tlakem ³⁾	[kPa]		20	
Pevnost v tahu kolmo k rovině desky σ _{nt}	[kPa]	ČSN EN 1607	150	Úroveň pevnosti v tahu kolmo k rovině desky TRI50
Pevnost v ohybu σ _b	[kPa]	ČSN EN 12089	150	Úroveň pevnosti v ohybu BS150
Protipožární vlastnosti				
Třída reakce na oheň	[-]	ČSN EN 13501-1+A1	E**	
Nejvyšší provozní teplota	[°C]		80	
Vlhkostní vlastnosti				
Dlouhodobá nasákavost při částečném ponoření W _p	[kg·m ⁻²]	Deklarace dle ČSN EN 13163+A1 Měření dle ČSN EN 12087	0,5	Úroveň dlouhodobé nasákavosti při částečném ponoření WL(P)0,5
Dlouhodobá nasákavost při úplném ponoření W _t	[%]	ČSN EN 12087	5	Úroveň dlouhodobé nasákavosti při úplném ponoření WL(T)5
Faktor difuzního odporu μ	[-]	ČSN EN 13163+A1	30-70	Hodnota faktoru difuzního odporu MU70
Ostatní vlastnosti				
Objemová hmotnost	[kg·m ⁻³]	ČSN EN 1602	18-20***	

¹⁾ Deklarované hodnoty stanoveny ze souboru podmínek I (referenční teplota 10 °C, vlhkost u_{av} dosažená sušením) dle ČSN EN ISO 10456.

²⁾ Platí pro typické použití v konstrukcích s možným rizikem kondenzace. V případě konstrukce bez možného rizika kondenzace vlhkosti je možné použít deklarované hodnoty součinitele tepelné vodivosti.

³⁾ Pro zatížení menší možno deformaci lineárně interpolovat k nule.

* Samozhášivost EPS je zajištěna pomocí retardéru hoření na bázi polymeru. Izolační desky neobsahují HBCD. ** Pro požární bezpečnost staveb je rozhodující zařazení celých konstrukcí a systémů, EPS se nepoužívá bez nehořlavých krycích vrstev. *** Objemová hmotnost je pouze orientační a je určena především pro potřeby statiky a výpočtu požárního zatížení.

Pozn.: Konkrétní aplikace musí splňovat obecné požadavky technických podkladů Divize ISOVER, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s., platných technických norem a konkrétního projektu.

SOUVISEJÍCÍ DOKUMENTY

- Prohlášení o vlastnostech CZ0004-009
- ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, ISO 50001

4. 7. 2019 Uvedené informace jsou platné v době vydání technického listu. Výrobce si vyhrazuje právo tyto údaje měnit.



CHARAKTERISTIKA VÝROBKU

Izolační fasádní desky z čedičové minerální vlny, jejichž výroba je založena na metodě rozvláknování taveniny směsí hornin, recyklátu a dalších přísad. Vytvořená minerální vlákna se v rámci výrobní linky zpracují do finálního tvaru desek. Tyto desky jsou v celém objemu hydrofobizovány a mají převážně podélnou orientaci vláken k rovině stěny. Desky je nutné v konstrukci chránit vhodným způsobem (vrstvy kontaktního zateplovacího systému).

POUŽITÍ

Fasádní desky s podélným vláknem ISOVER TF Profi jsou vhodné do vnějších kontaktních zateplovacích systémů, kde se lepí a mechanicky kotví na dostatečně soudržný a pevný podklad stěny. Na desky se nanáší další vrstvy systému: tmel, výztužná mřížka, penetrace, omítkovina, nátěr. Lepení může být provedeno nanášením lepidla po obvodu desky a do terčů ve středu desky. Výrobky s podélnou orientací vláken nedoporučujeme v ploše brousit z důvodu narušení povrchu izolační desky. Obvyklý počet kotev je 5 až 6 ks/m², přesný počet kotev určí vždy projektant. Rozmístění kotev se provede podle doporučení výrobce zvoleného certifikovaného zateplovacího systému. Výrobek lze použít i do systémů se zápusnou montáží o min ø talířku 60 mm i bez přidavných talířů.

ROZMĚRY A BALENÍ

Tloušťka [mm]	20	30	40	50	60	70*	80	100	120	140	150	160	180	200	220	240	260*	280*	300*
Délka × šířka [mm]	1000 × 600																		
[ks]	12	8	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Množství v balíku [m ²]	7,20	4,80	2,40	2,40	1,80	1,80	1,80	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
[m ²]	0,144	0,144	0,096	0,120	0,108	0,126	0,144	0,120	0,144	0,168	0,180	0,192	0,108	0,120	0,132	0,144	0,156	0,168	0,180
Množství na paletě [m ²]	158,40	105,60	81,60	62,40	54,00	43,20	39,60	31,20	26,40	21,60	21,60	19,20	18,00	15,60	14,40	13,20	12,00	10,80	10,80
Teplotní odpor R _D [m ² ·K·W ⁻¹]	0,55	0,85	1,10	1,40	1,70	2,00	2,25	2,85	3,40	4,00	4,25	4,55	5,10	5,70	6,25	6,85	7,40	8,00	8,55

*Dodání nutno konzultovat s výrobcem.

TECHNICKÉ PARAMETRY

Označení	Jednotka	Metodika	Hodnota	Kód značení
Geometrické vlastnosti				
Délka <i>l</i>	[% , mm]	ČSN EN 823	±1 %	
Šířka <i>b</i>	[% , mm]	ČSN EN 822	±1,5 %	
Tloušťka <i>d</i>	[% , mm]	ČSN EN 822	-1 % nebo -1 mm ¹⁾ a +3 mm	Třída tolerance tloušťky T5
Odhylka od pravouhlosti ve směru délky a šířky S _D	[mm·m ⁻¹]	ČSN EN 824	4	
Odhylka od rovinnosti S _{max}	[mm]	ČSN EN 825	5	
Relativní změna délky Δε _l , šířky Δε _b , tloušťky Δε _d	[%]	ČSN EN 1604	1	Rozměrová stabilita za určených teplotních a vlhkostních podmínek DS(70,90)
Teplné technické vlastnosti				
Deklarovaný součinitel tepelné vodivosti λ _D ²⁾	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	Deklarace dle ČSN EN 13162+A1 Měření dle ČSN EN 12667	0,035	
Návrhový součinitel tepelné vodivosti λ _v ³⁾	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	ČSN 73 0540-3	0,037	
Měrná tepelná kapacita c _D	[J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	ČSN 73 0540-3	800	
Mechanické vlastnosti				
Napětí v tlaku při 10% deformaci σ ₁₀	[kPa]	Deklarace dle ČSN EN 826	30	Deklarovaná úroveň napětí v tlaku při 10% deformaci CS(10)30
Pevnost v tahu kolmo k rovině desky σ _{mt}	[kPa]	Deklarace dle ČSN EN 1607	10	Úroveň pevnosti v tahu kolmo k rovině desky TR10
Pevnost ve smyku	[kPa]	ČSN EN 13162+A1 Měření dle ČSN EN 12090	20 ⁵⁾	Úroveň pevnosti ve smyku SS20
Modul pružnosti ve smyku	[kPa]	Měření dle ČSN EN 12090	1000 ⁵⁾	
Protipožární vlastnosti				
Třída reakce na oheň	[-]	Deklarace dle ČSN EN 13501-1+A1	A1	
Nejvyšší provozní teplota	[°C]		200	
Bod tání t _f	[°C]	DIN 4102 díl 17	≥ 1000	
Vlhkostní vlastnosti				
Krátkodobá nasákavost W _p	[kg·m ⁻²]	Deklarace dle ČSN EN 13162+A1 Měření dle ČSN EN 1609	1	Deklarovaná úroveň krátkodobé nasákavosti WS
Dlouhodobá nasákavost při částečném ponoření W _p	[kg·m ⁻²]	Deklarace dle ČSN EN 13162+A1 Měření dle ČSN EN 12087	3	Deklarovaná úroveň dlouhodobé nasákavosti při částečném ponoření WL(P)
Faktor difuzního odporu μ	[-]	Deklarace dle ČSN EN 13162+A1 Měření dle ČSN EN 12086	1	Deklarovaná hodnota faktoru difuzního odporu MU1
Ostatní vlastnosti				
Objemová hmotnost	[kg·m ⁻³]	ČSN EN 1602	80-150 ⁴⁾	

¹⁾ Platí největší číselná hodnota tolerance.

²⁾ Deklarované hodnoty stanoveny ze souboru podmínek *l* (referenční teplota 10 °C, vlhkost *u_{dry}* dosažená sušením) dle ČSN EN ISO 10456.

³⁾ Platí pro typické použití v konstrukcích s možným rizikem kondenzace. V případě konstrukce bez možného rizika kondenzace vlhkosti je možné použít deklarované hodnoty součinitele tepelné vodivosti.

⁴⁾ Objemová hmotnost není konstantní a mění se s tloušťkou výrobku.

⁵⁾ Informativní nedeklarovaná hodnota nad rámec CPR, získaná konkrétními zkouškami.

SOUVISEJÍCÍ DOKUMENTY

- Prohlášení o vlastnostech CZ0001-022
- Environmentální prohlášení o produktu (EPD)
- Kvalitativní třída A
- Osvědčení o stálosti vlastností 1390-CPR-312/11/P
- ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 50001



TECHNICKÉ PARAMETRY

Označení	Jednotka	Metodika	Hodnota	Kód značení					
Akustické vlastnosti⁵⁾									
Praktický činitel zvukové pohltivosti α_p	[-]	ČSN EN 13162+A1	Úroveň praktického činitele zvukové pohltivosti		AP				
		ČSN EN ISO 11654							
		Měření dle ČSN EN ISO 354							
	Frekvence	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz		
Tloušťka	60 mm	0,30	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00		
	100 mm	0,55	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		
	140 mm	0,65	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00		
Vážený činitel zvukové pohltivosti α_w	[-]	ČSN EN ISO 11654 (pro NRC dle ASTM C423)	Úroveň váženého činitele zvukové pohltivosti		AW				
Sřední činitel pohltivosti α_{str}	Jednočíselné hodnoty		α_w	α_{str}	NCR				
Koefficient redukce hluku NRC	Tloušťka	60 mm	1,00	-	0,90				
		100 mm	1,00	-	1,00				
		140 mm	1,00	-	1,00				
Měrný odpor proti proudění vzduchu r	ČSN EN 13162+A1		Úroveň odporu proti proudění						
	[mm]	Měření dle ČSN EN ISO 9053-1	100	120 ⁶⁾	140 ⁶⁾	150 ⁶⁾	160	180 ⁶⁾	200 ⁶⁾
	[kPa·s·m ⁻²]		23,8	23,0	22,2	21,8	21,4	20,6	19,8
Dynamická tuhost s'	[MN·m ⁻³]	ČSN EN 13162+A1	Úroveň dynamické tuhosti				SD		
	[mm]		100	120 ⁶⁾	140 ⁶⁾	150 ⁶⁾	160	180 ⁶⁾	200 ⁶⁾
	[MN·m ⁻³]	Měřeno dle ČSN ISO 9052-1 (idt. EN 29052-1)	9,2	9,2	9,3	9,3	9,3	9,3	9,4
Environmentální vlastnosti / dopady									
Množství odpadu při výrobě ⁷⁾	[kg /FU ⁸⁾]	ČSN EN 15804+A1, ČSN ISO 14025	2,71	NHWD					
Celková spotřeba neobnovitelné primární energie a zdrojů při výrobě	[MJ /FU]	ČSN EN 15804+A1, ČSN ISO 14025	153	PENRT					
Potenciál globálního oteplování	[kg CO ₂ ekv. /FU]	ČSN EN 15804+A1, ČSN ISO 14025	14	GWP					
Potenciál úbytku stratosférické ozónové vrstvy	[kg CFC 11 ekv. /FU]	ČSN EN 15804+A1, ČSN ISO 14025	7,22 E-07	ODP					
Potenciál acidifikace půdy a vody	[kg SO ₂ ekv. /FU]	ČSN EN 15804+A1, ČSN ISO 14025	0,099	AP					
Potenciál eutrofizace	[kg PO ₄ ³⁻ ekv. /FU]	ČSN EN 15804+A1, ČSN ISO 14025	0,0092	EP					
Potenciál tvorby přízemního ozónu	[kg C ₂ H ₄ ekv. /FU]	ČSN EN 15804+A1, ČSN ISO 14025	0,0143	POPC					
Potenciál úbytku surovin nefosilních zdrojů	[kg Sb ekv. /FU]	ČSN EN 15804+A1, ČSN ISO 14025	2,65 E-07	ADP-prvky					
Potenciál úbytku surovin fosilních zdrojů	[MJ (výhřevnost) /FU]	ČSN EN 15804+A1, ČSN ISO 14025	140	ADP-fosilní paliva					

⁵⁾ Informativní nedeklarovaná hodnota nad rámec CPR, získaná konkrétními zkouškami.

⁶⁾ Hodnoty získané interpolací a extrapolací měřených hodnot.

⁷⁾ Jedná se o běžný směsný odpad.

⁸⁾ FU = funkční jednotka (1 m² izolace o tloušťce 120 mm při započítaných fázích životního cyklu A1-A3).



Ukázka aplikace výrobku ISOVER TF Profi



Detailní popis aplikace výrobku je uveden v katalogu ISOVER Fásadní zateplovací systémy

17. 8. 2020 Uvedené informace jsou platné v době vydání technického listu. Výrobce si vyhrazuje právo tyto údaje měnit.



Prohlášení o vlastnostech

Kooltherm® K5

1003.CPR.2013.K5.002

Jedinečný identifikační kód typu výrobku:

Zamýšlené/zamýšlená použití:

Výrobce:

Systém/systémy POSV:

Harmonizovaná norma:

Oznámený subjekt/oznámené subjekty:

Kooltherm® K5

Teplně izolační výrobky pro stavebnictví

Kingspan Insulation BV - Lingewei 8 - 4004 LL, Tiel (NL)

Systému 1; reakce na oheň

Systému 3; všechny ostatní vlastnosti

NEN-EN 13166:2012+A1:2015

FIW München (No. 0751)

Základní charakteristiky		Vlastnost	
Teplný odpor	Teplný odpor R_D ((m ² .K)/W)	d_N 20mm	0.95
		d_N 30mm	1.40
		d_N 40mm	1.90
		d_N 50mm	2.50
		d_N 60mm	3.00
		d_N 70mm	3.50
		d_N 80mm	4.00
		d_N 90mm	4.50
		d_N 100mm	5.00
		d_N 120mm	6.00
	d_N 140mm	6.65	
	d_N 150mm	7.10	
	d_N 159mm	7.55	
	Součinitele tepelné vodivosti λ_D (W/(m.K))	d_N 15-44mm	0.021
		d_N 45-120mm	0.020
		d_N 121-159mm	0.021
	Tolerance tloušťky	d_N 20-200mm	T1
	Objem uzavřených buněk	CV	
Reakce na oheň		RtF C-s2,d0	
Stálost reakce na oheň při degradaci působením tepla, počasía, starnutia		Vlastnosti reakce na oheň se s časem nezhoršují	
Rozměrová stabilita za určených podmínek teploty a vlhkosti		DS(70,-)	
		DS(70,90)	
		DS(-20,-)	
Pevnost v tlaku		CS(Y)100	
Pevnost v tahu	Kolmo k rovině desky	TR80	
Trvanlivost pevnosti v tlaku proti stárnutí / degradaci	Dotvarování tlakem	NPD	
Propustnost vody	Krátkodobá nasákavost	WS2	
	Dlouhodobá nasákavost	NPD	
Propustnost vodní páry	Průchodnost pro vodní páry	NPD	
Uvolňování nebezpečných látek do vnitřního prostředí		Prozatím nebyla stanovena žádná harmonizovaná metoda testování	
Hoření postupujícími žhnutími		Prozatím nebyla stanovena žádná harmonizovaná metoda testování	
NPD: No Performance Determined (žádná vlastnost není stanovena)			

Vlastnosti výše uvedeného výrobku jsou ve shodě se souborem deklarovaných vlastností. Toto prohlášení o vlastnostech se v souladu s nařízením (EU) č. 305/2011 vydává na výhradní odpovědnost výrobce uvedeného výše.

Podepsáno za výrobce a jeho jménem:

Henk Johan Bassie,
Managing Director Continental Europe

Tiel, Nizozemsko, 01.02.2016



TECHNICKÝ LIST VÝROBKU

CANABEST PANEL

Popis výrobku

Termoizolační desky CANABEST PANEL jsou vyrobené z konopného pazdeří a vláken s příměsí pojivých dvousložkových vláken a roztoku sody jako ochrany proti hoření a plísním. Desky jsou vyráběny metodou pneumatického rounotvoření, lisování a po tepelném zpracování jsou na konci výrobní linky formátovány.

Složení výrobku

50-55 %	konopné pazdeří
30-35 %	konopné vlákno
15-17 %	BiCO vlákno - pojivo
3-5 %	roztok sody - retardant hoření

Použití

Desky CANABEST PANEL jsou tepelné a zvukové izolace pro použití do fasád a podlah.

Na fasády se lepí a kotví na pevný podklad stěn. Na desky se dále aplikuje tmel, mřížka, penetrace, omítka a nátěr. Lepení bývá prováděno nanesením lepidla po obvodu a do 2 terčů ve středu desky, popř. celoplošně. Desky se musí mechanicky kotvit 4-6 ks talířových hmoždínek na m².

Do podlah je určena pod desky z litého betonu, anhydritové vyrovnávací potěry nebo pod dřevěné podlahy.

Balení, doprava a skladování

Termoizolační desky CANABEST PANEL jsou baleny v PE foliích z recyklovaného granulátu.

Výrobky je vhodné dopravovat zakryté.

Skladují se v krytých prostorách ve vodorovné poloze do výšky maximálně 2,5 m.

Vlastnosti

- velmi dobrá absorpční schopnost a izolační stabilita ve velmi vlhkých podmínkách
- dlouhá životnost
- výrobek s přirozenými vlastnostmi přírodních materiálů
- příjemná manipulace bez nebezpečí poškození kůže nebo dýchacích cest
- odolnost proti plísním, hnilobám a škůdcům
- odpuzuje hmyz a hlodavce
- dobré akustické vlastnosti

Parametry

Objemová hmotnost	kg/m ³	100 (± 5)
Tepelná vodivost λ	W/(m.K)	0,041
Propustnost vodní páry ($W \cdot 10^9$)	kg/m ² .s.Pa	2,88
Součinitel difúzní vodivosti ($\delta \cdot 10^{-10}$)	s	1,14
Faktor difúzního odporu μ		1,8
Reakce na oheň		E
Sorpční rovnovážná vlhkost pro 23/80	%	12

Standardní rozměry

Tloušťka	mm	30 – 60
Délka x Šířka	mm	1000 x 500

14. 4. 2009

Uvedené informace jsou platné v době vydání tohoto technického listu, výrobce si vyhrazuje právo měnit údaje v něm obsažené.

CANABEST, s.r.o.
Tř. Dukelských hrdinů 3653/1
695 01 HODONÍN
www.canabest.cz
info@canabest.cz

Výrobní závod:
Hájová 43
691 41 BŘECLAV-POŠTORNÁ

XPLD / XPMD EXPANDOVANÁ KORKOVÁ DESKA

- tepelná izolace
- akustická izolace
- pohledová izolace



Výchozí vlastnosti

Parametr	Jednotka	Hodnota (norma/atest)
Rozměr	mm	1000×500
Tloušťka	mm	10 – 300
Hustota XPLD	kg/m ³	105 – 125 (EN 1015-10)
Hustota XPMD	kg/m ³	145 – 160 (EN 1015-10)
Koeficient tepelné vodivosti	W/mK	0,035 – 0,040 (EN 1745; 2002)
Tepelná difúze	m ² /s	1,4×10 ⁻⁷ – 1,9×10 ⁻⁷
Tepelná kapacita	kJ/kgK	1,67
Pevnost v ohybu	kg/cm ²	1,4 – 2,0
Pevnost v tlaku 10%	kPa	≥ 100 (EN 826)
Pevnost v tahu	kPa	≥ 60 (EN 1607)
Difúze vodní páry	μ	2 – 8 (EN 1015-19)
Modul pružnosti	N/mm ²	5
Absorpční koeficient P/500Hz	α	0,33
Absorpce vody	kg/m ²	< 0,3 (EN 1609)
Požární odolnost	euroclass	E / B2 (EN 13501-1)
Tepelná odolnost	°C	-200 až +140

Měření tepelného odporu*

Tloušťka desky (mm)	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Tepelný odpor R (m ² K/W)	0,55	0,80	1,05	1,35	1,65	1,90	2,20	2,45	2,75

*λ = 0,036

Měření tepelné vodivosti

Tloušťka desky (mm)	Tepelná vodivost K (W/m ² °C)				
	keramická cihla 20t	kámen 40 – 60t	lehký betonový blok 80t	normální betonový blok 20t	železobeton 10–20t
40	0,58	0,74	0,58	0,65	0,79
50	0,53	0,68	0,53	0,59	0,72
60	0,45	0,54	0,45	0,49	0,56
80	0,37	0,42	0,37	0,40	0,44

Doporučená tloušťka izolace chladicích komor

Tloušťka desky (mm)	250	200	175	150	125	100
Teplota od/do (°C)	-40/-25	-25/-18	-18/-10	-10 / -4	-4/2	2/16