

**ENERGETICKÝ MANAŽMENT
a
ENERGETICKÝ AUDIT**

Peter Tauš
Maksym Mykhei
Marcela Taušová

Autori: © prof. Ing. Peter Tauš, PhD.
Ing. Maksym Mykhei
doc. Ing. Marcela Taušová, PhD.

Recenzenti: doc. Ing. Peter Ďurčanský, PhD.
doc. Ing. Natália Jasminská, PhD.

Vydavateľ: © TU v Košiciach, FBERG, Edičné stredisko – dekanát

Vydanie: prvé
Košice 2026

Náklad: 50 ks

ISBN: 978-80-553-5061-5

Týmto by sme sa chceli poďakovať za možnosť absolvovať medzinárodný kurz EUREM – Manažér pre energetiku, organizovaný spoločnosťou AHK Slowakei – Slovensko-nemeckou obchodnou komorou pod odbornou záštitou prof. Ing. Dušana Petráša, PhD. Kurz bol jedným z hlavných impulzov, ktoré autorov viedli k napísaniu tejto učebnice.

Táto publikácia je vysokoškolská učebnica. Materiál je autorské dielo chránené Autorským zákonom Slovenskej republiky a súvisiacimi právnymi predpismi. Všetky práva vyhradené. Okrem zákonom povolených prípadov nesmie byť žiadna časť tohto materiálu reprodukováná ani šírená akoukoľvek formou bez predchádzajúceho písomného súhlasu autorov.

Za odbornú úroveň učebného textu zodpovedajú autori. Rukopis neprešiel redakčnou ani jazykovou úpravou.

Obsah

Zoznam obrázkov	4
Zoznam tabuliek	5
Predslov	7
 Časť I. Základy energetického manažmentu	9
1 Úvod do energetického manažmentu	9
1.1 Význam a vymedzenie energetického manažmentu	9
1.2 Ciele a úlohy energetického manažmentu	10
1.3 Údaje ako základ rozhodovania	11
1.4 Systematický prístup k zlepšovaniu energetickej hospodárnosti	13
2 Energetické toky a ukazovatele energetickej hospodárnosti	14
2.1 Energetický systém organizácie a energetické toky	14
2.2 Energetická bilancia ako nástroj analytického hodnotenia	16
2.3 Ukazovatele energetickej hospodárnosti a ich interpretácia	18
2.4 Identifikácia významných miest spotreby a energetických strát	20
3 Legislatívny a normatívny rámec energetického manažmentu	23
3.1 Európsky právny rámec energetickej efektívnosti	23
3.2 Slovenský právny rámec energetickej efektívnosti a hospodárnosti budov	25
3.3 Norma ISO 50001 a systém energetického manažérstva	27
3.4 Právne a normatívne dôsledky pre organizácie a verejný sektor	29
 Časť II. Analytické nástroje a metódy	32
4 Zber, spracovanie a analýza energetických dát	32
4.1 Údajová základňa energetického manažmentu	32
4.2 Meranie, monitoring a organizácia zberu údajov	34
4.3 Spracovanie, validácia a normalizácia energetických údajov	35
4.4 Analytické metódy a interpretácia energetických dát	37
5 Energetický audit ako kľúčový nástroj energetického manažmentu	41
5.1 Podstata, účel a odborné východiská energetického auditu	41
5.2 Metodika vykonania energetického auditu	43
5.3 Analýza súčasného stavu a identifikácia potenciálu úspor	45
5.4 Návrh opatrení, ekonomické hodnotenie a záverečná správa	48
 Časť III. Opatrenia na zvyšovanie energetickej efektívnosti	52
6 Opatrenia na strane spotreby energie	52
6.1 Tepelnotechnické a prevádzkové opatrenia v budovách	52
6.2 Osvetlenie, elektrické spotrebiče a vnútorné technické zariadenia	56
6.3 Elektrické pohony, stlačený vzduch a pomocné energetické systémy	58
6.4 Organizačné a riadiace opatrenia na úrovni spotreby	60
7 Opatrenia na strane zdrojov energie	63
7.1 Postavenie zdrojov energie v systéme energetického manažmentu	63
7.2 Modernizácia zdrojov tepla a kotolní	64
7.3 Kombinovaná výroba elektriny a tepla	66
7.4 Tepelné čerpadlá a využitie nízkopotenciálneho tepla	69
7.5 Obnoviteľné zdroje energie v lokálnych energetických systémoch	71

7.6	Akumulácia energie a riadenie zdrojovej sústavy	72
7.7	Komplexné hodnotenie zdrojových opatrení	74
Časť IV. Integrácia obnoviteľných zdrojov energie (OZE)		78
8	Využitie obnoviteľných zdrojov energie v podnikovej a komunálnej sfére .	78
8.1	Obnoviteľné zdroje energie ako súčasť energetickej diverzifikácie	78
8.2	Fotovoltaické systémy a ich integrácia do objektu alebo prevádzky	80
8.3	Tepelné čerpadlá v budovách, podnikoch a verejných objektoch	84
8.4	Biomasa a bioplyn ako regulovateľné obnoviteľné zdroje	85
8.5	Solárne termické systémy a využitie slnečného tepla	87
8.6	Rekuperácia tepla a spätné využitie energetických tokov	87
8.7	Hybridné systémy a inteligentné energetické riadenie	88
Časť V. Realizácia a riadenie projektov		94
9	Ekonomicko-environmentálne hodnotenie a financovanie projektov	94
9.1	Metodika výpočtu energetických a environmentálnych prínosov	94
9.2	Finančná úspora a štruktúra peňažných tokov projektu	98
9.3	Statické metódy hodnotenia investícií	100
9.4	Dynamické metódy hodnotenia investícií	102
9.5	Zdroje financovania energetických projektov	104
9.6	Integrované hodnotenie, senzitivna analýza a rozhodovací proces	107
10	Implementácia projektov, monitoring a overovanie dosiahnutých úspor ..	114
10.1	Implementácia ako rozhodujúca fáza projektového cyklu	114
10.2	Riadenie realizácie, uvedenie do prevádzky a funkčné odovzdanie systému	115
10.3	Monitoring po realizácii a tvorba referenčného hodnotiaceho rámca	117
10.4	Meranie a verifikácia úspor energie	119
10.5	Dokumentácia výsledkov, reporting a interné vyhodnotenie	121
10.6	Kontinuálne zlepšovanie po realizácii a väzba na ďalší cyklus riadenia	123
Zoznam právnych predpisov, technických noriem a súvisiacich dokumentov		126
Zoznam použitej literatúry		128

Zoznam obrázkov

1.1	Energetický manažment objektu.	10
1.2	Integrovaný energetický manažment rodinného domu s využitím fotovoltiky, tepelného čerpadla, rekuperácie, tepelnej izolácie, nízko-teplotného vykurovania a akumulácie energie.	11
2.1	Sankeyov diagram energetických tokov v konkrétnom podniku metalurgického priemyslu.	15
2.2	Základné ukazovatele energetickej hospodárnosti.	18
2.3	Identifikácia hlavných oblastí spotreby energie a energetických strát.	22
3.1	Európsky rámec energetickej efektívnosti a jeho väzba na energetické audity, energetický manažment a verejný sektor.	24
3.2	Slovenský právny rámec energetickej efektívnosti a energetickej hospodárnosti budov.	27
4.1	Údajová základňa energetického manažmentu ako podklad pre monitorovanie, vyhodnocovanie a návrh opatrení.	33
4.2	Analytické metódy a interpretácia energetických dát.	39
5.1	Energetický audit ako odborný nástroj merania, technického posúdenia, analýzy spotreby, ekonomického hodnotenia a návrhu opatrení.	42
5.2	Metodika vykonania energetického auditu budovy od vymedzenia rozsahu až po spracovanie záverečnej správy.	45
5.3	Analýza súčasného stavu objektu a identifikácia potenciálu úspor energie.	50
6.1	Rozdiel medzi potrebou energie budovy a skutočnou spotrebou energie ovplyvnenou účinnosťou zariadení, stratami, reguláciou a prevádzkovým správaním.	53
6.2	Základné možnosti nastavenia vykurovacej krivky	54
6.3	Prehľad hlavných opatrení na strane spotreby energie v technických systémoch.	59
6.4	Analýza súčasného stavu objektu a identifikácia potenciálu úspor energie.	62
7.1	Systémové postavenie zdrojov energie v energetickom manažmente.	64
7.2	Koordinácia fotovoltiky, tepelného čerpadla a akumulácie energie v lokálnom zdrojovom systéme.	74
8.1	Diverzifikovaný energetický systém podniku a obce založený na kombinácii obnoviteľných zdrojov energie, akumulácie a riadenia.	79
8.2	Sezónnosť výroby elektriny z fotovoltického systému v priebehu roka.	81
8.3	Tepelné čerpadlo ako súčasť energetického systému budovy s väzbou na nízko-teplotné vykurovanie, prípravu teplej vody a lokálnu výrobu elektriny.	84
8.4	Hybridný energetický systém s lokálnou výrobou energie, akumuláciou a inteligentným riadením energetických tokov.	89
9.1	Prepojenie technického energetického opatrenia s úsporou energie, finančným prínosom, úsporou primárnej energie a znížením emisií.	95
9.2	Integrované investičné rozhodovanie energetického projektu na základe technických, ekonomických, environmentálnych a finančných kritérií.	108
10.1	Monitoring, meranie a verifikácia dosiahnutých úspor ako základ spätnej väzby a ďalšieho zlepšovania energetického manažmentu.	124

Zoznam tabuliek

1.1	Hlavné ciele energetického manažmentu	11
2.1	Príklad základnej energetickej bilancie organizácie	16
2.2	Základná štruktúra energetickej bilancie organizácie	17
2.3	Príklady ukazovateľov energetickej hospodárnosti	19
2.4	Typické zdroje energetických strát v organizácii	21
3.1	Vybrané tematické okruhy európskeho rámca energetickej efektívnosti	25
3.2	Základné piliere slovenského právneho rámca energetického manažmentu	26
3.3	Základné prvky systému energetického manažérstva podľa ISO 50001	28
3.4	Praktické dôsledky legislatívneho a normatívneho rámca pre organizácie	30
4.1	Porovnanie základných režimov zberu energetických údajov	35
4.2	Vybrané kroky spracovania energetických údajov	37
4.3	Vybrané analytické metódy energetických dát	38
5.1	Základné funkcie energetického auditu v organizácii	43
5.2	Základné etapy vykonania energetického auditu	44
5.3	Typické zdroje potenciálu úspor energie	46
5.4	Odporúčaná logická štruktúra záverečnej správy z energetického auditu	49
6.1	Vybrané opatrenia v budovách a ich odborný účinok	55
6.2	Typické opatrenia v oblasti osvetlenia a vnútorných elektrických zariadení	57
6.3	Typické opatrenia pri pohonoch a pomocných systémoch	59
6.4	Príklady organizačných a riadiacich opatrení na strane spotreby	61
7.1	Typické opatrenia pri zdrojoch tepla	65
7.2	Hlavné predpoklady úspešnej aplikácie kogenerácie	67
7.3	Vybrané vstupné údaje pre hodnotenie kogeneračného zdroja	68
7.4	Porovnanie základných typov tepelných čerpadiel	70
7.5	Vybrané obnoviteľné zdroje a ich systémové vlastnosti	72
7.6	Funkcie akumulácie energie v zdrojovej sústave	73
8.1	Základné technické a prevádzkové hľadiská pri návrhu fotovoltického systému	80
8.2	Vybrané aplikačné hľadiská pri tepelných čerpadlách	85
8.3	Porovnanie biomasy a bioplynu z hľadiska energetického manažmentu	86
8.4	Typické oblasti využitia rekuperácie tepla	88
9.1	Vybrané faktory primárnej energie a emisné faktory energetických nosičov	96
9.2	Vstupné údaje pre výpočet energetickej a emisnej úspory	97
9.3	Porovnanie variantov podľa jednoduchej doby návratnosti	101
9.4	Vstupné údaje pre výpočet NPV projektu	103
9.5	Základné zdroje financovania energetických projektov	105
9.6	Základné znaky financovania formou EPC	106
9.7	Príklady kritických premenných pri senzitivnej analýze energetického projektu	109
9.8	Vplyv zmeny ceny energie na ročnú finančnú úsporu	109
9.9	Vstupné údaje pre porovnanie investičných variantov	111
9.10	Zhrnutie výsledkov hodnotenia projektu	112

10.1	Základné etapy implementácie energetického projektu	115
10.2	Kľúčové prvky uvedenia energetického systému do prevádzky	116
10.3	Základné prvky monitoringu po realizácii energetického opatrenia	118
10.4	Prvky referenčného rámca pri projekte výmeny osvetlenia	118
10.5	Hlavné kroky merania a verifikácie úspor	120
10.6	Odporúčaná štruktúra priebežného reportu po realizácii energetického projektu	122
10.7	Manažérske zhrnutie výsledkov projektu modernizácie osvetlenia	122
10.8	Väzba realizovaného projektu na cyklus neustáleho zlepšovania	123

Predslov

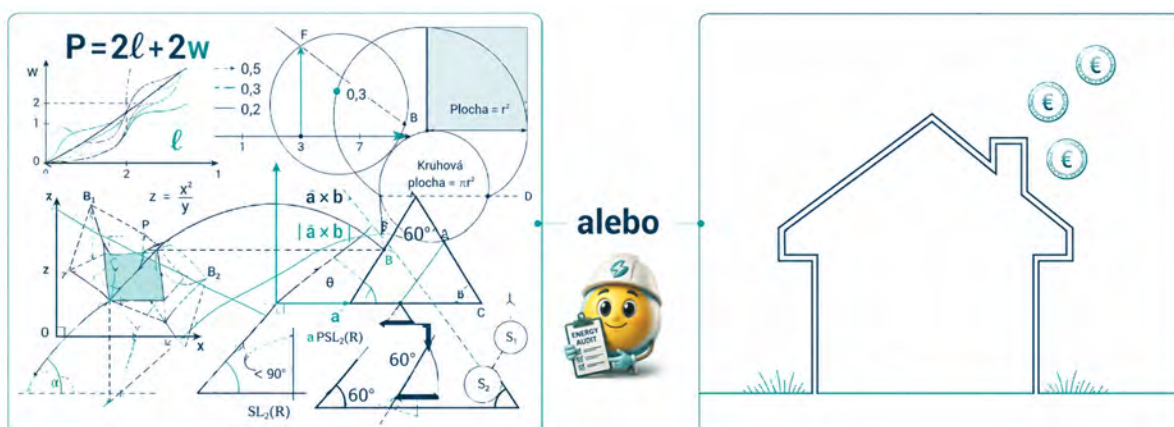
Táto učebnica je určená prednostne pre študentov vysokých škôl, na ktorých sa vyučujú predmety zamerané na energetický manažment a energetické audity. Autori sa však snažili obsah pripraviť a upraviť tak, aby bol vhodný a zrozumiteľný aj pre širšiu verejnosť, ktorá sa vo svojej praxi stretáva s problematikou efektívneho využívania energie, riadenia spotreby a hodnotenia energetických procesov.

Cieľom učebnice nie je zahltiť čitateľa exaktnými matematickými postupmi a odbornými definíciami, ale poskytnúť prehľadný, systematický a zrozumiteľný výklad základných princípov energetického manažmentu v súčasných podmienkach. Text prepája technický pohľad na energiu a energetické toky s ekonomickými, environmentálnymi a organizačnými súvislosťami.

Učebnica je koncipovaná ako študijný materiál, ktorý má pomôcť čitateľovi pochopiť základné pojmy, metódy a nástroje používané v energetickom manažmente. Osobitná pozornosť je venovaná práci s údajmi, vyhodnocovaniu spotreby energie, návrhu opatrení na zvyšovanie energetickej efektívnosti a interpretácii výsledkov v širšom kontexte.

Autori vychádzajú z presvedčenia, že energetický manažment už dnes nemožno chápať iba ako technickú disciplínu. Ide o multidisciplinárnu oblasť, v ktorej sa prepája znalosť technických systémov, analytické myslenie, rozhodovanie na základe dát a schopnosť navrhovať prakticky realizovateľné riešenia.

Špecifikom učebnice sú aj grafické prílohy, ktoré boli z väčšej časti vytvorené s podporou nástrojov umelej inteligencie. Autori sa tým snažili poukázať na to, že dôležitou súčasťou energetického manažmentu by mali byť aj grafické výstupy v jednoduchšej a zrozumiteľnej podobe. V praxi však musia vždy vychádzať z reálnych dát a výpočtov.





Časť I. Základy energetického manažmentu

Úvod do energetického manažmentu

Energetický manažment predstavuje systematický prístup k riadeniu spotreby energie, energetických tokov a súvisiacich prevádzkových procesov v organizácii. V súčasných podmienkach už nejde iba o technickú oblasť zameranú na znižovanie nákladov, ale o významnú súčasť strategického riadenia podnikov, verejných inštitúcií, miest a obcí.

1.1 Význam a vymedzenie energetického manažmentu

Energia patrí medzi základné vstupy každej modernej organizácie, ale aj bežného života. Ovplyvňuje výrobu, prevádzku budov, technologické procesy, dopravu aj zabezpečenie podporných činností. Z tohto dôvodu sa efektívne riadenie energie stáva nevyhnutnou súčasťou hospodárskeho a prevádzkového riadenia.

Energetický manažment vzniká ako odpoveď na potrebu zvyšovať hospodárnosť, obmedzovať energetické straty a súčasne zabezpečovať spoľahlivú a kvalitnú prevádzku. Jeho význam rastie aj v súvislosti s environmentálnymi požiadavkami, so zodpovedným využívaním zdrojov a s rastúcou potrebou prijímať rozhodnutia na základe merateľných a vyhodnotiteľných údajov.

V organizácii, ktorá nemá k dispozícii kvalitné dáta, takže nemá dostatočný prehľad o svojich energetických tokoch, nie je možné spoľahlivo určiť, kde vznikajú straty, ktoré zariadenia pracujú neefektívne a ktoré opatrenia môžu priniesť najväčší prínos. Energetický manažment preto vytvára rámec, v ktorom sa energia nevníma iba ako nákladová položka, ale ako riadený faktor ovplyvňujúci celkovú výkonnosť systému.

Definícia 1.1: Energetický manažment

Energetický manažment je systematický proces plánovania, monitorovania, vyhodnocovania a optimalizácie spotreby energie s cieľom zvyšovať energetickú efektívnosť, znižovať náklady a podporovať environmentálne zodpovedné fungovanie organizácie pri zachovaní kvality a kvantity produkcie.

Poznámka

Energetický manažment nie je možné chápať iba ako technické nastavovanie zariadení. Zahŕňa aj organizačné opatrenia, prácu s údajmi, ekonomické hodnotenie a rozhodovanie na úrovni vedenia organizácie.



Obrázok 1.1: Energetický manažment objektu.

Zdroj: vlastné spracovanie.

1.2 Ciele a úlohy energetického manažmentu

Ciele energetického manažmentu musia byť formulované tak, aby boli zrozumiteľné, merateľné a prakticky využiteľné. Ich význam nespočíva iba v znižovaní spotreby energie, ale aj v zlepšovaní celkovej prevádzkovej a ekonomickej stability organizácie. Medzi základné ciele energetického manažmentu patria:

1. znižovanie energetických strát,
2. zvyšovanie energetickej efektívnosti procesov a zariadení,
3. optimalizácia prevádzkových nákladov,
4. zlepšenie prehľadu o energetických tokoch a spotrebe,
5. vytváranie podkladov pre investičné a prevádzkové rozhodnutia,
6. podpora environmentálne zodpovedného fungovania organizácie.

Aby bolo možné tieto ciele dosahovať, organizácia potrebuje zabezpečiť vhodné personálne, technické a informačné podmienky. Dôležitú úlohu pritom zohráva energetický manažér alebo pracovný tím, ktorý sleduje spotrebu energie, vyhodnocuje údaje a pripravuje návrhy opatrení.

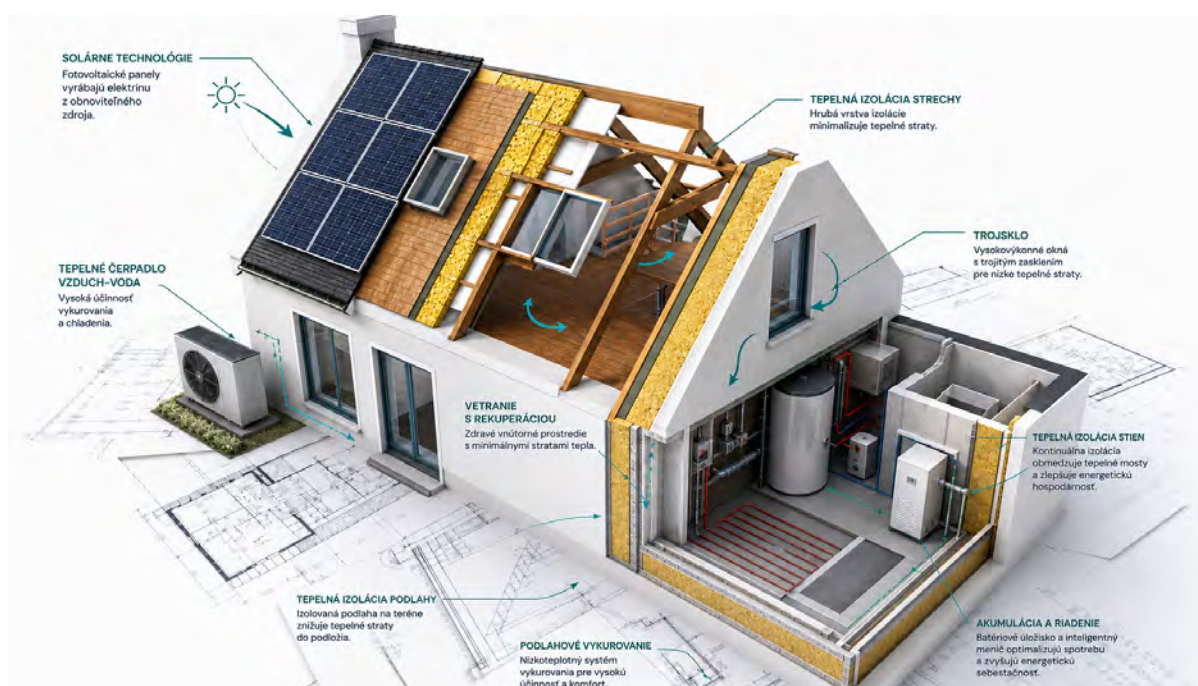
Medzi typické úlohy energetického manažéra patria:

- sledovanie spotreby a nákladov na energiu,
- identifikácia miest s neefektívnou prevádzkou a energetickými stratami,
- návrh technických a organizačných opatrení,
- vyhodnocovanie účinnosti prijatých opatrení,
- príprava podkladov pre rozhodovanie vedenia organizácie,
- spolupráca s prevádzkovými pracovníkmi a externými odborníkmi.

Energetický manažér prepája technickú realitu prevádzky s manažérskym rozhodovaním. Z toho vyplýva, že musí disponovať nielen technickými poznatkami, ale aj schopnosťou interpretovať údaje, posudzovať ekonomické dôsledky a navrhovať riešenia, ktoré sú v konkrétnych podmienkach uskutočniteľné.

Tabuľka 1.1: Hlavné ciele energetického manažmentu

Oblasť	Význam pre organizáciu
Hospodárnosť	Znižovanie nákladov na energiu a stabilizácia prevádzkových výdavkov
Technická prevádzka	Efektívnejšie využívanie zariadení a obmedzovanie energetických strát
Environmentálne hľadisko	Znižovanie negatívnych dopadov a podpora udržateľnosti
Riadenie organizácie	Kvalitnejšie rozhodovanie na základe údajov a ukazovateľov
Investičné plánovanie	Určenie priorít pri obnove technológií, zariadení a budov



Obrázok 1.2: Integrovaný energetický manažment rodinného domu s využitím fotovoltiky, tepelného čerpadla, rekuperácie, tepelnej izolácie, nízko-teplotného vykurovania a akumulácie energie.

Zdroj: vlastné spracovanie.

1.3 Údaje ako základ rozhodovania

Spôľahlivé údaje predstavujú základ každého kvalitného energetického manažmentu. Bez ich systematického zberu a vyhodnocovania nie je možné objektívne posúdiť skutočný stav, identifikovať problémové miesta ani overiť účinnosť prijatých opatrení. V praxi sa využívajú najmä tieto zdroje údajov:

- fakturačné údaje od dodávateľov energie,
- hlavné a podružné merania,
- prevádzkové denníky a interná evidencia,
- automatizované systémy monitorovania,

- výrobné a výkonové ukazovatele súvisiace so spotrebou energie.

Samotný zber údajov však nestačí. Údaje musia byť správne triedené, pravidelne vyhodnocované a interpretované vo vzťahu ku konkrétnym prevádzkovým podmienkam. Mimoriadne dôležité je aj sledovanie vývoja v čase, pretože práve časové porovnanie umožňuje zistiť, či sa energetická hospodárnosť zlepšuje, zhoršuje alebo zostáva bez výraznej zmeny.

Osobitný význam má rozlišovanie medzi absolútnou spotrebou energie a ukazovateľmi, ktoré spotrebu vzťahujú k objemu výroby, počtu používateľov, rozlohe budovy alebo dĺžke prevádzky. Takéto ukazovatele poskytujú objektívnejší pohľad na energetickú efektívnosť, pretože zohľadňujú skutočné podmienky využívania energie.

Definícia 1.2: Energetická efektívnosť

Energetická efektívnosť vyjadruje schopnosť dosahovať rovnaký alebo vyšší úžitok, výkon alebo kvalitu pri nižšej spotrebe energie.

Zaujímavosť

V odbornej praxi býva často užitočnejšie hodnotiť spotrebu energie vo vzťahu k výkonu, produkcii alebo prevádzkovému času než posudzovať iba jej absolútnu hodnotu. Až takýto prístup umožňuje presnejšie porovnanie a kvalifikovanejšie rozhodovanie.

Príklad 1.1: Jednoduché vyhodnotenie úspory energie

Riešenie. Organizácia mala v predchádzajúcom roku ročnú spotrebu elektrickej energie 420 000 kWh/rok. Po realizácii opatrení klesla ročná spotreba na 378 000 kWh/rok. Absolútna úspora energie sa vypočíta ako rozdiel pôvodnej a novej spotreby:

$$\Delta E = E_0 - E_1$$

Po dosadení:

$$\Delta E = 420\,000 - 378\,000 = 42\,000 \text{ kWh/rok}$$

Percentuálna úspora energie sa vypočíta podľa vzťahu:

$$p_E = \frac{\Delta E}{E_0} \times 100$$

Po dosadení:

$$p_E = \frac{42\,000}{420\,000} \times 100 = 10 \%$$

Ročná úspora energie teda predstavuje:

$$\Delta E = 42\,000 \text{ kWh/rok}$$

čo zodpovedá percentuálnej úspore:

$$p_E = 10 \%$$

Interpretácia. Výsledok ukazuje, že po realizácii opatrení sa ročná spotreba elektrickej energie znížila o 42 000 kWh/rok, čo predstavuje 10 % pôvodnej spotreby. Pri hodnotení výsledkov je však potrebné posúdiť aj to, či sa nezmenili prevádzkové podmienky, rozsah činnosti, počet pracovníkov, objem výroby alebo dĺžka prevádzkového času. Len vtedy možno úsporu energie správne priradiť k realizovaným opatreniam.

1.4 Systematický prístup k zlepšovaniu energetickej hospodárnosti

Energetický manažment má mať charakter nepretržitého a systematického procesu. Jednorázové meranie spotreby alebo izolované opatrenie ešte neznamenajú vytvorenie funkčného systému riadenia energie. Skutočný prínos vzniká až vtedy, keď sa údaje pravidelne sledujú, vyhodnocujú a využívajú ako základ pre ďalšie rozhodnutia. Systematický prístup možno zhrnúť do niekoľkých na seba nadväzujúcich krokov:

1. zistenie východiskového stavu,
2. identifikácia problémových miest a príčin neefektívnosti,
3. návrh a výber vhodných opatrení,
4. realizácia opatrení v prevádzke,
5. kontrola výsledkov a porovnanie s očakávaniami,
6. opätovné vyhodnotenie a ďalšie zlepšovanie.

Takto chápaný energetický manažment sa stáva prirodzenou súčasťou riadenia organizácie. Nie je iba reakciou na vysoké ceny energie alebo na okamžitý prevádzkový problém, ale predstavuje dlhodobý nástroj na zvyšovanie hospodárnosti, stability a kvality riadenia.

Poznámka

Úspešný energetický manažment si vyžaduje podporu vedenia organizácie. Bez deklarovaného záujmu o sledovanie výsledkov a o realizáciu opatrení zostávajú mnohé návrhy iba na formálnej úrovni.

Zaujímavosť

V organizáciách s dobre zavedeným energetickým manažmentom sa často ukazuje, že významnú časť úspor možno dosiahnuť aj bez rozsiahlych investícií. Dôležitú úlohu zohráva správne nastavenie prevádzky, disciplína pri obsluhu zariadení a pravidelné vyhodnocovanie údajov.

Zhrnutie kapitoly

Energetický manažment predstavuje odbornú a praktickú disciplínu, ktorá spája technické, ekonomické a organizačné pohľady na využívanie energie. Jeho význam rastie s rastúcimi nárokmi na hospodárnosť, environmentálnu zodpovednosť a kvalitu rozhodovania. Základným predpokladom jeho úspešného uplatnenia sú spoľahlivé údaje, jasne formulované ciele a schopnosť premietnuť zistenia do konkrétnych opatrení.

Otázky na opakovanie

1. Čo sa rozumie pod pojmom energetický manažment?
2. Prečo nie je možné energetický manažment chápať iba ako technickú disciplínu?
3. Aké sú hlavné ciele energetického manažmentu v organizácii?
4. Prečo sú údaje nevyhnutným základom rozhodovania?
5. Aké úlohy spravidla plní energetický manažér?
6. V čom spočíva význam systematického prístupu k zlepšovaniu energetickej hospodárnosti?

Energetické toky a ukazovatele energetickej hospodárnosti

Po úvodnom vymedzení energetického manažmentu je potrebné sústrediť pozornosť na analytické nástroje, bez ktorých nie je možné kvalifikovane posudzovať energetickú hospodárnosť organizácie. Predmetom tejto kapitoly je energetický systém organizácie, štruktúra energetických tokov, princíp energetickej bilancie, tvorba ukazovateľov energetickej hospodárnosti a metodický prístup k identifikácii významných miest spotreby a energetických strát.

2.1 Energetický systém organizácie a energetické toky

Každú organizáciu možno z hľadiska energetického manažmentu chápať ako otvorený systém, do ktorého vstupujú rôzne formy energie, v jeho vnútri prebiehajú ich premeny, prenos a distribúcia a na výstupe sa energia prejavuje vo forme užitočného efektu, produktu, strát alebo vedľajších účinkov. Takéto chápanie je základným predpokladom odbornej analýzy, pretože umožňuje sledovať energiu nie izolovane, ale v súvislostiach technologického, prevádzkového a organizačného usporiadania.

Vstupmi do energetického systému organizácie sú spravidla elektrická energia, zemný plyn, teplo zo sústavy centralizovaného zásobovania teplom, tuhé alebo kvapalné palivá, prípadne energia z obnoviteľných zdrojov. Tieto vstupy sa v závislosti od charakteru organizácie používajú na vykurovanie, prípravu teplej vody, osvetlenie, pohon strojov, chladenie, vetranie, technologické procesy alebo dopravu. Už na tejto úrovni je zrejmé, že energetický systém nie je homogénny, ale pozostáva z viacerých subsystémov, ktoré sa vzájomne ovplyvňujú.

Z metodického hľadiska je nevyhnutné rozlišovať medzi *energetickým vstupom*, *vnútorným prenosom energie*, *konečnou spotrebou energie* a *užitočne využitou energiou*. Energetický vstup vyjadruje množstvo energie, ktoré organizácia prevezme od externého dodávateľa alebo vyrobí vo vlastnom zdroji. Vnútorný prenos energie zahŕňa rozvody, transformáciu, distribúciu a reguláciu. Konečná spotreba predstavuje energiu dodanú ku koncovému zariadeniu alebo procesu. Užitočne využitá energia je tá časť energie, ktorá sa skutočne premietne do požadovaného účinku, napríklad do vykurovania priestoru, osvetlenia pracoviska alebo pohonu výrobných technológií.

Definícia 2.1: Energetický tok

Energetický tok je smerovaný pohyb energie v rámci technického alebo organizačného systému od miesta vstupu, výroby alebo premeny až po miesto jej konečného využitia alebo straty. Analýza energetických tokov umožňuje identifikovať väzby medzi zdrojom, distribúciou, spotrebou a energetickými stratami.

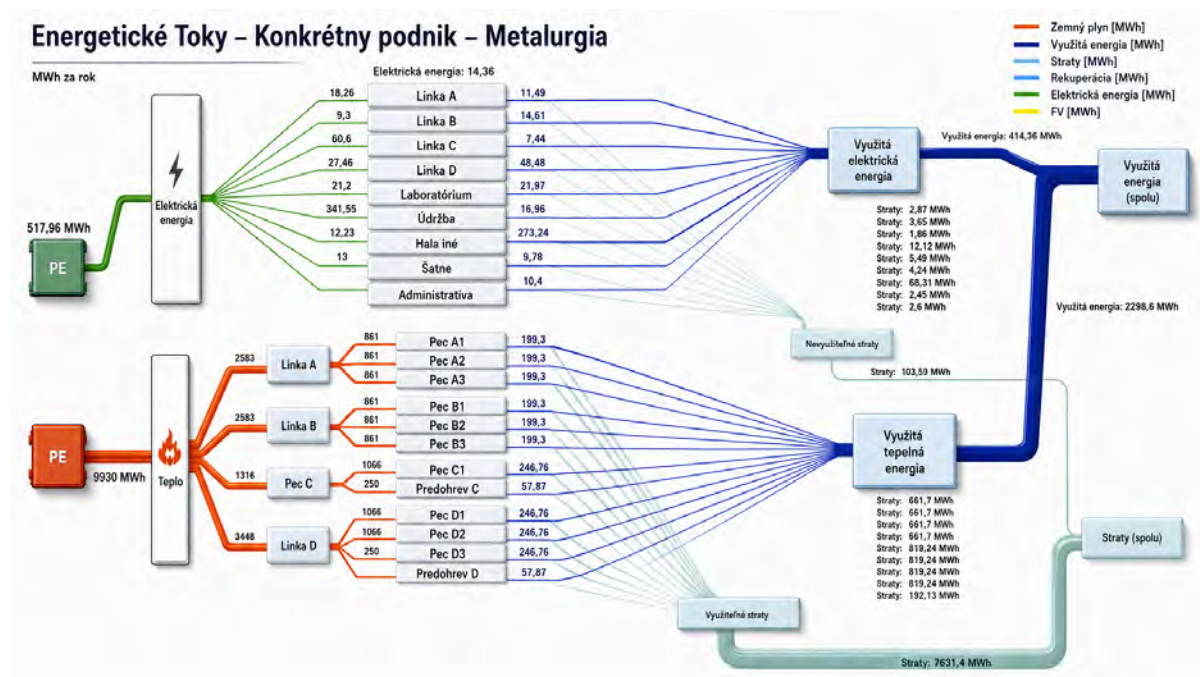
V praxi je dôležité uvedomiť si, že jednotlivé energetické toky nemožno hodnotiť len podľa ich absolútnej veľkosti. Energetický tok nadobúda odborný význam až vtedy, keď je zasadený do prevádzkového kontextu. Rovnaká ročná spotreba elektriny môže byť v jednej organizácii primeraná, zatiaľ čo v inej signalizuje závažnú neefektívnosť. Rozhodujúce je preto posudzovanie účelu, časového priebehu, prevádzkového režimu, zaťaženia zariadení a vzťahu medzi vstupnou energiou a dosiahnutým výsledkom.

Energetické toky možno klasifikovať podľa viacerých kritérií. Z hľadiska formy energie rozlišujeme elektrické, tepelné, mechanické a chemické toky. Z hľadiska funkcie možno hovoriť o tokoch pre technologické procesy, o tokoch zabezpečujúcich prevádzku budovy a o tokoch súvisiacich s pomocnými systémami. Z hľadiska riadenia sú dôležité najmä tie toky, ktoré sú významné svojím objemom, premenlivosťou alebo vplyvom na náklady.

Poznámka

V odbornej analýze energetických tokov nemožno vychádzať iba z fakturačných údajov. Fakturácia poskytuje informáciu o celkovom odbere, no bez podrobnejšieho členenia nezachytáva vnútorné rozdelenie spotreby medzi jednotlivé zariadenia, procesy alebo časové intervaly.

Osobitnú pozornosť si vyžadujú energetické toky vo viacstupňových systémoch, kde energia prechádza viacerými premenami. Typickým príkladom je výrobný závod, v ktorom sa zemný plyn spaľuje v kotolni a súčasne využíva na technologické účely, napríklad tavenie kovu. Osobitne je potrebné analyzovať toky vo vykurovacej sústave a osobitne toky pri tavení kovu. Každý medzistupeň je pritom potenciálnym miestom strát. Odborné riadenie energetickej hospodárnosti preto nemôže zostať na úrovni celkového vyúčtovania, ale musí analyzovať celý reťazec energetických premien. V súčasnosti existujú rôzne nástroje na vizualizáciu energetických tokov, čo umožňuje vedeniu spoločnosti okamžite vizuálne identifikovať problémy, najčastejším nástrojom je tzv. Sankeyov diagram.



Obrázok 2.1: Sankeyov diagram energetických tokov v konkrétnom podniku metalurgického priemyslu.

Zdroj: vlastné spracovanie.

V budovách a v komunálnej sfére býva energetický systém zdanlivo jednoduchší, avšak z analytického hľadiska prináša rovnako náročné úlohy. Potreba energie sa tu výrazne mení v závislosti od klimatických podmienok, obsadenosti priestorov, denného režimu, kvality obalových konštrukcií budovy a úrovne technického vybavenia. Ak má byť riadenie energie vecne správne, musí zohľadniť aj tieto premenné. Práve preto energetický manažment pracuje s kategóriami ako referenčné obdobie, normalizácia údajov, korekcia podľa klimatických podmienok alebo rozdelenie spotreby podľa funkčných celkov.

Zaujímavosť

V mnohých organizáciách sa ako najvýznamnejší problém neprejavuje samotná výška celkovej spotreby, ale nedostatočná znalosť jej vnútorného členenia. Organizácia síce pozná súčet odberov, no nevie spoľahlivo určiť, ktoré prevádzky alebo zariadenia sa na ňom podieľajú v akej miere.

Z hľadiska energetického manažmentu je preto účelné chápať organizáciu ako sústavu energetických uzlov a väzieb. Energetickými uzlami sú zdroje, transformačné prvky, rozvodné body, významné odberné miesta a rozhodujúce technologické zariadenia. Medzi nimi prebiehajú energetické toky, ktoré možno merať, odhadovať, modelovať a porovnávať. Takto vytvorený obraz energetického systému tvorí východisko pre zostavenie energetickej bilancie aj pre definovanie ukazovateľov energetickej hospodárnosti.

2.2 Energetická bilancia ako nástroj analytického hodnotenia

Energetická bilancia predstavuje základný analytický nástroj, prostredníctvom ktorého možno kvantifikovať a interpretovať vzťahy medzi vstupom energie, jej premenou, spotrebou, užitočným využitím a stratami. Jej význam spočíva v tom, že umožňuje pretransformovať izolované údaje do logicky usporiadaného modelu, z ktorého je možné vyvodiť odborné závery o stave energetického hospodárstva organizácie.

Vo všeobecnej rovine možno energetickú bilanciu vyjadriť ako vzťah medzi energiou na vstupe a energiou na výstupe systému. Pri ideálnom bezstratovom procese by sa vstupná energia úplne premietla do užitočného efektu. V reálnej prevádzke však časť energie podlieha stratám pri premene, distribúcii, akumulácii, regulácii alebo pri samotnom konečnom použití. Energetická bilancia preto spravidla pozostáva z troch základných častí: vstupnej energie, užitočne využitej energie a strát.

Definícia 2.2: Energetická bilancia

Energetická bilancia je systematické kvantitatívne vyjadrenie vzťahov medzi vstupom, premenou, distribúciou, spotrebou a stratami energie v rámci vymedzeného systému za určité časové obdobie.

Pri zostavovaní energetickej bilancie je rozhodujúce správne vymedzenie hraníc systému. Ak je hranica definovaná príliš široko, bilancia môže byť málo citlivá na konkrétne prevádzkové problémy. Ak je naopak príliš úzka, hrozí, že nebude možné postihnúť vzájomné väzby medzi jednotlivými časťami systému. V podmienkach organizácie sa preto bilancia zostavuje na rôznych úrovniach: pre celú organizáciu, pre budovu, pre technologickú linku, pre výrobný uzol alebo pre vybrané zariadenie. Príklad základnej energetickej bilancie spotreby energie podľa vyhlášky 179/2015 o energetickom audite je v nasledovnej tabuľke.

Tabuľka 2.1: Príklad základnej energetickej bilancie organizácie

Riadok	Bilancovaná položka	Forma energie	MWh/rok	€/rok
1	Vstup energie do systému	Elektrina	420,00	89 040
2	Vstup energie do systému	Zemný plyn	980,00	63 700
3	Celkový vstup energie	Spolu	1 400,00	152 740
4	Užitočne využitá energia	Spolu	1 120,00	–
5	Energetické straty	Spolu	280,00	–
6	Podiel strát na vstupe energie	Spolu	20,00 %	–

Metodika zostavenia energetickej bilancie spravidla zahŕňa niekoľko krokov. Najskôr je potrebné identifikovať všetky energetické vstupy do systému. Následne sa určí štruktúra spotreby podľa jednotlivých subsystémov alebo účelov využitia. V ďalšom kroku sa vyhodnocujú straty a odchýlky medzi teoreticky očakávaným a skutočným stavom. Výsledkom nie je iba súpis údajov, ale analytický obraz fungovania systému.

V odbornej praxi sa energetická bilancia využíva najmä na:

1. identifikáciu významných miest spotreby,
2. odhalenie disproporcií medzi vstupom a užitočným efektom,
3. porovnanie viacerých prevádzkových režimov,
4. vytvorenie referenčného stavu pre ďalšie hodnotenie,
5. posúdenie potenciálu úspor a technických opatrení.

Význam energetickej bilancie spočíva aj v tom, že vytvára spojenie medzi technickým a manažérskym pohľadom. Technickému pracovníkovi poskytuje informáciu o správaní systému, kým vedeniu organizácie umožňuje lepšie pochopiť, kde sa energia využíva účelne a kde predstavuje neodôvodnený náklad.

Tabuľka 2.2: Základná štruktúra energetickej bilancie organizácie

Zložka bilancie	Obsah
Energetický vstup	Nakúpená alebo vyrobená energia dodaná do systému
Transformácia a distribúcia	Premena energie, prenos rozvodmi, akumulácia, regulácia
Konečná spotreba	Energia dodaná konkrétnym zariadeniam, procesom alebo prevádzkam
Užitočne využitá energia	Energia, ktorá sa reálne premietla do požadovaného účinku
Straty	Energia stratená pri premene, rozvode, regulácii alebo neúčelnej prevádzke

Osobitný metodický problém predstavuje získavanie údajov pre energetickú bilanciu. V ideálnom prípade sa bilancia opiera o priame meranie. V reálnej prevádzke však často nie sú všetky medzistupne vybavené meracími bodmi. Vtedy je potrebné kombinovať fakturačné údaje, prevádzkové záznamy, projektové podklady, technické parametre zariadení a kvalifikované odhady. Takýto postup je prípustný, avšak vyžaduje dôsledné uvedenie predpokladov a obmedzení, aby sa výsledky neinterpretovali ako presné meranie tam, kde ide v skutočnosti o odhad.

Príklad 2.1: Jednoduchá energetická bilancia prevádzky

Riešenie. Uvažujme prevádzku, do ktorej za rok vstúpilo 600 MWh/rok elektrickej energie. Z analýzy sa zistilo, že 420 MWh/rok bolo využitých na technologický proces, 90 MWh/rok na pomocné zariadenia a 30 MWh/rok na osvetlenie.

Neidentifikovanú energiu označíme E_{str} :

$$E_{\text{str}} = E_{\text{vst}} - (E_{\text{tech}} + E_{\text{pom}} + E_{\text{osv}})$$

Po dosadení:

$$E_{\text{str}} = 600 - (420 + 90 + 30) = 60 \text{ MWh/rok}$$

Interpretácia. Ak neexistuje iné vysvetlenie, predstavuje 60 MWh/rok buď stratu, alebo nedostatočne zachytenú spotrebu v niektorom subsystéme. Takýto výsledok je podnetom na detailnejšie preverenie merania, prevádzkových režimov a vnútorného členenia spotreby.

Odborná hodnota energetickej bilancie nespočíva iba v jednorazovom zostavení. Jej význam rastie vtedy, keď sa pravidelne aktualizuje a porovnáva v čase. Porovnateľnosť viacerých bilancií umožňuje sledovať trendy, posudzovať účinok opatrení a odhaliť zmeny, ktoré by pri pohľade na jednotlivé údaje nemuseli byť zrejmé. Takto sa energetická bilancia stáva nielen analytickým, ale aj riadiacim nástrojom.

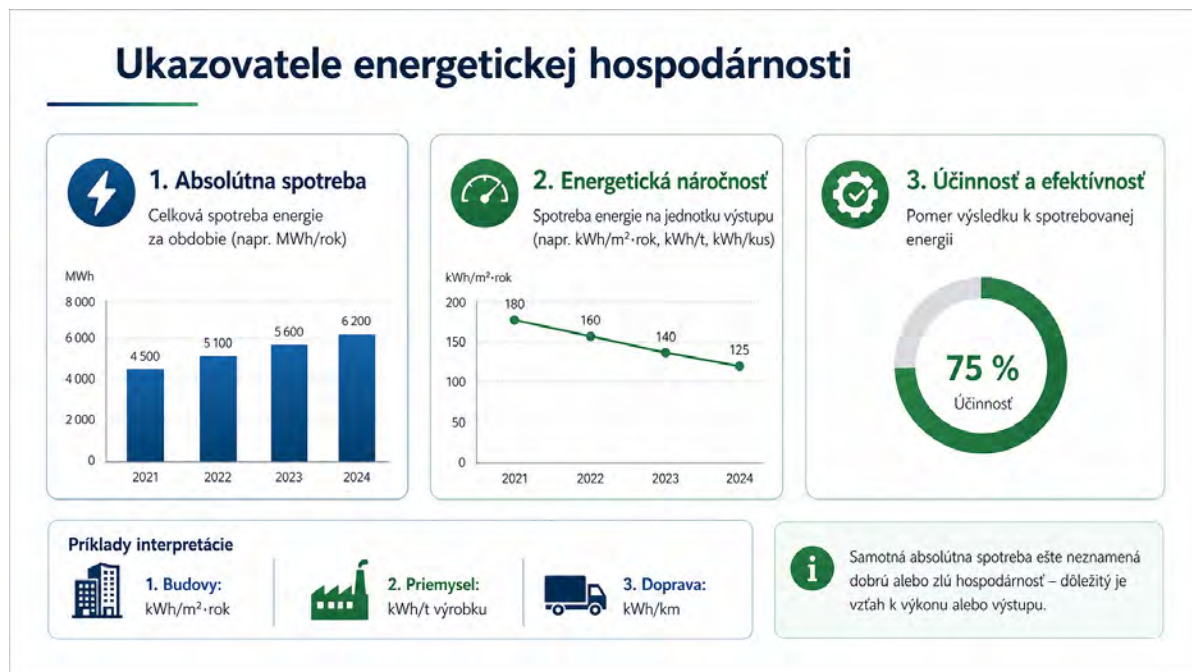
2.3 Ukazovatele energetickej hospodárnosti a ich interpretácia

Kvalitný energetický manažment sa nemôže opierať iba o údaje o absolútnej spotrebe. Takéto údaje sú síce nevyhnutné, no samy osebe neumožňujú objektívne hodnotenie. Na odborné posúdenie je potrebné vytvárať ukazovatele, ktoré prepájajú spotrebu energie s objemom výkonu, výroby, služby alebo prevádzky. Až vtedy možno hovoriť o skutočných ukazovateľoch energetickej hospodárnosti.

Ukazovateľ energetickej hospodárnosti je veličina, ktorá vyjadruje určitý aspekt využívania energie vo vzťahu k vymedzenému výsledku alebo prevádzkovej charakteristike. V technickej a manažérskej praxi sa používajú najmä tri skupiny ukazovateľov: ukazovatele absolútnej spotreby, ukazovatele energetickej náročnosti a ukazovatele účinnosti alebo efektívnosti.

Absolútna spotreba vyjadruje celkové množstvo energie spotrebované za určité obdobie. Je dôležitá najmä z ekonomického a bilančného hľadiska. Sama osebe však nevytvára, či organizácia hospodári dobre. Ak podnik zvýšil výrobu o polovicu a spotreba energie stúpila len o desatinu, absolútny nárast spotreby nemusí znamenať zhoršenie, ale naopak zlepšenie energetickej hospodárnosti.

Ukazovatele energetickej náročnosti vyjadrujú spotrebu energie na jednotku výsledku. V budovách sa často používa spotreba na meter štvorcový podlahovej plochy a rok, v priemysle spotreba na tonu výrobku, na kus produkcie alebo na hodinu prevádzky. V doprave môže ísť o spotrebu na kilometer alebo na tonokilometer. Výhodou týchto ukazovateľov je, že umožňujú porovnanie medzi obdobiami, medzi prevádzkami alebo medzi podobnými organizáciami.



Obrázok 2.2: Základné ukazovatele energetickej hospodárnosti.

Zdroj: vlastné spracovanie.

Definícia 2.3: Ukazovateľ energetickej náročnosti

Ukazovateľ energetickej náročnosti vyjadruje množstvo spotrebovanej energie pripadajúce na jednotku výstupu, služby alebo prevádzkového výkonu. Jeho účelom je vytvoriť objektívnejší základ na porovnávanie energetickej hospodárnosti.

Ďalšou skupinou sú ukazovatele účinnosti alebo efektívnosti. Tie sa uplatňujú najmä pri hodnotení jednotlivých zariadení a technologických procesov. Vyjadrujú vzťah medzi vstupnou energiou a požadovaným užitočným efektom. V kotolni môže ísť o účinnosť výroby tepla, pri elektromotore o účinnosť premeny elektrickej energie na mechanickú prácu, pri osvetlení napríklad o svetelný výkon vo vzťahu k príkonu.

Metodický problém pri tvorbe ukazovateľov spočíva v tom, že iba zriedka existuje jeden ukazovateľ, ktorý by postačoval na celkové hodnotenie systému. Organizácia preto musí pracovať so sústavou ukazovateľov, ktoré sa vzájomne dopĺňajú. Niektoré ukazujú celkový trend, iné upozorňujú na správanie jednotlivých zariadení, ďalšie zachytávajú sezónnosť, výkonové špičky alebo odchýlky od referenčného stavu.

Tabuľka 2.3: Príklady ukazovateľov energetickej hospodárnosti

Oblasť	Ukazovateľ	Význam
Budovy	kWh/(m ² ·rok)	Ročná energetická náročnosť budovy vo vzťahu k ploche
Priemyselná výroba	kWh/t výrobku	Spotreba energie na jednotku produkcie
Kotolňa	% účinnosti	Pomer vyrobenej užitočnej energie ku vstupnej energii paliva
Elektroodber	kW maximálny príkon	Sledovanie výkonových špičiek a zaťaženia
Prevádzka zariadenia	kWh/h prevádzky	Spotreba vo vzťahu k času používania

Správna interpretácia ukazovateľov si vyžaduje odbornú opatrnosť. Ukazovateľ môže byť na prvý pohľad priaznivý, no jeho zlepšenie môže byť spôsobené zmenou prevádzkových podmienok, nie skutočným zvýšením efektívnosti. Preto je nevyhnutné dopĺňať číselné výsledky vecnou interpretáciou. Pri budovách je potrebné brať do úvahy klimatické podmienky, pri výrobe zmenu sortimentu alebo výrobné štruktúry, pri doprave zmenu trasovania a zaťaženia.

Poznámka

Ukazovatele energetickej hospodárnosti nemožno interpretovať mechanicky. Každý ukazovateľ má význam iba vo vzťahu k podmienkam, za ktorých vznikol, a k účelu, na ktorý sa používa.

V modernej praxi sa čoraz väčší význam pripisuje referenčným ukazovateľom a základniám energetickej výkonnosti. Organizácia si stanoví referenčný stav, ku ktorému následne porovnáva budúce obdobia. Takýto prístup je vhodný najmä pri dlhodobom sledovaní účinkov opatrení. Umožňuje odlíšiť skutočné zlepšenie od prirodzenej variability systému.

Príklad 2.2: Interpretácia ukazovateľa energetickej náročnosti

Riešenie. Výrobná prevádzka mala v jednom roku ročnú spotrebu 960 MWh/rok elektrickej energie a vyrobila 4 800 ton výrobku. Ukazovateľ energetickej náročnosti označíme e :

$$e = \frac{E}{Q}$$

Po dosadení:

$$e = \frac{960 \text{ MWh}}{4\,800 \text{ t}} = 0,2 \text{ MWh/t}$$

V nasledujúcom roku spotreba stúpila na 1 020 MWh/rok, ale výroba na 5 700 ton. Nový ukazovateľ energetickej náročnosti je:

$$e = \frac{E}{Q}$$

Po dosadení:

$$e = \frac{1\,020 \text{ MWh}}{5\,700 \text{ t}} \approx 0,179 \text{ MWh/t}$$

Interpretácia. Hoci absolútna spotreba energie vzrástla, energetická náročnosť výroby sa znížila. Z hľadiska energetickej hospodárnosti preto došlo k zlepšeniu. Tento príklad ukazuje, prečo nemožno stav organizácie hodnotiť iba podľa celkovej spotreby.

Ukazovatele energetickej hospodárnosti sú teda nevyhnutnou súčasťou analytického aparátu energetického manažmentu. Ich úlohou nie je nahradiť odborný úsudok, ale vytvoriť vecný základ, na ktorom možno tento úsudok uplatniť. Bez vhodne zvolených ukazovateľov by organizácia síce disponovala údajmi, no nemala by spoľahlivý nástroj na ich interpretáciu.

2.4 Identifikácia významných miest spotreby a energetických strát

Jednou z najdôležitejších úloh analytickej fázy energetického manažmentu je určiť, ktoré miesta spotreby sú pre organizáciu z hľadiska energie rozhodujúce a kde vzniká najväčší potenciál zlepšenia. V odbornej literatúre aj v praxi sa v tejto súvislosti používa pojem *významné oblasti spotreby energie*. Ide o také časti systému, ktoré sa zásadným spôsobom podieľajú na celkovej spotrebe, na nákladoch alebo na riziku neefektívnej prevádzky.

Významné miesto spotreby nemusí byť vždy iba najväčším odberateľom energie. Za významné sa považuje aj také miesto, kde sa spotreba výrazne mení v čase, kde sa opakovane vyskytujú neštandardné odchýlky, kde nie sú dostatočne známe prevádzkové režimy alebo kde možno pri primeraných nákladoch očakávať zaujímavý potenciál úspor. Odborné určenie týchto miest je kľúčové, pretože pomáha sústrediť pozornosť organizácie tam, kde môže energetický manažment priniesť najväčší účinok.

Pri identifikácii významných miest spotreby sa spravidla postupuje v niekoľkých krokoch. Najskôr sa analyzuje štruktúra spotreby podľa energetických vstupov, prevádzok, technológií alebo funkčných celkov. Následne sa porovnáva ich podiel na celkovej spotrebe a na nákladoch. V ďalšom kroku sa hodnotí prevádzková stabilita, technický stav zariadení, možnosť regulácie a dostupnosť údajov. Výsledkom je určenie priorít pre detailnejšie monitorovanie a pre návrh opatrení.

Energetické straty možno rozdeliť na technické a prevádzkové. Technické straty vznikajú napríklad pri neúčinnnej premene energie, pri tepelných stratách rozvodov, pri netesnostiach, pri nevyhovujúcej izolácii alebo pri zastaraní zariadení. Prevádzkové straty súvisia s nesprávnym nastavením režimov, s nevyužitými odbermi, s nevhodnou reguláciou, s chybami obsluhy alebo s organizáciou práce. V praxi sa oba typy často kombinujú.

Definícia 2.4: Významná oblasť spotreby energie

Významná oblasť spotreby energie je časť organizácie, proces, zariadenie alebo prevádzkový celok, ktorý má podstatný vplyv na celkovú spotrebu energie, na náklady alebo na potenciál zlepšenia energetickej hospodárnosti.

Dôležitou metodickou zásadou je, aby sa identifikácia strát neopierala len o jednorazové pozorovanie. Energetická strata je často výsledkom opakujúceho sa alebo dlhodobo nevhodne nastaveného stavu. Na jej preukázanie býva potrebné kombinovať meranie, porovnanie viacerých období, technickú obhliadku, prevádzkový rozhovor a hodnotenie časového priebehu spotreby. Takýto prístup je síce náročnejší, ale vedie k spoľahlivejším záverom.

Tabuľka 2.4: Typické zdroje energetických strát v organizácii

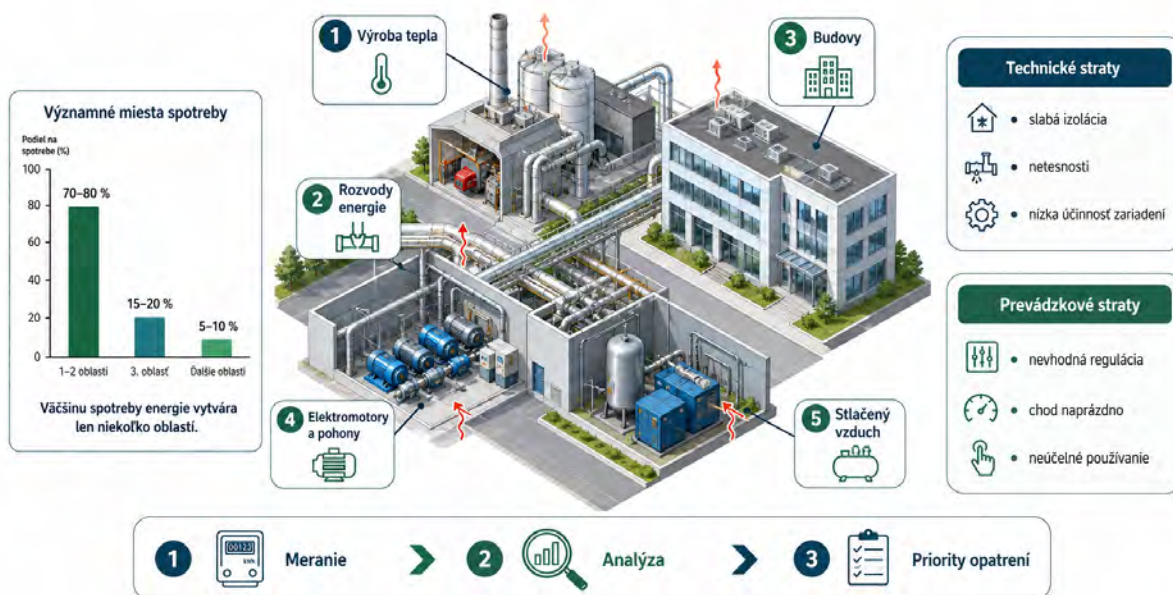
Oblasť	Typ straty	Typický prejav
Výroba tepla	Straty pri premene	Nízka účinnosť kotla, nevhodný režim spaľovania
Rozvody energie	Prenosové straty	Tepelné straty potrubí, úbytky tlaku, netesnosti
Budovy	Prevádzkové straty	Prekurovanie, nevhodné vetranie, súčasné kúrenie a chladenie
Elektromotory a pohony	Nábehové straty, straty nevyužívaním motora	Chod naprázdno, časté spúšťanie, predimenzovanie, nevhodná regulácia
Stlačený vzduch	Tlakové a prevádzkové straty	Trvalé úniky, nadmerný tlak, neúčelné použitie
Osvetlenie	Nevhodné zdroje - tepelné straty, nevhodné smerovanie svetla - svetelné straty	Svietenie mimo potreby, slabé alebo príliš silné osvetlenie

V odbornej praxi sa často uplatňuje pravidlo, že najväčší analytický význam má niekoľko málo oblastí, ktoré vytvárajú rozhodujúcu časť spotreby. Preto býva účelné najprv sa zamerať na najvýznamnejšie odbery a až následne prechádzať k menej dôležitým častiam systému. Takýto postup zodpovedá princípu racionality, pretože obmedzené personálne, časové a finančné zdroje treba sústreďovať tam, kde možno dosiahnuť najväčší efekt.

Poznámka

Nie každá zistená odchýlka automaticky predstavuje energetickú stratu. Odchýlka je iba signálom, že určitá časť systému sa správa inak, než sa očakávalo. Odborný záver možno urobiť až po technickom a prevádzkovom preverení príčin.

Správna identifikácia významných miest spotreby a strát vytvára most medzi analytickou časťou energetického manažmentu a návrhovou časťou. Až po jej vykonaní možno zodpovedne stanoviť, kde má význam doplniť meranie, kde je potrebné zmeniť prevádzkové pravidlá, kde sa oplatí vykonať technickú úpravu a kde je potenciál úspor iba zdanlivý. V tomto zmysle ide o rozhodujúci krok pri prechode od všeobecného poznania k cieľnému riadeniu.



Obrázok 2.3: Identifikácia hlavných oblastí spotreby energie a energetických strát.

Zdroj: vlastné spracovanie.

Zhrnutie kapitoly

Táto kapitola sa sústredila na analytický základ energetického manažmentu. Ukázalo sa, že odborné riadenie energie vyžaduje poznať organizáciu ako energetický systém, sledovať štruktúru energetických tokov, zostavovať energetickú bilanciu a pracovať s vhodne zvolenými ukazovateľmi energetickej hospodárnosti. Osobitný význam má identifikácia významných miest spotreby a energetických strát, pretože práve ona umožňuje určiť priority ďalšieho monitorovania a návrhu opatrení. Kapitola tak vytvára metodické východisko pre nasledujúce časti vysokoškolskej učebnice, v ktorých sa analytické poznatky premietnu do monitorovania, hodnotenia a riadenia energetickej výkonnosti.

Otázky na opakovanie

1. Prečo je vhodné chápať organizáciu ako energetický systém?
2. Čo sa rozumie pod pojmom energetický tok?
3. Aký význam má energetická bilancia pri hodnotení energetickej hospodárnosti?
4. Prečo absolútna spotreba energie sama osebe nestačí na odborné posúdenie?
5. Aký je rozdiel medzi ukazovateľom energetickej náročnosti a ukazovateľom účinnosti?
6. Na základe akých kritérií možno určiť významné oblasti spotreby energie?
7. V čom spočíva rozdiel medzi technickými a prevádzkovými stratami?

Legislatívny a normatívny rámec energetického manažmentu

Energetický manažment sa v odbornej praxi nerealizuje izolovane, ale v prostredí právnych predpisov, technických noriem a metodických pravidiel, ktoré určujú základné požiadavky na energetickú hospodárnosť, zber údajov, energetické audity, certifikáciu budov a systémové riadenie energie v organizáciách. Predmetom tejto kapitoly je vymedzenie legislatívneho a normatívneho rámca, v ktorom sa energetický manažment uplatňuje na úrovni Európskej únie aj Slovenskej republiky. Pozornosť sa sústreďuje na právne zdroje, ktoré majú rozhodujúci význam pre podniky, verejné inštitúcie, správcov budov a ďalšie subjekty zodpovedné za efektívne využívanie energie.

3.1 Európsky právny rámec energetickej efektívnosti

Súčasný európsky rámec energetického manažmentu vychádza z predpokladu, že energetická efektívnosť nie je iba doplnkovým nástrojom klimateckej politiky, ale jedným zo základných predpokladov bezpečnosti dodávok energie, hospodárskej stability a dlhodobej udržateľnosti. Práve z tohto dôvodu sa právna úprava Európskej únie postupne posúvala od všeobecnej podpory úspor energie k záväznejšiemu a detailnejšie štruktúrovanému systému povinností.

Historicky tvorila hlavný pilier európskej právnej úpravy smernica 2012/27/EÚ o energetickej efektívnosti. Tá zaviedla spoločný rámec opatrení na podporu efektívneho využívania energie v členských štátoch a významne ovplyvnila aj národné právne poriadky. Postupne sa však ukázalo, že pôvodný regulačný rámec už nezodpovedá novým cieľom energetickej transformácie ani rastúcim nárokom na dekarbonizáciu hospodárstva. Z tohto dôvodu bola prijatá prepracovaná smernica (EÚ) 2023/1791 o energetickej efektívnosti, ktorá nahradila skorší rámec a výrazne sprísnila jeho požiadavky.

Nová smernica je súčasťou širšieho európskeho klimaticko-energetického rámca, ktorý nadväzuje na balík *Fit for 55*. Jej význam nespočíva iba v tom, že stanovuje nové číselné ciele, ale najmä v tom, že mení spôsob uvažovania o energetickej efektívnosti. Tá už nie je chápaná len ako oblasť vhodná na dobrovoľné zlepšovanie, ale ako právne a strategicky záväzný prvok fungovania verejného sektora, podnikov a správy budov.

Definícia 3.1: Smernica o energetickej efektívnosti

Smernica o energetickej efektívnosti predstavuje základný právny nástroj Európskej únie, ktorý určuje spoločné ciele, princípy a povinnosti členských štátov v oblasti znižovania spotreby energie, zvyšovania energetickej výkonnosti a podpory systematického riadenia energie.

Z obsahového hľadiska je dôležité, že prepracovaná smernica zdôrazňuje princíp *energy efficiency first*, teda zásadu, podľa ktorej má byť energetická efektívnosť posudzovaná ako prvá možnosť pri rozhodovaní o investíciách, prevádzke a rozvoji energetických systémov. Tento princíp mení tradičný pohľad, v ktorom sa potreba energie riešila predovšetkým rozširovaním zdrojov. Po novom sa do popredia dostáva otázka, či možno danú potrebu pokryť nižšou spotrebou, lepším riadením alebo technickou modernizáciou.

Veľmi dôležitou zmenou je stanovenie rámca povinnosti zaviesť energetický manažment alebo vykonať energetický audit. Kým v minulosti bola veľkosť podniku pre tieto limity určovaná najmä obratom a počtom zamestnancov, nová smernica vychádza z celkovej ročnej spotreby energie podniku.

Z hľadiska povinností podnikov sa posudzuje priemerná ročná **spotreba** všetkých nosičov energie za predchádzajúce tri roky. Rozhodujúce sú najmä tieto limity:

- Pri spotrebe **vyššej ako 85 TJ (23,61 GWh)** vzniká povinnosť implementovať systém energetického manažérstva.
- Tento systém musí byť **certifikovaný nezávislým subjektom** v súlade s príslušnými európskymi alebo medzinárodnými normami.
- Systém energetického manažérstva musí byť zavedený **najneskôr do 11. októbra 2027**.
- Pri spotrebe **vyššej ako 10 TJ (2,78 GWh)** vzniká povinnosť vykonať energetický audit, ak podnik neimplementuje systém energetického manažérstva.

Osobitný význam má skutočnosť, že smernica stanovuje cieľ dodatočného zníženia spotreby energie do roku 2030 o 11,7 % v porovnaní s referenčným scenárom z roku 2020. Zároveň posilňuje požiadavky na verejný sektor, najmä prostredníctvom ročného zníženia konečnej spotreby energie vo verejnom sektore a prostredníctvom povinnosti obnovovať časť verejných budov. Takéto opatrenia posúvajú energetický manažment z roviny odporúčaného postupu do roviny systematickej a kontrolovateľnej povinnosti.



Obrázok 3.1: Európsky rámec energetickej efektívnosti a jeho väzba na energetické audity, energetický manažment a verejný sektor.

Zdroj: vlastné spracovanie.

Tabuľka 3.1: Vybrané tematické okruhy európskeho rámca energetickej efektívnosti

Oblasť úpravy	Význam pre energetický manažment
Záväzné ciele úspor energie	Vytvárajú rámec pre národné politiky a plánovanie opatrení
Verejný sektor	Zavádzajú povinnosť ísť príkladom pri znižovaní spotreby energie
Podniky s vysokou spotrebou	Posilňujú význam energetických auditov a systémového riadenia energie
Budovy	Podporujú obnovu, meranie energetickej hospodárnosti a transparentnosť trhu
Monitorovanie a vykazovanie	Zvyšujú význam dát, ukazovateľov výkonnosti a pravidelného reportingu

Z právnoteoretického hľadiska je dôležité uvedomiť si, že smernica Európskej únie nie je spravidla priamo vykonateľným detailným predpisom pre každého jednotlivého adresáta. Jej účelom je stanoviť ciele a rámcové povinnosti, ktoré musia členské štáty premietnuť do vlastného vnútroštátneho práva. Praktická aplikácia požiadaviek smernice sa preto uskutočňuje až prostredníctvom národných zákonov, vyhlášok, metodík a kontrolných mechanizmov.

Poznámka

Pri práci s európskou legislatívou je nevyhnutné rozlišovať medzi politickým cieľom, právnou povinnosťou a technickou metodikou. Smernica spravidla určuje cieľ a rámec povinností, zatiaľ čo presný spôsob ich plnenia upravuje národná legislatíva a vykonávacie predpisy.

Druhú významnú oblasť európskeho právneho rámca tvorí právna úprava zameraná na energetickú hospodárnosť budov. Budovy patria medzi najväčších spotrebiteľov energie a zároveň predstavujú sektor s vysokým potenciálom úspor. Európska právna úprava preto kladie dôraz na minimálne požiadavky na energetickú hospodárnosť, na energetickú certifikáciu, na obnovu budov a na zvyšovanie transparentnosti trhu s nehnuteľnosťami. Z pohľadu energetickeho manažmentu ide o dôležitú oblasť najmä preto, že prepája technické hodnotenie budovy s ekonomickým a právnym rozhodovaním vlastníka alebo správcu.

Napokon treba zdôrazniť aj širší systémový rozmer európskej úpravy. Súčasný právny rámec čoraz viac zohľadňuje nielen technickú efektívnosť, ale aj sociálne dôsledky energetickej transformácie, najmä energetickú chudobu, dostupnosť poradenstva a potrebu adresných opatrení v zraniteľných skupinách. Tým sa energetický manažment postupne stáva nástrojom, ktorý má nielen technický a ekonomický, ale aj výrazný spoločenský rozmer.

3.2 Slovenský právny rámec energetickej efektívnosti a hospodárnosti budov

Na úrovni Slovenskej republiky sa právny rámec energetickeho manažmentu opiera predovšetkým o zákon č. 321/2014 Z. z. o energetickej efektívnosti a o zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov. Tieto predpisy predstavujú základné piliere vnútroštátnej úpravy a vytvárajú právny základ pre výkon energetických auditov, sledovanie energetickej efektívnosti, fungovanie monitorovacích systémov a posudzovanie budov z hľadiska ich energetickej hospodárnosti.

Zákon č. 321/2014 Z. z. je z pohľadu energetickeho manažmentu kľúčovým právnym predpisom. Jeho význam spočíva v tom, že upravuje práva a povinnosti fyzických a právnických osôb pri zlepšovaní energetickej efektívnosti a vytvára právny rámec pre nástroje, prostredníctvom ktorých

možno úspory energie preukazovať, kontrolovať a podporovať. V praktickej rovine je tento zákon dôležitý najmä pre podniky, poskytovateľov energetických služieb, energetických audítorov a pre subjekty verejného sektora.

Obsahovo zákon upravuje viacero vzájomne previazaných oblastí energetickej efektívnosti. Patria sem najmä opatrenia na podporu a zlepšenie energetickej efektívnosti, povinnosti pri tvorbe koncepčných dokumentov v oblasti energetickej efektívnosti, práva a povinnosti osôb v tejto oblasti, pravidlá pri výkone energetického auditu a podnikanie v oblasti poskytovania energetických služieb. Zákon zároveň vytvára priestor na to, aby sa požiadavky energetickej politiky a európske ciele premietali do slovenskej správnej, podnikovej a prevádzkovej praxe.

Definícia 3.2: Právny rámec energetickej efektívnosti v Slovenskej republike

Právny rámec energetickej efektívnosti v Slovenskej republike tvorí súbor zákonov, vykonávacích predpisov a metodických pravidiel, ktoré upravujú znižovanie spotreby energie, energetické audity, energetické služby, monitorovanie výkonnosti a povinnosti subjektov pri efektívnom využívaní energie.

Z pohľadu správy budov má osobitný význam zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov. Tento právny predpis upravuje metodiku hodnotenia energetickej hospodárnosti budov, minimálne požiadavky na nové a významne obnovované budovy, energetickú certifikáciu a súvisiace povinnosti vlastníkov, projektantov a ďalších dotknutých osôb. Energetická hospodárnosť budovy sa v tomto rámci neposudzuje len ako technický parameter, ale ako právne relevantná vlastnosť budovy s vplyvom na trh, na informovanosť užívateľov aj na verejnú politiku.

Význam právnej úpravy budov spočíva v tom, že budovy majú dlhú životnosť a ich technické parametre výrazne ovplyvňujú spotrebu energie počas desaťročí. Práve preto sa energetická hospodárnosť budov upravuje osobitne a detailne. Ide o oblasť, v ktorej sa stretáva projektovanie, technická prevádzka, stavebné právo, ochrana spotrebiteľa aj energetická politika.

Tabuľka 3.2: Základné piliere slovenského právneho rámca energetického manažmentu

Právny predpis	Funkcia v energetickom manažmente
Zákon č. 321/2014 Z. z.	Upravuje energetickú efektívnosť, energetické audity, monitorovanie a vybrané povinnosti subjektov
Zákon č. 555/2005 Z. z.	Upravuje energetickú hospodárnosť budov, metodiku hodnotenia a energetickú certifikáciu
Súvisiace vykonávacie predpisy	Spresňujú metodiky výpočtu, obsah certifikácie, odbornú spôsobilosť a administratívne postupy
Technické normy	Poskytujú odborný a metodický rámec pre návrh, hodnotenie a prevádzku systémov

Z aplikačného hľadiska je dôležité, že žiadny národný právny rámec nie je nemenný. Keďže národná právna úprava nadväzuje na právo Európskej únie, musí reagovať na jeho vývoj. To znamená, že právne povinnosti v oblasti energetickej efektívnosti sa môžu meniť v závislosti od novelizácií, od transpozície nových smerníc a od aktualizácie vykonávacích predpisov. Z tohto dôvodu je pri energetickom manažmente nevyhnutné pracovať s aktuálnym znením právnych predpisov a nespoliehať sa len na staršie výklady alebo zaužívané prax.

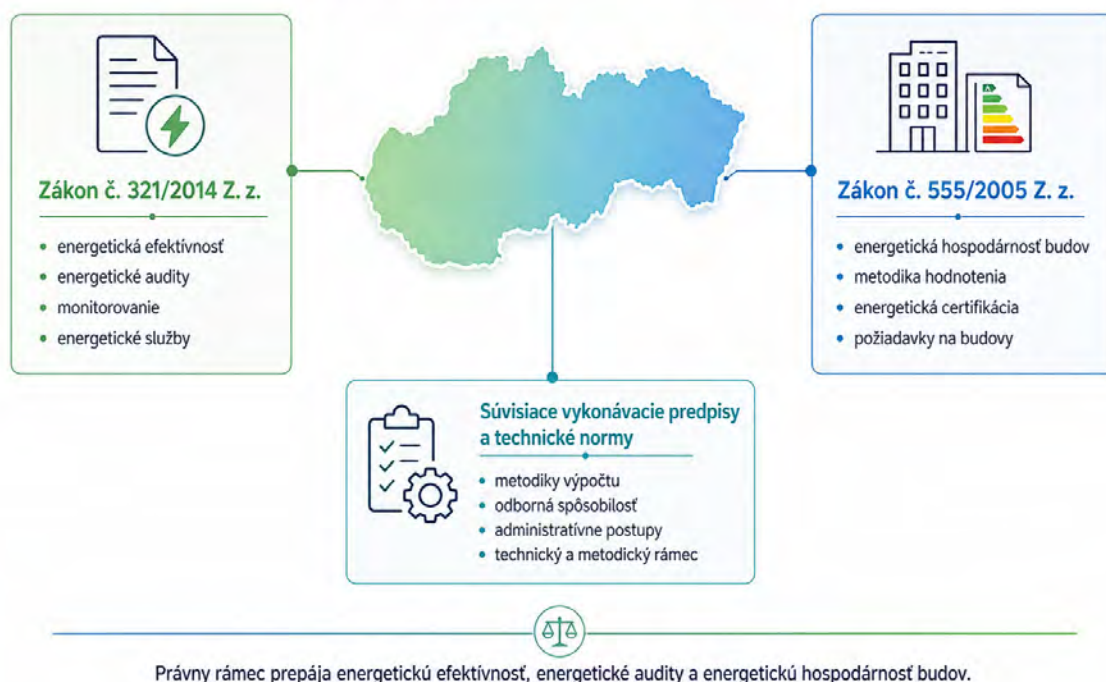
Osobitnú pozornosť si zasluhuje vzťah medzi právnou normou a technickým rozhodovaním. Právny predpis spravidla neurčuje konkrétny technický prostriedok, ktorý musí organizácia použiť, ale stanovuje cieľ, povinnosť alebo proces, ktorý musí byť splnený. Energetický manažment preto vyžaduje schopnosť previesť právnu požiadavku do jazyka technických opatrení, interných pravidiel, merateľných ukazovateľov a zodpovedností.

Poznámka

Právna úprava spravidla neurčuje iba to, čo treba splniť, ale nepriamo ovplyvňuje aj to, ako organizácia nastaví svoje interné procesy. Energetický manažment preto nemožno oddeliť od právneho povedomia a od schopnosti interpretovať požiadavky predpisov v prevádzkovej praxi.

V kontexte verejného sektora má slovenský právny rámec mimoriadny význam. Verejné inštitúcie, samosprávy, školy, nemocnice a ďalšie subjekty totiž nielen spotrebúvajú významné objemy energie, ale súčasne majú plniť aj príkladovú a demonštračnú funkciu. Právny rámec tak vytvára tlak na zavádzanie systematického monitorovania, na správu budov, na obnovu technológií a na profesionálne riadenie energie v organizáciách, ktoré spravujú verejné prostriedky.

Slovenský právny rámec energetickej efektívnosti



Obrázok 3.2: Slovenský právny rámec energetickej efektívnosti a energetickej hospodárnosti budov.

Zdroj: vlastné spracovanie.

Zaujímavosť

Význam energetickej certifikácie budov nespočíva iba v administratívnom splnení povinnosti. Certifikát vytvára aj trhovú signál: informuje vlastníkov, nájomcov a kupujúcich o tom, akú energetickú kvalitu budova dosahuje a aké sú možnosti jej zlepšenia.

3.3 Norma ISO 50001 a systém energetického manažérstva

Popri právnych predpisoch majú v energetickom manažmente zásadný význam aj technické a manažérske normy. Ich úlohou nie je vytvárať právne povinnosti v tom istom zmysle ako zákon, ale poskytovať systematický metodický rámec, ktorý organizáciám umožňuje zaviesť, udržiavať a zlepšovať riadenie energie na profesionálnej úrovni. Najvýznamnejšou normou v tejto oblasti je ISO 50001:2018.

Norma ISO 50001 definuje požiadavky na systém energetického manažérstva (*Energy Management System, EnMS*) a poskytuje organizáciám rámec na zlepšovanie energetickej výkonnosti. Jej význam spočíva v tom, že nekoncepčuje energetický manažment ako súbor náhodných opatrení, ale ako sústavu vzájomne previazaných procesov, ktoré musí organizácia plánovať, zavádzať, kontrolovať a pravidelne preskúmať.

Definícia 3.3: Systém energetického manažérstva podľa ISO 50001

Systém energetického manažérstva podľa ISO 50001 je riadiaci systém, ktorého cieľom je umožniť organizácii systematicky zlepšovať energetickú výkonnosť vrátane energetickej efektívnosti, spotreby energie a jej využívania.

Norma je vystavaná na procesnom a systémovom prístupe. Organizácia musí identifikovať významné oblasti spotreby energie, určiť zodpovednosti, vytvoriť energetickú politiku, stanoviť ciele a ukazovatele, zabezpečiť zber a vyhodnocovanie údajov, plánovať opatrenia a následne posudzovať, či sa energetická výkonnosť skutočne zlepšuje. Takéto nastavenie zodpovedá logike neustáleho zlepšovania a nadväzuje na cyklus PDCA, ktorému bola venovaná predchádzajúca kapitola.

Z metodického hľadiska je dôležité, že norma nepredpisuje jednotné technické riešenie pre všetky organizácie. Jej cieľom nie je stanoviť jednu univerzálnu hranicu spotreby alebo povinnú technológiu, ale vytvoriť rámec, v ktorom si organizácia sama určí vlastnú energetickú základňu, svoje relevantné ukazovatele a vlastnú trajektóriu zlepšovania. Tým sa norma stáva použiteľnou pre priemyselné podniky, administratívne budovy, verejné inštitúcie aj prevádzky služieb.

Tabuľka 3.3: Základné prvky systému energetického manažérstva podľa ISO 50001

Prvok systému	Obsah a význam
Energetická politika	Vyjadruje záväzok organizácie k riadeniu a zlepšovaniu energetickej výkonnosti
Energetické plánovanie	Zahŕňa analýzu východiskového stavu, identifikáciu významných spotrieb a stanovenie cieľov
Ukazovatele a základňa	Umožňujú merať energetickú výkonnosť a porovnávať vývoj v čase
Implementácia a prevádzka	Zahŕňa riadenie procesov, kompetencií, dokumentácie a prevádzkových pravidiel
Kontrola a preskúmanie	Zahŕňa monitoring, interné audity, nápravné opatrenia a preskúmanie vedením

Význam normy je aj v jej kompatibilitate s inými systémami manažérstva, najmä s normami ISO 9001 a ISO 14001. V organizáciách, ktoré už majú zavedené systémy kvality alebo environmentálneho manažérstva, možno preto EnMS integrovať do existujúceho rámca riadenia. Takýto postup je praktický, pretože umožňuje zdieľať procesy dokumentácie, interných auditov, riadenia rizík a preskúmania vedením.

Treba však zdôrazniť, že zavedenie ISO 50001 nie je samoúčelné. Norma má význam len vtedy, ak organizácia reálne pracuje s údajmi, s energetickou základňou a s priebežným vyhodnocovaním výsledkov. Formálne zavedený systém bez vecného obsahu nevedie k zlepšeniu energetickej výkonnosti. Naopak, dobre nastavený systém môže priniesť dlhodobé zníženie spotreby, lepšiu kontrolu nákladov a vyššiu transparentnosť rozhodovania.

Poznámka

Certifikácia podľa ISO 50001 sama osebe ešte nezaručuje technickú dokonalosť systému. Potvrďuje však, že organizácia zaviedla uznávaný rámec riadenia energie a že energetickú výkonnosť posudzuje systematicky, merateľne a v režime neustáleho zlepšovania. Na druhej strane samotné zavedenie ISO 50001 nemusí bezpodmienečne znamenať skutočné zlepšenie energetických procesov v podniku, najmä ak sa zavedenie systému realizuje iba formálne, teda „len na papieri“. V mnohých prípadoch môže mať vlastná iniciatíva podniku dôsledne uplatňovať cyklus PDCA väčší pozitívny vplyv na energetickú efektívnosť ako samotné získanie certifikátu ISO 50001.

Pre energetický manažment má norma ešte jeden dôležitý rozmer. Predstavuje most medzi právnym rámcom a praktickou prevádzkou. Zákon môže organizácii uložiť povinnosť auditu, monitorovania alebo zlepšovania efektívnosti, no práve ISO 50001 poskytuje odpoveď na to, ako takýto systém odborne vystavať, dokumentovať a udržať v každodennej praxi.

3.4 Právne a normatívne dôsledky pre organizácie a verejný sektor

Právny a normatívny rámec energetického manažmentu má zmysel iba vtedy, ak sa premieťa do rozhodovania konkrétnych organizácií. Z pohľadu aplikačnej praxe je preto potrebné sledovať nielen samotné predpisy a normy, ale aj to, aké požiadavky vytvárajú na riadenie, na dokumentáciu, na meranie, na investičné plánovanie a na odbornú zodpovednosť.

Prvým dôsledkom je rastúca potreba systematickej práce s údajmi. Súčasná právna úprava stále výraznejšie spája energetickú efektívnosť s preukázateľnosťou výsledkov. To znamená, že nestačí, aby organizácia deklarovala záujem o úspory, ale musí vedieť preukázať, aký je jej východiskový stav, aké opatrenia prijala a aký efekt tieto opatrenia vyvolali. V dôsledku toho sa monitoring, meranie a vyhodnocovanie dát stávajú jadrom energetického manažmentu.

Druhým dôsledkom je profesionalizácia zodpovedností. Tam, kde sa právne povinnosti sprísňujú, rastie význam odborne spôsobilých osôb, interných procesov a jasného rozdelenia kompetencií. Organizácia musí vedieť, kto zodpovedá za zber údajov, kto hodnotí ukazovatele, kto pripravuje návrhy opatrení a kto komunikuje výsledky smerom k vedeniu alebo ku kontrolným orgánom. Bez takéhoto organizačného usporiadania zostáva plnenie požiadaviek nestabilné a závislé od individuálnej iniciatívy.

Tretím dôsledkom je zmena investičného uvažovania. Energetické opatrenia už nemožno posudzovať výlučne ako dobrovoľné technické zlepšenia. Čoraz častejšie predstavujú súčasť právne, ekonomicky alebo reputačne podmieneného rámca. Organizácia musí zvažovať nielen okamžitú cenu opatrenia, ale aj jeho vplyv na plnenie povinností, na budúce prevádzkové náklady, na certifikáciu, na kvalitu prevádzky a na trhovú hodnotu budovy alebo prevádzky.

Definícia 3.4: Právna implementácia energetického manažmentu

Právna implementácia energetického manažmentu je proces, v ktorom organizácia premieťa požiadavky právnych predpisov a technických noriem do svojich interných pravidiel, zodpovedností, ukazovateľov, dokumentácie a prevádzkových opatrení.

Vo verejnom sektore je význam právneho a normatívneho rámca ešte výraznejší. Verejné subjekty spravujú rozsiahly majetok, prevádzkujú budovy s vysokou spotrebou energie a zároveň majú vystupovať ako príklad systematického a transparentného hospodárenia. To znamená, že energetický manažment vo verejnom sektore nie je iba internou technickou úlohou, ale aj súčasťou zodpovedného nakladania s verejnými prostriedkami.

Z hľadiska metodiky to vedie k tomu, že verejné organizácie musia venovať zvýšenú pozornosť

energetickej evidencii, správe budov, obnovám obalových konštrukcií, modernizácii technických systémov, obstarávaní a vyhodnocovaní efektívnosti prevádzky. Právny rámec tu vytvára motiváciu aj tlak na to, aby sa energia nestala „neviditeľným nákladom“, ale riadenou a pravidelne hodnotenou oblasťou.

Tabuľka 3.4: Praktické dôsledky legislatívneho a normatívneho rámca pre organizácie

Oblasť riadenia	Praktický dôsledok
Monitoring a dáta	Potreba systematicky merať, evidovať a vyhodnocovať energetickú spotrebu
Organizačné riadenie	Nutnosť určiť zodpovednosti, právomoci a interné procesy
Energetické audity a hodnotenie	Požiadavka na odborné posudzovanie stavu a návrh opatrení
Správa budov	Zvýšený dôraz na energetickú hospodárnosť, certifikáciu a technickú modernizáciu
Strategické plánovanie	Prepojenie investícií a prevádzkových rozhodnutí s energetickou efektívnosťou

Zároveň treba dodať, že právny a normatívny rámec nemožno vnímať iba ako súbor obmedzení. Správne interpretovaný predstavuje aj príležitosť. Organizácia, ktorá požiadavky nevníma ako formálnu záťaž, ale ako rámec pre profesionálne riadenie, môže získať lepší prehľad o vlastnej prevádzke, znížiť energetické straty, zvýšiť transparentnosť interných procesov a zlepšiť kvalitu rozhodovania. V tomto zmysle je legislatíva nielen kontrolným, ale aj rozvojovým nástrojom.

Zaujímavosť

V odbornej praxi býva najúčinnnejší taký prístup, pri ktorom sa právne požiadavky, technické normy a interné riadenie nevnímajú ako tri oddelené svety. Skutočne funkčný energetický manažment vzniká až vtedy, keď sa tieto tri roviny prepoja do jedného systému rozhodovania a prevádzky.

Zhrnutie kapitoly

Legislatívny a normatívny rámec predstavuje nevyhnutné východisko pre odborné a praktické uplatnenie energetického manažmentu. Na úrovni Európskej únie vytvára základný smer najmä právna úprava energetickej efektívnosti a energetickej hospodárnosti budov, zatiaľ čo na úrovni Slovenskej republiky tento rámec konkretizujú predovšetkým zákon č. 321/2014 Z. z. a zákon č. 555/2005 Z. z. Ich účinné uplatnenie v praxi dopĺňa norma ISO 50001, ktorá poskytuje metodický základ pre systematické riadenie energie. Pre organizácie z toho vyplýva požiadavka prepájať právne povinnosti s dátami, internými procesmi, technickými riešeniami a dlhodobým plánovaním. Práve v tomto prepojení spočíva jadro moderného energetického manažmentu.

Otázky na opakovanie

1. Prečo nemožno energetický manažment oddeliť od právneho a normatívneho rámca?
2. Aký význam má v súčasnom európskom práve princíp *energy efficiency first*?
3. Ktoré právne predpisy tvoria základ slovenského rámca energetickej efektívnosti a energetickej hospodárnosti budov?
4. V čom spočíva rozdiel medzi právnym predpisom a technickou normou?
5. Aký význam má norma ISO 50001 pre systémové riadenie energie v organizácii?
6. Prečo je pri uplatňovaní legislatívnych požiadaviek rozhodujúca kvalita energetických údajov?

A hand is shown in the foreground, reaching towards a large, glowing digital screen. The screen displays a complex interface with multiple data visualizations, including bar charts, line graphs, and a 3D architectural model of a building. The background is dark and filled with more screens and data, creating a high-tech, futuristic atmosphere. The overall color palette is dominated by blue and teal tones, with some orange highlights from the background screens.

Časť II. Analytické nástroje a metódy

Zber, spracovanie a analýza energetických dát

Kvalita energetického manažmentu je priamo podmienená kvalitou údajovej základne, z ktorej organizácia vychádza pri monitorovaní spotreby, hodnotení prevádzky a návrhu opatrení. Bez spoľahlivých, primerane podrobných a správne interpretovaných údajov nie je možné objektívne určiť stav energetickej hospodárnosti ani preukázať účinok zavedených zmien. Predmetom tejto kapitoly je odborný výklad zásad zberu, spracovania a analýzy energetických dát. Pozornosť sa sústreďuje na štruktúru údajovej základne, princípy merania, kontrolu kvality údajov, ich normalizáciu a na analytické metódy, ktoré sa uplatňujú pri hodnotení energetickej výkonnosti organizácie.

4.1 Údajová základňa energetického manažmentu

Energetický manažment patrí medzi tie oblasti riadenia, v ktorých nemožno kvalifikovane rozhodovať bez systematicky budovanej údajovej základne. Technické zariadenia, energetické toky, prevádzkové režimy a náklady na energiu vytvárajú komplexný súbor javov, ktoré sa v čase menia a navzájom podmieňujú. Ak má byť ich hodnotenie vecne správne, organizácia musí disponovať údajmi, ktoré zachytávajú nielen celkovú spotrebu energie, ale aj jej vnútornú štruktúru, časový priebeh, vzťah k prevádzkovým podmienkam a väzbu na výsledný technologický alebo prevádzkový efekt.

Údajová základňa energetického manažmentu spravidla zahŕňa niekoľko skupín údajov. Prvou skupinou sú údaje o energetických vstupoch, teda o dodávkach elektriny, tepla, plynu, palív alebo energií z vlastných zdrojov. Druhou skupinu tvoria údaje o vnútornej spotrebe energie podľa objektov, prevádzok, technologických liniek alebo zariadení. Tretiu skupinu predstavujú prevádzkové údaje, ktoré umožňujú interpretovať spotrebu v kontexte reálnej činnosti organizácie, napríklad objem výroby, počet používateľov, obsadenosť budovy, prevádzkový čas, vonkajšia teplota alebo režim technologického procesu. Štvrtou skupinou sú ekonomické údaje, predovšetkým ceny energií, tarify, rezervované kapacity a nákladové väzby.

Definícia 4.1: Údajová základňa energetického manažmentu

Údajová základňa energetického manažmentu je usporiadaný súbor technických, prevádzkových, ekonomických a meracích údajov, ktorý umožňuje monitorovať energetické toky, vyhodnocovať energetickú výkonnosť a pripravovať rozhodnutia smerujúce k zvyšovaniu energetickej hospodárnosti.

Z odborného hľadiska nemožno údajovú základňu chápať len ako pasívny archív meraní. Jej skutočný význam spočíva v tom, že vytvára štruktúru poznania o energetickom správaní organizácie. Organizácia totiž nepotrebuje iba vedieť, koľko energie spotrebovala, ale aj prečo ju spotrebovala práve v takom rozsahu, ako sa spotreba mení v čase, ktoré premenné ju ovplyvňujú a aký je jej vzťah k výslednej prevádzke. Kvalitná údajová základňa preto musí byť súčasne technicky presná, organizačne dostupná a analyticky využiteľná.

Pri budovaní údajovej základne je dôležité rešpektovať zásadu primeranosti. Nie každá organizácia potrebuje rovnako podrobný systém merania a evidencie. Rozsah a podrobnosť údajov musia zodpovedať veľkosti organizácie, členitosti energetických tokov, významu jednotlivých prevádzok a očakávanému prínosu analýzy. Nadmerne komplikovaný systém zberu údajov môže

byť nákladný a málo funkčný, zatiaľ čo príliš jednoduchý systém neposkytne dostatočný obraz o rozhodujúcich vzťahoch v energetickom hospodárstve.

V technickej praxi sa preto často uplatňuje hierarchický model údajovej základne. Na jeho vrchole stoja bilančné údaje, spravidla fakturačné alebo hlavné merania, ktoré poskytujú prehľad o celkových energetických vstupoch. Na nižších úrovniach sa nachádzajú podružné merania a prevádzkové údaje, ktoré umožňujú rozložiť celkovú spotrebu na jednotlivé funkčné celky. Takto vzniká viacúrovňový obraz systému, v ktorom možno postupovať od globálneho prehľadu k detailnej analýze konkrétneho problému.

Poznámka

Študent by si mal uvedomiť, že najväčšou slabinou energetickej analýzy nebýva len nedostatok údajov, ale aj ich nevhodná štruktúra. Organizácia môže disponovať veľkým množstvom meraní, no ak nie sú logicky usporiadané a previazané s prevádzkovými javmi, ich analytická hodnota ostáva obmedzená.

Z metodického hľadiska je vhodné, aby každá významnejšia organizácia vedela odpovedať na niekoľko základných otázok: ktoré údaje o energii sú k dispozícii, v akej časovej periodicite sa získavajú, aká je ich presnosť, kto za ne zodpovedá, akým spôsobom sa archivujú a aké rozhodnutia možno na ich základe robiť. Už samotné zodpovedanie týchto otázok predstavuje prvý krok k profesionalizácii energetického manažmentu.

Údajová základňa zároveň vytvára predpoklady pre zodpovednú interpretáciu spotreby. Bez prevádzkového a technického kontextu by spotreba energie ostala iba izolovaným číslom. Až vtedy, keď sa spojí s režimom využívania budovy, s intenzitou výroby, s technickým stavom zariadení alebo s klimatickými podmienkami, možno hovoriť o analyticky využiteľnom údaji. Preto sa v súčasnom energetickom manažmente čoraz viac presadzuje integrovaný prístup, v ktorom sa energetické údaje prepájajú s prevádzkovými a ekonomickými informáciami do jednotného informačného rámca.



Obrázok 4.1: Údajová základňa energetického manažmentu ako podklad pre monitorovanie, vyhodnocovanie a návrh opatrení.

Zdroj: vlastné spracovanie.

Zaujímavosť

V mnohých prevádzkach sa významný posun v energetickom manažmente nedosiahne hneď novou technológiou, ale už samotným sprehľadnením údajovej základne. Organizácia si až po prvý raz uvedomí, ktoré odbery sú rozhodujúce, ktoré údaje chýbajú a ktoré dovtedy považovala za dôležité, hoci mali iba okrajový význam.

4.2 Meranie, monitoring a organizácia zberu údajov

Meranie predstavuje základný spôsob, ktorým sa energetické javy prevádzajú do podoby kvantifikovateľných údajov. Z odborného hľadiska však meranie nemožno redukovať len na technický akt odpočtu hodnoty na meradle. Ide o širší proces, ktorý zahŕňa výber meranej veličiny, určenie miesta merania, voľbu vhodného meradla, definovanie frekvencie zberu, kontrolu správnosti údajov a ich začlenenie do systému ďalšieho spracovania.

V energetickom manažmente sa spravidla merajú najmä veličiny súvisiace s množstvom odobratej alebo vyrobenej energie, s okamžitým výkonom, s prietokom médií, s teplotou, tlakom, vlhkosťou, časom prevádzky a s ďalšími parametrami, ktoré ovplyvňujú energetické správanie systému. Výber veličiny závisí od typu analyzovaného systému. V elektrických sústavách sú kľúčové merania elektrickej práce, činného a jalového výkonu, účinníka či zaťaženia v čase. V tepelných systémoch nadobúdajú význam merania teploty, prietoku, dodávky tepla a parametrov regulačných uzlov.

Definícia 4.2: Monitoring spotreby energie

Monitoring spotreby energie je systematický proces pravidelného získavania, evidencie a vyhodnocovania údajov o spotrebe energie a o súvisiacich prevádzkových veličinách s cieľom sledovať vývoj energetickej výkonnosti a identifikovať odchýlky od očakávaného stavu.

Rozhodujúci význam má lokalizácia meracích miest. Ak sa meranie vykonáva iba na hlavnom vstupe do objektu alebo organizácie, získa sa informácia o celkovej spotrebe, no nie o jej vnútornej štruktúre. Naopak, vhodne navrhnutá sústava podružných meraní umožňuje rozlišovať spotrebu podľa technologických celkov, zón budovy, pomocných prevádzok alebo časových režimov. Návrh meracej sústavy preto musí zohľadniť nielen technické možnosti, ale aj budúci analytický účel. Meranie, ktoré nemožno zmysluplne interpretovať, neprináša primeraný prínos, aj keď je technicky presné.

V súčasnosti možno rozlíšiť dva základné režimy zberu údajov. Prvým je manuálny zber, pri ktorom sa údaje zapisujú z meradiel v pravidelných intervaloch. Takýto prístup je organizačne i finančne jednoduchší, avšak poskytuje nižšiu časovú detailnosť a je náchylnejší na chyby pri odpočte alebo prepise. Druhým režimom je automatizovaný zber, pri ktorom sa údaje prenášajú z meradiel alebo zo systémov riadenia do centrálnej databázy. Automatizovaný zber umožňuje vyššiu presnosť, častejší odpočet, okamžité vyhodnocovanie a lepšie odhalenie krátkodobých odchýlok. Samozrejme, za primerane vyššiu cenu.

Tabuľka 4.1: Porovnanie základných režimov zberu energetických údajov

Hľadisko	Manuálny zber	Automatizovaný zber
Časová detailnosť	Nízka až stredná	Stredná až vysoká
Pracovná náročnosť	Vyššia pri pravidelných odpočtoch	Nižšia po zavedení systému
Riziko ľudskej chyby	Vyššie	Nižšie
Možnosť priebežnej analýzy	Obmedzená	Veľmi dobrá
Investičné nároky	Nižšie na začiatku	Vyššie pri zavádzaní systému

Pri organizácii zberu údajov treba osobitne riešiť frekvenciu merania. Príliš dlhý interval môže zakryť krátkodobé anomálie, výkonové špičky alebo nevhodné režimy prevádzky. Príliš krátky interval zase môže generovať veľké množstvo údajov, ktoré organizácia nedokáže efektívne spracovať. Správne zvolená periodičita závisí od účelu monitorovania. Na bilančné a fakturačné sledovanie postačuje mesačná alebo denná periodičita, kým na prevádzkové a regulačné účely bývajú potrebné hodinové alebo ešte kratšie intervaly.

Dôležitým aspektom merania je aj metrologická spoľahlivosť. Každé meradlo má určitú triedu presnosti, určitý rozsah použiteľnosti a určité obmedzenia. V energetickom manažmente je preto nevyhnutné vedieť, či získané údaje vznikli z merania vhodným prístrojom, či sa meradlo používa v správnom rozsahu a či je zachovaná jeho technická spôsobilosť. Bez tejto znalosti môže organizácia pracovať s údajmi, ktoré pôsobia presvedčivo, ale nemajú dostatočnú výpovednú hodnotu.

Poznámka

Pre študenta technického smeru je dôležité uvedomiť si, že meranie nie je neutrálne. Každé meranie je výsledkom technickej voľby. Ak je nesprávne zvolené miesto merania, interval odpočtu alebo typ meradla, analytický záver môže byť chybný, aj keď samotná číselná hodnota merania bola odčítaná správne.

Organizácia zberu údajov zároveň zahŕňa rozdelenie zodpovedností. Musí byť určené, kto zodpovedá za odpočet, kto overuje konzistenciu údajov, kto ich archivuje, kto ich ďalej spracúva a kto ich interpretuje pre potreby riadenia. Energetický manažment zlyháva vtedy, keď sa medzi technickým zberom a manažérskym využitím vytvorí medzera. Údaje síce vznikajú, ale nevstupujú do rozhodovacieho procesu.

Zaujímavosť

V mnohých prípadoch sa za „chýbajúce meranie“ nepovažuje absencia meradla, ale absencia vhodne nastavenej otázky. Organizácia môže mať rozsiahly merací systém, no ak si dopredu neurčí, na aký analytický problém chce získať odpoveď, merania zostanú len technickým výstupom bez riadiaceho významu.

4.3 Spracovanie, validácia a normalizácia energetických údajov

Získaný údaj ešte automaticky nepredstavuje použiteľnú informáciu. Aby bolo možné energetické údaje analyzovať a porovnávať, musia prejsť procesom spracovania, kontroly a metodologickej úpravy. Táto etapa je v praxi mimoriadne dôležitá, pretože veľká časť chýb nevzniká pri samotnom meraní, ale až pri prenose, prepise, agregácii, nesprávnom párovaní údajov alebo pri ich nekritickej interpretácii.

Prvým krokom spracovania je kontrola úplnosti údajov. Organizácia musí vedieť, či sú k dispozícii všetky očakávané záznamy za sledované obdobie, či niektoré intervaly nechýbajú a či sa údaje vzťahujú na správny objekt, zariadenie alebo prevádzku. Chýbajúce údaje nemusia automaticky znamenať zásadný problém, no musia byť jednoznačne identifikované a pri ďalšom hodnotení správne zohľadnené.

Druhým krokom je validácia údajov, teda overenie ich vecnej a technickej dôveryhodnosti. V tejto fáze sa skúma, či namerané hodnoty zodpovedajú očakávanému rozsahu, či nevykazujú nelogické skoky, či nevznikli duplicity, záporné hodnoty, neprimerané extrémne alebo časové posuny. Validácia je dôležitá najmä pri automatizovanom zbere, kde môže chyba v komunikácii alebo v softvérovom nastavení vyvolať systematicky skreslené údaje.

Definícia 4.3: Validácia energetických údajov

Validácia energetických údajov je proces overovania úplnosti, správnosti, konzistencie a technickej dôveryhodnosti údajov pred ich použitím v analýze, reportingu alebo rozhodovacom procese.

Tretím krokom je agregácia a štruktúrovanie údajov. V závislosti od účelu analýzy sa jednotlivé záznamy spájajú do hodinových, denných, týždenných, mesačných alebo ročných súhrnov. Súčasne sa zoraďujú podľa objektov, prevádzok, energetických médií, časových pásiem alebo iných relevantných kritérií. Agregácia však nesmie narušiť informatívnu hodnotu údajov. Ak sa napríklad krátkodobé výkyvy skryjú v príliš hrubom súhrne, organizácia môže prehliadnuť dôležitý problém v prevádzke.

Mimoriadne dôležitou etapou je normalizácia údajov. Jej účelom je odstrániť alebo aspoň zohľadniť tie vplyvy, ktoré síce ovplyvňujú spotrebu energie, ale nesúvisia priamo s energetickou hospodárnosťou systému. Typickým príkladom je klimatický vplyv pri vykurovaných budovách. Ak je jedna vykurovacia sezóna výrazne chladnejšia než druhá, priame porovnanie spotreby tepla by mohlo viesť k chybnému záveru. Podobne v priemyselnej prevádzke treba spotrebu korigovať vo vzťahu k objemu výroby alebo k zmene výrobného mixu.

Poznámka

Študent by mal rozlišovať medzi meranou spotrebou a analyticky upraveným údajom. Meraná hodnota vyjadruje skutočný fyzikálny odber energie. Normalizovaný údaj slúži na porovnanie období alebo prevádzok, pretože sa snaží zohľadniť rozdielne vonkajšie podmienky, ktoré by inak skresľovali interpretačný záver.

Normalizácia môže mať viacero foriem. Najjednoduchšou je vzťahovanie spotreby na jednotku výkonu, produkcie, plochy alebo času. Náročnejšie prístupy využívajú regresné modely, stupňové dni, korekčné koeficienty alebo viacrozmernú analýzu. Výber metódy závisí od zložitosti systému, od dostupnosti údajov a od cieľa hodnotenia. V každom prípade však platí, že bez určitej formy normalizácie býva porovnanie dvoch období metodicky nedostatočné.

Tabuľka 4.2: Vybrané kroky spracovania energetických údajov

Krok spracovania	Účel
Kontrola úplnosti	Overenie, či nechýbajú záznamy alebo časové úseky
Validácia	Odhalenie chýb, extrémov, duplícít a nelogických hodnôt
Agregácia	Zoskupenie údajov do analyticky využiteľných celkov
Štruktúrovanie	Členenie podľa objektov, zariadení, médií alebo časových režimov
Normalizácia	Zohľadnenie vonkajších vplyvov a vytvorenie porovnateľného základu
Archivácia	Zachovanie údajov a ich verzií pre spätné overenie a ďalšiu analýzu

Spracovanie údajov sa nesmie chápať ako čisto administratívna činnosť. V skutočnosti ide o metodicky rozhodujúcu etapu, v ktorej sa určuje, či bude ďalšia analýza opretá o spoľahlivý základ. Organizácia, ktorá podcení validáciu alebo normalizáciu, môže síce pracovať s veľkým objemom údajov, no jej závery budú nestabilné a niekedy aj nesprávne.

Príklad 4.1: Význam normalizácie pri hodnotení spotreby tepla

Riešenie. Budova spotrebovala v prvom roku 310 MWh/rok tepla a v druhom roku 295 MWh/rok. Na prvý pohľad sa zdá, že došlo k zlepšeniu. Ak sa však spotreba vzťahuje na dennostupne, ktorých bolo v prvom roku 2 440 a v druhom 2 100, v skutočnosti sa spotreba tepla zvýšila o 13 kWh/dennostupeň.

Interpretácia. Bez normalizácie by organizácia usúdila, že energetická hospodárnosť sa zlepšila. Po zohľadnení klimatického vplyvu však môže byť záver opačný. Tento príklad ukazuje, že korektné porovnávanie energetických údajov si vyžaduje viac než len mechanické porovnanie dvoch čísel.

4.4 Analytické metódy a interpretácia energetických dát

Po vytvorení spoľahlivej údajovej základne a po spracovaní energetických údajov nasleduje vlastná analytická fáza. Jej účelom nie je iba opísať, čo sa v systéme stalo, ale najmä vysvetliť, prečo sa to stalo, aký je význam pozorovaných odchýlok a aké rozhodnutia možno na základe analýzy prijať. Energetická analýza preto predstavuje prechod od záznamu k interpretácii a od interpretácie k riadeniu.

Najjednoduchšou analytickou metódou je časové porovnanie. Sleduje sa vývoj spotreby alebo vybraného ukazovateľa v čase a identifikujú sa obdobia rastu, poklesu alebo nestability. Časové porovnanie je vhodným východiskom, no jeho výpovedná hodnota je obmedzená, ak sa nevykoná normalizácia alebo ak chýba technická interpretácia zistených zmien.

Ďalšou metódou je štruktúrna analýza, pri ktorej sa skúma podiel jednotlivých objektov, prevádzok, zariadení alebo energetických médií na celkovej spotrebe. Jej význam spočíva v tom, že pomáha identifikovať dominantné oblasti spotreby a sústrediť pozornosť na tie miesta, kde môže analýza a následné opatrenie priniesť najväčší účinok.

Veľmi dôležitou metódou je analýza odchýlok. Tá porovnáva skutočný stav s referenčnou hodnotou, očakávaným priebehom alebo plánovaným cieľom. Odchýlka nemusí automaticky znamenať chybu, no predstavuje signál, ktorý si vyžaduje vecné vysvetlenie. Môže byť spôsobená zmenou prevádzkového režimu, technickou poruchou, zmenou výroby, klimatickým vplyvom alebo zmenou správania používateľov.

Definícia 4.4: Analýza odchýlok

Analýza odchýlok je porovnanie skutočných energetických údajov s referenčným stavom, očakávanou hodnotou alebo plánovaným cieľom s cieľom identifikovať neštandardné správanie systému a určiť jeho pravdepodobné príčiny.

V technickej praxi sa často uplatňuje aj korelačná a regresná analýza. Tieto metódy skúmajú vzťah medzi spotrebou energie a vybranými ovplyvňujúcimi premennými, napríklad teplotou, výrobou, prevádzkovým časom alebo počtom používateľov. Ich výhodou je, že umožňujú kvantifikovať mieru závislosti a vytvoriť model očakávaného správania systému. Ak sa skutočné hodnoty od modelu odchyľujú, vzniká podnet na detailnejšie preverenie.

Osobitné miesto má analýza výkonových diagramov a časových profilov. V elektrických sústavách umožňuje identifikovať špičkové zaťaženia, neúčelné odbery mimo pracovného času, nevyrovnané zaťaženie alebo nevhodné riadenie prevádzky. V budovách zas odhaľuje nevhodné časovanie vykurovania, chladenia alebo osvetlenia. Časový profil spotreby býva často analyticky cennejší než samotná mesačná alebo ročná hodnota.

Tabuľka 4.3: Vybrané analytické metódy energetických dát

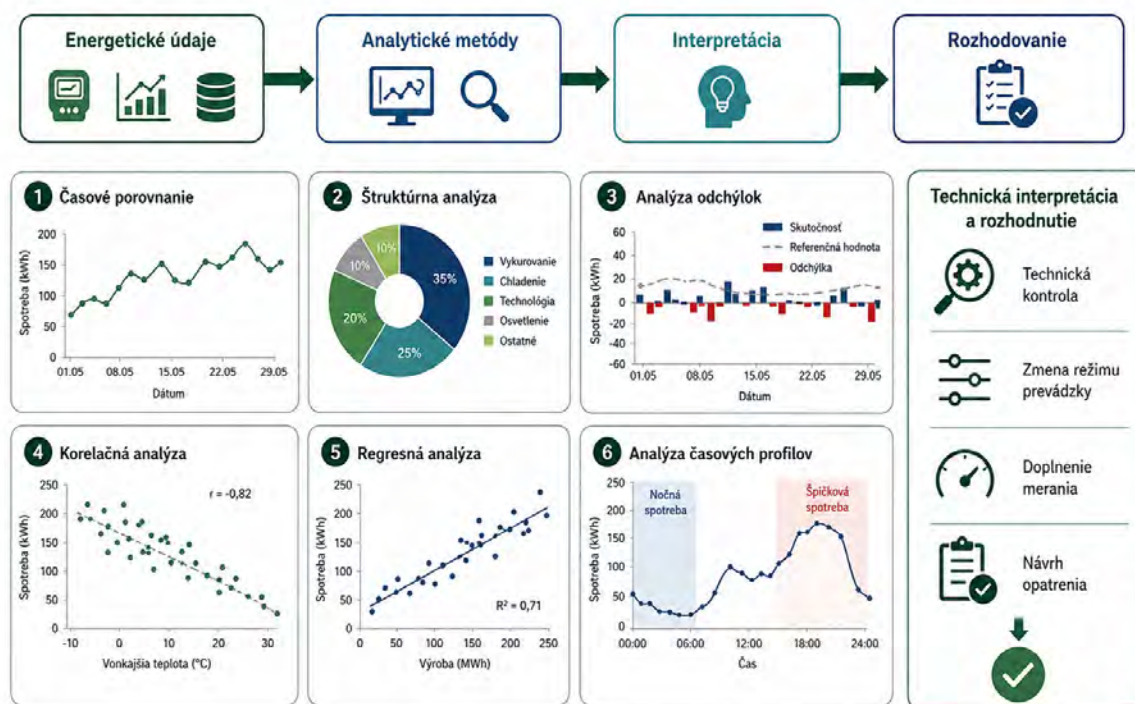
Metóda	Hlavný účel
Časové porovnanie	Sledovanie trendov a zmien spotreby v čase
Štruktúrna analýza	Určenie podielu jednotlivých objektov, prevádzok alebo médií na spotrebe
Analýza odchýlok	Odhalenie neštandardného správania voči referenčnému stavu
Korelačná analýza	Posúdenie vzťahu medzi spotrebou a ovplyvňujúcimi veličinami
Regresná analýza	Vytvorenie modelu očakávaného energetického správania
Analýza časových profilov	Hodnotenie denných, týždenných a sezónnych režimov spotreby

Skutočná hodnota analýzy však závisí od interpretácie. Číselný výsledok nie je sám osebe záverom. Záver vzniká až vtedy, keď sa numerický údaj spojí s technickým a prevádzkovým poznaním systému. Napríklad zvýšená nočná spotreba elektriny môže byť prejavom nutného technologického procesu, ale aj dôsledkom zariadení ponechaných v prevádzke bez vecného dôvodu. Bez znalosti kontextu by obidva stavy vyzerali v údajoch rovnako.

Poznámka

Pre študenta je dôležité pochopiť, že analytická metóda nenahrádza odborný úsudok. Dobre zvolená metóda pomáha odhaliť vzťahy a odchýlky, no ich správne vysvetlenie si vždy vyžaduje znalosť technického systému, prevádzkových súvislostí a cieľa analýzy.

Vysokú odbornú hodnotu má analýza vtedy, keď vedie k rozhodovaniu. To znamená, že jej výstupom nemá byť iba graf, tabuľka alebo komentár, ale aj určenie ďalšieho kroku: doplnenie merania, technická kontrola, zmena prevádzkového režimu, spresnenie referenčnej hodnoty alebo príprava investičného opatrenia. Práve v tejto väzbe na rozhodovanie sa odlišuje energetická analýza v manažérskej praxi od čisto opisnej štatistiky.



Obrázok 4.2: Analytické metódy a interpretácia energetických dát.

Zdroj: vlastné spracovanie.

Zaujímavosť

Za analyticky veľmi cenný sa v praxi považuje stav, keď sa zdanlivo „nevýznamná“ odchýlka opakovane objavuje v tom istom čase alebo v tom istom technologickom uzle. Jednorázová anomália môže byť náhodná, no pravidelne sa opakujúci jav už spravidla signalizuje skutočnú systémovú príčinu.

Príklad 4.2: Analýza nočného profilu spotreby elektriny

Riešenie. Organizácia zistila, že priemerný denný odber elektriny počas pracovných dní predstavuje 2 400 kWh/deň, zatiaľ čo nočný odber mimo prevádzky dosahuje 620 kWh/noc. Po detailnejšom rozbere sa ukázalo, že časť zariadení ostáva zapnutá aj mimo pracovného času a významný podiel má aj trvalý chod pomocných systémov.

Interpretácia. Samotná hodnota nočného odberu ešte nepreukazuje neefektívnosť. Analytický význam vzniká až po porovnaní s prevádzkovou potrebou. Ak nočný odber nezodpovedá nevyhnutnému technickému zabezpečeniu objektu, ide o významný podnet na preverenie režimu prevádzky a na návrh organizačných alebo technických opatrení.

Zhrnutie kapitoly

Zber, spracovanie a analýza energetických dát predstavujú jadro odborného energetického manažmentu. Organizácia musí disponovať primerane štruktúrovanou údajovou základňou, funkčným systémom merania a monitoringu, metodicky správnym spracovaním údajov a vhodne zvolenými analytickými postupmi. Osobitný význam má validácia a normalizácia údajov, pretože bez nich nemožno vykonávať spoľahlivé porovnanie ani odhaľovať skutočné príčiny zmien v energetickej výkonnosti. Je dôležité mať na pamäti, že analytická hodnota dát nevzniká automaticky ich zhromaždením, ale až odbornou interpretáciou, ktorá vedie k rozhodovaniu a k návrhu konkrétnych opatrení.

Otázky na opakovanie

1. Aké skupiny údajov tvoria údajovú základňu energetického manažmentu?
2. Prečo nemožno zber energetických údajov redukovať iba na odpočet meradiel?
3. Aký význam má voľba miesta merania a frekvencie odpočtu?
4. Čo sa rozumie pod validáciou energetických údajov?
5. Prečo je pri porovnávaní období potrebná normalizácia údajov?
6. Aký je rozdiel medzi časovým porovnaním a analýzou odchýlok?
7. Prečo analytická metóda sama osebe nestačí na správne hodnotenie energetickej výkonnosti?

Energetický audit ako kľúčový nástroj energetického manažmentu

Energetický audit predstavuje najvýznamnejší odborný nástroj energetického manažmentu, pretože umožňuje systematicky a detailne preskúmať energetické hospodárstvo organizácie, definovať rozhodujúce miesta spotreby, identifikovať oblasti energetických strát a pripraviť technicky a ekonomicky odôvodnené návrhy opatrení na efektívizáciu energetiky. Na rozdiel od monitorovania, ktoré poskytuje priebežný obraz o prevádzke, energetický audit smeruje k detailnému diagnostickému posúdeniu stavu a k formulovaniu kvalifikovaných odporúčaní pre vedenie organizácie v oblasti energetiky. Táto kapitola sa sústreďuje na odbornú podstatu energetického auditu, na metodiku jeho vykonania, na analýzu východiskového stavu a na vypracovanie záverečnej správy ako rozhodujúceho výstupu auditného procesu.

5.1 Podstata, účel a odborné východiská energetického auditu

Energetický audit je odborný proces, ktorého cieľom je preskúmať spôsob využívania energie v organizácii, kvantifikovať súčasný stav spotreby a identifikovať problémové miesta spotreby a procesy. Následne energetický audit stanoví opatrenia, ktoré vedú k zníženiu energetickej náročnosti pri zachovaní požadovanej funkcie, komfortu, kvality výroby alebo technologickej bezpečnosti. V odbornej praxi audit nepredstavuje iba technický opis spotreby, ale analytický a rozhodovací dokument, ktorý spája meranie, technické posudzovanie, ekonomické hodnotenie a návrh ďalšieho postupu organizácie.

Z metodického hľadiska sa energetický audit opiera o niekoľko základných princípov. Prvým je princíp vecnej úplnosti, podľa ktorého musí audit zachytiť rozhodujúce energetické toky a hlavné spotrebné miesta tak, aby výsledný obraz nebol skreslený. Druhým je princíp preukázateľnosti, čo znamená, že všetky závery musia byť podložené meraniami, technickou dokumentáciou, prevádzkovými údajmi alebo odborne zdôvodnenými výpočtami. Tretím je princíp porovnateľnosti, podľa ktorého sa súčasný stav hodnotí vo vzťahu k referenčnému obdobiu, technickému štandardu alebo alternatívnemu riešeniu. Štvrtým je princíp hospodárnosti, podľa ktorého audit neposudzuje iba technickú možnosť úspory, ale aj jej ekonomickú primeranosť.

Definícia 5.1: Energetický audit

Energetický audit je systematické odborné preskúmanie energetického hospodárstva budovy, technológie, prevádzky alebo organizácie, ktorého cieľom je získať spoľahlivý obraz o súčasnom stave spotreby energie, identifikovať technicky uskutočniteľné a ekonomicky odôvodnené efektívizačné opatrenia a pripraviť podklad pre rozhodovanie o ich realizácii.

Význam energetického auditu spočíva v tom, že vytvára most medzi analytickým poznaním a praktickým rozhodovaním. Organizácia síce môže disponovať údajmi o spotrebe energie, no bez auditného preskúmania často nevie jednoznačne určiť, ktoré straty sú podstatné, ktoré opatrenia sú reálne uskutočniteľné a aký bude ich skutočný prínos. Audit preto nefunguje iba ako kontrolný nástroj, ale aj ako nástroj investičného a prevádzkového plánovania.

Z právneho a prevádzkového hľadiska môže audit plniť viacero funkcií. Môže byť spracovaný ako zákonom alebo osobitným programom vyžadovaný dokument, ako podklad na prípravu investície, ako súčasť interného systému riadenia energie alebo ako nástroj na preverenie prevádzky

po dlhšom období bez systematického hodnotenia. V rámci zavádzania princípov energetického manažmentu je energetický audit nevyhnutnou súčasťou procesu. V každom prípade však platí, že odborná hodnota auditu nie je daná jeho formálnou existenciou, ale kvalitou jeho spracovania a mierou, do akej sú jeho výstupy využité v riadení.

Poznámka

Študent by mal rozlišovať medzi priebežným energetickým manažmentom a energetickým auditom. Energetický manažment je kontinuálny proces riadenia, zatiaľ čo audit je koncentrované odborné preskúmanie, ktoré má spravidla diagnostický a návrhový charakter. V praxi sa však oba prístupy dopĺňajú a navzájom podmieňujú.

Energetické audity možno z praktického hľadiska klasifikovať podľa predmetu hodnotenia, podľa rozsahu a podľa hĺbky spracovania. Audit môže byť zameraný na budovu, technologický proces, areál, podnik ako celok alebo na vybraný subsystém, napríklad výrobu tepla, rozvod stlačeného vzduchu alebo osvetlenie. Z hľadiska rozsahu možno rozlišovať orientačné audity, podrobné audity a účelové audity zamerané na konkrétny investičný alebo prevádzkový problém. Z hľadiska hĺbky spracovania je rozhodujúce, do akej miery audit využíva meranie, simuláciu, technické modelovanie a ekonomické hodnotenie.



Obrázok 5.1: Energetický audit ako odborný nástroj merania, technického posúdenia, analýzy spotreby, ekonomického hodnotenia a návrhu opatrení.

Zdroj: vlastné spracovanie.

Odborná úroveň auditu závisí od toho, či audítor dokáže prekročiť úroveň jednoduchého opisovania údajov. Kvalitný audit nevymenúva iba spotrebiče energie, ale skúma ich prevádzkový význam, vzájomné väzby, technické obmedzenia, režim zataženia, potenciál regulácie a možnosti zásahu. V tomto zmysle ide o syntetickú disciplínu, ktorá spája stavebnotechnické, strojárské, elektrotechnické, ekonomické a organizačné poznatky. Energetický audit vždy vychádza z odbornej obhliadky, v rámci ktorej audítor získa ucelený prehľad o procese, názoroch vedenia organizácie i orientačných zámeroch investora v oblasti energetiky.

Tabuľka 5.1: Základné funkcie energetického auditu v organizácii

Funkcia auditu	Praktický význam
Diagnostická	Identifikácia rozhodujúcich miest spotreby, strát a prevádzkových slabín
Analytická	Kvantifikácia spotreby, vyhodnotenie technického stavu a správania systému
Návrhová	Formulovanie technických a organizačných opatrení na zlepšenie
Ekonomická	Posúdenie investičných nákladov, úspor a návratnosti opatrení
Rozhodovacia	Vytvorenie odborného podkladu pre vedenie organizácie alebo investora
Dokumentačná	Zachytenie stavu a výsledkov v podobe formálnej použiteľnej správy

Zaujímavosť

V odbornej praxi býva za jeden z najcennejších výsledkov auditu považované nie to, že navrhne „veľkú investíciu“, ale to, že presne ukáže, ktoré údaje a ktoré prevádzkové súvislosti boli dovtedy nesprávne interpretované. Už samotná korekcia odborného pohľadu na systém a vyhodnocovanie môže byť významným výsledkom. Podobne ako môžu nízkonákladové opatrenia priniesť významné úsporné efekty.

5.2 Metodika vykonania energetického auditu

Energetický audit musí mať metodicky usporiadaný priebeh. Hoci jednotlivé zákazky sa môžu odlišovať rozsahom, technickou náročnosťou aj požiadavkami objednávateľa, v jadre auditného procesu sa opakujú rovnaké logické kroky. Najskôr sa vymedzí predmet a rozsah auditu, následne sa zhromaždia a preveria podklady, vykoná sa (často súbežne) odborná obhliadka a analýza východiskového stavu, potom sa navrhnu opatrenia a napokon sa výsledky usporiadajú do podoby správy z energetického auditu. Rozsah správy je pritom definovaný vyhláškou o energetickom audite č. 179/2015 Z.z.

Prvou fázou je vymedzenie predmetu auditu. V tejto etape je nevyhnutné presne určiť, ktoré objekty, technológie, energetické médiá a prevádzkové väzby budú predmetom hodnotenia. Bez správne určených hraníc systému nemožno audit metodicky korektne vykonať. Vymedzenie predmetu musí zohľadniť technickú realitu organizácie, významné oblasti spotreby energie aj účel, na ktorý má byť audit použitý. Iný rozsah bude mať audit budovy určený na obnovu obalových konštrukcií a iný audit výrobného závodu, v ktorom sa sledujú straty v technologickom procese. Súčasťou prvej fázy je aj podrobný popis majetkovoprávných vzťahov organizácie.

Druhou fázou je zhromaždenie podkladov. Audítora pracuje s fakturačnými údajmi, historickými meraniami, projektovou dokumentáciou, technickými listami zariadení, prevádzkovými denníkmi, údajmi o výrobe, rozvrhoch prevádzky a s ďalšími podkladmi, ktoré umožňujú vytvoriť obraz o technickom a energetickom správaní systému. Táto fáza má zásadný význam, pretože kvalita auditu je priamo závislá od kvality, rozsahu a detailnosti vstupných údajov.

Ďalšou a častokrát súbežnou fázou je obhliadka na mieste a odborné posúdenie skutočného stavu zahŕňajúca konzultácie s manažmentom podniku a odbornými pracovníkmi. Ide o nevyhnutnú časť auditu, pretože technický systém nemožno spoľahlivo vyhodnotiť len z dokumentácie. Pri obhliadke sa overuje technický stav zariadení, spôsob regulácie, rozvodné sústavy, izolácie,

zjavné poruchy, režim prevádzky, obsluha zariadení a ďalšie javy, ktoré sa v dokumentácii nemusia prejaviť. V tejto fáze sa často vykonávajú aj doplnkové merania, napríklad teplotné merania, merania intenzity osvetlenia, krátkodobé merania výkonu alebo termovízna diagnostika.

Definícia 5.2: Rozsah auditu

Rozsah auditu je vecné a technické vymedzenie systému, objektov, zariadení a procesov, majetkovoprávných vzťahov, ktoré budú predmetom hodnotenia.

Jeho správne určenie je nevyhnutné na to, aby výsledky auditu boli reprezentatívne, porovnateľné a použiteľné pre rozhodovanie.

Predposlednou fázou je analytické spracovanie údajov a vyhodnotenie východiskového stavu. V tejto etape sa vytvára energetická bilancia, hodnotia sa časové priebehy spotreby, identifikujú sa rozhodujúce spotrebné uzly, porovnávajú sa ukazovatele energetickej výkonnosti a skúmajú sa príčiny odchýlok. Táto fáza je jadrom auditu, pretože práve v nej sa z jednotlivých údajov stáva odborný záver.

Záverečnou fázou je návrh opatrení. Audítor na základe technickej analýzy identifikuje opatrenia organizačného, prevádzkového, technického alebo investičného charakteru. Každé opatrenie musí byť nielen technicky opísané, ale aj kvantifikované z hľadiska očakávanej úspory energie, predpokladaných nákladov, doby návratnosti a prípadných prevádzkových dôsledkov. Audit, ktorý navrhuje opatrenia bez ich technického a ekonomického posúdenia, nesplňa odborný účel.

Tabuľka 5.2: Základné etapy vykonania energetického auditu

Etapa	Obsah
Vymedzenie rozsahu	Určenie predmetu EA, hraníc systému, cieľov a analytického rámca
Zber podkladov	Fakturačné údaje, merania, technická dokumentácia, prevádzkové informácie
Obhliadka a diagnostika	Overenie skutočného stavu, konzultácie, identifikácia problémov a prevádzkových odchýlok
Analýza stavu	Energetická bilancia, ukazovatele, časové profily, výpočtové operácie
Návrh opatrení	Technické, organizačné a investičné riešenia s vyčíslením prínosov
Spracovanie správy	Usporiadanie výsledkov do odborne a formálne použiteľného dokumentu

Metodická správnosť auditu predpokladá aj schopnosť odlišovať medzi príznakom a príčinou. Napríklad vysoká spotreba tepla môže byť príznakom, ale nie príčinou problému. Príčinou môže byť zlá regulácia, nevyvážená sústava, nevhodný režim vetrania alebo technická porucha. Úlohou audítora nie je iba pomenovať jav, ale analyzovať jeho pôvod a technické súvislosti.

Poznámka

Pre študenta je dôležité pochopiť, že audit nie je „prehliadka technológií“ v bežnom zmysle slova. Je to odborný proces založený na hypotézach a ich preverovaní. Audítor si počas práce priebežne vytvára odborné predpoklady o príčinách neefektívnosti a tie následne overuje údajmi, obhliadkou a výpočtom.

Z metodického hľadiska má veľký význam aj komunikácia s pracovníkmi organizácie. Audítor totiž nezískava informácie iba z meraní a dokumentácie, ale aj z prevádzkových poznatkov obsluhy, údržby, technikov a manažérov. Tieto informácie musia byť posudzované kriticky, no často predstavujú dôležitý zdroj poznania o tom, ako systém funguje v reálnych podmienkach, ktoré javy sa v technickej dokumentácii neodrážajú, ale aj to, aké efektívizačné opatrenia plánuje samotné vedenie organizácie.



Obrázok 5.2: Metodika vykonania energetického auditu budovy od vymedzenia rozsahu až po spracovanie záverečnej správy.

Zdroj: vlastné spracovanie.

Zaujímavosť

Skúsený audítor často zistí rozhodujúce prevádzkové slabiny už počas rozhovoru s obsluhou zariadenia. Prevádzkový pracovník síce nemusí používať odbornú terminológiu, ale vie presne pomenovať, kedy sa zariadenie správa neštandardne, ktoré úseky bývajú problémové a ktoré zásahy sa v minulosti osvedčili alebo zlyhali.

5.3 Analýza súčasného stavu a identifikácia potenciálu úspor

Analýza súčasného stavu predstavuje najdôležitejšiu odbornú časť energetického auditu. Jej úlohou je vytvoriť presný a argumentačne podložený obraz o tom, ako auditovaný systém skutočne funguje, ktoré jeho časti sú z energetického hľadiska rozhodujúce a kde vznikajú technicky alebo prevádzkovo podmienené straty. Bez dôkladnej analýzy východiskového stavu by nebolo možné kvalifikovane navrhnúť opatrenia ani spoľahlivo odhadnúť ich prínos.

Prvým krokom tejto fázy je kvantifikácia energetických vstupov a ich rozdelenie podľa účelu použitia. Zostavuje sa energetická bilancia systému, v ktorej sa vyhodnocujú zdroje, spotrebné uzly, transformácia energie a straty. Zároveň sa skúma časové správanie systému: ročné, mesačné, denné alebo prevádzkovo viazané priebehy spotreby. Časová dimenzia je mimoriadne dôležitá, pretože mnohé neefektívnosti sa neprejavujú v ročnom súčte, ale v určitých režimoch prevádzky, napríklad v nočných hodinách, počas víkendov alebo pri špičkovom zaťažení.

Druhým krokom je technické hodnotenie zariadení a subsystémov. Skúma sa ich účinnosť, regulovateľnosť, vek, technický stav, vhodnosť dimenzovania, miera opotrebenia a prevádzkový režim. V budovách to býva najmä tzv. obálka budovy, zdroj tepla, rozvody, regulácia, príprava

teplej vody, osvetlenie a systémy vetrania alebo chladenia. V priemyselných prevádzkach ide najmä o technologické zariadenia, pohony, rozvody, stlačený vzduch, parné systémy, chladiace okruhy alebo odpadové teplo.

Tretím krokom je identifikácia problémových alebo slabých miest. Slabým miestom sa nerozumie iba zariadenie s vysokou spotrebou, ale každá časť systému, ktorá sa z energetického hľadiska správa nevhodne, nestabilne alebo neprimerane k svojmu účelu. Slabým miestom môže byť predimenzovaný zdroj, nevyhovujúci regulačný zásah, chod zariadenia naprázdno, nevyužitý odber mimo prevádzky, nevhodne nastavený časový režim alebo technická strata pri prenose energie.

Definícia 5.3: Potenciál úspor energie

Potenciál úspor energie je odhadované množstvo energie, ktoré možno ušetriť prostredníctvom technických, organizačných alebo prevádzkových opatrení pri zachovaní požadovanej funkcie systému, kvality procesu a primeraného komfortu.

Odborne správne určenie potenciálu úspor si vyžaduje rozlišovať medzi teoretickým a realizovateľným potenciálom. Teoretický potenciál vyjadruje maximálne možné zlepšenie, ak by sa systém priblížil ideálnemu stavu. Realizovateľný potenciál je však spravidla nižší, pretože musí zohľadniť technické obmedzenia, investičné možnosti, bezpečnostné požiadavky, prevádzkový režim, návratnosť a organizačné podmienky. Audit má preto pracovať s realistickým potenciálom, nie s ideálnou, ale neuskutočniteľnou predstavou.

Tabuľka 5.3: Typické zdroje potenciálu úspor energie

Oblasť	Typický charakter opatrenia
Regulácia a riadenie	Úprava časových programov, zónová regulácia, optimalizácia nastavenia
Technický stav zariadení	Výmena zastaraných zariadení, odstránenie porúch, zlepšenie účinnosti
Prenos a distribúcia	Zníženie strát v rozvodoch, izolácia, hydraulické alebo elektrické vyváženie
Prevádzkové režimy	Obmedzenie chodu naprázdno alebo naopak zníženie počtu štartov strojov, odstránenie nevyužitých odberov, optimalizácia prevádzky
Obal budovy alebo procesu	Zníženie tepelných strát, zlepšenie technickej kvality systému
Využitie odpadového tepla	Rekuperácia, spätné získavanie tepla, prepojenie procesov

Pri identifikácii potenciálu úspor je potrebné kombinovať viacero analytických prístupov. Používa sa porovnanie s referenčnými ukazovateľmi, technické posúdenie stavu zariadení, vyhodnotenie prevádzkových profilov, bilančné rozbory aj odborný úsudok založený na poznaní podobných systémov. Audit tak nepracuje s jednou univerzálnou metódou, ale s kombináciou metód, ktoré sa navzájom dopĺňajú.

Príklad 5.1: Úspory pri zónovom riadení osvetlenia

Riešenie. V administratívnej budove bolo pri obhliadke zistené, že časť osvetlenia zostáva zapnutá aj v období, keď priestory nie sú reálne využívané. Nejde teda primárne o problém vysokého inštalovaného príkonu svietidiel, ale o nevhodný režim ich prevádzky.

Osvetlenie rozdelíme na dve základné zóny. Spoločné priestory, chodby a schodiská majú inštalovaný príkon $P_{\text{spol}} = 5,2 \text{ kW}$ a sú v prevádzke približne 4 380 hodín ročne. Kancelárske priestory majú príkon $P_{\text{kanc}} = 6,4 \text{ kW}$ a priemerný čas využívania 1 850 hodín ročne.

Ročnú spotrebu elektriny pred opatrením označíme E_0 :

$$E_0 = P_{\text{spol}} \times t_{\text{spol}} + P_{\text{kanc}} \times t_{\text{kanc}}$$

Po dosadení:

$$E_0 = 5,2 \times 4\,380 + 6,4 \times 1\,850$$

$$E_0 = 22\,776 + 11\,840 = 34\,616 \text{ kWh/rok}$$

Navrhované opatrenie nespočíva vo výmene všetkých svietidiel, ale v doplnení snímačov prítomnosti v spoločných priestoroch a regulácie osvetlenia v kanceláriách podľa denného svetla. Predpokladá sa, že v spoločných priestoroch sa prevádzkový čas osvetlenia zníži o 45 % a v kanceláriách sa vďaka regulácii zníži efektívny príkon osvetlenia o 20 %.

Novú ročnú spotrebu označíme E_1 :

$$E_1 = P_{\text{spol}} \times t_{\text{spol}} \times (1 - 0,45) + P_{\text{kanc}} \times (1 - 0,20) \times t_{\text{kanc}}$$

Po dosadení:

$$E_1 = 5,2 \times 4\,380 \times 0,55 + 6,4 \times 0,80 \times 1\,850$$

$$E_1 = 12\,526,8 + 9\,472 = 21\,998,8 \text{ kWh/rok}$$

Ročnú úsporu elektriny označíme ΔE :

$$\Delta E = E_0 - E_1$$

$$\Delta E = 34\,616 - 21\,998,8 = 12\,617,2 \text{ kWh/rok}$$

Percentuálnu úsporu voči pôvodnej spotrebe vypočítame ako:

$$\eta = \frac{\Delta E}{E_0} \times 100$$

$$\eta = \frac{12\,617,2}{34\,616} \times 100 = 36,4 \%$$

Pri orientačnej cene elektriny 0,18 €/kWh predstavuje ročná finančná úspora:

$$U = 12\,617,2 \times 0,18 = 2\,271,10 \text{ €/rok}$$

Interpretácia. Príklad ukazuje, že úspora energie nemusí vzniknúť iba výmenou svietidiel za úspornejšie typy. V mnohých budovách je významný potenciál ukrytý v samotnom spôsobe prevádzky osvetlenia. Zónové riadenie, snímače prítomnosti a využitie denného svetla môžu znížiť spotrebu bez toho, aby sa musel meniť celý osvetľovací systém. V energetickom audite je preto potrebné posudzovať nielen inštalovaný príkon, ale aj čas používania, spôsob ovládania a reálne správanie používateľov budovy.

Osobitnú dôležitosť má kritické posúdenie prevádzkových príčin. Značná časť úspor totiž nevzniká iba modernizáciou zariadení, ale zmenou prevádzkového režimu, disciplíny obsluhy alebo odstránením organizačných neefektívností. Audit preto nesmie byť redukovaný na technický katalóg investícií. V energetickom audite sú vždy prvými odporúčaniami práve beznákladové alebo nízkonákladové opatrenia, ktoré možno realizovať rýchlo a s výrazným efektom.

Poznámka

Pre študenta je dôležitá táto metodická zásada: vysoká spotreba automaticky neznamena vysoký potenciál úspor. Niektoré energeticky významné procesy sú už technicky dobre optimalizované, kým iné, zdanlivo menšie odbery, môžu vykazovať výraznú prevádzkovú neefektívnosť.

5.4 Návrh opatrení, ekonomické hodnotenie a záverečná správa

Výsledkom energetického auditu nemá byť iba diagnostika stavu, ale aj odborne formulovaný návrh ďalšieho postupu. Navrhované opatrenia musia byť technicky uskutočniteľné, prevádzkovo primerané a ekonomicky obhájiteľné. V praxi sa spravidla členia na opatrenia organizačné, prevádzkové, technické a investičné. Takéto členenie má význam najmä preto, že umožňuje rozlíšiť opatrenia s okamžitou realizovateľnosťou od opatrení, ktoré si vyžadujú prípravu projektu, investičné rozhodnutie alebo stavebný zásah.

Organizačné a prevádzkové opatrenia bývajú často beznákladové alebo nízkonákladové. Patrí sem úprava prevádzkových režimov, zmena časových programov, precíznejšie nastavenie regulácie, odstránenie nevyužitých odberov, zlepšenie údržby alebo presnejšie riadenie prevádzky. Technické a investičné opatrenia zahŕňajú modernizáciu zariadení, výmenu zdrojov energie, obnovu rozvodov, zateplenie budov, využitie rekuperácie, zavedenie nových riadiacich systémov alebo inštaláciu zariadení na využívanie obnoviteľných zdrojov.

Každé navrhované opatrenie musí byť v audite posúdené minimálne z troch hľadísk: z technického, ekonomického a prevádzkového. Technické hľadisko skúma, či je opatrenie uskutočniteľné a či nenaruší požadovanú funkciu systému. Ekonomické hľadisko posudzuje náklady, úspory a primeranosť návratnosti. Prevádzkové hľadisko skúma, ako opatrenie ovplyvní obsluhu, údržbu, spoľahlivosť a organizačné podmienky prevádzky.

Definícia 5.4: Ekonomické hodnotenie opatrenia

Ekonomické hodnotenie opatrenia je odborné posúdenie vzťahu medzi investičnými nákladmi, prevádzkovými nákladmi, očakávanými úsporami a dobou návratnosti, ktorého cieľom je určiť, či je navrhované riešenie hospodárne a primerané podmienkam a predstavám organizácie.

Pri energetických projektoch sa za priaznivú považuje návratnosť do 10 rokov.

Najčastejšie používaným ukazovateľom býva jednoduchá doba návratnosti, teda podiel investičných nákladov a ročnej finančnej úspory. Hoci ide o pomerne jednoduchý ukazovateľ, v audítorskej praxi je veľmi užitočný, pretože poskytuje rýchlu orientáciu pri porovnaní viacerých variantov. Pri náročnejších projektoch je však vhodné doplniť ho o hlbšie ekonomické hodnotenie, najmä ak investícia zasahuje do viacerých systémov alebo má výrazný dopad na budúce prevádzkové náklady.

Príklad 5.2: Jednoduché ekonomické hodnotenie opatrenia

Riešenie. Navrhované opatrenie si vyžaduje investičné náklady vo výške 18 000 €. Očakávaná ročná úspora elektrickej energie a tepla predstavuje po prepočte na finančné náklady sumu 4 500 €/rok. Jednoduchú dobu návratnosti označíme T_n :

$$T_n = \frac{I}{U}$$

Po dosadení:

$$T_n = \frac{18\,000}{4\,500} = 4 \text{ roky}$$

Interpretácia. Takýto výsledok naznačuje, že opatrenie je z ekonomického hľadiska pomerne priaznivé. V reálnom rozhodovaní by však bolo vhodné zohľadniť aj životnosť zariadenia, budúci vývoj cien energie, náklady na údržbu a prípadné vplyvy na prevádzkovú spoľahlivosť.

Záverečná správa z energetického auditu predstavuje formálny a zároveň odborný výstup celého procesu. Jej úlohou je prehľadne, logicky a preukázateľne zhrnúť predmet auditu, východiskový stav, použitú metodiku, analytické závery, navrhované opatrenia a ich očakávané prínosy. Správa musí byť natoľko zrozumiteľná, aby ju mohol použiť manažment organizácie pri rozhodovaní, a zároveň natoľko odborná, aby obstála v technickom a kontrolnom posúdení.

Minimálny rozsah správy z EA definuje §3 Vyhlášky 179/2015 Z.z. Správa spravidla obsahuje identifikačnú časť, opis predmetu auditu, analýzu súčasného stavu, energetickú bilanciu, identifikáciu slabých miest, návrhy opatrení a ich technicko-ekonomické vyhodnotenie. V závislosti od účelu auditu sa dopĺňa o fotodokumentáciu, tabuľkové prehľady, schémy, grafy, výpočty a prílohy. V odbornej praxi platí, že správa má byť nielen formálne správna, ale aj argumentačne presvedčivá.

Tabuľka 5.4: Odporúčaná logická štruktúra záverečnej správy z energetického auditu

Časť správy	Obsah
Identifikačná časť	Údaje o objednávateľovi, audítorovi, predmete a rozsahu auditu
Opis východiskového stavu	Technický a prevádzkový opis budov, zariadení a energetických tokov
Analytická časť	Bilancie, merania, ukazovatele, vyhodnotenie slabých miest a príčin strát
Návrhová časť	Súbor opatrení s technickým opisom a kvantifikáciou úspor
Ekonomické hodnotenie	Náklady, úspory, návratnosť a prípadne ďalšie ekonomické ukazovatele
Prílohy	Fotodokumentácia, výpočty, schémy, podrobné tabuľky a doplnkové merania

Odborná presvedčivosť správy závisí od jej vnútornej logiky. Navrhované opatrenie musí byť zrozumiteľne odvodené z analytických zistení a tieto zistenia musia byť opreté o údaje, obhliadku alebo výpočet. Slabou stránkou mnohých správ býva to, že návrhy sú len voľne pripojené k analytickej časti bez dostatočného vysvetlenia, prečo práve tieto opatrenia predstavujú primeranú odpoveď na zistený stav.



Obrázok 5.3: Analýza súčasného stavu objektu a identifikácia potenciálu úspor energie.

Zdroj: vlastné spracovanie.

Zaujímavosť

Pre študenta je cenné uvedomiť si, že záverečná správa z auditu nie je iba formálny dokument. V dobre spracovanom audite má podobnú funkciu ako odborná diagnóza v medicíne: najprv musí spoľahlivo pomenovať stav, potom vysvetliť príčiny a až následne navrhnúť primeraný postup riešenia.

Zhrnutie kapitoly

Energetický audit predstavuje odborný nástroj, ktorý umožňuje systematicky preskúmať energetické hospodárstvo organizácie a premeniť analytické poznanie na kvalifikovaný návrh opatrení. Jeho odborná hodnota spočíva v dôslednom vymedzení rozsahu, v kvalitnom zbere podkladov, v technickej diagnostike, v analytickom vyhodnotení východiskového stavu a v realistickom posúdení potenciálu úspor. Skutočný význam auditu sa napokon prejavuje v kvalite záverečnej správy, ktorá musí byť technicky presná, ekonomicky odôvodnená a využiteľná pre rozhodovanie o ďalšom smerovaní energetického manažmentu v organizácii.

Otázky na opakovanie

1. V čom spočíva rozdiel medzi priebežným energetickým manažmentom a energetickým auditom?
2. Prečo musí mať energetický audit presne vymedzený rozsah a hranice systému?
3. Aké typy podkladov sú nevyhnutné na kvalitné vykonanie energetického auditu?
4. Prečo je obhliadka na mieste nevyhnutnou súčasťou auditného procesu?
5. Aký je rozdiel medzi teoretickým a realizovateľným potenciálom úspor?
6. Prečo musí byť navrhované opatrenie posúdené nielen technicky, ale aj ekonomicky a prevádzkovo?
7. Aké logické časti by mala obsahovať záverečná správa z energetického auditu?



Časť III.
Opatrenia na zvyšovanie
energetickej efektívnosti

Opatrenia na strane spotreby energie

Po identifikácii významných miest spotreby a po spracovaní energetického auditu nasleduje etapa návrhu a realizácie konkrétnych opatrení. Z hľadiska energetického manažmentu patria medzi najvýznamnejšie zásahy práve opatrenia na strane spotreby energie, pretože sa bezprostredne dotýkajú koncových zariadení, prevádzkových režimov a spôsobu využívania energie v budovách a technológiách. Predmetom tejto kapitoly je odborné posúdenie hlavných skupín opatrení na strane spotreby, najmä v oblasti tepelnotechnických vlastností budov, vykurovania, chladenia, vetrania, osvetlenia, elektrických pohonov, systémov stlačeného vzduchu a prevádzkového riadenia. Pozornosť sa sústreďuje na technický mechanizmus úspor, na prevádzkové súvislosti a na zásady odborne správneho návrhu.

6.1 Tepelnotechnické a prevádzkové opatrenia v budovách

V budovách sa významná časť konečnej spotreby energie viaže na vykurovanie, prípravu teplej vody, vetranie, chladenie a zabezpečenie vnútorného prostredia. Z tohto dôvodu predstavujú práve opatrenia v budovách jednu z najdôležitejších oblastí znižovania energetickej náročnosti. Ich význam spočíva v tom, že sa viažu na samotnú potrebu energie, teda množstvo energie, ktoré je objekt nevyhnutne nútený prijímať na zabezpečenie požadovaného teplotného, hygienického a prevádzkového štandardu. Navrhované úsporné opatrenia teda nemôžu obmedziť alebo znížiť túto hodnotu.

Základné opatrenia v budovách možno rozdeliť na stavebné a prevádzkové. Stavebné opatrenia sa týkajú najmä obalových konštrukcií, teda obvodových stien, strechy, podlahy nad nevykurovaným priestorom, otvorových konštrukcií a tepelných mostov. Ich cieľom je znížiť tepelnú stratu budovy a obmedziť potrebu dodávky tepla v zimnom období alebo potrebu chladu v letnom období. Prevádzkové opatrenia sa naopak sústreďujú na spôsob používania technických systémov budovy, teda na reguláciu vykurovania, vetrania, chladenia, časové režimy prevádzky a správanie používateľov.

Definícia 6.1: Opatrenia na strane spotreby energie

Opatrenia na strane spotreby energie sú technické, prevádzkové alebo organizačné zásahy, ktoré znižujú potrebu alebo skutočnú spotrebu energie v mieste jej konečného využitia bez neodôvodneného zníženia požadovanej funkcie, kvality alebo komfortu.

Pri tepelnotechnických opatreniach treba rozlišovať medzi znížením potreby energie a zlepšením účinnosti dodávky energie. Zateplenie obvodového plášťa, výmena okien, odstránenie netesností a obmedzenie tepelných mostov znižujú samotnú potrebu tepla. Naopak, vyregulovanie vykurovacej sústavy, výmena obehových čerpadiel alebo modernizácia zdroja tepla zvyšujú efektívnosť systému, ktorý danú potrebu pokrýva. Odborne správny návrh opatrení musí tieto dve roviny rozlišovať, pretože nesprávne poradie zásahov môže viesť k zbytočnému predimenzovaniu zariadení alebo k nižšiemu účinku investície.

V praxi sa pri hodnotení budov často ukazuje, že významný potenciál úspor nevzniká len z veľkých stavebných zásahov, ale aj z presnejšieho riadenia existujúcich systémov. Klasickým príkladom je nesprávne nastavenie vykurovacích kriviek, prekurovanie priestorov, zbytočné vetranie počas vykurovacej sezóny alebo súčasná prevádzka vykurovania a chladenia. Takéto javy predstavujú prevádzkovú neefektívnosť, ktorú možno odstrániť aj bez rozsiahlej stavebnej

obnovy, ak organizácia disponuje kvalitnými údajmi a vhodným systémom regulácie.

Poznámka

Študent by mal rozlišovať medzi pojmom *potreba tepla* a *spotreba tepla*. Potreba tepla vyjadruje fyzikálnu potrebu dodávky tepla pri daných podmienkach, zatiaľ čo spotreba tepla je výsledkom technického stavu, regulácie, prevádzky a správania používateľov. Tieto veličiny spolu súvisia, ale nie sú totožné. Východiskom pre stanovenie potreby tepla je *tepelná strata budovy*. Táto hodnota predstavuje tepelný výkon zdroja, ktorý je potrebný na zabezpečenie požadovanej potreby tepla.

Ak sa spotreba energie rovná potrebe, v interiéri je zabezpečený dostatočný komfort užívateľov. Ak spotreba energie prevyšuje potrebu, interiér je väčšinou prekurovaný, teplo uniká stálým vetraním a náklady na energie rastú. V prípade ak je spotreba energie výrazne nižšia ako potreba, náklady sú síce nižšie, ale objekt je podchladený.



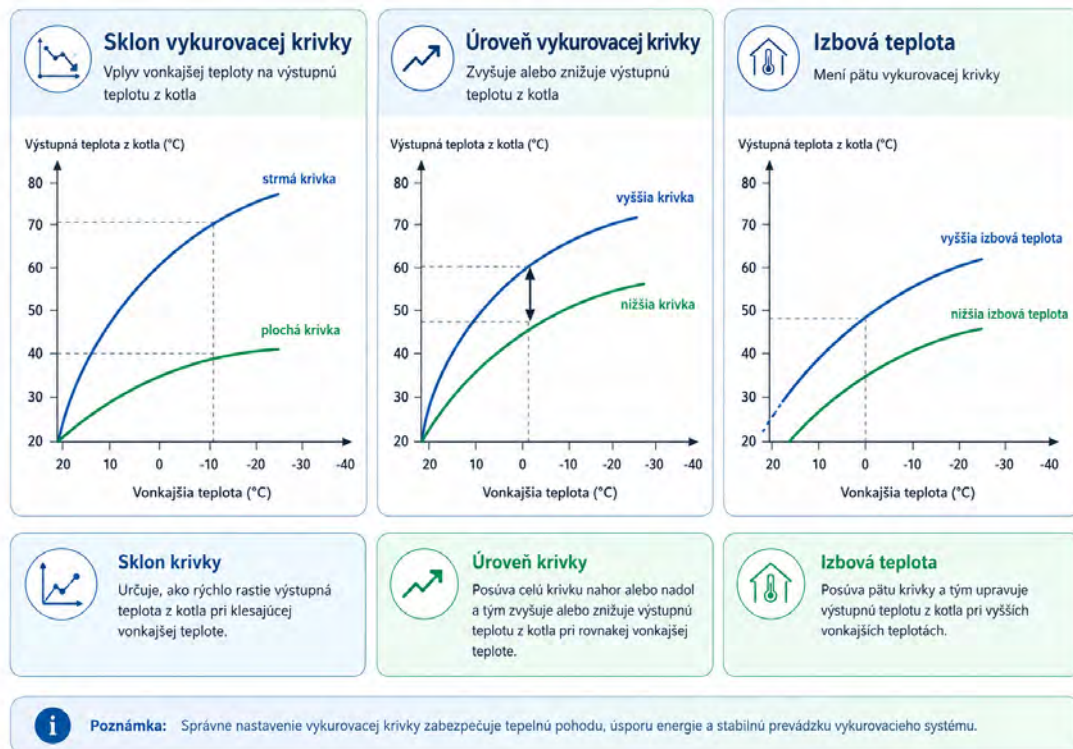
Obrázok 6.1: Rozdiel medzi potrebou energie budovy a skutočnou spotrebou energie ovplyvnenou účinnosťou zariadení, stratami, reguláciou a prevádzkovým správaním.

Zdroj: vlastné spracovanie.

Každá nadspotreba aj podspotreba ovplyvňuje nielen náklady na energie, ale aj zdravotný stav užívateľov a v neposlednom rade môže ovplyvniť aj vlastnosti stavebných konštrukcií.

Definícia 6.2: Vykurovacia krivka

Vykurovacia krivka, označovaná aj ako vykurovacia alebo ekvitermická charakteristika, vyjadruje závislosť medzi vonkajšou teplotou a požadovanou teplotou vykurovacej vody. Určuje, akú teplotu prívodu má vykurovací systém zabezpečiť, aby pri daných vonkajších podmienkach kompenzoval tepelné straty budovy a udržal požadovanú tepelnú pohodu v interiéri.



Obrázok 6.2: Základné možnosti nastavenia vykurovacej krivky

Zdroj: vlastné spracovanie.

Správne nastavenie vykurovacej krivky má priamy vplyv na spotrebu energie, prevádzkové náklady aj komfort užívateľov budovy. Ak je krivka nastavená príliš vysoko, zdroj tepla dodáva viac energie, než je potrebné, čo vedie k zbytočne vysokým nákladom. Ak je nastavená príliš nízko, vnútorná teplota nemusí dosiahnuť požadovanú úroveň.

Pri ekvitermickej regulácii sa najčastejšie upravujú tri základné parametre:

- **sklon vykurovacej krivky** – určuje, ako výrazne sa mení teplota vykurovacej vody pri zmene vonkajšej teploty; staršie a horšie izolované budovy spravidla vyžadujú strmšiu krivku,
- **úroveň vykurovacej krivky** – posúva celú krivku smerom nahor alebo nadol, čím sa rovnomerne zvyšuje alebo znižuje teplota vykurovacej vody,
- **požadovaná izbová teplota** – ovplyvňuje nastavenie krivky podľa očakávaného tepelného komfortu užívateľov a prevádzkového režimu budovy.

Z praktického hľadiska platí, že moderné dobre zateplené budovy zvyčajne potrebujú plochejšiu vykurovaciu krivku, pretože zmena vonkajšej teploty má menší vplyv na ich tepelné straty. Naopak, budovy s vyššími stratami vyžadujú vyššiu teplotu vykurovacej vody pri poklese vonkajšej teploty. Optimalizácia vykurovacej krivky je preto dôležitou súčasťou energetického manažmentu budovy.

Zásadné miesto medzi prevádzkovými opatreniami patrí regulácii. Regulácia určuje, kedy, v akom rozsahu a do ktorých častí objektu sa energia privádza. Ak je regulácia nepresná, oneskorená alebo technicky nevyhovujúca, dochádza k dodávke energie mimo skutočnej potreby. To vedie k zvýšenej spotrebe aj k zhoršenej kvalite vnútorného prostredia. Moderné regulačné systémy využívajú ekvitermickú reguláciu, časové programy, zónové riadenie, snímanie obsadenosti a ďalšie princípy, ktorých cieľom je priblížiť dodávku energie skutočnej potrebe v čase a priestore.

Z odborného hľadiska majú význam aj opatrenia súvisiace s vetraním a prípravou vzduchu. Prirodzené aj nútené vetranie je nevyhnutné na zachovanie hygienických podmienok, no zároveň môže výrazne ovplyvňovať energetickú bilanciu budovy. Pri neprimeranej intenzite vetrania alebo pri chýbajúcej spätnoväzobnej regulácii sa zvyšuje potreba tepla alebo chladu bez primeraného prínosu pre kvalitu vnútorného prostredia. V takýchto prípadoch predstavuje významné opatrenie najmä regulácia prietoku vzduchu, rekuperácia tepla a optimalizácia prevádzky vzduchotechniky.

Tabuľka 6.1: Vybrané opatrenia v budovách a ich odborný účinok

Opatrenie	Hlavný technický účinok	Charakter zásahu
Zateplenie obalových konštrukcií	Zníženie tepelnej straty objektu	Stavebný
Výmena okien a dverí	Zníženie infiltrácie a tepelných strát	Stavebný
Hydraulické vyregulovanie sústavy	Rovnomernejšia distribúcia tepla	Prevádzkový/technický
Úprava regulačných kriviek	Prispôsobenie dodávky tepla potrebe	Prevádzkový
Zónová regulácia	Omedzenie vykurovania alebo chladenia v nevyužitých zónach	Technický
Rekuperácia tepla z vetrania	Spätné využitie tepla odvádzaného vzduchu	Technický

Pri navrhovaní opatrení v budovách treba dbať aj na ich vzájomnú väzbu. Obnova obalu budovy mení tepelnú potrebu objektu, a tým aj požiadavky na výkon zdroja tepla, na nastavenie regulačných kriviek a na rozdelenie výkonu v sústave. Ak sa napríklad budova výrazne zateplí, no regulačný systém a zdroj tepla ostanú nastavené na pôvodné podmienky, časť očakávaných úspor sa nemusí prejaviť. Odborne správny návrh preto vyžaduje systémové, nie izolované uvažovanie.

Zaujímavosť

V budovách sa často predpokladá, že najväčší efekt prinesie vždy zateplenie. V praxi však nie je výnimočné, že pred obnovou obalu budovy sa podstatná časť úspor dosiahne už kvalitnejším riadením vykurovania, odstránením prekurovania a vyregulovaním rozvodov. Všeobecné pravidlo hovorí, že zníženie teploty o 1 °C prinesie úsporu spotreby energie na úrovni 6 %!

Tento údaj treba chápať ako orientačné pravidlo, pretože skutočný efekt závisí od typu budovy, kvality jej tepelnoizolačných vlastností, spôsobu prevádzky, vykurovacej sústavy a správania užívateľov. Z hľadiska energetického manažmentu je však dôležitý najmä manažérsky záver: úspory nemožno dosahovať iba stavebnými zásahmi, ale aj správnym nastavením prevádzkových parametrov, regulácie a vnútorných teplôt. Práve preto má priebežné monitorovanie spotreby a teplotných podmienok významné miesto pri overovaní reálnych prínosov opatrení.

Príklad 6.1: Vplyv zníženia vnútornej teploty na potrebu tepla

Riešenie. Ak ročná spotreba tepla budovy pri priemernej vnútornej teplote 22 °C predstavuje 280 MWh/rok a prevádzkovou optimalizáciou sa podarí znížiť priemernú požadovanú teplotu na 21 °C, možno pri bežnej prevádzke očakávať zníženie potreby tepla približne o 6 %. Úsporu tepla označíme ΔQ :

$$\Delta Q = Q \times p$$

Po dosadení:

$$\Delta Q = 280 \times 0,06 = 16,8 \text{ MWh/rok}$$

Interpretácia. Príklad ukazuje, že aj zdanlivo malá zmena nastavenia môže mať významný energetický dosah. V reálnej prevádzke je však nevyhnutné posudzovať takýto zásah s ohľadom na tepelný komfort, funkčné využitie priestorov a charakter objektu.

6.2 Osvetlenie, elektrické spotrebiče a vnútorné technické zariadenia

Významnou oblasťou opatrení na strane spotreby je osvetlenie a spotreba elektrickej energie viazaná na vnútorné technické zariadenia. Hoci v mnohých budovách alebo prevádzkach nepredstavuje osvetlenie najväčšiu zložku spotreby, jeho energetický aj prevádzkový význam je vysoký. Dôvodom je nielen samotná spotreba elektriny, ale aj väzba na kvalitu pracovného prostredia, zrakový komfort, bezpečnosť a v niektorých prípadoch aj na tepelnú záťaž interiéru.

Odborný návrh opatrení v oblasti osvetlenia nesmie byť založený len na znižovaní príkonu. Rozhodujúce je, aby boli súčasne splnené požiadavky na intenzitu osvetlenia, rovnomernosť, podanie farieb, obmedzenie oslnenia a funkčný charakter priestoru. Energeticky efektívne osvetlenie preto nie je iba „slabšie“ osvetlenie, ale osvetlenie navrhnuté tak, aby pri nižšej spotrebe poskytovalo rovnakú alebo vyššiu úroveň kvality.

Najčastejším technickým opatrením je výmena starších svetelných zdrojov a svietidiel za modernejšie systémy s vyššou svetelnou účinnosťou. Význam však má aj riadenie osvetlenia, najmä časové programy, zónovanie, snímanie denného svetla a snímanie prítomnosti osôb. V priestoroch s nepravidelným využívaním alebo s významným podielom denného osvetlenia môžu mať práve riadiace prvky rovnako veľký význam ako výmena samotných svietidiel.

Definícia 6.3: Svetelná účinnosť

Svetelná účinnosť vyjadruje pomer medzi svetelným tokom a elektrickým príkonom svetelného zdroja alebo svietidla. Z hľadiska energetickej hospodárnosti ide o jeden zo základných ukazovateľov, avšak pri návrhu osvetlenia musí byť posudzovaný spolu s kvalitatívnymi požiadavkami na osvetlenie priestoru.

Významné úspory možno dosahovať aj pri iných vnútorných elektrických spotrebičoch, najmä pri kancelárskej technike, kuchynských zariadeniach, laboratórnej technike, lokálnych ohrievačoch, serverových zariadeniach alebo špecifických spotrebičoch s dlhodobou prevádzkou. Pri týchto zariadeniach sa v praxi často ukazuje, že dôležitú úlohu zohráva nielen technická výmena zariadenia, ale aj organizácia používania, režim standby, čas odstavenia mimo prevádzky a školenie používateľov.

Poznámka

Študent by mal rozlišovať medzi *inštalovaným príkonom* a *skutočnou spotrebou elektriny*. Inštalovaný príkon vyjadruje technickú kapacitu zariadenia, kým skutočná spotreba závisí od času prevádzky, zaťaženia, regulácie a prevádzkového režimu.

Vo vnútorných technických zariadeniach budov majú mimoriadny význam aj pomocné spotreby, najmä ventilátory, obehové čerpadlá, lokálne pohony, regulátory a elektronické systémy. Tieto spotreby bývajú často podceňované, pretože jednotlivé zariadenia majú relatívne malý výkon. V súčte a pri celoročnej prevádzke však môžu predstavovať významný podiel na ročnej spotrebe elektriny. Kľúčovými opatreniami bývajú najmä výmena zariadení za vysokoúčinné modely, úprava režimu ich prevádzky a lepšia koordinácia ich činnosti s potrebami objektu.

Tabuľka 6.2: Typické opatrenia v oblasti osvetlenia a vnútorných elektrických zariadení

Opatrenie	Hlavný účinok	Typ zásahu
Výmena svetelných zdrojov a svietidiel	Zníženie príkonu pri zachovaní alebo zlepšení svetelného komfortu	Technický
Riadenie podľa prítomnosti osôb	Obmedzenie zbytočného svietenia	Prevádzkový/technický
Riadenie podľa denného svetla	Prispôsobenie výkonu skutočnej potrebe	Technický
Optimalizácia standby režimov	Zníženie dlhodobých malých odberov	Prevádzkový
Výmena pomocných pohonov a čerpadiel	Zníženie kontinuálnej spotreby	Technický

Pri hodnotení opatrení v tejto oblasti je potrebné zohľadniť aj ich sekundárne účinky. Napríklad zníženie príkonu osvetlenia môže okrem priamej úspory elektriny znížiť aj vnútorné tepelné zisky v budove, čo môže mať priaznivý vplyv na potrebu chladenia. Na druhej strane, v zimnom období môžu tieto tepelné zisky čiastočne znižovať potrebu vykurovania. Odborné hodnotenie preto musí posudzovať celý systém, nie iba izolovaný odber.

Príklad 6.2: Úspora elektriny pri modernizácii osvetlenia

Riešenie. V objekte je inštalované osvetlenie s celkovým príkonom 18 kW. Priemerný ročný čas prevádzky je 2 100 hodín. Ročnú spotrebu elektriny označíme E_1 :

$$E_1 = P_1 \times t$$

Po dosadení:

$$E_1 = 18 \times 2\,100 = 37\,800 \text{ kWh/rok}$$

Po výmene svietidiel a optimalizácii riadenia sa celkový efektívny príkon zníži na 10,8 kW. Novú spotrebu označíme E_2 :

$$E_2 = P_2 \times t$$

Po dosadení:

$$E_2 = 10,8 \times 2\,100 = 22\,680 \text{ kWh/rok}$$

Ročnú úsporu označíme ΔE :

$$\Delta E = E_1 - E_2$$

Po dosadení:

$$\Delta E = 37\,800 - 22\,680 = 15\,120 \text{ kWh/rok}$$

Interpretácia. Opatrenie je technicky účinné iba vtedy, ak po modernizácii zostanú splnené požiadavky na osvetlenie priestoru. V odbornom návrhu preto nemožno posudzovať iba energetickú úsporu, ale aj svetelnotechnickú kvalitu výsledného riešenia.

Zaujímavosť

Pri niektorých administratívnych a školských budovách sa významná časť úspory nedosiahne samotnou výmenou svetelných zdrojov, ale až zavedením zónového riadenia. Rozdiel medzi priestorom, ktorý je osvetlený „stále rovnako“, a priestorom, ktorý reaguje na prítomnosť osôb a denný svetelný tok, býva v praxi veľmi výrazný. V praxi je bežné, že využitím snímačov pohybu a zónovým riadením je možné znížiť spotrebu energie na osvetlenie až o 10 %.

6.3 Elektrické pohony, stlačený vzduch a pomocné energetické systémy

V priemyselných prevádzkach a v technických systémoch budov tvoria významnú časť spotreby elektrickej energie elektrické pohony, ventilátory, čerpadlá, kompresory a ďalšie pomocné zariadenia. Z energetického hľadiska ide o mimoriadne dôležitú oblasť, pretože tieto zariadenia často pracujú dlhé časové úseky, bývajú zaťažované premenlivo a ich spotreba je citlivá na spôsob regulácie a prevádzky. Správne navrhnuté opatrenia tu preto môžu priniesť významné a trvalo udržateľné úspory.

Pri elektrických pohonom zohráva rozhodujúcu úlohu vhodné dimenzovanie a účinnosť. Predimenzovaný motor spravidla pracuje s nižším zaťažením, čo môže znižovať jeho celkovú prevádzkovú účinnosť a zvyšovať špecifickú spotrebu energie. Odborne správny návrh preto musí posudzovať motor, poháňané zariadenie aj spôsob riadenia ako jeden celok.

Definícia 6.4: Regulácia otáčok pohonu

Regulácia otáčok pohonu je spôsob riadenia výkonu motora zmenou jeho otáčok tak, aby sa výkon zariadenia prispôboval skutočnej potrebe.

Pri čerpadlách a ventilátoroch majú zásadný význam afinitné zákony. Z nich vyplýva, že pri vhodnej regulácii otáčok sa príkon zariadenia nemení lineárne, ale približne s tretou mocninou relatívnej zmeny otáčok. To znamená, že aj relatívne malé zníženie otáčok môže priniesť výraznú úsporu elektriny. Z tohto dôvodu patria frekvenčné meniče, optimalizácia hydraulických pomerov a odstránenie zbytočných tlakových strát medzi najčastejšie a najúčinnnejšie opatrenia v tejto oblasti.

Mimoriadne osobitnú oblasť predstavujú systémy stlačeného vzduchu. Z pohľadu energetickej efektívnosti ide často o jeden z najmenej hospodárnych systémov v priemyselnej praxi. Výroba stlačeného vzduchu je energeticky náročná a celý systém býva veľmi citlivý na úniky, na neprimerane vysoký tlak, na nevhodné používanie stlačeného vzduchu na pomocné účely a na nedostatočnú reguláciu kompresorov. V mnohých prípadoch možno značnú časť úspor dosiahnuť práve odstránením prevádzkových neefektívností bez zásadnej zmeny technológie.

Poznámka

Študent by si mal zapamätať, že stlačený vzduch patrí k energeticky drahým médiám. Ak sa používa tam, kde možno rovnaký účel dosiahnuť mechanicky alebo elektricky jednoduchším spôsobom, ide spravidla o neúčelné a nákladné riešenie. Ďalšou významnou oblasťou energetickej efektívnosti je využívanie odpadového tepla z kompresorov, na ktoré sa v prevádzkach často zabúda a ktoré predstavuje významný potenciál zdroja tepla.

Pri pomocných energetických systémoch je nevyhnutné rozlišovať medzi potrebnou funkciou a nadbytočnou prevádzkou. Mnohé ventilátory, čerpadlá alebo kompresory sú síce technicky nevyhnutné, no ich spôsob riadenia býva z energetického hľadiska neprimeraný. Typickými problémami sú trvalý chod bez potreby, nedostatočné zónovanie, zlá koordinácia viacerých jednotiek, tlakové a hydraulické straty alebo nevhodné nastavenie sekvenčného riadenia.

Tabuľka 6.3: Typické opatrenia pri pohonoch a pomocných systémoch

Opatrenie	Hlavný technický účinok	Typ zásahu
Výmena motora za vysokoúčinný typ	Zníženie strát pri premene elektrickej energie	Technický
Použitie frekvenčného meniča	Prispôsobenie výkonu skutočnej potrebe	Technický
Hydraulické alebo aerodynamické úpravy	Zníženie odporov v systéme a potreby výkonu	Technický
Odstránenie únikov stlačeného vzduchu	Zníženie trvalej straty média	Prevádzkový/technický
Optimalizácia tlaku v sústave	Zníženie energetickej náročnosti výroby stlačeného vzduchu	Prevádzkový
Sekvenčné riadenie kompresorov	Rovnomernejšia a hospodárnejšia prevádzka systému	Technický



Obrázok 6.3: Prehľad hlavných opatrení na strane spotreby energie v technických systémoch.

Zdroj: vlastné spracovanie.

Významnou analytickou chybou býva posudzovanie týchto zariadení len podľa ich menovitého výkonu. Pre energetickú hospodárnosť je rozhodujúci najmä čas prevádzky, skutočné zaťaženie,

účinnosť v konkrétnom pracovnom bode a spôsob regulácie. Malé zariadenie s trvalou prevádzkou môže mať v ročnej bilancii väčší význam ako väčšie zariadenie s krátkodobým použitím.

Príklad 6.3: Vplyv zníženia otáčok ventilátora na príkon

Riešenie. Predpokladajme, že ventilátor pri menovitých otáčkach odoberá elektrický príkon 15 kW. Ak sa po zavedení regulácie otáčky znížia na 80 % menovitej hodnoty, možno pri orientačnom uplatnení afinitných zákonov odhadnúť nový príkon:

$$P_2 = P_1 \cdot (0,8)^3$$

$$P_2 = 15 \cdot 0,512 = 7,68 \text{ kW}$$

Interpretácia. Aj pomerne malé zníženie otáčok vedie k výraznému poklesu príkonu. Práve preto patrí regulácia otáčok pri ventilátoroch a čerpadlách medzi najvýznamnejšie energetické opatrenia. V konkrétnej aplikácii však treba preveriť, či sa pri znížených otáčkach zachová požadovaná funkcia systému.

Zaujímavosť

V priemyselných podnikoch sa nezriedka stáva, že celkový energetický efekt viacerých malých opatrení na pomocných systémoch prevýši účinok jednej veľkej investície do hlavnej technológie. Dôvodom je dlhý čas prevádzky týchto zariadení a časté podceňovanie ich energetického významu.

6.4 Organizačné a riadiace opatrenia na úrovni spotreby

Popri technických zásahoch majú v oblasti spotreby energie významné miesto aj opatrenia organizačného a riadiaceho charakteru. Ich odborný význam spočíva v tom, že aj technicky účinné zariadenie môže byť prevádzkované neefektívne, ak chýbajú správne pravidlá, časové režimy, kontrola prevádzky alebo zodpovednosť za energetické správanie systému. Z tohto pohľadu je energetická hospodárnosť výsledkom nielen technickej kvality zariadení, ale aj kvality riadenia ich používania.

Medzi organizačné opatrenia patria najmä nastavenie prevádzkových režimov, pravidlá pre vypínanie zariadení mimo potreby, časové plánovanie prevádzky, správa odstávok, zodpovednosť za odpočty a kontrolu spotreby, interné pokyny pre obsluhu a školenie používateľov. Ide o opatrenia, ktoré si často nevyžadujú vysoké investície, no ich úspešnosť závisí od dôslednosti a od podpory vedenia organizácie.

Riadiace opatrenia sa zameriavajú na zavádzanie systémov, ktoré umožňujú priebežne sledovať a upravovať spotrebu v závislosti od skutočnej potreby. Patria sem najmä časové programy, centrálné riadenie technických systémov budovy, adaptívne algoritmy regulácie, vyhodnocovanie alarmov, limity spotreby a priebežná spätná väzba. Tieto opatrenia sú dôležité najmä tam, kde je systém technicky zložitý a kde ľudská obsluha nedokáže priebežne reagovať na všetky meniace sa prevádzkové podmienky.

Definícia 6.5: Prevádzkové opatrenie

Prevádzkové opatrenie je zásah do spôsobu používania alebo riadenia zariadenia či systému, ktorého cieľom je znížiť spotrebu energie bez zásadnej technickej zmeny jeho konštrukcie.

Z odborného hľadiska je kľúčové, aby organizačné a riadiace opatrenia neboli chápané ako náhrada technickej modernizácie tam, kde je technická obnova nevyhnutná. Ich význam však býva mimoriadne veľký v tých prípadoch, keď systém už technicky umožňuje efektívnu prevádzku, ale nie je tak v skutočnosti používaný. Typickým príkladom sú časovo zle nastavené režimy vykurovania, nevyužitie možnosti automatickej regulácie alebo nesprávna obsluha zariadení.

Významným faktorom je aj energetické povedomie používateľov. V budovách, školách, administratívnych objektoch alebo verejných inštitúciách zohráva správanie používateľov významnú úlohu pri osvetlení, vetraní, používaní spotrebičov či nastavovaní teploty. Ak organizácia pracuje iba s technikou a nepracuje s ľuďmi, nedosiahne plný účinok zavedených opatrení. Energetický manažment preto musí zahŕňať aj komunikáciu, školenie a priebežnú spätnú väzbu.

Tabuľka 6.4: Príklady organizačných a riadiacich opatrení na strane spotreby

Opatrenie	Hlavný prínos
Časové plánovanie prevádzky	Obmedzenie chodu zariadení mimo skutočnej potreby
Interné prevádzkové pravidlá	Jednoduchšie a hospodárnejšie používanie technických systémov
Spätná väzba z monitoringu	Rýchlejšie odhalenie odchýlok a neštandardných odberov
Školenie používateľov a obsluhy	Zníženie chýb spôsobených nevhodným používaním zariadení
Automatizované riadenie spotreby	Presnejšie prispôsobenie spotreby reálnym podmienkam
Vyhodnocovanie ukazovateľov	Udržiavanie pozornosti na energetickej výkonnosti

Treba však zdôrazniť, že organizačné opatrenia musia byť realistické a primerané. Nadmerne zložité prevádzkové pravidlá bývajú v praxi neúčinné, pretože sa nedodržiavajú. Naopak, jednoduché, technicky podložené a dobre komunikované pravidlá môžu mať veľmi dobrý efekt. Odborný návrh preto musí brať do úvahy nielen energetickú racionalitu, ale aj organizačné prostredie, kvalifikáciu pracovníkov a mieru akceptácie navrhovanej zmeny.

Poznámka

Pre študenta je dôležité pochopiť, že technické riešenie a organizačné opatrenie nie sú protikladmi. V mnohých prípadoch tvoria dve neoddeliteľné zložky toho istého zásahu. Technológia vytvára možnosť úspory a organizácia rozhoduje o tom, či sa táto možnosť v reálnej prevádzke skutočne využije.

Zaujímavosť

V praxi sa často ukazuje, že najrýchlejšie výsledky neprinášajú najdrahšie opatrenia, ale tie, ktoré odstránia dlhodobu tolerovanú nesúlad medzi technickou možnosťou systému a jeho skutočným používaním. Práve preto sú prevádzkové opatrenia trvalou súčasťou kvalitného energetického manažmentu.

Zhrnutie kapitoly

Opatrenia na strane spotreby energie predstavujú rozhodujúcu skupinu zásahov, prostredníctvom ktorých sa analytické zistenia a výsledky energetického auditu premieňajú na konkrétne technické a prevádzkové riešenia. V budovách majú kľúčový význam tepelnotechnické a regulačné opatrenia, v oblasti elektrickej energie modernizácia osvetlenia a vnútorných zariadení a v priemyselných systémoch najmä optimalizácia pohonov, ventilátorov, čerpadiel a systémov stlačeného vzduchu. Dôležitou súčasťou tohto rámca sú aj organizačné a riadiace opatrenia, ktoré zabezpečujú, aby technické možnosti systému boli v praxi skutočne využívané. Odborne správny návrh opatrení preto musí byť systémový, prevádzkovo primeraný a viazaný na konkrétne podmienky analyzovaného objektu alebo technológie.



Obrázok 6.4: Analýza súčasného stavu objektu a identifikácia potenciálu úspor energie.

Zdroj: vlastné spracovanie.

Otázky na opakovanie

1. Aký je rozdiel medzi znížením potreby energie a zlepšením účinnosti dodávky energie?
2. Prečo nemožno modernizáciu osvetlenia posudzovať iba podľa zníženia príkonu?
3. Aký význam má regulácia otáčok pri ventilátoroch a čerpadlách?
4. Prečo bývajú systémy stlačeného vzduchu z energetického hľadiska problematické?
5. Akú úlohu majú organizačné opatrenia pri znižovaní spotreby energie?
6. Prečo sa pri navrhovaní opatrení musí posudzovať celý systém, nielen jednotlivé zariadenie?
7. Aký je vzťah medzi technickými a prevádzkovými opatreniami v energetickom manažmente?

Popri opatreniach na strane spotreby energie zohrávajú v energetickom manažmente zásadnú úlohu aj opatrenia na strane zdrojov. Ich cieľom je zvýšiť účinnosť výroby a dodávky energie, znížiť straty pri premene a distribúcii, zlepšiť reguláciu zdrojových systémov a vhodne integrovať obnoviteľné zdroje alebo akumulačné prvky do celkového energetického hospodárstva organizácie. Z pohľadu odbornej praxe ide o oblasť, v ktorej sa stretáva tepelná technika, elektroenergetika, prevádzkové riadenie, ekonomické hodnotenie aj environmentálne súvislosti. Predmetom tejto kapitoly je technické a metodické posúdenie hlavných skupín opatrení na strane zdrojov energie, najmä pri výrobe tepla, kombinovanej výrobe elektriny a tepla, pri využívaní obnoviteľných zdrojov, tepelných čerpadiel, akumulácie energie a pri optimalizácii prevádzky zdrojových sústav.

7.1 Postavenie zdrojov energie v systéme energetického manažmentu

Zdroj energie predstavuje v technickom a prevádzkovom zmysle tú časť systému, v ktorej sa energia získava, premieňa alebo pripravuje na ďalšiu distribúciu a využitie. Zatiaľ čo opatrenia na strane spotreby sa sústreďujú na obmedzenie potreby a spotreby energie alebo na efektívnejšie využívanie koncových zariadení, opatrenia na strane zdrojov sa orientujú na zvýšenie účinnosti výroby, na vhodnú voľbu energetického média, na zníženie strát pri prenose a na optimalizáciu spolupráce viacerých zdrojov v spoločnej sústave.

Z odborného hľadiska nemožno zdroj energie hodnotiť izolovane. Každý zdroj je totiž súčasťou širšieho systému, do ktorého patria rozvody, akumulácia, regulácia, časový priebeh odberu, sezónnosť spotreby a technické vlastnosti koncových zariadení. Rovnaký zdroj môže byť v jednej aplikácii vysoko efektívny, zatiaľ čo v inej sa prejaví ako prevádzkovo alebo ekonomicky nevhodný. Odborne správne posudzovanie preto musí vychádzať zo systémového prístupu.

Definícia 7.1: Zdroj energie

Zdroj energie je technické zariadenie alebo sústava zariadení, v ktorej sa energia získava, premieňa alebo pripravuje na distribúciu a následné využitie v budove, technológii alebo v širšom energetickom systéme.

V energetickom manažmente zdroje energie plnia niekoľko základných funkcií. Prvou je zabezpečenie požadovaného množstva energie v primeranej kvalite a čase. Druhou je udržanie spoľahlivosti prevádzky a schopnosti reagovať na meniace sa zaťaženie. Tretou je ekonomická funkcia, pretože voľba zdroja významne ovplyvňuje prevádzkové náklady, investičné nároky, návratnosť a cenovú stabilitu. Štvrtou je environmentálna funkcia, keďže zdroj energie je priamo spojený s emisiami, využívaním palív a celkovou uhlíkovou stopou organizácie.

Správna voľba zdroja energie pritom nezávisí iba od jeho menovitej účinnosti a výkonu. V reálnej prevádzke je rozhodujúce aj to, ako sa zdroj správa pri čiastočnom zaťažení, ako rýchlo dokáže reagovať na zmenu dopytu, aké má nároky na údržbu, aká je jeho životnosť, ako sa integruje do existujúcej sústavy a či jeho prevádzka zodpovedá časovému profilu spotreby. Z tohto dôvodu sa pri posudzovaní zdrojov energie používa nielen jednoduché porovnanie účinnosti, ale aj komplexnejšie hodnotenie prevádzkovej vhodnosti.

Poznámka

Študent by si mal osvojiť základnú metodickú zásadu: zdroj energie nemožno hodnotiť iba podľa katalógového parametra. Menovitá účinnosť alebo výkon síce poskytujú základnú informáciu, no skutočný význam zdroja sa prejaví až v konkrétnom prevádzkovom kontexte.

V modernej praxi sa čoraz viac presadzuje princíp kombinácie viacerých zdrojov. Dôvodom je, že jediný zdroj len zriedka optimálne pokrýva všetky režimy prevádzky. Iné požiadavky vznikajú v základnom zaťažení, iné pri špičkách, iné v prechodnom období a iné pri mimoriadnych stavoch. Z tohto pohľadu je veľmi dôležité rozlišovať medzi základným zdrojom, špičkovým zdrojom, záložným zdrojom a doplnkovým zdrojom. Takéto členenie je dôležité najmä pri systémoch vykurovania, chladenia, kombinovanej výroby energie a pri integrácii obnoviteľných zdrojov.



Obrázok 7.1: Systémové postavenie zdrojov energie v energetickom manažmente.

Zdroj: vlastné spracovanie.

Zaujímavosť

V odbornej praxi býva častou chybou snaha nahradiť celý existujúci systém jedným „moderným“ zdrojom bez podrobného posúdenia prevádzkových režimov. Mnohé energetické sústavy fungujú lepšie vtedy, keď sa vhodne kombinuje viac zdrojov s odlišnou prevádzkovou funkciou.

7.2 Modernizácia zdrojov tepla a kotolní

Výroba tepla patrí v budovách aj v mnohých priemyselných prevádzkach medzi rozhodujúce oblasti energetického hospodárstva. Kotolne, výmenníkové stanice, centrálné i decentralizované zdroje tepla a súvisiace rozvody preto predstavujú prirodzený cieľ analýz a opatrení na strane zdrojov. Ich význam spočíva v tom, že už malá zmena účinnosti zdroja alebo spôsobu jeho

prevádzky sa pri veľkom ročnom objeme tepla môže premietnuť do výrazných úspor energie aj nákladov.

Pri modernizácii zdrojov tepla je potrebné rozlišovať medzi výmenou samotného zdroja, úpravou spaľovacieho procesu, zlepšením regulácie, modernizáciou hydraulikkej časti a optimalizáciou distribúcie tepla. V praxi býva chybou sústrediť sa výhradne na kotol ako hlavný objekt modernizácie. Skutočný energetický výsledok však často závisí od celej sústavy, teda od spôsobu regulácie výkonu, od kvality rozvodov, od nastavenia obehov, od teplotného spádu a od časového režimu prevádzky.

Definícia 7.2: Účinnosť zdroja tepla

Účinnosť zdroja tepla vyjadruje pomer medzi užitočne vyrobeným teplom a energiou obsiahnutou v spotrebovanom palive alebo v dodanej elektrine.

Pri odbornom hodnotení sa však musí posudzovať nielen menovitá účinnosť zariadenia, ale aj jeho správanie pri reálnej prevádzke, najmä pri čiastočnom zaťažení.

Modernizačné opatrenia pri kotolniach spravidla zahŕňajú výmenu starších kotlov za účinnejšie zariadenia, optimalizáciu spaľovacieho procesu, zlepšenie regulácie výkonu, hydraulické vyregulovanie, výmenu obehových čerpadiel, zníženie strát v rozvodoch, úpravu teplotných režimov a zavedenie vhodnejšej prevádzkovej logiky. V prípade kondenzačných kotlov nadobúda význam aj otázka teplotného spádu v sústave, pretože kondenzačný režim sa naplno prejaví iba pri vhodne navrhnutom a prevádzkovanom systéme.

Veľmi dôležitá je optimalizácia výkonového rozsahu zdroja. Predimenzovaný kotol často pracuje s nízkym stupňom využitia, častejšie cykluje a dosahuje horšiu prevádzkovú účinnosť. Naopak, zdroj s nízkym výkonom nemusí byť schopný spoľahlivo pokrývať potrebu tepla pri špičkových stavoch. Odborne správny návrh preto musí rešpektovať nielen výpočtovú potrebu tepla, ale aj reálny ročný priebeh zaťaženia, dynamiku systému a vzťah medzi základným a špičkovým výkonom.

Tabuľka 7.1: Typické opatrenia pri zdrojoch tepla

Opatrenie	Hlavný technický účinok	Typ zásahu
Výmena starého kotla	Zvýšenie účinnosti výroby tepla	Technický
Zavedenie modulácie výkonu	Lepšie prispôbenie zdroja skutočnému zaťaženiu	Technický/regulačný
Hydraulické vyregulovanie	Rovnomernejšia distribúcia tepla v sústave	Prevádzkovo-technický
Zníženie teplotného spádu	Podpora efektívnejšieho chodu systému	Prevádzkový
Izolácia rozvodov tepla	Zníženie distribučných strát	Technický
Výmena čerpadiel za riadené jednotky	Zníženie pomocnej spotreby elektriny	Technický

Pri zdrojoch tepla treba dbať aj na vzťah medzi výrobou tepla a distribučnou sústavou. Ak sa zmodernizuje zdroj, ale rozvody ostávajú nevyhovujúce, časť energetického efektu sa môže stratiť v distribúcii. Podobne, ak sa zníži potreba tepla v budove zateplením, no zdroj ostane prevádzkovaný podľa pôvodného režimu, nedosiahne sa optimálny výsledok. To opäť potvrdzuje, že opatrenia na strane zdrojov musia byť navrhované systémovo.

Poznámka

Pre študenta je dôležité pochopiť, že vysoká účinnosť zdroja ešte automaticky neznamená vysokú účinnosť celej tepelnej sústavy. Celkové správanie systému závisí aj od rozvodov, regulácie, časového režimu a väzby na koncové odberné miesta.

Príklad 7.1: Posúdenie účinku modernizácie kotolne

Riešenie. Pôvodný kotol s ročnou priemernou účinnosťou 81 % zabezpečuje dodávku 520 MWh/rok tepla. Po modernizácii sa uvažuje so zdrojom s priemernou účinnosťou 93 %. Potrebnú energiu paliva označíme E_{pal} :

$$E_{\text{pal}} = \frac{Q}{\eta}$$

Pred modernizáciou:

$$E_{\text{pal},1} = \frac{520}{0,81} \approx 641,98 \text{ MWh/rok}$$

Po modernizácii:

$$E_{\text{pal},2} = \frac{520}{0,93} \approx 559,14 \text{ MWh/rok}$$

Ročnú úsporu energie paliva označíme ΔE_{pal} :

$$\Delta E_{\text{pal}} = E_{\text{pal},1} - E_{\text{pal},2}$$

Po dosadení:

$$\Delta E_{\text{pal}} = 641,98 - 559,14 \approx 82,84 \text{ MWh/rok}$$

Interpretácia. Výpočet ukazuje priamy účinok zvýšenia účinnosti zdroja. V reálnej prevádzke by však bolo potrebné preveriť aj zmenu spotreby pomocnej elektriny, správanie zdroja pri čiastočnom zaťažení a možný vplyv modernejšej regulácie na celkový prevádzkový režim.

Zaujímavosť

V mnohých existujúcich kotolniach sa významný podiel úspor dosiahne ešte pred výmenou hlavného zdroja tepla, a to odstránením nevhodného cyklovania, znížením zbytočne vysokej teploty vykurovacej vody a správnym nastavením regulačných parametrov.

7.3 Kombinovaná výroba elektriny a tepla

Kombinovaná výroba elektriny a tepla, často označovaná ako kogenerácia, predstavuje technologický princíp, pri ktorom sa z jedného palivového vstupu súčasne vyrába elektrická energia a využiteľné teplo. Z hľadiska energetickej efektívnosti ide o významné riešenie, pretože v porovnaní s oddelenou výrobou elektriny a tepla umožňuje lepšie využiť energiu paliva. Kým pri samostatnej výrobe elektriny býva značná časť energie odvádzaná ako odpadové teplo, v kogeneračnom systéme sa táto zložka využíva na vykurovanie, prípravu teplej vody alebo technologické účely.

Z odborného hľadiska je kľúčové uvedomiť si, že kogenerácia nie je univerzálne vhodná pre každú prevádzku. Jej technická a ekonomická efektívnosť závisí predovšetkým od toho, či existuje dostatočne stabilná a časovo vhodne rozložená potreba tepla. Ak je potreba tepla nízka, prerušovaná alebo sezónne veľmi nerovnomerná, nemusí byť prevádzka kogeneračnej jednotky dostatočne využitá, a tým sa znižuje jej celkový prínos.

Definícia 7.3: Kombinovaná výroba elektriny a tepla

Kombinovaná výroba elektriny a tepla je proces súčasnej výroby elektrickej energie a využiteľného tepla v jednom technologickom zariadení alebo v jednej integrovanej sústave s cieľom zvýšiť celkové využitie energie paliva.

Pri návrhu kogeneračného systému je rozhodujúce určiť vzťah medzi výrobou elektriny a potrebou tepla. Ak systém vyrába viac elektriny, než organizácia spotrebuje, vzniká otázka dodávky do distribučnej sústavy alebo interného využitia. Ak naopak teplo nemožno plne využiť, znižuje sa celková efektívnosť zariadenia. Odborne správny návrh preto vyžaduje podrobnú analýzu časových profilov spotreby elektriny aj tepla a posúdenie, v akom rozsahu sa tieto profily prekrývajú.

Kogeneračné systémy možno realizovať rôznymi technológiami, napríklad spaľovacími motormi, mikroturbínami, plynovými turbínami alebo parnými sústavami. Výber technológie závisí od výkonového rozsahu, požadovaného pomeru elektriny a tepla, typu paliva, požiadaviek na pružnosť prevádzky a od technickej zložitosti systému. V menších a stredných aplikáciách sa často uplatňujú najmä plynové kogeneračné jednotky so spaľovacím motorom.

Tabuľka 7.2: Hlavné predpoklady úspešnej aplikácie kogenerácie

Predpoklad	Význam pre prevádzku systému
Stabilná potreba tepla	Umožňuje vysoké využitie odpadového tepla zo zdroja
Primeraná potreba elektriny	Zvyšuje interné využitie vyrobenej elektrickej energie
Dostatočný ročný čas prevádzky	Zlepšuje ekonomické parametre zariadenia
Vhodný pomer tepla a elektriny	Znižuje riziko nevyužitia jednej z energií
Kvalitné riadenie a údržba	Zabezpečuje prevádzkovú spoľahlivosť a efektívnosť

Význam kogenerácie spočíva aj v tom, že môže zlepšiť lokálnu energetickú bezpečnosť a znížiť zaťaženie distribučných sietí. V niektorých aplikáciách predstavuje súčasne spôsob, ako využiť lokálne dostupné palivo alebo prepojiť výrobu energie s technologickým procesom. Na druhej strane však ide o technicky aj prevádzkovo náročnejší systém než pri jednoduchom zdroji tepla, a preto si vyžaduje kvalitné riadenie, servis a odborný dohľad.

Poznámka

Študent by si mal zapamätať, že kogenerácia je výhodná najmä vtedy, keď možno súčasne a dlhodobo využiť elektrinu aj teplo. Ak sa jedna zo zložiek nedokáže rozumne využiť, celkový prínos systému sa výrazne znižuje.

Pri návrhu kogeneračného systému je preto nevyhnutné vychádzať z reálneho profilu spotreby tepla a elektriny, nie iba z menovitého výkonu zariadenia. Nesprávne dimenzovaná kogeneračná jednotka môže mať síce vysokú technickú účinnosť, ale nízke ročné využitie, čím sa zhorší jej ekonomická návratnosť. Z hľadiska energetického manažmentu je kľúčové, aby bola kogenerácia navrhnutá ako súčasť celkového energetického systému budovy alebo prevádzky, vrátane regulácie, akumulácie tepla, riadenia odberových špičiek a pravidelného vyhodnocovania prevádzkových údajov.

Príklad 7.2: Hodnotenie kogeneračnej jednotky pre biometánovú stanicu

Polnohospodárske družstvo plánuje prevádzkovať biometánovú stanicu a zároveň potrebuje zabezpečiť vlastnú spotrebu elektrickej a tepelnej energie. Navrhované riešenie počíta s inštaláciou štyroch kogeneračných jednotiek s elektrickým výkonom $4 \times 554 \text{ kW}_e$. Kogenerácia má pracovať najmä pre potreby areálu, pričom vyrobená elektrina sa využije vo vlastnej sieti a teplo sa použije na krytie technologickej a prevádzkovej potreby.

Tabuľka 7.3: Vybrané vstupné údaje pre hodnotenie kogeneračného zdroja

Položka	Hodnota	Poznámka
Elektrický výkon zdroja	2 216 kW_e	Štyri jednotky po 554 kW_e .
Výroba elektriny	4 435 MWh_e/rok	Ročná výroba pri hodnotenom režime.
Dodávka do vlastnej siete	4 300 MWh_e/rok	Elektrina využitá v areáli družstva.
Výroba tepla	5 140 MWh_t/rok	Teplo využiteľné pre prevádzku a technológiu.
Investičné náklady	1 610 000 €	Vlastné zdroje a komerčný úver spolu.
Ročné výnosy a úspory	1 430 000 €/rok	Teplo a úspora nákupu elektriny.
Ročné náklady bez GO	810 800 €/rok	Plyn, poistenie, opravy a údržba.

Riešenie. Ročný disponibilný prevádzkový efekt pred zohľadnením generálnej opravy možno orientačne určiť ako rozdiel ročných výnosov a ročných prevádzkových nákladov:

$$CF_{\text{ročný}} = 1\,430\,000 - 810\,800 = 619\,200 \text{ €/rok}$$

Podiel elektriny dodanej do vlastnej siete na celkovej výrobe elektriny je:

$$p_{\text{vlastná sieť}} = \frac{4\,300}{4\,435} \cdot 100 = 96,96 \%$$

To znamená, že takmer celá vyrobená elektrina je využitá v rámci vlastnej spotreby areálu. Orientačná jednoduchá návratnosť bez podrobného diskontovania a bez samostatného časového zohľadnenia generálnej opravy je:

$$T_s = \frac{1\,610\,000}{619\,200} = 2,60 \text{ roka}$$

V podrobnom ekonomickom hodnotení projektu, ktoré zohľadňuje časový priebeh peňažných tokov a ďalšie projektové predpoklady, boli dosiahnuté tieto výsledky:

$$NPV = 2\,281\,000 \text{ €}$$

$$IRR = 32,4 \%$$

$$T_{\text{návratnosti}} = 3,84 \text{ roka}$$

Interpretácia. Navrhovaná kogeneračná jednotka vykazuje priaznivé energetické aj ekonomické parametre. Vysoký podiel elektriny využitej vo vlastnej sieti znižuje závislosť podniku od nákupu elektriny z verejnej siete a zároveň zvyšuje hodnotu vyrobenej energie pre samotného prevádzkovateľa. Dôležitým prínosom je aj súčasná výroba tepla, ktorá zlepšuje celkovú účinnosť využitia paliva.

Z ekonomického hľadiska je projekt atraktívny, pretože dosahuje kladnú čistú súčasnú hodnotu, vysokú vnútornú mieru výnosnosti a krátku dobu návratnosti. Pri konečnom rozhodnutí však treba zohľadniť aj citlivosť projektu na cenu zemného plynu, cenu elektrickej energie, počet prevádzkových hodín, náklady na údržbu a plánovanú generálnu opravu. Kogenerácia je preto vhodná najmä v prevádzkach, kde existuje stabilná a dostatočne vysoká potreba elektriny aj tepla.

Príklad 7.3: Porovnanie oddelenej a kombinovanej výroby

Riešenie. Uvažujme potrebu 100 MWh elektriny a 150 MWh tepla. Pri oddelenej výrobe sa elektrina vyrába samostatne a teplo sa vyrába v kotle. Pre zjednodušený výpočet predpokladajme účinnosť výroby elektriny $\eta_{el} = 40 \%$ a účinnosť kotla $\eta_{kotel} = 90 \%$.

Energiu v palive potrebnú na samostatnú výrobu elektriny vypočítame ako:

$$E_{pal,el} = \frac{E_{el}}{\eta_{el}} = \frac{100}{0,40} = 250 \text{ MWh}$$

Energia v palive potrebná na výrobu tepla v kotle je:

$$E_{pal,t} = \frac{Q}{\eta_{kotel}} = \frac{150}{0,90} = 166,67 \text{ MWh}$$

Celková energia v palive pri oddelenej výrobe je:

$$E_{pal,odd} = E_{pal,el} + E_{pal,t} = 250 + 166,67 = 416,67 \text{ MWh}$$

Pri kombinovanej výrobe uvažujme kogeneračnú jednotku s elektrickou účinnosťou $\eta_{KGJ,el} = 34 \%$ a tepelnou účinnosťou $\eta_{KGJ,t} = 51 \%$. Ak má jednotka vyrobiť 100 MWh elektriny, potrebná energia v palive bude:

$$E_{pal,KGJ} = \frac{E_{el}}{\eta_{KGJ,el}} = \frac{100}{0,34} = 294,12 \text{ MWh}$$

Súčasne sa vyrobí teplo:

$$Q_{KGJ} = E_{pal,KGJ} \times \eta_{KGJ,t} = 294,12 \times 0,51 = 150 \text{ MWh}$$

Kogeneračná jednotka teda pri zvolených parametroch pokryje požadovanú potrebu elektriny aj tepla. Úspora energie v palive oproti oddelenej výrobe je:

$$\Delta E_{pal} = E_{pal,odd} - E_{pal,KGJ} = 416,67 - 294,12 = 122,55 \text{ MWh}$$

Relatívna úspora je:

$$u = \frac{\Delta E_{pal}}{E_{pal,odd}} \times 100 = \frac{122,55}{416,67} \times 100 = 29,4 \%$$

Interpretácia. Výpočet ukazuje, že kombinovaná výroba elektriny a tepla môže pri vhodnom pomere elektrickej a tepelnej účinnosti znížiť potrebu energie v palive. V tomto prípade kogeneračná jednotka pokryje rovnakú potrebu elektriny aj tepla ako oddelené riešenie, ale potrebuje približne o 29,4 % menej energie v palive. V reálnom audite je potrebné overiť najmä časový priebeh odberu tepla, využiteľnosť vyrobeného tepla, cenu paliva, cenu elektriny a investičné náklady.

Zaujímavosť

Kogeneračné systémy sú technicky veľmi zaujímavé aj z pedagogického hľadiska, pretože na jednom zariadení ukazujú, že „strata“ z jedného procesu môže byť cenným energetickým vstupom pre iný proces. Práve tým sa v praxi prejavuje systémové myslenie v energetike.

7.4 Tepelné čerpadlá a využitie nízkopotenciálneho tepla

Tepelné čerpadlá predstavujú skupinu zdrojov, ktoré umožňujú využívať energiu s nízkou teplotnou úrovňou z okolitého prostredia a zvyšovať jej teplotu na úroveň použiteľnú pre vykurovanie alebo prípravu teplej vody. Z hľadiska energetického manažmentu ide o technologicky významné riešenie, pretože tepelnému systému dodávajú viac tepelnej energie, než koľko spotrebujú vo forme elektriny, pričom rozhodujúca časť dodaného tepla pochádza z okolitého prostredia.

Odborné posúdenie tepelných čerpadiel si vyžaduje dôkladnú znalosť ich prevádzkového

princípu. Tepelné čerpadlo neprodukuje teplo spaľovaním paliva, ale prečerpáva energiu z nízko-teplotného zdroja na vyššiu teplotnú úroveň. Z tohto dôvodu má zásadný význam teplotný rozdiel medzi zdrojovou a vykurovacou stranou systému. Čím je tento rozdiel menší, tým priaznivejšie bývajú prevádzkové parametre zariadenia.

Definícia 7.4: Vykurovací faktor

Vykurovací faktor, spravidla označovaný ako COP, vyjadruje pomer medzi dodaným tepelným výkonom a elektrickým príkonom tepelného čerpadla v daných prevádzkových podmienkach. Je základným ukazovateľom prevádzkovej efektívnosti zariadenia.

V praxi sa uplatňujú najmä systémy vzduch–voda, zem–voda a voda–voda. Každý typ má odlišné technické vlastnosti, investičné nároky a prevádzkové obmedzenia. Zariadenia vzduch–voda sú zvyčajne jednoduchšie na inštaláciu, no ich prevádzkové parametre sa výraznejšie menia v závislosti od vonkajšej teploty. Naopak, systémy zem–voda a voda–voda spravidla dosahujú stabilnejšie parametre, ale vyžadujú náročnejšiu realizáciu primárnej strany.

Tepelné čerpadlá sú obzvlášť vhodné tam, kde je vykurovací systém navrhnutý na nízko-teplotnú prevádzku, napríklad pri podlahovom alebo stenovom vykurovaní. Vysoké teploty vykurovacej vody zvyšujú kompresný pomer zariadenia a znižujú jeho účinnosť. Odborne správny návrh preto musí posudzovať nielen samotné tepelné čerpadlo, ale aj charakter odovzdávacej sústavy, teplotný režim objektu a sezónny priebeh potreby tepla.

Tabuľka 7.4: Porovnanie základných typov tepelných čerpadiel

Typ systému	Hlavná výhoda	Typické obmedzenie
Vzduch–voda	Jednoduchšia inštalácia a nižšie investičné nároky	Výraznejšia závislosť od vonkajšej teploty
Zem–voda	Stabilnejšia teplota zdroja a dobré sezónne parametre	Vyššia náročnosť realizácie zemného okruhu
Voda–voda	Veľmi priaznivé prevádzkové parametre pri vhodnom zdroji	Závislosť od miestnych hydrogeologických podmienok

Význam tepelného čerpadla v energetickom manažmente nespočíva iba v znížení potreby primárnej energie, ale aj v možnosti lepšie prepájať vykurovanie, chladenie a akumuláciu energie. V niektorých systémoch možno tepelné čerpadlo použiť reverzibilne, teda na vykurovanie aj chladenie. V iných prípadoch možno kombinovať jeho prevádzku s fotovoltikou, s akumuláciou tepla alebo s bivalentným zdrojom, ktorý pokrýva špičkové zaťaženie.

Poznámka

Študent by mal rozlišovať medzi okamžitým vykurovacím faktorom a sezónnou efektívnosťou, tzv. SCOP. Zariadenie môže pri určitých podmienkach dosahovať veľmi priaznivý COP, no rozhodujúci je najmä jeho celoročný alebo sezónny výkon v reálnej prevádzke.

Zaujímavosť

Tepelné čerpadlo je z pedagogického hľadiska veľmi zaujímavý zdroj, pretože ukazuje, že „výroba tepla“ nemusí vždy znamenať spaľovanie. V mnohých aplikáciách ide skôr o riadený presun energie medzi prostrediami s rôznou teplotnou úrovňou.

7.5 Obnoviteľné zdroje energie v lokálnych energetických systémoch

Integrácia obnoviteľných zdrojov energie patrí medzi najvýznamnejšie trendy súčasného energetického manažmentu. Ich význam spočíva nielen v environmentálnom prínose, ale aj v možnosti diverzifikovať zdrojovú základňu, znižovať závislosť od externých dodávok, stabilizovať dlhodobé náklady a v určitých prípadoch zlepšovať lokálnu energetickú bezpečnosť. Z odborného hľadiska však obnoviteľný zdroj nemožno posudzovať len ako „čistú energiu“; rozhodujúce je, ako sa jeho technické vlastnosti premietnu do konkrétneho systému.

V podmienkach budov a lokálnych energetických sústav sa najčastejšie uplatňujú tepelné čerpadlá, fotovoltické systémy, solárne termické kolektory, biomasa, bioplyn a v špecifických prípadoch aj malé veterné alebo vodné zdroje. Každý z týchto zdrojov má odlišný časový profil výroby, rozdielnu regulovateľnosť a odlišné nároky na integráciu do sústavy. Z tohto dôvodu je nevyhnutné posudzovať ich vo vzťahu ku skutočnému priebehu spotreby a ku schopnosti systému energiu priebežne využiť alebo akumulovať.

Fotovoltické systémy sú vhodné predovšetkým na krytie dennej spotreby elektriny. Ich výhodou je modulárnosť, relatívne jednoduchá inštalácia a nízka potreba bežnej prevádzkovej údržby. Ich obmedzením je závislosť od slnečného žiarenia a časový nesúlad medzi výrobou a spotrebou. Z tohto dôvodu je pri návrhu dôležité analyzovať denný profil odberu elektriny, možnosti vlastnej spotreby, prípadne väzbu na akumuláciu alebo na riadené odbery.

Zaujímavosť

Slovensko má zaujímavý unikát - výraz FOTOVOLTIKA na rozdiel od medzinárodného výrazu FOTOVOLTAIKA. Podľa jazykovedného ústavu Ľudovíta Štúra sa daný výraz skloňuje podľa pomenovania jednotky elektrického napätia volt. Na čo sa však zabúda je to, že pojem Photovoltaic bol prebraný ako Terminus technicus, teda technický termín. Preto je autormi publikácie odporúčané používať medzinárodné označenie FOTOVOLTAICKÝ.

Solárne termické systémy nachádzajú uplatnenie najmä pri príprave teplej vody a v niektorých prípadoch pri podpore vykurovania. Ich výhodou je vysoká účinnosť premeny slnečného žiarenia na teplo, no zároveň sú závislé od sezónneho priebehu žiarenia. To znamená, že najvyššiu výrobu dosahujú práve v období, keď býva potreba tepla na vykurovanie nízka. Účelné využitie týchto systémov preto vyžaduje správne dimenzovanie, vhodný zásobník a jasne definovaný spôsob integrácie do tepelnej sústavy.

Definícia 7.5: Integrácia obnoviteľného zdroja

Integrácia obnoviteľného zdroja je technické a prevádzkové začlenenie obnoviteľného zdroja energie s premenlivou alebo špecifickou výrobou do existujúceho energetického systému tak, aby sa maximalizovalo jeho využitie a zároveň zachovala stabilita, spoľahlivosť a hospodárnosť prevádzky.

Biomasa a bioplyn predstavujú obnoviteľné zdroje s odlišným charakterom než slnečné systémy. Ich výhodou je vyššia regulovateľnosť a možnosť využitia v zdrojoch tepla alebo v kogeneračných jednotkách. Ich odborné posúdenie si však vyžaduje analýzu palivovej logistiky, kvality paliva, emisných parametrov, nárokov na skladovanie a prevádzkovú obsluhu. Najčastejším využitím biomasy v tepelnej energetike sú spaľovacie kotle na drevo v rodinných domoch a menších budovách. V niektorých aplikáciách môžu byť veľmi vhodné, no ich využitie nemožno mechanicky generalizovať. Pri ich návrhu je dôležité zohľadňovať aj emisný vplyv na lokalitu.

Tabuľka 7.5: Vybrané obnoviteľné zdroje a ich systémové vlastnosti

Zdroj	Hlavná výhoda	Hlavná systémová výzva
Tepelné čerpadlá	Výroba tepla z elektriny bez lokálnych emisií, vhodná kombinácia s FV zdrojom	Výber zdroja tepla (voda, zem, vzduch)
Fotovoltaika	Priama výroba elektriny bez lokálnych emisií	Časový nesúlad medzi výrobou a spotrebou
Solárne termické kolektory	Vysoká účinnosť výroby tepla zo slnečného žiarenia	Sezónnosť výroby a potreba akumulácie
Biomasa	Regulačne využiteľný zdroj tepla	Palivová logistika a emisné požiadavky
Bioplyn	Možnosť výroby tepla aj elektriny	Technologická a prevádzková náročnosť

Odborne správny návrh obnoviteľného zdroja musí vychádzať z princípu miestnej vhodnosti. Nie každý obnoviteľný zdroj je vhodný v každej lokalite a nie každý je vhodný pre každý profil spotreby. Výber musí zohľadniť technický potenciál lokality, priestorové možnosti, časový profil dopytu, regulačné požiadavky, možnosti pripojenia a hospodárnosť riešenia.

Poznámka

Pre študenta je dôležité uvedomiť si, že obnoviteľný zdroj energie nie je automaticky optimálnym ekologickým a ekonomickým riešením. Odborne správne riešenie vzniká až vtedy, keď sa environmentálny prínos spojí s technickou vhodnosťou a s prevádzkovou logikou konkrétneho systému na základe detailného posúdenia spotrebného a výrobného profilu.

Zaujímavosť

V mnohých lokálnych systémoch nie je najväčšou výzvou samotná inštalácia obnoviteľného zdroja, ale schopnosť využiť jeho výrobu v správnom čase. Práve preto rastie význam riadenia odberu a akumulácie energie.

7.6 Akumulácia energie a riadenie zdrojovej sústavy

Akumulácia energie predstavuje technologický a prevádzkový nástroj, ktorý umožňuje časovo oddeliť výrobu energie od jej spotreby. V energetickom manažmente má mimoriadny význam najmä tam, kde sa využívajú zdroje s premenlivou výrobou alebo tam, kde sa potreba energie výrazne mení v čase. V takýchto prípadoch môže akumulácia znižovať špičkové zaťaženie, zlepšovať využitie lokálnych a obnoviteľných zdrojov a stabilizovať prevádzku celej sústavy.

Rozlišujeme najmä akumuláciu tepla a akumuláciu elektrickej energie. Akumulácia tepla sa realizuje spravidla vo vodných akumulačných nádržiach alebo v konštrukčných masách budovy. Jej výhodou je technická jednoduchosť a vysoká využiteľnosť v systémoch vykurovania, prípravy teplej vody alebo pri spolupráci s obnoviteľnými zdrojmi. Akumulácia elektriny sa najčastejšie realizuje batériovými systémami, ktorých úlohou je vyrovnávať krátkodobý nesúlad medzi výrobou a spotrebou alebo obmedzovať odbery zo siete v určitých časových intervaloch.

Definícia 7.6: Akumulácia energie

Akumulácia energie je proces dočasného uloženia energie do vhodného zásobníka alebo média s cieľom jej neskoršieho využitia v čase, keď vznikne potreba alebo keď sú prevádzkové podmienky priaznivejšie.

Pri hodnotení akumulácie je nevyhnutné posudzovať nielen jej kapacitu, ale aj účinnosť, dynamiku nabíjania a vybíjania, straty počas skladovania, investičné náklady a spôsob riadenia. Akumulácia sama osebe úsporu negeneruje, jej význam spočíva v tom, že umožňuje lepšie využiť existujúci zdroj alebo zmeniť časový profil odberu. Odborne správny návrh preto musí vychádzať zo znalosti prevádzkového režimu systému, nielen z požiadavky „doplniť zásobník“.

Osobitný význam má riadenie zdrojovej sústavy. Ak organizácia disponuje viacerými zdrojmi, musí rozhodnúť, ktorý zdroj pokrýva základné zaťaženie, ktorý reaguje na špičky, ktorý má prednosť z hľadiska ceny alebo environmentálneho dopadu a ako sa do systému zapája akumulácia. Takéto riadenie môže byť realizované jednoduchou logikou priorít alebo pokročilými algoritmi, ktoré priebežne vyhodnocujú dopyt, ceny energie, výrobu z obnoviteľných zdrojov a stav akumulácie.

Tabuľka 7.6: Funkcie akumulácie energie v zdrojovej sústave

Funkcia	Praktický význam
Časový posun energie	Umožňuje využiť energiu vyrobenú v inom čase, než vznikla spotreba
Vyrovnanie špičiek	Znižuje potrebu špičkového výkonu zdrojov alebo odberu zo siete
Podpora OZE	Zvyšuje využitie premenlivej výroby z obnoviteľných zdrojov
Stabilizácia prevádzky	Vyhladzuje dynamické zmeny v sústave a zlepšuje reguláciu
Zvýšenie pružnosti systému	Umožňuje lepšie reagovať na prevádzkové a cenové zmeny

Poznámka

Pre študenta je podstatné uvedomiť si, že akumulácia nie je „samostatný zdroj energie“. Je to nástroj riadenia času, v ktorom sa energia využíva. Z tohto dôvodu sa jej význam prejavuje najmä v sústave viacerých zdrojov a premenlivej spotreby.



Obrázok 7.2: Koordinácia fotovoltiky, tepelného čerpadla a akumulácie energie v lokálnom zdrojovom systéme.

Zdroj: vlastné spracovanie.

Zaujímavosť

V moderných budovách a lokálnych energetických systémoch sa čoraz viac ukazuje, že najväčší prínos nevzniká z jedného dokonale účinného zdroja, ale z dobre koordinovanej spolupráce viacerých zdrojov, zásobníkov a riadiacich algoritmov.

7.7 Komplexné hodnotenie zdrojových opatrení

Odborne správne hodnotenie opatrení na strane zdrojov si vyžaduje viacrozmerný prístup. Technická účinnosť je síce nevyhnutným parametrom, ale sama osebe nepostačuje na rozhodnutie. Zdroj alebo zdrojová sústava sa musia posudzovať z hľadiska prevádzkovej vhodnosti, ekonomickej primeranosti, vplyvu na spoľahlivosť, nárokov na údržbu, investičnej náročnosti, životnosti, flexibility a environmentálnych dopadov.

V tejto súvislosti má význam rozlišovať medzi *technicky možným* a *systémovo vhodným* riešením. Mnohé technológie možno do systému inštalovať, no nie všetky budú pri danom profile spotreby, technických podmienkach a prevádzkových zvyklostiach skutočne prínosné. Energetický manažment preto vyžaduje porovnanie variantov a výber takého riešenia, ktoré najlepšie zodpovedá reálnym potrebám organizácie.

Definícia 7.7: Komplexné hodnotenie zdroja

Komplexné hodnotenie zdroja energie je odborné posúdenie technických, ekonomických, prevádzkových a environmentálnych vlastností zdroja alebo zdrojovej sústavy vo vzťahu k potrebám konkrétneho systému.

Príklad 7.4: Bivalentná prevádzka tepelného čerpadla

Riešenie. Administratívna budova má ročnú potrebu tepla na vykurovanie a prípravu teplej vody $Q_{\text{rok}} = 410 \text{ MWh/rok}$. Navrhuje sa tepelné čerpadlo vzduch–voda, ktoré má pokryť 78 % ročnej potreby tepla. Zvyšnú časť potreby zabezpečí doplnkový plynový kotol. Sezónny vykurovací faktor tepelného čerpadla je $SCOP = 3,2$.

Ročné množstvo tepla dodané tepelným čerpadlom je:

$$Q_{\text{TČ}} = Q_{\text{rok}} \times 0,78 = 410 \times 0,78 = 319,8 \text{ MWh/rok}$$

Potrebná elektrická energia pre tepelné čerpadlo je:

$$E_{\text{el,TČ}} = \frac{Q_{\text{TČ}}}{SCOP} = \frac{319,8}{3,2} = 99,94 \text{ MWh/rok}$$

Doplnkový plynový kotol musí pokryť zvyšnú potrebu tepla:

$$Q_K = Q_{\text{rok}} - Q_{\text{TČ}} = 410 - 319,8 = 90,2 \text{ MWh/rok}$$

Ak má kotol sezónnu účinnosť $\eta_K = 95 \%$, energia v palive potrebná na pokrytie bivalentnej časti je:

$$E_{\text{pal,K}} = \frac{Q_K}{\eta_K} = \frac{90,2}{0,95} = 94,95 \text{ MWh/rok}$$

Podiel doplnkového zdroja na ročnej potrebe tepla je:

$$p_K = \frac{Q_K}{Q_{\text{rok}}} \times 100 = \frac{90,2}{410} \times 100 = 22 \%$$

Pre orientačné posúdenie prevádzky vypočítame aj celkové množstvo nakupovanej energie. Tú tvorí elektrina pre tepelné čerpadlo a energia v palive pre plynový kotol:

$$E_{\text{nak}} = E_{\text{el,TČ}} + E_{\text{pal,K}} = 99,94 + 94,95 = 194,89 \text{ MWh/rok}$$

Interpretácia. Príklad neporovnáva dva samostatné zdroje tepla, ale ukazuje princíp bivalentnej prevádzky. Tepelné čerpadlo pokryje väčšinu ročnej potreby tepla, zatiaľ čo plynový kotol slúži ako doplnkový zdroj najmä v období nízkych vonkajších teplôt alebo zvýšenej potreby tepla. Pri návrhu takéhoto systému nie je rozhodujúci iba ročný podiel pokrytia, ale aj výkonová dostupnosť tepelného čerpadla, bivalentný bod, teplotný spád vykurovacej sústavy a spoľahlivosť prevádzky v zimnom období.

Pri hodnotení sa spravidla uplatňujú najmä tieto kritériá:

1. účinnosť a energetická výkonnosť zdroja,
2. vhodnosť pre časový profil spotreby,
3. investičné a prevádzkové náklady,
4. spoľahlivosť a nároky na údržbu,
5. regulačná schopnosť a pružnosť,
6. environmentálne dopady a využité palivo,
7. kompatibilita s existujúcou sústavou.

Osobitný význam má porovnanie variantov. Organizácia by nemala posudzovať nový zdroj len v porovnaní s ideálnym stavom, ale najmä v porovnaní s realistickými alternatívami. V mnohých prípadoch sa ukáže, že optimálnym riešením nie je úplná náhrada existujúceho systému, ale jeho kombinovaná modernizácia, doplnenie o nový prvok alebo zmena spôsobu riadenia.

Poznámka

Študent by si mal pri návrhu zdrojového opatrenia vždy položiť dve otázky: po prvé, či je riešenie technicky správne a po druhé, či je vhodné práve pre daný systém. Tieto dve otázky nie sú totožné a v praxi často vedú k odlišným záverom.

Zhrnutie kapitoly

Opatrenia na strane zdrojov energie predstavujú rozhodujúcu súčasť systematického energetického manažmentu. Ich význam spočíva vo zvyšovaní účinnosti výroby a dodávky energie, v lepšej koordinácii viacerých zdrojov, vo vhodnom zapojení obnoviteľných zdrojov, v využití tepelného čerpadla alebo kogenerácie a v podpore akumulácie energie. Odborne správny návrh takýchto opatrení si vyžaduje systémový prístup, v ktorom sa technické vlastnosti zdroja hodnotia spolu s časovým profilom potreby energie, s prevádzkovými nárokmi, s ekonomickými parametrami a s dlhodobými cieľmi organizácie. Práve v tomto spojení techniky, riadenia a hodnotenia sa prejavuje skutočná podstata moderného energetického manažmentu.

Otázky na opakovanie

1. Prečo nemožno zdroj energie posudzovať izolovane od celej sústavy?
2. Aký je rozdiel medzi modernizáciou zdroja tepla a optimalizáciou celej tepelnej sústavy?
3. Za akých podmienok býva kogenerácia technicky a ekonomicky výhodná?
4. Prečo je pri tepelných čerpadlách rozhodujúci teplotný režim systému?
5. Aké hlavné systémové výzvy sprevádzajú integráciu obnoviteľných zdrojov energie?
6. Akú funkciu plní akumulácia energie v lokálnom energetickom systéme?
7. Prečo musí byť hodnotenie zdrojového opatrenia komplexné a viacrozmerné?



Časť IV. Integrácia obnoviteľných zdrojov energie (OZE)

Využitie obnoviteľných zdrojov energie v podnikovej a komunálnej sfére

Obnoviteľné zdroje energie predstavujú významnú súčasť modernej energetiky a ich implementácia zároveň jednu z kľúčových oblastí súčasného energetického manažmentu. Ich význam spočíva nielen v znižovaní závislosti od fosílnych palív, ale aj v schopnosti diverzifikovať zdrojovú základňu, znižovať environmentálne zaťaženie a v určitých prípadoch stabilizovať dlhodobé náklady na energiu. Z odborného hľadiska však využitie obnoviteľných zdrojov nemožno vnímať ako jednoduchú náhradu konvenčných zdrojov. Ide o systémovú úlohu, ktorá si vyžaduje správne technické dimenzovanie, prevádzkovú integráciu, vhodné riadenie a realistické ekonomické posúdenie. Predmetom tejto kapitoly je odborný výklad hlavných technológií obnoviteľných zdrojov energie, ich technických vlastností, aplikačných možností a systémových väzieb v podmienkach podnikov, obcí, verejných budov a lokálnych energetických sústav.

8.1 Obnoviteľné zdroje energie ako súčasť energetickej diverzifikácie

Využívanie obnoviteľných zdrojov energie nemožno zúžiť iba na environmentálny rozmer. V energetickom manažmente majú obnoviteľné zdroje aj významný technický, strategický a ekonomický rozmer. Predstavujú prostriedok diverzifikácie, teda rozšírenia a vyváženia energetickej zdrojovej základne organizácie alebo územného celku tak, aby sa znížila závislosť od jedného energetického nosiča, jedného typu technológie alebo jedného externého dodávateľského reťazca.

Energetická diverzifikácia má mimoriadny význam najmä v prostredí kolísajúcich cien energií, v situáciách zvýšenej neistoty na trhu a pri dlhodobej snahe o znižovanie uhlíkovej stopy. Organizácia, ktorá využíva iba jeden dominantný zdroj energie, býva zraniteľnejšia voči cenovým výkyvom, poruchám zásobovania alebo zmenám regulačného prostredia. Naopak, vhodne diverzifikovaný energetický systém môže lepšie reagovať na sezónnosť, na zmenu spotreby a na technické či ekonomické zmeny.

Definícia 8.1: Energetická diverzifikácia

Energetická diverzifikácia je strategický prístup, pri ktorom sa energetický systém organizácie alebo územia opiera o viaceré zdroje, technológie alebo energetické nosiče vrátane akumulácie s cieľom zvýšiť spoľahlivosť, pružnosť a dlhodobú udržateľnosť zásobovania energiou.

Obnoviteľné zdroje energie možno zaradiť medzi zdroje, ktoré využívajú prirodzene obnovované energetické toky alebo zásoby, ako sú slnečné žiarenie, teplo prostredia, biomasa, bioplyn, geotermálna energia či energia vetra a vody. Ich spoločným znakom je, že pri správnom využívaní nepredstavujú zdroj vyčerpatelný v rovnakom zmysle ako fosílna palivá. To však neznamená, že sú bez technických alebo prevádzkových obmedzení. Každá technológia má špecifické požiadavky na lokalitu, režim prevádzky, akumuláciu, riadenie a integráciu do sústavy.

Z pohľadu energetického manažmentu preto nie je najdôležitejšia otázka, či je zdroj obnoviteľný alebo neobnoviteľný, ale či je v konkrétnom systéme vhodne použitý. Odborne správny návrh musí zohľadniť časový profil výroby energie, časový profil spotreby, technické podmienky objektu alebo prevádzky, možnosti regulácie, priestorové nároky, požiadavky na údržbu a ekonomickú primeranosť riešenia.

Poznámka

Študent by si mal osvojiť dôležitú metodickú zásadu: obnoviteľný zdroj energie nie je automaticky optimálnym riešením len preto, že je environmentálne priaznivý. V každej aplikácii musí byť súčasne technicky vhodný, prevádzkovo zvládnuteľný a ekonomicky primeraný. Pri návrhu obnoviteľného zdroja v energetickom mixe organizácie je na prvom mieste maximalizácia spotreby energie z OZE priamo v mieste výroby.

Význam obnoviteľných zdrojov je rozdielny v podnikovej a komunálnej sfére. V podnikoch sa často posudzujú z hľadiska stability nákladov, možnosti využitia vlastnej výroby, krytia technologických potrieb a zvýšenia energetickej odolnosti. V komunálnej sfére nadobúda okrem toho dôležitosť aj verejný záujem, dlhodobé plánovanie, správa verejných budov, energetická bezpečnosť územia a vzdelávací či demonštračný účinok verejných projektov.

Zaujímavosť

V mnohých mestách a obciach nadobúdajú projekty obnoviteľných zdrojov význam aj preto, že sa stávajú viditeľným symbolom modernizácie, ekologizácie a zodpovedného hospodárenia s verejnými prostriedkami. V prípade podnikov sa záujem o OZE zvyšuje aj z pohľadu marketingu firmy a zvýšeného záujmu o produkty a služby označované ako "zelené". Ich význam teda presahuje len energetickú bilanciu a zasahuje aj do oblasti verejnej politiky a dôveryhodnosti samosprávy.



Obrázok 8.1: Diverzifikovaný energetický systém podniku a obce založený na kombinácii obnoviteľných zdrojov energie, akumulácie a riadenia.

Zdroj: vlastné spracovanie.

8.2 Fotovoltické systémy a ich integrácia do objektu alebo prevádzky

Fotovoltické systémy patria v súčasnosti medzi najrozšírenejšie technológie obnoviteľných zdrojov energie v budovách, podnikoch aj v komunálnej sfére. Ich princíp spočíva v priamej premene slnečného žiarenia na elektrickú energiu prostredníctvom polovodičových fotovoltických článkov. Z pohľadu energetického manažmentu ide o zaujímavú technológiu predovšetkým preto, že umožňuje decentralizovanú výrobu elektriny priamo v mieste spotreby.

Základným odborným predpokladom správneho návrhu fotovoltického systému je analýza spotrebného energetického profilu objektu alebo prevádzky. Samotný inštalovaný výkon fotovoltiky totiž nevypovedá o jej skutočnom prínose. Rozhodujúce je, aká časť vyrobenej elektriny sa spotrebuje priamo v objekte, aká časť sa odovzdá do siete, či je sústava doplnená akumuláciou a ako sa výrobný profil zhoduje s profilom spotreby elektriny. V administratívnych budovách, školách alebo výrobných prevádzkach s dennou spotrebou býva táto zhoda spravidla priaznivejšia než v objektoch s dominantnou rannou, večernou alebo nočnou spotrebou.

Definícia 8.2: Vlastná spotreba elektriny z fotovoltiky

Vlastná spotreba elektriny z fotovoltického systému je podiel vyrobenej elektrickej energie, ktorý sa využije priamo v mieste výroby bez potreby jej odovzdania do distribučnej sústavy. Z hľadiska energetického manažmentu ide o jeden z rozhodujúcich parametrov hodnotenia prínosu systému.

Pri návrhu fotovoltiky je potrebné zohľadniť viacero technických faktorov: orientáciu a sklon plochy vhodnej na inštaláciu, tienenie, technický stav strechy alebo inej nosnej konštrukcie, požiarne a bezpečnostné požiadavky, spôsob elektrického pripojenia, požiadavky distribučnej sústavy, možnosti riadenia prebytkov a prípadnú väzbu na batériové úložisko. V podnikovej praxi býva častou chybou dimenzovanie systému iba podľa maximálne dostupnej plochy, bez väzby na skutočnú spotrebu elektriny.

Fotovoltické systémy možno v základnom členení rozdeliť na ostrovné, hybridné a systémy pripojené do siete. V budovách a podnikoch sa najčastejšie uplatňujú systémy pripojené do verejnej distribučnej siete, prípadne hybridné systémy doplnené o akumuláciu. Ich odborné posúdenie zahŕňa nielen energetickú bilanciu, ale aj hodnotenie zaťažovacích profilov, okamžitého využitia výroby, možnej redukcie odberu zo siete a vplyvu na špičkový príkon.

Tabuľka 8.1: Základné technické a prevádzkové hľadiská pri návrhu fotovoltického systému

Hľadisko	Význam pre návrh a prevádzku
Orientácia a sklon panelov	Ovplyvňujú ročný priebeh výroby a celkový energetický výnos
Tienenie	Môže výrazne znížiť výkon jednotlivých stringov alebo celej sústavy
Profil spotreby elektriny	Určuje mieru vlastnej spotreby a význam prebytkov
Možnosť pripojenia do siete	Podmieňuje technický a administratívny spôsob integrácie systému
Akumulácia a riadenie prebytkov	Zvyšujú využiteľnosť vyrobenej elektriny v objekte
Technický stav objektu	Ovplyvňuje realizovateľnosť a životnosť inštalácie

Fotovoltika má v energetickom manažmente osobitný význam aj preto, že mení charakter objektu z pasívneho na aktívneho odberateľa energie. Tým vzniká potreba presnejšieho mo-

nitorovania, evidencie výkonu, správy výroby a spotreby, a v mnohých prípadoch aj potreba pokročilejšieho energetického riadenia. Čím vyšší je podiel lokálnej výroby, tým väčší význam nadobúda koordinácia medzi výrobou, spotrebou, akumuláciou a distribučnou sústavou.

Poznámka

Študent by mal pri fotovoltike rozlišovať medzi *inštalovaným výkonom* a *skutočne využitým energetickým prínosom*. Zariadenie s vyšším menovitým výkonom nemusí byť automaticky efektívnejšie, ak jeho výroba časovo nezodpovedá spotrebe objektu.

Dimenzovanie fotovoltiky musí zohľadňovať základný parameter, ktorým je výrobný profil, už pri predbežnom uvažovaní o využití FV v prevádzke. Ako bolo uvedené, výrobný profil je možné čiastočne ovplyvniť sklonom a orientáciou FV panelov, ako je zrejmé z obrázku, avšak vždy platí, že v priebehu roku je nevyhnutné uvažovať so sezónnosťou výroby.



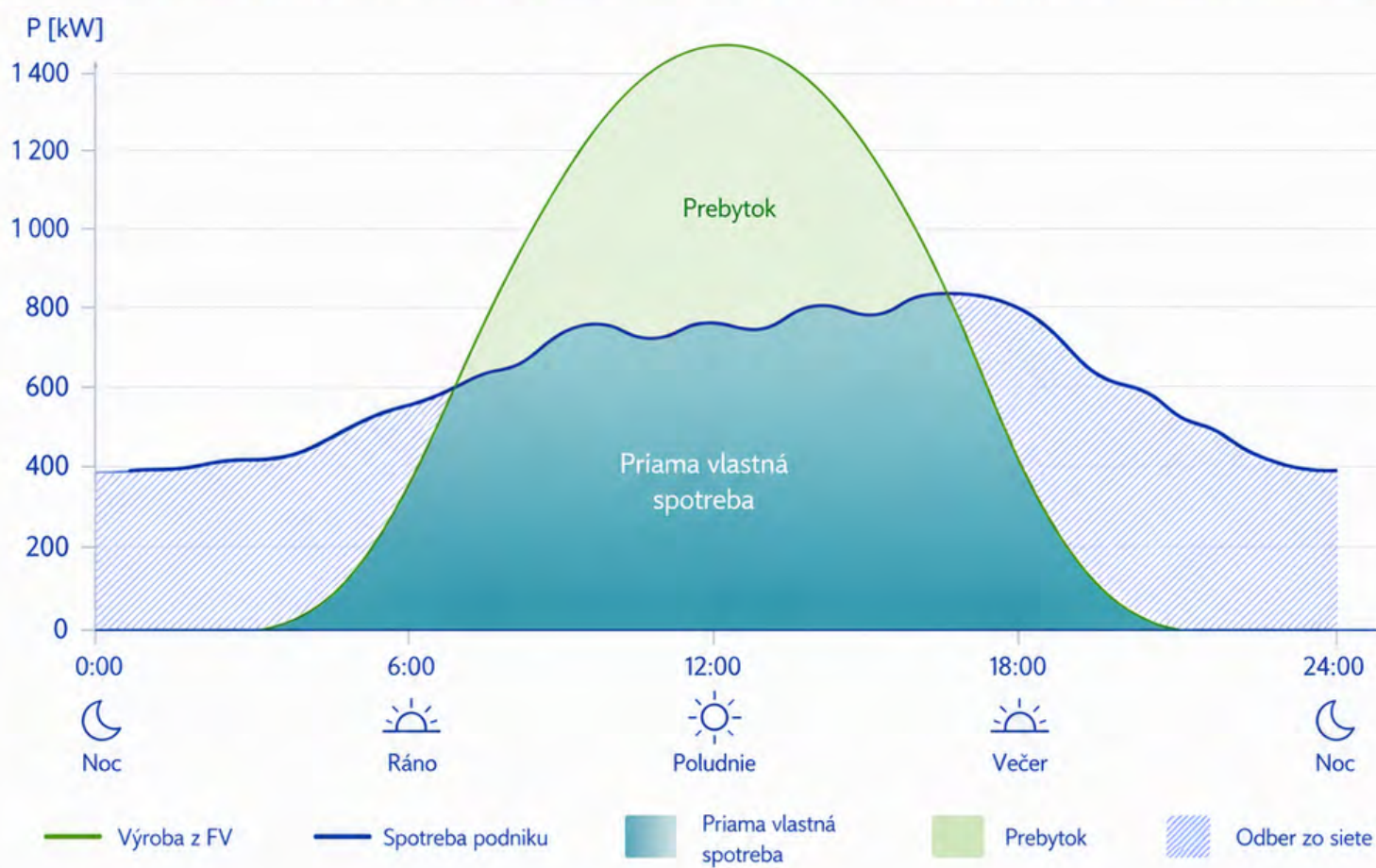
Obrázok 8.2: Sezónnosť výroby elektriny z fotovoltického systému v priebehu roka.

Zdroj: vlastné spracovanie.

Okrem ročnej sezónnosti je špecifikom FV systémov aj denná volatilita, ktorú je potrebné pri návrhu zohľadniť a zosúladiť s výrobným profilom.

Poznámka

Študent môže pre zjednodušenie uvažovať s tým, že 1 kW inštalovaného FV výkonu vyrobí v podmienkach Slovenska ročne cca 1 000 kWh/rok elektriny. Toto zjednodušenie však nie je možné aplikovať zjednodušene na ročnú spotrebu podniku!



Výroba z FV



Podnik



Batéria



Sieť

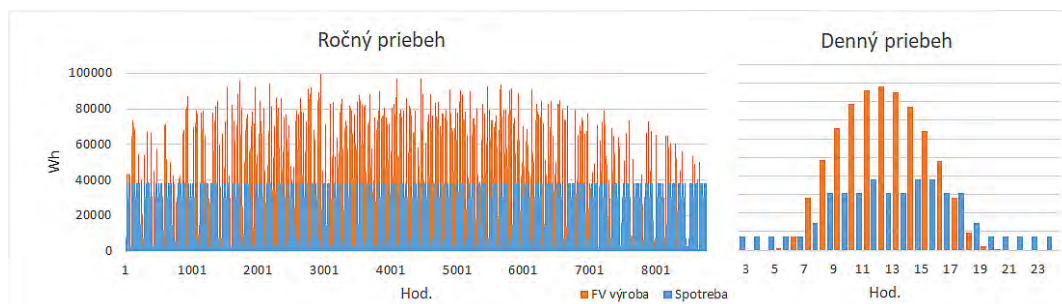
- Tok prebytku (z FV)
- Tok spotreby (do podniku)

Príklad 8.1: Vlastná spotreba elektriny z fotovoltiky

Riešenie. Podnik A aj podnik B majú rovnakú ročnú spotrebu elektriny 120 MWh/rok. Pre oba podniky sa uvažuje rovnaký fotovoltický systém s inštalovaným výkonom 100 kW. Rozdiel medzi podnikmi nie je vo veľkosti ročnej spotreby ani vo výrobe fotovoltiky, ale v časovom priebehu spotreby elektriny.

Podnik A má prevažne dennú prevádzku, pri ktorej významná časť spotreby vzniká v čase výroby fotovoltiky. Podnik B má odlišný prevádzkový profil, pri ktorom sa časť spotreby presúva mimo obdobia najvyššej výroby elektriny z fotovoltiky.

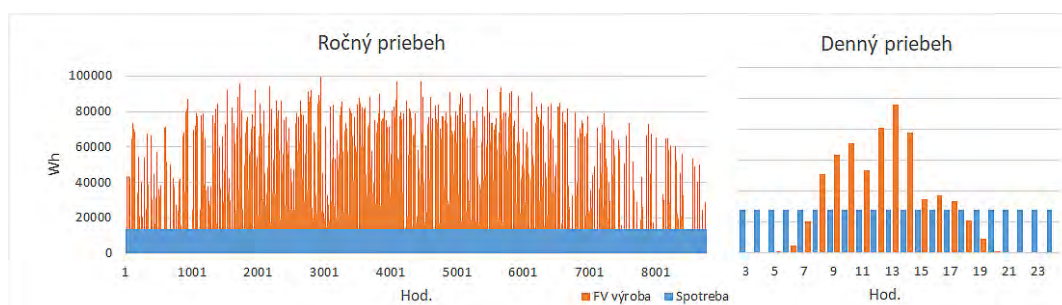
Podnik A – denná prevádzka



Pri hodinovom porovnaní výroby a spotreby sa ukáže, že približne 50 % ročnej výroby z fotovoltiky možno spotrebovať priamo v podniku. Tento podiel označíme ako vlastnú spotrebu FV výroby:

$$p_{VS,A} = 50 \%$$

Podnik B – trojzmenná prevádzka



V druhom podniku je časový súlad medzi výrobou fotovoltiky a spotrebou elektriny nižší. Pri rovnakom fotovoltickom systéme sa priamo v podniku využije približne 35 % ročnej výroby z fotovoltiky:

$$p_{VS,B} = 35 \%$$

Interpretácia. Príklad ukazuje, že pri návrhu fotovoltiky nestačí porovnať iba ročnú spotrebu elektriny s ročnou výrobou fotovoltického systému. Rozhodujúci je hodinový alebo aspoň denný priebeh spotreby a výroby. Dva podniky s rovnakou ročnou spotrebou môžu mať výrazne rozdielnu mieru priameho využitia FV výroby. Bez akumulácie alebo riadenia spotreby sa časť vyrobenej elektriny nemusí využiť priamo v objekte, ale bude dodaná do siete. Preto je pri energetickom audite potrebné pracovať s časovým profilom spotreby, nie iba s ročnými súčtami energie.

Zaujímavosť

V niektorých podnikoch sa najväčší prínos fotovoltiky nedosiahne maximalizáciou výkonu FV, ale tým, že organizácia začne prispôbovať (ak je to možné) denný profil spotreby a následne lepšie riadiť technológie, časovanie výroby alebo nabíjanie zariadení.

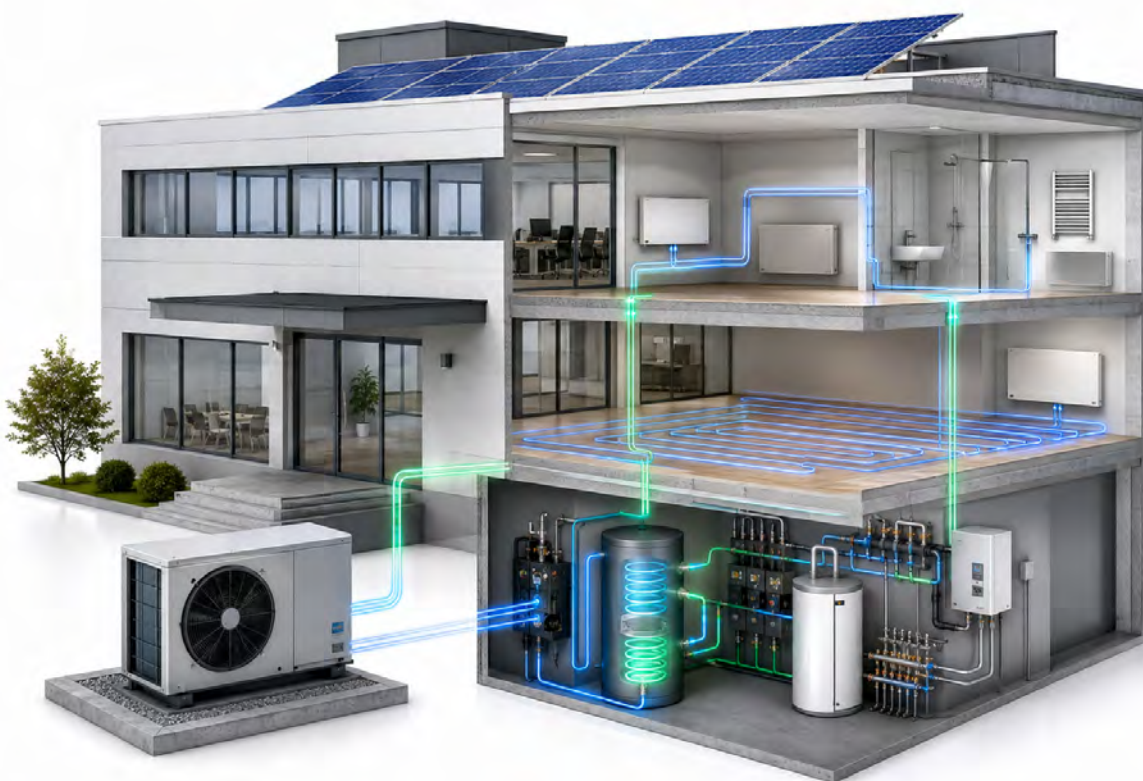
8.3 Tepelné čerpadlá v budovách, podnikoch a verejných objektoch

Tepelné čerpadlá patria medzi technologicky najvýznamnejšie riešenia v oblasti obnoviteľných a nízkoemisných zdrojov tepla. Ich praktický význam spočíva v tom, že umožňujú využívať teplo prostredia s nízkou teplotnou úrovňou a transformovať ho na vyššiu teplotnú hladinu použiteľnú pre vykurovanie, prípravu teplej vody alebo v niektorých prípadoch aj pre technologické účely. Z energetického hľadiska ide o zariadenia, ktoré môžu dodať viac tepla, než koľko spotrebujú nakupovanej energie, ak sú navrhnuté a prevádzkované vo vhodných podmienkach.

V budovách sa tepelné čerpadlá uplatňujú najmä pri vykurovaní, chladení a príprave teplej vody. V podnikovej sfére sa ich význam rozširuje aj na nízkotepelné technologické procesy, na predohrev médií, na spoluprácu s chladením a na spätné využitie nízkopotenciálneho odpadového tepla. Z pohľadu energetického manažmentu je rozhodujúce, aby tepelné čerpadlo nebolo posudzované iba ako samostatný zdroj, ale ako prvok širšieho systému, ktorý musí byť zladený s tepelnou potrebou objektu, s teplotným režimom odovzdávacej sústavy, s charakterom prevádzky a v ideálnych prípadoch aj s FV systémom.

Definícia 8.3: Sezónna energetická efektívnosť tepelného čerpadla

Sezónna energetická efektívnosť tepelného čerpadla vyjadruje jeho reálne správanie počas celého vykurovacieho alebo prevádzkového obdobia a zohľadňuje meniace sa podmienky zdrojovej aj odbernej strany. Z odborného hľadiska má väčší význam než okamžitý výkon v jedinom pracovnom bode.



Obrázok 8.3: Tepelné čerpadlo ako súčasť energetického systému budovy s väzbou na nízkotepelné vykurovanie, prípravu teplej vody a lokálnu výrobu elektriny.

Zdroj: vlastné spracovanie.

Správna aplikácia tepelného čerpadla závisí od typu nízkopotenciálneho zdroja. Systémy vzduch–voda sa vyznačujú nižšími investičnými nárokmi a jednoduchšou realizáciou, ale ich výkon a účinnosť sa výraznejšie menia so zmenou vonkajšej teploty. Systémy zem–voda a voda–voda spravidla dosahujú stabilnejšie prevádzkové parametre, no vyžadujú náročnejší návrh primárnej strany, vyššie investície a vhodné lokálne podmienky. V každom prípade platí, že tepelné čerpadlo dosahuje priaznivejšie výsledky pri nižších teplotách vykurovacej sústavy.

Z odborného hľadiska je veľmi dôležitá väzba medzi tepelným čerpadlom a odovzdávacou sústavou. Ak systém vyžaduje vysoké teploty vykurovacej vody, napríklad pri starších radiátorových sústavách bez obnovy objektu, prevádzková efektívnosť tepelného čerpadla môže byť nižšia. Naopak, pri nízkotepelných systémoch, ako je podlahové vykurovanie, veľkoplošné vykurovacie plochy alebo vhodne zmodernizovaná sústava, býva prevádzka energeticky priaznivejšia.

Poznámka

Študent by si mal uvedomiť, že pri tepelnom čerpadle nie je rozhodujúce len „koľko tepla dodá“, ale najmä *za akých podmienok* ho dodá. Rovnaké zariadenie môže mať v dvoch rôznych sústavách podstatne odlišný energetický aj ekonomický efekt. To znamená, že pri návrhu je potrebné uprednostňovať sezónny faktor.

Tabuľka 8.2: Vybrané aplikačné hľadiská pri tepelných čerpadlách

Hľadisko	Význam pre návrh a prevádzku
Typ nízkopotenciálneho zdroja	Určuje stabilitu a dostupnosť energie pre primárnu stranu
Teplotný režim vykurovania	Výrazne ovplyvňuje sezónnu efektívnosť zariadenia
Charakter potreby tepla	Rozhoduje o vhodnosti monovalentnej alebo bivalentnej prevádzky
Väzba na akumuláciu	Umožňuje lepšie časové rozloženie prevádzky a spoluprácu s OZE
Prevádzka v letnom období	Môže vytvoriť predpoklady aj na chladenie alebo regeneráciu zdroja

V komunálnej a verejnej sfére majú tepelné čerpadlá veľký význam najmä pri modernizácii škôl, administratívnych budov, športových objektov, zariadení sociálnych služieb a menších lokálnych sústav. V priemysle sa stále častejšie uplatňujú aj pri využití odpadového tepla, čím sa ich význam v celkovom ponímaní energetickej efektívnosti podniku výrazne zvyšuje.

Zaujímavosť

Tepelné čerpadlá sú z pedagogického hľadiska veľmi cenné tým, že prepájajú termodynamiku, elektrotechniku, stavebnú techniku aj systémové riadenie. Práve na ich príklade možno veľmi dobre ukázať, že moderná energetika je interdisciplinárna.

8.4 Biomasa a bioplyn ako regulovateľné obnoviteľné zdroje

Na rozdiel od fotovoltiky a ďalších zdrojov závislých od okamžitých prírodných podmienok majú biomasa a bioplyn významnú výhodu v tom, že ide o zdroje v zásade regulovateľné. To znamená, že ich výrobu alebo energetické využitie možno vo väčšej miere prispôbiť dopytu po teple alebo elektrine. Z hľadiska energetického manažmentu ide preto o zdroje, ktoré môžu plniť nielen environmentálnu, ale aj stabilizačnú a regulačnú funkciu.

Tuhá biomasa sa v priemyselnej praxi využíva najmä vo forme drevnej štiepky, peliet, brikiet alebo iných spracovaných biomateriálov. Jej energetické využitie býva vhodné najmä tam, kde existuje dostatočne stabilná potreba tepla, primeraný priestor na skladovanie paliva a zabezpečená logistika dodávky. Odborne správne posúdenie biomasy musí zohľadniť nielen výhrevnosť paliva, ale aj jeho vlhkosť, kvalitu, homogenitu, spôsob spaľovania, nároky na obsluhu a emisné parametre zariadenia.

Bioplyn vzniká anaeróbnym rozkladom organických látok a možno ho energeticky využívať na výrobu tepla, elektriny alebo v kogeneračných systémoch podobne ako zemný plyn. Jeho význam je osobitný najmä tam, kde sú jeho zdroje, teda v poľnohospodárskych podnikoch, v komunálnej sfére, na čistiarnach odpadových vôd alebo v prevádzkach s dostatkom biologicky rozložiteľných materiálov. Z pohľadu energetického manažmentu ide o zdroj, ktorý prepája odpadové hospodárstvo, environmentálnu politiku a lokálnu výrobu energie.

Definícia 8.4: Regulovateľný obnoviteľný zdroj

Regulovateľný obnoviteľný zdroj energie je taký obnoviteľný zdroj, ktorého výkon možno v primeranom rozsahu regulovať podľa potreby systému, na rozdiel od zdrojov s priamo premenlivou výrobou závislou od okamžitých prírodných podmienok.

V prípade biomasy a bioplynu je kľúčové, aby sa energetické využitie neopieralo len o samotnú technológiu spaľovania alebo spracovania plynu, ale aj o širší prevádzkový a logistický rámec. Ak nie je zabezpečená kvalita paliva, pravidelnosť dodávky alebo odborná obsluha, prevádzka takéhoto zdroja môže byť technicky problematická alebo ekonomicky nevhodná. Z tohto dôvodu sa pri týchto zdrojoch veľmi silno prejavuje väzba medzi energetickým manažmentom a organizáciou prevádzky. Nezanedbateľným faktorom sú emisné parametre zdroja a ich dopad na lokalitu prevádzkovania.

Tabuľka 8.3: Porovnanie biomasy a bioplynu z hľadiska energetického manažmentu

Hľadisko	Biomasa	Bioplyn
Forma energie	Predovšetkým teplo, prípadne kombinovaná výroba	Teplo, elektrina alebo kogenerácia
Riadenie výkonu	Dobrá miera regulovateľnosti pri vhodnom zdroji	Vysoká regulovateľnosť pri stabilnej produkcii plynu
Prevádzkové nároky	Palivová logistika, popol, obsluha a údržba	Náročnejšia technológia výroby a čistenia plynu
Typické využitie	Kotolne, lokálne tepelné systémy, verejné objekty	Poľnohospodárstvo, komunálne systémy, ČOV

Poznámka

Študent by mal rozlišovať medzi obnoviteľnosťou zdroja a kvalitou jeho prevádzkového riešenia. Biomasa aj bioplyn môžu byť z hľadiska energetického manažmentu veľmi vhodné, no len vtedy, ak je ich využitie technicky dobre navrhnuté, organizačne zvládnuté a environmentálne prijateľné.

Zaujímavosť

Bioplynové systémy sú zaujímavé tým, že často neplnia iba energetickú funkciu. Súčasne riešia aj spracovanie biologických zvyškov, odpadových látok alebo vedľajších produktov, čím prepájajú energetické hospodárstvo s materiálovým tokom podniku alebo obce.

8.5 Solárne termické systémy a využitie slnečného tepla

Solárne termické kolektory predstavujú technológiu, ktorá premieňa slnečné žiarenie nie na elektrickú energiu, ale priamo na teplo. V porovnaní s fotovoltikou ide o inú technickú logiku aj iný typ aplikácie. Z pohľadu energetického manažmentu sú tieto systémy vhodné najmä tam, kde existuje pravidelná potreba teplej vody s vhodným sezónnym alebo denným profilom, predovšetkým pri príprave teplej vody, v niektorých prípadoch pri podpore vykurovania a v určitých technologických aplikáciách.

Základným odborným predpokladom úspešnej aplikácie je správne posúdenie súladu medzi výrobou tepla zo slnečného žiarenia a potrebou tepla v objekte. Pri nesprávnom dimenzovaní môže dochádzať k nadprodukcii v letnom období a k nízkemu využitiu sústavy. Preto sa solárne termické systémy často navrhujú ako doplnkové zdroje, ktoré pokrývajú len určitú časť potreby a spolupracujú s hlavným zdrojom tepla alebo s akumuláciou.

Definícia 8.5: Solárny termický systém

Solárny termický systém je technická sústava, ktorá prostredníctvom solárnych kolektorov zachytáva slnečné žiarenie a premieňa ho na teplo využiteľné na prípravu teplej vody, na podporu vykurovania alebo na iné nízko až strednoteplotné účely.

Rozlišujú sa najmä ploché kolektory a vákuové trubicové kolektory. Každý typ má odlišné technické vlastnosti, účinnosť pri rôznych prevádzkových podmienkach, investičné nároky a vhodnosť použitia. Pri výbere technológie treba zohľadniť požadovanú teplotnú úroveň, charakter spotreby tepla, klimatické podmienky a koncepciu celého systému. Veľký význam má tiež objem a kvalita zásobníka, regulácie a hydraulického zapojenia.

Solárne termické systémy sa z energetického hľadiska uplatňujú najmä v rodinných a bytových domoch, v ubytovacích zariadeniach, športových objektoch, zdravotníckych zariadeniach a v niektorých podnikových aplikáciách s vyššou potrebou teplej vody. Ich vhodnosť narastá tam, kde je odber tepla relatívne pravidelný a kde možno zabezpečiť dobré využitie vyrobeného tepla počas väčšej časti roka.

Poznámka

Študent by si mal pri solárnych termických systémoch uvedomiť, že vysoký potenciál slnečného žiarenia ešte automaticky neznamená vysoký prínos systému. Rozhodujúce je, či existuje zodpovedajúca a časovo vhodne rozložená potreba tepla, ktorú možno touto technológiou skutočne pokrývať.

Zaujímavosť

Solárne termické systémy sa v odbornej diskusii niekedy dostávajú do úzadia na úkor fotovoltiky, no v aplikáciách zameraných na teplú vodu môžu byť stále veľmi účinným a prevádzkovo zaujímavým riešením.

8.6 Rekuperácia tepla a spätné využitie energetických tokov

Významnou oblasťou moderného energetického manažmentu je spätné získavanie energie z tokov, ktoré by inak ostali nevyužitú. Rekuperácia tepla predstavuje technický princíp, pri ktorom sa teplo z odvádzaného média využije na predohrev alebo podporu iného energetického procesu. Z pohľadu budov sa najčastejšie uplatňuje pri vetraní, kde sa teplo z odvádzaného vzduchu prenáša na privádzaný vzduch. V priemyselných aplikáciách však rekuperácia zasahuje aj oblasť technologických odpadových teplôt, spalín, chladiacich okruhových a ďalších procesných tokov.

Z odborného hľadiska je rekuperácia veľmi dôležitá preto, že nemení len zdroj energie, ale zlepšuje celkové využitie energie v systéme. Práve v tom sa odlišuje od jednoduchého zvýšenia výkonu zdroja. Namiesto výroby novej energie sa lepšie využíva energia, ktorá už bola do systému privádzaná. To býva z hľadiska energetickej efektívnosti mimoriadne priaznivé.

Definícia 8.6: Rekuperácia tepla

Rekuperácia tepla je proces spätného získavania tepelnej energie z odvádzaného alebo odpadového média a jej opätovného využitia v tom istom alebo v inom energetickom procese.

Pri návrhu rekuperácie je rozhodujúci teplotný potenciál zdrojového média, časový súlad medzi zdrojom odpadového tepla a miestom jeho využitia, kvalita výmenníka a celkové hydraulické alebo vzduchotechnické riešenie sústavy. Ak chýba časový súlad alebo vhodná teplotná úroveň, systém môže mať nižší prínos, než sa predpokladalo. Z tohto dôvodu je pri rekuperácii veľmi dôležité nielen technické riešenie, ale aj kvalitná analýza prevádzkových vzťahov.

Tabuľka 8.4: Typické oblasti využitia rekuperácie tepla

Oblasť	Typické využitie
Budovy a vzduchotechnika	Spätné získavanie tepla z odvádzaného vzduchu pri vetraní
Priemyselné procesy	Predohrev vzduchu, vody alebo technologických médií
Chladiace systémy	Využitie odpadového tepla z chladiacich okruhov
Kombinované energetické systémy	Prepojenie viacerých tokov v lokálnej energetickej sústave

Poznámka

Pre študenta je dôležité pochopiť, že odpadové teplo nie je automaticky využiteľné. Rozhodujúce je, akú má teplotnú úroveň, aký má časový priebeh, či je technicky využiteľné a či existuje zodpovedajúce miesto spotreby, ktoré ho dokáže prijať.

Zaujímavosť

Rekuperácia patrí medzi najlepšie príklady systémového myslenia v energetike. Učí nás, že to, čo sa v jednej časti systému javí ako strata, môže byť v inej časti cenným energetickým zdrojom.

8.7 Hybridné systémy a inteligentné energetické riadenie

S rastúcim počtom lokálnych zdrojov energie, akumulčných prvkov a riadiacich technológií narastá význam hybridných energetických systémov. Ide o systémy, v ktorých spolupracujú viaceré zdroje energie, napríklad fotovoltika, tepelné čerpadlo, kotol na biomasu, akumulácia tepla alebo elektriny a riadiaci systém. Cieľom hybridného systému nie je len súčet jednotlivých technológií, ale ich koordinovaná spolupráca tak, aby celý systém fungoval efektívnejšie, spoľahlivejšie a pružnejšie než jednotlivé prvky samostatne.

Z pohľadu energetického manažmentu je rozhodujúce riadenie. Ak sa viaceré technológie iba mechanicky skombinujú, bez kvalitnej regulačnej logiky a bez znalosti prevádzkového profilu, ich prínos môže zostať pod očakávaniami. Naopak, dobre navrhnuté inteligentné riadenie umožňuje rozhodovať, ktorý zdroj bude mať prednosť, kedy sa bude energia akumulovať, kedy sa bude využívať elektrina z lokálnej výroby a kedy je vhodné odoberať energiu zo siete.

Definícia 8.7: Hybridný energetický systém

Hybridný energetický systém je sústava zložená z viacerých zdrojov energie, prípadne aj z akumulácie a riadenia, ktorá je navrhnutá tak, aby jednotlivé prvky spolupracovali pri pokrývaní potrieb objektu alebo prevádzky.

Hybridné systémy majú osobitný význam v budovách a v komunálnej sfére, kde sa spájajú požiadavky na energetickú hospodárnosť, stabilitu prevádzky a čoraz častejšie aj na lokálnu energetickú sebestačnosť. Ich odborné hodnotenie si vyžaduje nielen technickú znalosť jednotlivých zdrojov, ale aj schopnosť analyzovať časové väzby medzi výrobou, spotrebou, akumuláciou a cenovými alebo prevádzkovými podmienkami.



Obrázok 8.4: Hybridný energetický systém s lokálnou výrobou energie, akumuláciou a inteligentným riadením energetických tokov.

Zdroj: vlastné spracovanie.

Poznámka

Študent by mal pri hybridných systémoch chápať, že najväčšia hodnota nevzniká z jednotlivého zariadenia, ale z ich koordinácie. Je potrebné si uvedomiť, že aj pri hybridných zdrojoch je základom stabilný výkonovo riaditeľný energetický zdroj, ktorý je doplnený o lokálne obnoviteľné alebo alternatívne zdroje energie.

Zaujímavosť

Hybridné energetické systémy sú veľmi vhodným príkladom toho, ako sa energetika postupne mení z disciplíny založenej na samostatných zariadeniach na disciplínu založenú na dátach, algoritmoch a systémovom riadení.

Príklad 8.2: Porovnanie variantov zásobovania teplom pre verejný objekt

Riešenie. Verejný objekt s ročnou potrebou tepla 360 MWh/rok uvažuje o dvoch variantoch zdroja:

- **Variant A:** kotol na biomasu s priemernou účinnosťou 88 %.
- **Variant B:** tepelné čerpadlo zem–voda, ktoré pokryje 82 % potreby tepla so sezónnym faktorom $SCOP = 4,1$, pričom zvyšných 18 % pokryje elektrokotol.

Cena biomasy je 46 €/MWh paliva a cena elektriny 180 €/MWh.

Variant A – spotreba biomasy

Potrebná energia paliva:

$$E_A = \frac{360}{0,88} \approx 409,09 \text{ MWh/rok}$$

Ročné náklady:

$$C_A = 409,09 \times 46 \approx 18\,818,14 \text{ €/rok}$$

Variant B – tepelné čerpadlo a elektrokotol

Tepelné čerpadlo dodá:

$$Q_{TČ} = 360 \times 0,82 = 295,2 \text{ MWh/rok}$$

Elektrická energia pre tepelné čerpadlo:

$$E_{el,TČ} = \frac{295,2}{4,1} = 72 \text{ MWh/rok}$$

Elektrokotol dodá:

$$Q_{EK} = 360 \times 0,18 = 64,8 \text{ MWh/rok}$$

Keďže pri elektrokotle možno uvažovať účinnosť blízku 100 %, jeho spotreba elektriny je:

$$E_{el,EK} = 64,8 \text{ MWh/rok}$$

Celková spotreba elektriny variantu B:

$$E_B = 72 + 64,8 = 136,8 \text{ MWh/rok}$$

Ročné náklady:

$$C_B = 136,8 \times 180 = 24\,624 \text{ €/rok}$$

Porovnanie

Rozdiel ročných prevádzkových nákladov:

$$\Delta C = 24\,624 - 18\,818,14 = 5\,805,86 \text{ €/rok}$$

Interpretácia. Pri zadaných podmienkach vychádza z hľadiska ročných prevádzkových nákladov priaznivejšie riešenie s kotlom na biomasu. Odborné rozhodnutie však nemožno založiť iba na tomto výsledku. Je potrebné zohľadniť aj investičné náklady, nároky na obsluhu, priestor na skladovanie paliva, lokálnu dostupnosť biomasy, emisné požiadavky a dlhodobú prevádzkovú spoľahlivosť oboch variantov.

Príklad 8.3: Návrh energetickej spolupráce FV, TČ a akumulácie

Riešenie. Objekt občianskej vybavenosti má priemernú dennú spotrebu elektriny 540 kWh/deň a priemernú dennú potrebu tepla na vykurovanie a prípravu teplej vody 980 kWh/deň. Navrhuje sa fotovoltický systém s priemernou dennou výrobou 310 kWh/deň elektriny v prechodnom období. Z toho 210 kWh/deň pripadá na čas od 9:00 do 15:00. Tepelné čerpadlo pracuje s priemerným faktorom $COP = 3,8$ a akumulačná nádrž umožňuje uložiť 430 kWh tepla.

Krok 1 – využitie fotovoltiky na pohon tepelného čerpadla

Množstvo tepla vyrobeného tepelným čerpadlom označíme $Q_{TČ}$:

$$Q_{TČ} = E_{FV,TČ} \times COP$$

Po dosadení:

$$Q_{TČ} = 210 \times 3,8 = 798 \text{ kWh/deň tepla}$$

Krok 2 – porovnanie s dennou potrebou tepla

Podiel potreby tepla, ktorý možno takto pokryť, označíme p_Q :

$$p_Q = \frac{Q_{TČ}}{Q_{den}} \times 100$$

Po dosadení:

$$p_Q = \frac{798}{980} \times 100 \approx 81,43 \%$$

Krok 3 – význam akumulácie

Keďže okamžitá potreba tepla v čase najvyššej výroby elektriny nemusí byť totožná s okamžitou výrobou tepla, časť energie možno uložiť do akumulačnej nádrže. Ak nádrž pojme 430 kWh tepla, možno značnú časť vyrobeného tepla presunúť do večerných alebo ranných hodín.

Krok 4 – návrh prevádzkovej priority

Na základe údajov možno stanoviť túto logiku:

1. V čase vysokej výroby fotovoltiky má prednosť prevádzka tepelného čerpadla.
2. Pri prebytku tepla sa energia ukladá do akumulačnej nádrže.
3. Ostatná fotovoltická elektrina sa využíva na krytie vlastnej spotreby objektu.
4. Doplnkový zdroj sa zapína až po vyčerpaní akumulácie a pri nedostatočnom výkone tepelného čerpadla.

Interpretácia. Príklad ukazuje, že skutočný prínos obnoviteľných zdrojov nevzniká len ich inštaláciou, ale najmä ich koordinovanou spoluprácou. Fotovoltika, tepelné čerpadlo a akumulácia predstavujú zmysluplný systém až vtedy, keď je jasne definované ich poradie, spôsob riadenia a väzba na denný profil spotreby objektu.

Zhrnutie kapitoly

Využitie obnoviteľných zdrojov energie predstavuje významnú oblasť moderného energetického manažmentu. Ich úloha spočíva nielen v znižovaní environmentálneho zaťaženia, ale aj v diverzifikácii zdrojovej základne, vo zvyšovaní odolnosti systému a v lepšom využívaní lokálnych energetických potenciálov. Kapitola ukázala, že fotovoltika, tepelné čerpadlá, biomasu, bioplyn, solárne termické systémy aj rekuperácia tepla majú význam iba vtedy, ak sú odborne správne navrhnuté a integrované do konkrétneho systému. Mimoriadny význam pritom nadobúda aj spolupráca viacerých zdrojov v hybridných systémoch a úloha inteligentného riadenia, ktoré umožňuje premeniť technickú sústavu na skutočne funkčný a hospodárny energetický celok. Nezanedbateľným prínosom OZE pre prevádzkovateľa je aj zlepšenie marketingového vnímania podniku v súčasnej environmentálne pozitívne nastavenej dobe.

Otázky na opakovanie

1. Prečo nemožno obnoviteľný zdroj energie považovať automaticky za optimálne riešenie?
2. Aký význam má pri fotovoltike vlastná spotreba vyrobenej elektriny?
3. Prečo sú tepelné čerpadlá citlivé na teplotný režim vykurovacej sústavy?
4. V čom spočíva rozdiel medzi biomasou a bioplynom z hľadiska energetického manažmentu?
5. Prečo musí byť solárny termický systém navrhnutý vo väzbe na skutočnú potrebu tepla?
6. Aký je princíp rekuperácie tepla a kde sa najčastejšie uplatňuje?
7. V čom spočíva hlavný prínos hybridných energetických systémov?





Časť V. Realizácia a riadenie projektov

Ekonomicko-environmentálne hodnotenie a financovanie projektov

Energetické opatrenia nemožno v odbornej praxi posudzovať iba podľa ich technickej realizovateľnosti. Každý projekt zameraný na zvyšovanie energetickej efektívnosti musí byť zároveň vyhodnotený z ekonomického a environmentálneho hľadiska, pretože až kombinácia technického, finančného a environmentálneho pohľadu umožňuje rozhodnúť, či je opatrenie skutočne vhodné pre konkrétnu organizáciu. Predmetom tejto kapitoly je metodika výpočtu energetických úspor, finančných prínosov, úspor primárnej energie a zníženia emisií, ďalej statické a dynamické metódy hodnotenia investícií, princípy financovania energetických projektov a napokon integrovaný prístup k rozhodovaniu. Kapitola nadväzuje na technické časti učebnice a ukazuje, ako sa technické riešenie premieňa na ekonomicky a strategicky hodnotený projekt.

9.1 Metodika výpočtu energetických a environmentálnych prínosov

Základom každého ekonomického a environmentálneho hodnotenia je presné stanovenie vecného účinku navrhovaného opatrenia. Skôr než je možné uvažovať o investičných nákladoch, návratnosti alebo financovaní, treba spoľahlivo určiť, akú energetickú zmenu opatrenie spôsobí. V tejto fáze sa kvantifikuje úspora konečnej energie, finančná úspora, prípadne úspora primárnej energie a zníženie emisií. Kvalita týchto výpočtov rozhoduje o dôveryhodnosti celého projektu.

Metodický postup vychádza z porovnania dvoch stavov: východiskového stavu a nového stavu po realizácii opatrenia. Východiskový stav predstavuje reálnu spotrebu energie v súčasnej prevádzke, spravidla zistenú z meraní, z fakturačných údajov, z prevádzkových záznamov alebo z energetickej bilancie. Nový stav predstavuje predpokladané alebo vypočítané energetické správanie systému po realizácii opatrenia. Môže byť určený technickým výpočtom, simulačným modelom, energetickým auditom alebo overeným benchmarkom.

Definícia 9.1: Úspora energie

Úspora energie je rozdiel medzi spotrebou energie vo východiskovom stave a spotrebou energie po realizácii opatrenia, pričom obe hodnoty musia byť porovnateľné z hľadiska prevádzkových podmienok, rozsahu činnosti a vonkajších vplyvov.

Najjednoduchší vzťah pre výpočet ročnej úspory energie možno vyjadriť:

$$\Delta E = E_{\text{pred}} - E_{\text{po}}$$

kde:

- ΔE je ročná úspora energie,
- E_{pred} je ročná spotreba energie pred realizáciou opatrenia,
- E_{po} je ročná spotreba energie po realizácii opatrenia.



Obrázok 9.1: Prepojenie technického energetického opatrenia s úsporou energie, finančným prínosom, úsporou primárnej energie a znížením emisií.

Zdroj: vlastné spracovanie.

Hoci ide o jednoduchý vzťah, jeho odborné použitie vyžaduje opatrnosť. Ak sa medzi porovnávanými obdobiami zmenila výroba, obsadenosť budovy, klimatické podmienky alebo prevádzkový režim, mechanické porovnanie dvoch spotrieb by bolo metodicky nesprávne. V takýchto prípadoch je nevyhnutné údaje normalizovať alebo použiť modelový prepočet.

Poznámka

Študent by si mal zapamätať, že samotný rozdiel dvoch ročných spotrieb ešte nepredstavuje spoľahlivo určenú úsporu. O úspore možno hovoriť až vtedy, keď sú oba stavy porovnateľné alebo keď bol rozdiel korigovaný na zmenu prevádzkových podmienok.

Vyššie uvedený vzťah kvantifikuje tzv. konečnú spotrebu energie a úsporu konečnej spotreby energie. Konečná spotreba energie predstavuje sumár spotrieb jednotlivých energonosičov v procese.

Popri úspore konečnej energie má význam aj výpočet úspory primárnej energie. V projektoch zameraných na zmenu energetického nosiča, napríklad pri prechode z elektrického vykurovania na tepelné čerpadlo alebo pri využití obnoviteľných zdrojov, môže byť rozdiel medzi úsporou konečnej a primárnej energie veľmi významný.

Z dôvodu porovnateľnosti navrhovaných opatrení na zníženie energetickej náročnosti sa preto okrem úspor konečnej spotreby energie počíta a uvádza aj úspora primárnej energie.

Definícia 9.2: Primárna energia

Primárna energia predstavuje celkové množstvo energie získanej priamo z prírodných zdrojov (uhlie, ropa, plyn, obnoviteľné zdroje) pred jej premenou na iné formy. Zahŕňa aj straty pri výrobe, doprave a distribúcii.

Pre výpočet primárnej energie sa využíva prevodný faktor primárnej energie:

$$E_{PE} = E_k \cdot f_{PE}$$

kde:

- E_{PE} je energia vyjadrená v primárnej forme,
- E_k je konečná spotreba energie,
- f_{PE} je faktor primárnej energie pre daný energetický nosič alebo technológiu.

Tabuľka 9.1: Vybrané faktory primárnej energie a emisné faktory energetických nosičov

Energetický nosič / zdroj energie	Výhrevnosť kWh/m. j.	Faktor primárnej energie f_{PE}	Emisný faktor CO ₂ kg/kWh
Zemný plyn	9,59 kWh/m ³	1,10	0,220
LPG	12,788 kWh/kg	1,35	0,2484
Koks	7,79 kWh/kg	1,10	0,360
Čierne uhlie	6,99 kWh/kg	1,10	0,360
Hnedé uhlie triedené	4,31 kWh/kg	1,10	0,360
Lahký vykurovací olej	11,67 kWh/kg	1,10	0,290
Drevené peletky	4,72 kWh/kg	0,20	0,020
Drevná štiepka	3,19 kWh/kg	0,15	0,020
Kusové drevo	3,19 kWh/kg	0,10	0,020
Elektrina zo siete	–	2,20	0,167
Elektrina z fotovoltiky	–	0,00	0,000
Teplo z CZT – zemný plyn	–	1,30*	0,220
Teplo z CZT – uhlie	–	1,30*	0,360
Teplo z CZT – biomasa	–	1,30*	0,020
Teplo z KVET / CZT	–	0,70*	podľa paliva

* Pri centralizovanom zásobovaní teplom sa faktor primárnej energie primárne určuje výpočtom podľa osobitného predpisu; uvedené hodnoty sa používajú najmä vtedy, ak nie je dostupná hodnota vypočítaná pre konkrétny systém zásobovania teplom.

Zdroj: Spracované podľa Prílohy č. 2 vyhlášky Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky č. 364/2012 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov, v znení neskorších predpisov.

Tabuľka slúži ako metodická pomôcka pri prepočte konečnej spotreby energie na primárnu energiu a pri orientačnom vyčíslení emisií CO₂. Podľa vyhlášky č. 364/2012 Z. z. je globálnym ukazovateľom energetickej hospodárnosti budovy práve primárna energia, ktorá sa určuje z dodanej energie do technického systému budovy cez systémovú hranicu podľa jednotlivých miest spotreby a energetických nosičov. Do hodnotenia tak nevstupuje iba samotná spotreba paliva alebo elektriny, ale aj druh použitého energetického nosiča, spôsob zásobovania budovy energiou a príslušný konverzný faktor primárnej energie. Vyhláška zároveň uvádza, že dodaná energia sa posudzuje pre potreby vykurovania, prípravy teplej vody, vetrania, chladenia a osvetlenia, pričom sa zohľadňuje aj energia z obnoviteľných zdrojov vyrobená na mieste. Pri prevádzkovom hodnotení možno skutočnú spotrebu určiť buď z nameraných údajov, alebo ako súčin spotrebovaného množstva energetického nosiča a jeho výhrevnosti. Z toho vyplýva význam stĺpca výhrevnosti najmä pri palivách evidovaných v naturálnych jednotkách, napríklad v m³ alebo v kilogramoch. Emisie CO₂ sa podľa vyhlášky určujú z dodanej energie podľa jednotlivých energetických nosičov

s využitím prepočítacích faktorov uvedených v Prílohe č. 2. Pri centralizovanom zásobovaní teplom je vhodné prednostne pracovať s hodnotami platnými pre konkrétny systém CZT, pretože skladba palív a spôsob výroby tepla môžu výrazne ovplyvniť výslednú primárnu energiu aj emisnú bilanciu.

V environmentálnom hodnotení sa obdobne pracuje s emisnými faktormi. Ak je známa úspora konečnej energie a emisný faktor príslušného energetického nosiča, možno určiť orientačné zníženie emisií oxidu uhličitého:

$$\Delta m_{\text{CO}_2} = \Delta E \cdot f_{\text{CO}_2}$$

kde:

- Δm_{CO_2} je zníženie emisií oxidu uhličitého,
- ΔE je úspora energie,
- f_{CO_2} je emisný faktor daného nosiča.

Príklad 9.1: Výpočet úspory tepla a zníženia emisií CO₂

Administratívna budova mala vo východiskovom stave ročnú spotrebu tepla 420 MWh/rok. Po zateplení obvodového plášťa a strechy sa predpokladaná ročná spotreba zníži na 305 MWh/rok. Budova využíva ako zdroj energie zemný plyn s emisným faktorom 0,202 t CO₂/MWh.

Tabuľka 9.2: Vstupné údaje pre výpočet energetickej a emisnej úspory

Položka	Hodnota	Poznámka
Spotreba pred zateplením	420 MWh/rok	Východiskový stav budovy.
Spotreba po zateplení	305 MWh/rok	Predpokladaný stav po realizácii opatrenia.
Emisný faktor zemného plynu	0,202 t CO ₂ /MWh	Faktor použitý na emisný prepočet.

Riešenie. Ročná úspora tepla je:

$$\Delta E = 420 - 305 = 115 \text{ MWh/rok}$$

Relatívne zníženie spotreby tepla predstavuje:

$$\frac{115}{420} \cdot 100 = 27,38 \%$$

Ročné emisie pred realizáciou opatrenia sú:

$$m_{\text{CO}_2, \text{pred}} = 420 \cdot 0,202 = 84,84 \text{ t CO}_2/\text{rok}$$

Ročné emisie po realizácii opatrenia sú:

$$m_{\text{CO}_2, \text{po}} = 305 \cdot 0,202 = 61,61 \text{ t CO}_2/\text{rok}$$

Ročné zníženie emisií CO₂ je:

$$\Delta m_{\text{CO}_2} = 84,84 - 61,61 = 23,23 \text{ t CO}_2/\text{rok}$$

Interpretácia. Zateplenie budovy znižuje ročnú potrebu tepla o 115 MWh/rok, čo predstavuje pokles spotreby približne o 27,38 %. Pri použitom emisnom faktore zemného plynu sa zároveň dosiahne ročné zníženie emisií o 23,23 t CO₂. Výsledok je využiteľný ako podklad pre ekonomické hodnotenie opatrenia, environmentálne posúdenie projektu a kvantifikáciu prínosov pri príprave žiadosti o externé financovanie.

Pri zložitejších projektoch je potrebné pracovať aj s čiastkovými úsporami. Napríklad projekt modernizácie vzduchotechniky môže znížiť spotrebu elektriny ventilátorov, spotrebu tepla na ohrev vzduchu a zároveň zlepšiť kvalitu vnútorného prostredia. V takom prípade je vhodné vypočítať prínosy oddelene podľa jednotlivých energetických tokov a až následne ich agregovať do celkového hodnotenia.

Zaujímavosť

V praxi sa často ukazuje, že najväčšou slabinou ekonomického hodnotenia nebýva samotný výpočet návratnosti, ale nesprávne určený vecný prínos opatrenia. Ak je vstupná úspora nadhodnotená alebo metodicky zle určená, skreslené budú všetky nadväzujúce ekonomické výsledky.

9.2 Finančná úspora a štruktúra peňažných tokov projektu

Energetická úspora sama osebe ešte nie je ekonomickým výsledkom. Na to, aby bolo možné projekt finančne hodnotiť, treba energetický efekt previesť do peňažného vyjadrenia. Finančná úspora predstavuje zníženie nákladov na energiu, ktoré vznikne v dôsledku nižšej spotreby alebo zmeny energetického nosiča. V praxi však nejde len o jednoduchý súčin úspory energie a jednotkovej ceny. Správny výpočet musí zohľadniť cenovú štruktúru energie, fixné a variabilné zložky, tarify, rezervovanú kapacitu, distribučné poplatky a prípadné zmeny v pomocnej spotrebe.

Základný vzťah pre orientačný výpočet finančnej úspory možno zapísať:

$$\Delta C = \Delta E \cdot c$$

kde:

- ΔC je ročná finančná úspora,
- ΔE je ročná úspora energie,
- c je jednotková cena energie.

Tento vzťah je vhodný najmä pri orientačnom hodnotení, ak ide o jediný druh energie a ak prevažuje variabilná zložka nákladov. Pri detailnejšej analýze však treba rozlišovať medzi jednotkovou cenou fakturovanej energie a celkovou štruktúrou nákladov. Napríklad pri elektrine môže opatrenie ovplyvniť nielen počet odobratých kWh, ale aj maximálny štvrťhodinový výkon, rezervovanú kapacitu alebo účinník. Podobne pri teple zo systému centralizovaného zásobovania teplom môže byť časť ceny fixná a časť variabilná.

Definícia 9.3: Finančná úspora projektu

Finančná úspora projektu je ročné alebo periodické zníženie prevádzkových nákladov, ktoré vznikne v dôsledku realizácie energetického opatrenia po zohľadnení všetkých relevantných zložiek ceny energie a prípadných dodatočných prevádzkových nákladov.

Pri ekonomickom hodnotení je preto dôležité zostaviť peňažný tok projektu. Peňažný tok zahŕňa nielen úsporu nákladov na energiu, ale aj investičné náklady, náklady na projekt, montáž, revízie, údržbu, náhradné diely, obnovu komponentov a v prípade potreby aj zostatkovú hodnotu zariadenia na konci životnosti. Až na základe takejto štruktúry možno spoľahlivo aplikovať statické alebo dynamické metódy hodnotenia.

Peňažný tok možno v zjednodušenej ročnej forme vyjadriť:

$$CF_t = U_t - N_t$$

kde:

- CF_t je čistý peňažný tok v roku t ,
- U_t sú finančné úspory alebo iné finančné prínosy v roku t ,
- N_t sú náklady spojené s prevádzkou, údržbou alebo obnovou v roku t .

Poznámka

Študent by si mal uvedomiť, že energetický projekt môže mať vysokú technickú úsporu, ale relatívne slabý finančný efekt, ak ide o lacný energetický nosič. Naopak, aj menšia úspora môže byť ekonomicky významná, ak sa týka drahej energie alebo ak súvisí s redukciou výkonových špičiek.

Osobitný význam má odlíšenie hrubej a čistej finančnej úspory. Hrubá úspora predstavuje zníženie nákladov na energiu. Čistá finančná úspora zohľadňuje aj zvýšené náklady na údržbu, na servis, na pravidelné prehliadky alebo na prevádzku nového systému. Pri niektorých technológiách, napríklad pri kogenerácii, tepelných čerpadlách alebo systémoch batériovej akumulácie, môže byť rozdiel medzi hrubou a čistou úsporou významný.

Príklad 9.2: Výpočet ročnej finančnej úspory pri výmene osvetlenia

Riešenie. Výmena sústavy osvetlenia znížila ročnú spotrebu elektriny o 18 500 kWh/rok. Pri priemernej cene elektriny 0,185 €/kWh je hrubá ročná finančná úspora:

$$\Delta C = 18\,500 \times 0,185 = 3\,422,50 \text{ €/rok}$$

Ak sa zároveň odhaduje zvýšenie ročných nákladov na servis a revízie vo výške 180 €/rok, čistá ročná finančná úspora je:

$$3\,422,50 - 180 = 3\,242,50 \text{ €/rok}$$

Interpretácia. Pri jednoduchých opatreniach býva rozdiel medzi hrubou a čistou úsporou malý, no v odbornom hodnotení by sa nemal zanedbávať. Práve čistá úspora je podkladom pre investičné hodnotenie.

Príklad 9.3: Finančný efekt zníženia spotreby tepla a elektriny v projekte

Riešenie. Projekt modernizácie vzduchotechniky znížil ročne spotrebu tepla o 52 MWh/rok a spotrebu elektriny o 11 MWh/rok. Ak je cena tepla 78 €/MWh a cena elektriny 185 €/MWh, finančná úspora je:

$$\Delta C_{\text{teplo}} = 52 \times 78 = 4\,056 \text{ €/rok}$$

$$\Delta C_{\text{elektrina}} = 11 \times 185 = 2\,035 \text{ €/rok}$$

$$\Delta C_{\text{spolu}} = 4\,056 + 2\,035 = 6\,091 \text{ €/rok}$$

Interpretácia. Projekt prináša kombinovanú úsporu z dvoch energetických médií. Práve pri takýchto opatreniach je dôležité spracovať ekonomický efekt oddelene po jednotlivých zložkách a až následne ho agregovať.

Pri prognózovaní peňažných tokov treba zároveň myslieť na časový vývoj cien energií. Ak sa predpokladá rast cien, budú budúce úspory finančne vyššie. Naopak, ak sa pracuje s konzervatívnym scenárom stabilných cien, výsledok bude opatrnejší. V akademickom aj praktickom prostredí je vhodné rozlišovať medzi nominálnym a reálnym peňažným tokom a jasne uviesť, či sa uvažuje s infláciou alebo s reálnymi cenami.

Zaujímavosť

V mnohých projektoch je najcitlivejším parametrom práve budúca cena energie. Z technického hľadiska môže byť projekt veľmi stabilný, no jeho ekonomická atraktivita sa môže výrazne meniť v závislosti od vývoja a stability cien elektriny, tepla alebo plynu.

9.3 Statické metódy hodnotenia investícií

Statické metódy patria medzi najjednoduchšie nástroje ekonomického hodnotenia. Ich výhodou je zrozumiteľnosť, rýchla aplikácia a dobrá použiteľnosť pri orientačnom porovnávaní viacerých opatrení. Ich nevýhodou je, že nerešpektujú časovú hodnotu peňazí, teda skutočnosť, že euro ušetrené dnes má inú hodnotu než euro ušetrené o niekoľko rokov. Napriek tomu sa v praxi používajú veľmi často, najmä v počiatočnej fáze predvýberu projektov.

Najznámejšou statickou metódou je jednoduchá doba návratnosti. Vyjadruje počet rokov, za ktoré sa investičné náklady vrátia prostredníctvom ročných finančných úspor. Základný vzťah je:

$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

kde:

- T_s je jednoduchá doba návratnosti,
- IN sú celkové investičné náklady,
- CF je ročný čistý peňažný tok projektu.

Definícia 9.4: Jednoduchá doba návratnosti

Jednoduchá doba návratnosti je čas, za ktorý sa počiatočný investičný náklad projektu vráti prostredníctvom ročných finančných úspor alebo iných peňažných prínosov.

Táto metóda je intuitívna a ľahko komunikovateľná. Manažment alebo investor rýchlo vidí, za aké obdobie sa vložené prostriedky vrátia. Je preto vhodná na rýchly screening projektov, na predbežné porovnanie viacerých variantov a na komunikáciu s netechnickým publikom. Zároveň sa však nesmie preceňovať. Projekt s rovnakou dobou návratnosti môže mať veľmi odlišnú životnosť, iný profil úspor, iné riziká a iný dopad po uplynutí doby návratnosti.

Poznámka

Pre študenta je dôležité pochopiť, že jednoduchá doba návratnosti nie je úplným ekonomickým hodnotením. Je to orientačný ukazovateľ, ktorý je užitočný najmä v počiatočnej fáze rozhodovania, ale pri väčších projektoch musí byť doplnený dynamickými metódami.

Okrem jednoduchej doby návratnosti možno medzi statické metódy zaradiť aj jednoduchú mieru výnosnosti alebo porovnanie ročných nákladov a ročných prínosov. V energetickej praxi však dominantné miesto zaujíma práve doba návratnosti, pretože je priamo spojená s logikou „koľko rokov trvá, kým sa investícia splatí“.

Príklad 9.4: Jednoduchá doba návratnosti pri zateplení budovy

Riešenie. Investícia do zateplenia obvodového plášťa, výmeny okien a zateplenia strechy predstavuje 132 000 €. Očakávaná ročná čistá finančná úspora na vykurovaní a chladení je 16 500 €/rok. Doba návratnosti je:

$$T_s = \frac{132\,000}{16\,500} = 8 \text{ rokov}$$

Interpretácia. Výsledok znamená, že pri nezmenených podmienkach sa investícia vráti približne za 8 rokov. Na ďalšie roky už projekt generuje čisté prevádzkové prínosy. Táto informácia je užitočná, ale sama osebe nestačí na úplné investičné rozhodnutie.

Príklad 9.5: Porovnanie dvoch variantov podľa doby návratnosti

Podnik posudzuje dve investičné alternatívy, ktorých cieľom je zníženie prevádzkových nákladov. Oba varianty prinášajú každoročnú čistú úsporu, líšia sa však výškou počiatočnej investície aj veľkosťou ročného ekonomického efektu. Na prvé porovnanie sa použije ukazovateľ jednoduchkej doby návratnosti.

Jednoduchá doba návratnosti vyjadruje počet rokov, za ktoré sa počiatočná investícia vráti prostredníctvom dosahovaných ročných čistých úspor.

Tabuľka 9.3: Porovnanie variantov podľa jednoduchkej doby návratnosti

Variant	Investícia (€)	Ročná čistá úspora (€/rok)	Doba návratnosti	Interpretácia
A	28 000	4 000	7 rokov	Nižšia investícia sa vráti rýchlejšie.
B	44 000	5 500	8 rokov	Vyššia úspora nestačí na kratšiu návratnosť.

Riešenie. Pre variant A platí:

$$T_{s,A} = \frac{28\,000}{4\,000} = 7 \text{ rokov}$$

Pre variant B platí:

$$T_{s,B} = \frac{44\,000}{5\,500} = 8 \text{ rokov}$$

Interpretácia. Podľa kritéria jednoduchkej doby návratnosti je výhodnejší variant A, pretože počiatočná investícia sa vráti za kratší čas. Tento záver má však iba orientačný charakter. Ukazovateľ jednoduchkej doby návratnosti nezohľadňuje časovú hodnotu peňazí, rozdielnu životnosť zariadení, zostatkovú hodnotu, rast cien energií ani úspory dosahované po uplynutí doby návratnosti.

Ak by mal variant B dlhšiu technickú životnosť, nižšie prevádzkové riziko alebo vyššie úspory v ďalších rokoch, mohol by byť z pohľadu celého životného cyklu ekonomicky výhodnejší. Preto sa jednoduchá doba návratnosti odporúča používať ako vstupný orientačný ukazovateľ a konečné rozhodnutie doplniť dynamickými metódami, napríklad čistou súčasnou hodnotou alebo vnútorným výnosovým percentom.

Medzi hlavné nedostatky jednoduchkej doby návratnosti patrí ignorovanie času, neprihliadanie na prínosy po skončení návratnosti, nezohľadnenie rizika a neberie do úvahy prípadné väčšie budúce náklady na opravy alebo obnovu komponentov. Z tohto dôvodu sa statické metódy odporúča používať ako prvý filter, nie ako jediné rozhodovacie kritérium.

Zaujímavosť

V praktickom rozhodovaní sa niekedy stáva, že projekty s dlhšou dobou návratnosti bývajú strategicky výhodnejšie než projekty s veľmi krátkou návratnosťou. Dôvodom môže byť vyššia životnosť, väčší environmentálny efekt, vyššia stabilita prevádzky alebo významný prínos pre hodnotu majetku.

9.4 Dynamické metódy hodnotenia investícií

Dynamické metódy odstraňujú hlavný nedostatok statických ukazovateľov tým, že rešpektujú časovú hodnotu peňazí. Budúce peňažné toky sa diskontujú na súčasnú hodnotu, a tým sa vytvára reálnejší obraz o ekonomickej výhodnosti projektu počas celej jeho životnosti. Pri väčších energetických projektoch, pri projektoch s dlhým horizontom alebo pri porovnávaní viacerých variantov sú dynamické metódy nevyhnutné.

Základnou veličinou je diskontná sadzba r , ktorá vyjadruje požadovanú výnosnosť kapitálu, rizikovosť projektu, alternatívne investičné možnosti a v širšom zmysle aj časovú cenu peňazí. Budúci peňažný tok v roku t sa prepočíta na súčasnú hodnotu:

$$PV_t = \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

Najpoužívanejšou dynamickou metódou je čistá súčasná hodnota, teda NPV (*Net Present Value*):

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} - IN$$

kde:

- NPV je čistá súčasná hodnota projektu,
- CF_t je peňažný tok v roku t ,
- r je diskontná sadzba,
- T je životnosť projektu,
- IN je počiatočný investičný náklad.

Definícia 9.5: Čistá súčasná hodnota (NPV)

Čistá súčasná hodnota je rozdiel medzi súčasnou hodnotou budúcich peňažných tokov projektu a počiatočným investičným nákladom. Ak je NPV kladná, projekt pri zvolenej diskontnej sadzbe vytvára ekonomickú hodnotu.

Interpretácia NPV je priamočiara. Ak je $NPV > 0$, projekt je ekonomicky prijateľný. Ak je $NPV < 0$, projekt pri danej diskontnej sadzbe nevytvára dostatočný výnos. Ak je $NPV = 0$, projekt sa pohybuje na hranici akceptovateľnosti. Výhodou NPV je, že výsledok vyjadruje priamo hodnotový prírastok alebo úbytok v peniazoch.

Druhou dôležitou metódou je vnútorná miera výnosnosti, teda IRR (*Internal Rate of Return*). Ide o takú diskontnú sadzbu, pri ktorej sa čistá súčasná hodnota projektu rovná nule:

$$0 = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} - IN$$

Ak je IRR vyššia než požadovaná minimálna výnosnosť investora, projekt je spravidla prijateľný. IRR je užitočná najmä pri porovnávaní relatívnej výnosnosti viacerých projektov, ale mala by sa interpretovať spolu s NPV, nie izolovane.

Poznámka

Študent by si mal zapamätať, že NPV a IRR nie sú konkurenčné, ale dopĺňajúce sa ukazovatele. NPV vyjadruje absolútny ekonomický prínos projektu, zatiaľ čo IRR vyjadruje jeho relatívnu výnosnosť.

Pri dynamickom hodnotení energetických projektov je dôležité správne stanoviť životnosť projektu, interval obnovy komponentov, zostatkovú hodnotu, rast cien energie a budúce náklady na údržbu. Pri technológiách s dlhým životným cyklom, ako sú zateplenie alebo obnova obalových konštrukcií, môže byť horizont 20 až 30 rokov. Pri iných opatreniach, napríklad pri niektorých elektronických systémoch riadenia, býva kratší.

Príklad 9.6: Výpočet NPV pri modernizácii osvetlenia

Podnik uvažuje o modernizácii osvetlenia v budove. Počiatočná investícia predstavuje 22 000 €. Očakávaná čistá ročná úspora nákladov je 3 800 €/rok počas 10 rokov. Pri hodnotení projektu sa používa diskontná sadzba 5 %.

Tabuľka 9.4: Vstupné údaje pre výpočet NPV projektu

Položka	Hodnota	Poznámka
Počiatočná investícia	22 000 €	Výdavok pri realizácii projektu.
Ročná čistá úspora	3 800 €/rok	Predpokladaný ročný prínos projektu.
Doba hodnotenia	10 rokov	Obdobie započítania úspor.
Diskontná sadzba	5 %	Použitá sadzba na prepočet budúcich úspor.

Riešenie. Po dosadení vstupných údajov dostaneme:

$$NPV = \sum_{t=1}^{10} \frac{3\,800}{(1 + 0,05)^t} - 22\,000$$

$$NPV = \left(\frac{3\,800}{1,05} + \frac{3\,800}{1,05^2} + \dots + \frac{3\,800}{1,05^{10}} \right) - 22\,000$$

$$NPV = 29\,342,59 - 22\,000 = 7\,342,59 \text{ €}$$

Po zaokrúhlení:

$$NPV \approx 7\,343 \text{ €}.$$

Interpretácia. Projekt modernizácie osvetlenia má pri diskontnej sadzbe 5 % kladnú čistú súčasnú hodnotu. Diskontované úspory za hodnotené obdobie prevyšujú počiatočnú investíciu približne o 7 343 €. Z ekonomického hľadiska je preto projekt prijateľný. Pri konečnom rozhodnutí je však vhodné zohľadniť aj technickú životnosť osvetlenia, náklady na údržbu a vývoj cien elektrickej energie.

Dynamické metódy majú v energetickom manažmente osobitný význam aj preto, že väčšina opatrení prináša prínosy počas dlhého obdobia a často sa ich ekonomický efekt mení v čase. Práve preto sú tieto metódy vhodnejšie než jednoduché statické ukazovatele.

Zaujímavosť

V energetickej praxi býva bežné, že projekt s mierne horšou jednoduchou dobou návratnosti nakoniec vykazuje lepšie NPV, pretože má dlhšiu životnosť, stabilnejšie úspory alebo nižšie riziko dodatočných nákladov.

9.5 Zdroje financovania energetických projektov

Ani technicky výborný a ekonomicky výhodný projekt nemusí byť realizovaný, ak organizácia nedisponuje dostatočnými finančnými zásobami alebo vhodným spôsobom financovania. Práve preto je finančná stránka projektov neoddeliteľnou súčasťou energetického manažmentu. Financovanie ovplyvňuje realizovateľnosť, časovanie projektu, rozdelenie rizika aj konečné ekonomické výsledky.

Základné zdroje financovania možno rozdeliť na vlastné zdroje, úverové financovanie a externé podporné mechanizmy, najmä dotácie, granty alebo príspevky. Každý z týchto spôsobov má odlišné dôsledky pre peňažný tok projektu, pre mieru rizika aj pre rozhodovanie investora.

Vlastné zdroje predstavujú najpriamejší spôsob financovania. Ich výhodou je nezávislosť od veriteľa, menšia administratívna náročnosť a plná kontrola investora nad projektom. Nevýhodou je viazanie vlastného kapitálu, ktorý by mohol byť použitý na iný rozvojový účel. Pri hodnotení vlastných zdrojov preto treba zohľadniť aj alternatívne náklady kapitálu.

Úverové financovanie umožňuje rozložiť investičné náklady v čase a realizovať projekt aj bez okamžitej plnej disponibilnej hotovosti. Jeho nevýhodou sú úroky, požiadavky na zabezpečenie, administratívne podmienky a riziko spojené s budúcou schopnosťou splácať záväzky. Z pohľadu energetického manažmentu býva úver vhodný najmä pri projektoch s pomerne stabilným a dobre preukázateľným peňažným tokom.

Definícia 9.6: Financovanie energetického projektu

Financovanie energetického projektu je spôsob zabezpečenia kapitálu potrebného na realizáciu opatrenia vrátane určenia zdroja prostriedkov, podmienok splácania, rozdelenia rizika a dopadu na ekonomické ukazovatele projektu.

Osobitnú kategóriu tvoria dotačné a grantové mechanizmy. Ich výhodou je, že môžu znížiť počiatočnú investičnú záťaž a zlepšiť ekonomické ukazovatele projektu. Na druhej strane bývajú spojené s podmienkami oprávnenosti, so spolufinancovaním, s administratívnymi požiadavkami a s neistotou výsledku žiadosti. Špeciálnou podmienkou je plnenie tzv. merateľných ukazovateľov (MÚ), ktoré býva niekedy náročnejšie ako splátka úveru. Obdobie udržateľnosti projektu je obdobie, počas ktorého je poskytovateľom dotácie kontrolované plnenie všetkých MÚ.

Príklad 9.7: Plnenie merateľných ukazovateľov projektu

Riešenie. Dotácia na inštaláciu FV zariadenia vo výške 45 % z investičných nákladov je podmienená spotrebou elektriny z FV zdroja v mieste inštalácie na úrovni minimálne 80 %.

Firma získa dotáciu, v druhom roku udržateľnosti projektu jej klesne odbyt, s čím súvisí zníženie spotreby elektriny. To má za následok zníženie podielu elektriny spotrebovanej z FV. Na konci druhého roku firma uvedie v monitorovacej správe podiel spotreby elektriny z FV zdroja na úrovni 65 %.

Poskytovateľ dotácie spustí proces žiadosti o vrátenie dotácie.

Interpretácia. Ak investor pri žiadosti o dotáciu nesprávne odhadol svoje možnosti, môže sa stať, že bude musieť vrátiť financie z dotácie. Väčšinou si na to musí vziať úver, ktorý však z uvedeného dôvodu bude mať nevýhodnejšie podmienky ako úver na samotnú inštaláciu FV zdroja.

Z tohto dôvodu sa pri ekonomickom hodnotení odporúča najprv posúdiť projekt bez dotácie a následne vyhodnotiť, ako sa výsledky zmenia pri získaní externého príspevku.

Tabuľka 9.5: Základné zdroje financovania energetických projektov

Zdroj financovania	Hlavná výhoda	Hlavné obmedzenie
Vlastné zdroje	Vysoká kontrola a nižšia externá závislosť	Viazanie vlastného kapitálu
Úver	Možnosť realizácie aj bez plného vlastného kapitálu	Úrokové náklady a splátkové riziko
Dotácia alebo grant	Zníženie investičnej záťaže	Administratívna náročnosť, neistota získania, riziko vrátenia dotácie
Kombinované financovanie	Vyváženie zdrojov a rozloženie rizika	Vyššia zložitosť finančnej štruktúry

V praxi býva čoraz významnejšie aj kombinované financovanie, kde sa spájajú vlastné zdroje, úver a externá podpora. Takýto model umožňuje znížiť kapitálovú záťaž investora a zároveň udržať projekt pod kontrolou. Odborne správne posúdenie však musí zohľadniť, ako sa jednotlivé zdroje financovania premietnu do cash-flow a do rizikového profilu projektu.

Príklad 9.8: Vplyv dotácie na ekonomiku projektu

Riešenie. Projekt modernizácie zdroja tepla stojí 96 000 €. Ročná čistá úspora je 12 000 €/rok. Bez dotácie je jednoduchá doba návratnosti:

$$T_s = \frac{96\,000}{12\,000} = 8 \text{ rokov}$$

Ak projekt získa dotáciu vo výške 30 % oprávnených nákladov, investor financuje:

$$96\,000 \times 0,70 = 67\,200 \text{ €}$$

Nová jednoduchá doba návratnosti je:

$$T_s = \frac{67\,200}{12\,000} = 5,6 \text{ roka}$$

Interpretácia. Dotácia významne zlepšuje ekonomické parametre projektu. Z odborného hľadiska však treba projekt posudzovať aj bez dotácie, aby bolo zrejmé, či je ekonomicky racionálny aj v menej priaznivom scenári.

Príklad 9.9: Porovnanie vlastného a úverového financovania

Riešenie. Projekt s investíciou 60 000 € prináša ročnú čistú úsporu 9 500 €/rok. Ak je financovaný z vlastných zdrojov, ročný peňažný tok je plne daný úsporou. Ak je financovaný úverom so splátkou 7 200 €/rok počas prvých 10 rokov, čistý disponibilný ročný efekt v tomto období je:

$$9\,500 - 7\,200 = 2\,300 \text{ €/rok}$$

Interpretácia. Úverové financovanie môže umožniť realizáciu projektu bez potreby vysokého počiatočného kapitálu, no mení krátkodobý cash-flow investora. Preto treba pri rozhodovaní sledovať nielen návratnosť, ale aj schopnosť projektu uniesť splátkový režim.

Zaujímavosť

V praxi býva častou chybou posudzovať projekt iba podľa technickej návratnosti a až následne riešiť financovanie. V skutočnosti môže zvolený spôsob financovania výrazne zmeniť to, či je projekt pre organizáciu krátkodobo zvládnuteľný a strategicky prijateľný.

Financovanie formou EPC

Osobitným spôsobom financovania energetických projektov je model EPC, teda *Energy Performance Contracting*. V slovenskom prostredí sa používa aj označenie garantovaná energetická služba. Podstatou EPC je, že prípravu, realizáciu a často aj financovanie energetického opatrenia zabezpečuje externý poskytovateľ energetických služieb. Projekt sa následne spláca z dosiahnutých úspor energie alebo prevádzkových nákladov.

Definícia 9.7: EPC

EPC je zmluvný model realizácie energetických opatrení, pri ktorom poskytovateľ energetickej služby navrhne a zrealizuje opatrenia na zníženie spotreby energie a zároveň garantuje dosiahnutie dohodnutej úspory. Splácanie projektu je spravidla naviazané na skutočne dosiahnuté úspory počas zmluvného obdobia.

Model EPC je vhodný najmä tam, kde má organizácia vysoký technický potenciál úspor, ale nedisponuje dostatočnými vlastnými investičnými zdrojmi alebo nechce viazať kapitál na energetické opatrenia. Typickými projektmi sú modernizácia vykurovania, osvetlenia, merania a regulácie, obehových čerpadiel, vzduchotechniky alebo komplexné opatrenia na zníženie energetickej náročnosti budov.

Základom EPC nie je iba samotná realizácia technického opatrenia, ale najmä záväzok dosiahnuť merateľný výsledok. Preto musí byť pred uzavretím zmluvy určený referenčný stav spotreby energie, spôsob výpočtu úspor, pravidlá korekcie na vonkajšie podmienky a postup overovania výsledkov. Bez kvalitne stanoveného referenčného rámca nemožno objektívne určiť, či bola úspora skutočne dosiahnutá vplyvom realizovaného opatrenia.

Tabuľka 9.6: Základné znaky financovania formou EPC

Oblasť	Charakteristika
Subjekt realizácie	Projekt pripravuje a realizuje poskytovateľ energetických služieb, často označovaný ako ESCO.
Financovanie	Investícia môže byť financovaná poskytovateľom služby, klientom, úverom alebo kombinovane.
Splácanie	Náklady projektu sa splácajú z dosiahnutých úspor energie alebo prevádzkových nákladov.
Garancia úspor	Poskytovateľ garantuje minimálnu úroveň úspory podľa zmluvných podmienok.
Meranie a overovanie	Úspory sa vyhodnocujú podľa dohodnutej metodiky a porovnávajú sa s referenčným stavom.
Riziko výkonu	Časť technického a výkonnostného rizika preberá poskytovateľ energetickej služby.

Výhodou EPC je, že umožňuje realizovať opatrenia aj bez okamžitého vysokého investičného výdavku zo strany vlastníka budovy. Zároveň prenáša časť rizika na odborného poskytovateľa, ktorý je motivovaný dosiahnuť reálne úspory. Nevýhodou môže byť vyššia zmluvná a administratívna náročnosť, potreba kvalitných vstupných údajov a dlhšie zmluvné obdobie. EPC preto

nie je vhodné pre každý projekt, ale najmä pre také opatrenia, pri ktorých sú úspory dostatočne veľké, stabilné a merateľné.

Príklad 9.10: Princíp splácania projektu formou EPC

Organizácia plánuje modernizáciu vykurovania a regulácie s investičnými nákladmi 240 000 €. Poskytovateľ energetickej služby garantuje ročnú úsporu prevádzkových nákladov vo výške 38 000 €/rok. Zmluvné obdobie je 8 rokov.

Riešenie. Ak sa celý projekt spláca z garantovaných úspor, celková úspora počas zmluvného obdobia je:

$$8 \times 38\,000 = 304\,000 \text{ €}$$

Pri investičných nákladoch 240 000 € zostáva priestor na pokrytie nákladov financovania, servisu, merania a overovania úspor:

$$304\,000 - 240\,000 = 64\,000 \text{ €}$$

Interpretácia. Projekt je z pohľadu EPC vhodný vtedy, ak očakávané a garantované úspory počas zmluvného obdobia postačujú na splatenie investície aj súvisiacich nákladov služby. Pre klienta je podstatné, že splácanie projektu nie je založené iba na technickom odhade, ale na zmluvne garantovanom a pravidelne overovanom výsledku.

Pri rozhodovaní o využití EPC treba porovnať tento model s vlastným financovaním, úverom a dotáciou. EPC môže byť výhodné najmä vtedy, ak organizácia potrebuje komplexné technické riešenie, odbornú prevádzkovú podporu a garanciu výsledku. Ak však má investor dostatok vlastných zdrojov, nízke náklady kapitálu a kvalitné interné technické kapacity, môže byť pri niektorých projektoch výhodnejšie priame financovanie alebo kombinácia vlastných zdrojov s externou podporou.

Zaujímavosť

Pri EPC sa nehodnotí iba to, či opatrenie šetrí energiu, ale aj to, kto nesie riziko, ako sa úspora preukazuje a z čoho sa projekt spláca. Preto je EPC nielen technickým, ale aj zmluvným a finančným nástrojom energetického manažmentu.

9.6 Integrované hodnotenie, senzitivna analýza a rozhodovací proces

V odbornej praxi nemožno rozhodovať o energetickom projekte iba podľa jedného ukazovateľa. Aj keď sú NPV, IRR alebo doba návratnosti veľmi dôležité, samy osebe neobsiahnu všetky rozhodujúce rozmery projektu. Preto sa v energetickom manažmente uplatňuje integrované hodnotenie, ktoré prepája ekonomické, technické, prevádzkové, environmentálne a v prípade potreby aj sociálne hľadisko.

Integrované hodnotenie znamená, že projekt sa neposudzuje len podľa finančnej rentability, ale aj podľa technickej uskutočniteľnosti, organizačnej náročnosti, dostupnosti financovania, vplyvu na spoľahlivosť, na komfort, na legislatívny súlad, na emisie a na dlhodobé strategické ciele organizácie. Niektoré projekty môžu mať síce mierne slabší ekonomický výsledok, ale môžu prinášať významný prínos pre bezpečnosť prevádzky, pre zníženie závislosti od fosílnych palív alebo pre splnenie regulačných požiadaviek.

Definícia 9.8: Integrované hodnotenie projektu

Integrované hodnotenie projektu je viacrozmerné posúdenie energetického opatrenia, ktoré prepája technické, ekonomické, environmentálne, prevádzkové a strategické kritériá do jedného rozhodovacieho rámca.

Významnú úlohu má aj senzitivna analýza. Energetické projekty pracujú s neistotou: budúce ceny energií sa môžu meniť, reálne úspory môžu byť nižšie alebo vyššie než odhad, technológia môže mať inú životnosť a diskontná sadzba sa môže zmeniť. Senzitivna analýza skúma, ako citlivý je výsledok projektu na zmenu jednotlivých parametrov.

Typicky sa sleduje zmena NPV, IRR alebo doby návratnosti pri:

1. zmene ceny energie,
2. zmene reálnej úspory energie,
3. zmene investičných nákladov,
4. zmene diskontnej sadzby,
5. zmene životnosti zariadenia.

Analýza scenárov ide ešte ďalej. Namiesto zmeny jedného parametra vytvára ucelené varianty vývoja, napríklad optimistický, základný a konzervatívny scenár. Každý scenár zohľadňuje kombináciu viacerých faktorov a umožňuje lepšie posúdiť robustnosť projektu.



Obrázok 9.2: Integrované investičné rozhodovanie energetického projektu na základe technických, ekonomických, environmentálnych a finančných kritérií.

Zdroj: vlastné spracovanie.

Tabuľka 9.7: Príklady kritických premenných pri senzitivnej analýze energetického projektu

Premenná	Typický vplyv na výsledok projektu
Cena energie	Mení výšku budúcich finančných úspor
Reálne dosiahnutá úspora	Ovplyvňuje vecný aj finančný účinok opatrenia
Investičné náklady	Priamo vplyvajú na návratnosť a NPV
Diskontná sadzba	Mení súčasnú hodnotu budúcich prínosov
Životnosť technológie	Určuje počet rokov, počas ktorých projekt generuje prínosy
Náklady na údržbu	Znižujú čistý peňažný tok počas prevádzky

Príklad 9.11: Senzitivná analýza projektu pri zmene ceny energie

Projekt dosahuje pri súčasnej cene energie ročnú finančnú úsporu 14 000 €/rok. Keďže peňažná hodnota úspory závisí od ceny energie, je potrebné posúdiť, ako sa výsledok zmení pri poklese alebo raste ceny energie o 10 %.

Riešenie. Základná ročná úspora je:

$$S_0 = 14\,000 \text{ €/rok}$$

Pri poklese ceny energie o 10 % bude ročná finančná úspora:

$$S_{-10\%} = 14\,000 \cdot 0,90 = 12\,600 \text{ €/rok}$$

Pri raste ceny energie o 10 % bude ročná finančná úspora:

$$S_{+10\%} = 14\,000 \cdot 1,10 = 15\,400 \text{ €/rok}$$

Tabuľka 9.8: Vplyv zmeny ceny energie na ročnú finančnú úsporu

Scenár	Koeficient	Ročná úspora	Zmena oproti základu
Pokles ceny energie o 10 %	0,90	12 600 €/rok	-1 400 €/rok
Základný stav	1,00	14 000 €/rok	0 €/rok
Rast ceny energie o 10 %	1,10	15 400 €/rok	+1 400 €/rok

Interpretácia. Výsledok ukazuje, že finančný efekt projektu je priamo citlivý na vývoj ceny energie. Pri poklese ceny energie o 10 % sa ročná úspora zníži na 12 600 €/rok, zatiaľ čo pri raste ceny energie o 10 % sa zvýši na 15 400 €/rok. Rozdiel medzi nepriaznivým a priaznivým scenárom predstavuje 2 800 €/rok.

Ak je projekt v základnom variante ekonomicky prijateľný iba s malou rezervou, vývoj ceny energie môže významne ovplyvniť konečné investičné rozhodnutie. Pri projektoch s dlhšou dobou návratnosti je preto vhodné posudzovať nielen jeden očakávaný scenár, ale aj nepriaznivý a priaznivý cenový vývoj.

Príklad 9.12: Scenárové hodnotenie projektu

Podnik chce posúdiť, ako sa zmení ekonomická prijateľnosť projektu pri odlišnom vývoji úspor a investičných nákladov. Východiskom je projekt s ročnou úsporou 3 800 €/rok, počiatočnou investíciou 22 000 €, dobou hodnotenia 10 rokov a diskontnou sadzbou 5 %.

Riešenie. Pre jednotlivé scenáre sa upraví ročná úspora a počiatočná investícia:

$$NPV = \sum_{t=1}^{10} \frac{CF_t}{(1 + 0,05)^t} - IN$$

Konzervatívny scenár:

$$CF_t = 3\,800 \cdot 0,85 = 3\,230 \text{ €/rok}, \quad IN = 22\,000 \cdot 1,10 = 24\,200 \text{ €}$$

$$NPV = \sum_{t=1}^{10} \frac{3\,230}{(1 + 0,05)^t} - 24\,200 = 741,20 \text{ €}$$

Základný scenár:

$$NPV = \sum_{t=1}^{10} \frac{3\,800}{(1 + 0,05)^t} - 22\,000 = 7\,342,59 \text{ €}$$

Optimistický scenár:

$$CF_t = 3\,800 \cdot 1,10 = 4\,180 \text{ €/rok}, \quad IN = 22\,000 \cdot 0,95 = 20\,900 \text{ €}$$

$$NPV = \sum_{t=1}^{10} \frac{4\,180}{(1 + 0,05)^t} - 20\,900 = 11\,376,85 \text{ €}$$

Interpretácia. Projekt dosahuje kladnú čistú súčasnú hodnotu vo všetkých troch scenároch. Aj pri konzervatívnom scenári, v ktorom sú úspory nižšie a investičné náklady vyššie, zostáva NPV kladná na úrovni približne 741 €.

Projekt preto možno považovať za relatívne robustný voči zhoršeniu vstupných predpokladov. Scenárová analýza zároveň ukazuje, že rozhodnutie nie je založené iba na jednom odhade, ale zohľadňuje aj neistotu budúceho vývoja úspor a investičných nákladov.

Rozhodovací proces má preto pozostávať z viacerých krokov. Najskôr sa preukáže technická vhodnosť opatrenia. Následne sa kvantifikuje energetický a finančný prínos. Potom sa aplikuje ekonomické hodnotenie a podľa potreby sa doplní senzitivná alebo scenárová analýza. Napokon sa výsledok posúdi v širšom strategickom a prevádzkovom kontexte.

Poznámka

Pre študenta je dôležitá táto zásada: projekt by nemal byť prijatý iba preto, že má kladnú NPV, ani zamietnutý iba preto, že má o niečo dlhšiu návratnosť. Rozhodovanie musí byť viacrozmerné a musí rešpektovať aj technický, prevádzkový a strategický význam opatrenia.

Zaujímavosť

Pri projektoch vo verejnom sektore sa často ukazuje, že niektoré prínosy nemožno jednoducho vyjadriť len v eurách. Lepší tepelný komfort, kvalitnejšie vnútorné prostredie, nižší hluk alebo vyššia odolnosť budovy majú reálnu hodnotu, aj keď sa ťažšie prevádzajú do peňažných tokov.

Príklad 9.13: Porovnanie dvoch investičných variantov pomocou NPV

Organizácia posudzuje dva varianty modernizácie energetického hospodárstva. Cieľom je určiť, ktorý variant vytvára vyšší hodnotový prínos po zohľadnení časovej hodnoty peňazí.

Tabuľka 9.9: Vstupné údaje pre porovnanie investičných variantov

Položka	Variant A	Variant B	Poznámka
Predmet modernizácie	Osvetlenie a regulácia	Zdroj tepla a monitoring	Rozsah investičného zásahu.
Investičné náklady	58 000 €	96 000 €	Počiatočný investičný výdavok.
Ročná čistá úspora	9 400 €/rok	14 800 €/rok	Očakávaný ročný prínos projektu.
Doba hodnotenia	10 rokov	12 rokov	Obdobie započítania úspor.
Diskontná sadzba	5 %	5 %	Použitá sadzba na diskontovanie peňažných tokov.

Riešenie. Pre variant A platí:

$$NPV_A = \sum_{t=1}^{10} \frac{9\,400}{(1+0,05)^t} - 58\,000$$

$$NPV_A = \left(\frac{9\,400}{1,05} + \frac{9\,400}{1,05^2} + \dots + \frac{9\,400}{1,05^{10}} \right) - 58\,000$$

$$NPV_A = 72\,584,31 - 58\,000 = 14\,584,31 \text{ €}$$

Pre variant B platí:

$$NPV_B = \sum_{t=1}^{12} \frac{14\,800}{(1+0,05)^t} - 96\,000$$

$$NPV_B = \left(\frac{14\,800}{1,05} + \frac{14\,800}{1,05^2} + \dots + \frac{14\,800}{1,05^{12}} \right) - 96\,000$$

$$NPV_B = 131\,176,12 - 96\,000 = 35\,176,12 \text{ €}$$

Po zaokrúhlení:

$$NPV_A \approx 14\,584 \text{ €}, \quad NPV_B \approx 35\,176 \text{ €}.$$

Interpretácia. Oba investičné varianty sú pri diskontnej sadzbe 5 % ekonomicky prijateľné, pretože dosahujú kladnú čistú súčasnú hodnotu. Variant A vytvára hodnotový prínos približne 14 584 €, zatiaľ čo variant B vytvára hodnotový prínos približne 35 176 €.

Z hľadiska absolútnej hodnoty NPV je výhodnejší variant B. Hoci si vyžaduje vyšší počiatočný investičný výdavok, počas hodnoteného obdobia vytvára výrazne vyšší diskontovaný prínos. Pri konečnom rozhodnutí je však vhodné zohľadniť aj dostupnosť kapitálu, technickú realizovateľnosť, rizikovosť odhadovaných úspor a rozdielnú dobu hodnotenia oboch variantov.

Príklad 9.14: Hodnotenie projektu s dotáciou a senzitívnou analýzou

Projekt modernizácie vykurovania a inštalácie tepelného čerpadla má investičné náklady 140 000 €. Očakávaná ročná čistá úspora je 18 500 €/rok počas 15 rokov. Diskontná sadzba je 6 % a uvažovaná dotácia predstavuje 25 % oprávnených nákladov.

Riešenie. Diskontný faktor pre 15 rokov pri sadzbe 6 % je:

$$DF = \frac{1 - (1 + 0,06)^{-15}}{0,06} = 9,7122$$

Základné hodnotenie bez dotácie:

$$PV = 18\,500 \cdot 9,7122 = 179\,676,61 \text{ €}$$

$$NPV = 179\,676,61 - 140\,000 = 39\,676,61 \text{ €,} \quad T_s = \frac{140\,000}{18\,500} = 7,57 \text{ roka}$$

Pri dotácii vo výške 25 % sa vlastné financovanie zníži na:

$$IN_{\text{dot}} = 140\,000 \cdot 0,75 = 105\,000 \text{ €}$$

$$NPV_{\text{dot}} = 179\,676,61 - 105\,000 = 74\,676,61 \text{ €,} \quad T_{s,\text{dot}} = \frac{105\,000}{18\,500} = 5,68 \text{ roka}$$

Senzitívne posúdenie zahŕňa pokles úspory o 12 % a rast hodnoty úspor o 15 % pri vyššej cene energií:

$$CF_{\text{nižší}} = 18\,500 \cdot 0,88 = 16\,280 \text{ €/rok,} \quad NPV_{\text{nižší}} = 16\,280 \cdot 9,7122 - 140\,000 = 18\,115,41 \text{ €}$$

$$CF_{\text{vyšší}} = 18\,500 \cdot 1,15 = 21\,275 \text{ €/rok,} \quad NPV_{\text{vyšší, dot}} = 21\,275 \cdot 9,7122 - 105\,000 = 101\,628,10 \text{ €}$$

Tabuľka 9.10: Zhrnutie výsledkov hodnotenia projektu

Scenár	Investícia	NPV	Záver
Bez dotácie	140 000 €	39 676,61 €	Projekt je prijateľný.
S dotáciou	105 000 €	74 676,61 €	Výrazné zlepšenie výsledku.
Pokles úspory o 12 %	140 000 €	18 115,41 €	Projekt zostáva kladný.
Vyššia cena energií a dotácia	105 000 €	101 628,10 €	Najpriaznivejší scenár.

Interpretácia. Projekt je ekonomicky prijateľný aj bez dotácie, keďže dosahuje kladnú NPV. Dotácia znižuje vlastné investičné zataženie a skracuje jednoduchú dobu návratnosti. Aj pri poklese úspor o 12 % zostáva projekt v kladnom pásme, čo naznačuje jeho primeranú odolnosť voči nepriaznivému vývoju. Najlepší výsledok vzniká pri kombinácii dotácie a vyššej ceny energií.

Zhrnutie kapitoly

Ekonomicko-environmentálne hodnotenie predstavuje rozhodujúcu fázu prípravy energetického projektu. Každé opatrenie musí byť podložené spoľahlivým výpočtom úspory energie, finančného prínosu, úspory primárnej energie a podľa potreby aj zníženia emisií. Na orientačné hodnotenie slúžia statické metódy, predovšetkým jednoduchá doba návratnosti, zatiaľ čo pri závažnejších rozhodnutiach sú nevyhnutné dynamické metódy, najmä NPV a IRR. Rovnako dôležitá je voľba financovania a integrované posúdenie projektu, ktoré prepája ekonomické, technické, environmentálne a strategické hľadiská. Práve v tejto syntéze sa prejavuje rozdiel medzi jednoduchým technickým návrhom a skutočne profesionálne pripraveným energetickým projektom.

Otázky na opakovanie

1. Prečo nemožno ekonomické hodnotenie projektu robiť bez spoľahlivého výpočtu úspory energie?
2. Aký je rozdiel medzi úsporou konečnej energie a úsporou primárnej energie?
3. Prečo finančná úspora nemusí byť presne rovná súčinu energetickej úspory a jednoduchej jednotkovej ceny?
4. Aké sú hlavné výhody a obmedzenia jednoduchej doby návratnosti?
5. V čom spočíva rozdiel medzi ukazovateľmi NPV a IRR?
6. Prečo môže spôsob financovania významne ovplyvniť realizovateľnosť projektu?
7. Aký význam má senzitívna analýza pri rozhodovaní o energetickom projekte?
8. Prečo by malo byť hodnotenie energetických projektov integrované a viacrozmerné?

Implementácia projektov, monitoring a overovanie dosiahnutých úspor

Návrh energetického opatrenia a jeho ekonomicko-environmentálne posúdenie predstavujú iba prípravnú fázu projektového cyklu energetického manažmentu. Skutočný prínos EM sa prejavuje až v okamihu, keď sa navrhované riešenie odborne pripraví, realizuje, uvedie do prevádzky, systematicky monitoruje a následne vyhodnotí z hľadiska reálne dosiahnutých výsledkov. Predmetom tejto kapitoly je popis procesu implementácie energetických projektov od prípravy realizačnej fázy až po dlhodobé overovanie účinku zavedených opatrení. Pozornosť sa sústreďuje na riadenie implementácie, prevádzkové uvedenie systému, monitoring po realizácii, verifikáciu úspor, dokumentáciu výsledkov a na vytvorenie spätnej väzby pre ďalšie zlepšovanie energetickej hospodárnosti organizácie.

10.1 Implementácia ako rozhodujúca fáza projektového cyklu

V odbornej praxi sa často ukazuje, že medzi kvalitou návrhu opatrenia a kvalitou jeho realizácie môže vzniknúť výrazný rozdiel. Energetický projekt môže byť technicky správne navrhnutý a ekonomicky primerane posúdený, no ak nie je odborne pripravená a realizovaná jeho implementácia, očakávaný prínos sa nemusí prejaviť v plnom rozsahu. Implementáciu preto nemožno chápať ako čisto realizačný alebo administratívny krok. Ide o fázu, v ktorej sa projekt premieňa z návrhu na reálne fungujúci technický a organizačný systém.

Z metodického hľadiska zahŕňa implementácia viacero vzájomne previazaných činností. Najskôr je potrebné spresniť technický rozsah projektu, overiť realizačné podmienky, určiť harmonogram, zodpovednosti a logistické väzby. Následne sa zabezpečuje výber dodávateľov, koordinácia montážnych a stavebných prác, kontrola kvality vykonania, zladenie zásahov s prevádzkou organizácie a príprava na uvedenie systému do prevádzky. V prípade väčších projektov ide o komplexnú inžiniersku a organizačnú úlohu, ktorá vyžaduje prepojenie technického, ekonomického a manažérskeho pohľadu.

Definícia 10.1: Implementácia energetického projektu

Implementácia energetického projektu je riadený proces, v ktorom sa schválené technické, organizačné a investičné opatrenia uvádzajú do praxe tak, aby boli zrealizované v požadovanom rozsahu, kvalite, čase a s očakávaným energetickým účinkom.

Veľký význam má prípravná fáza implementácie. V tejto etape sa spresňujú projektové predpoklady, preveruje sa technická dokumentácia, aktualizujú sa rozpočty, overujú sa majetkoprávne a prevádzkové podmienky a riešia sa väzby na existujúce systémy. Práve tu sa často odhalia praktické obmedzenia, ktoré nebolo možné v plnom rozsahu zachytiť v auditnej alebo študijnej fáze. Kvalitná príprava preto znižuje riziko improvizácie počas realizácie a zlepšuje predpoklady na dosiahnutie plánovaného výsledku.

Osobitnú dôležitosť má riadenie zmien. Zavedenie nového zdroja tepla, novej regulácie, sústavy monitoringu alebo modernizácia rozvodov nepredstavujú iba technický zásah, ale spravidla menia aj prevádzkové návyky, úlohy pracovníkov údržby, spôsob rozhodovania a požiadavky na dokumentáciu. Často je pri väčších projektoch potrebná odstavka častí prevádzky, čo taktiež ovplyvňuje celý chod organizácie. Vedenie preto musí vedieť, kto zodpovedá za jednotlivé fázy

projektu, kto schvaľuje zmeny, kto koordinuje prevádzkové odstávky a kto zabezpečuje prepojenie technickej realizácie s energetickým manažmentom.

Poznámka

Študent by mal implementáciu vnímať ako samostatnú odbornú disciplínu. Projekt sa nehodnotí len podľa toho, či bol „namontovaný“, ale podľa toho, či bol zavedený tak, aby bolo možné bezpečne, stabilne a merateľne dosiahnuť jeho očakávaný efekt.

Pri implementácii energetických projektov má veľký význam aj časovanie. Niektoré opatrenia možno realizovať počas bežnej prevádzky, iné si vyžadujú plánovanú odstávku, zásah do technologického procesu alebo koordináciu s vykurovacou sezónou, školským rokom či výrobným cyklom. Odborne správny harmonogram musí tieto väzby zohľadniť. Zlá voľba času realizácie môže zvýšiť náklady, narušiť prevádzku alebo znížiť kvalitu výsledku.

Tabuľka 10.1: Základné etapy implementácie energetického projektu

Etapa	Hlavný obsah
Príprava realizácie	Spresnenie technického rozsahu, harmonogramu, rozpočtu a zodpovedností
Výber dodávateľov	Obstaranie technológií, služieb a realizačných kapacít
Realizácia zásahu	Montáž, stavebné práce, zapojenie systému a kontrola kvality
Uvedenie do prevádzky	Skúšky, nastavenie parametrov, odovzdanie systému a školenie obsluhy
Počiatočný monitoring	Overenie funkcie, zber dát a odstránenie počiatočných odchýlok
Vyhodnotenie prínosu	Posúdenie dosiahnutých úspor a porovnanie s projektovým predpokladom

V odbornej praxi je veľmi dôležité, aby implementácia nebola oddelená od dokumentácie. Každá významná zmena musí byť zachytená v technických podkladoch, v prevádzkových predpisoch, v revízijských správach, v nastaveniach riadiaceho systému a v záznamoch o školení personálu. Bez tejto dokumentačnej disciplíny sa znižuje schopnosť organizácie neskôr vyhodnotiť, či projekt funguje podľa zámeru, a zároveň sa oslabuje kontinuita vedomostí pri zmene personálu alebo pri ďalšej modernizácii.

Zaujímavosť

V mnohých projektoch sa najväčšia chyba nestane pri návrhu technológie, ale pri jej uvedení do prevádzky. Zariadenie môže byť technicky kvalitné, no ak sa nesprávne nastaví, nedostatočne zaškolí obsluha alebo sa neaktualizujú prevádzkové pravidlá, skutočný efekt môže zostať výrazne pod očakávaniami.

10.2 Riadenie realizácie, uvedenie do prevádzky a funkčné odovzdanie systému

Po začatí realizačnej fázy sa pozornosť presúva na koordináciu technických, stavebných, elektro-montážnych a prevádzkových činností. Z pohľadu energetického manažmentu je kľúčové, aby bol celý proces riadený tak, že technické riešenie zostane v súlade s cieľom projektu, teda so znížením spotreby energie, zlepšením účinnosti alebo zvýšením kvality riadenia. To si vyžaduje

priebežnú kontrolu, technický dozor a schopnosť operatívne reagovať na zistené odchýlky.

V tejto fáze je dôležité zabezpečiť, aby sa realizácia neobmedzila len na „fyzické osadenie technológie“. Mimoriadny význam má aj správne zapojenie do existujúcej sústavy, nastavenie prevádzkových parametrov, integrácia do riadiaceho systému, odladenie regulačných väzieb a overenie bezpečnostných a funkčných stavov. Pri technológiách ako tepelné čerpadlá, kogeneračné jednotky, fotovoltické systémy, BMS alebo modernizované vykurovacie sústavy môže byť práve kvalita uvedenia do prevádzky rozhodujúca pre ich dlhodobý účinok.

Definícia 10.2: Uvedenie do prevádzky

Uvedenie do prevádzky je súbor technických, skúšobných, regulačných a organizačných činností, ktorými sa nový alebo modernizovaný systém pripravuje na bezpečnú, stabilnú a projektovo zodpovedajúcu prevádzku tak, aby sa dosiahol očakávaný prínos.

Funkčné odovzdanie systému znamená viac než len formálne prevzatie diela. Odborne správne odovzdanie vyžaduje preukázanie funkčnosti, overenie dosiahnutých parametrov, vykonanie skúšok, sprístupnenie dokumentácie a preškolenie obsluhy. Pri energetických projektoch je vhodné, aby sa už pri odovzdaní definovali aj pravidlá počiatočného monitoringu, spôsob hlásenia porúch alebo odchýlok a interval prvého vyhodnotenia výsledkov.

Významnú úlohu zohráva aj skúšobná prevádzka. V nej sa často ukáže, že technicky správne namontovaný systém sa musí ešte prevádzkovo doladiť. Môžu sa objaviť problémy s reguláciou, nečakané prevádzkové väzby, nevhodne nastavené limity, zbytočné časté spínanie zariadenia, nepresnosti merania alebo nepochopenie zo strany obsluhy. Skúšobná prevádzka je preto nevyhnutná na to, aby sa systém stabilizoval ešte pred tým, ako sa začne hodnotiť jeho skutočný energetický účinok.

Poznámka

Študent by mal rozlišovať medzi dokončením montáže a dokončením implementácie. Montáž sa končí fyzickým osadením zariadenia. Implementácia sa končí až vtedy, keď je zariadenie funkčné, správne nastavené, odskúšané, odovzdané obsluhu a pripravené na merateľné dosahovanie očakávaných výsledkov.

Odborne správne riadenie realizácie musí zahŕňať aj riadenie rizík. Medzi najčastejšie riziká patria oneskorenie dodávok, zmena cien, kolízia s prevádzkou, technická nekompatibilita nového zariadenia s existujúcim systémom, chyby v dokumentácii, neúplné zaškolenie obsluhy alebo nedostatočný rozsah merania. Ich včasná identifikácia a riešenie významne zvyšujú pravdepodobnosť úspešnej implementácie.

Tabuľka 10.2: Kľúčové prvky uvedenia energetického systému do prevádzky

Prvok	Význam
Technická kontrola realizácie	Overenie, že zariadenie bolo osadené a zapojené podľa projektu
Funkčné skúšky	Preukázanie správnej prevádzky v rôznych režimoch
Nastavenie regulácie	Prispôbenie systému reálnym prevádzkovým podmienkam
Bezpečnostné overenie	Kontrola ochranných, havarijných a limitných stavov
Školenie obsluhy	Prenos poznatkov potrebných na správnu prevádzku a údržbu
Dokumentácia a odovzdanie	Zabezpečenie návodov, schém, revízií a prevádzkových pravidiel

Zaujímavosť

Pri zložitejších systémoch býva prvých niekoľko týždňov po uvedení do prevádzky rozhodujúcich. Práve v tomto období sa najčastejšie objavujú odchýlky, ktoré nie sú viditeľné v projekte ani počas krátkej funkčnej skúšky, ale prejavujú sa až v reálnom režime prevádzky.

10.3 Monitoring po realizácii a tvorba referenčného hodnotiaceho rámca

Po zavedení opatrenia nasleduje fáza monitoringu, ktorej cieľom je získať objektívny obraz o tom, ako sa systém správa po realizácii a či sa jeho prevádzka približuje projektovanému stavu. Monitoring po realizácii je nevyhnutný, pretože energetické opatrenie nemožno vyhodnotiť len na základe technického odovzdania. Skutočný účinok sa prejavuje až počas reálnej prevádzky, ktorá je ovplyvnená meniacimi sa podmienkami, správaním používateľov, kvalitou regulácie a organizačnými faktormi.

Z metodického hľadiska je potrebné najprv určiť referenčný hodnotiaci rámec. Ten pozostáva z východiskovej základne, z definovaných ukazovateľov, z meracích bodov, z periodicity zberu údajov a z pravidiel interpretácie výsledkov. Bez takéhoto rámca by síce organizácia disponovala novými údajmi, ale nevedela by ich spoľahlivo porovnať s pôvodným stavom ani s očakávaným efektom projektu.

Definícia 10.3: Referenčný hodnotiaci rámec

Referenčný hodnotiaci rámec je metodicky určený súbor východiskových údajov, ukazovateľov, meracích bodov a pravidiel vyhodnotenia, ktorý umožňuje objektívne porovnávať energetické správanie systému pred realizáciou a po realizácii opatrenia. Spravidla vychádza z výsledkov energetického auditu.

Monitoring po realizácii môže mať rôznu úroveň detailnosti. Pri menších projektoch môže byť založený na fakturačných údajoch a pravidelných odpočtoch. Pri väčších alebo technicky náročnejších projektoch je vhodné využívať podružné merania, automatizovaný zber dát, monitorovacie a riadiace systémy alebo špecializovaný softvér. Dôležité je, aby zvolený spôsob zberu zodpovedal významu projektu a umožňoval zachytiť tie premenné, ktoré majú rozhodujúci vplyv na vyhodnotenie.

Veľký význam má aj časové hľadisko. Niektoré efekty sa prejavujú okamžite, iné až po dlhšom období. Napríklad pri regulácii osvetlenia možno zmenu spotreby zistiť relatívne rýchlo. Pri zateplení budovy alebo pri zmene zdroja tepla môže byť potrebné sledovať minimálne celú vykurovaciu sezónu, aby bolo možné výsledok posúdiť v reprezentatívnom rozsahu. Monitoring musí preto rešpektovať fyzikálny a prevádzkový charakter opatrenia.

Poznámka

Študent by mal pochopiť, že monitoring po realizácii neslúži iba na „dokázanie úspory“. Jeho rovnako dôležitou funkciou je odhalenie toho, či systém po realizácii funguje tak, ako sa očakávalo, a či nevyžaduje ďalšie doladenie alebo korekciu.

V odbornej praxi má význam aj členenie monitoringu na počiatočný a stabilizovaný. Počiatočný monitoring sa zameriava na funkčnosť systému krátko po uvedení do prevádzky. Stabilizovaný monitoring sa vykonáva po tom, ako sa systém prevádzkovo ustáli a keď už možno hodnotiť jeho energetickú výkonnosť pri bežnom používaní. Takéto rozlíšenie pomáha odlíšiť počiatočné prevádzkové anomálie od dlhodobejšieho výsledku.

Tabuľka 10.3: Základné prvky monitoringu po realizácii energetického opatrenia

Prvok monitoringu	Funkcia
Východisková základňa	Umožňuje porovnanie s predrealizačným stavom
Meracie body	Zachytávajú rozhodujúce energetické a prevádzkové veličiny
Ukazovatele výkonnosti	Vyjadrujú mieru zlepšenia v porovnateľnej forme
Časová periodicitá	Určuje, ako často sa údaje vyhodnocujú
Normalizácia údajov	Zohľadňuje zmenu počasia, výroby alebo využitia objektu
Priebežné vyhodnotenie	Umožňuje včas zachytiť odchýlky a reagovať na ne

Príklad 10.1: Vytvorenie referenčného rámca pri výmene osvetlenia

Administratívna budova pripravuje projekt výmeny pôvodných svietidiel za úspornejšie LED svietidlá so zavedením riadenia podľa prítomnosti osôb. Pred realizáciou projektu je potrebné vytvoriť referenčný rámec, aby bolo možné po realizácii objektívne vyhodnotiť dosiahnutú úsporu.

Riešenie. Referenčný rámec sa nastaví tak, aby porovnával rovnaký rozsah budovy, rovnaké meracie body a porovnateľné prevádzkové podmienky pred realizáciou a po realizácii opatrenia.

Tabuľka 10.4: Prvky referenčného rámca pri projekte výmeny osvetlenia

Oblasť	Referenčný stav	Stav po realizácii
Rozsah hodnotenia	Vybrané podlažia administratívnej budovy.	Rovnaké podlažia a priestory.
Meraná veličina	Mesačná spotreba elektriny na osvetlenie.	Mesačná spotreba po výmene svietidiel.
Prevádzkové údaje	Čas svietenia, obsadenosť, režim užívania priestorov.	Rovnaké ukazovatele sledované v rovnakej periodicite.
Technické podmienky	Pôvodné svietidlá a pôvodný spôsob ovládania.	LED svietidlá a riadenie podľa prítomnosti osôb.
Normalizácia údajov	Zohľadnenie zmien obsadenosti a času prevádzky.	Úspora sa hodnotí pri porovnateľných podmienkach.

Pri vyhodnotení sa neporovnáva iba absolútna spotreba elektriny, ale aj spotreba upravená o prevádzkové podmienky, najmä počet hodín svietenia a mieru obsadenosti priestorov. Tým sa znižuje riziko, že vypočítaná úspora bude skreslená zmenou režimu užívania budovy.

Interpretácia. Referenčný rámec vytvára základ pre objektívne meranie a overenie úspor. Umožňuje oddeliť skutočný efekt technického opatrenia od vplyvov, ktoré s projektom priamo nesúvisia, napríklad od zmeny obsadenosti, pracovného režimu alebo rozsahu využívaných priestorov. Pri projekte výmeny osvetlenia je preto dôležité zachovať rovnaké hranice hodnotenia, rovnakú periodicitu merania a porovnateľné prevádzkové podmienky.

Zaujímavosť

Najlepší monitoring nie je ten, ktorý generuje najviac dát, ale ten, ktorý zachytí správne dáta v správnom čase a umožní ich zmysluplnú interpretáciu. Mnohé organizácie zbierajú veľké objemy údajov, no bez vhodne nastaveného referenčného rámca ich nevedia využiť na overenie výsledkov projektu.

10.4 Meranie a verifikácia úspor energie

Meranie a verifikácia úspor predstavujú odborný proces, ktorým sa overuje, do akej miery sa skutočné výsledky po realizácii opatrenia zhodujú s predpokladanými alebo projektovanými úsporami. V energetickom manažmente ide o mimoriadne dôležitú oblasť, pretože práve ona premieňa technické a ekonomické predpoklady na preukázateľne doložený výsledok.

Základnou metodickou zásadou je, že úspora energie nie je priamo merateľná veličina v tom istom zmysle ako výkon, teplota alebo prietok. Úspora je rozdiel medzi dvoma stavmi: medzi tým, ako by sa systém správal bez opatrenia, a tým, ako sa správa po jeho realizácii. To znamená, že verifikácia úspor si vždy vyžaduje určitý model alebo referenčný stav, voči ktorému sa skutočný výsledok porovnáva.

Definícia 10.4: Meranie a verifikácia úspor

Meranie a verifikácia úspor je metodický proces, pri ktorom sa na základe meraní, výpočtov a porovnania s referenčným stavom určuje skutočne dosiahnutá úspora energie alebo nákladov po realizácii opatrenia.

V odbornej praxi sa používajú rôzne prístupy k verifikácii. Pri jednoduchých opatreniach možno využiť priame porovnanie spotrieb v porovnateľných podmienkach. Pri zložitejších projektoch je potrebné pracovať s normalizáciou, korekčnými faktormi alebo s regresným modelovaním. Významnú úlohu zohrávajú aj medzinárodne uznávané metodické prístupy merania a verifikácie, ktoré sa v praxi využívajú najmä pri zmluvách s garantovanou úsporou alebo pri projektoch s externým financovaním.

Pri verifikácii úspor sa typicky skúmajú tieto otázky:

1. Aký bol východiskový stav a je metodicky dostatočne zdokumentovaný?
2. Aké meracie body a ukazovatele budú použité na hodnotenie?
3. Ktoré externé vplyvy treba zohľadniť?
4. Aký časový horizont je potrebný na reprezentatívne vyhodnotenie?
5. Aká odchýlka medzi plánovaným a skutočným stavom je ešte prijateľná?

Kľúčovým problémom býva normalizácia. Ak sa po realizácii opatrenia zmenili vonkajšie podmienky, rozsah výroby, obsadenosť budovy alebo prevádzkový režim, nemožno priamo porovnávať spotreby. Takéto porovnanie by bolo metodicky nesprávne a mohlo by viesť k falošnému potvrdeniu alebo zamietnutiu účinku projektu. Z tohto dôvodu je pri verifikácii často rovnako dôležitá kvalita sprievodných prevádzkových údajov ako samotné energetické merania.

Poznámka

Študent by si mal zapamätať, že overovanie úspor nie je iba „pozeranie sa na faktúru po rekonštrukcii“. Ide o odborný proces, v ktorom treba rozlišovať účinok samotného opatrenia od účinku zmien prevádzkových alebo vonkajších podmienok.

Pri menších projektoch sa verifikácia často vykonáva zjednodušeným spôsobom, no pri väčších projektoch alebo pri projektoch financovaných cez EPC či iný výkonnostný mechanizmus môže byť presné overenie úspor rozhodujúcou zmluvnou podmienkou. V takýchto prípadoch je potrebné dohodnúť metodiku verifikácie vopred, ešte pred realizáciou projektu, aby nevznikol spor o to, čo sa považuje za preukázanú úsporu.

Tabuľka 10.5: Hlavné kroky merania a verifikácie úspor

Krok	Obsah
Určenie baseline	Definovanie východiskového energetického správania systému
Stanovenie metodiky	Výber ukazovateľov, meracích bodov a spôsobu porovnania
Zber údajov po realizácii	Monitoring spotreby a súvisiacich prevádzkových veličín
Normalizácia a korekcie	Zohľadnenie zmeny vonkajších a prevádzkových podmienok
Výpočet skutočnej úspory	Porovnanie so základňou a určenie výsledného efektu
Interpretácia výsledku	Posúdenie odchýlok a vyvodenie manažérskych záverov

Príklad 10.2: Verifikácia úspory tepla po zateplení budovy

Po zateplení budovy sa overuje, či dosiahnutá úspora zodpovedá projektovanému predpokladu. Vo východiskovom stave bola normalizovaná ročná spotreba tepla 410 MWh/rok. Po realizácii opatrenia a po korekcii na porovnateľné klimatické podmienky bola ročná spotreba 312 MWh/rok. Projekt predpokladal úsporu 105 MWh/rok.

Riešenie. Skutočne overená ročná úspora tepla je:

$$\Delta E_{\text{overená}} = 410 - 312 = 98 \text{ MWh/rok}$$

Odchýlka overenej úspory od projektovaného predpokladu je:

$$\Delta E_{\text{odchýlka}} = 98 - 105 = -7 \text{ MWh/rok}$$

Miera dosiahnutia projektovanej úspory je:

$$\frac{98}{105} \cdot 100 = 93,33 \%$$

Interpretácia. Projekt dosiahol overenú úsporu 98 MWh/rok, čo predstavuje približne 93,33 % projektovaného efektu. Záporná odchýlka vo výške -7 MWh/rok znamená, že skutočne overená úspora bola o 7 MWh/rok nižšia, než sa predpokladalo v projekte.

Výsledok je stále priaznivý, keďže väčšina očakávanej úspory sa potvrdila aj po korekcii na porovnateľné klimatické podmienky. Rozdiel však naznačuje potrebu preveriť najmä nastavenie regulácie vykurovania, správanie užívateľov, režim vetrania, kvalitu realizácie stavebných detailov a prípadný vplyv tepelných mostov.

Príklad 10.3: Verifikácia úspory elektriny po zavedení frekvenčného meniča

Riešenie. Ventilačný systém spotreboval vo východiskovom stave 86 000 kWh/rok elektriny. Po inštalácii frekvenčného meniča a po porovnaní pri rovnakom režime prevádzkových hodín bola ročná spotreba 61 500 kWh/rok. Overená úspora predstavuje:

$$86\,000 - 61\,500 = 24\,500 \text{ kWh/rok}$$

Pri priemernej cene elektriny 0,185 €/kWh je overený ročný finančný efekt:

$$24\,500 \times 0,185 = 4\,532,50 \text{ €/rok}$$

Interpretácia. Príklad ukazuje, že technický zásah možno po realizácii vyhodnotiť nielen energeticky, ale aj priamo ekonomicky. Takýto výsledok je cenný pri manažérskom reportingu aj pri následnom investičnom rozhodovaní.

Zaujímavosť

V niektorých projektoch býva najväčším prínosom verifikácie to, že odhalí potrebu ďalšieho doladenia systému. Projekt teda nemusí zlyhať; verifikácia iba ukáže, že konečný výsledok ešte možno zlepšiť ďalším zásahom do regulácie, údržby alebo organizácie prevádzky.

10.5 Dokumentácia výsledkov, reporting a interné vyhodnotenie

Aby bolo možné výsledky energetického projektu dlhodobo využívať v riadení organizácie, musia byť správne zdokumentované a komunikované. Dokumentácia po realizácii neslúži iba ako archív. Je základom pre interný reporting, pre kontrolu plnenia cieľov, pre ďalšie audity, pre manažérske preskúmanie a v niektorých prípadoch aj pre plnenie legislatívnych, dotačných alebo zmluvných povinností.

Z metodického hľadiska by dokumentácia po realizácii mala obsahovať minimálne:

1. opis realizovaného opatrenia a jeho technický rozsah,
2. termíny realizácie a uvedenia do prevádzky,
3. identifikáciu meracích bodov a metodiky vyhodnotenia,
4. počiatočné a priebežné výsledky monitoringu,
5. overené alebo priebežne odhadované úspory,
6. zistené odchýlky, poruchy alebo potrebu ďalších korekcií,
7. odporúčania pre ďalšiu prevádzku a údržbu.

Interný reporting má dôležitú funkciu najmä vo väčších organizáciách. Umožňuje preniesť výsledky projektu z technickej úrovne na rozhodovacia úroveň. Manažment spravidla nepotrebuje detailný technický opis všetkých regulačných zásahov, ale potrebuje jasne vedieť, či projekt plní svoj účel, aký je jeho aktuálny ekonomický prínos, či sa objavili odchýlky a aké rozhodnutia je potrebné prijať. Kvalitný reporting preto musí prepájať technickú presnosť so zrozumiteľnosťou.

Definícia 10.5: Reporting energetického projektu

Reporting energetického projektu je systematické spracovanie a komunikácia výsledkov realizovaného opatrenia vo forme údajov, ukazovateľov, komentárov a odporúčaní určených pre technickú aj manažérsku úroveň riadenia.

V praktickej rovine sa reporty často členia na technické, ekonomické a súhrnné manažérske. Technický report obsahuje detailné údaje o prevádzke, meraniach a odchýlkach. Ekonomický report vyhodnocuje finančné prínosy, prevádzkové náklady a vývoj návratnosti. Manažérsky report prináša koncentrované zhrnutie hlavných výsledkov a odporúčaní.

Poznámka

Študent by mal vnímať reporting ako súčasť odborného riadenia, nie ako administratívnu záťaž alebo len ako povinnú prílohu. To, čo nie je zdokumentované a zrozumiteľne odkomunikované, len ťažko vstúpi do ďalšieho rozhodovania organizácie.

Významnú úlohu má aj interné vyhodnotenie projektu po určitom období. Organizácia by sa nemala uspokojiť len s prvým potvrdením úspory, ale mala by po určitom čase posúdiť, či sú výsledky stabilné, či nedochádza k postupnej degradácii účinku, či sa prevádzka nevracia k

pôvodným neefektívnym návykom a či sa neobjavili nové slabé miesta. Takéto vyhodnotenie je základom ďalšieho cyklu zlepšovania.

Tabuľka 10.6: Odporúčaná štruktúra priebežného reportu po realizácii energetického projektu

Časť reportu	Obsah
Identifikácia projektu	Názov opatrenia, rozsah, termín realizácie, zodpovedné osoby
Technický stav	Základné informácie o funkcii systému a prípadných odchýlkach
Monitoring a dáta	Zhrnutie nameraných údajov a použitých ukazovateľov
Vyhodnotenie úspor	Porovnanie s baseline a s projektovaným efektom
Ekonomický efekt	Finančné úspory, dodatočné náklady, vplyv na cash-flow
Odporúčania	Potreba doladenia, údržby, ďalších opatrení alebo aktualizácie cieľov

Príklad 10.4: Manažérske zhrnutie výsledku projektu

Projekt modernizácie osvetlenia bol realizovaný v období od mája do júna. Po šiestich mesiacoch prevádzkového monitoringu sa vyhodnotili energetické, finančné a technické výsledky projektu.

Riešenie. Dosiahnutá úspora elektriny predstavovala 14 800 kWh, čo zodpovedá 92 % projektovaného efektu. Čistá finančná úspora za sledované obdobie dosiahla 2 620 €. Projekt bol realizovaný v plánovanom termíne, bez potreby zásadnej technickej zmeny oproti pôvodnému návrhu.

Tabuľka 10.7: Manažérske zhrnutie výsledkov projektu modernizácie osvetlenia

Ukazovateľ	Výsledok	Manažérske hodnotenie
Termín realizácie	Máj – jún	Projekt bol ukončený v plánovanom realizačnom období.
Úspora elektriny	14 800 kWh	Dosiahnutých bolo 92 % projektovaného efektu.
Finančná úspora	2 620 €	Projekt už v prvých mesiacoch vytvára merateľný finančný prínos.
Technický stav	Čiastočná optimalizácia	V dvoch zónach je potrebné doladiť nastavenie senzorov prítomnosti.

Interpretácia. Projekt možno hodnotiť ako úspešne implementovaný, keďže dosiahol väčšinu plánovaného energetického efektu a zároveň priniesol preukázateľnú finančnú úsporu. Skutočnosť, že úspora dosiahla 92 % projektovaného efektu, nepredstavuje zásadné zlyhanie projektu, ale poukazuje na potrebu prevádzkovej optimalizácie.

Pre ďalšie obdobie sa odporúča upraviť nastavenie senzorov prítomnosti v identifikovaných zónach a následne vykonať kontrolné vyhodnotenie spotreby. Manažérsky význam výsledku spočíva v tom, že projekt prináša očakávaný prínos, pričom zostáva priestor na jeho dodatočné zlepšenie bez potreby ďalšej rozsiahlej investície.

Zaujímavosť

V kvalitne riadených organizáciách býva reporting po realizácii rovnako dôležitý ako pôvodná projektová dokumentácia. Práve cez neho sa z jednotlivých opatrení vytvára skúsenostná databáza, ktorá zvyšuje kvalitu budúcich rozhodnutí.

10.6 Kontinuálne zlepšovanie po realizácii a väzba na ďalší cyklus riadenia

Energetický projekt nemožno chápať ako jednorazovo uzavretý zásah. Aj po jeho realizácii a po prvotnom overení výsledkov ostáva organizácia v dynamickom prostredí, v ktorom sa menia ceny energií, prevádzkové podmienky, technický stav zariadení, návyky používateľov aj legislatívne požiadavky. Z tohto dôvodu musí byť každý projekt vnímaný ako súčasť kontinuálneho zlepšovania, nie ako samostatne izolovaná epizóda.

V tejto súvislosti má zásadný význam väzba na PDCA cyklus. Realizované opatrenie je výstupom fázy *Do*, monitoring a verifikácia úspor patria do fázy *Check* a rozhodnutia o korekciách, o ďalších investíciách alebo o štandardizácii úspešného postupu patria do fázy *Act*. Výsledky jedného projektu sa tak stávajú vstupom do ďalšej fázy plánovania. Takto sa energetický manažment postupne rozvíja a organizácia si buduje rastúcu úroveň odbornej zrelosti.

Definícia 10.6: Kontinuálne zlepšovanie po realizácii

Kontinuálne zlepšovanie po realizácii je proces, v ktorom sa výsledky zavedeného opatrenia priebežne vyhodnocujú, korigujú a využívajú ako východisko pre ďalšie rozhodnutia a ďalšie energetické projekty.

Dôležitým nástrojom tejto fázy je interné preskúmanie. Organizácia sa pýta, či bolo opatrenie zvolené správne, či bola implementácia primerane zvládnutá, či monitoring poskytol dostatočné údaje, aké odchýlky sa vyskytli a čo možno v budúcnosti zlepšiť. Takéto preskúmanie by nemalo byť formálne. Jeho cieľom je preniesť skúsenosť z jedného projektu do širšieho systému riadenia.

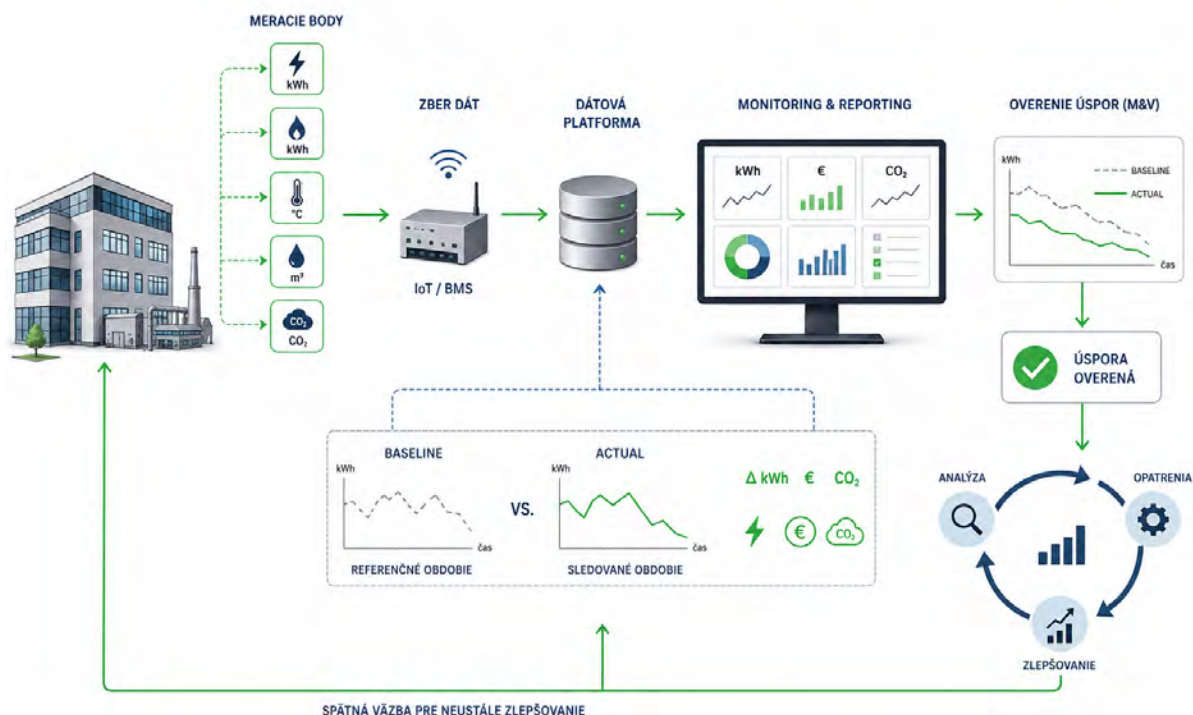
Veľký význam má aj štandardizácia úspešných riešení. Ak sa určitý postup osvedčí, môže byť zavedený ako interný štandard, rozšírený do ďalších objektov, prevádzok alebo lokalít a využitý pri príprave budúcich investícií. Naopak, ak sa ukáže, že určitý prístup nepriniesol očakávaný efekt, organizácia má možnosť upraviť metodiku a vyhnúť sa opakovaniu tej istej chyby.

Poznámka

Študent by mal energetický projekt vnímať ako zdroj poznania. Jeho význam nespočíva len v samotnej úspore, ale aj v tom, že organizácii ukáže, ako funguje jej systém, kde sú limity jej riadenia a ktoré opatrenia sú v jej podmienkach skutočne účinné.

Tabuľka 10.8: Väzba realizovaného projektu na cyklus neustáleho zlepšovania

Fáza PDCA	Väzba na projekt po realizácii
Plan	Aktualizácia cieľov a príprava ďalších opatrení na základe skúseností
Do	Realizácia korekcií, doplnení alebo rozšírenia úspešného riešenia
Check	Monitoring, meranie, verifikácia úspor a vyhodnotenie odchýlok
Act	Manažérske rozhodnutia, štandardizácia a začlenenie poznatkov do praxe



Obrázok 10.1: Monitoring, meranie a verifikácia dosiahnutých úspor ako základ spätnej väzby a ďalšieho zlepšovania energetického manažmentu.

Zdroj: vlastné spracovanie.

Príklad 10.5: Rozšírenie úspešného opatrenia do ďalších objektov

Riešenie. Po úspešnom overení úspor na jednej administratívnej budove sa organizácia rozhodla zaviesť rovnaký koncept riadenia osvetlenia a regulácie vykurovania aj v ďalších troch objektoch. Pred realizáciou však upravila metodiku merania, rozsah školenia obsluhy a kontrolné intervaly podľa skúseností z prvého projektu.

Interpretácia. Projekt sa tak nestal len izolovaným úspechom, ale zdrojom štandardizovaného postupu pre ďalší rozvoj energetického manažmentu. To je praktický význam kontinuálneho zlepšovania.

Zaujímavosť

Najvyzretejšie organizácie nepovažujú jednotlivé energetické projekty za samostatné akcie, ale za „iterácie učenia sa“. Každý projekt prináša okrem úspory aj nové poznanie, ktoré zvyšuje kvalitu všetkých ďalších rozhodnutí.

Zhrnutie kapitoly

Implementácia energetického projektu je rozhodujúcou fázou, v ktorej sa návrh mení na reálny technický a organizačný zásah do prevádzky. Odborne správny postup vyžaduje kvalitnú prípravu realizácie, riadenie zmien, funkčné uvedenie systému do prevádzky, počiatočný a následný monitoring, meranie a verifikáciu úspor a systematický reporting výsledkov. Skutočný význam tejto fázy však presahuje samotné potvrdenie energetickej úspory. Výsledky projektu sa stávajú podkladom pre ďalšie manažérske rozhodovanie, pre štandardizáciu úspešných riešení a pre ďalší cyklus neustáleho zlepšovania. Práve v tejto spätnej väzbe sa naplno prejavuje podstata moderného energetického manažmentu ako dlhodobej a systematickej riadiacej disciplíny.

Otázky na opakovanie

1. Prečo nemožno implementáciu energetického projektu chápať iba ako technickú montáž?
2. Aký je rozdiel medzi dokončením realizácie a uvedením systému do prevádzky?
3. Prečo je potrebné vytvoriť referenčný hodnotiaci rámec pre monitoring po realizácii?
4. Prečo úspora energie nie je priamo merateľná veličina?
5. Aký význam má normalizácia pri verifikácii úspor?
6. Na čo slúži reporting po realizácii energetického projektu?
7. Ako sa výsledky projektu premietajú do ďalšieho cyklu neustáleho zlepšovania?
8. Prečo je dôležitá štandardizácia úspešných opatrení v organizácii?



Zoznam právnych predpisov, technických noriem a súvisiacich dokumentov

Právne predpisy Európskej únie

1. Smernica Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2023/1791 z 13. septembra 2023 o energetickej efektívnosti a o zmene nariadenia (EÚ) 2023/955 (prepracované znenie).
2. Smernica Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2024/1275 z 24. apríla 2024 o energetickej hospodárnosti budov (prepracované znenie).

Právne predpisy Slovenskej republiky

1. Zákon č. 321/2014 Z. z. o energetickej efektívnosti a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov.
2. Zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov.
3. Zákon č. 657/2004 Z. z. o tepelnej energetike v znení neskorších predpisov.
4. Zákon č. 309/2009 Z. z. o podpore obnoviteľných zdrojov energie a vysoko účinnej kombinovanej výroby a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov.
5. Vyhláška Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky č. 364/2012 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov.
6. Vyhláška Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky č. 308/2016 Z. z., ktorou sa ustanovuje postup pri výpočte faktora primárnej energie systému centralizovaného zásobovania teplom.
7. Vyhláška Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky č. 599/2009 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o podpore obnoviteľných zdrojov energie a vysoko účinnej kombinovanej výroby.

Technické normy a normatívne dokumenty

1. ISO 50001:2018. Energy management systems – Requirements with guidance for use.
2. ISO 50001:2018/Amd 1:2024. Energy management systems – Requirements with guidance for use – Amendment 1: Climate action changes.
3. ISO 50002-1:2025. Energy audits – Principles and requirements.
4. ISO 50002-2:2025. Energy audits – Guidance for energy audits in buildings.

5. ISO 50015:2014. Energy management systems – Measurement and verification of energy performance of organizations – General principles and guidance.
6. ISO/TS 50044:2019. Energy saving projects – Guidelines for economic and financial evaluation.
7. STN EN ISO 52000-1. Energetická hospodárnosť budov – Všeobecné hodnotenie energetickej hospodárnosti budov – Časť 1: Všeobecný rámec a postupy.
8. STN EN ISO 52016-1. Energetická hospodárnosť budov – Potreba energie na vykurovanie a chladenie, vnútorné teploty a citeľné a latentné tepelné zaťaženia – Časť 1: Výpočtové postupy.
9. STN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky.
10. STN EN 16798. Energetická hospodárnosť budov – Vetranie budov.

Súvisiace strategické a odborné dokumenty

1. Národné a európske strategické dokumenty v oblasti energetickej efektívnosti, dekarbonizácie, obnovy budov a podpory obnoviteľných zdrojov energie.
2. Dlhodobá stratégia obnovy fondu budov v Slovenskej republike.
3. Integrovaný národný energetický a klimatický plán Slovenskej republiky.
4. Odborné metodiky, usmernenia a podklady využívané pri príprave energetických auditov, pri ekonomicko-environmentálnom hodnotení projektov a pri implementácii systémov energetického manažérstva.
5. Metodické a technické podklady Slovenskej inovačnej a energetickej agentúry používané pri energetických auditoch, hodnotení úspor energie a príprave projektov energetickej efektívnosti.

Poznámka k tvorbe grafických príloh

Vybrané grafické prílohy, schémy a ilustračné vizualizácie boli pripravené s podporou digitálnych nástrojov založených na umelej inteligencii, najmä Banana Pro, Napkin AI a Sider AI. Ich využitie bolo zamerané predovšetkým na návrh grafických konceptov, vizuálne zjednodušenie odborných súvislostí a podporu prehľadnej interpretácie tém spracovaných v učebnici.

Všetky takto pripravené výstupy boli následne autormi odborne skontrolované, upravené a prispôbené terminológii, obsahu a didaktickému zámeru učebnice. Použitie uvedených nástrojov preto predstavovalo len podpornú fázu prípravy grafických materiálov. Vecná správnosť, odborný výber obsahu a konečná podoba grafických príloh zostali v zodpovednosti autorov.

Zoznam použitej literatúry

1. Capehart, B. L.; Turner, W. C.; Kennedy, W. J. *Guide to Energy Management*. 8th ed. Boca Raton: CRC Press, 2020.
2. Roosa, S. A.; Doty, S.; Turner, W. C. *Energy Management Handbook*. 9th ed. Boca Raton: CRC Press, 2020.
3. Kreith, F.; Goswami, D. Y. *Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy*. Boca Raton: CRC Press, 2007.
4. Bhattacharyya, S. C. *Energy Economics: Concepts, Issues, Markets and Governance*. 2nd ed. London: Springer, 2019.
5. Vanek, F. M.; Albright, L. D.; Angenent, L. T.; Ellis, M. W.; Dillard, D. A. *Energy Systems Engineering: Evaluation and Implementation*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016.
6. International Organization for Standardization. *ISO 50001:2018. Energy management systems – Requirements with guidance for use*. Geneva: ISO, 2018.
7. International Organization for Standardization. *ISO 50006:2023. Energy management systems – Evaluating energy performance using energy performance indicators and energy baselines*. Geneva: ISO, 2023.
8. International Organization for Standardization. *ISO 50015:2014. Energy management systems – Measurement and verification of energy performance of organizations – General principles and guidance*. Geneva: ISO, 2014.
9. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. *ASHRAE Guideline 14-2014: Measurement of Energy, Demand, and Water Savings*. Atlanta, GA: ASHRAE, 2014.
10. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. *2023 ASHRAE Handbook – HVAC Applications*. Atlanta, GA: ASHRAE, 2023.
11. Chartered Institution of Building Services Engineers. *TM22: Energy Assessment and Reporting Methodology*. London: CIBSE, 2006.
12. Chartered Institution of Building Services Engineers. *Guide F: Energy Efficiency in Buildings*. 3rd ed. London: CIBSE, 2012.
13. International Energy Agency. *Energy Efficiency 2024*. Paris: IEA, 2024.
14. IPCC. *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2022.
15. Kneifel, J. D.; Webb, D. H. *Life Cycle Cost Manual for the Federal Energy Management Program*. NIST Handbook 135-2020. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, 2020.

© prof. Ing. Peter Tauš, PhD., Ing. Maksym Mykhei, doc. Ing. Marcela Taušová, PhD

Energetický manažment a energetický audit

© TU v Košiciach, FBERG,
Edičné stredisko – Dekanát

Náklad: 50 ks

Vydanie: prvé

Košice 2026

ISBN 978-80-553-5061-5



ISBN 978-80-553-5061-5