



Výskum a inovácie pre dekarbonizáciu stavebnej činnosti prostredníctvom nízkoemisných stavebných procesov a materiálov v cirkulárnej ekonomike (DEKAST)

Kód projektu: 09I04-03-V02-00051

Financované Európskou úniou
z prostriedkov Plánu obnovy
a odolnosti SR



Financovaný
Európskou úniou
NextGenerationEU

PLÁN [OBNOVY]



ÚRAD PODPRESEDU VLÁDY
SLOVENSKEJ REPUBLIKY
PRE PLÁN OBNOVY
A ZNALOSTNÚ EKONOMIKU



VÝSKUMNÁ
AGENTÚRA

Výstup 12. Závěrečná správa o výsledkoch projektu predložená na konci realizácie projektu

k projektu s názvom „Výskum a inovácie pre dekarbonizáciu stavebnej činnosti prostredníctvom nízkoemisných stavebných procesov a materiálov v cirkulárnej ekonomike“

ZÁVEREČNÁ SPRÁVA O VÝSLEDKOH PROJEKTU PREDLOŽENÁ NA KONCI REALIZÁCIE PROJEKTU

August 2026

Technická univerzita v Košiciach
Zväz stavebného priemyslu Slovenska

www.tuke.sk/dekast



Financované
Európskou úniou
NextGenerationEU

PLÁN [OBNOVY]



MINISTERSTVO
ŠKOLSTVA, VEDY,
VÝSKUMU A ŠPORTU
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Obsah

1	ÚVOD	4
2	Ciele projektu a štruktúra riešenia	5
3	PB 1 – Stavebné materiály	6
3.1	Uhlíková stopa kľúčových materiálov	6
3.2	Inovatívne nízkouhlíkové materiály	7
3.3	Odporúčania pre Slovensko	7
4	PB2 – Proces výstavby	8
4.1	Metodika hodnotenia emisií modulov A4 a A5	8
4.2	Prípadová štúdia bytového domu Tramín	8
4.3	Opatrenia na dekarbonizáciu staveniska	9
5	PB3 – Prevádzka budov	10
5.1	Súčasný stav poznatkov	10
5.2	Biosolárna verzia konvenčná strecha	10
5.3	Vypočítaná a skutočná spotreba energie	10
5.4	Emisie zo spotreby elektriny v meste Košice	11
6	PB4 – Obnova budov	12
6.1	Východiská	12
6.2	Vegetačné strechy – experiment greenIZOLA	12
6.3	Prípadové štúdie hĺbkovej obnovy	12
6.4	Monitoring prevádzky po obnove	13
6.5	Dekarbonizačné stratégie pre obnovu	13
7	PB5 – Nízkouhlíková budova	14
7.1	Obsah riešenia	14
7.2	Model a desať zásad návrhu	14
7.3	Odporúčania pre aktérov	15
8	PB6 – Stratégia dekarbonizácie stavebníctva SR	16
8.1	Stav stavebného sektora	16
8.2	Päť strategických smerov	16
8.3	Financovanie	16
8.4	Aktéri a monitorovanie	17
9	PB7 – Analýza rozhodovania aktérov	18
9.1	Dotazníkový prieskum	18
9.2	Archetypy trhu	18
9.3	Odporúčania pre stratégiu	19
9.4	Prezentačný materiál pre aktérov sektora	19
10	Výstupné dokumenty projektu	21
11	Záver a prínosy projektu	22
11.1	Hlavné zistenia	22
11.2	Prínosy	22
11.3	Ďalšie využitie výsledkov	22

1 ÚVOD

Projekt DEKAST bol zrealizovaný v období 01/2025 – 08/2026 a jeho výsledky sú spracované v siedmich ucelených pracovných balíkoch, ktoré pokrývajú celý životný cyklus budovy – od stavebných materiálov po stratégiu dekarbonizácie stavebníctva Slovenskej republiky.

Základné údaje o projekte

Položka	Údaj
Názov projektu	Výskum a inovácie pre dekarbonizáciu stavebnej činnosti prostredníctvom nízkoemisných stavebných procesov a materiálov v cirkulárnej ekonomike (DEKAST)
Kód projektu	09I04-03-V02-00051
Program	Plán obnovy a odolnosti SR
Komponent	9. Efektívnejšie riadenie a posilnenie financovania výskumu, vývoja a inovácií
Investícia	4: Výskum a inovácie pre dekarbonizáciu ekonomiky
Obdobie realizácie	01/2025 – 08/2026
Partneri	Technická univerzita v Košiciach, Zväz stavebného priemyslu Slovenska
Nadväzujúci projekt	GreenDeal4Buildings – Zelená dohoda pre budovy (2021 – 2024)

2 CIELE PROJEKTU A ŠTRUKTÚRA RIEŠENIA

Cieľom projektu bolo vytvoriť odborné a metodické východiská pre dekarbonizáciu slovenského stavebníctva. Projekt neskúmal jedno technické riešenie, ale celý reťazec rozhodnutí, v ktorom vzniká uhlíková stopa budovy.

Východiskom je posun od sledovania spotreby energie v prevádzke k hodnoteniu uhlíka počas celého životného cyklu (Whole Life Carbon). Budovy a stavebníctvo sa podieľajú približne 40 % na globálnych emisiách CO₂ spojených s energiou. Približne 70 % z toho tvoria prevádzkové a už približne 30 % zabudované emisie, ktorých podiel s dekarbonizáciou energetiky ďalej rastie.

Riešenie bolo rozdelené do siedmich prepojených pracovných balíkov:

Pracovný balík	Názov	Hlavný výstup
PB1	Stavebné materiály	1.Publikácia - stavebné materiály 2.Inovatívne nízkouhlíkové stavebné materiály
PB2	Proces výstavby	3.Publikácia – proces výstavby 4.Inovatívny koncept procesu výstavby
PB3	Prevádzka budov	5.Publikácia - prevádzka budovy
PB4	Obnova budov	6.Publikácia - obnova budovy
PB5	Nízkouhlíková budova	7.Model - nízkouhlíková budova 8.Usmernenie – nízkouhlíková budova
PB6	Stratégia dekarbonizácie	9.Stratégia dekarbonizácie
PB7	Analýza rozhodovania aktérov	10.Prezentačný materiál

Prvých päť balíkov skúma technické riešenia v jednotlivých fázach životného cyklu. PB7 konfrontuje tieto riešenia s pripravenosťou trhu a PB6 ich prepája s reguláciou, financovaním, kapacitami a zodpovednosťou aktérov.

Spoločným metodickým rámcom je hodnotenie životného cyklu (LCA) podľa ISO 14040/14044, EN 15804 a EN 15978. Hlavným indikátorom je potenciál globálneho otepľovania (GWP) v kg CO₂e, sledovaný podľa modulov A1 – A3 (výroba), A4 – A5 (výstavba), B1 – B7 (užívanie), C1 – C4 (koniec životnosti) a D (prínosy mimo hranice systému). Environmentálne hodnotenie dopĺňa ekonomické hodnotenie nákladov životného cyklu (LCC), multikriteriálna analýza a ukazovatele cirkularity.

3 PB 1 – STAVEBNÉ MATERIÁLY

Najväčšiu páku materiálovej dekarbonizácie majú cement, betón, oceľ a hliník. Cement a vápno tvoria približne 7,6 % výdavkov slovenských stavebných prác, ale až 33,2 % uhlíkovej stopy ich vstupov; výroba cementu predstavuje približne 7 – 8 % svetových emisií CO₂.

3.1 Uhlíková stopa kľúčových materiálov

PB1 metodicky spracoval prístupy hodnotenia environmentálnych vplyvov (metóda emisných faktorov, top-down, bottom-up, procesná LCA, hybridná input-output LCA) a obsah environmentálnych vyhlásení o produkte (EPD) podľa EN 15804+A2. Jadrom balíka je analýza EPD z medzinárodných databáz (International EPD System, EPD Global, EPDsquare) pre fázu výroby A1 – A3.

Materiál	Počet analyzovaných EPD	Priemerný GWP-GHG (A1 – A3)	Hlavný zdroj emisií
Kamenivo	80	2,88 kg CO ₂ e/t	doprava, potom ťažba a spracovanie
Cement	365	693 kg CO ₂ e/t (rozpätie 290 – 1 363)	kalcinácia slinku, palivá
Betón	329	232 kg CO ₂ e/m ³	množstvo a typ cementu
Oceľ	678	2 061 kg CO ₂ e/t	primárna výroba vo vysokej peci
Hliník	250	6,72 kg CO ₂ e/kg	elektrina pri elektrolýze
Sklo	238	46,1 kg CO ₂ e/m ²	vysokoteplotné tavenie
Plasty	80	3,48 kg CO ₂ e/kg	typ polyméru, podiel recyklátu
Pálené tehly	–	81,7 kg CO ₂ e/t	výpal, energetický mix

Z analýzy vyplývajú tieto kľúčové zistenia:

- Samotná energetická efektívnosť zníži emisie cementárskeho priemyslu len o 4 – 8 %, pretože podstatná časť emisií vzniká pri kalcinácii. Zásadný potenciál má znižovanie podielu slinku, doplnkové cementárske materiály (SCM), alternatívne spojivá, karbonatácia betónu a CCUS. Približne 35 – 40 % energie dodanej do výroby cementu sa dnes stráca ako nevyužitá teplo.
- Pri oceli sú kľúčové recyklovaný šrot, elektrické oblúkové pece, nízkouhlíková elektrina a postupne vodíkové technológie; pri hliníku recyklácia, separácia zliatin a dekarbonizácia elektriny.
- Pri kamenive rozhoduje lokálnosť zdrojov, logistika a železničná doprava.

- Modelové scenáre elektrifikácie výroby tehál ukazujú zníženie emisií o 90,8 % do roku 2030 a o 95,4 % do roku 2050 pri dekarbonizovanom energetickom mixe.
- Drevo si zachováva výnimočné postavenie vďaka viazaniu atmosférického uhlíka, podmienkou je udržateľné obhospodarovanie lesov a dlhá životnosť výrobkov.

3.2 Inovatívne nízkouhlíkové materiály

Experimentálna časť overila dve línie materiálového vývoja:

- Ľahké stavebné hmoty na báze recyklátov. Zmesi s tehlovým, betónovým, keramickým a pórobetónovým recyklátom a plastovou drvinou dosiahli objemovú hmotnosť pod 2 000 kg/m³ pri pevnostiach porovnateľných s bežnými betónmi. Vplyv na GWP bol malý: zmes s pórobetónovým recyklátom znížila GWP o 0,84 % (428,57 oproti 432,21 kg CO₂e/m³), tehlový recyklát ho mierne zvýšil o 0,33 %. Recyklát je teda prínosný najmä pre úsporu primárnych surovín a odpadu, nie automaticky pre uhlíkovú stopu.
- Kompozity s dnovými sedimentmi. Náhrada cementu aktivovaným sedimentom znížila GWP zmesi približne o 38 % (160,01 kg CO₂e/m³ oproti 258,12 kg CO₂e/m³ referenčnej zmesi). Náhrada kameniva sedimentom GWP prakticky nemení, ale šetrí prírodný piesok a rieši zanášanie vodných nádrží.

3.3 Odporúčania pre Slovensko

Analýza stratégií Francúzska (RE2020), Dánska, Holandska, Fínska, Švédska, Nórska, Nemecka, Česka a Maďarska ukázala spoločnú postupnosť: národná metodika LCA, národná databáza materiálov, EPD ako zdroj dát, povinné vykazovanie, limity Whole Life Carbon sprísňované každých 3 – 5 rokov a Digitálny pas stavebných výrobkov. Slovensko takú roadmapu zatiaľ nemá. PB1 preto formuloval šesť odporúčaní:

1. Pripraviť podmienky na Digitálny pas stavebných výrobkov podľa nariadenia (EÚ) 2024/3110 a hodnotenie Whole Life Carbon; využiť skúsenosti slovenskej platformy EPDsquare.
2. Prioritizovať dekarbonizáciu materiálov podľa potenciálu znižovania emisií (cement, betón, oceľ, hliník).
3. Podporovať výber materiálov na základe environmentálnych vlastností počas celého životného cyklu.
4. Podporovať integrovanú dekarbonizáciu energeticky náročných výrob (elektrifikácia, OZE, rekuperácia tepla, CCUS).
5. Posilniť obehové hospodárstvo: selektívna demolácia, kvalitné triedenie, trh s recyklátmi a zhodnocovanie sedimentov.
6. Prepojiť výskum, inovácie, vzdelávanie a prax vrátane integrácie LCA do BIM.

4 PB2 – PROCES VÝSTAVBY

Doprava materiálov a realizácia bytového domu Tramín vyprodukovali 211 041 kg CO₂e, t. j. 58,62 kg CO₂e/m² podlahovej plochy. To je približne 1,9 % uhlíkovej stopy bytovej budovy za 50 rokov, ide však o emisie, ktoré vznikajú ešte pred uvedením budovy do prevádzky a dajú sa výrazne ovplyvniť bez zmeny architektonického riešenia.

4.1 Metodika hodnotenia emisií modulov A4 a A5

PB2 vytvoril metodiku kvantifikácie emisií počas dopravy stavebných výrobkov na stavenisko (A4) a realizácie stavby (A5) podľa EN 15978. Stavba sa člení na technologické etapy (TE 00 zemné práce až TE 09 fasádne práce) a k nim sa priradujú stavebné činnosti, mechanizmy, energetické vstupy a zdroje emisií. Zdroje sa delia do troch skupín: stavebné procesy, mechanizmy a zariadenia, zariadenie staveniska. Vstupnými údajmi sú spotreba nafty, benzínu, LPG, elektriny a plynu, prevádzkové hodiny mechanizmov a preprava materiálov a odpadu v tonokilometroch.

4.2 Prípadová štúdia bytového domu Tramín

Zdroj emisií	Emisie (kg CO ₂ e)	Podiel
A4 – doprava stavebných materiálov	152 407	72,2 % celku
A5 – proces výstavby	58 634	27,8 % celku
v rámci A5: dieselové mechanizmy	–	82,6 % A5
v rámci A5: elektrina zariadenia staveniska	–	14,6 % A5
v rámci A5: elektrina mechanizmov	–	2,8 % A5
Spolu A4 + A5	211 041	58,62 kg CO ₂ e/m ²

Najvyššie emisie vznikajú pri zemných prácach a odvoze zeminy, zakladaní a betonáži, hrubej stavbe (vežové žeriavy, výťahy, čerpadlá betónu) a fasádnych prácach. Dokončovacie práce (TE 05 – TE 08) sú energeticky podstatne menej náročné. Materiálovo dominujú betónové konštrukcie, výstuž, murivo, tepelné izolácie a potery dovážané zo závodov v SR, ČR, Rakúsku a Poľsku.

4.3 Opatrenia na dekarbonizáciu staveniska

Horizont	Opatrenia	Investičná náročnosť	Efekt na CO ₂ eq.
Okamžité	vypínanie motorov pri nečinnosti, 100 % LED osvetlenie, dôsledné triedenie odpadu	nízka	nízky až stredný
Strednodobo	nafta HVO100 (až –90 % GHG), prenájom elektrických minirýpadiel, batériové úložiská namiesto generátorov	stredná	vysoký
Strategicky	nákup ťažkej elektrickej mechanizácie, BIM modelovanie logistiky, solárne stavebné bunky	vysoká	veľmi vysoký

Pre prípadovú štúdiu boli navrhnuté konkrétne kroky: prednostná prípojka elektriny so zelenou tarifou, batériové úložisko pre špičky vežového žeriava, fotovoltika na 8 stavebných bunkách, nízkouhlíkový betón s troskou alebo popolčekom, HVO100 pre zemné práce, elektrická manipulačná technika, dodávky Just-In-Time, prefabrikácia schodísk a balkónov a spätný odber odrezkov výrobcami. Väčšina opatrení môže znížiť emisie staveniskovej prevádzky o 30 – 50 % a zároveň ušetriť prevádzkové náklady zhotoviteľa.

Metodika je použiteľná pre bytové, administratívne, priemyselné aj dopravné stavby, pri novostavbách aj rekonštrukciách, a je pripravená na prepojenie s BIM, digitálnymi dvojčatami a IoT monitoringom.

5 PB3 – PREVÁDZKA BUDOV

Prevádzková energia (modul B6) zostáva najväčšou položkou uhlíkovej stopy existujúcich administratívnych budov a projektovaný výkon sa musí overiť v reálnej prevádzke. Budova s biosolárnou strechou mala o viac ako 40 % nižšie prevádzkové emisie než porovnateľná budova s konvenčnou strechou.

5.1 Súčasný stav poznatkov

PB3 spracoval definície budov s nulovými a čistými nulovými emisiami v prevádzke, postupy ich dosiahnutia (projektovanie, uvedenie do prevádzky, správa, optimalizácia), obstarávanie obnoviteľnej energie, kompenzáciu uhlíka, prehľad pokroku v regiónoch a dostupné technológie vrátane OZE, skladovania energie a kategorizácie budov podľa energetickej náročnosti.

5.2 Biosolárna verus konvenčná strecha

LCA dvoch slovenských administratívnych budov (B1 s biosolárnou strechou, 18 991 m²; B2 s konvenčnou strechou, 15 874 m²) za 60 rokov v programe OneClickLCA s reálnou spotrebou energie a vody priniesla tieto výsledky:

Ukazovateľ (kg CO ₂ e/m ²)	B1 biosolárna strecha	B2 konvenčná strecha
GWP-celkový	1 470	1 680
GWP-fosílny, výroba a výstavba (A1 – A5)	394	138
GWP-fosílny, prevádzková energia (B6)	713	1 211
GWP-fosílny po 180 rokoch	3 470	4 682

B6 predstavuje približne 58,7 % celkového vplyvu, nasleduje údržba (9,4 %) a výroba materiálov (6,6 %). Vyššie počiatočné emisie biosolárnej strechy sú vyvážené úsporami v prevádzke a pri dlhšej životnosti sa rozdiel zväčšuje. Najväčšími zdrojmi materiálových emisií sú betón (56,1 % v B1) a presklená fasáda (34,7 % v B2).

5.3 Vypočítaná a skutočná spotreba energie

Druhá štúdia piatich administratívnych budov prepojila LCA, LCC a multikriteriálnu analýzu (WSA, TOPSIS) a porovnala vypočítanú spotrebu podľa energetickej certifikácie (CEC) so skutočnou nameranou spotrebou (AEC). Súčasťou bolo hodnotenie vplyvu dodávateľského reťazca na biodiverzitu, cirkularity materiálov a vývoj emisných faktorov elektriny a tepla v SR podľa scenára REF2020.

- Statické výpočty CEC môžu reálnu uhlíkovú stopu výrazne skresliť; budova B4 pri trhovom scenári v rebríčku optimality prudko klesla.

- Najstabilnejším riešením vo všetkých modeloch bola budova B3 s nízкотеплотným tepelným čerpadlom zem-voda a systémom TABS, s 48,8 % všetkých obnoviteľných vstupov súboru.
- Vyššie investičné náklady tepelného čerpadla sa počas 50 rokov kompenzujú nižšími prevádzkovými nákladmi a s dekarbonizáciou siete je prevádzka každým rokom čistejšia.
- S dekarbonizáciou elektriny rastie relatívny význam zabudovaného uhlíka materiálov.

5.4 Emisie zo spotreby elektriny v meste Košice

Na základe údajov Východoslovenskej distribučnej, a.s. boli kvantifikované emisie CO₂e zo spotreby elektriny v Košiciach za roky 2019 – 2023 podľa odvetví. Emisie sa pohybovali od 1,998 mld. kg CO₂e (2022, pokles o 23 %) po 4,586 mld. kg CO₂e (2023, nárast o 129,5 %). Vývoj nevykazuje stabilný klesajúci trend a výkyv v roku 2023 si vyžaduje preverenie metodiky a vstupných údajov.

6 PB4 – OBNOVA BUDOV

Hĺbková obnova s nízkouhlíkovými materiálmi znižuje prevádzkové aj zabudované emisie a nie je finančne nevýhodná. Pri obnove kultúrneho domu klesla celková uhlíková stopa približne o 50,5 % pri o 7,2 % nižších investičných nákladoch.

6.1 Východiská

Dekarbonizácia obnovy stojí na troch pilieroch: znižovanie energetickej náročnosti, elektrifikácia s prechodom na OZE a minimalizácia zabudovaného uhlíka. PB4 spracoval aj úlohu inteligentných budov a digitalizácie a metodiku hodnotenia obnovy kombináciou LCA a LCC.

6.2 Vegetačné strechy – experiment greenIZOLA

Na experimentálnej platforme greenIZOLA sa sledovala tepelná odozva vegetačných striech v štyroch charakteristických obdobiach (leto bez dažďa, daždivé leto, zima, zima so snehovou pokrývkou), hustota tepelného toku a tepelné straty. Dve sledované skladby znížili v zimných obdobiach tepelné straty približne o 6 – 14 % oproti referenčnej štrkovej streche. Vegetačné strechy zároveň stabilizujú povrchové teploty, zadržiavajú zrážkovú vodu a zlepšujú mikroklima, takže prispievajú k dekarbonizácii aj k adaptácii na zmenu klímy.

6.3 Prípadové štúdie hĺbkovej obnovy

Objekt	Porovnávané scenáre	Hlavný výsledok
Rekonštrukcia základnej školy	pôvodný stav, scenár 1 (konvenčné zateplenie), scenár 2 (materiály na báze obnoviteľných zdrojov)	scenár 2 s najlepším pomerom emisií a nákladov životného cyklu
Rekonštrukcia kultúrneho domu	pôvodný stav, scenár 1	zabudovaný uhlík –57,1 % (betón C25/30 so 75 % trosky GGBS), celková uhlíková stopa –50,5 %, investičné náklady –7,2 % (–140 977 €)
Rozšírenie kapacít základnej školy	pôvodný stav, scenár 1	úspora 111 716 kg CO ₂ e počas životného cyklu, náklady životného cyklu –3,2 % (–54 688 €)
Rekonštrukcia kultúrneho domu (druhá štúdia)	pôvodný stav, scenár 1	výrazné zníženie emisií vo výrobnej fáze pri zachovaní existujúcich konštrukcií

Súhrnne pre školy a kultúrne domy platí:

- Konvenčné aj ekologické zateplenie znižujú prevádzkové emisie (B6) rovnako; rozdiel je v zabudovanom uhlíku.
- Scenár s biomateriálmi znížil emisie z výroby materiálov v priemere o 6,8 % a uložil v konštrukciách až 3,2-násobne viac biogénneho uhlíka.
- Vyžaduje o 4,3 % vyššie investičné náklady (A0 – A5), ale na údržbe a výmenách (B4 – B5) ušetrí viac ako 144 000 € na objekt.
- Recyklačný a surovinový potenciál v module D je o 10 % vyšší.

6.4 Monitoring prevádzky po obnove

Typ budov	Sledované opatrenia	Výsledok
Administratívna budova	postupné opatrenia na zdroji tepla 1996 – 2025	úspora tepla na vykurovanie 70 %, primárnej energie 69 %, emisií CO ₂ 98 %
Budovy pre školstvo	fotovoltaika a batériové úložiská	FV pokrýva 23,3 % spotreby elektriny, batérie pridávajú 16,6 %, spolu 39,9 %
Budovy na bývanie	úpravy vykurovania, prípravy teplej vody, zateplenie	potvrdený vplyv regulácie a zateplenia na spotrebu tepla

6.5 Dekarbonizačné stratégie pre obnovu

PB4 formuloval desať zásad: uprednostniť obnovu pred demoláciou; integrovane obnoviť obálku; dekarbonizovať technické systémy; minimalizovať zabudovaný uhlík materiálov; uplatniť cirkulárnu ekonomiku; rozhodovať na základe LCA; rozširovať prírode blízke adaptačné opatrenia; zavádzať inteligentné riadenie a digitálny monitoring; obnovovať na základe reálnych prevádzkových dát; rozhodovať integrovane počas celého životného cyklu.

7 PB5 – NÍZKOUHLÍKOVÁ BUDOVA

Nízkouhlíková budova nie je jedno opatrenie, ale integrovaný systém rozhodnutí prijatých už v počiatkových fázach návrhu. PB5 ho definuje ako model a pretavuje do desiatich zásad návrhu a odporúčaní pre štyri skupiny aktérov.

7.1 Obsah riešenia

Usmernenie – nízkouhlíková budova (368 strán) nadväzuje na výsledky PB1 – PB4 a spracúva:

- teoretické východiská – udržateľný rozvoj, Green Building, obehové hospodárstvo, uhlíková neutralita, Net Zero Buildings, inteligentné budovy;
- uhlíkovú stopu budov – zabudovaný a prevádzkový uhlík, Whole Life Carbon, LCA, EPD a trendy do roku 2050;
- legislatívny rámec EÚ a SR – Európska zelená dohoda, Fit for 55, EPBD 2024, nZEB a ZEB, Renovation Wave, taxonómia EÚ, ESG, zákon č. 555/2005 Z. z. a vyhláška č. 364/2012 Z. z., CPR 2024, Digitálny produktový pas, CBAM;
- nízkouhlíkové materiály – drevo, CLT a glulam, nízkouhlíkový a geopolymérny betón, recyklovaná oceľ a hliník, prírodné a minerálne izolácie, biokompozity;
- technológie – tepelné čerpadlá, fotovoltika, solárne kolektory, rekuperácia, geotermia, batérie, BMS, IoT, umelá inteligencia, digitálne dvojča, mikrogridy;
- ekonomiku – CAPEX, OPEX, LCC, ROI, čistá súčasná hodnota, zelené financovanie, green bonds, uhlíková cena a scenáre do roku 2050;
- prípadové štúdie – Powerhouse Brattørkaia, Bosco Verticale, BedZED, Bullitt Center, The Edge a slovenské príklady Einpark, Ekocentrum SOSNA a pasívne rodinné domy.

7.2 Model a desať zásad návrhu

Model nízkouhlíkovej budovy spája pasívne princípy návrhu, nízkouhlíkové materiály, obnoviteľné zdroje energie, inteligentné riadenie a hodnotenie celého životného cyklu. Konkretizuje ho desať zásad:

1. Kompaktný tvar s nízkym faktorom tvaru.
2. Optimálna orientácia pre solárne zisky, denné svetlo a OZE bez prehrievania.
3. Kvalitná obálka budovy.
4. Eliminácia tepelných mostov.
5. Maximálne využitie denného svetla.
6. Riadené vetranie s rekuperáciou tepla.
7. Obnoviteľné zdroje energie – fotovoltika, tepelné čerpadlá, solárne kolektory, geotermia.
8. Inteligentné riadenie – BMS, IoT, umelá inteligencia, energetický manažment.
9. Nízkouhlíkové materiály – drevo, CLT, prírodné izolácie, recykláty, nízkouhlíkové betóny.
10. Hodnotenie životného cyklu podľa LCA a Whole Life Carbon.

Analýza prípadových štúdií potvrdila, že univerzálny model neexistuje a riešenie musí rešpektovať miestne klimatické, ekonomické a legislatívne podmienky. Väčšina technológií je však plne aplikovateľná aj na Slovensku.

7.3 Odporúčania pre aktérov

Aktér	Kľúčové odporúčania
Projektanti	LCA od prvých fáz návrhu, BIM, princíp Whole Life Carbon, rámec Level(s), Digitálne produktové pasy
Investori	rozhodovanie podľa LCC a uhlíkovej stopy životného cyklu, investície do obálky a OZE, kritériá ESG
Verejná správa	zelené financovanie a dotácie, postupné povinné LCA budov, implementácia EPBD 2024, CPR 2024, Digitálne pasy budov
Akademická sféra	výskum nízkouhlíkových a bio-based materiálov, interdisciplinárny výskum, vzdelávanie v LCA, BIM, WLC a ESG

Hlavnými bariérami ostávajú vyššie počiatkové náklady, nedostatok odborníkov, obmedzená dostupnosť niektorých materiálov a environmentálnych údajov, pomalé legislatívne zmeny a konzervatívny prístup časti investorov.

8 PB6 – STRATÉGIA DEKARBONIZÁCIE STAVEBNÍCTVA SR

Stratégia (august 2026) premieňa výsledky projektu na päť strategických smerov s hlavným implementačným horizontom 2030 a výhľadom ku klimaticky neutrálnemu fondu budov v roku 2050. Nadväzuje na roadmapu GreenDeal4Buildings, NEKP, Dlhodobú stratégiu obnovy fondu budov a Program Slovensko 2021 - 2027.

8.1 Stav stavebného sektora

- Stavebníctvo tvorí 8,6 % hrubej pridanej hodnoty, najviac spomedzi šiestich porovnávaných krajín, a je najrozdrobenejším odvetvím: živnostníci tvoria 85 % subjektov.
- Takmer deväť z desiatich domov sú rodinné domy, dve tretiny fondu vznikli pred rokom 1980 a takmer dve pätiny domov neprešli žiadnou rekonštrukciou. O budúcich emisiách preto rozhodne obnova.
- Emisná intenzita stavebníctva bola v roku 2024 178,5 g CO₂e na euro HPH, najviac zo sledovaných krajín, ale o 48,9 % menej ako v roku 2015. Slovensko ako jediné súčasne znížilo emisie a zvýšilo pridanú hodnotu.
- Vo vstupno-výstupnom pohľade tvoria cement a vápno tretinu uhlíkovej stopy stavebných prác, takže stopu sektora treba znižovať cez materiálovú skladbu.

8.2 Päť strategických smerov

1. Urýchliť a skvalitniť obnovu fondu budov – zvýšiť počet aj hĺbku obnovy a zabrániť technologickému uzamknutiu pri čiastkových zásahoch.
2. Zaviesť uhlíkovú stopu životného cyklu do rozhodovania – metodiky, referenčné hodnoty, environmentálne údaje o výrobkoch a kapacity pre GWP a WLC.
3. Vytvoriť trh pre nízkouhlíkové materiály, technológie a procesy – predvídateľný dopyt, verejné a súkromné obstarávanie, dáta, inovácie a cirkulárne riešenia.
4. Prepojiť verejné zdroje, súkromný kapitál a kvalitnú prípravu projektov – financovanie vo veľkom rozsahu, dostupné aj sociálne zraniteľným skupinám.
5. Vybudovať spoločné implementačné prostredie – koordinácia politík, odborné kapacity, spoločné metodiky a údaje, digitálna podpora, monitorovanie a aktualizácia.

Rozhodovanie sa má riadiť hierarchiou: predchádzať zbytočnej spotrebe zdrojov, maximálne využiť existujúce budovy, znížiť energetickú a materiálovú náročnosť a až potom dekarbonizovať zostávajúcu potrebu.

8.3 Financovanie

Kumulatívna investičná potreba obnovy fondu budov do roku 2030 je podľa Dlhodobej stratégie obnovy približne 13,2 mld. €, z toho 8,2 mld. € pre bytové a 4,9 mld. € pre nebytové budovy, t. j. približne 1,1 – 1,3 mld. € ročne. Verejné zdroje z Programu Slovensko a Plánu obnovy a odolnosti (spolu približne 1,45 mld. €) pokrývajú len asi 10 %. Stratégia preto navrhuje finančnú architektúru, v ktorej verejné zdroje mobilizujú bankové a súkromné

financovanie, podporuje postupnú obnovu podľa pasu obnovy a prepája financovanie s overovaním dosiahnutých výsledkov.

8.4 Aktéri a monitorovanie

Pre každú skupinu aktérov – súkromných a verejných investorov, architektov a projektantov, stavebné podniky, výrobcov materiálov, finančný sektor, výskum a vzdelávanie a štát – stratégia určuje zodpovednosti, priority do roku 2030 a vlastné KPI. Na úrovni celej stratégie sa sledujú vrcholové ukazovatele (emisie a spotreba energie fondu budov, zabudované emisie novej výstavby) a strategické KPI:

Oblasť	Strategický KPI
Tempo obnovy	ročná miera obnovy budov (%)
Hĺbka obnovy	podiel hĺbkovej obnovy na realizovaných obnovách (%)
GWP životného cyklu	podiel nových budov s vypočítaným GWP životného cyklu (%)
Pasy obnovy	počet a podiel budov s pasom obnovy podľa segmentu
Environmentálne údaje	dostupnosť platných EPD pre stavebné výrobky
Financovanie	mobilizované verejné a súkromné zdroje (€/rok)
Odborné kapacity	počet absolventov prioritných vzdelávacích programov
Implementácia	podiel realizovaných systémových opatrení

Stratégia je koncipovaná ako živý dokument, ktorého priority a ukazovatele sa majú pravidelne vyhodnocovať a aktualizovať.

9 PB7 – ANALÝZA ROZHODOVANIA AKTÉROV

Trh považuje dekarbonizáciu za relevantnú, ale nie je na ňu pripravený: priemerná pripravenosť organizácií je 2,52 z 5 a 37 % respondentov ju nerieši vôbec. PB7 tieto zistenia premietol do stratégie a sprostredkoval výsledky projektu aktérom sektora v prezentačnom materiáli.

9.1 Dotazníkový prieskum

Online dotazník so 69 otázkami v jedenástich tematických okruhoch vyplnilo vo februári až máji 2026 222 respondentov: 148 vlastníkov a investorov z verejného sektora (67 %), 38 projektantov a architektov (17 %), 16 zhotoviteľov (7 %), 13 dodávateľov materiálov (6 %) a 7 súkromných investorov (3 %). Vzorka dobre zachytáva inštitucionálnu časť trhu, mikrofirmy a vlastníci rodinných domov v nej prakticky nie sú.

Hlavné zistenia:

- Verejný sektor, ktorý spravuje dôležitú časť fondu budov, má najnižšiu informovanosť aj pripravenosť.
- Financie sú hlavnou prekážkou vo všetkých skupinách a dotácie jedinou široko uznávanou motiváciou; stabilné dotačné schémy považuje za najúčinnější nástroj 57 % respondentov.
- Uhlíkovú stopu vie systematicky doložiť len 7 % respondentov a nikto ju od nich nepožaduje; s údajmi reálne pracujú iba výrobcovia materiálov.
- Banky nerozlišujú medzi kvalitnými a bežnými budovami, zvýhodnenie za nízkouhlíkovú budovu na trhu neexistuje.
- Energetická efektívnosť je zvládnutá, často externe, ale trh neverí, že sa deklarované úspory naozaj dosiahnu.
- Chýbajúce jednotné metodiky uvádza ako prekážku 40 % respondentov a riziko výberu nového materiálu nesie projektant (17 %).

9.2 Archetypy trhu

Typ	Počet respondentov	Pripravenosť (1 – 5)	Charakteristika
Regulačný minimalist	81 (36 %)	1,58	koná len pri povinnosti alebo dotácii, najmä menšie obce
Podmienенý realizátor	78 (35 %)	3,23	ochotný konať pri financovaní, metodikách a stabilných pravidlách
Nákladový skeptik	23 (10 %)	1,26	najnižší význam aj pripravenosť, odmieta tému pre náklady aj hodnotovo; prevažne verejný sektor
Ekologický priekopník	14 (6 %)	4,57	dekarbonizácia je súčasťou odbornej identity, brzdí ho slabý dopyt

Typ	Počet respondentov	Pripravenosť (1 – 5)	Charakteristika
Materiálový pragmatik	13 (6 %)	3,38	dodávatelia materiálov s najvyššou informovanosťou, pracujú s EPD a LCA, žiadajú stabilné pravidlá a lepšie úvery
Regulačný navigátor	13 (6 %)	3,23	väčšie mestá a inštitúcie s vlastnými kapacitami, pracujú s EPBD, uhlíkovú stopu zatiaľ merať nevedia

Najväčší priestor pre stratégiu je v skupine podmienených realizátorov, ktorí potrebujú podporu, návod a predvídateľné pravidlá.

9.3 Odporúčania pre stratégiu

1. Finančná podpora ako jadro stratégie, nie doplnok.
2. Dlhodobý a predvídateľný finančný rámec bez striedania období s podporou a bez nej.
3. Overovanie skutočne dosiahnutých úspor ako podmienka dotácie.
4. Jednoduché metodiky a slovenské referenčné hodnoty namiesto ďalších reportingových povinností.
5. Zber údajov o uhlíkovej stope u výrobcov materiálov a dopyt cez zelené verejné obstarávanie (skúsenosť s ním má 31 % respondentov).
6. Verejný sektor ako vzor, nie pasívny príjemca.
7. Riešenie zodpovednosti za nové materiály cez poistenie, certifikáciu a pilotné projekty.

9.4 Prezentačný materiál pre aktérov sektora

Prezentačný materiál o kľúčových výsledkoch projektového riešenia (august 2026) je určený stavebným podnikom, výrobcam materiálov, projektantom, investorom, vlastníkom a prevádzkovateľom budov, finančným inštitúciám a verejnej správe. V zrozumiteľnej forme vysvetľuje prechod k Whole Life Carbon, zhŕňa výsledky všetkých častí projektu, formuluje praktické priority pre zhotoviteľov a postup prípravy obnovy (zmapovanie stavu, varianty, energetické, uhlíkové a ekonomické posúdenie, realizácia, meranie výsledku) a predstavuje päť smerov stratégie. Jeho súčasťou je matica vplyvu aktérov na fázy životného cyklu:

Aktér	A1 – A3	A4 – A5	B1 – B7	C1 – C4	D
Výrobcovia stavebných materiálov	vysoký	mierny	mierny	stredný	vysoký
Architekti a projektanti	vysoký	stredný	vysoký	vysoký	vysoký
Súkromní investori	vysoký	stredný	vysoký	stredný	stredný
Verejní investori	vysoký	stredný	vysoký	stredný	stredný
Stavebné podniky	mierny	vysoký	mierny	vysoký	stredný

Najširší vplyv na uhlíkovú stopu budovy majú projektanti a investori, výrobcovia rozhodujú najmä o výrobe a recyklačnom potenciáli a stavebné podniky o výstavbe a konci životnosti.

10 VÝSTUPNÉ DOKUMENTY PROJEKTU

Výsledky projektu sú spracované v desiatich dokumentoch s rozsahom viac ako 1 100 strán.

PB	Dokument	Autori	Rozsah
PB1	1.Publikácia - stavebné materiály	S. Vilčeková, A. Sičáková, M. Bálintová, A. Eštoková, N. Junáková, E. Krídlová Burdová, T. Solňáková, Ľ. Vaculová Mečiarová a riešiteľský kolektív projektu	127 s.
	2.Inovatívne nízkouhlíkové stavebné materiály		52 s.
PB2	3.Publikácia – proces výstavby	doc. Ing. Renáta Bašková, PhD., doc. Ing. Alena Tažíková, PhD., doc. Ing. Marcela Spišáková, PhD., prof. Ing. Silvia Vilčeková, PhD. a riešiteľský kolektív projektu	116 s.
	4.Inovatívny koncept procesu výstavby		19 s.
PB3	5.Publikácia - prevádzka budovy	S. Vilčeková, M. Bálintová, E. Krídlová Burdová, J. Budajová, K. Harčárová a riešiteľský kolektív projektu	105 s.
PB4	6.Publikácia - obnova budovy	S. Vilčeková, Z. Vranayová, M. Vertaľ, F. Vranay, J. Budajová, K. Harčárová, R. Fijko, Ľ. Vaculová Mečiarová a riešiteľský kolektív projektu	186 s. 26 s.
PB5	7.Model - nízkouhlíková budova 8.Usmernenie – nízkouhlíková budova	S. Vilčeková, E. Krídlová Burdová, N. Junáková, J. Budajová, K. Harčárová, Ľ. Vaculová Mečiarová a riešiteľský kolektív projektu	26 s. 386 s.
PB6	9.Stratégia dekarbonizácie	riešiteľský kolektív projektu	150 s.
PB7	10.Prezentačný materiál	riešiteľský kolektív projektu	42 s.

Prezentačný materiál slúži ako hlavný nástroj diseminácie výsledkov smerom k stavebnej praxi, finančnému sektoru a verejnej správe.

11 ZÁVER A PRÍNOSY PROJEKTU

Projekt DEKAST preukázal, že dekarbonizácia stavebníctva nestojí na jednej technológii, ale na prepojenom systéme rozhodnutí počas celého životného cyklu budovy. S dekarbonizáciou energetiky rastie význam zabudovaného uhlíka, a preto sa výber materiálov, spôsob výstavby a kvalita obnovy stávajú rovnako dôležitými ako prevádzková spotreba energie.

11.1 Hlavné zistenia

- Najväčší materiálový potenciál majú cement, betón, oceľ a hliník; nahradenie cementu aktivovaným sedimentom znížilo GWP zmesi približne o 38 %.
- Emisie výstavby (A4 + A5) tvoria približne 1,9 % uhlíkovej stopy bytovej budovy, ale dajú sa znížiť o 30 – 50 % organizačnými a technickými opatreniami, najmä v doprave materiálov.
- Prevádzková energia zostáva v existujúcich budovách dominantná a statické výpočty ju môžu skresliť; skutočná prevádzka sa musí merať.
- Hĺbková obnova s nízkouhlíkovými materiálmi znižuje prevádzkové aj zabudované emisie a v prípadových štúdiách nebola drahšia počas životného cyklu.
- Trh je na dekarbonizáciu pripravený len čiastočne; rozhodujúce sú stabilné financovanie, jednoduché metodiky a príklad verejného sektora.

11.2 Prínosy

Oblasť	Prínos
Veda a výskum	rozsiahle databázy GWP z EPD pre osem skupín materiálov, experimentálne overené nízkouhlíkové materiály, metodika A4/A5, prepojenie LCA, LCC a MCA
Stavebná prax	desať zásad návrhu nízkouhlíkovej budovy, desať stratégií obnovy, opatrenia pre stavenisko s rozlíšením investičnej náročnosti
Verejná politika	prvý ucelený návrh stratégie dekarbonizácie stavebníctva SR so strategickými smermi, finančnou architektúrou a KPI
Komunikácia s trhom	prieskum 222 aktérov, archetypy trhu a prezentačný materiál pre jednotlivé skupiny aktérov

11.3 Ďalšie využitie výsledkov

Na výsledky nadväzujú tieto smery, ktoré identifikovali samotné pracovné balíky:

- Vytvorenie národnej databázy environmentálnych údajov o stavebných výrobkoch a limity Whole Life Carbon.
- Integrácia metodík hodnotenia emisií s BIM, digitálnymi dvojčatami a IoT monitoringom.

- Pilotné projekty a ďalšie experimentálne overovanie nízkouhlíkových materiálov a prvkov modro-zelenej infraštruktúry.
- Implementácia Stratégie dekarbonizácie stavebníctva SR s pravidelným vyhodnocovaním jej priorít a ukazovateľov.
- Rozvoj vzdelávania v oblasti LCA, LCC, BIM a Whole Life Carbon a prenos výsledkov do noriem, predpisov a verejného obstarávania.



Financované
Európskou úniou
NextGenerationEU

PLÁN [OBNOVY]



MINISTERSTVO
ŠKOLSTVA, VEDY,
VÝSKUMU A ŠPORTU
SLOVENSKEJ REPUBLIKY