

OBNOVITEL'NÁ ENERGIA PRE VYVÁŽENÉ ZNIŽOVANIE EMISIÍ UHLÍKA

Ako sa dá univerzitný kampus zmerať, prepočítať a nasmerovať k uhlíkovej neutralite. Výsledky projektu **REBECCA** a vzdelávacieho programu **KLIMENT** za obdobie od augusta 2024 do augusta 2026.



25

MESIACOV
RIEŠENIA

4

PARTNERI
KONZORCIA

25

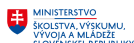
NAVRHNUTÝCH
OPATRENÍ

531

ÚČASTNÍKOV
VZDELÁVANIA



PROJEKT Č. 09I04-03-V02-00033
WWW.REBECCA.SK



PLÁN [OBNOVY]



RIEŠITELIA PROJEKTU



SLOVENSKÁ TECHNICKÁ
UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A INFORMATIKY



SLOVAK UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY IN BRATISLAVA
FACULTY OF ARCHITECTURE AND DESIGN



ústav materiálov
a mechaniky strojov
slovenská akadémia vied



PREČO PROJEKT REBECCA VZNIKOL

Európska únia sa zaviazala dosiahnuť do roku 2050 klimatickú neutralitu. Viac ako dve tretiny emisií v Európe pritom vznikajú v mestách.

Univerzitný kampus je mesto v malom. Má vlastné budovy, kotolne, laboratóriá, serverovne, vozový park, jedálne, odpad a tisícky ľudí, ktorí doň každý deň dochádzajú. Preto bol zvolený ako modelové územie, na ktorom sa dá dekarbonizácia odmerať a overiť skôr, než sa investujú verejné prostriedky.

Projekt REBECCA (Renewable Energy for the Creation of a Balanced Ecological Carbon Agenda) riešilo od augusta 2024 do augusta 2026 konzorcium štyroch partnerov pod vedením Slovenskej technickej univerzity v Bratislave.

Cieľom nebolo postaviť jednu technológiu, ale zostaviť **replikovateľný model dekarbonizácie**: postup, ktorý vie zopakovať iná fakulta, škola, nemocnica alebo mesto v podmienkach Slovenska.

ČO BROŽÚRA PRINÁŠA

- 01 **Kto projekt riešil** a za čo bol každý partner zodpovedný · str. 3
- 02 **Ako projekt prebiehal**: tri balíky, štrnásť úloh, osemnásť výstupov · str. 4
- 03 **Koľko energie a emisií** kampus v skutočnosti spotrebuje · str. 5
- 04 **Dvadsaťpäť opatrení** pre budovy, teplo a dopravu · str. 6 a 7
- 05 **Ako by kampus vyzeral v roku 2050** · str. 8
- 06 **Vzdelávací program KLIMENT** a jeho výsledky · str. 9
- 07 **Odporúčaný postup** pre ďalšie pracoviská · str. 10

1 563 t CO₂e ročne

EMISNÝ POTENCIÁL POSUDZOVANÝCH OPATRENÍ PRI
INVESTÍCII 4,1 MIL. EUR

PROJEKT V ČÍSLACH

25

MESIACOV RIEŠENIA
8/2024 AŽ 8/2026

14

VÝSKUMNÝCH ÚLOH
V TROCH BALÍKOCH

18

PRIAMÝCH VÝSTUPOV
Z TOHO 11 VEREJNÝCH

25

NAVRHNUTÝCH
OPATRENÍ

531

ÚČASTNÍKOV
VZDELÁVANIA

31

PUBLIKAČNÝCH
VÝSTUPOV

8

VÝSKUMNÍKOV
DO 35 ROKOV

2

NOVÉ VÝSKUMNÉ
PRACOVNÉ MIESTA

PREDMET SKÚMANIA

OBJEKT A · ILKOVIČOVA 3, BRATISLAVA

BUDOVA FAKULTY ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY STU

Podlahová plocha približne 61 až 66 tisíc m², ročná spotreba okolo 5,4 GWh. Prednáškové sály, laboratóriá, serverovne, športový uzol s bazénom a parkovisko. Spotreba tepla od roku 2020 klesla približne o 27 %.

OBJEKT B · TECHNICKÁ 5, BRATISLAVA

LABORATÓRIÁ VYSOKÝCH NAPÄTÍ

Menšie pracovisko s vlastnou energetikou: kogeneračné jednotky, tepelné čerpadlo, fotovoltika, batériové úložisko a veterný tunel. Slúžilo ako testovacie prostredie aj ako miesto praktickej časti vzdelávania.

KTO PROJEKT RIEŠIL A KTO ČO SPRAVIL

Konzorcium spájalo univerzitu, pracovisko Slovenskej akadémie vied a dve technologické spoločnosti. Každý partner priniesol inú vrstvu: dáta z merania, výpočet emisií, technický návrh, aj samotné vzdelávanie.

KOORDINÁTOR PROJEKTU

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

Zapojené boli tri fakulty: Fakulta elektrotechniky a informatiky (ústavy ÚEAE, ÚJFI, ÚEF a pracovisko CeNTA), Fakulta architektúry a dizajnu (ÚEEA) a Strojnícka fakulta (ÚESZ).

- Riadenie projektu a sedem stretnutí konzorcia
- Zber podkladov o spotrebe energie, vody, palív a odpadov
- Návrh opatrení pre budovy FEI a pre dopravu
- Vzdelávací program KLIMENT vrátane dotazníkov a vyhodnotenia
- Záverečná správa projektu

VÝSTUPY 1 AŽ 7

11

18

PARTNER · ANALÝZY A BILANCIE

SFÉRA, A.S.

Spoločnosť zabezpečila výpočtovú a metodickú časť projektu: od základnej energetickej bilancie až po emisné modely stavu po zavedení opatrení.

- Ročná energetická bilancia pracovísk a objektov STU
- Kvantifikácia emisií podľa ISO 14064-1 a Protokolu GHG
- Vyhodnotenie energetickej účinnosti budov a dopravných prostriedkov
- Návrh opatrení pre dopravu v rámci STU
- Školenie vo virtuálnej realite pre vzdelávací program

VÝSTUPY 8 AŽ 10

13 AŽ 15

17

PARTNER · TEPLA A MATERIÁLY

ÚSTAV MATERIÁLOV A MECHANIKY STROJOV SAV

Pracovisko sa venovalo tomu, ako z budovy dostať viac tepla za menej energie, a zostavilo simulačný model celého systému.

- Koncepcia recyklácie tepla pre kampus FEI STU
- Replikovateľný komplexný model dekarbonizácie
- Osem opatrení: tepelné úložiská, vrty BTES, riadenie žalúzií, VZT, BMS, fotovoltika
- Lektorské zabezpečenie časti programu KLIMENT

VÝSTUP 12

16

PARTNER · MERANIE A DÁTA

T-INDUSTRY, S.R.O.

Spoločnosť postavila meráciu a dátovú vrstvu projektu. Bez nej by ostatné výpočty stáli len na faktúrach.

- Vývoj experimentálneho senzora kvality ovzdušia a inštalácia 14 kusov v LVN
- Merania tepelného čerpadla a fotovoltických panelov
- Priame meranie spotreby zemného plynu v kotolni
- Cloudová databáza meraní s grafickými prehľadmi vrátane meteo dát

PRÍSPEVOK DO VÝSTUPOV 8 AŽ 10

12

16

NAJPRV ZMERAŤ, POTOM NAVRHOVAŤ

Projekt bol rozdelený do troch pracovných balíkov, ktoré na seba logicky nadväzujú. Poradie nie je náhodné: bez poznania skutočnej spotreby by boli návrhy opatrení len odhadom a hrozilo by predimenzovanie nových technológií.

KPB1

ANALÝZA SPOTREBY

Ročná energetická bilancia, kvantifikácia emisií podľa ISO 14064-1 a vyhodnotenie energetickej účinnosti objektov aj dopravných prostriedkov. Doplnené o inštaláciu meračov a IoT zariadení.

4 ÚLOHY

KPB2

NÁVRH OPATRENÍ

Vypracovanie 25 opatrení v oblastiach budov, recyklácie tepla a dopravy. Každé bolo ohodnotené energetickou, finančnou a emisnou úsporou aj návratnosťou.

4 ÚLOHY

KPB3

POSÚDENIE OPATRENÍ

Simulácia dopadov na úrovni kampusu, prepočet bilancie a emisií pre rok 2050, vyhodnotenie účinnosti nového systému a replikovateľný model dekarbonizácie.

6 ÚLOH

MÍLNIKY A VÝSTUPY

MÍLNIK	ČO BOLO DOSIAHNUTÉ	BALÍK	DODANIE
M1	Zistenie a vyhodnotenie súčasného stavu spotreby energie a emisií skleníkových plynov	KPB1	12. mesiac
M2	Návrh opatrení na zníženie emisií v budovách STU	KPB2	25. mesiac
M3	Koncepcia recyklácie tepla a opatrenia pre dopravu	KPB2	25. mesiac
M4	Replikovateľný model dekarbonizácie a záverečná správa	KPB3	25. mesiac

VŠETKY ŠTYRI MÍLNIKY BOLI DOSIAHNUTÉ. ČIASTOČNÉ ONESKORENIA PRI ZBERE VSTUPNÝCH DÁT NEOVPLYVNILI ROZPOČET ANI FINALIZÁCIU PROJEKTU.

Najprv znížiť spotrebu, až potom dimenzovať nový zdroj.

Tento princíp sa počas riešenia potvrdil ako najsilnejší záver projektu. Opatrenia na strane spotreby znižujú potrebný výkon technológií, investičné náklady aj riziko, že sa postaví predimenzovaný zdroj tepla.

AKO SA PRACOVALO

- 7 stretnutí konzorcia na pôde FEI STU s písomným záznamom
- Vedecká rada priebežne hodnotila smerovanie výskumu
- Výkonná rada schvaľovala zásadné rozhodnutia a riziká
- Manuálny súpis inštalovaných príkonov tam, kde chýbali podklady
- IoT monitoring environmentálnych parametrov v reálnom čase
- 11 z 18 výstupov je verejných a voľne stiahnuteľných

VEDECKÁ RADA PROJEKTU

prof. Ing. Martin Weis, DrSc. (STU) · Ing. Peter Chochol, PhD. (SFÉRA) · Ing. Jaroslav Longauer, PhD. (ÚMMS SAV) · Ing. Ján Tomlain, PhD. (T-Industry)

VÝKONNÁ RADA PROJEKTU

prof. Ing. Anton Beláň, PhD. (STU) · Ing. Rastislav Krbaťa, PhD., MBA (SFÉRA) · Dr. Ing. Jaroslav Jerz (ÚMMS SAV) · Ing. Ján Tomlain, PhD. (T-Industry)

KOLKO ENERGIE A EMISII KAMPUS STOJI

Referenčným rokom sa stal rok 2024. Analýza vychádzala z faktúr, predchádzajúcich energetických auditov, údajov o palivách a odpadovom hospodárstve, doplnených o vlastné merania. Výsledok je prekvapivo triezvy: samotná elektrina a kúrenie na dekarbonizáciu nestačia.

5 528 MWh

ROČNÁ SPOTREBA BUDOVY FEI STU
TEPLO 58 % · ELEKTRINA 41 %

241 MWh

LABORATÓRIÁ VYSOKÝCH NAPÄTÍ
ZEMNÝ PLYN VIAC AKO 83 %

10 248 t CO₂e

EMISIE NA ÚROVNI CELEJ STU
ZA REFERENČNÝ ROK 2024

ODKIAL POCHÁDZAJÚ EMISIE STU

Importovaná energia (elektrina, teplo)	59 %
Doprava (najmä dochádzanie)	20 %
Produkty a odpady	14 %
Priame spaľovanie na mieste	7 %

Samotné dochádzanie študentov a zamestnancov predstavuje **1 973 t CO₂e ročne**. Skládkovanie a spaľovanie odpadu pridáva ďalších **1 414 t CO₂e**. Ani jedno z toho sa nedá vyriešiť výmenou kotla.

AKO ÚČINNE SA ENERGIA PREMIENĀ

UKAZOVATEĽ	STU	FEI	LVN
Celková ročná účinnosť	53,0 %	54,2 %	68,4 %
Výroba a využitie elektriny	45,0 %	45,0 %	77,2 %
Výroba a využitie tepla	63,4 %	63,4 %	66,8 %

Laboratóriá vysokých napätí dosahujú najvyššiu účinnosť práve preto, že majú vlastné zdroje: kogeneračné jednotky, tepelné čerpadlo a fotovoltiku. Sú tak zmenšeným modelom toho, kam má smerovať celý kampus.

RASTÚCI PROBLÉM

Potreba chladenia stúpa. Lokálne klimatizácie spotrebujú približne **180 MWh** elektriny ročne a nové systémy v blokoch B a C môžu pridať ďalších približne **103 MWh** ročne.

TRI ZISTENIA, KTORÉ ZMENILI ZADANIE

ZISTENIE 01

EMISNÝ PROFIL SA LÍŠI OBJEKT OD OBJEKTU

Budova FEI je typický odberateľ: dominuje importovaná energia. Laboratóriá vysokých napätí majú opačný profil, **91 %** ich emisií pochádza z priameho spaľovania zemného plynu. Rovnaké opatrenie preto nemá v oboch objektoch rovnaký zmysel.

ZISTENIE 02

FAKTÚRY NA PRESNÝ OBRAZ NESTAČIA

Podklady bolo nutné doplniť manuálnym súpisom inštalovaných príkonov a vlastným meraním. V laboratóriách bolo nainštalovaných **14 experimentálnych senzorov** kvality ovzdušia a dáta sa priebežne zbierajú do cloudovej databázy.

ZISTENIE 03

POČASIE VÝSLEDKY VÝRAZNĀ MENÍ

Počet dennostupňov medzi vykurovacími sezónami kolíše výrazne: v sezóne 2023/2024 ich bolo len **2 215**, v chladnejších hodnotených sezónach približne **2 700 až 2 756**. Porovnávať spotrebu medzi rokmi bez tejto korekcie vedie k mylným záverom.

ČO SA DÁ S BUDOVOU REÁLNE SPRAVIŤ

Z 25 navrhnutých opatrení sa väčšina týka budov a tepla. Nasledujúci prehľad uvádza tie s najväčším dopadom. Pri každom bola vyčíslená energetická úspora, emisný prínos, investícia aj jednoduchá návratnosť.

OPATRENIE	ÚSPORA [MWH/ROK]	CO ₂ E [T/ROK]	INVESTÍCIA [EUR]	NÁVRATNOSŤ [ROKY]
Tepelné čerpadlá namiesto výmenníkovej stanice kaskáda približne 990 kW pokryje asi 85 % potreby tepla	1 755	409,3	1,23 mil.	9,0
Zníženie emisií z komunálneho odpadu prevencia, triedenie, opätovné použitie, váženie kontajnerov		273,5	46,5 tis.	7,3
Inteligentné riadenie kúrenia a klimatizácie IoT monitoring v 672 miestnostiach	756,5	153,3	30 tis.	0,4
Vrty BTES a sezónne ukladanie tepla 40 vrtov s tepelnými čerpadlami	1 100	70,2	457 tis.	5,2
Výmena žiarivkového osvetlenia za LED 2 640 svietidiel v blokoch A, D a E, príkon zo 384 na 173 kW	615,0	67,7	428 tis.	3,2
Offset vykurovania splitmi v blokoch B a C využitie existujúcich jednotiek v prechodnom období cez BMS	158,0	60,7	18 tis.	1,4
Odpadové teplo zo serverovni predohrev vzduchu a vody, zdroj pre tepelné čerpadlá	250,0	45,0	180 tis.	4,1
Správanie používateľov budovy najlacnejšie opatrenie s najrýchlejšou návratnosťou	140,0	32,4	5 tis.	0,3
Fotovoltaika na zvyšné voľné plochy	126,7	29,4	115 tis.	
Riadenie žalúzií a tokov solárnych ziskov	107,0	25,5	30 tis.	2,7

ZDROJ: VÝSTUPY Č. 11 A 12 PROJEKTU REBECCA. UVEDENÉ HODNOTY SÚ MODELOVÉ A PLATIA PRE KAMPUS FEI STU.

ENERGETICKÝ MANAŽMENT AKO PODMIENKA VŠETKÉHO

Systém BMS má sám osebe malý priamy emisný prínos (približne 2 t CO₂e ročne). Napriek tomu je označený za jedno z najdôležitejších opatrení: bez merania na úrovni jednotlivých technológií a priestorov sa ostatné opatrenia nedajú riadiť ani overiť. Prvou prioritou má byť preto dátová a radiaca infraštruktúra, nie nový zdroj tepla.

RIASOVÁ FASÁDA AKO EXPERIMENT

Na Laboratóriách vysokých napätí bolo navrhnutých približne 50 m² panelov s cirkulujúcimi mikroriasami. Ročne majú vyprodukovať 200 až 400 kg suchej biomasy a zachytiť 0,5 až 1 t CO₂. Vzhľadom na investíciu ide o nízky priamy prínos, preto je opatrenie hodnotené predovšetkým ako **výskumný a demonštračný prvok**, nie ako nástroj nákladovo efektívnej dekarbonizácie.

ĎALŠIE OPATRENIA NAVRHNUTÉ V PROJEKTE

CENTRÁLNE RIADENIE VÝŤAHOV V BLOKCH A AŽ E

EFEKTÍVNEJŠIA PREVÁDZKA KLIMATIZAČNÝCH ZARIADENÍ

MODERNIZÁCIA VZDUCHOTECHNIKY S TEPELNÝMI ÚLOŽISKAMI

SEZÓNNE A KRÁTKODOBÉ UKLADANIE TEPLA

EFEKTÍVNE VYUŽITIE ZRÁŽKOVÝCH VÔD

ZELENÉ STRECHY A PRIEPUSTNÉ POVRCHY

DOPRAVA SA NEVYRIEŠI LEN TECHNOLOGIOU

Doprava tvorí približne pätinu nepriamych emisií STU, konkrétne **2 019 t CO₂e ročne**. Drvivá väčšina, **1 973 t**, pochádza z každodenného dochádzania študentov a zamestnancov. Vlastný vozový park univerzity je v tomto porovnaní okrajový.

Z toho vyplýva jasný záver: univerzita síce vie priamo ovplyvniť svoju flotilu, parkovaciu politiku, nabíjaciu infraštruktúru a zdieľanú dopravu, ale dekarbonizácia autobusovej, železničnej a leteckej dopravy závisí od rozhodnutí mimo nej.

Analýza zároveň ukázala, že rozhodovanie o spôsobe dopravy je na FEI prevažne pragmatické, nie environmentálne: pre **75,2 %** respondentov rozhoduje čas cesty, pre **51,5 %** pohodlie. Opatrenia preto musia byť postavené na čase, cene a komforte, nie na apelocho.

Organizačné opatrenia bývajú lacnejšie aj účinnejšie než nové technológie.

Carpooling, zdieľané vozidlá a parkovacia politika vychádzajú z emisného aj ekonomického hľadiska lepšie než kapitálovo náročné riešenia postavené na vodíku.

NAVRHNUTÉ OPATRENIA A ICH PRÍNOS

OPATRENIE	PRÍNOS [T CO ₂ E/ROK]
Zdieľaná doprava carpooling, 10 až 15 zdieľaných elektromobilov, približne 100 bicyklov a 30 elektrobicyklov, platforma MaaS	až 500
Vodík a elektrifikácia autobusov pokles zo 787 na 2,2 t, teda o 99,7 %	785
Elektrifikácia dochádzania pri 50 % elektrifikácii osobných vozidiel	492
Elektrifikácia a vodík na železnici	202
Elektrifikácia služobnej flotily spotreba klesne zo 126,5 na 33 MWh ročne, úspora 74 % energie	20
Udržateľné palivá v letectve zníženie emisií o 70 %	14

ZDROJ: VÝSTUP Č. 13 PROJEKTU REBECCA. IDE O POTENCIÁL JEDNOTLIVÝCH OPATRENÍ. DO SÚHRNNÉHO MODELU NA STRANE 8 VSTUPUJÚ KONZERVATÍVNEJŠIE HODNOTY, NAPRIKĽAD 116 T CO₂E PRI ZDIEĽANEJ DOPRAVE.

KONKRÉTNY NÁVRH

FOTOVOLTICKÝ CARPORT NA PARKOVISKU FEI

104 kWp

INŠTALOVANÝ VÝKON

133 MWh

ROČNÁ VÝROBA

250 kWh

BATÉRIOVÉ ÚLOŽISKO

20 x

NABÍJACÍCH BODOV
PO 11 KW

Systém by zároveň zatienil približne 100 parkovacích miest, čo znižuje prehrievanie vozidiel aj spevnenej plochy.

DOPLNKOVÉ OPATRENIA BEZ INVESTIČNÝCH NÁKLADOV

parkovacia politika · pravidlá služobných ciest ·
carpooling

AKO BY KAMPUS VYZERAL V ROKU 2050

Závěrečná část projektu prepočítala, čo by sa stalo, keby sa navrhnuté opatrenia postupne zrealizovali.

Model počíta s 22 opatreniami, odstránením fosílnych palív z výroby tepla a dopravy, rozvojom obnoviteľných zdrojov, znižovaním odpadu a so zmenou správania používateľov budov.

UKAZOVATEĽ	FEI 2024	FEI 2050	LVN 2024	LVN 2050
Energetické vstupy	5 556 MWh	1 792 MWh	240,8 MWh	12,9 MWh
Zmena oproti roku 2024		-68 %		-53 %
Nakupovaná elektrina		1 068,8 MWh		96,0 MWh
Vlastná výroba z obnoviteľných zdrojov		722,2 MWh		16,9 MWh

628 kW_p

FOTOVOLTIKA NA FEI, Z VÝROBY 722 MWh SA PRIAMO V AREÁLI SPOTREBUJE 700 MWh

14,7 t CO₂e

ZVÝŠKOVÉ EMISIE PO ZAVEDENÍ OPATRENÍ, NAJMÁ Z KOMUNÁLNEHO ODPADU A KALOV

136,5 %

VÁŽENÁ ÚČINNOSŤ VÝROBY TEPLA PO ELEKTRIFIKÁCII OPROTI PÔVODNÝM 45 %

PREČO ÚČINNOSŤ PRESAHUJE STO PERCENT

Do výpočtu vstupuje len dodaná elektrická energia, kým ďalšia časť tepla sa odoberá z okolitého prostredia. Pri sezónnej účinnosti SCOP 2,8 umožní jedna jednotka elektriny dodať približne 2,8 jednotky tepla.

Podstatné je, že samotný prechod na elektrinu účinnosť automaticky nezvyší. Rozhodujúca je technológia premeny: priamy elektrický ohrev skončí na približne 53 %, tepelné čerpadlá umožňujú niekoľkonásobne viac.

SPÔSOB VÝROBY TEPLA	ÚČINNOSŤ
Nakupovaná elektrina, priame využitie	54,0 %
Elektrokotol	52,9 %
Tepelné čerpadlo vzduch/voda, SCOP 2,8	151,2 %
Tepelné čerpadlo voda/voda, SCOP 3,6	194,4 %
FEI po transformácii (85 % TČ + 15 % elektrokotol)	136,5 %

ČO Z TOHO VYPLÝVA

Pred investičnými rozhodnutiami je potrebné metodicky zjednotiť emisné faktory, ekonomické predpoklady a referenčné bilancie jednotlivých opatrení a ich skutočný efekt po realizácii systematicky overovať meraním.

OPATRENIA S NAJVÄČŠÍM EMISNÝM PRÍNOSOM

OPATRENIE	T CO ₂ E	CAPEX
Náhrada výmenníkovej stanice tepelnými čerpadlami	409,2	1,23 mil.
Zníženie emisií z komunálneho odpadu	273,5	46,5 tis.
Zvýšenie efektívnosti kúrenia a klimatizácie	153,3	30 tis.
Zdieľaná doprava	116,1	280 tis.
Elektrifikácia osobnej dopravy	112,8	200 tis.
Výmena osvetlenia za LED	67,7	428 tis.
Offset vykurovania blokov B a C	60,7	18 tis.
Odpadové teplo zo serverovni	45,0	180 tis.
Správanie používateľov budovy	32,4	5 tis.
Inteligentné žalúzie	31,7	30 tis.
Spolu za posudzované opatrenia	1 563,3	4,1 mil.

PO DEKARBONIZÁCII ENERGETIKY A DOPRAVY SA ŤAŽISKO PRESÚVA NA ODPADOVÉ HOSPODÁRSTVO.

TECHNIKA SAMA NÁVYKY NEZMENÍ

Súčasťou projektu bol interdisciplinárny vzdelávací program **KLIMENT** (Klimatická neutralita a moderná elektroenergetika). Nekopíroval predmety vyučované na STU, ale nadväzoval na ne a prepájal technické vzdelávanie s environmentálnym povedomím.

Program mal rozsah 26 hodín prezenčne a 10 hodín samoštúdia a pokrýval deväť tematických okruhov: od elektrizačnej sústavy a fotovoltiky cez jadrovú energetiku, osvetlenie a odpadové teplo až po dopravu a udržateľnú architektúru. Prednášky dopĺňali laboratórne ukážky, exkurzie a diskusie s odborníkmi z praxe.

Zapojených bolo **13 lektorov** z FEI STU, FAD STU a ÚMMS SAV a **7 externých odborníkov** zo Slovenska aj zo zahraničia. Nad rámec pôvodných ambícií bol program adaptovaný aj pre stredné elektrotechnické školy v Bratislavskom kraji.

Prezentácie a videozáznamy z podujatí sú verejne dostupné na projektovom webe, takže sa k nim dá kedykoľvek vrátiť.

ELEKTRIZAČNÁ SÚSTAVA FOTOVOLTIKA A JEJ BEZPEČNOSŤ

OSVETLENIE A UHLÍKOVÁ STOPA JADROVÁ ENERGETIKA

ODPADOVÉ TEPLLO UDRŽATEĽNÁ DOPRAVA

OBEHOVÉ HOSPODÁRSTVO UDRŽATEĽNÁ ARCHITEKTÚRA

VIRTUÁLNA REALITA

PODUJATIA A ÚČASŤ

AKTIVITA	ÚČASTNÍCI
Obnoviteľná a udržateľná energetika, plánovanie a architektúra	94
Svetlo, teplo, jadro a architektúra	106
Udržateľná doprava	91
Udržateľné odpadové hospodárstvo	31
Prednáškový deň pre stredné školy	80
Vodné elektrárne na Slovensku	21
Od plynu k zelenej energii	17
Exkurzia v rušňovom depe ZSSK	21
Deň s elektroenergetikou	48
Prednáška a virtuálna realita pre SPŠE Zochova	22
Spolu	531

ČASŤ ÚČASTNÍKOV NAVŠTEVOVALA JEDNOTLIVÉ PREDNÁŠKOVÉ BLOKY OPAKOVANE.

ČO SA ZMENILO V HLAVÁCH ÚČASTNÍKOV

76,5 %

VNÍMA UDRŽATEĽNOSŤ
KOMPLEXNE, NIELEN
AKO OCHRANU PRÍRODY

79,4 %

ROZUMIE PROBLEMATIKE
PO PREDNÁŠKACH
LEPŠIE

50,0 %

SI NA TÉMU SPOMENULO
V BEŽNEJ SITUÁCII PO
PODUJATÍ

88,2 %

BY PROGRAM
ODPORUČILO SVOJIM
ROVESNÍKOM

Hodnotenie stálo na anonymných vstupných a výstupných dotazníkoch a na nesankcionovaných kvízoch počas prednášok. Zapojilo sa 101 respondentov z FEI STU, 20 z FAD STU a 47 stredoškôľakov. Posun v porozumení je jasný, zmena správania zatiaľ mierna: **47,1 %** účastníkov si uvedomuje, že jednotlivec má malý, ale dôležitý vplyv, zatiaľ čo **38,2 %** presúva hlavnú zodpovednosť na štáty a firmy.

LEKTORI Z PARTNERSKÝCH INŠTITÚCIÍ

prof. Vladimír Šály · Milan Perný · Marek Pípa · Attila Kment · David Kompan · Ivan Bednárik · doc. Miroslava Farkas Smítková (ÚEAE FEI STU) · doc. Branislav Vrbán (ÚJFI FEI STU) · Peter Morgenstein · doc. Katarína Smatanová (FAD STU) · Jaroslav Longauer · János Kurcz · František Šimančík (ÚMMS SAV)

ODBORNÍCI Z EXTERNÝCH INŠTITÚCIÍ

prof. Dragan Minovski (Goce Delcev University) · Carlos Felgueiras (Instituto Superior de Engenharia do Porto) · Michal Feik (BSK) · Juraj Číž (ecorec Slovensko) · Michal Sahul' (Forrest) · Eugen Regula · Peter Demeč (SPP distribúcia)

ODPORÚČANÝ POSTUP PRE ĎALŠIE PRACOVISKÁ

- 01 Postaviť dátovú a riadiacu infraštruktúru.** Energetický manažment budovy, IoT senzory a podružné meranie umožnia sledovať spotrebu na úrovni jednotlivých technológií a overiť skutočný efekt opatrení.
- 02 Najskôr znížiť spotrebu.** Inteligentná regulácia kúrenia a klimatizácie, LED osvetlenie so senzormi, riadenie tienenia a behaviorálne opatrenia majú vysoký efekt pri nízkej investícii.
- 03 Až potom dimenzovať nový zdroj.** Elektrifikácia výroby tepla tepelnými čerpadlami je strategický krok, ale po znížení spotreby vyžaduje menší a lacnejší výkon.
- 04 Prepojiť výrobu so spotrebou.** Fotovoltiku spájať s chladením, tepelnými čerpadlami a nabíjaním vozidiel, aby sa maximalizovala vlastná spotreba.
- 05 V doprave začať organizačne.** Carpooling, zdieľané vozidlá, parkovacia politika a pravidlá služobných ciest sú lacnejšie než vodíkové riešenia.
- 06 Nezabudnúť na odpad.** Po dekarbonizácii energetiky a dopravy sa stáva hlavným zdrojom zvyškových emisií.
- 07 Vzdelávať opakovane a prakticky.** Workshopy, exkurzie a práca s reálnymi energetickými dátami fungujú lepšie než jednorazová prednáška.

Cieľom je Smart Low-Carbon Campus, teda živé laboratórium.

Najskôr merať a optimalizovať spotrebu, potom maximalizovať využitie lokálnej obnoviteľnej a odpadovej energie, následne elektrifikovať výrobu tepla a dopravu a napokon riešiť zostávajúce nepriame emisie.

KDE NÁJSŤ VÝSTUPY

Jedenásť z osemnástich výstupov projektu je verejných. Patrí k nim metodika vzdelávacieho programu, report o jeho priebehu a vyhodnotení, návrh opatrení pre budovy, koncepcia recyklácie tepla, opatrenia pre dopravu, bilancie a emisné modely pre rok 2050, replikovateľný model dekarbonizácie a záverečná správa.

- www.rebecca.sk
výstupy projektu a informácie o riešení
- www.rebecca.sk/vzdelavaci-program
metodika, prezentácie a videozáznamy programu KLIMENT
- www.ueae.sk/aktuality
tlačové správy z jednotlivých podujatí
- [LinkedIn: Project REBECCA](#)
priebežná komunikácia projektu

PUBLICITA PROJEKTU

V rámci projektu vznikli **3** publikácie v databázach Web of Science a Scopus, **8** v ďalších databázach a **20** ďalších publikačných výstupov. Ku každému podujatiu bol vytvorený informačný banner, tlačová správa a fotodokumentácia. Informácie boli šírené cez projektový web, sociálne siete, fakultné informačné panely aj odborné časopisy.

POĎAKOVANIE

Poďakovanie patrí všetkým lektorom, prednášajúcim, externým odborníkom, zamestnancom a študentom FEI STU, FAD STU a stredných škôl, ktorí sa do vzdelávacieho programu a dotazníkových prieskumov zapojili.

Projekt REBECCA (Obnoviteľná energia pre vytvorenie vyváženého ekologického programu znižovania emisií uhlíka), č. 09I04-03-V02-00033, bol financovaný Európskou uniou NextGenerationEU prostredníctvom Plánu obnovy a odolnosti Slovenskej republiky v rámci výzvy 09I04-03-V2 Podpora výskumných projektov zameraných na dekarbonizáciu ekonomiky v TRL úrovniach 1 až 3.