Vícekriteriální hodnocení variant energetických auditů

EKOWAT

Autoři: Ing. Jiří Beranovský
Ph.D.doc. Ing. Jaroslav Knápek, CSc.
Ing. Jaroslav Šafránek
CSc.Ing. Jiří Vašíček, CSc.

Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2003 - část A.

VÍCEKRITERIÁLNÍ HODNOCENÍ VARIANT ENERGETICKÝCH AUDITŮ

METODIKA A POČÍTAČOVÁ APLIKACE VYUŽITÍ VÍCEKRITERIÁLNÍHO ROZHODOVÁNÍ PRO ÚČELY ZPRACOVÁNÍ ENERGETICKÝCH AUDITŮ, ZÁKLADY PRO EXPERTNÍ ROZHODOVACÍ SYSTÉM PRO STRATEGICKÉ PLÁNOVÁNÍ PROJEKTŮ V ENERGETICE - TESES

Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2003 – část A.

Ing. Jiří Beranovský, Ph.D.
doc. Ing. Jaroslav Knápek, CSc.
Ing. Jaroslav Šafránek, CSc.
Ing. Jiří Vašíček, CSc.

Říjen 2003

Identifikační údaje

Předmět studie	Vícekriteriální hodnocení variant energetických auditů Metodika využití vícekriteriálního rozhodování pro účely zpracování energetických auditů, základy pro expertní rozhodovací systém pro strategické plánování projektů v energetice - TESES
Zadavatel: *sídlo (ulice, PSČ, město)*: *IČ, DIČ nebo RČ:* *tel.:* *fax:* *e-mail:* **Zastupuje:**	Česká energetická agentura U Sovových mlýnů 9, 118 00 Praha 1 257 099 031 www.ceacr.cz Ing. Josef Bubeník, ředitel
Provozovatel: *sídlo (ulice, PSČ, město)*: *IČ,* DIČ *nebo RČ:* *tel.:* *fax:* *e-mail, www:* **Zastupuje:**	
Zpracovatel: *sídlo (ulice, PSČ, město)*: *IČ, DIČ* *tel.:* *fax:* *e-mail:* *www:* Právní forma: Registrace u MV ČR pod číslem: Statutární zástupce: Předmět činnosti: Bankovní spojení: Číslo účtu:	EkoWATT Bubenská 1542/6, 170 00 Praha 7 45 25 05 53, 007-45 25 05 53, **není plátce DPH** +420 266 710 247 +420 266 710 248 ekowatt@ekowatt.cz www.ekowatt.cz občanské sdružení VS/1-1/36669/98-R Ing. Jiří Beranovský, Ph.D. Poradenská a konzultační činnost v energetice. Raiffeisenbank, a.s., Milady Horákové 10, Praha 7 101 106 2172/5500
Autoři:	Ing. Jiří Beranovský, Ph.D. doc. Ing. Jaroslav Knápek, CSc. Ing. Jaroslav Šafránek, CSc. Ing. Jiří Vašíček, CSc.
Spolupráce:	Mgr. František Macholda Ing. Karel Srdečný Ing. Jan Truxa
Šíření:	Dokument lze užívat pouze ve smyslu příslušné smlouvy o dílo. Kopírování a rozšiřování je možné pouze po předchozím souhlasu statutárního zástupce EkoWATTu.

OBSAH

1. ANOTACE 5
1.1. ABSTRAKT 5
2. ÚVOD 6
2.1. ZÁKLADNÍ POJMY A DEFINICE 7
3. SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY 10
3.1. ENERGETICKÁ POLITIKA V LEGISLATIVĚ ČR 10
3.2. LEGISLATIVA ČR, EU A MEZINÁRODNÍ ÚMLUVY 11
3.2.1. KAPITOLA 14: ENERGETIKA 12
3.2.2. IMPLEMENTAČNÍ PLÁN PODOBLAST J- ZMĚNA KLIMATU 13
3.3. SHRNUTÍ LEGISLATIVNÍ SITUACE V ČR 13
4. CÍLE PRÁCE, IDENTIFIKACE PROBLÉMU 16
4.1. ANALÝZA A FORMULACE ŘEŠENÉ ÚLOHY 16
5. POPIS ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY 17
5.1. ZÁSADY A HLEDISKA HODNOCENÍ PROJEKTŮ 17
5.1.1. EFEKTY A NÁROKY PROJEKTŮ 17
5.1.2. HLEDISKA EKONOMICKÉHO HODNOCENÍ PROJEKTŮ 18
5.1.3. VARIANTY PRO HODNOCENÍ 19
5.2. SYSTÉMOVÝ PŘÍSTUP K HODNOCENÍ A FORMULACE KRITÉRIÍ 21
5.2.1. VYUŽITÍ VÍCEKRITERIÁLNÍHO HODNOCENÍ ENERGETICKÝCH AUDITŮ 22
5.2.2. CÍLE ENERGETICKÝCH AUDITŮ A VAZBA NA OKRUHY EFEKTŮ POUŽITÝCH PRO HODNOCENÍ 23
5.2.3. JAK V ROZHODOVÁNÍ RESPEKTOVAT PRINCIP OMEZENÍ FINANČNÍCH ZDROJŮ? 24
5.2.4. POSTUP HODNOCENÍ ENERGETICKÝCH AUDITŮ 25
5.2.5. URČENÍ KRITÉRIÍ A VOLBA METODY VÍCEKRITERIÁLNÍHO HODNOCENÍ 27
5.3. ÚVOD DO TEORIE VÍCEKRITERIÁLNÍHO HODNOCENÍ VARIANT 30
5.3.1. STANDARDNÍ POSTUP PŘI ŘEŠENÍ ROZHODOVACÍCH ÚLOH 30
5.3.1.1. ANALÝZA A FORMULACE ÚLOHY 31
5.3.1.2. SBĚR A ZPRACOVÁNÍ INFORMACÍ 31
5.3.1.3. VOLBA METODY 32
5.3.1.4. VÝPOČET 32
5.3.1.5. ROZHODNUTÍ 32
5.3.2. METODY STANOVENÍ VAH KRITÉRIÍ 32
5.3.2.1. BODOVACÍ METODA 33
5.3.2.2. METODA POŘADÍ 33
5.3.2.3. METFESSELOVA ALOKACE 33
5.3.2.4. METODA PÁROVÉHO SROVNÁVÁNÍ 33
5.3.2.5. SAATYHO METODA 34
5.3.2.6. STANOVENÍ VAH KRITÉRIÍ S POUŽITÍM STROMU KRITÉRIÍ 35
5.3.2.7. ZHODNOCENÍ METOD PRO STANOVENÍ VAH KRITÉRIÍ 35
5.3.3. METODY VÍCEKRITERIÁLNÍHO POROVNÁVÁNÍ VARIANT 36
5.3.4. JEDNODUCHÉ METODY VÍCEKRITERIÁLNÍHO HODNOCENÍ VARIANT 37
5.3.4.1. LEXIKOGRAFICKÁ METODA 37
5.3.4.2. METODA VÁŽENÉHO SOUČTU POŘADÍ 37
5.3.4.3. METODA BAZICKÉ VARIANTY 38
5.3.4.4. METODY CÍLOVÉHO PROGRAMOVÁNÍ 38
5.3.4.5. METODA GLOBÁLNÍHO KRITÉRIA 39
5.3.4.6. ZHODNOCENÍ JEDNODUCHÝCH METOD 39
5.3.5. METODY ZALOŽENÉ NA PÁROVÉM SROVNÁVÁNÍ VARIANT 40
6. SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ A PŘÍPADOVÁ STUDIE 42
6.1. PŘÍPRAVA ROZHODOVÁNÍ V OBLASTI PLÁNOVÁNÍ V ENERGETICE 42

6.2. POPIS EXPERTNÍHO SYSTÉMU A PŘÍKLAD JEHO APLIKACE 42
6.3. STRUČNÝ NÁVOD NA PRÁCI S APLIKACÍ TESES VHV EA 2003 47
6.3.1. POSTUP PRÁCE 47
6.4. PŘÍPADOVÁ STUDIE 47
6.4.1. NÁVRH OPATŘENÍ A APLIKACE VYLUČOVACÍCH KRITÉRIÍ 47
6.4.2. NÁVRH VARIANT 48
6.4.3. UPRAVENÉ ENERGETICKÉ BILANCE 50
6.4.4. EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ 50
6.4.5. VYHODNOCENÍ Z HLEDISKA OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ 50
6.4.6. VÍCEKRITERIÁLNÍ VYHODNOCENÍ VARIANT 51
7. ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ A ZÁVĚRY PRO PRAXI 54
7.1. ZÁVĚRY PRÁCE 54
7.2. SHRNUTÍ, PŘÍNOSY A PRAKTICKÉ VYUŽITÍ 54
7.3. DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ VÝZKUM A ROZVOJ DISCIPLÍNY 55

POUŽITÁ LITERATURA 56
SEZNAM TABULEK 58
SEZNAM OBRÁZKŮ 58

PŘÍLOHA 1 ODVOZENÍ PRINCIPU MĚRNÉHO EFEKTU 59
PŘÍLOHA 2 STUPNICE (ŠKÁLY) MĚŘENÍ 65
PŘÍLOHA 3 VYHLÁŠKA 213/2001 SB. 67
PŘÍLOHA 4 OBCHODOVÁNÍ V RÁMCI PŘIPRAVOVANÉ RÁMCOVÉ SMĚRNICE EU 74

Seznam zkratek:

BÚNO	bez újmy na obecnosti
ČEA	Česká energetická agentura
ČR	Česká republika
DCF	Discount Cash Flow - diskontovaný tok hotovosti
DEZ	druhotné energetické zdroje
EA	energetický audit
EU	Evropská Unie
IEA	International Energy Agency - Mezinárodní energetická agentura
IRR	vnitřní výnosové procento projektu (Internal Rate of Return)
ISPROFIN	Integrovaný systém programového financování
JI	Joint Implementation
KHA	komplexní hodnocení alternativ
NPV	Net Present Value - čistá současná hodnota
OZE	obnovitelné zdroje energie
PEZ	primární energetické zdroje
SEI	Státní energetická inspekce
SFŽP	Státní fond pro životní prostředí
SR	státní rozpočet
ÚEK	územní energetická koncepce
ÚEP	územní energetické plánování
ÚP	územní plán
VHV	vícekriteriálního hodnocení variant
VKP	vícekriteriální programování
VLP	vektorové lineární programování
VNP	vektorové nelineární programování

1. ANOTACE

1.1. ABSTRAKT

Studie navazuje jednak na studii [2], která se zabývá souborem a výběrem vhodných kritérií pro vícekriteriální rozhodování pro účely zpracování ÚEK, dále na studii [3], která aplikuje metody multikriteriálního rozhodování na některé úlohy ÚEK a v neposlední řadě na studie [12] a [19].

Cílem této studie je systémová analýza procesu zpracování energetických auditů (EA), zejména jejich cílů a úlohy ve Státní energetické koncepci a návrh metodiky řešení úlohy výběru optimální varianty. Součástí práce je návrh vhodných kritérií a ukazatelů pro hodnocení, aplikace multikriteriálního rozhodování, sestavení metodického nástroje - **expertního systému** a sestavení počítačové aplikace **Teses VHV EA 2003**.

V úvodních pasážích se studie zabývá současným způsobem řešení EA, přináší přehled legislativy a jejího účelu. Dále se zabývá rozborem řešení úlohy výběru optimální varianty EA. Ve své hlavní části se zabývá návrhem, výběrem vhodných kritérií hodnocení a řešením případové studie.

Výsledky práce lze v bodech formulovat následovně:

- systémová analýza problematiky zpracování EA,
- sestavení metodiky řešení úlohy výběr **optimální varianty EA** čili **návrh optimální varianty energeticky úsporného projektu** pomocí metod vícekriteriálního hodnocení,
- ukázka řešení případové studie.

2. ÚVOD

Podobně jako v písni "Tisíc mil těch tisíc mil, má jeden směr a jeden cíl,...", tak i v úlohách manažerského rozhodování je dobré si uvědomit účel našeho směřování. Pokud někam jdeme, jsme si zpravidla vědomi svých cílů. Proto, abychom nedošli někam, kam nechceme, svůj směr zpravidla kontrolujeme.

Jdeme-li například na výlet z Prahy do Prčice, můžeme jednak korigovat svůj směr pomocí kompasu, nebo se můžeme dívat do mapy a kontrolovat, zda správně procházíme Dolními Břežany, Jílovém, Netvořicemi, Neveklovem či Vojkovem a nakonec jsme-li na správném místě. Obvykle nám je jasné, že například přes Aš bychom se do Prčice dostávali mnohem obtížněji.

V úlohách manažerského rozhodování se nejprve stanoví cíle, kterých chceme dosáhnout a potom se hledají prostředky jak těchto cílů dosáhnout. K ohodnocení kvality tohoto procesu slouží kritéria hodnocení. Kritéria hodnocení jsou však subjektivní veličinou a mohou mít různé preference podle hledisek jednotlivých účastníků rozhodovacího procesu. Výběr optimální varianty se provádí vícekriteriálním hodnocením. Je však potřeba mít na paměti, že v případě, že neexistuje "ideální" varianta (nejlepší podle všech kritérií), je volba optimální varianty subjektivní a "optimální" varianty mohou být různé v závislosti na metodě hodnocení a preferencích.

Například muži se obvykle o úklidu svých mládeneckých příbytků rozhodují mnohem snadněji, pokud čekají dámskou návštěvu. Slovy Dona Corleone z knihy Kmotr se jedná o nabídku, kterou nelze odmítnout.

V podobě vstupu do EU takovou nabídku obdržel i náš stát například v oblasti rozhodování o snižování emisí a podpoře obnovitelných zdrojů energie. Jinými slovy tedy pokud chceme nezávislé a úsporné státní energetické hospodářství, tak musíme nalézt a nastavit systémové nástroje státu, tedy daně a zákony tak, abychom tohoto cíle dosáhli.

Světový trend směřuje jednoznačně k cílům jako jsou snížení znečištění ŽP a udržitelný rozvoj. Ukazuje se, že problém obtížného snižování emisí a nízkého využití energetických úspor a OZE netkví ani tak v technických či technologických omezeních, jako spíše v **ekonomických, organizačních, legislativních a strategických**. Světový trend tedy směřuje k tvorbě **systémových opatření** (např. legislativních, daň z emisí CO_2).

Odpovědnost za legislativní povinnost zpracování ÚEK a EA nás nutí k zamyšlení nad tvorbou **systémů posuzování naplnění stanovených cílů**. Je jedno zda-li se tak činí u Státní energetické politiky, u konkrétního územního plánu či energetické koncepce nebo u konkrétního projektu (EA).

Cílem této studie je využití metody **komplexního hodnocení alternativ** jako metody vícekriteriálního rozhodování pro řešení **úlohy výběru optimální varianty EA**. Následující studie nabízí metodiku k rozhodování ale i následné kontrole naplnění vytčených cílů. Předkládaná práce navazuje na práci „Kritéria pro systémové plánování obnovitelných energetických zdrojů“, která se zabývá souborem a výběrem vhodných kritérií pro vícekriteriální rozhodování pro účely zpracování ÚEK a na studii "Využití metod vícekriteriálního rozhodování pro systémové plánování obnovitelných energetických zdrojů", která aplikuje metody multikriteriálního rozhodování na některé úlohy ÚEK a pokládá základy expertního rozhodovacího systému pro strategické plánování investic v energetice - TESES.

V úvodní pasáži 2 práce přináší **přehled používaných pojmů** v této problematice a v problematice systémové analýzy a vícekriteriálního rozhodování. Kapitola 3 podává přehled současného stavu v problematice, přehled současného způsobu řešení EA, současné legislativy ČR, EU a mezinárodních úmluv. V kapitole 4 jsou identifikovány cíle práce a zejména **rozbor řešené úlohy při zpracování EA**. Ve své hlavní části v kapitole 5 se zabývá metodickým postupem vlastního zpracování závěrečné úlohy EA, tedy **výběr optimální varianty** čili **návrh optimální varianty energeticky úsporného projektu**, včetně

úvodu do teorie vícekriteriálního hodnocení variant. Kapitola 6 obsahuje shrnutí vytvořeného expertního systému s praktickou ukázkou **řešení případové studie**. Poslední kapitola 7 poskytuje shrnutí, závěry a doporučení pro praxi zpracování EA a doporučení pro další výzkum.

Příloha 1 ukazuje Odvození principu měrného efektu, Příloha 2 doplňuje úvod do teorie VHV o Stupnice (škály) měření, Příloha 3 cituje současně platnou vyhlášku 213/2001 Sb. a Příloha 4 předkládá internetový článek o Obchodování s emisemi skleníkových plynů v rámci připravované rámcové směrnice EU.

2.1. ZÁKLADNÍ POJMY A DEFINICE

Na základě obecných definicí uvedených zejména v použité literatuře byl sestaven následující seznam definicí upravených pro účely této studie.

§ **Expertní systém**

Expertní systém znamená soubor znalostí, údajů, vztahů, návazností, zkušeností a výsledků dlouhodobých pozorování v určité dané specializované oblasti zapsaný a zpracovaný ve formě, za základě které je možné získávat potřebné výsledky. Způsob zápisu lze rozdělit do následujících základních forem, které je třeba při tvorbě komplexních expertních systémů kombinovat:

§ Matematický analytický model, který respektuje všechny fyzikální vlastnosti dějů.

§ Logická forma, která používá výrokové funkce přiřazující objektům určité oblasti některou pravdivostní hodnotu.

§ Slovní popis postupu s případným použitím souboru statistických výsledků z dlouhodobých měření a pozorování.

§ **Cíl systému**

Cíl systému znamená dosažení požadovaného, potenciálně dosažitelného budoucího stavu, struktury, chování, funkce nebo výstupu systému v daném časovém intervalu.

§ **Hierarchie cílů systému**

V případě, že systém sleduje více cílů, musí být tyto uspořádány do hierarchie cílů, která je určena prioritou jednotlivých cílů za současného dodržení časové a věcné kompatibility cílů.

§ **Strom cílů systému**

Graficky uspořádaná hierarchie cílů systému, která vyjadřuje jejich vzájemnou podřízenost, případně nadřízenost a jejich vzájemné vztahy.

§ **Teorie vícektriteriálního rozhodování**

Zabývá se rozhodovacími situacemi s vektorovým ohodnocením výsledků s jediným racionálním účastníkem, studuje rozhodovací situace, které jsou charakteristické existencí většího počtu vyhodnocovaných ukazatelů. O rozhodovacích situacích se hovoří v teorii vícektriteriálního rozhodování jako o rozhodovacích úlohách a o ukazatelích jako o hodnotících kritériích. Možnosti, z nichž se při rozhodování vybírá, se označují jako varianty.

Úlohy vícekriteriálního rozhodovaní lze klasifikovat podle způsobu zadání množiny přípustných variant. Pokud je množina přípustných variant (alternativ) zadána implicitně souborem omezujících podmínek, které rozhodovací alternativy musí splňovat, jedná se o **vektorovou optimalizaci** (vektorové lineární programování - VLP nebo vektorové nelineární programování - VNP) či vícekriteriální programování (VKP). Pokud je množina přípustných variant konečná (zadána formou konečného seznamu), jedná se o tzv. **komplexní hodnocení alternativ** (KHA) neboli úlohu vícekriteriálního hodnocení variant (VHV).

§ **Komplexní hodnocení alternativ čili vícekriteriální (multikriteriální) hodnocení variant**

Komplexním hodnocením alternativ (variant, projektů, akcí, scénářů) se většinou rozumí rozhodovací proces charakterizovaný jedním racionálním rozhodovatelem a konečnou množinou variant, které jsou rozhodovatelem posuzovány podle více kritérií s cílem stanovit optimální variantu.

§ Vektorovou (vícekriteriální) optimalizací

Vektorovou (vícekriteriální) optimalizací se rozumí extremální úloha matematického programování s několika účelovými funkcemi, které mohou být lineární nebo nelineární.

§ Data (údaje)

Data (údaje) jsou vhodným způsobem vyjádřená (případně zakódovaná) zpráva, která je srozumitelná a přizpůsobená zpracování pro příjemce (osoba, stroj, počítač,...).

§ Redundance informace

Relativní nadbytečnost množství informace obsažené ve zprávě následkem zakódování více znaků, než je nezbytně nutné k přesnému a srozumitelnému vyjádření.

§ Objekt rozhodování (varianty rozhodování)

Objekt rozhodování je zpravidla oblast organizační jednotky, ve které byl stanoven cíl řešení a které rozhodování týká. S tímto pojmem úzce souvisí pojem varianta řešení (varianta rozhodování) představující možný způsob jednání rozhodovatele, který má vést ke splnění stanovených cílů.

§ Subjekt rozhodování (rozhodovatel)

Subjekt rozhodování (rozhodovatel) je subjekt, který rozhoduje, tedy volí variantu určenou k realizaci.

§ Kritérium (ukazatel, parametr, indikátor, znak, charakteristika)

Kritérium je každá sledovaná veličina v rámci vícekriteriálního hodnocení. Kritéria hodnocení představují hlediska zvolená rozhodovatelem na základě jeho hodnotové soustavy, která slouží k posouzení výhodnosti jednotlivých variant rozhodování z hlediska dosažení, resp. stupně plnění dílčích cílů řešeného rozhodovacího problému. Kritéria se zpravidla odvozují od stanovených cílů řešení, proto mezi nimi existuje velmi úzký vztah.

§ Skupina kritérií (ukazatelů, parametrů, indikátorů, znaků, charakteristik)

Skupina kritérií je sdružení ukazatelů na základě logických podobností, např. technická, ekonomická, ekologická,...

§ Strom kritérií, hierarchický strom (ukazatelů, parametrů, indikátorů, znaků, charakteristik)

Graficky uspořádaná hierarchie kritérií systému, která vyjadřuje logickou strukturu problému, je tvořen skupinami kritérií.

§ Katalog kritérií (ukazatelů, parametrů, indikátorů, znaků, charakteristik)

Katalog kritérií je soupis kritérií s různou úrovní poskytované informace.

§ Váha (kritéria, ukazatele, parametru, indikátoru, znaku, charakteristiky, případně experta)

Váha slouží k rozlišení relativní významnosti jednotlivých ukazatelů (kritérií) v rámci daného katalogu (co do počtu uzavřeného). Vyjadřuje hodnotu kvantitativního multiplikátoru. Určuje se standardními pracovními postupy.

§ Matice interakcí (Cross-impact Matrix)

Matice interakcí je formální křížový zápis, kde na jedné straně jsou vyznačeny cíle rozhodování a na druhé straně kritéria rozhodování. V průsečících lze určit potenciální existenci ovlivnění, případně jeho rozsah. Zvláštním případem je incidenční matice obsahující jednoduchou binární relaci nula - jedna.

§ Stavy světa (scénáře, situace)

Lze chápat jako budoucí vzájemně se vylučující situace, které mohou nastat po realizaci varianty rozhodování, a které ovlivňují důsledky této varianty vzhledem k některým kritériím hodnocení.

§ Varianta (scénář)

Varianta je zaměnitelné řešení, které zabezpečuje stejný účel splnění zadaného cíle (např. u stavby se liší podle způsobu, umístění a řešení stavby, postupu výstavby, u scénáře se liší postupem vývoje,...).

§ Územní plánování

Územní plánování je soustavná činnost, která komplexně řeší funkční využití území, stanoví zásady jeho organizace a věcně i časově koordinuje výstavbu a jiné činnosti ovlivňující rozvoj území.

§ Instalovaný výkon P_i

Výkon produkovaný při definovaných standardních a obvykle optimálních podmínkách. Jeho užitná hodnota je však dána možnostmi celoročního využití energetického zdroje.

§ Průměrný celoroční výkon P_{cr} [kW]

Průměrný celoroční výkon lze vyjádřit jako výkon srovnatelného zařízení, které za dobu jednoho roku (8760 hodin) vyrobí stejné množství energie jako zařízení sledované. Platí, že:

$$P_{cr} = \frac{E_{cr}}{8760} \quad [kW]$$

Rovnice 1: Průměrný celoroční výkon P_{cr} [kW].

kde:
E_{cr} je množství energie vyrobené systémem za dobu jednoho roku
Jedná se tudíž o část výkonu instalovaného. V případě OEZ je toto kolísání nejen záležitostí potřeby energie, ale i kolísání výkonu přírodního zdroje energie.

§ Roční využití instalovaného výkonu tcr [h]

$$t_{cr} = \frac{E_{cr}}{P_i} \quad [h]$$

Rovnice 2: Roční využití instalovaného výkonu t_{cr} [h].

§ Koeficient ročního využití k_r [-]

Poměr průměrného celoročního a instalovaného výkonu je významným parametrem používaným pro ekonomické hodnocení a pro hodnocení reálných možností energetických zdrojů.

$$k_r = \frac{P_{cr}}{P_i} = \frac{E_{cr}}{(P_i \cdot 8760)}$$

Rovnice 3: Koeficient ročního využití k_r [-].

Tato bezrozměrná veličina dosahuje nejvyšších hodnot pro jaderné elektrárny až 85 %, pro uhelné 50 – 70 %, obnovitelné zdroje energie obvykle 10-15 %.

§ Disponibilita zdroje

Některé energetické zdroje (např. OZE, kogenerační zdroje,...) jsou k dispozici trvale, ale nikoliv nepřetržitě, pro definici lze použít například průměrný celoroční výkon, roční využití instalovaného výkonu a koeficient ročního využití instalovaného výkonu, apod.

3. SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

Za účelem systémové analýzy řešené úlohy nyní budeme blíže zkoumat oblast energetiky s ohledem na životní prostředí, zejména pak příslušnou legislativu. To je oblast, která této úlohy nejvíce týká.

3.1. ENERGETICKÁ POLITIKA V LEGISLATIVĚ ČR

Současná úroveň energetického plánování ohledem na ŽP v ČR je postavena na následujících pilířích:

- **Státní politika životního prostředí** je dána usnesením vlády ČR č. 38/2001 o aktualizované Státní politice ŽP.
- **Státní energetická koncepce** (SEK) se zpracovává na základě § 3 zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií. Současná SEK je schválená usnesením vlády ČR ze dne 12. ledna 2000 č. 50 a je oproti její poslední verzi z roku 1998 poněkud konkrétnější. Předpokládá např. zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na celkové spotřebě primárních energetických zdrojů z dnešních cca 1,5% na cca 3 až 6 % k roku 2010 a cca 4 až 8 % k roku 2020.
- **Územní plán** je základním dokumentem místní samosprávy, který stanovuje zásady organizace území: Funkční využití, dopravní řešení, infrastrukturu. Jeho prováděním se zabývá zejména zákon č. 050/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) a vyhláška č. 135/2001 Sb., o územně plánovacích podkladech a územně plánovací dokumentaci.
- **Územní energetická koncepce** (ÚEK) se zpracovává na základě § 4 zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií a nařízení vlády č. 195/2001 Sb., kterým se stanoví podrobnosti obsahu územní energetické koncepce. ÚEK respektuje územní plán, rozpracovává energetické záměry pro koordinaci spotřeby energetických médií tak, aby byl v souladu s komplexním rozvojem území a státní energetickou a ekologickou politikou. Územní energetická koncepce vychází ze státní energetické koncepce, která vyjadřuje energetickou politiku státu a zpracovává se s výhledem dvaceti let. Územní energetická koncepce obsahuje cíle a principy řešení energetického hospodářství na úrovni kraje. Vytváří podmínky pro hospodárné nakládání s energií v souladu s potřebami hospodářského a společenského rozvoje včetně ochrany životního prostředí a šetrného nakládání s přírodními zdroji energie. Územní energetickou koncepci pořizuje kraj, hlavní město Praha a statutární města v přenesené působnosti.
- **Energetický audit** (EA) se zpracovává podle zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií a podle současně platné vyhlášky 213/2001 Sb., kterou se upravují náležitosti energetického auditu. EA je definován jako soubor činností, jejichž výsledkem jsou informace o způsobech a úrovni využívání energie v budovách a v energetickém hospodářství prověřovaných fyzických a právnických osob a návrh na opatření, která je třeba realizovat pro dosažení energetických úspor. Podle § 9 zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií je EA definován následovně:

§9
Energetický audit

(1) Energetický audit je soubor činností, jejichž výsledkem jsou informace o způsobech a úrovni využívání energie v budovách a v energetickém hospodářství prověřovaných fyzických a právnických osob a návrh na opatření, která je třeba realizovat pro dosažení energetických úspor. Energetický audit je zakončen písemnou zprávou, která musí obsahovat

a) hodnocení současné úrovně posuzovaného energetického hospodářství a budov,

b) celkovou výši technicky dosažitelných energetických úspor,

c) návrh vybrané varianty doporučené k realizaci energetických úspor včetně ekonomického zdůvodnění,

d) závěrečný posudek energetického auditora.

(2) Pokud energetické hospodářství a budova byly povinně podrobeny energetickému auditu nebo byla na zpracování auditu využita státní dotace, je jejich vlastník povinen poskytnout na vyžádání kopii zprávy o energetickém auditu ministerstvu, Státní energetické inspekci, kraji a obci, které jsou místně příslušné podle místa, v němž se nachází posuzované energetické hospodářství a budova.

(3) Povinnost podrobit své energetické hospodářství a budovu energetickému auditu se vztahuje na

a) každou fyzickou nebo právnickou osobu, která žádá o státní dotaci v rámci Programu,

b) organizační složky státu, organizační složky krajů a obcí a příspěvkové organizace s celkovou roční spotřebou energie vyšší, než je vyhláškou stanovená hodnota,

c) fyzické nebo právnické osoby, s výjimkou příspěvkových organizací, s celkovou roční spotřebou energie vyšší, než je vyhláškou stanovená její hodnota.

(4) Organizační složky státu, organizační složky krajů a obcí a příspěvkové organizace jsou povinny splnit opatření a lhůty stanovené v rozhodnutí Státní energetické inspekce.

(5) U nové stavby, nebo je-li prováděna změna dokončené stavby, která má vyšší celkovou roční spotřebu energie, než je vyhláškou stanovená hodnota, je stavebník, popřípadě vlastník stavby povinen zajistit zpracování energetického auditu.

(6) Zpracování energetického auditu hradí zadavatel auditu.

(7) Podrobnosti týkající se náležitostí energetického auditu stanoví vyhláška.

3.2. LEGISLATIVA ČR, EU A MEZINÁRODNÍ ÚMLUVY

Cíle EU jsou naplňovány pomocí praxe operační analýzy systémem nástrojů a opatření, které vedou k naplnění daných cílů. Tyto cíle jsou součástí operačních programů jednotlivých členských států, ČR nevyjímaje. Celý tento poměrně složitý proces je sledován a naplnění cílů kontrolováno. Jako příklad lze použít hodnocení programů předstrukturálních a strukturálních fondů EU, které je dokonce třífázové: ex ante, interim, ex post.

Cíle České republiky na základě mezinárodních úmluv, usnesení vlády ČR č. 38/2001 o aktualizované Státní politice ŽP a SEK ČR jsou následující:

- snížení celkové emise skleníkových plynů o 8 % do období 2008 - 2012 v porovnání s úrovní roku 1990 (viz **Rámcová úmluva OSN o změně klimatu** a **Protokol** podepsaný v listopadu 1997 v Kjóto). Redukce se týká všech skleníkových plynů vyjádřených ve formě tzv. **agregovaných bilancí emisí oxidu uhličitého**. Česká republika svůj závazek zatím bezproblémově plní především díky poklesu průmyslové výroby v letech 1990 až 1997, díky změně struktury výroby a změně struktury spotřeby primárních energetických zdrojů. V časovém horizontu 2013 - 2017 se proto očekává, že bude přijat nový závazek požadující další snížení emisí skleníkových plynů. Splnění tohoto nového závazku nebude pravděpodobně možné bez aktivního přístupu v oblasti úspor energie a využívání obnovitelných zdrojů energie.
- zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na celkové spotřebě primárních energetických zdrojů z dnešních cca 1,5% na cca 3 až 6 % k roku 2010 a cca 4 až 8 % k roku 2020 (viz Státní energetická koncepce (SEK), schválená usnesením vlády ČR č. 50 ze dne 12. ledna 2000)[1]. Podle ní však obnovitelné zdroje nemohou být v horizontu této energetické politiky zásadním zdrojem energie, ale jejich využití bude významným regionálním a lokálním přínosem.

Programové prohlášení vlády ČR ze srpna 2002 si klade následující cíle:

- předložit zákon na podporu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů,
- připravit novou „Strategii ochrany klimatického systému Země v ČR“ s cílem dále snižovat emise skleníkových plynů,

[1] Připravovaná aktualizace Energetické koncepce však pracuje s daleko vyššími předpoklady využití OZE.

- zahájit přípravu fiskálně neutrální ekologické daňové reformy.

Cíle České republiky na základě požadavků vstupu ČR do EU lze velmi stručně shrnout do následujících bodů:

- Jedním ze základních dokumentů je Usnesení Rady 86/C 319/01 o záměru Společenství rozvíjet nové a obnovitelné zdroje energie.
- USNESENÍ VLÁDY ČESKÉ REPUBLIKY ze dne 8. ledna 2003 č. 15 k aktualizovanému Implementačnímu plánu pro oblast Životní prostředí
- Podmínky přistoupení České republiky k EU uzavřené na kodaňském summitu EU v prosinci roku 2002, ukazuje Kapitola 14: Energetika, viz shrnutí, kapitola 3.2.1.
- Dalším důležitým dokumentem je Implementační plán podoblast J- Změna klimatu, podle Rozhodnutí Rady 1999/296/EC upravující Rozhodnutí Rady 93/389/EEC pro mechanismy monitorování emisí CO_2 a dalších skleníkových plynů, jehož stručný výtah následuje, viz kapitola 3.2.2.
- Pro podporu OZE je klíčovým dokumentem Směrnice 2001/77/EC evropského parlamentu a Rady „O podpoře elektřiny z obnovitelných zdrojů energie na vnitřním trhu s elektřinou“, která předpokládá dosažení 12% podílu OEZ na celkové domácí spotřebě energie a dosažení 22,1% podílu elektřiny vyráběné z OEZ na celkové spotřebě elektřiny (brutto) za EU jako celek do roku 2010.
- Obchodování s emisemi v rámci připravované rámcové směrnice EU, viz Příloha 4.

3.2.1. KAPITOLA 14: ENERGETIKA

Pozitivními důsledky vstupu ČR do EU bude v oblasti energetiky především zajištění ***větší bezpečnosti zásobování energiemi, možnost zařazení vnitřního trhu elektřiny a plynu do celoevropského (v rámci EU) jednotného trhu***, což může přinést snížení cen elektřiny a plynu pro konečné spotřebitele, a je garancí dodržování vysokých standardů v ochraně životního prostředí, jaderné bezpečnosti a kvality energetických služeb. Po vstupu ČR do EU by energetická politika měla být zaměřena především na dlouhodobější cíle zajišťující v rámci plnohodnotného členství v EU řešení dlouhodobé stability a spolehlivosti energetického hospodářství a posílení konkurenceschopnosti české energetiky.

V ***jaderné energetice*** lze počítat se zapojením se do širšího společenství evropských států s jadernými obory a možnost čerpání jejich zkušeností. Součástí Smlouvy o přistoupení ČR k EU je také společné prohlášení Rakouska a ČR o jaderné elektrárně Temelín. V tomto prohlášení, které nepodřizuje závěry melkského procesu jurisdikci Evropského soudního dvora, se obě strany přihlašují k plnění závazků vyplývajících z dohody z Melku.

Otevření trhu s plynem zvýší konkurenceschopnost v plynárenství. V souladu s energetickým zákonem dosáhne Česká republika Unií požadované míry otevření trhu v rozsahu 28 % do konce roku 2004. Z prostředků evropských fondů Phare byly financovány některé projekty na zavedení úspornějších zařízení v průmyslu a ve veřejném sektoru. Je možno konstatovat, že sektor plynárenství je na vstup ČR do EU dobře připraven.

Plně ***liberalizovaný trh s rafinérskými výrobky*** a kvalita vyráběného sortimentu, který odpovídá současným požadavkům EU, bude největším pozitivním důsledkem našeho vstupu do EU. Nezanedbatelné rovněž bude rozšíření prostoru pro export tuzemských rafinérských produktů.

Přechodná období

- přechodné období pro vytvoření úplných povinných nouzových zásob ropy a ropných produktů do 31.12.2005. Závazný harmonogram postupného narůstání zásob ropy přitom ČR beze zbytku plní. Toto přechodné období bylo s ohledem na finanční náročnost poskytnuto rovněž dalším kandidátským zemím. Evropské komisi je podáváno měsíční hlášení o výši nouzových zásob ropy a ropných produktů;

- druhé přechodné období se týká aplikace směrnice 98/30/ES týkající se liberalizace trhu s plynem do konce roku 2004, kdy v souladu s energetickým zákonem ČR dosáhne Unií požadované míry otevření trhu v rozsahu 28 %.

Shrnutí

V této kapitole Česká republika vyjednala dvě přechodná období:

- Přechodné období pro **vytvoření úplných povinných nouzových zásob ropy a ropných produktů** do 31.12.2005. Závazný harmonogram postupného narůstání zásob ropy přitom ČR beze zbytku plní. Toto přechodné období bylo s ohledem na finanční náročnost poskytnuto rovněž dalším kandidátským zemím. Evropské komisi je podáváno měsíční hlášení o výši nouzových zásob ropy a ropných produktů.
- Přechodné období pro aplikaci směrnice 98/30/ES týkající se **liberalizace trhu s plynem** do konce roku 2004, kdy v souladu s energetickým zákonem ČR dosáhne Unií požadované míry otevření trhu v rozsahu 28 %.

Z prostředků evropských fondů Phare byly financovány některé projekty na zavedení úspornějších zařízení v průmyslu a ve veřejném sektoru.

3.2.2. IMPLEMENTAČNÍ PLÁN PODOBLAST J- ZMĚNA KLIMATU

Základní cíle směrnice jsou úprava mechanismů pro monitorování všech antropogenních emisí skleníkových plynů nekontrolovaných Montrealským protokolem a dosažení pokroku v plnění závazků členských států na snížení jejich emisí.

Výčet základních požadavků směrnice:

1. zpracovat, zveřejňovat a uvádět v činnost národní programy na omezení a/nebo redukci antropogenních emisí skleníkových plynů ze zdrojů a zvýšit podíl jejich absorpce,
2. zpracovat podrobné plány národních strategií na snižování emisí a provádět odhady jejich účinnosti a efektivnosti, včetně zpracování projekcí emisního vývoje,
3. realizovat inventarizaci emisí skleníkových plynů pro všech šest plynů, definovaných v Příloze A Kjótského protokolu,
4. definovat rok 1990 jako referenční rok pro CO_2, CH_4 a N_2O a rok 1995 pro ostatní plyny,
5. vyhodnocovat a zpřesňovat národní programy,
6. pravidelně předávat informace o emisním stavu podle schématu popsaného v čl.3.2. směrnice za použití standardního formátu Rámcové úmluvy.

3.3. SHRNUTÍ LEGISLATIVNÍ SITUACE V ČR

Obecný nešvar české legislativy, který spočívá v její **nejednoznačnosti**, se promítá i do této oblasti. Skutečnost za potřebami značně pokulhává. Potřebné konkrétní legislativní nástroje postrádají systémovou návaznost, buď nejsou k dispozici nebo postrádají zaručení platnosti pravidel v delším časovém měřítku.

Důkazem je například současná vyhláška č. 252/2001 Sb. o výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů umožňující výkup energie za zvýhodněné ceny, která je svázána s cenovými rozhodnutími ERÚ.

Dalším příkladem je příprava aktualizace SEK, která je důkazem selhání systému dvouleté aktualizace SEK, která se zpracovává s výhledem na 20 let. Z logiky věci vyplývá, že není možné směrovat SEK každé dva roky jiným směrem. Navíc v systému chybí **kontrola způsobu jejího naplňování** a **kontroly naplnění stanovených cílů**, chybí jednoznačně definované **globální cíle**, např. **míra energetické soběstačnosti regionů** nebo **míra snížení emisí skleníkových plynů**, apod. a zpětná vazba kontroly jejich naplnění.

Stejná situace jako v SEK je i v oblasti EA, v rozhodovacím procesu **chybí** jeho nedílné součásti, **realizace** a **kontrola výsledků realizace**. Pokud se například stát zaváže ke snižování emisí a plnění kvót výroby energie z OZE, měla by prováděcí vyhláška obsahovat i preference jednotlivých oblastí hodnotících kritérií alespoň pro státní instituce. U podnikatelských subjektů je situace jiná, stát nemůže diktovat své představy, může však k naplnění konkrétních cílů vytvořit **odpovídající podnikatelské prostředí**, aby bylo možné **stanovených cílů dosáhnout**. Řečeno jazykem manažerského rozhodování, **stát** se potom musí na danou problematiku podívat z pohledu **racionálního investora**, jehož rozhodování je zaměřeno na maximalizaci výnosu z kapitálu vloženého do projektu.

Jako příklad lze uvést situaci, kdy při zpracování energetického auditu z hlediska projektu zvítězí varianta velmi ekologická, energeticky úsporná a ekonomicky výhodná, kterou však nemá kdo realizovat, neboť je pro konkrétního investora ekonomicky nezajímavá, a tudíž nepřijatelná a stát nemá dostatek prostředků či možností pro podporu této varianty. Konkrétním příkladem mohou být například státní instituce, které sice investují čas a peníze na přípravu energeticky úsporných projektů, dostanou v rámci systému ISPROFIN přidělené prostředky k jejich realizaci, nicméně nemohou tyto uspořené prostředky použít k jiným účelům. Dostanou příští rok méně prostředků na provoz. Logickým důsledkem této situace je potom demotivace.

V rozsahu stanoveném vyhláškou například EA neřeší další návaznost na strategické plánování investic, jejichž hierarchie je dána následujícím obecně uznávaným postupem, který je vyžadován i standardy EU, např. pro projekty předkládané do strukturálních fondů EU:

- **studie podnikatelských příležitostí** (opportunity study)
- podnikatelský záměr
- **předběžná studie proveditelnosti** (pre-feasibility study)
- **studie proveditelnosti** (feasibility study), která analyzuje a vyhodnocuje různé varianty řešení a zaměřuje se zejména na hodnocení ekonomické efektivnosti, slouží jako podklad pro výběr nejvhodnější varianty. Studie proveditelnosti optimalizuje technické, finanční, organizační a majetkové řešení a následné provozování projektu. Studie proveditelnosti se v současné době obvykle zpracovává v kvalitě UNIDO (Organizace OSN pro průmyslový rozvoj).
- výběr optimální varianty
- **podnikatelský plán**, který na základě výběru optimální varianty definuje postup, podmínky a prostředky pro dosažení cíle podnikatele, slouží jako nástroj pro získání finančních prostředků.
- zajištění financování
- **technická dokumentace**
- realizace, která zahrnuje financování projektu, organizační a majetkové uspořádání a zadávání veřejných zakázek

Energetický audit, definovaný naší legislativou jako analýza energetického hospodaření pro posouzení energetických úspor ve sledovaném systému, se však tomuto pojetí poněkud vyhýbá. Z následující tabulky, která ukazuje na možné rozdíly mezi studií proveditelnosti a energetickým auditem vyplývá, že studii proveditelnosti nemůže energetický audit nahradit, logicky by spíše měly tvořit jeden celek. Jediné místo, kde dává vyhláška prostor pro vyjádření vlastní vůle investora je §9, odst. 3.

Postup při plánování investic	Studie proveditelnosti	Energetický audit
• podnikatelský záměr		
• studie proveditelnosti	⇒ identifikace problému	⇒ identifikace problému
	⇒ analýza trhu	
	⇒ technická analýza a návrh variant	⇒ technická analýza a návrh variant
	⇒ ekonomická analýza	⇒ ekonomická analýza
	⇒ finanční analýza	
		⇒ analýza vlivu na ŽP
	⇒ analýza rizik a ostatních faktorů	
		⇒ návrh optimální varianty
• výběr optimální varianty		
• podnikatelský plán		
• zajištění financování		
• technická dokumentace		
• realizace		

Tabulka 1: Možné rozdíly mezi studií proveditelnosti a energetickým auditem.

V dohledné době bude například obchodování s emisemi skleníkových plynů velmi diskutovanou možností hledání **nákladově efektivního řešení redukce emisí těchto plynů**. Současné využití tohoto nástroje v podmínkách České republiky je poněkud problematické z důvodu nedostatečné poptávky po snižování emisí, neboť ČR je v současné době pod úrovní emisí danou mezinárodními závazky. MŽP ČR dne 7. ledna 2002 v souladu s Kjótským protokolem Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu schválilo „**Pravidla MŽP pro společně realizované projekty (Joint Implementation - JI) v České republice**“, a tímto materiálem stanovilo rámec projektů JI.

EA se tak v budoucnosti mohou dostat na úroveň studií proveditelnosti a stát nástrojem pro posuzování těchto projektů.

4. CÍLE PRÁCE, IDENTIFIKACE PROBLÉMU

4.1. ANALÝZA A FORMULACE ŘEŠENÉ ÚLOHY

V prvním přiblížení je podle § 9 zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií cílem EA řešení úlohy: **Výběr vhodné varianty doporučené k realizaci energetických úspor**. Úlohu **tvorby** vhodných variant lze potom definovat jako **výběr optimálních opatření** z portfolia **možných opatření energetických úspor**, které jsou k dispozici v daném energetickém systému pro uspokojení zjištěné poptávky.

Podle současně platné vyhlášky č. 213/2001 Sb. (viz kapitola Příloha 3.), kterou se stanoví podrobnosti náležitostí energetického auditu lze přesnější **rozbor těchto úloh formulovat** například následujícím způsobem:

- Analýza stávajícího stavu energetického hospodářství
- Sestavení roční energetické bilance předmětu EA
- Návrh opatření ke snížení spotřeby energie a sestavení variant
- Sestavení upravené energetické bilance jednotlivých variant
- Vyhodnocení navržených variant:
  - hodnocení současné úrovně provozovaného energetického hospodářství
  - ekonomické vyhodnocení
  - vyhodnocení z hlediska ochrany životního prostředí
- Výběr optimální varianty čili návrh optimální varianty energeticky úsporného projektu

Cílem této práce je proto i položení základů expertního rozhodovacího systému pro strategické plánování projektů v energetice - TESES, který je založen na hierarchické soběpodobnosti scénářů plánování investic (ať už v energetice nebo v jiných oborech lidské činnosti), kde je vhodné posuzování zejména z následujících hledisek (pravidlo TESES):

- **Technická** - formulují základní požadavky na technickou uskutečnitelnost potřebnou k dosažení záměru.
- **Ekonomická** - formulují ekonomiku projektu z různých pohledů.
- **Sociální** - formulují společenské aspekty projektu včetně dodržování legislativy a způsobu využití.
- **Ekologická** - formulují vlivy projektu na ŽP.
- **Strategická** (politická) - formulují dlouhodobé důsledky projektu.

Cílem práce je **metodika řešení** výše uvedené závěrečné úlohy EA, pomocí metod vícektriteriálního rozhodování. Zejména se jedná o **návrh vhodných kritérií** (ukazatelů, indikátorů, charakteristik) a **vhodné metody vyhodnocení**.

Jako vodítko pro řešení byly zvoleny současně platné legislativní normy, zejména státní energetická koncepce, státní politika životního prostředí, zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií a vyhláška č. 213/2001 Sb., kterou se upravují náležitosti energetického auditu.

Tato studie se tedy zabývá úlohou, kterou lze definovat jako **Výběr vhodné varianty doporučené k realizaci energetických úspor (výběr vhodné varianty EA)**.

5. POPIS ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY

5.1. ZÁSADY A HLEDISKA HODNOCENÍ PROJEKTŮ

5.1.1. EFEKTY A NÁROKY PROJEKTŮ

Každý projekt lze obecně charakterizovat nároky a účinky. Mezi nároky řadíme vše, co je nezbytné pro realizaci projektu (bez ohledu na to, zda je subjekt, který v dané situaci projekt realizuje, ze svých prostředků hradí či nikoliv). Pod nároky projektů nejčastěji chápeme ekonomické zdroje nezbytné pro realizaci a fungování projektů – v užším slova smyslu pak investiční a provozní náklady projektů.

Pod účinky (efekty) projektů pak obecně chápeme vše, co je důsledkem jejich realizace, ať už se jedná o žádoucí efekty (např. dodávka tepla, úspora spotřeby tepla apod.) nebo nežádoucí efekty (např. emise škodlivin do ovzduší). Tyto účinky projektů lze rozdělit na:

a) Efekty a nároky, které jsou přímo finančně ohodnotitelné

Jedná se např. o dodávané množství tepla, úspory tepla v důsledku zateplení objektu, snížení spotřeby paliva atd. Všechny tyto a podobné efekty mají své přímé „tržní“ ocenění (ve smyslu „mohu za tuto cenu prodat“ nebo „musel bych za tuto cenu nakoupit“ nebo „musel bych si za tyto náklady sám vyrobit“).

b) Efekty a nároky, které nejsou přímo finančně ohodnotitelné

Energetické projekty mají velmi často efekty, které nelze přímo vyjádřit pomocí tržního ocenění nebo výpočtem nákladů. Typicky se jedná o účinky na životní prostředí - emise klasických škodlivin do ovzduší jako je SO_2, NO_x, úlety popílku, produkce tuhých a kapalných odpadů, emise skleníkových plynů apod. Takovéto efekty jsou většinou"kvantifikovatelné", tj. lze je vyjádřit nějakou měřitelnou, číselnou veličinou. Mezi efekty energetických projektů však patří efekty i typu „zvýšení energetické soběstačnosti regionu“, „diverzifikace energetických zdrojů“, „vlivy na zaměstnanost“, „komfort a pohoda uživatelů“, apod. Takovéto efekty většinou nelze kvantifikovat v peněžních jednotkách[2], lze je popsat pouze slovně nebo je uspřádat s pomocí bodové stupnice.

Ekonomické hodnocení efektivnosti projektů pracuje jen s těmi nároky a efekty projektů, které jsou přímo finančně ohodnotitelné.

Pokud by byl požadavek na respektování i přímo finančně nevyjádřitelných nároků a efektů projektů (např. respektování vlivů na životní prostředí), pak se již nejedná o „klasické“ ekonomické hodnocení efektivnosti, ale o posuzování efektivnosti ze širšího, tzv. systémového, hlediska. V principu je toto hodnocení možné provést dvěma způsoby:

- Pomocí tzv. **internalizace externalit**, kdy jsou pro ocenění přímo finančně neohodnotitelných efektů použity „náhradní“ způsoby oceňování. Zde je nutné zdůraznit, že způsob a výše ocenění těchto efektů je velmi pracný, často silně subjektivní a závislý na použitém metodickém postupu. Tento způsob rozhodování (jako doplněk klasického ekonomického hodnocení) lze očekávat především při rozhodování na nejvyšší úrovni rozhodování jako je např. tvorba státních strategií apod.
- Pomocí vícekriteriálního hodnocení, kdy jsou vzhledem k definovanému cíli rozhodování[3] (tj. tomu, čeho má být danými projekty dosaženo – příkladem může být formulace cíle v podobě minimalizace emisí skleníkových plynů, úspora neobnovitelných zdrojů energie,

[2] Resp. je pro kvantifikaci v peněžních jednotkách nutné použít některou z „náhradních“ metod kvantifikace, které jsou využívány při internalizaci externalit. Tato problematika je však mimo předmět řešení této studie – blíže viz např. [12].

[3] V praxi dochází velmi často k chybám v hodnocení, a to především tehdy, pokud není jasně definováno co je cílem, tj. jaká je strategie a co chceme dosáhnout, pak není možné stanovit objektivní kritéria pro hodnocení projektů, nebo tehdy, pokud kritéria nemají na definovaný cíl vazbu nebo se svým významem překrývají.

úspora produkce odpadů apod.) definována kritéria, kterými jsou posuzované projekty hodnoceny. Hodnoty kritérií se vyjadřují v různých jednotkách jako např. NPV projektu v Kč, úspora emisí skleníkových plynů v ekvivalentních tunách CO_2, emise SO_2 v tunách SO_2, atd. Pro výběr „nejlepšího“ projektu (např. při výběru jednoho projektu z množiny navzájem konkurujících si projektů) je pak zapotřebí použít některou z mnoha metod vícekriteriálního hodnocení a rozhodnout o důležitosti jednotlivých sledovaných efektů. I v případě vícekriteriálního hodnocení je třeba upozornit na to, že pokud neexistuje „ideální“ varianta (projekt, který je nejlepší podle všech kritérií), je volba optimální varianty subjektivní – tj. různí rozhodovatelé obecně mohou volbou různých metod vícekriteriálního hodnocení a různým názorem na důležitost jednotlivých efektů dojít k výběru různých „optimálních“ variant. Dalším důvodem, proč se mohou různí rozhodovatelé ve stejné úloze různě rozhodovat, je volbě jiných kritérií.

Ekonomické hodnocení, jak již bylo uvedeno, tedy obsahuje pouze ty nároky a efekty, které jsou přímo finančně vyjádřitelné. Takové hodnocení je důležité především z hlediska subjektů, kteří projekty realizují (např. vlastníci objektu investující do jeho zateplení) nebo důsledky realizace projektů „ekonomicky“ pociťují (např. odběratelé tepla z CZT). Toto hodnocení je však velmi důležité i z hlediska vyšší rozhodovací úrovně – např. z hlediska státu, protože umožňuje správně chápat motivaci investorů. Zde je třeba zdůraznit, že motivace investorů (zejména soukromých subjektů, ale i domácností, do značné míry však i např. obcí), realizujících projekty, je jednoznačně ekonomická, tj. vyjádřitelná „skutečnými“ penězi na projekt vynaloženými a projektem „generovanými“. Pokud tyto subjekty nebudou mít na realizaci projektu ekonomický zájem, nebudou je ani realizovat.

5.1.2. HLEDISKA EKONOMICKÉHO HODNOCENÍ PROJEKTŮ

Přístup k ekonomickému hodnocení projektů lze rozdělit podle charakteru subjektu, který investici připravuje, hodnotí, popř. vynakládá prostředky na její realizaci a nese ekonomické důsledky její realizace. V zásadě lze charakterizovat následující, více či méně odlišná hlediska:

- **Hledisko projektu**[4] někdy též označované jako **systémové hledisko**, které respektuje souhrnné ekonomické (tj. přímo finančně ohodnotitelné) nároky a účinky navrhovaného projektu jako celku, bez ohledu na to, jak se rozdělí celkový ekonomický efekt a jaký je původ vloženého kapitálu (vlastní kapitál investora, zápůjční kapitál, veřejné finance apod.).
- **Hledisko celkového kapitálu**, které představuje společný pohled vlastního kapitálu investora (investorů) a cizího, zápůjčního kapitálu. V ekonomických propočtech jsou zahrnuty daně, o které se snižuje výnos celkového vloženého kapitálu. Respektuje se tedy systém zdanění, nerozdělují se ale efekty mezi investora a subjekt, který poskytl zápůjční kapitál na financování investice.
- **Hledisko investora**, které vymezuje hodnocení z pohledu pouze vlastního kapitálu vloženého investorem, přičemž tímto subjektem může být:
  - Podnikatelský subjekt, kdy efektivnost projektu musí obstát v konkurenci s jinými podnikatelskými aktivitami (a tím se definuje očekávaný výnos vloženého kapitálu).
  - Nepodnikatelský subjekt - obec, státní, rozpočtová, či jiná podobná instituce, kdy prostředky na financování projektu mají v určité míře charakter veřejných financí a jejich vynaložení a očekávané ekonomické efekty jsou porovnávány s alternativním užitím prostředků v rozpočtech těchto subjektů. Mezi nepodnikatelské subjekty obecně patří i domácnosti.

V případě, že se na financování projektu podílí peněžním vkladem akcionáři (společníci) investorské firmy, musí se odděleně hodnotit nároky a účinky ze dvou hledisek, kterými jsou:

[4] Tento přístup k hodnocení je třeba nezaměňovat se systémovým, celospolečenským hodnocením zmíněným v předchozí kapitole, jehož význam je širší a znamená zahrnutí všech efektů (i přímo finančně neohodnotitelných) do rozhodování.

- **hledisko firmy**
- **hledisko akcionářů**

I mezi těmito dvěma pohledy je určitý rozdíl, neboť vklad akcionářů je z jejich pohledu výdajem, zatímco pro firmu jako takovou jsou tyto prostředky součástí finančních zdrojů.

Systémový přístup k hodnocení nemá své místo jen u velkých strategických investic v odvětví energetiky, ale i u těch energetických investic, kde se stýkají nebo kříží zájmy různých investorů a dalších subjektů. Typickým případem je oblast zásobování teplem, kde se prolínají zájmy distributorů plynu se zájmy teplárenských firem. Investice do rozšíření dodávek tepla či elektřiny, kterou realizuje další investor (např. výrobní či jiná firma v dotčené oblasti), ovlivní ekonomiku ostatních subjektů. V běžném konkurenčním prostředí je to jev normální, v prostředí přirozených monopolů distribučních firem již může vzniknout otázka, jaký bude dopad na odběratele, zda bude hradit skutečně nejnižší možné náklady. Na otázky tohoto typu lze odpovědět jedině tehdy, pokud se posoudí návrhy před jejich realizací nejen z pohledu investora, ale i z širšího systémového pohledu.

Celkový efekt z realizace jakékoliv investiční akce se dělí v zásadě na tři části:

- daňový výnos pro státní nebo jiný rozpočet (stát),
- výnos cizího, zápůjčního kapitálu ve formě úroků (poskytovatel zápůjčního kapitálu),
- výnos vlastního kapitálu investora v podobě zisku (investor).

Již první uvedená položka může způsobit podstatné rozdíly např. mezi celkovým pohledem na hodnocenou akci a mezi pohledem investora. Uplatnění daní vede fakticky k přerozdělení celkového efektu mezi tři výše uvedené skupiny subjektů. Výnos vlastního kapitálu ovlivňuje i způsob financování, neboť použijeme-li např. úvěr, zvýší se sice náklady vedené v účetnictví, ale při přijatelné úrokové sazbě dojde současně vlivem působení tzv. finanční páky ke zvýšení rentability vlastního kapitálu a efektivnosti projektu.

Pro určení ekonomické efektivnosti projektů je zpravidla logické použít hledisko investora, podnikatele, neboť na jeho rozhodnutí je, zda bude projekt skutečně realizován. Pokud nebude mít investor šanci dosáhnout očekávaného výnosu vloženého vlastního kapitálu, nebude mít ani zájem na realizaci projektu.

Jiný pohled na projekt bude mít investor, který nese jeho důsledky nejprve v podobě vlastního vloženého kapitálu a poté v podobě čistého zisku (peněžního toku), jinak se bude na projekt dívat banka, která na něj půjčuje úvěr, a jinak je nutné hodnotit projekt z pohledu např. energetické politiky státu. I když všechny zainteresované strany použijí korektní rozhodovací kritérium ekonomické efektivnosti projektů – diskontovaný součet peněžních toků za dobu životnosti projektu, obecně dostanou různé výsledky. Investor bude odečítat jako své výdaje úroky z úvěrů a obligací a samozřejmě i daně z příjmů. Celkové náklady v účetnictví investora pak mj. závisí na způsobu financování projektu. Budeme-li posuzovat celkové efekty projektu z pohledu systému, ekonomiky jako celku, bude správné posuzovat projekt na úrovni EBIT (tj. bez vlivu daní a financování), nikoli čistého zisku investora. Úroky i daně patří totiž v širším smyslu také do výnosů, inkasuje je ale jiný subjekt.

Důsledkem této skutečnosti je mj. i to, že náklady, vypočtené ze systémového pohledu (bez vlivu daní a financování), nelze použít pro porovnání s celkovými náklady projektu, které odpovídají účetnímu pohledu. V žádném případě pak nelze z takto spočtených nákladů přímo usuzovat na očekávanou efektivnost projektu z pohledu investora, neboť se mj. musí zahrnout i daň z příjmů a vliv daňového štítu všech nákladových položek na velikost této daně.

5.1.3. VARIANTY PRO HODNOCENÍ

V ekonomické praxi se za projekt obvykle považuje určitá, jasně definovaná investice (např. výstavba kotelny nebo projekt zateplení budovy). Za varianty se pak považují možné modifikace daného projektu (např. plynová kotelna, kotelna na uhlí).

V terminologii používané v oblasti energetických auditů se obvykle pracuje s termínem „opatření“, které představuje určitou dílčí akci u subjektu vedoucí k úsporám energie. Kombinací několika opatření (jejichž realizace se navzájem nevylučuje) pak získáme varianty, které se pak ekonomicky vyhodnocují.

Opatření se obecně rozdělují do 3 základních skupin:

- tzv. **„beznákladová“ opatření** (zpravidla se jedná o sledování a vyhodnocování spotřeby jednotlivých forem energií, o opatření, kdy odpovědní pracovníci jsou motivační složkou mzdy zainteresováni na úsporách energií, nebo o opatření v podobě změny určitých provozních pravidel). Termín „beznákladové“ ovšem v praxi neznamená, že s realizací těchto opatření nejsou spojeny vůbec žádné výdaje. Např. navržení a implementace systému pro sledování a vyhodnocování spotřeby energií bude vždy vyžadovat určité výdaje, byť většinou relativně nízké. Proto není možné ani opatření takovéhoto charakteru mechanicky považovat za opatření nevyvolávající žádné výdaje.
- tzv. **„nízkonákladová“ opatření** (zpravidla sem patří výměna světelných zdrojů, utěsnění oken, izolace potrubí, doplnění či obnova regulačních prvků apod.).
- tzv. **„vysokonákladová“ opatření** (zpravidla se jedná o zateplování objektů a rozvodů tepla, rekonstrukce výměníkových stanic, využití odpadního tepla, instalace kogenerace, využití obnovitelných zdrojů energie – např. sluneční kolektory, tepelná čerpadla, komplexní energetický management apod.).

Při vyhodnocování energetického auditu je nezbytné respektovat vzájemnou vazbu jednotlivých opatření. V praxi totiž jednotlivá opatření nemusí být, a často ani nejsou, vzájemně nezávislá. Při realizaci určitého opatření jsou zpravidla ovlivněny podmínky realizace a efekty dalších opatření. Příkladem mohou být opatření typu regulace soustavy a zateplení. Pokud je realizováno zateplení objektu, snižuje se „výchozí“ základna pro úspory z titulu lepší regulace soustavy. Pokud je přínos každého opatření vyhodnocován samostatně vůči výchozímu stavu, není možné mechanicky sčítat jejich přínosy, ale je nutné respektovat jejich vzájemnou závislost. Nerespektování vzájemné závislosti opatření může vést k neobjektivním (obvykle optimistickým) závěrům o efektivnosti jednotlivých variant (tj. kombinace několika opatření) pro snížení spotřeby energie.

Opatření lze z hlediska vzájemného vztahu rozdělit do několika základních skupin:

- **Vzájemně nezávislá opatření**. Jde o opatření, jejichž realizace neovlivňuje ani výdaje na další opatření, ani efekty těchto dalších opatření. Opatření lze realizovat nezávisle na sobě a jejich efekty (ale i výdaje na jejich realizaci) lze přímo sečíst. Jako příklad zde lze uvést opatření – „výměna světelných zdrojů“ a opatření – „zateplení“ objektu nebo zateplení jednotlivých oddělených objektů.
- **Vzájemně se ovlivňující opatření**. Jde o opatření, která lze sice technicky realizovat nezávisle na sobě, ovšem realizace jednoho z nich ovlivňuje buď výdaje na realizaci druhého opatření, nebo efekty z realizace tohoto druhého opatření plynoucí. Znamená to, že výdaje na realizaci těchto opatření nelze mechanicky sčítat a zejména nelze mechanicky sčítat ani efekty plynoucí z realizace těchto opatření. Příkladem takovýchto opatření může být zateplení pláště budovy (jedno opatření), výměna oken (druhé opatření), izolace střechy (třetí opatření). Je zřejmé, že nelze přímo sčítat ani výdaje na realizaci opatření, ani efekty z nich plynoucí, vyčíslených pro případ, kdy by bylo realizováno každé patření samostatně. Dalších příkladem podobného typu opatření je rekonstrukce zdroje tepla (jedno opatření) a regulace otopné soustavy (druhé opatření). V tomto případě se výdaje na obě opatření sečtou, jejich souhrnný efekt bude ale nižší, než součet efektů vypočtených pro jednotlivá opatření isolovaně.
- **Vzájemně se podmiňující opatření**. Jde o opatření, kdy realizace jednoho opatření je podmíněna realizací jiného opatření. Příkladem může být vzájemně podmíněná změna paliva a rekonstrukce zdroje, vzájemně podmíněná rekonstrukce zdroje a rozvodů tepla (změna parovodních rozvodů za teplovodní rozvody). Dalším příkladem může být

komplexní energetický management budovy, skupiny budov a jiných zařízení, který je podmíněn realizací dílčích opatření v jednotlivých budovách (osvětlení, zateplení, rekonstrukce zdroje popř. rozvodů tepla, instalací systémů měření a regulace v objektech).

- **Vzájemně se vylučující opatření**. Jde o opatření, kdy realizace jednoho opatření vylučuje realizaci jiného opatření. Příkladem zde může být na jedné straně opatření v podobě rekonstrukce centrálního zdroje a izolace rozvodů a na druhé straně zrušení centrálního zdroje a jeho nahrazení několika decentrálními zdroji tepla v místě spotřeby (např. v případě velkých průmyslových areálů). Realizace jednoho opatření přímo vylučuje realizaci druhého opatření.

Kombinací vzájemně se nevylučujících opatření lze vytvořit **varianty**, které je třeba vyhodnotit. Varianty mohou být rovněž vytvářeny postupným přidáváním jednotlivých opatření na základě jejich klesajícího přínosu - vztahu mezi celkovými výdaji na realizaci v současné peněžní hodnotě a celkovým ekonomickým nebo energetickým přínosem opatření při respektování vzájemné souvislosti opatření (viz výše). Cílem je navrhnout takové varianty, které "docílí největší efekt za co nejméně peněz", což je matematicky samozřejmě neřešitelné, takže úkolem může být jen jedna z následujících úloh:

- návrh takové varianty, která nepřekračuje dané omezení jednorázových finančních výdajů (kapitálu) a přitom má stále ještě kladný efekt měřený NPV,
- nalezení varianty s maximální hodnotou NPV bez ohledu na případný limit počátečních investic, což předpokládá návrh a následné vyhodnocení takových variant, které stále ještě mají NPV > 0 (IRR větší než zadaný diskont).

Pro každou takto navrženou variantu (soubor opatření) je třeba stanovit výdaje vyvolané jejich realizací a přínosy z nich plynoucí při respektování základních pravidel pro ekonomické hodnocení efektivnosti projektů (viz výše).

Návrh variant, které budou podrobeny hodnocení (ať už z pouze ekonomického hlediska nebo při respektování širších souvislostí úlohy, tedy s využitím metod vícekriteriálního hodnocení) a případně doporučeny k realizaci tak vyžaduje tyto kroky:

- vyčíslení nároků a účinků dílčích akcí, v případě „neekonomických“ účinků jde o ty účinky, efekty, které jsou relevantní vzhledem k definovanému cíli řešené úlohy,
- návrh variant (kdy varianta představuje společnou realizaci několika dílčích opatření, akcí),
- vyčíslení nároků a účinků navržených variant,
- vyhodnocení navržených variant.

5.2. SYSTÉMOVÝ PŘÍSTUP K HODNOCENÍ A FORMULACE KRITÉRIÍ

Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, u každého projektu existuje škála efektů vyvolaných jeho realizací, které jsou jen velmi obtížně vyjádřitelné v peněžních jednotkách, resp. je jejich vyjádření v penězích prakticky nemožné. Pokud je však na realizaci těchto efektů zájem, tj. jejich dosažení je v souladu s definovaným cílem úlohy, je nezbytné tyto efekty zahrnout do rozhodování na jednotlivých úrovních rozhodování.

Z hlediska rozhodovací úrovně lze v zásadě definovat, viz diskuse hledisek projektů v kap. 5.1.2, následující hlediska:

- hledisko projektu, systému,
- hledisko investora (podnikatele) realizujícího nějaký projekt,
- hledisko domácností a dalších spotřebitelů.

Vzhledem k současně převažujícímu zaměření energetických auditů lze poslední dvě hlediska sloučit.

Při rozhodování na úrovni systémové efektivnosti (tzn. na vrcholné rozhodovací úrovni, kde jsou formulovány či naplňovány základní zájmy a strategie státu) je možné finančně neohodnotitelné efekty do rozhodování zahrnout:

- internalizací externalit – (není předmětem řešení této studie),
- vícekriteriálním hodnocením.

Konkrétní investoři se však rozhodují, coby racionální rozhodovatelé, na základě principu maximalizace ekonomického prospěchu – tj. realizují určitou investici (určitý projekt) pouze tehdy, pokud prospěch z ní plynoucí je vyšší, než náklady na něj, při respektování alternativních možností investování vždy omezených prostředků. Investoři navíc do tohoto hodnocení ekonomického prospěchu budou zahrnovat pouze ty výdajové a příjmové položky, které jsou z jejich hlediska relevantní – tj. jsou jimi přímo pociťovány. Finančně ohodnotitelné efekty (často ale i výdaje), které nesou jiné subjekty, do svého rozhodování investoři nezahrnují.

Příkladem jsou např. projekty vytvářející nová pracovní místa v navazujících odvětvích. Tyto efekty, byť mají kromě dalších i přímé finanční efekty z hlediska celého systému (např. pokles výplaty sociálních dávek), nebudou investoři do svého rozhodování zahrnovat.

Z toho pak vyplývá častý rozpor, kdy určitá investice (projekt) je na úrovni systému efektivní, a měl by tedy být realizován, není z pohledu konkrétních investorů efektivní a není tedy realizován.

Pokud má být tento rozpor odstraněn, je třeba definovat takové podmínky pro rozhodování investorů, které jim buď poskytnou finanční motivaci (např. změny v daňovém systému, různé formy dotací a podpor), nebo jim naopak nadefinují určité omezující podmínky pro rozhodování. To mohou být např. technické normy na ztráty tepla (které budou investory nutit realizovat budovy s lepšími izolacemi než by odpovídalo čistě ekonomické optimalizaci z hlediska investora), předepsané formy spotřebovávané energie (viz např. současný návrh zákona na podporu OZE, který určitému typy investorů omezuje volbu ve způsobu vytápění budov apod.

Jako další způsob, jak uvést do souladu systémové hledisko a hledisko konkrétních investorů, lze uvést i úlohu výběru oblastí, do kterých budou směrovány např. podpory na úspory energií. Vícekriteriálním výběrem na úrovni systémové efektivnosti lze vybrat oblasti, do kterých budou podpory směrovány, investoři se pak budou rozhodovat na bázi daných podmínek (a tedy s implicitním směrováním k systémové efektivnosti).

5.2.1. VYUŽITÍ VÍCEKRITERIÁLNÍHO HODNOCENÍ ENERGETICKÝCH AUDITŮ

Jak je zřejmé z diskuse v předchozí kapitole, má logický smysl použít vícekriteriální vyhodnocení energetického auditu pouze tehdy, pokud bude rozhodovatel, tj. ten, kdo bude závěry energetického auditu realizovat, zainteresován na efektech, které nejsou přímo finančně ohodnotitelné. To si lze představit za současného stavu v zásadě v následujících situacích:

- subjekt, který se rozhoduje na základě energetického auditu, je součástí systémové (státní) úrovně rozhodování – jedná se tak např. o centrální orgány a jejich organizační složky. Rozhodovatelem je tak přímo ten, kdo má zájem i na širších efektech plynoucích z v energetickém auditu navržených opatřeních[5].

[5] V praxi se však i zde budou vyskytovat problémy s interpretací vícekriteriálního hodnocení z hlediska závaznosti a s jeho implementací. Je nutné respektovat fakt, že ekonomické prostředky jsou vždy omezené (ekonomický princip vzácnosti), tzn. že v daném čase jsou pro danou organizační jednotku k dispozici pouze určené prostředky. Z hlediska současné logiky hospodaření státu je pak často obtížné realizovat, byť i ekonomicky efektivní opatření, která jsou na počátku investičně náročná a efekty nesou po delší dobu. Typickým příkladem zde mohou být akce na zateplování budov. Pokud daný subjekt nebude mít k dispozici (přiděleny) dostatečné prostředky pro realizaci akce, hrozí pak nebezpečí formálních výsledků energetických auditů, kdy energetický audit sice konstatuje, že z hlediska „systémové“ efektivnosti by bylo vhodné realizovat určitá

- po subjektu lze požadovat aplikaci vícekriteriálního hodnocení energetických auditů jako (jednoho) z podkladů pro rozhodování (v rámci daných omezení) – jde zejména o rozhodování na úrovni krajů nebo obcí (nebo o rozhodování, kdy investoři čerpají určitou formu finanční podpory ze strany státu).

5.2.2. CÍLE ENERGETICKÝCH AUDITŮ A VAZBA NA OKRUHY EFEKTŮ POUŽITÝCH PRO HODNOCENÍ

Základním cílem energetických auditů je identifikovat opatření vedoucí k úsporám energie a provést jejich hodnocení z hlediska efektivnosti realizace tak, aby investor měl dostatek podkladů pro rozhodování. V širším slova smyslu však primárním systémovým hlediskem není jen úspora GJ. Zde je nutné zohlednit další strategické cíle a záměry především zemí EU, ale i ostatních vyspělých států, v oblasti energetiky.

Mezi tyto strategické cíle a záměry především patří:

- snaha o snižování spotřeby neobnovitelných primárních energetických zdrojů – především fosilních paliv, jde zde jednak o „ekologická“ hlediska mající vazbu na princip trvale udržitelného rozvoje, a jednak i o strategickou snahu o snížení energetické závislosti na dovozech,
- snaha diverzifikovat energetické zdroje a snižovat vysokou závislost na dovozu PEZ z potenciálně nestabilních regionů, úspory energie zde hrají zásadní roli díky snižování absolutní výše spotřeby,
- snaha o splnění závazků na redukci emisí skleníkových plynů vyplývajících z Kjótského protokolu,
- snaha o další snížení emisí klasických škodlivin do ovzduší (např. SO_2, NO_x, CO, uhlovodíky, tuhé úlety),
- snaha ve vazbě na vyšší využívání obnovitelných zdrojů energie vytvářet nové pracovní příležitosti a to především ve vazbě na vyšší využívání biomasy,
- a v neposlední řadě snaha o zajištění spolehlivé dodávky energií.

Pro plnění těchto strategických cílů a záměrů existují dva základní směry – úspory energií a vyšší využívání OZE. Principiálně jsou důsledky obou těchto strategií rovnocenné vzhledem k diverzifikaci zdrojů, omezení skleníkových plynů i snížení klasických emisí škodlivin do ovzduší. Úspory vedou ke snížení spotřeby klasických PEZ, OZE naopak klasické PEZ vytěsňují ze spotřeby.

Při formulaci cíle na systémové úrovni zpravidla dochází k tomu, že cíl v sobě obsahuje vzhledem k hodnoceným variantám více hledisek, na jejichž respektování je v daném okamžiku zájem. Základní hlediska (která se použijí na formulaci dílčích cílů rozhodování) ve vazbě na širší hledisko energetických auditů již v sobě implicitně obsahuje výše uvedená diskuze strategických cílů a záměrů.

Jde především o následující hlediska:

- **Technické hledisko**. Do této skupiny patří zpravidla takové aspekty jako jsou spolehlivost a bezpečnost zařízení. Někdy se do této skupiny zařazují i takové aspekty jako je technická progresivnost zařízení, doba životnosti zařízení, doba výstavby (realizace opatření) apod. Tyto aspekty jsou však, pokud je hodnocení provedeno korektně, zpravidla obsaženy již v ekonomickém hodnocení založeném na kritériu NPV za celý životní cyklus projektu, resp. jsou obsaženy v jinak měřených efektech (např. hledisku emisí skleníkových plynů). Doba výstavby může být relevantním hlediskem při rozhodování o velkých projektech, kdy tato doba je významná a má souvislost s riziky

opatření, ale tyto by nebyly v důsledku nedostatku prostředků realizovány. I stát v této souvislosti opakovaně řeší problém výběru (investičních) akcí při omezených prostředcích, což vede na aplikaci principů tzv. měrného efektu při rozhodování – blíže viz Příloha č. 1.

projektu (čím je delší doba výstavby, tím jsou větší rizika změn podmínek). Jako další aspekt patřící do této skupiny lze uvést i např. **technická a systémová zabezpečenost dodávky**, **spolehlivost dodávky**, **zabezpečenost dodávky energie**, **účinnost energetických přeměn**, **míra využití energetických úspor**, ale i **míru vyhovění normám**, jež lze řadit i mezi kritéria sociální či politická. Některá řešení totiž „přeplňují“ požadavky norem.

- **Ekonomické hledisko**. V souladu s ekonomickou teorií platí, že zdroje jsou vždy omezené a že pro splnění požadovaného efektu bychom měli vybírat ekonomicky nejefektivnější varianty. Při ekonomickém hodnocení by mělo vždy dojít k zachycení všech vyvolaných efektů a nároků, tj. musí dojít k zachycení celého životního cyklu projektu (opatření z energetického auditu). To vede na použití kritéria čisté současné hodnoty – NPV, resp. IRR. Jak bude dále uvedeno, jako doprovodné kritérium, lze v rámci této metodiky využít i kritéria doby splacení. Do ekonomických hledisek obecně dále patří i způsob financování (určité subjekty mohou mít např. z nedostatku vlastních zdrojů zájem na tom, aby projekty byly financované cizím kapitálem) nebo garance, které subjekt poskytuje vzhledem k realizovanému dílu.
- **Sociální hledisko**. Projekty mají obvykle různý dopad na zaměstnanost, bráno z celkového systémového pohledu. Projektů na úspory energií se to však zpravidla týká buď minimálně nebo vůbec. Jiná situace je v oblasti využívání OZE, a to zejména při využití cíleně pěstované biomasy. Ovšem projekty ze sociálního hlediska mohou mít i řadu dalších dopadů jako je podpora výstavby infrastruktury ve venkovských oblastech, decentralizace zásobování energiemi, vyšší míra spokojenosti obyvatelstva s energetickou politikou státu či regionu, apod. Respektování těchto hledisek přímo vyplývá ze zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií a ze současné vyhlášky č. 213/2001, kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetických auditů a metodika provádění energetických auditů.
- **Ekologické hledisko**. Toto hledisko zachycuje celé spektrum negativních i pozitivních vlivů daného projektu (opatření) na životní prostředí. Při hodnocení projektů z pohledu investora se do jeho rozhodování, pokud vůbec, dostávají pouze ty efekty, které se projevují v „místě“. Při hodnocení ze systémového hlediska se do hodnocení logicky dostávají všechny efekty. Ve vazbě na opatření z energetických auditů se zde bude sledovat především vliv na emise „klasických“ škodlivin emitovaných do ovzduší, vliv na emise skleníkových plynů, vliv na produkci tuhých odpadů. V širším slova smyslu do ekologického hlediska patří i rizika havárií s ekologickými následky. Pokud by předmětem energetického auditu nebyla pouze opatření zaměřená na úspory energií, ale i např. projekty na využívání různých druhů OZE, bude škála efektů sledovaných v rámci ekologického hlediska daleko širší. Půjde např. o dopady na krajinné aspekty, na jednotlivé ekosystémy apod.
- **Strategická hlediska**. Strategickým hlediskem státu je zde především snaha o úspory neobnovitelných zdrojů energie[6], např snaha o úspory PEZ, nezávislost zásobování energií, soběstačnost regionu.

5.2.3. JAK V ROZHODOVÁNÍ RESPEKTOVAT PRINCIP OMEZENÍ FINANČNÍCH ZDROJŮ?

Každý subjekt, který rozhoduje o výběru projektů z množiny nabízených projektů řeší úlohu (ať chce nebo nechce, ať je si toho vědom či nikoliv) o efektivní alokaci omezeného kapitálu. Z principu ekonomických teorií, ale i z reality všedního života, vyplývá fakt, že zdroje pro realizaci projektů (investic, opatření apod.) nejsou nikdy neomezené. Rozhodovatel si tak

[6] Zejména v tomto hledisku se promítá různý pohled rozhodovatelů. Z pohledu soukromého investora to naopak mohou být dlouhodobá hlediska typu zhodnocení nemovitosti, budoucí možnosti využití lokality, což vlastně reálné opce, viz [28]. Pro hodnocení z pohledu konkrétního investora (a zase by zde existovaly zásadní rozdíly mezi investory typu soukromý občan, firma, obec apod.) by bylo nutné aplikovat částečně či zcela jiná kritéria hodnocení.

musí vybrat mezi projekty, které mu přinesou nejvyšší efekt při splnění omezení kapitálu. To platí obecně pro všechny typy investorů – rozhodovatelů, resp. pro rozhodování na všech rozhodovacích úrovních.

Při rozhodování pouze na bázi ekonomické efektivnosti, tj. při respektování pouze těch nároků a účinků, které mají finanční ohodnocení (na bázi trhu) je ekonomicky správným rozhodováním na bázi tzv. **měrného efektu**, resp. **koeficientu ziskovosti**:

$$r_j = \frac{DCF_j}{N_{ij}}$$

kde

DCF_j	diskontovaný tok hotovosti j-tého projektu za dobu životnosti
N_{ij}	investiční výdaje j-tého projektu
r_j	koeficient ziskovosti j-tého projektu

Investor seřadí projekty s kladným DCF (pokud realizace některých projektů není vynucena vnějšími podmínkami (např. zákony) dle klesajícího indexu ziskovosti. Pro realizaci pak postupně vybírá projekty (dle klesajícího indexu ziskovosti), dokud není vyčerpán limit prostředků na investice.

Úloha výběru projektů však může být definována jiným způsobem, a to např. tak, že cílem je dosažení určitého efektu, který není možné přímo měřit ve finančním vyjádření, s co nejnižšími náklady, resp. s co nejnižší mírou podpory. Typově tyto úlohy řeší např. SFŽP, ale i ČEA, při rozdělování dotací (podpor), případně systém ISPROFIN. To pak vede na rozhodování na základě měrného efektu podpory:

$$e_i = \frac{E_i}{N_{pod,i}}$$

kde

E_i	je sledovaný efekt i-tého projektu (např. úspora emisí skleníkových plynů) ,
$N_{pod,i}$	výše podpory pro i-tý projekt, která je potřebná pro jeho realizaci, a tím i dosažení sledovaného efektu E

Podporou zde chápeme nejen přímou podporu, např. ve formě investiční dotace, ale i podporu jiným způsobem. Příkladem jsou zde podpory projektů na výrobu elektřiny na bázi OZE, kdy projekty jdou podporovány formou garantované výkupní ceny, která je vyšší, než by byla tržní cena dané elektřiny.

Bližší diskusi o problematice měrného efektu uvádí Příloha č. 1.

Nerespektování principu měrného efektu při rozhodování o výběru projektů obecně vede k výběru ekonomicky, ale i systémově, neoptimálních řešení.

5.2.4. POSTUP HODNOCENÍ ENERGETICKÝCH AUDITŮ

Principiálně lze postup vícekriteriálního hodnocení energetických auditů rozdělit do následujících kroků:

- formulace jednotlivých opatření,
- formulace variant z opatření, která se vzájemně nevylučují,
- hodnocení variant vylučovacími kritérii,
- hodnocení variant množinou hodnotících kritérií zvolenou metodou vícekriteriálního hodnocení,
- určení pořadí variant,
- rozhodnutí o realizaci variant.

O formulaci opatření a variant blíže pojednává kap. 5.1.3.

Vylučovací kritéria jsou ta kritéria, která neumožňují realizaci dané varianty. Vylučovací kritéria jsou v zásadě dvojího druhu:

- obecně definovaná vylučovací kritéria: jde o kritéria vyplývající zpravidla z legislativy – jde např. závazné normy spotřeby nebo normy maximálních tepelných ztrát apod. Nesplnění tohoto kritéria obvykle znamená vyloučení varianty z posuzování. V praxi však existují případy projektů (např. na rekonstrukci budov), kdy splnění předepsaných norem by znamenalo získaným efektům neadekvátní vynaložené prostředky (které by šlo využít na jiné projekty s lepším efektem – viz diskuse principu měrného efektu v kap. 5.2.3, případně viz §6, odst. 4 a 5 zákona 406/2002 Sb.). Výhodnější je pak budovu nechat tzv. **řízeně dožít** a realizovat pouze některá z opatření. Zde doporučujeme jako vylučující kritérium použít kritérium doby splatnosti v případě, **že jeho hodnota bude více jak 2/3 očekávané doby životnosti opatření**. Pokud by pak nezůstala žádná z variant splňujících technické požadavky (normy), zařadila by se do rozhodování nejlepší z variant, které neprošly testem na splnění technických norem. Vychází se zde z předpokladu, že nějakou variantu je třeba realizovat – může to být však obecně i nulová varianta.
- vylučující kritéria definovaná místními podmínkami: zpravidla jde o omezení realizace určitých opatření či projektů v daném místě – např. budova neunese další zatížení, malou vodní elektrárnu nelze realizovat v energeticky optimální variantě v důsledku ekologických omezení apod.

Obecnými principy návrhu množiny hodnotících kritérií se zabývá kapitola 5.2.5 a 5.3. Jedním ze základních požadavků je požadavek na transparentnost úlohy. To mj. znamená:

- že cíle úlohy jsou jednoznačně definovány a ve vazbě na ně jsou definována kritéria s jasným informačním významem.
- že kritérií není příliš mnoho – obecně vůbec neplatí, že čím více je kritérií, tím lepší je rozhodnutí – spíše naopak. Čím je větší množství kritérií, tím je i úměrně vyšší riziko překrývání kritérií. Současně to klade nároky i na získávání informací a výpočet hodnoty kritérií. Větší množství kritérií rovněž znesnadňuje stanovení vah kritérií.
- použitá metoda vícekriteriálního hodnocení musí odpovídat danému typu úlohy a současně musí být pro rozhodovatele pochopitelná (aby mohli adekvátně interpretovat výsledky hodnocení).

Z výše uvedených hledisek, ve vazbě na použité systémové hledisko hodnocení a ve vazbě na diskusi cílů úlohy a relevantní hlediska, v řešené úloze navrhujeme použít následující základní hodnotící kritéria (pro každé kritérium je uvedena zkratka):

- T_{ee}: **úspora ekvivalentních emisí „klasických“ škodlivin** – SO_2, NO_x, CO, tuhé úlety, emise uhlovodíků. Pro výpočet ekvivalentního množství emisí by se použily váhové koeficienty odvozené od poměru poplatků za emise těchto škodlivin – tj. SO_2 by měl koeficient 1, tuhé úlety koeficient 3, NO_x koeficient 0,8, CO koeficient 0,6 atd. V případě, že systémová strategie by měla jiné preference ve snižování klasických emisí, je možné koeficienty příslušně změnit. Hodnota kritéria je v ekvivalentních tunách emisí „klasických“ škodlivin.
- T_{GHG}: **úspora ekvivalentních emisí skleníkových plynů**. Pro přepočet emisí jednotlivých skleníkových plynů na ekvivalent CO_2 by se použily koeficienty radiačního záchytu tepla (GWP – Greenhouse Warming Potentials)[7]. Hodnota kritéria je v ekvivalentních tunách skleníkových plynů.

[7] CO_2 má tento koeficient roven 1, CH_4 25, N_2O pak 250 (zdroj IPCC). V případě typických opatření, která jsou výstupem z energetických auditů bude zdaleka nejdůležitějším skleníkovým plynem CO_2.

- T_{PEZ}: **úspora primárních energetických zdrojů** v PJ. Toto kritérium respektuje strategické hledisko snižování spotřeby neobnovitelných zdrojů a snižování dovozní závislosti.
- NPV: **ekonomická efektivnost varianty měřená z hlediska systému** – tj. s respektováním všech ekonomicky (finančně) vyčíslitelných souvislostí, bez respektování daní a financování[8].

Výše uvedená soustava kritérií je dle našeho názoru optimální pro hodnocení variant vyplývajících z energetických auditů, které jsou zaměřeny na úspory energií. Pokud se energetické audity budou dotýkat jiné problematiky, zejména by se to týkalo problematiky obnovitelných zdrojů energie, bylo by třeba výše uvedenou sestavu kritérií doplnit o další kritéria. Mezi těmito dalšími kritérii lze především uvést:

- tvorbu nových pracovních míst,
- zábor půdy,
- dopady na krajinu a ekosystémy, atd.

Dále bude diskutován pouze případ aplikace na projekty úspor, postup v případě hodnocení variant OZE by byl analogický.

5.2.5. Určení kritérií a volba metody vícekriteriálního hodnocení

Metod vícekriteriálního hodnocení existuje velké množství. Tyto metody jsou různě vhodné pro různé rozhodovací úlohy. Při volbě metody pro vícekriteriální hodnocení energetických auditů je zapotřebí plně respektovat ekonomickou dimenzi úlohy – tj. omezenost finančních prostředků na realizaci projektů a nezbytnost hledání ekonomického optima při zadaných cílech[9]. to pak vede k nezbytnosti respektování principu měrného efektu – viz kap. 5.2.3.

Metody vícekriteriálního hodnocení neumožňují zpravidla korektním způsobem přímo tuto filozofii zohlednit. Metodou, která to umožňuje, je **metoda globální kriteriální funkce**. Principem je zde stanovení měrných příspěvků jednotlivých kritérií k celkovému efektu – s respektováním důležitosti kritérií. U této metody lze aplikovat princip měrného efektu, vynaložené (omezené, investiční) prostředky jsou použity pro normování hodnot jednotlivých kritérií. Předpokladem použití této metody je to, že měrné efekty lze sčítat. Pokud bychom vynaloženými prostředky v Kč (na realizaci určité varianty přinášející dané efekty) normovali hodnoty jednotlivých kritérií, dostali bychom nesčitatelné hodnoty – snížení ekvivalentních emisí klasických škodlivin na jednu investovanou Kč, dtto pro ostatní kritéria. To znamená, že jednotlivá kritéria je před výpočtem měrných hodnot (tj. vztažení dosažených efektů k investovaným nákladům) nutné normovat tak, aby hodnoty podle jednotlivých kritérií byly sčitatelné. Přitom je nutné dodržet požadavek, aby takto získaná kritéria měla logickou interpretaci ve vazbě na (systémové) cíle úlohy.

Ve vazbě na diskuzi v kap. 5.2.4 navrhujeme pro vícekriteriální hodnocení použít následující čtyři kritéria:

- **K_1: měrné snížení emisí „klasických“ škodlivin:**

$$K_1 = \frac{t_{ee}}{N_i} = \frac{\frac{T_{ee}}{T_{c,ee}}}{N_i}$$

kde

[8] V praxi při hodnocení konkrétního auditu může být problém vyčíslit širší systémové dopady – např. vliv na zaměstnanost a z toho vyplývající vliv na sociální dávky poskytované státem. V každém případě je však třeba provést hodnocení na bázi systémové efektivnosti, tj. bez respektování vlivu daní a financování.

[9] To mj. znamená, že není možné se racionálně rozhodovat, pokud nejsou stanoveny cíle v oblasti úspor energií, resp. další relevantní cíle – viz energetická koncepce státu.

T_{ee} je absolutní úspora emisí „klasických“ škodlivin v posuzované variantě (v přepočtených ekvivalentních tunách)

$T_{c,ee}$ celkové (ekvivalentní) emise „klasických“ škodlivin v ČR v tunách

N_i celkové jednorázové (investiční) náklady na realizaci varianty přinášející efekt T_{ee}

Význam kritéria po vztáhnutí normované hodnoty k investovaným prostředkům je pak „jaké je měrné snížení (např. v %) celkových emisí klasických škodlivin v ekvivalentní formě na investované množství finančních prostředků – např. 1000 Kč, 1 mil. Kč apod".

- **K_2: měrné snížení emisí skleníkových plynů:**

$$K_2 = \frac{t_{GHG}}{N_i} = \frac{\frac{T_{GHG}}{T_{c,GHG}}}{N_i}$$

kde

T_{GHG} je absolutní úspora emisí skleníkových plynů v posuzované variantě (v přepočtených ekvivalentních tunách)

$T_{c,GHG}$ celkové (ekvivalentní) emise skleníkových plynů v ČR v tunách

N_i celkové jednorázové (investiční) náklady na realizaci varianty přinášející efekt T_{GHG}

Význam kritéria po vztáhnutí normované hodnoty k investovaným prostředkům je pak obdobný jako v případě kritéria K_1, tj. „jaké je měrné snížení (např. v %) celkových (ekvivalentních) emisí skleníkových plynů na investované množství finančních prostředků – např. 1000 Kč, 1 mil. Kč apod.

- **K_3: měrné snížení spotřeby primárních energetických zdrojů:**

$$K_3 = \frac{t_{PEZ}}{N_i} = \frac{\frac{T_{PEZ}}{T_{c,PEZ}}}{N_i}$$

kde

T_{PEZ} je absolutní úspora primárních energetických zdrojů v posuzované variantě v GJ[10]

$T_{c,PEZ}$ celková spotřeba primárních energetických zdrojů v ČR v GJ

N_i celkové jednorázové (investiční) náklady na realizaci varianty přinášející efekt T_{PEZ}

[10] Při řešení úlohy z pohledu systémového (národohospodářského) optima by obecně bylo třeba změny nároků na spotřebu PEZ vyhodnocovat z pohledu celého palivového cyklu, tj. od získávání daného PEZ, přes jednotlivé fáze úpravy, zušlechťování, přepravy až po užití v konkrétním hodnoceném subjektu. V praxi je však toto hodnocení komplikované z hlediska získávání vstupních dat. Z praktických důvodů proto doporučujeme vyhodnocovat změny spotřeby jednotlivých paliv a forem energie na vstupu do objektu s výjimkou elektřiny a dálkově dodávaného tepla. V případě elektřiny doporučujeme použít přepočet uspořených kWh na GJ PEZ přes tzv. vytěsněné marginální palivo – v tomto případě tuzemské hnědé uhlí. Tento přepočet pak respektuje jak průměrnou účinnost tepelných elektráren, tak i průměrné ztráty v rozvodu a distribuci elektřiny. To samé doporučujeme provádět i při vyhodnocování úspor dálkově dodávaného tepla z hlediska úspory PEZ. GJ uspořené na patě objektu je nutné zvýšit o ztráty v rozvodech a účinnosti výroby tepla. Stejným způsobem by měly být určeny i úspory emisí skleníkových plynů a klasických škodlivin vázaných na úspory elektřiny a dálkově dodávaného tepla. V případě elektřiny je možné použít průměrných emisí škodlivin na 1 vyrobenou MWh respektujících průměrnou účinnost odsiřování (a dalších technologií snižujících ostatní emise) a složení paliva. V případě tepláren je tento výpočet komplikovanější, správný postup by měl být založen na posouzení vlivu úspor energií na konkrétní teplárenský zdroj. To je však v praxi často v principu nemožné. Proto je možné, alespoň jako základní aproximaci, použít expertních odhadů průměrných účinností výroby tepla, typických měrných emisí z teplárenských výroben apod. V každém případě nepoužití tohoto přístupu znamená znevýhodnění úspor elektřiny a dálkového tepla oproti jiným úsporám. Ztráty a energetické spotřeby v distribuci jiných paliv (z hlediska logiky celého palivového cyklu) jsou totiž podstatně nižší.

Význam kritéria po vztažení k investovaným prostředkům lze pak interpretovat obdobně jako v případě kritérií K_1 a K_2, s tím, že místo relativního snížení emisí zde jde o snížení spotřeby PEZ.

Pozn.: Kritéria K_1 až K_3 se částečně překrývají, opatření šetřící primárních energetické zdroje zpravidla vedou i k redukci emisí. Nejde však v žádném případě stanovit jednoznačnou funkční vazbu mezi úsporou PEZ a úsporou jednotlivých druhů emisí. Obecně platí, že různá opatření se stejnou úsporou PEZ mají různou úsporu emisí „klasických“ škodlivin i skleníkových plynů a naopak. Kritérium K_3 v tomto typu hodnocení zachycuje strategické hledisko úspory primárních energetických zdrojů jehož cílem je buď omezit závislost na dovozech energetických zdrojů nebo prodloužit „životnost“ tuzemských zásob energetických zdrojů. Tato hlediska nabyla na důležitosti zejména po 11. září 2001. Proto je zařazení kritéria K_3 do množiny hodnotících kritérií relevantní.

- **K_4: měrný ekonomický efekt:**

$$K_4 = \frac{\frac{NPV}{V_{sr,prov}}}{N_i}$$

kde

NPV čistá současná hodnota efektů opatření realizovaných v rámci dané varianty při použití diskontu odpovídajícímu charakteru řešené úlohy, jako vhodnou výši diskontu zde doporučujeme hodnotu na úrovni 4-5%

$V_{sr,prov}$ celkové výdaje veřejné sféry na zajištění provozu státní správy, samosprávy a infrastruktury

N_i celkové jednorázové (investiční) náklady na realizaci varianty přinášející efekt v podobě NPV

Při formulaci tohoto kritéria jsme vycházeli z faktu, že na použití vícekriteriálního hodnocení má zájem především stát, který se snaží dosáhnout systémového optima a do svého rozhodování tak zakomponovat i jiná důležitá hlediska, než čistě ekonomické hledisko[11]. To naopak budou používat soukromé subjekty (podnikatelé i domácnosti), kteří se snaží v rámci daných omezujících podmínek (daných např. technickými normami) maximalizovat svůj ekonomický, peněžně vyjádřitelný, efekt. „Stát“ (chápáno v širším pojetí včetně regionů, obcí) má tak zájem, stejně jako soukromí investoři, spořit své provozní výdaje a ušetřené zdroje využít např. na nové investice. Tyto provozní výdaje je však prakticky nemožné přesně vymezit, jako vhodnou aproximaci zde lze použít např. nemandatorní a nemzdové výdaje státního rozpočtu, regionálních rozpočtů a rozpočtů obcí, resp. expertní odhad výdajů na zajištění energetických potřeb v této sféře.

Interpretace kritéria po vztažení k investovaným prostředkům je pak relativní snížení každoročních výdajů na investované množství finančních prostředků.

Všechny výše uvedená kritéria jsou maximalizačního charakteru – tj. chceme maximalizovat úsporu PEZ, snížení emisí, úsporu výdajů na zajištění energetických potřeb apod.

Při použití metody globální kriteriální funkce, která je založena na váženém součtu relativních efektů pak bude mít globální kriteriální funkce G tvar:

$$G = v_1 \cdot K_1 + v_2 \cdot K_2 + v_3 \cdot K_3 + v_4 \cdot K_4$$

Úloha vícekriteriálního hodnocení je tak převedena na úlohu s jedním kritériem. Posuzované varianty je pak možné seřadit dle výhodnosti podle klesající hodnoty globálního kritéria G od nejlepší varianty po nejhorší variantu.

[11] Předpokládáme tedy, že by navržený postup hodnocení byl používán v organizacích přímo řízených státem, regiony či obcemi, resp. v případech hodnocení a výběru projektů žádajících o podporu z veřejných zdrojů (např. dotací ČEA či SFŽP).

Hodnoty vah v_1 až v_4 odrážejí preference rozhodovatele v daném okamžiku. Zde lze zvolit dvě základní strategie:

- ekonomickému hledisku, tj. kritériu K_4 dát stejnou váhu jako všem ostatním hlediskům dohromady (a těm pak stejnou váhu, tj. každé z kritérií K_1 až K_3 by mělo váhu $^1/_6$)
- ekonomickému hledisku dát stejnou váhu, jako všem ostatním hlediskům (kritériím), každé z kritérií by mělo váhu ¼.

5.3. ÚVOD DO TEORIE VÍCEKRITERIÁLNÍHO HODNOCENÍ VARIANT

Rozhodování je nedílnou součástí každodenního jak osobního, tak profesního života každého člověka. Každý z nás činí mnohokrát za den rozhodnutí různé povahy a různé důležitosti. Důležitost rozhodnutí je dána jednak závažností důsledků a jednak dobou, po kterou se důsledky rozhodnutí budou projevovat a ovlivňovat tím náš další život. Je proto samozřejmé, že podle toho budeme věnovat různé úsilí nalezení správného rozhodnutí. Budeme-li se chovat racionálně tak důležitějším rozhodnutím budeme věnovat větší duševní úsilí než rozhodnutím méně důležitým.

Při racionálním rozhodování je důležité si stanovit cíl rozhodování, tj. čeho chceme rozhodnutím dosáhnout, uvědomit si podmínky za kterých se rozhodujeme a všechny okolnosti (faktory), které na jedné straně určují podmínky, za kterých se rozhodujeme a na druhé straně do určité míry předurčují důsledky našeho rozhodnutí. Je třeba si uvědomit, že některé tyto faktory můžeme aktivně ovlivnit, pak hovoříme o řiditelných faktorech, jiné nikoliv a pak hovoříme o neřiditelných faktorech.

Při řešení konkrétní rozhodovací situace se budeme přirozeně snažit o postižení problematiky v celé její šíři a brát v úvahu všechny faktory, o kterých se domníváme, že by mohli ovlivnit důsledky našeho rozhodnutí a které bychom tedy měli brát při rozhodování v úvahu. Při úvahách o důsledcích rozhodnutí se musíme vypořádat s problémem, jakým způsobem měřit na jedné straně důsledky rozhodnutí a na druhé straně do jaké míry splňují jednotlivé varianty řešení, mezi kterými se rozhodujeme, námi stanovený cíl. K tomu nám slouží hodnotící hlediska (kritéria). Jednotlivá hodnotící kritéria, budou mít pro nás při rozhodování různou důležitost (váhu).

Jsou-li všechna hodnotící hlediska vyjádřitelná nebo převeditelná na stejné jednotky, kterými často bývají peníze, je rozhodování jednodušší. V takovémto případě postačí převést všechna hlediska na tyto společné jednotky, sečíst všechna dílčí hodnocení a podle výsledku se rozhodnout. Složitější situace nastává, pokud takováto společná základna, na kterou by bylo možné převést všechna hlediska neexistuje nebo by bylo převádění některých hledisek na tuto společnou základnu příliš násilné. Tak se rozhodovatelé často dostávají do situace, kdy volí jednu ze dvou možností, buďto se pokusit intuitivně, bez hlubších znalostí teorie rozhodování a vícekriteriálního hodnocení, s pomocí zdravého rozumu nalézt postup jak se rozhodnout nebo investovat více či méně času a úsilí do vzdělání se v této oblasti. Teorie rozhodování doporučuje dodržovat určité formalizované postupy a použití nejrůznějších metod. Je třeba zdůraznit, že tyto nástroje nejsou samospasitelné a vše řešící. Jsou to pouze prostředky, které nám umožní získat kvalifikované podklady a doporučení pro naše rozhodnutí ale nikdy nás nemohou zbavit tíhy vlastního rozhodnutí, nemohou za nás rozhodnout, ani nás nemohou zbavit odpovědnosti za učiněné rozhodnutí.

5.3.1. STANDARDNÍ POSTUP PŘI ŘEŠENÍ ROZHODOVACÍCH ÚLOH

Při řešení úloh vícekriteriálního rozhodování je třeba postupovat systematicky a využívat poznatků řady vědních disciplín, zejména systémového inženýrství a operačního výzkumu. Formalizovaný postup doporučovaný těmito vědními disciplínami modifikovaný pro tento specifický typ úloh lze rozdělit do následujících kroků (etap):

1) Analýza a formulace úlohy
2) Sběr a zpracování informací

3) Volba metody
4) Výpočet
5) Rozhodnutí

Podívejme se nyní na jednotlivé fáze trochu podrobněji.

5.3.1.1. ANALÝZA A FORMULACE ÚLOHY

Analýza problémové situace vychází ze zmapování současného stavu problému, vyjasnění účelu řešení úlohy a prozkoumání systémů (subsystémů) přímo či nepřímo souvisejících s řešeným problémem a ovlivňujících možná rozhodnutí a jejich důsledky (analýza okolí řešeného systému).

Formulace úlohy je přirozeným vyústěním analýzy problémové situace a spočívá v jasné definici problému. Součástí formulace úlohy je:

Stanovení cílů úlohy spočívá v určení základního cíle úlohy a jeho postupném rozkladu na dílčí cíle (sestavení stromu cílů) až na zvolenou rozlišovací úroveň. Při postupném rozkladu cílů musíme zajistit jejich konzistenci (soulad), úplnost (opomenutí určitého cíle vede ve svých důsledcích k neřešení odpovídajících hledisek) a neredundantnost (zavedení duplicitních cílů, kdy jeden z cílů je obsažen v jiném cíli, může vést k hrubému zkreslení výsledků).

Výběr kritérií, kde jednotlivá kritéria určují způsob měření úrovně plnění dílčích cílů posuzovanými alternativami. S výběrem kritérií je přímo spojeno určení typů kritérií (kvalitativní, kvantitativní) a stupnic (škál), ve kterých se budou hodnoty kritérií vyjadřovat (podrobněji viz Příloha 2). Při výběru kritérií musíme volit vhodný kompromis mezi snahou o co možná nejkomplexnější a nejpodrobnější posouzení rozdílnosti mezi alternativami na straně jedné a na druhé straně „rozumným“ počtem hodnotících kritérií (souvisí s pracností a někdy i nemožností získání potřebných údajů, složitostí a někdy i obtížnou řešitelností optimalizačního modelu). Kritéria mohou mít dvě různé role: vylučující a hodnotící (kritérium může mít obě role současně). U vylučujících kritérií požadujeme, aby hodnota kritéria pro „přípustnou“ (realizovatelnou) alternativu splňovala minimální požadovanou či maximální přípustnou hodnotu kritéria (někdy i obě současně). Nedosažení minimální či překročení maximální limitní hodnoty kritéria vede k vyloučení alternativy. Vylučující kritéria nevstupují do metod vícekriteriálního hodnocení alternativ, pouze redukují množinu alternativ na alternativy „vyhovující“. Naproti tomu hodnotící kritéria slouží k porovnání alternativ a vstupují do metod vícekriteriálního rozhodování. Pokud pro vícekriteriální hodnocení použijeme metodu, která neumí pracovat s neúplnýmikritérii, může být důvodem k vyloučení alternativy i neúplnost informací o alternativě, tj. když hodnoty jednoho či více kritérií pro alternativu nejsou známé a není možné je určit.

Vymezení množiny hodnocených alternativ spočívá v určení množiny všech možných alternativ a její redukci na množinu „přípustných“ alternativ při použití výše zmíněných vylučujících kritérií. Vyloučení „nepřípustných“ řešení je většinou možné provést až po sběru a zpracování informací.

5.3.1.2. SBĚR A ZPRACOVÁNÍ INFORMACÍ

Úkolem této etapy je shromáždit a analyzovat všechny potřebné vstupní údaje pro řešenou úlohu. V ideálním případě je možno potřebné údaje čerpat z existující informační základny. V opačném případě je nutno potřebné údaje získat doplňujícím šetřením (vyžádání doplňkových informací, zorganizování specielního měření, expertním šetřením apod.). Získané údaje je třeba prověřit z hlediska jejich „věrohodnosti“, utřídit a zpracovat do požadované formy. Součástí této etapy by mělo být i posouzení vypovídací schopnosti kritérií (do jaké míry nám umožní rozlišit posuzované alternativy). Z analýzy vstupních údajů může vyplynout vhodnost a někdy dokonce nezbytnost provedení korekce souboru hodnotících kritérií (stromu cílů). V této fázi se uplatňují zejména metody hromadného zpracování dat a statistické metody.

5.3.1.3. VOLBA METODY

Výběr vhodné metody rozhodování je přímo ovlivněn řadou faktorů, z nichž k těm nejdůležitějším patří:

Účel řešení rozhodovací situace, tj. zda je úkolem rozhodovatele výběr nejlepší alternativy, výběr skupiny „efektivních“ alternativ, vyloučení „neefektivních“ alternativ, či uspořádání alternativ od nejlepší po nejhorší.

Převažující typ kritérií (kvalitativní či kvantitativní)

Možnost stanovit preference mezi jednotlivými kritérii (určit pořadí důležitosti kritérií) a případně tyto preference i kvantifikovat (stanovit váhy kritérií)

Úplnost kritérií, tj. zda hodnoty kritéria jsou definovány (známé, zjistitelné) pro všechny porovnávané alternativy (některé metody neumožňují pracovat s neúplnými kritérii)

Dostupnost softwaru pro výpočet. Vzhledem ke složitosti dokonalejších metod a z toho vyplývající náročnosti na objem výpočtů je nemyslitelné jejich použití bez specializovaného softwaru.

Subjektivní postoj rozhodovatele, který do značné míry závisí na jeho vědomostech a znalostech. Pokud rozhodovateli není dostatečně známý a pochopitelný princip složitějších metod, jeví se mu tyto metody jako „černé skřínky“ do kterých na jedné straně vkládá vstupní údaje a na druhé straně obdrží výsledky. To může vést k jeho nedůvěře vůči těmto metodám a v důsledku toho dá raději přednost některé z jednoduchých, méně dokonalých ale pro něho „průhledné“ metodě.

5.3.1.4. VÝPOČET

Podle složitosti vybrané metody a počtu porovnávaných alternativ a podle počtu hodnotících kritérií je možno výpočet realizovat buď „ručně“ (většinou s použitím tabulkových editorů či matematických „solverů“) nebo s pomocí speciálního software. Pokud používáme nové či neznámé programy, doporučuje se alespoň jejich minimální prověření úlohami se známými výsledky (řešením) z dostupné literatury.

V rámci výpočtů se doporučuje provést i citlivostní analýzu výsledků na některé nejdůležitější vstupní údaje. K nim patří zejména váhy kritérií (pokud je vybraná metoda používá) a hodnoty nejdůležitějších kritérií. Za citlivostní analýzu „na změnu metody“ lze považovat i výpočet různými metodami a porovnání výsledků.

5.3.1.5. ROZHODNUTÍ

Výsledky metod vícekriteriálního hodnocení alternativ při správném a seriózním použití poskytují kvalifikované podklady pro rozhodování. Při jejich použití je třeba zhodnotit jejich přednosti i nedostatky a zejména pak uvědomit si možný způsob ovlivnění výsledků Proto se doporučuje provést v rámci výpočtů i citlivostní analýzu a umístění alternativ „citlivých“ na změnu vstupních údajů brát s určitou rezervou. Kromě toho je třeba si před vlastním rozhodnutím uvědomit možná další hlediska, které mohou ovlivnit důsledky rozhodnutí a do výpočtu nebyla zahrnuta například proto, že se jedná o hledisko, které není kvantifikovatelné.

5.3.2. METODY STANOVENÍ VAH KRITÉRIÍ

Při stanovení vah kritérií jde o kvantifikaci (číselné vyjádření) relativní důležitosti kritérií v souladu s preferencemi rozhodovatele. Většina metod vícekriteriálního rozhodování předpokládá, že váhy kritérií jsou normované, tj. že splňují podmínky:

$$\sum_{i=1}^{m} v_i = 1; \qquad v_i \geq 0$$

kde v_i je váha i-tého kritéria a m je počet kritérií.

Jelikož přímé určení normovaných vah kritérií je pro rozhodovatele poměrně náročné, lze doporučit použití některé z metod stanovení nenormovaných vah kritérií a jejich následné znormování.

5.3.2.1. BODOVACÍ METODA

Při použití bodovací metody je úkolem hodnotitele přiřadit každému kritériu určitý počet bodů z předem definované hodnotící bodové stupnice v souladu s jeho názorem na důležitost kritérií. Při vytváření hodnotící bodové stupnice se doporučuje, aby začínala od nuly, obsahovala lichý počet hodnot (obsahovala přirozený střed) a byla verbálně (slovně) popsána. Jako příklad vhodné stupnice lze uvést následující:

0 ... zcela nedůležité kritérium

1 ... málo důležité kritérium

2 ... středně důležité kritérium

3 ... hodně důležité kritérium

4 ... vysoce důležité kritérium

Pro zjemnění stupnice můžeme rozhodovateli umožnit přidělovat kritériím i neceločíselný počet bodů. Normované váhy kritérií pak získáme ze vztahu:

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{i=1}^{m} b_i}$$

kde b_j je bodové ohodnocení důležitosti j-tého kritéria (nenormovaná váha kritéria) a m je celkový počet kritérií.

5.3.2.2. METODA POŘADÍ

Metodu pořadí lze považovat za modifikaci bodovací metody pokud nenormovanou váhu j-tého kritéria interpretujeme jako hodnotu pořadové funkce. Úkolem rozhodovatele je seřadit kritéria podle důležitosti, přičemž může některá kritéria považovat za rovnocenná (stejně důležitá). Hodnotu pořadové funkce potom stanovíme tak, že nejméně důležité kritérium má hodnotu pořadové funkce rovnu 1 a nejdůležitější kritérium má hodnotu pořadové funkce rovnu počtu kritérií m . Navíc je třeba při určování hodnot pořadové funkce využívat tzv. sdruženého pořadí, tj. stejně důležitým kritériím je přiřazena hodnota pořadové funkce určená jako aritmetický průměr. Pokud se například dvě kritéria shodně umístí na 3. až 4. místě je jim oběma přiřazena hodnota pořadové funkce 3,5. Normování vah se provede podle stejného vztahu jako u bodovací metody.

5.3.2.3. METFESSELOVA ALOKACE

Taktéž metodu Metfesselovy alokace je možno považovat za jistou modifikaci bodovací metody. Při jejím použití je úkolem rozhodovatele rozdělit 100 bodů mezi všechna kritéria v souladu se svými preferencemi s tím, že důležitějšímu kritériu by měl „přidělit“ více bodů. Normování vah potom provedeme pomocí vztahu:

$$v_j = \frac{b_j}{100}$$

kde b_j je počet bodů přidělených j-tému kritériu.

5.3.2.4. METODA PÁROVÉHO SROVNÁVÁNÍ

Princip metody párového srovnávání je založen na určení preferenční relace pro všechny dvojice kritérií. Pro každou dvojici kritérií (k_i,k_j) může nastat jeden ze tří případů:

- k_i P k_j ... i-té kritérium je preferováno před j-tým kritériem

- k_j P k_i ... j-té kritérium je preferováno před i-tým kritériem
- k_i I k_j ... i-té a j-té kritérium jsou rovnocenná

kde P je relace preference (vyjadřuje vztah „je důležitější“) a *I* je relace indiference (vyjadřuje vztah „stejné důležitosti“ kritérií). Pokud po rozhodovateli požadujeme porovnání všech uspořádaných dvojic kritérií, tj. každou dvojici kritérií vyhodnocuje dvakrát - jednou v pořadí (k_i, k_j) a podruhé v pořadí (k_j, k_i) hovoříme o metodě úplného párového srovnávání. Pokud se rozhodovatel vyjadřuje ke každé dvojici kritérií pouze jednou (nezávisle na pořadí) hovoříme o metodě částečného párového srovnávání. V praxi se většinou používá metoda částečného párového srovnávání, kterou dále přiblížíme.

V praxi použití metody spočívá v tom, že rozhodovatel vyplní jednotlivá pole následující tabulky tak, že:

- pokud kritérium v řádku tabulky považuje za důležitější než kritérium ve sloupci, zapíše do příslušného pole tabulky *1* ,
- pokud kritérium v řádku tabulky považuje za méně důležité než kritérium ve sloupci, zapíše do příslušného pole tabulky *0* a konečně
- pokud kritérium v řádku tabulky považuje za stejně důležité jako kritérium ve sloupci, zapíše do příslušného pole tabulky *1/2*.

Číslo kritéria	1	2	...	m
1	x			
2	x	x		
...	x	x	x	
m	x	x	x	x

Rozhodovatel vyplňuje pouze pole „nad hlavní diagonálou“ (bez šedého podkladu). Po vyplnění tabulky rozhodovatelem doplníme pole pod hlavní diagonálou tak, aby součet prvků symetrických podle hlavní diagonály byl roven jedné. Normované váhy kritérií pak vypočteme podle vztahu:

$$v_j = \frac{2\sum_{i=1}^{m} p_{i,j}}{m(m-1)}$$

kde $p_{i,j}$ jsou prvky matice ***P*** vzniklé po doplnění tabulky (suma v čitateli udává počet preferencí *j*-tého kritéria - kolikrát je *j*-té kritérium preferováno před ostatními kritérii) a *m* je počet kritérií.

5.3.2.5. SAATYHO METODA

Saatyho metodu lze chápat jako jisté rozšíření metody párového srovnávání. Opět se zjišťují preferenční vztahy mezi dvojicemi kritérií. Na rozdíl od metody párového srovnávání však rozhodovatel navíc kvantifikuje intenzitu preference mezi kritérii - odhaduje poměry vah kritérií. Metoda je pro rozhodovatele značně náročná i v případě, že po rozhodovateli nepožadujeme vyplnění celé matice a spokojíme se s odhadem poměru vah pro všechny neuspořádané dvojice kritérií (k_i,k_j). Prvky symetrické podle hlavní diagonály „Saatyho matice“ ***S*** doplníme podle vztahu:

$$s_{i,j} = \frac{v_i}{v_j} = \frac{1}{\frac{v_j}{v_i}} = \frac{1}{s_{j,i}}$$

I tak bude většinou matice S odhadů poměrů vah obsahovat značné nekonzistentnosti. Pokud by hodnoty v matici byly plně konzistentní, muselo by pro všechny uspořádané trojice kritérií (k_i,k_j,k_l) platit:

$$s_{i,j} = \frac{v_i}{v_j} = \frac{v_i}{v_l}\frac{v_l}{v_j} = s_{i,l}s_{l,j}$$

Teoreticky by stačilo požadovat po rozhodovateli odhadnout poměry vah pro *m-1* dvojic kritérií (k_i,k_{i+1}), $i = 1, 2, \ldots, m-1$ a ostatní poměry vah dopočítat. Praxe však ukazuje, že tento přístup dává výsledky, které méně odpovídají intuitivním představám rozhodovatele o preferencích mezi kritérii a proto se nepoužívá. Ze Saatyho matice jsou potom normované váhy kritérií vypočteny následujícím iterační algoritmem:

$$h^{(0)} = (1,1, \ldots ,1)$$

$$v_j^{(k)} = \frac{h_j^{(k)}}{\sum_{i=1}^{m} h_i^{(k)}}$$

$$h^{(k+1)} = S.v^{(k)}$$

Ukazuje se, že tento iterační algoritmus velice rychle konverguje a při požadované přesnosti výpočtu vah řádově *0,0001* většinou vystačíme s *10* až *20* iteracemi.

5.3.2.6. STANOVENÍ VAH KRITÉRIÍ S POUŽITÍM STROMU KRITÉRIÍ

Máme-li k dispozici strom kritérií, lze jej s výhodou použít pro stanovení vah kritérií. Princip této metody spočívá v tom, že se samostatně určují relativní váhy pro jednotlivé větve stromu kritérií na každé úrovni tohoto stromu. Výsledná váha kritéria je potom určena jako součin relativní váhy kritéria (nejnižší úroveň stromu) a relativních vah „hierarchicky nadřazených“ uzlů stromu. Jsou-li kritéria například rozdělena do čtyř skupin:

- ekonomická kritéria,
- technologická kritéria,
- ekologická kritéria a
- sociální kritéria,

určíme pomocí některé z výše uvedených metod jednak relativní váhy pro skupiny kritérií a dále relativní váhy kritérií samostatně v každé skupině kritérií. Výslednou váhu kritéria pak vypočteme jako součin relativní váhy kritéria (uvnitř skupiny kritérií) a relativní váhy jemu příslušné skupiny kritérií.

Tento postup velice usnadňuje orientaci rozhodovatele, zejména při větším celkovém počtu kritérií. Strom kritérií pro rozhodovatele „dekomponuje“ úlohu stanovení vah všech kritérií na několik „menších úloh“. Umožní tak rozhodovateli lépe se soustředit na výroky o preferenci pro menší počet kritérií a snižuje úroveň intuitivnosti jeho výroků. V důsledku toho pak výsledky vykazují mnohem vyšší konzistentnost.

5.3.2.7. ZHODNOCENÍ METOD PRO STANOVENÍ VAH KRITÉRIÍ

Každá z metod pro stanovení vah kritérií má své přednosti a nedostatky. Saatyho metoda je náročná na množství informací požadovaných od rozhodovatele a „výpovědi“ rozhodovatele většinou vykazují značnou nekonzistenci (vzájemně si odporují). Nejinak je tomu u metody párového srovnávání, kde je navíc principem metody silně omezena „maximální dosažitelná“ hodnota váhy kritéria. Podobná vlastnost se projevuje u metody pořadí, která je na druhou stranu pro rozhodovatele nejméně náročná (vyžaduje pouze uspořádání kritérií podle důležitosti). Pro rozhodovatele jednoduchá a velmi dobré výsledky poskytující je metoda

bodovací. V případě vyššího počtu kritérií (*10 a více*) lze pro stanovení vah kritérií jednoznačně doporučit využití stromu kritérií.

Stanovení vah kritérií je činnost, které je třeba věnovat dostatečnou pozornost. Prostřednictvím vah kritérií vstupuje do rozhodovacího procesu subjektivní faktor. Pokud váhy stanovuje jeden rozhodovatel, nelze vyloučit nebezpečí, že stanoví váhy kritérií tak, aby výsledky vícekriteriálního modelu odpovídaly jeho představám o výsledcích. Pokud mají být výsledky vícekriteriálního rozhodování veřejně obhajitelné, doporučuje se zorganizovat pro stanovení vah expertní šetření. Jako výsledné váhy kritérií vstupující do vícekriteriálního rozhodovacího modelu se potom použijí váhy určené jako „skupinový názor“ vhodně vybraných expertů.

5.3.3. METODY VÍCEKRITERIÁLNÍHO POROVNÁVÁNÍ VARIANT

Řešení úlohy vícekriteriálního hodnocení alternativ (variant) je ve své podstatě specifickým rozhodovacím procesem. Rozhodovací procesy, definované jako „akt výběru jedné (optimální) alternativy z množiny disponibilních (přípustných) alternativ[12]“, lze klasifikovat podle mnoha nejrůznějších hledisek, z nichž nejdůležitější jsou:

- konečnost množiny přípustných řešení,
- počet účastníků rozhodovacího procesu,
- racionalita účastníků rozhodovacího procesu,
- počet hodnotících kritérií,
- počet etap rozhodovacího procesu.

Proto je nezbytné nejprve jednoznačně formulovat úlohu, jejímž řešením se budeme zabývat a zařadit ji podle uvedených klasifikačních hledisek.

Formulace úlohy:

V dalším předpokládáme, že budeme řešit jednoetapový rozhodovací proces s jedním racionálním účastníkem rozhodovacího procesu (rozhodovatelem), s konečnou množinou přípustných řešení (variant, alternativ[13]) a při výběru optimální alternativy je bráno v úvahu více hodnotících kritérií (charakteristik) současně.

V teorii rozhodování bylo doposud vytvořeno poměrně velké množství (řádově desítky) metod pro řešení této třídy úloh. Z nich však značná část představuje pouze možné teoretické přístupy, které se při řešení praktických úloh ve větším měřítku neuplatnily. V této kapitole uvádíme pouze metody, jejichž praktická použitelnost byla ověřena. Pracovně jsme tyto metody rozdělili do tří skupin:

- jednoduché metody
- metody založené na párovém srovnávání variant
- metody založené na vícekriteriální funkci utility (užitku).

Někteří autoři uvádějí jako samostatnou skupinu metody založené na vícerozměrné statistické analýze. Tyto metody však neslouží samotnému rozhodování, ale pouze k podrobné analýze úlohy, popřípadě k redukci počtu kritérií (např. při zjištění silné korelace mezi kritérii).

Dále se zaměříme na stručnou charakteristiku (základní princip) jednotlivých metod a hlavně na jejich kritickou analýzu. Podrobněji se v tomto materiálu nezabýváme metodami založenými na vícekriteriální funkci utility, protože pro danou oblast aplikace (hlavně

[12] Cílem rozhodovacího procesu může být i výběr efektivních alternativ, vyloučení neefektivních alternativ, popřípadě uspořádání množiny alternativ.
[13] Termíny alternativa a varianta používáme jako synonyma.

s ohledem na komplikovanost) přichází v úvahu pouze lineární funkce utility a ta je v podstatě totožná s jednoduchými metodami.

V řadě metod se vyskytují tzv. váhy dílčích kritérií, které vyjadřují jejich relativní důležitost (metodám stanovení vah kritérií je věnována samostatná kapitola této práce). O těchto váhách budeme předpokládat, že splňují podmínky:

$$\sum_{i=1}^{m} v_i = 1; \qquad v_i \geq 0$$

Bez újmy na obecnosti budeme též v dalším předpokládat, že všechna dílčí kritéria jsou maximalizační.

5.3.4. JEDNODUCHÉ METODY VÍCEKRITERIÁLNÍHO HODNOCENÍ VARIANT

Do této skupiny jsme zařadili metody, jejichž podstata je velmi jednoduchá a snadno pochopitelná, a které jsou většinou použitelné i při ručních výpočtech s kalkulačkou či s použitím tabulkového editoru (není potřebný specializovaný software).

5.3.4.1. LEXIKOGRAFICKÁ METODA

Princip lexikografické metody (označované v literatuře též jako metoda postupné diktatury) spočívá v tom, že rozhodovatel seřadí kritéria podle důležitosti od nejdůležitějšího po nejméně důležité. Optimální varianta se vybírá nejprve podle kritéria prvního v pořadí důležitosti (nejdůležitějšího). Je-li těchto variant, optimálních dle nejdůležitějšího kritéria více, vybíráme z nich dle kritéria druhého v pořadí důležitosti, atd.

Tato metoda se často modifikuje uvolněním lexikografické diktatury, které reprezentuje ochotu rozhodovatele spokojit se s nižší hodnotou určitého kritéria, bude-li mít možnost uplatnit při rozhodování kritérium následující v pořadí důležitosti. Jedná se pak o postupnou optimalizaci podle jednotlivých kritérií při omezeních reprezentovaných výběrem podle důležitějších kritérií. Dodatečná informace o velikostech měr uvolnění však již úzce souvisí s mírami substituce mezi kritérii a lze ji chápat jako kvantifikaci vztahů relativní důležitosti mezi kritérii.

Výhodou lexikografické metody je, že nepožaduje od rozhodovatele kvantifikaci vztahů důležitosti mezi jednotlivými kritérii (stanovení vah kritérií). Hlavním nedostatkem metody je, že výsledné uspořádání nevyhovuje páté Arrowově podmínce[14], tj. připouští diktátorství charakteristik. V praktických případech se ukazuje, že se i při značném uvolnění lexikografické diktatury uplatní pouze několik málo nejdůležitějších kritérií, tj. většina kritérií se vůbec neuplatní. Z tohoto poznatku vyplývá použitelnost metody pouze v případě malého počtu kritérií (maximálně 3 až 4 kritéria). V praxi se ukazuje, že princip lexikografické metody řada rozhodovatelů používá intuitivně, aniž si to uvědomují a bez znalostí teorie vícekriteriálního rozhodování.

5.3.4.2. METODA VÁŽENÉHO SOUČTU POŘADÍ

Podstata této metody je patrná již z jejího názvu. Kritérium pro výběr optimální varianty lze matematicky vyjádřit vztahem:

$$\sum_{i=1}^{m} v_i r_{i,j} \rightarrow \min$$

kde $r^{i,j}$ je hodnota pořadové funkce j-té varianty podle i-tého kritéria (pro nejlepší variantu dle i-tého kritéria je $r_{i,j} = 1$, pro nejhorší variantu dle i-tého kritéria je $r_{i,j} = n$, kde n je počet variant). Při rovnocennosti variant dle příslušného kritéria je variantám přiřazeno tzv. sdružené pořadí určené jako aritmetický průměr. Pokud se například dvě varianty shodně umístí na 3. až 4. místě je jim oběma přiřazena hodnota pořadové funkce 3,5.

[14] Blíže viz např. literatura [4].

Nevýhodou metody je ztráta informace o relativním vztahu mezi variantami u kvantitativních kritérií při převodu kvantitativního kritéria na pořadovou funkci. Z toho na druhé straně vyplývá vhodnost použití metody pro úlohy s převážně kvalitativními kritérii.

5.3.4.3. METODA BAZICKÉ VARIANTY

Tato metoda spočívá ve srovnávání hodnot všech kritérií u jednotlivých variant s hodnotami kritérií vhodně zvolené porovnávací (bazické) varianty, podle vztahu:

$$z_{i,j} = \frac{f_{i,j}}{f_{i,b}}$$

kde $f_{i,b}$ je hodnota *i*-tého kritéria pro bazickou variantu. Bezrozměrná čísla $z_{i,j}$ lze interpretovat jako stupeň plnění *i*-tého kritéria *j*-tou variantou vzhledem k bazické variantě. Optimální varianta je pak vybírána podle vztahu:

$$\sum_{i=1}^{m} v_i z_{i,j} \rightarrow \max$$

Metoda má řadu nedostatků, z nichž nejzávažnější jsou:

- všechna porovnávací kritéria musí být kvantitativní (navíc měřená v poměrové stupnici), protože jinak ztrácí poměr $f_{i,j} / f_{i,b}$ svůj původní smysl;
- výsledná charakteristika nesplňuje čtvrtou Arrowovu podmínku nezávislosti na vedlejších variantách (pro různé bazické varianty můžeme dostat různé výsledky);
- problémy s volbou a zdůvodněním bazické alternativy, které též úzce souvisí s problematikou normování kritérií.

Z výše uvedeného vyplývá vhodnost použití metody v případech, kdy je většina kritérií kvantitativních a měřených v poměrové stupnici.

5.3.4.4. METODY CÍLOVÉHO PROGRAMOVÁNÍ

Metody cílového programování jsou založeny na předpokladu existence jasné představy o cílech - jinak řečeno, že rozhodovatel je schopen určit hodnoty preferenčních funkcí pro „ideální“ - cílovou variantu. Váhy kritérií jsou pak interpretovány jako míry závažnosti odchylek hodnot preferenčních funkcí od ideálních hodnot.

Úloha pak spočívá v nalezení varianty x_j, pro kterou má bod $f_j = (f_{1,j}, f_{2,j}, \dots, f_{m,j})$ minimální vzdálenost od bodu $f_c = (f_{1,c}, f_{2,c}, \dots, f_{m,c})$ rozhodovatelem stanovených cílových hodnot kriteriálních funkcí, tj.:

$$d(f_c, f_j) \rightarrow \min$$

kde d je zvolená metrika. Nejčastěji používanými metrikami jsou metriky typu:

$$d(f_c, f_j) = \left(\sum_{i=1}^{m} v_i |f_{i,c} - f_{i,j}|^p \right)^{\frac{1}{p}}$$

popřípadě po znormování:

$$d(f_c, f_j) = \left(\sum_{i=1}^{m} v_i \left| \frac{f_{i,c} - f_{i,j}}{f_{i,c}} \right|^p \right)^{\frac{1}{p}}$$

Princip metody je podobný jako u metody bazické varianty. Výsledky metody cílového programování jsou silně ovlivněny jednak volbou cílových hodnot kritérií a jednak volbou

použité metriky, přičemž ve většině případů neexistují rozumné důvody pro použití té či oné metriky. Metoda má nedostatky podobné jako metoda bazické varianty:

- všechna porovnávací kritéria musí být kvantitativní (navíc měřená v poměrové škále), protože jinak ztrácí poměr $(f_{i,c} - f_{i,j})/ f_{i,c}$ svůj význam a pokud bychom použili pro výpočet „nenormované“ hodnoty, docházelo by ve valné většině případů ke sčítání hodnot s různým rozměrem;
- výsledná charakteristika nesplňuje čtvrtou Arrowovu podmínku nezávislosti na vedlejších variantách (pro různé „cílové varianty“ můžeme dostat různé výsledky);

Z analogie nedostatků této metody s metodou bazické varianty vyplývá stejné posouzení vhodnosti použití metody na případy, kdy většina kritérií je kvantitativních a měřených v poměrové stupnici.

5.3.4.5. METODA GLOBÁLNÍHO KRITÉRIA

Výběr optimální varianty touto metodou spočívá v maximalizaci takzvané globální kriteriální funkce, matematicky formulované jako vážený součet dílčích kritérií:

$$\sum_{i=1}^{m} v_i f_{i,j} \rightarrow \max$$

popřípadě po znormování:

$$\sum_{i=1}^{m} v_i f'_{i,j} \rightarrow \max$$

kde $f'_{i,j}$ je normovaná hodnota *i*-tého kritéria pro *j*-tou variantu. Normování je nutné z důvodu převedení hodnot kritérií na vzájemně sčitatelné veličiny. Různí autoři doporučují různé způsoby normování, např.:

$$f'_{i,j} = \frac{f_{i,j}}{\max_j f_{i,j}}$$

$$f'_{i,j} = \frac{f_{i,j}}{\max_j f_{i,j} - \min_j f_{i,j}}$$

$$f'_{i,j} = \frac{f_{i,j} - \overline{f}_i}{s_{f_i}}$$

a řadu dalších. Vhodný způsob normování musíme vybírat podle charakteru kritérií, zejména podle stupnic měření kritérií, tj. zda jsou kritéria měřena v ordinální, intervalové či poměrové stupnici. Problém normování hodnot kritérií úzce souvisí s konstrukcí dílčích funkcí utility a globální kriteriální funkce pak s vícekriteriální funkcí utility.

Metodu lze doporučit pro případy, kdy všechna kritéria jsou měřena ve stupnici stejného typu (kvalitativní, intervalové či poměrové stupnici), což je případ velice řídký. V ostatních případech je použití metody přinejmenším diskutabilní.

5.3.4.6. ZHODNOCENÍ JEDNODUCHÝCH METOD

Jejich předností je malá náročnost na objem výpočtů a snadná pochopitelnost principu. Použití těchto metod je vhodné pro získání základních představ o preferenčních vztazích mezi jednotlivými variantami, popř. skupinami variant. Z uvedených metod lze pro tyto účely doporučit buď metodu váženého součtu pořadí je-li většina kritérií kvalitativních, popř. metodu globálního kritéria s jednoduchým normováním hodnot kritérií v případě převážně kvantitativních kritérií měřených v poměrové stupnici.

5.3.5. METODY ZALOŽENÉ NA PÁROVÉM SROVNÁVÁNÍ VARIANT

Hlavní předností metod založených na párovém srovnávání variant je jejich použitelnost v případech, kdy se v úloze vyskytují nejen kvantitativní, ale i kvalitativní kritéria. Na druhé straně však u kvantitativních kritérií dochází k částečné ztrátě jejich vypovídací schopnosti. Princip metod spočívá v postupném zjišťování preferenčních vztahů mezi všemi dvojicemi variant podle jednotlivých kritérií, na jejichž základě konstruujeme výslednou preferenční relaci.

Nejjednodušší metody z této skupiny jsou analogií metod nepřímého stanovení vah kritérií rozhodování (např. metoda částečného nebo úplného párového srovnávání, Saatyho metoda apod.). Tyto metody lze beze změny použít k hodnocení variant, pokud srovnávané objekty interpretujeme jako varianty rozhodování a nikoliv jako kritéria.

Výchozí krok je společný pro všechny dále popsané metody založené na párovém srovnávání variant:

Pro každou dvojici variant (x_j, x_k) rozložíme množinu kritérií na čtyři disjunktní podmnožiny:

- kritéria preferující variantu x_j před variantou x_k
- kritéria preferující variantu x_k před variantou x_j
- kritéria, z jejichž hlediska jsou varianty x_j a x_k indiferentní (rovnocenné)
- kritéria, z jejichž hlediska jsou varianty x_j a x_k neporovnatelné

Označíme-li nyní $I = \{ 1, 2, ... , m \}$ množinu indexů všech kritérií, rozložíme ji analogicky s výše uvedeným na čtyři disjunktní podmnožiny:

$$I_{j,k} = \{ i;\ f_{i,j} - f_{i,k} > a_i \}$$

$$I_{k,j} = \{ i;\ f_{i,k} - f_{i,j} > a_i \}$$

$$I_{j=k} = \{ i;\ |f_{i,j} - f_{i,k}| \leq a_i \}$$

$$I_{j?k} = \{ i;\ f_{i,j} \text{ nebo } f_{i,k} \text{ není definováno} \}$$

kde a_i je indiferenční tolerance i-tého kritéria, která udává, o kolik se mohou nejvýše lišit hodnoty i-tého kritéria, abychom ještě varianty pokládali z hlediska tohoto kritéria za indiferentní (rovnocenné). Nyní vypočteme součty vah kritérií patřících do těchto jednotlivých podmnožin:

$$V_{j,k} = \sum_{i \in I_{j,k}} v_i$$

$$V_{k,j} = \sum_{i \in I_{k,j}} v_i$$

$$V_{j=k} = \sum_{i \in I_{j=k}} v_i$$

$$V_{j?k} = \sum_{i \in I_{j?k}} v_i$$

Jednotlivé metody se pak liší ve způsobu konstrukce výsledné preferenční relace na základě takto získaných součtů vah $V_{j,k}$, $V_{k,j}$, $V_{j=k}$ a $V_{j?k}$.

Do této skupiny patří metody:

- permutační
- AGREPREF

- metody třídy ELECTRA označované římskými číslicemi I až IV

Detailní popis těchto metod lze nalézt v dostupné literatuře a v této práci ho neuvádíme, protože se jedná o metody poměrně složité, pochopení jejich principu vyžaduje znalosti některých speciálních oblastí matematiky (např. teorie fuzzy množin) a jejich podrobný popis přesahuje rámec této práce.

6. SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ A PŘÍPADOVÁ STUDIE

6.1. PŘÍPRAVA ROZHODOVÁNÍ V OBLASTI PLÁNOVÁNÍ V ENERGETICE

V teorii rozhodovacích procesů se v zásadě používá následujícího postupu:

1. identifikace rozhodovacích problémů - stanovení základních pilířů, čili odpověď na otázku "**Kdo, kdy a kde se rozhoduje?**" => **subjekt rozhodování**, odpověď na otázku "**Co se rozhoduje?**" => **cíle rozhodování** => **varianty rozhodování** => **důsledky rozhodování** a odpověď na otázku "**Jak se rozhoduje?**" => **kritéria hodnocení**.
2. analýza a formulace rozhodovacích problémů, (**subjekt rozhodování**), (**cíle rozhodování**)
3. stanovení kritérií hodnocení variant, (**kritéria hodnocení**)
4. tvorba variant (**varianty rozhodování**)
5. stanovení důsledků variant rozhodování, (**důsledky rozhodování**)
6. hodnocení důsledků variant rozhodování a výběr optimální varianty,
7. realizace zvolené varianty řešení,
8. kontrola výsledků realizované varianty.

Základní pilíře rozhodovacího procesu tedy jsou: **Subjekt rozhodování**, **cíl rozhodování**, **kritéria hodnocení**, **varianty rozhodování**, v neposlední řadě **stavy světa**. Je důležité si uvědomit, že tyto prvky jsou mezi sebou v přímé příčinné souvislosti.

6.2. POPIS EXPERTNÍHO SYSTÉMU A PŘÍKLAD JEHO APLIKACE

Následující část formuluje hlavní kroky vytvořeného **expertního systému** a **počítačové aplikace Teses VHV EA 2003**, naprogramované v prostředí MS Excel, které vznikly na základě výše popsané podrobné diskuse problematiky a rozboru v duchu systému TESES.

1. **Vyhodnocení navržených variant** se provede běžným způsobem podle metodiky EA dané vyhláškou 213/2001 Sb. Předpokládáme tedy, že úloha předcházející řešené úloze je již provedena, a že jsou známy všechny parametry a ukazatele variant potřebné pro další postup.
2. **Definice cíle rozhodování** (identifikace rozhodovacích problémů, analýza a formulace rozhodovacích problémů): V tomto případě řešíme úlohu **Výběr optimální varianty** čili **návrh optimální varianty energeticky úsporného projektu**.

   Nejdůležitější částí rozhodovacího procesu je správná volba cílů rozhodování. Přitom je důležité mít na paměti, že u jednotlivých účastníků rozhodovacího procesu mohou být kromě zásadních "oficiálně" proklamovaných cílů i cíle tzv. "**skryté**" či "**zástupné**".

   Z tohoto důvodu je pro zpracovatele EA důležité jednak zajistit **Záměry zadavatele EA**, což je velmi důležitá a často opomíjená kapitola, a jednak se ujistit o existenci skrytých záměrů.

Jak tedy zajistit, aby skryté záměry nevedly v budoucnosti ke konfliktním situacím? Jednou z možných metod je možnost vyplnit následující tabulku:

	Ano	Ne
Je zadavatel EA ochoten převzít zodpovědnost?		
Sleduje zadavatel EA svým rozhodováním více cílů?		
Hrají v rozhodování zadavatele EA nějakou roli i skryté záměry?		
Pokud ano: Jaké?		

Tabulka 2: Metoda otázek pro zjištění skrytých cílů.

3. **Volba týmu expertů**: Tento úkol spočívá na organizaci (zpravidla firmě, která příslušný EA zpracovává), případně na vedoucím zpracovatelského týmu. Zde je potřeba čerpat informace z povinné kapitoly EA **Záměry zadavatele EA**.

4. **Stanovení kritérií hodnocení variant a vytvoření struktury hodnocení**: Hodnotitel nebo tým expertů stanoví kritéria hodnocení a strukturu hodnocení. U rozsáhlejších týmů je nutné dbát na řádnou koordinaci. V našem případě je subjektem rozhodování organizace zpracovávající EA, která v rozhodovacím procesu případně reprezentuje několik hledisek různých rozhodovatelů (zadavatele, státu, atd.). Pro zjednodušení však bylo zvoleno třídění kritérií do skupin pouze podle věcné náplně.

   Ve složitějších případech sestavuje nebo vybírá jednotlivá kritéria tým podle své odborné příslušnosti, nebo svých zájmů. Tým může být tvořen i zástupci zadavatele. V našem případě, který je i převeden do počítačové aplikace, je však výběr kritérií daný předchozím rozborem úlohy se **zřetelným akcentem na celospolečenský přínos**.

5. **Přiřazení vah jednotlivým skupinám (oblastem) a kritériím**. Váhy lze přiřadit hodnotitelem přímo v počítačové aplikaci. Řešitelský tým váhy v aplikaci **Teses VHV EA 2003** přednastavil na základě expertního šetření pomocí metod uvedených v kapitole 5.3.

   Pokud byl zvolen složitější způsob hodnocení pomocí týmu expertů, je nutné v některých případech přiřadit váhu jednotlivým expertům, tedy definovat důležitost příslušného hlasu vůči hlasům ostatních. U složitějších způsobů hodnocení může mít vliv i způsob komunikace mezi experty, zejména při velkém počtu zúčastněných osob a v případech potřeby utajení vstupů a výstupů. U řešené úlohy případu je tato záležitost irelevantní.

6. **Tvorba variant**: Jedná se o proces s vysokými nároky na tvůrčí aktivity. Toto je vlastní tvůrčí proces energetického auditora, podle stavu energetického systému a možných opatření ke snížení spotřeby energie je potřeba sestavit jednotlivé varianty rozhodování. V našem případě předpokládáme, že varianty již existují a jsou vyhodnoceny.

   Řešitelský tým doporučuje pro sestavení variant jako vylučující kritérium použít **kritérium doby splatnosti** v případě, **že jeho hodnota bude více jak 2/3 očekávané doby životnosti opatření**. Tedy využít z navržených opatření pouze ta, u kterých je **doba splatnosti nižší než 2/3 očekávané doby životnosti opatření**.

   Vylučujícími kritérii pro sestavení variant jsou kritéria vyplývající zpravidla z legislativy – jde např. o závazné **normy spotřeby** nebo **normy maximálních tepelných ztrát** apod. Nesplnění tohoto kritéria obvykle znamená vyloučení varianty z posuzování. V auditorské praxi i v počítačové aplikaci však do celkového hodnocení postupují všechny vytvořené varianty s ohledem na **§6, odst. 4 a 5 zákona 406/2002 Sb**. Tato legislativní norma umožňuje auditorovi zvolit variantu, která nevyhovuje normě, protože ostatní varianty jsou technicky či ekonomicky nevhodné s ohledem na životnost objektu. Navíc **§9 vyhlášky 213/2001 odst. (3)** umožňuje auditorovi kromě technických a ekonomických hledisek využit i dalších smluvně dohodnutých hodnotících kritérií.

   Důvodem výše uvedených legislativních předpisů je skutečnost, že v praxi existují případy projektů (např. na rekonstrukci budov), kdy splnění předepsaných norem by znamenalo získaným efektům neadekvátní vynaložené prostředky (které by šlo využít na

jiné projekty s lepším efektem – viz diskuse principu měrného efektu v kap. 5.2.3. Výhodnější je pak budovu nechat tzv**. řízeně dožít** a realizovat pouze některá z opatření. Vychází se zde z předpokladu, že i nulová varianta může být kvalitním řešením.

Další vylučující kritéria jsou definovaná místními podmínkami, zpravidla jde o omezení realizace určitých opatření či projektů v daném místě, např. budova neunese další zatížení, malou vodní elektrárnu nelze realizovat v energeticky optimální variantě v důsledku ekologických omezení apod.

7. **Stanovení důsledků variant rozhodování**: Náplní této etapy je zjištění předpokládaných dopadů jednotlivých variant rozhodování z hlediska zvoleného souboru kritérií hodnocení. Pro řešenou úlohu jsou důsledky dány realizací jednotlivých variant.

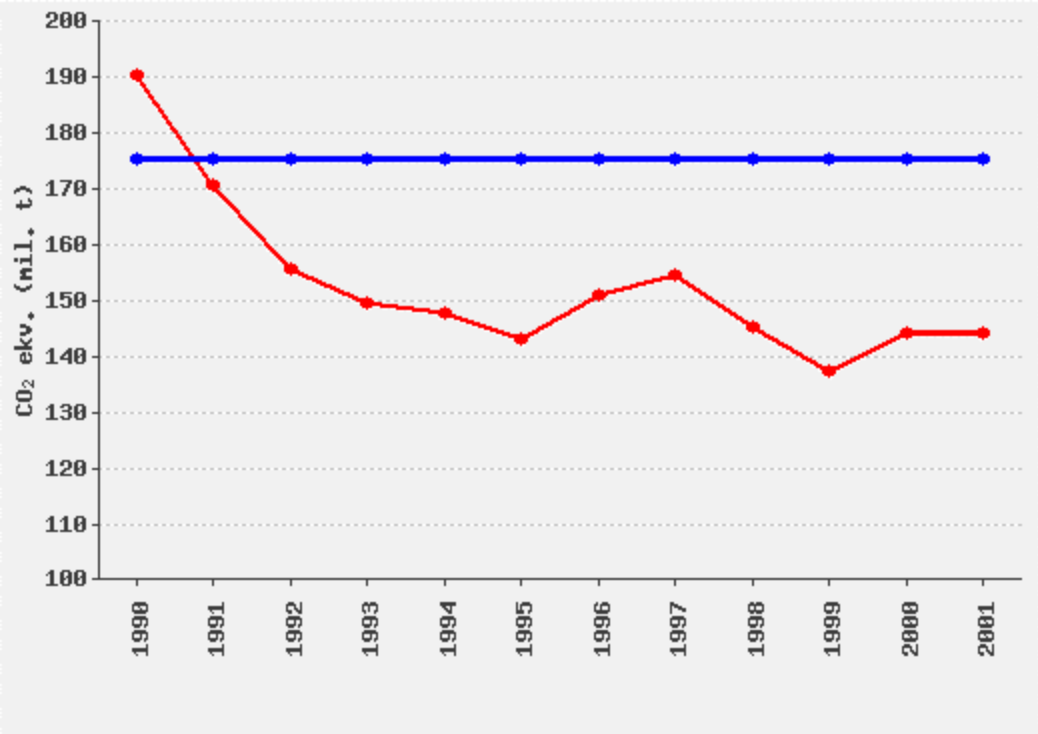
8. **Stanovení způsobu hodnocení**: Hodnotitel nebo tým expertů vybere metody multikriteriálního hodnocení vhodné pro řešení dané úlohy. V našem případě byl řešitelským týmem vybrán způsob hodnocení **metodou globální kriteriální funkce (GKFU)**, jako kontrolní způsoby hodnocení jsou propočteny metodou lineární dílčí funkce utility (LDFU), metodou bazické varianty (BV), kde referenční varianta BV = nejlepší z nejlepších a metodou váženého pořadí (VP), která však je vhodnější pro zpracování kvalitativních kritérií. Pro zpracování tohoto typu úloh je řešitelským týmem preferováno hodnocení metodami globální kriteriální funkce.

   Pro hlubší studium podobných rozhodovacích procesů lze doporučit využití metod založených na párovém srovnávání variant. Z těchto metod lze zmínit například Saatyho metodu, která je analogická Saatyho metodě stanovení vah, anebo metody založené na stanovení prahů citlivosti. Jejich nejznámějšími představiteli jsou metoda stanovení mlhavé relace - AGREPREF a modifikace metody ELECTRA I-IV. Současně nejpoužívanějšími metodami jsou potom zřejmě metody ELECTRA III a IV. Ze softwarových aplikací lze doporučit např. program MULTI používaný zejména na ČVUT FEL autora Ing. Jaroslava Knápka, CSc., který používá k hodnocení metodu ELECTRA III nebo volně šiřitelný program SANNA, který je možné stáhnout na internetových stránkách VŠE www.vse.cz.

9. **Vlastní vyhodnocení** (hodnocení důsledků variant rozhodování a výběr optimální varianty): Probíhá na základě vypočtených hodnot jednotlivých kritérií a na základě výpočtu vlastního hodnocení za pomoci příslušné metody hodnocení. Výsledkem je celkově nejvýhodnější varianta (optimální), nebo preferenční uspořádání variant.

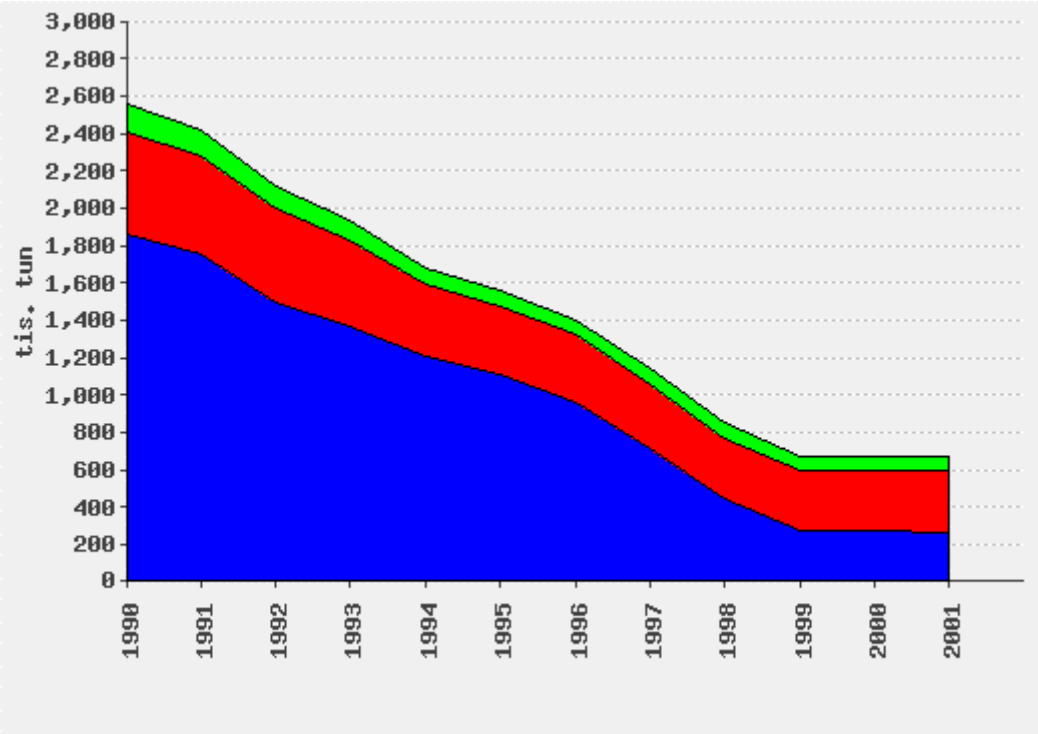
   Vzhledem k tomu, že vlastní proces vyhodnocování je poměrně složitá procedura, byl v rámci řešení úlohy sestavena počítačová aplikace pro snadné vyhodnocení **Teses VHV EA 2003**.

   Kritéria **měrné snížení emisí „klasických“ škodlivin** a **měrné snížení emisí skleníkových plynů** byla vypočtena na základě Zákona č. 212/1994 Sb., o státní správě v ochraně ovzduší a poplatcích a emise jsou přepočítány na ekvivalentní množství CO. Při výpočtu byly použity koeficienty GWP 21 pro metan a 310 pro oxid dusný. Dle jiného zdroje má CO_2 tento koeficient roven 1, CH_4 25, N_2O pak 250 (zdroj IPCC). V případě typických opatření, která jsou výstupem z energetických auditů bude zdaleka nejdůležitějším skleníkovým plynem CO_2.



Obrázek 1: Celkové emise skleníkových plynů, ČR, 1990-2001.

***Poznámka**: Inventura emisí byla provedena dle metodiky IPPC (tj. zahrnuje i propady CO_2 z lesního hospodářství). Emise jsou přepočítány na ekvivalentní množství CO_2, při výpočtu byly použity koeficienty GWP 21 pro metan a 310 pro oxid dusný.*



Obrázek 2: Emise okyselujících látek, ČR, 1990-2001.

	Emise (tis. tun)	Poplatek (tis Kč)	Ekv. emise (tis. tun)
Tuhé úlety	67	3.0	201
SO_2	269	1.0	269
NO_X	390	0.8	312
CO	686	0.6	411
VOC	265	2.0	530
CELKEM			1723

Tabulka 3: Celkem emise pro rok 1999 za všechny typy zdrojů emisí.

Pro primární zdroje (PEZ) v ČR je použitá ve výpočtech hodnota 1592 PJ z roku 1999.

Pro výdaje státního rozpočtu (SR) je ve výpočtech použitá hodnota pro celkové výdaje 736 mld. Kč (2002, tj. včetně okresů). Podíl nemandatorních výdajů, které mají vztah k provozním výdajům je velmi obtížně zjistitelný, v potřebném členění údaj není k dispozici. Odhaduje se, že mandatorní výdaje včetně výdajů na úředníky tvoří cca 80% všech výdajů, zbylých 20%, je celkem 145 mld. Kč. Investice jsou cca 50 mld. Ani zbylých 95 mld. není správné číslo, protože obsahuje výdaje, neboť obsahuje mnoho s danou problematikou nesouvisejících položek. Nicméně to představuje určitou hrubou aproximaci, alespoň pro první přiblížení.

Jednotlivé oblasti jsou zvoleny z následujících důvodů:

- Klasické škodliviny souvisí s kvalitou životního prostředí, která je bezprostředně pociťována obyvateli. Zvýšené koncentrace těchto škodlivin vedou k vyšší nemocnosti a jsou dle výzkumů jedním z důvodů neustále se zvyšujícího se počtu výskytu alergií. Proto toto hledisko lze použít jako hrubou aproximaci plnění (sociálních) zájmů obyvatelstva
- Úspora PEZ je hledisko zohledňující strategické aspekty snižování závislosti na dovozech energií a/nebo strategie, aby tuzemské zdroje vydržely co nejdéle (což opět snižuje závislost na dovozech). EU pociťuje otázku závislosti na dovozech velmi silně. Je to např. jeden z důvodů pro podpory využívání OZE – kde se toto hledisko stává minimálně stejně důležitým, jako hledisko ekologické. Tato strategie je formulovaná např. v dokumentu „Green Paper".
- Úspora skleníkových plynů – každá úspora zvyšuje manévrovací možnosti ČR – v obchodu s emisemi, resp. umožňuje jednodušeji hledat řešení ve vazbě na novou direktivu EU zavádějící emisní stropy na skleníkové plyny a obchodování s emisemi.

10. **Citlivostní analýza**: Používá se v případech, kde je potřebné ověřit stabilitu výsledku hodnocení při změnách vah a dílčích hodnocení. Počítačová aplikace nabízí ověření stability výsledku na ekonomická kritéria.
11. **Realizace zvolené varianty řešení** představuje praktickou realizaci navrženého energeticky úsporného projektu.
12. **Kontrola výsledků realizované varianty**: Jedná se o stanovení odchylek skutečně dosažených výsledků realizace vzhledem ke stanoveným cílům nebo předpokládaným výsledkům řešení. Pokud jsou odchylky významnější je možné realizovat opravná (korekční) opatření, případně pokud se cíle ukáží jako nereálné, je možné korigovat tyto.

    V ideálním případě má energetický audit charakter dlouhodobější spolupráce se zadavatelem a jeho rozsah je předmětem dalších dohod. EA je proces, na jehož úvodní analytickou a technickou část logicky navazuje kontrola dosažených výsledků vybrané realizované varianty řešení. Tímto dostává energetický audit smysl.

Výše uvedená etapa není součástí rozhodovacího procesu EA zakotveného v legislativě ČR, to má samozřejmě negativní dopad na naplňování cílů energetické politiky státu a zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií.

6.3. STRUČNÝ NÁVOD NA PRÁCI S APLIKACÍ TESES VHV EA 2003

Program sestavený v prostředí MS Excel umožňuje vícekriteriální hodnocení variant energetických auditů ve smyslu zákona 406/2000 Sb. a vyhlášky 213/2001 Sb. Matematický model vychází z rozhodovacích principů tzv. **měrného efektu** a z hodnotícího principu TESES. Vlastní vyhodnocení je provedeno metodou globální kriteriální funkce, které je řešitelským týmem preferováno. Pro kontrolu je provedeno vyhodnocení i metodou lineární kriteriální funkce, metodou bazické varianty a metodou váženého pořadí.

Doporučené váhy byly stanoveny na základě systémového rozboru úlohy metodou expertního šetření v řešitelském týmu (v programu viz 18%, 46%, 18%, 18%) . Na základě ekonomického kritéria "měrný ekonomický efekt" se ostatní váhy dopočítají, kritérium "měrný ekonomický efekt" lze přitom měnit v rozsahu 0-100%.

Aplikace umožňuje najednou vyhodnocovat až 7 různých variant. Veškeré výpočty se provádějí na listě "Vstupní a výsledkový formulář". Ostatní listy "Výpočet hodnot kritérií" a "Výpočet VHV" obsahují vzorce a uzamčeny pro úpravy uživatelem programu.

6.3.1. POSTUP PRÁCE

1. Zadání vstupních údajů: Na listě "Vstupní a výsledkový formulář" zadejte do žlutě vybarvených buněk výsledky předchozího hodnocení jednotlivých variant. Jedná se o následující tabulky:
   a) Energetická bilance podle požadavků vyhlášky 213/2001 Sb.
   b) Výsledky výpočtu kritérií ekonomického hodnocení všech variant, zejména kritérium NPV.
   c) Vyhodnocení z hlediska ochrany životního prostředí.
   d) Celkové investiční náklady.
   e) Míra splnění zákonných norem. Toto kritérium je pouze informativní a do vlastního hodnocení nevstupuje. Slouží pro konečné doporučení výsledné varianty s ohledem na **§6, odst. 4 a 5 zákona 406/2002 Sb.** a na **§9 vyhlášky 213/2001 odst. (3)**.
2. Provedení výpočtů: Po zadání hodnot do jednotlivých tabulek se automaticky provádí výpočet, aktivace propojení všech vstupních hodnot s výpočetním programem a je provedeno celkové zhodnocení všech variant.
3. Výstup výsledků: Po provedení výpočtů se výsledek objeví ve spodní části listu "Vstupní a výsledkový formulář" včetně citlivosti na ekonomická kritéria a váženého a neváženého pořadí variant. Hodnoty se okamžitě přenášejí do grafů pod tabulkami. Grafy lze snadno přenést do textového dokumentu. Pro přenesení grafu lze doporučit postup volbou "Úpravy" "Kopírovat" a po přepnutí do MS Wordu volbou "Úpravy" "Vložit jinak" "Obrázek (rozšířený metasoubor)", nebo je dále upravovat (jsou odemčené pro úpravy).

6.4. PŘÍPADOVÁ STUDIE

V případové studii byl zvolen EA rozsáhlého objektu, komplexu propojených budov.

6.4.1. NÁVRH OPATŘENÍ A APLIKACE VYLUČOVACÍCH KRITÉRIÍ

Pro zlepšení celkového stavu budovy byla navržena tato možná stavební opatření:

A. Zlepšení vlastností boletických panelů na normou požadovanou hodnotu (bez výměny oken).

A+. Zlepšení vlastností všech neprůsvitných svislých konstrukcí na normou požadovanou hodnotu (bez výměny oken).

B. Zlepšení vlastností boletických panelů a střechy na normou požadovanou hodnotu (bez výměny oken).
B+. Zlepšení vlastností neprůsvitných svislých konstrukcí a střechy na normou požadovanou hodnotu (bez výměny oken).

C. Zlepšení vlastností neprůsvitných svislých konstrukcí, oken a střechy na normou požadovanou hodnotu. Uvažuje se s výměnou oken.

D. Repase oken a ponechání ostatních konstrukcí v původním stavu.

Opatření	celkové náklady [Kč]	úspora [GJ/rok]	úspora [Kč/rok]	prostá návratnost [roky]
A	8 713 812	219	51 080	171
A+	10 075 968	827	192 984	52
B	34 908 452	534	124 648	280
B+	36 270 608	1 142	266 551	136
C	46 173 872	2 409	562 380	82
D	4 584 062	561	130 855	35

Tabulka 4: Náklady a změna potřeby tepla při započtení všech nákladů.

Tyto náklady jsou použity dále při sestavování ekonomického hodnocení.

Pokud by byly zahrnuty všechny vznikající náklady a bylo by přikročeno k výměně pláště budovy a oken, byly by celkové výdaje velmi vysoké.

Opatření	celkové náklady [Kč]	úspora [GJ/rok]	úspora [Kč/rok]	prostá návratnost [roky]
A	108 922 650	219	51 080	2 132
A+	125 949 600	827	192 984	653
B	119 400 506	534	124 648	958
B+	136 427 456	1 142	266 551	512
C	146 330 720	2 409	562 380	260
D	4 911 495	561	130 855	38

Tabulka 5: Náklady a změna potřeby tepla při započtení nákladů včetně odstranění důsledků zanedbané údržby a výměny obvodového pláště.

Důsledky opatření v oblasti stavebních konstrukcí odpovídají významu stavebních dílů v celkové tepelné ztrátě budovy.

Z protokolu o výpočtu potřeby tepla na vytápění, který je uveden v příloze, vyplývá, že asi 43% tepla uniká v souvislosti s výměnou vzduchu. Další část tepla uniká do země a střechami. V průčelích je poměr oken a neprůsvitných konstrukcí asi 1:2.

Z toho vyplývá, že změna vlastností neprůsvitných částí pláště budovy nemůže potřebu tepla na vytápění budovy snížit o desítky procent, jak je obvyklé např. u obytných budov s velkým podílem neprůsvitných konstrukcí, ale spíše o procenta.

6.4.2. NÁVRH VARIANT

Vzhledem k tomu, že jednotlivá opatření se vzájemně ovlivňují, je nutno je hodnotit ve vzájemné kombinaci. Celkově bylo navrženo 7 variant.

Varianta 1 kromě návrhu utěsnění oken neřeší stav konstrukcí budovy a zaměřuje se na technická zařízení. Navrhuje zlepšení regulace vzduchotechniky, které umožní snížení infiltrace na nezbytně potřebnou míru, dále zlepšení regulace kotelny a otopné soustavy včetně výměny TRV, které umožní využití tepelných zisků a omezí ztráty vznikající ručními zásahy. V oblasti výroby tepla je navrženo odstavení parních kotlů a nahrazení výroby tepla

pro kuchyni elektřinou. Důvodem je snížení nároků na údržbu a obsluhu parních kotlů. Dalšími opatřeními pro tuto variantu jsou izolace armatur a přírub v kotelně a na hlavních rozvodech tepla a úsporná opatření v oblasti spotřeby elektrické energie.

Varianta 2 vychází z varianty 1, navíc zahrnuje repasi oken, která je při zběžném pohledu nejefektivnějším opatřením a současně je potřebná pro odstranění zanedbané údržby.

Varianta 3 je totožná s variantou 1, navíc uvažuje zrušení kotelny a napojení objektu na CZT. Při tomto opatření by bylo nutno vybudovat výměníkovou stanici, na druhé straně by byly ušetřeny značné peníze na mzdách obsluhy kotelny.

Varianta 4 vychází z varianty 1 a dále navrhuje zateplení pláště budovy v rozsahu A+, který je relativně levný a vykazuje značnou úsporu energie.

Varianta 5 přidává k variantě 4 navíc repasi oken.

Varianta 6 vychází z varianty 5 a dále počítá s přepojením na CZT.

Varianta 7 je maximální kombinací opatření, která komplexně propojuje úsporná opatření se sanací budovy. Zahrnuje stavební opatření v rozsahu C (výměna oken, zateplení svislých konstrukcí, rekonstrukce střech) s opatřeními v oblasti TZB popsanými ve variantě 1 a s přepojením objektu na CZT.

V tabulce jsou shrnuta opatření tvořící jednotlivé varianty včetně ocenění investičních nákladů.

Varianta	1	2	3	4	5	6	7
utěsnění oken	213 000	213 000	213 000	213 000	213 000	213 000	
regulace VZT	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000
regulace v kotelně	350 000	350 000		350 000	350 000		
výměna TRV	942 500	942 500	942 500	942 500	942 500	942 500	942 500
DTI rozvodů	15 300	15 300	15 300	15 300	15 300	15 300	15 300
výměna pultů v kuchyni	690 000	690 000	690 000	690 000	690 000	690 000	690 000
osvětlení chodeb	167 600	167 600	167 600	167 600	167 600	167 600	167 600
osvětlení tělocvičny	131 500	131 500	131 500	131 500	131 500	131 500	131 500
instalace úsporných zdrojů	41 000	41 000	41 000	41 000	41 000	41 000	41 000
úpravy stavebních konstrukcí		4 584 062		10 075 968	14 660 030	14 660 030	46 173 872
přechod na CZT			4 000 000			4 000 000	4 000 000
celkem	4 550 900	9 134 962	8 200 900	14 626 868	19 210 930	22 860 930	54 161 772

Tabulka 6: Náklady na realizaci jednotlivých variant v Kč.

6.4.3. UPRAVENÉ ENERGETICKÉ BILANCE

	Energetická bilance podle požadavků vyhlášky 213/2001 Sb.	Stávající stav	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
ř.	Ukazatel	GJ	GJ	GJ	GJ	GJ	GJ	GJ	GJ
1	Vstupy paliv a energie	30946	23611	23007	23611	22720	22115	22115	21014
2	Změna zásob paliv								
3	Spotřeba paliv a energie	30946	23611	23007	23611	22720	22115	22115	21014
4	Prodej energie cizím								
5	Konečná spotřeba paliv a energie v objektu	30946	23611	23007	23611	22720	22115	22115	21014
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech (z ř.5)	6011	4056	3957	4056	3909	3809	3809	3628
7	Spotřeba energie na vytápění a TUV (z ř.5)	13466	9039	8534	9039	8295	7790	7790	6871
8	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy (z ř.5)	11469	10516	10516	10516	10516	10516	10516	10516

Tabulka 7: Energetická bilance podle požadavků vyhlášky 213/2001 Sb.

6.4.4. EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

Ekonomické vyhodnocení bylo provedeno pomocí software Efekt, viz [26], pro období 30 let (uvažovaná životnost nejtrvanlivějšího opatření), diskont 5% (jedná se o státní instituci), bez uvažování daně z příjmu a se započtením reinvestic po fyzické amortizaci opatření. Jako výnos je uvažována vypočítaná úspora provozních nákladů spojená s provozem energetického hospodářství.

Hodnotící kritéria	varianta 1	varianta 2	varianta 3	varianta 4	varianta 5	varianta 6	varianta 7	Jednotky	
Čistá současná hodnota	18 163	13 687	30 514	11 101	6 798	19 405	-16 381	tis. Kč	NPV
Vnitřní výnosové procento	52,97%	21,36%	45,31%	12,22%	8,64%	13,20%	1,16%		IRR
Doba splacení (prostá)	2	5	3	8	10	7	25	let	Ts
Doba splacení (diskontovaná)	3	6	3	10	15	9	> Tž	let	Tsd
Rok hodnocení	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003		

Tabulka 8: Výsledky výpočtu kritérií ekonomického hodnocení všech variant.

Při preferenci kritéria NPV je nejvýhodnější varianta 3.

6.4.5. VYHODNOCENÍ Z HLEDISKA OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Vyhodnocení variant z hlediska ochrany ŽP bylo provedeno na základě emisních faktorů pomocí software EkoWATT - Emise 2002 sestaveného v prostředí MS Excel. Výpočet předpokládá výrobu elektřiny zejména v elektrárnách na hnědé uhlí, které v případě vytěsnění spotřeby elektřiny budou pravděpodobně utlumovány jako jedny z prvních.

V případě emisí z CZT výpočet předpokládá výrobu tepla ze ZP, za předpokladu účinnosti výroby 0,88 a účinnosti přenosu 0,95, proto tyto varianty vycházejí emisně hůře v porovnání s vlastní plynovou kotelnou.

Znečišťující látka/var	Stávající stav	varianta 1	varianta 2	varianta 3	varianta 4	varianta 5	varianta 6	varianta 7
	(kg/rok)	(kg/rok)	(kg/rok)	(kg/rok)	(kg/rok)	(kg/rok)	(kg/rok)	(kg/rok)
Tuhé látky	1 146	1 103	1 103	1 103	1 103	1 102	1 102	1 102
SO_2	5 667	5 471	5 471	5 471	5 471	5 471	5 471	5 471
NO_x	5 936	5 377	5 343	5 398	5 327	5 293	5 311	5 248
CO	1 399	1 292	1 286	1 295	1 283	1 277	1 281	1 270
C_xH_y	38	25	23	25	23	22	22	20
CO_2	3 885 023	3 386 055	3 350 892	3 407 932	3 334 179	3 298 989	3 318 367	3 252 474

Tabulka 9: Vyhodnocení z hlediska ochrany životního prostředí.

V porovnání se stávajícím stavem vycházejí v důsledku aplikace energetických úspor všechny emise výrazně nižší, než je stávající stav. Z porovnání vyplývá, že varianta 7 má v celkovém hodnocení nejnižší emise ve všech parametrech.

6.4.6. VÍCEKRITERIÁLNÍ VYHODNOCENÍ VARIANT

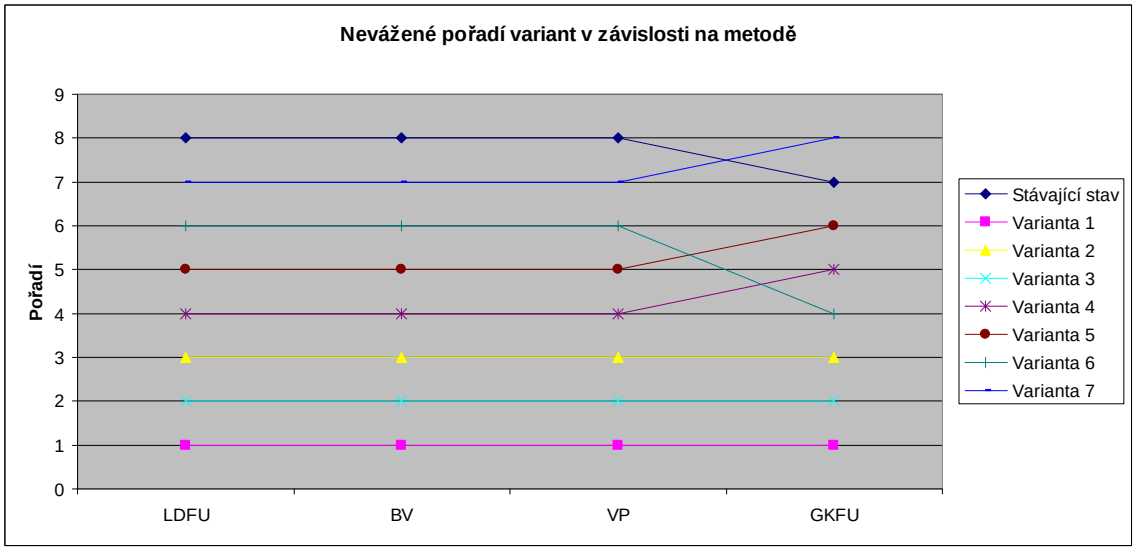
V případové studii byly zvoleny celkem tři metody hodnocení, přičemž je preferována metoda **globální kriteriální funkce**. Na základě výsledků jednotlivých metod bylo stanoveno i průměrné vážené pořadí variant.

Nevážené výsledky pořadí variant	Stávající stav	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
LDFU	8	1	3	2	4	5	6	7
BV	8	1	3	2	4	5	6	7
VP	8	1	3	2	4	5	6	7
GKFU	7	1	3	2	5	6	4	8
Celkové hodnocení	-15,00	6,00	0,00	3,00	-3,00	-6,00	-9,00	-12,00
Pořadí nevážené	8	1	3	2	4	5	6	7

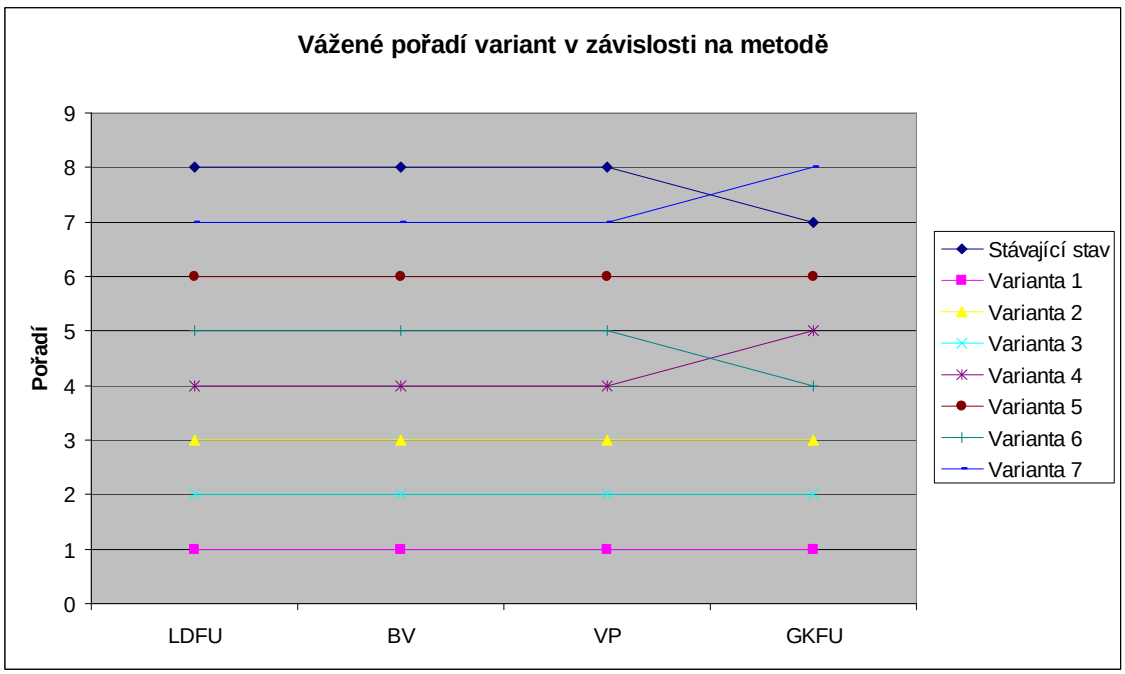
Tabulka 10: Porovnání neváženého pořadí variant při výpočtu různými metodami.

Vážené výsledky pořadí variant	Stávající stav	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
LDFU	8	1	3	2	4	6	5	7
BV	8	1	3	2	4	6	5	7
VP	8	1	3	2	4	6	5	7
GKFU	7	1	3	2	5	6	4	8
Celkové hodnocení	-15,00	6,00	0,00	3,00	-3,00	-9,00	-6,00	-12,00
Pořadí vážené	8	1	3	2	4	6	5	7

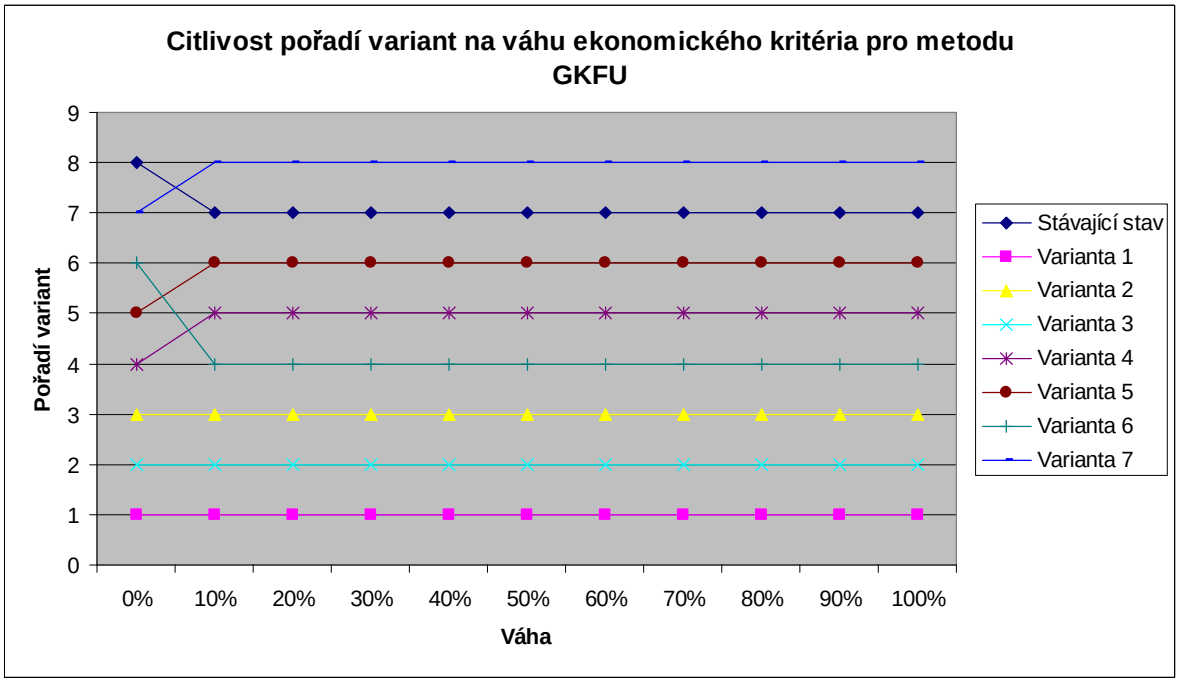
Tabulka 11: Porovnání váženého pořadí variant při výpočtu různými metodami.



Obrázek 3: Porovnání neváženého pořadí variant při výpočtu různými metodami.



Obrázek 4: Porovnání váženého pořadí variant při výpočtu různými metodami.



Obrázek 5: Citlivostní analýza metody GKFU na ekonomické kritérium.

7. ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ A ZÁVĚRY PRO PRAXI

7.1. ZÁVĚRY PRÁCE

Základní zákonná hierarchie plánování v energetice v ČR je zatím dána následující posloupností: **státní energetická politika, státní politika ŽP, územní plán, územní energetická koncepce, energetický audit**.

Aby měla smysl a mohla splnit svůj účel je zapotřebí zavedení "zpětné vazby", tedy zavedení kontroly **stanovených cílů**. Přeloženo do zde úředního jazyka jakýsi **jednotný systém posuzování pro kontrolu naplnění stanovených cílů** (např. Státní energetické politiky nebo energetických auditů).

Logika tohoto řešení vyplývá mj. z **teorie rozhodovacích procesů**. V budoucnosti může napomoci zavedení systémových a koncepčních opatření, mezi která patří např. **ekologické daně v rámci celkové daňové reformy**. Je zapotřebí respektovat fakt neustále se zvyšující globalizace trhů a to, že národní ekonomika musí zůstat konkurenceschopná jako celek. Ekologické daně není tedy možné zavést bez snížení daňového zatížení v jiných oblastech a bez harmonizace s ostatními vyspělými státy.

Plánování investic v energetice je možné diskutovat z pohledu různých cílů (jiný cíl má energetická politika státu a jiný cíl mají občané - lidé). Ze hlediska systému (např. státu) lze například za hlavní cíl považovat zvyšování konkurenceschopnosti v ekonomice. Oproti tomu je např. vytváření nových pracovních příležitostí v energetice kontraproduktivní, neboť vede k poklesu produktivity práce v ekonomice jako celku, a tím brzdí konkurenceschopnost v ekonomice.

Pro rozhodovatele typu stát je tedy velmi užitečné si dobře rozmyslet především **cíle svého rozhodování** a uvědomit si skutečnost, že je nutné nastavit **systémové nástroje** (zákony, daně, ...) tak, aby **stavy světa** (emise skleníkových plynů, podíl OZE na PEZ,...) mohly tyto **stanovené cíle** naplnit.

7.2. SHRNUTÍ, PŘÍNOSY A PRAKTICKÉ VYUŽITÍ

- Výše odvozená metodika - expertní systém a počítačová aplikace **Teses VHV EA 2003** jsou použitelné pro řešení závěrečné úlohy EA, tedy **výběr optimální varianty** čili **návrh optimální varianty energeticky úsporného projektu**.
- Jako vodítko pro sestavení stromu kritérií byly v práci použity zákonné normy, zejména vyhláška č. 213/2001 Sb. a zákon 406/2000 Sb., což jsou zatím nejkonkrétnější dostupné dokumenty.
- S ohledem na maximální jednoduchost a praktické využití energetickými auditory byla pro vícekriteriální hodnocení variant EA vybrána **metoda globální kriteriální funkce** s aplikací **principu měrného efektu**.
- Byly položeny základy pro expertní rozhodovací systém pro strategické plánování investic v energetice - TESES.

Rozbor ukázal určitou možnost konfliktu při hodnocení z různých hledisek rozhodovatelů, kdy při řešení úlohy za normálních okolností může dojít k situaci, že hlediska některých skupin rozhodovatelů jsou natolik rozdílná, že průnikem se stane nakonec prázdná množina.

Jako příklad byla uvedena demotivující situace, kdy státní instituce sice dostane přidělené prostředky k realizaci, ušetřené prostředky však nemůže použít k jiným účelům. Do rozhodování se však obtížně zavádějí strategická hlediska investorů, která nelze v rozhodování zohlednit. Například instituce se může stěhovat nebo se uvažuje o prodeji objektu. U státních institucí jsou překážkami i obtížné byrokratické a organizační postupy, firemní investoři mohou mít podnikatelské záměry odlišné od uvažovaných hodnotících kritérií.

7.3. DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ VÝZKUM A ROZVOJ DISCIPLÍNY

Ze systémového hlediska lze diskutovat přístup k řešení problému z pohledu různých cílů, cíle energetické politiky státu a občanů jsou rozdílné. Pro další výzkum lze doporučit vytvoření rozhodovacího systému vytvořeného na základě stromu kritérií založeného **podle typů rozhodovatelů**.

V současné legislativě lze doporučit sjednocení jednoznačně definovaných globálních cílů státu, v souladu s připravovaným vstupem do EU, včetně vazby na konkrétní souvislosti trhů s jednotlivými formami energie, tedy SEK, atd. Ve státní energetické politice stále chybí jednoznačně definované **globální cíle**, např. **míra energetické soběstačnosti regionů** nebo **míra snížení emisí skleníkových plynů**, apod. a zpětná vazba kontroly jejich naplnění.

Jako téma pro další výzkum lze doporučit i průběžné shromažďování výsledků zpracovaných EA a vypracování **systémové metodiky rozdělování státních finančních prostředků (ISPROFIN)**, která zabezpečí i **realizaci** a **kontrolu výsledků realizace stanovených cílů energetické politiky**.

Další možností je vytvoření katalogu kritérií a **podrobné metodiky komplexního hodnocení studií proveditelnosti**. Kvalitní metodika zpracování studií proveditelnosti s kvalitním systémem hodnocení variant se v budoucnosti ukazuje jako nezbytná například pro hodnocení projektů z oblasti JI, pro hodnocení projektů podporovaných státem (SFŽP, ČEA, ISPROFIN), ale i pro kvalitní hodnocení projektů připravených pro strukturální fondy EU.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] Beneš, I.: Metodika zpracování územní energetické koncepce. In: Obnovitelné zdroje energie. Hradec Králové, MŽP ČR, 2002.

[2] Beranovský, J.: Kritéria pro systémové plánování obnovitelných energetických zdrojů. Zpracováno jako produkt zpracovaný v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2001 – část A České energetické agentury. EkoWATT, Praha, 2001.

[3] Beranovský, J.: Využití metod vícekriteriálního rozhodování pro systémové plánování obnovitelných energetických zdrojů. Disertační práce. ZČU, Plzeň, 2002.

[4] BERKA K.: Měření - pojmy, teorie, problémy. 1. vydání, Praha, Academia 1977. 268 stran

[5] Bursík, M.: Česká republika a obnovitelné zdroje energie. Článek. Parlamentní zpravodaj, Praha, 2003.

[6] ČERNÝ M., GLÜCKAUFOVÁ D., TOMS M.: Metody komplexního vyhodnocování variant. 1. vydání, Praha, Academia 1980. 228 stran

[7] Directive 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market.

[8] Dudorkin, J., Kašová, V., Knápek, J., Šafránek J., Vávrová V.: Multikriteriální hodnocení vybraných typů skladů vyhořelého jaderného paliva. [Výzkumná zpráva]. Praha : ČVUT FEL, Elektra, 1993, 124 s.

[9] Dudorkin, J.: Systémové inženýrství a rozhodování. Skripta ČVUT, Praha, 1999.

[10] Energetická politika ČR, Praha, 2000.

[11] Fotr, J., Dědina, J., Hrůzová, H.: Manažerské rozhodování. EkoPRESS, Praha, 2000.

[12] FOTR J., PÍŠEK M.: Exaktní metody ekonomického rozhodování. 1. vydání, Praha, Academia 1986, 168 stran

[13] GLÜCKAUFOVÁ D.: Nový směr rozvoje jedné třídy metod vyhodnocování variant (ELECTRA III). Ekonomicko-matematický obzor, 18, 1982, č. 1, strana 15 - 24

[14] GLÜCKAUFOVÁ D.: Metoda ELECTRA IV. In.: Aplikační aspekty vícekriteriální optimalizace. Sborník. Praha, Dům techniky ČSTVS 1987, strana 83 - 103

[15] GLÜCKAUFOVÁ D.: Vícekriteriální rozhodování v podmínkách neurčitosti. Ekonomicko matematický obzor, 20, 1984, č. 2, s. 121 - 134.

[16] KEENEY R. L., RAIFFA H.: Prinjátie rešénij pri mnogich kriteriach (prepočténia i zameščénia) /překlad originálu: Decision with Multiple Objectives (Preferences and Value Tradeofs)/. Moskva, Radio i svjaz 1981. 559 stran

[17] Knápek, J., Vašíček, J., Starý, O., Branžovský, A.: Stanovení limitních nákladů na jednotkový efekt pro hodnocení projektů žádajících o podporu Státní fond životního prostředí v oblasti ochrany ovzduší a vod. [Výzkumná zpráva]. Praha, MŽP ČR, 2000.

[18] Knápek, J., Vašíček, J.: Ekonomické hodnocení projektů využívajících obnovitelné zdroje energie. In: Obnovitelné zdroje energie. Hradec Králové, MŽP ČR, 2002, s. 1-7.

[19] Knápek, J., Vašíček, J.: Metodika ekonomického vyhodnocení energetických auditů, pro potřeby Státní energetické inspekce ČR. Zpracováno pro SEI, Praha, prosinec 2002.

[20] Knápek, J.: Internalizace externalit v energetice - výsledky evropského projektu ExternE. In: Energetika. 2001, roč. 51, č. 3, s. 86-88. ISSN 0375-8842.

[21] Knápek, J.: Program MULTI, hodnocení metodou ELECTRA III. ČVUT FEL, Praha.

[22] Macholda, F., Beranovský, J., Truxa, J.: Návrhy k novelizaci vyhlášky 213/2001 Sb. EkoWATT, Praha, 2003.

[23] Macholda, F., Beranovský, J., Florian, M., Srdečný, K., Zeman, J.: Energetický audit a řízení obce. Studie a publikace pro ČEA. EkoWATT, Praha, 2001.

[24] Nařízení vlády 195/2001 Sb.

[25] NOVÁK V.: Fuzzy množiny a jejich aplikace. 1. vydání, Praha, SNTL 1986, 280 stran

[26] Pop, V., Starý, O., Vašíček, J.: Ekonomické hodnocení energetických investic v procesu energetického auditu - software EFEKT, Zpravodaj Asociace energetických auditorů č.2/2001.

[27] Říha, J.: Hodnocení vlivu investic na životní prostředí, vícekriteriální analýza a EIA. Academia, Praha, 1995.

[28] Starý, O.: Reálné opce. 1. vydání. Praha : A plus, 2003.

[29] Státní politika životního prostředí, MŽP ČR, Praha, 2001.

[30] Vítek, M.: Marginální náklady na elektřinu (kandidátská disertační práce), FEL ČVUT, Praha, 1993.

[31] Zákon 406/2000 Sb.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Možné rozdíly mezi studií proveditelnosti a energetickým auditem. 15
Tabulka 2: Metoda otázek pro zjištění skrytých cílů. 43
Tabulka 3: Celkem emise pro rok 1999 za všechny typy zdrojů emisí. 46
Tabulka 4: Náklady a změna potřeby tepla při započtení všech nákladů. 48
Tabulka 5: Náklady a změna potřeby tepla při započtení nákladů včetně odstranění důsledků zanedbané údržby a výměny obvodového pláště. 48
Tabulka 6: Náklady na realizaci jednotlivých variant v Kč. 49
Tabulka 7: Energetická bilance podle požadavků vyhlášky 213/2001 Sb. 50
Tabulka 8: Výsledky výpočtu kritérií ekonomického hodnocení všech variant. 50
Tabulka 9: Vyhodnocení z hlediska ochrany životního prostředí. 51
Tabulka 10: Porovnání neváženého pořadí variant při výpočtu různými metodami. 51
Tabulka 11: Porovnání váženého pořadí variant při výpočtu různými metodami. 51

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Celkové emise skleníkových plynů, ČR, 1990-2001. 45
Obrázek 2: Emise okyselujících látek, ČR, 1990-2001. 45
Obrázek 3: Porovnání neváženého pořadí variant při výpočtu různými metodami. 52
Obrázek 4: Porovnání váženého pořadí variant při výpočtu různými metodami. 52
Obrázek 5: Citlivostní analýza metody GKFU na ekonomické kritérium. 53

PŘÍLOHA 1
ODVOZENÍ PRINCIPU MĚRNÉHO EFEKTU

ODVOZENÍ PRINCIPU MĚRNÉHO EFEKTU

Každý podnikatelský subjekt opakovaně řeší úlohu, které projekty má či nemá v daném období (roce) realizovat (zařadit do plánu investic).

Pro postup rozhodování investora v této úloze lze definovat následující pravidla vycházející z předpokladu existence omezení finančních prostředků pro investování. V prvním kroku se od celkového ročního limitu investičního kapitálu odečtou souhrnné nároky vynucených investic (včetně vynucených pokračujících investic započatých v předchozím období). Zbylá část prostředků je omezujícím limitem pro volné podnikatelské investice. I když obecně má investor (rozhodovatel) realizovat všechny investice, které mají kladnou čistou současnou hodnotu, v praxi toto doporučení naráží na nejrůznější omezení. Pokud firma nemá dostatek kapitálu na všechny projekty s kladnou NPV, má si podle teorie vypůjčit potřebný kapitál. Tím ale může firma přesáhnout mnohdy limitující poměr mezi cizím a vlastním kapitálem (dojde k předlužení), kdy by původní věřitelé mohli požadovat předčasnou výplatu svých pohledávek (kupříkladu při emisi obligací ap.) a firma by se dostala do zásadních potíží s likviditou, což by mohlo vést v nejhorším případě až k vyhlášení konkursu.

Ekonomicky vzájemně závislé investice je nutné považovat za investici jedinou, složenou z více prvků. Nedává smysl například výstavba vedení bez možnosti zaústění k odběrateli, stejně jako výstavba nového transformátoru bez napájecího vedení.

Omezení kapitálu představuje reálný limit investičních prostředků pro firmu. Velikost limitu může být dána jak vlastníky, kdy akcionáři si nepřejí zvyšovat zadluženost, tak i trhem. Příkladem může být emise obligací s podmínkou dodržení určité míry zadluženosti pod sankcí předčasné opce splacení obligací.

Pro rozhodování, jaké investice při daném omezení investičních prostředků realizovat, jsou obecně možné dva přístupy:

- využití modelů bivalentního programování jako speciální úlohy celočíselného lineárního programování,
- výběr na základě indexu ziskovosti.

Rozhodovacích kritériem je vždy maximalizace součtové hodnoty diskontovaného toku hotovosti - cash flow (DCF) za všechny doporučené projekty. Kladná hodnota DCF je totiž měřítkem příspěvku projektu k hodnotě firmy.

Problém lze formulovat jako úlohu bivalentního programování následovně:

$$\max \quad \left(\sum_{j=1}^{n} DCF_j \cdot x_j\right)$$
$$x \in \{0;1\}$$

za dodržení podmínky:

$$\sum_{j=1}^{n} N_{ij} \cdot x_j \le N_{ic}$$

kde

DCF_j diskontovaný hotovostní tok j-té investice [Kč]

x_j proměnná nabývající hodnoty nula nebo jedna, která ukazuje, zda je j-tá investice vybrána k realizaci či ne

n celkový počet investic [-]

N_{ij} investiční výdaje j-té investice [Kč]

N_{ic} celkový investiční limit [Kč]

Výše uvedený model lze řešit standardními postupy celočíselného lineárního programování CLP (např. metodou větvení a mezí). Model lze rozšířit o další omezení a lze přejít z limitu investic pro jeden rok na sérii limitů pro určité období. Úloha se tak stane dynamickou, ale v zásadě ji lze stále řešit pomocí CLP. Pokud umožníme nevyčerpat limit investic v jednom roce a převést ho do následujícího roku s očekávaným výnosem ve výši r, pak lze omezení na investiční výdaje v prvním až předposledním roku zapsat jako:

$$\sum_{j=1}^{n} N_{ijt} \cdot x_j + N_{it} = N_{ict} + N_{it-1} \cdot (1+r)$$

kde

N_{ijt} investiční výdaje j-té investice v t-tém roce [Kč]

N_{it} nevyčerpaný limit investic v t-tém roce [Kč]

N_{ict} celkový investiční limit v t-tém roce [Kč]

r diskont

a pro poslední T-tý rok:

$$\sum_{j=1}^{n} N_{ijT} \cdot x_j + N_{iT} = N_{icT} + N_{iT-1}$$

s podmínkou nezápornosti nevyčerpaného limitu:

$$N_{it} \geq 0$$

Zahrnutí vzájemně se vylučujících projektů se respektuje vztahem:

$$\sum_{i \in [A]} x_i \leq 1$$

kde

[A] je množina vzájemně se vylučujících projektů

Nevýhodou tohoto přístupu k řešení je poměrně pracný způsob výpočtu a výběr projektů musí provést centrálně jeden rozhodovatel.

Druhý možný přístup k řešení této úlohy také vychází z maximalizace součtu DCF při využití penalizačních funkcí pro řešení extremálních úloh s omezením. Mezi nejznámější patří metoda Lagrangeových multiplikátorů.

Lagrangeovu funkci sestrojíme z kriteriální funkce zahrnutím anulované omezující podmínky:

$$\max \left[f(x) - l \cdot g(x) \right]$$

kde

λ je Lagrangeův multiplikátor

f(x) kriteriální funkce úlohy

g(x) omezující podmínka ve tvaru g(x)=0

Úlohu lze řešit pomocí soustavy rovnic, které získáme parciálními derivacemi Lagrangeovy funkce podle jednotlivých proměnných.

K řešení však lze použít i jiný přístup zaměřený na určení tzv. koeficientu ziskovosti. Hodnota Lagrangeova multiplikátoru pro optimální řešení úlohy musí být taková, aby součet finančních požadavků pro realizaci vybraných investic nepřesáhl určený finanční limit. Pro poslední investici, která ještě bude do realizace zařazena, tak musí platit vztah:

$$\left(DCF_j - l \cdot N_{ij} \right) = 0$$

Z kterého odvodíme „koeficient ziskovosti“:

$$r_j = \frac{DCF_j}{N_{ij}}$$

Při výběru investic pro zařazení do optimálního investičního plánu se postupuje tak, že pro jednotlivé investice vypočteme koeficient ziskovosti, jednotlivé investice seřadíme dle klesajícího indexu (ze vzájemně se vylučujících investic uvažujeme pouze investici s nejvyšší hodnotou koeficientu) a postupně dle klesajícího koeficientu zařazujeme investice do plánu tak dlouho, dokud nedojde k vyčerpání určeného limitu finančních prostředků na investice.

I když popsaný postup obecně nemusí vést k optimálnímu řešení, protože v případě investic nejde o spojitý případ, ale o diskrétní úlohu, je jeho použití jednoduché a zpravidla vede k volbě k optimálnímu rozhodnutí či rozhodnutí blízkému optimálnímu rozhodnutí. Postup výběru investic využívající koeficient ziskovosti má navíc tu výhodu, že umožňuje řešenou úlohu rozdělit na několik kroků. V prvním kroku se odhadne hodnota limitního koeficientu ziskovosti a v dalším kroku řešení úlohy se rozhoduje o zařazení jednotlivých investic do plánu realizace na základě porovnání jejich koeficientu ziskovosti s limitní hodnotou. Tento koncept rozhodování je analogií rozhodování o realizaci projektu na základě hodnoty vnitřního výnosového procenta – IRR. Zde se v principu rozhoduje pro realizaci těch investic, které mají hodnotu IRR vyšší, než je investorem minimálně požadovaný výnos z kapitálu.

Úlohu o efektivní alokaci kapitálu (finančních prostředků) však obecně nemusí řešit pouze soukromý subjekt – investor. Analogickou úlohu řeší i subjekt poskytující dotace na zajištění určitého cíle či určitých požadovaných efektů[15]. Příkladem může být rozdělování dotací na podporu využívání obnovitelných zdrojů energie pro výrobu elektřiny či tepla nebo podporu úspor energie ze SFŽP. Má-li určitý subjekt zájem na realizaci projektů generujících efekty, které nejsou přímo finančně ohodnotitelné (např. úspora primárních neobnovitelných zdrojů energie, snížení emisí skleníkových plynů, zvýšení výroby elektřiny na bázi využívání OZE apod.), jedná se o úlohu, kterou můžeme zapsat analogicky vztahu (34) následujícím vztahem:

$$\max\left(\sum_i E_i \cdot x_i\right)$$
$$x \in \{0;1\}$$

$$\sum_i N_{pod,i} \cdot x_i \le N_{pod,c}$$

kde

E_i požadovaný efekt i-tého projektu za dobu životnosti projektu [fyz. jednotky]

$N_{pod,i}$ podpora (dotace) i-tého projektu [Kč]

$N_{pod,c}$ celková výše prostředků určených na podporu [Kč]

Dle výše popsaného postupu odvození úlohy s využitím Lagrangeovy funkce lze analogicky „koeficientu ziskovosti“ definovat měrný efekt podpory:

$$e_i = \frac{E_i}{N_{pod,i}}$$

Při výběru projektů na podporu pro maximalizaci efektu výše podpory by se pak postupovalo tak, že jednotlivé projekty by se seřadily podle klesající hodnoty měrného efektu, dokud by nedošlo k vyčerpání finančního limitu na podpory (resp. podpory v dané oblasti).

Ovšem při řešení této úlohy hraje velkou roli hledisko hodnocení. Při použití systémového hlediska (viz kap. 5.2) by vlastně mělo dojít k hodnocení projektů z hlediska jejich veškerých

[15] Úlohu však lze rozšířit na jakýkoliv typ finančních prostředků vynakládaných na podporu určitých investic.

nároků a účinků a podpořeny by měly být vlastně pouze ty projekty, které přináší nejvyšší požadovaný efekt E_i. Zde je však nutné vycházet z toho, že investoři primárně realizují takovéto projekty proto, aby dosáhli požadovaného výnosu z vloženého kapitálu při respektování rizika daného typu podnikání (nebo aby řešili své určité konkrétní potřeby) a nikoliv proto, aby se podíleli na zajištění celospolečensky požadovaných efektů[16] (definovaných např. státní energetickou politikou či státní politikou ŽP). Pokud nebudou mít možnost tohoto výnosu dosáhnout, nebudou investoři investice generující (celospolečensky) požadovaný efekt realizovat. V této souvislosti mohou nastat následující typické situace:

- pokud investor nedostane podporu (v libovolné formě), projekt nerealizuje a nedojde ke generování požadovaného efektu E_i,
- investor dostane podporu, projekt je realizován a přispěje efektem ve výši E_i k dosažení (společenského) cíle,
- investor dostane podporu, ale projekt by byl realizován i bez této podpory, protože už za daných podmínek podnikání v této oblasti má zajištěn požadovaný výnos z vloženého kapitálu.

Vzhledem k tomu, že primární zájem investorů realizujících projekty (investice) obvykle nesměřuje k dosažení efektu E_i, není korektní vztahovat celkovou dosaženou výši efektu E_i k celkovému relevantnímu hotovostnímu toku za dobu porovnání projektu. Korektní je v této specifické situaci hodnocení, kdy celková výše efektu E_i generovaná i-tým projektem je vztažena pouze k celkové výši podpory $N_{pod,i}$ pro tento projekt.

Podpora $N_{pod,i}$ může mít jednorázovou podobu (např. forma investiční dotace) nebo může být teoreticky poskytována po delší období (např. ve vazbě na provozní výsledky investice apod.), pak by hodnota $N_{pod,i}$ měla být určena jako současná hodnota všech poskytnutých plateb[17].

Komplikací využití konceptu měrného efektu podpory je určení výše podpory pro to, aby se projekt stal z pro investora z ekonomického hlediska zajímavým. Měrný efekt e_i z může být u některých projektů vyšší než u jiných projektů, přesto však může dojít k neefektivnímu použití podpory, protože investor „potřeboval“ pro zajištění svých ekonomických zájmů nižší výši podpory, než mu byla poskytnuta. Tento problém lze řešit rozdělením projektů dle různých typů a analogickým způsobem, jako je odvozena minimální cena elektřiny vyráběná na bázi jednotlivých OZE, stanovit max. měrnou výši podpory.

Zásadní je formulace, co má být efektem, kterým jsou projekty vyhodnocovány. Pro jeho definici (ve vazbě na investice v oblasti energetiky) je třeba respektovat základní cíle a závazky státu a celkovou souvislost s problematikou trvale udržitelného rozvoje (TUR). V současné době již není prioritou v oblasti podpory energetických investic (např. plynofikace, zateplování, využívání OZE apod.) řešení znečišťování ovzduší klasickými škodlivinami (SO_2, NO_x, tuhé úlety apod.). Prioritou, vyplývající z koncepce TUR a z mezinárodních souvislostí, je snížení užití neobnovitelných primárních energetických zdrojů a snižování emisí skleníkových plynů (i když situace v ČR je v této oblasti mnohem jednodušší vzhledem k závazkům z Kjótó než ve většině vyspělých států světa). Vhodným syntetickým ukazatelem pro energetické investice je pak množství emisí skleníkových plynů, k jejichž úspoře realizací opatření došlo.

Emise skleníkových plynů mají bezprostřední vazbu na spotřebu fosilních paliv. Snížení emisí skleníkových plynů tak vede i ke snížení jejich spotřeby. Efekt E definovaný v podobě

[16] To platí i v případě, že investorem je např. obec a daná investice není bezprostředně tzv. „podnikatelskou“ investicí – týká se to např. akcí typu plynofikace obcí, výstavby CZT v obci, založení plantáže rychle rostoucích dřevin pro energetické účely, investice zaměřené na úspory energií, apod. I v těchto úlohách musí rozhodovatel (obec) řešit otázku ekonomické efektivnosti záměru.

[17] V současnosti je však např. v případě SFŽP uplatňována výhradně praxe formy podpory v podobě úhrady části investičních nákladů a/nebo poskytnutí zvýhodněného úvěru.

(snížení) emisí skleníkových plynů pak v sobě přímo obsahuje i hledisko snížení spotřeby neobnovitelných primárních energetických zdrojů.

Úspora jednotkového množství energie v primárních zdrojích nevede ke stejnému snížení emisí skleníkových plynů. Vyjdeme-li z toho, že jednotkové množství energie v uhlí způsobuje emise CO_2 ve výši 100%, pak stejné množství energie v kapalných palivech způsobuje pouze cca 75% emisí a v zemním plynu pouze cca 60% emisí. To vede k tomu, že např. při stejné úspoře uhlí a zemního plynu z hlediska množství energie je při stejných nákladech na opatření je efektivnějším opatřením to, které snižuje spotřebu uhlí.

Různé projekty (investice) budou mít obecně různou dobu životnosti a i různý průběh generování požadovaného efektu *E*. Pro korektní porovnání jednotlivých projektů je třeba respektovat celkovou výši efektu *E* za dobu životnosti projektu. Zde je však problémem, zda při stanovení celkové výše efektu *E* použít diskontování či nikoliv. Použití diskontování (při kladné hodnotě diskontu) vlastně znamená, že dáváme větší váhu té části efektu (např. snížení emisí skleníkových plynů), která se odehrává v současnosti, a menší váhu té části efektu, která je realizována v pozdějších letech doby životnosti projektu. Zde je možná dvojí argumentace:

- Použít diskontování efektů generovaných v jednotlivých letech doby životnosti projektu vzhledem k tomu, že se snažíme vybírat ty projekty, které rychleji vedou např. ke snížení emisí skleníkových plynů a tím i k plnění mezinárodních závazků. Problémem však zůstává volba výše diskontu, protože jeho interpretace je jiná, než v „klasických“ úlohách ekonomického rozhodování.
- Nepoužít diskontování a celkový efekt určit jako aritmetický součet efektů v jednotlivých letech. Argumentem je zde to, že z principu působení skleníkového efektu (postupné kumulování skleníkových plynů v atmosféře Země) a vzhledem k časovým konstantám tohoto jevu není rozložení efektů v průběhu doby životnosti typických projektů podstatné (20-30 let) a především jde o celkovou výši efektu. Současně není nutné řešit otázku stanovení výše diskontu.

Vzhledem k obtížnému stanovení výše diskontu pro diskontování efektů E_i, ale především vzhledem k filozofii trvale udržitelného rozvoje, která klade důraz na odpovědnost současné generace rozhodovatelů, doporučujeme použít druhou možnost – tj. nediskontovat efekty E_i.

PŘÍLOHA 2
STUPNICE (ŠKÁLY) MĚŘENÍ

STUPNICE (ŠKÁLY) MĚŘENÍ

Pod zobecněným pojmem stupnice rozumíme uspořádanou množinu znaků či symbolů (většinou množina čísel), které nám umožňují popsat vlastnosti objektů. Dále uvedené základní typy stupnic jsou řazeny vzestupně podle množství poskytované informace. Stupnice „vyššího typu“ vždy poskytuje informace obsažené ve stupnicích „nižšího typu“.

Nominální (jmenná, výčtová) stupnice umožňuje určit příslušnost popisovaných objektů k určitým „třídám“ - klasifikovat je. Symboly (čísla) zde mají význam pouze pro označení (pojmenování) variant vlastnosti. Stupnice definuje mezi objekty pouze relace „rovnosti“ a „různosti“ - danou vlastnost mají objekty stejnou či různou. Jako příklady vlastností popsaných pomocí nominální stupnice lze uvést například pohlaví osoby (1=muž, 2=žena) nebo barva objektu (1=bílá, 2=žlutá, 3=červená, ...).

Ordinální (pořadová) stupnice dává možnost uspořádání objektů podle sledované vlastnosti. Čísla v ordinální škále určují pořadí objektů podle sledované vlastnosti bez možnosti určit o kolik je jeden objekt ve sledované vlastnosti lepší či horší než druhý. Oproti nominální stupnici definuje ordinální stupnice navíc relaci „lepší“ či „horší“. Jako příklad ordinální stupnice lze uvést stupnici tvrdosti nerostů (mastek, sůl, kalcit, fluorit, apatit, živec, křemen, topaz, korund, diamant)

Intervalová stupnice umožňuje kvantifikaci rozdílů ve sledované vlastnosti objektů, tj. jsme schopni určit o kolik je jeden objekt ve sledované vlastnosti lepší či horší než druhý. Oproti ordinální stupnici definuje navíc relaci „o kolik lepší“ či „o kolik horší“. Intervalová stupnice musí mít definovanou měrovou jednotku a arbitrárně stanovený počátek. Jako příklad intervalové stupnice lze uvést Celsiovu či Fahrenheitovu teplotní stupnici.

Poměrová stupnice je v „hierarchii“ stupnic postavena nejvýše a umožňuje oproti intervalové stupnici určit nejen o kolik ale i kolikrát je jeden objekt ve sledované vlastnosti lepší než druhý. Oproti intervalové stupnici definuje poměrová stupnice navíc relaci „kolikrát lepší“ či „kolikrát horší“. Stejně jako intervalová stupnice musí mít i poměrová stupnice definovanou měrovou jednotku a navíc musí mít přirozený počátek (přirozenou nulu). Jako příklady poměrové stupnice lze uvést například Kelvinovu teplotní stupnici nebo stupnici pro měření hmotnosti.

Absolutní stupnice je speciálním případem poměrové stupnice, která má proti poměrové stupnici nejen přirozený počátek ale i přirozenou měrovou jednotku. Jako příklad absolutní stupnice lze uvést například četnost objektů měřenou v počtu objektů.

Řada autorů nepovažuje měření v nominální stupnici za měření v pravém slova smyslu a nazývají je klasifikací. Měření v ordinální stupnici nazýváme ordinální měřením a měření v intervalové, poměrové či absolutní stupnici pak kardinální měření. V souvislosti s tím se pak rozlišují kritéria:

- ordinální (někdy též kvalitativní)
- kardinální (někdy též kvantitativní)

Při výběru hodnotících kritérií je třeba kromě jiného také pečlivě určit v jaké stupnici je kritérium měřeno. Řada metod totiž zachází rozdílně s kritérii měřenými v různých stupnicích (například při normování hodnot kritérií).

PŘÍLOHA 3
VYHLÁŠKA 213/2001 SB.

Vyhláška č. 213/2001 Sb., kterou se stanoví podrobnosti náležitostí energetického auditu

(současně platné znění)

Ministerstvo průmyslu a obchodu stanoví podle § 14 odst. 5 zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, (dále jen "zákon") k provedení § 9 odst. 3 a 7 a § 10 odst. 4 zákona:

§ 1
Předmět úpravy

Touto vyhláškou se podrobněji stanoví náležitosti provádění energetického auditu, který provádějí osoby zapsané do seznamu energetických auditorů. Současně se stanoví vzor písemné žádosti o zápis do seznamu energetických auditorů, který je uveden v příloze č. 1.

§ 2
Písemná zpráva o energetickém auditu

(1) Hodnocení současné úrovně provozovaného energetického hospodářství a budov obsahuje

a) identifikační údaje,
b) popis výchozího stavu,
c) zhodnocení výchozího stavu.

(2) Celková výše technicky dosažitelných energetických úspor je obsažena v návrhu opatření ke snížení spotřeby energie.

(3) Návrh vybrané varianty doporučené k realizaci energetických úspor obsahuje

a) ekonomické vyhodnocení, a
b) vyhodnocení z hlediska ochrany životního prostředí.

(4) Závěrečný posudek energetického auditora obsahuje závazné výstupy energetického auditu včetně evidenčního listu.

§ 3
Identifikační údaje

Identifikační údaje obsahují

a) určení zadavatele auditu, kterým je obchodní firma fyzické či právnické osoby, trvalý pobyt či sídlo, identifikační číslo (bylo-li přiděleno), u fyzické osoby dále jméno, příjmení a rodné číslo nebo datum narození; u právnické osoby údaje o jejím statutárním orgánu,
b) určení provozovatele předmětu energetického auditu, pokud je různý od zadavatele auditu,
c) určení zpracovatele (energetického auditora), jméno a příjmení zpracovatele, jeho trvalý pobyt, rodné číslo nebo datum narození, identifikační číslo (bylo-li přiděleno), číslo a datum vydání oprávnění k výkonu auditorské činnosti,
d) určení předmětu energetického auditu, kterým je podnik, provozovna, zařízení, stavba nebo projekt, přesné místo, kde je předmět auditu umístěn, včetně adresy, majetkoprávní vztah k zadavateli auditu.

§ 4
Popis výchozího stavu

(1) Popis výchozího stavu předmětu energetického auditu obsahuje základní údaje o:

a) předmětu energetického auditu nebo projektové dokumentaci,
b) energetických vstupech a výstupech,
c) vlastních energetických zdrojích,
d) rozvodech energie,
e) významných spotřebičích energie.

(2) Údaje o předmětu energetického auditu jsou zejména

a) název předmětu energetického auditu,

b) základní popis,
c) charakteristika výroby firmy (sortiment výrobků, výrobní technologie),
d) situační plán,
e) seznam všech budov s uvedením jejich účelu,
f) výčet všech energeticky významných výrobních technologií.

(3) Dalšími údaji jsou výkresová dokumentace, technicko ekonomické podklady charakteristické pro předmět auditu, jako jsou provozní režim, počet pracovních dnů v týdnu a směnnost, počet zaměstnanců, výkony, produkce a smluvní závazky mající vztah k energetickému hospodářství.

(4) Údaje o energetických vstupech a výstupech musí obsahovat stanovení roční výše energetických vstupů a výstupů týkajících se předmětu energetického auditu, zobrazující stav před realizací projektu.

(5) Soupis základních údajů o energetických vstupech a výstupech obsahuje údaje v technických jednotkách a ročních peněžních nákladech. Vzor tabulkového zpracování je uveden v příloze č. 2.

(6) Roční množství nakupovaných paliv a energie se stanoví z fakturačních a účetních dokladů. U nákupu elektrické energie se zjistí množství nakupované elektřiny, sazba odběru, sjednané technické maximum, sjednaná nebo měřená čtvrthodinová maxima v jednotlivých měsících. U nákupu tepla se zjistí množství nakupovaného tepla, druh a parametry topného média, sazba za měrnou jednotku, způsob měření množství a parametrů tepla a způsob fakturace a analyzují se plnění smluvně sjednaných technicko ekonomických ustanovení.

(7) V případě zdrojů na využití obnovitelné energie popis obsahuje i parametry primárního energetického zdroje, zejména hydrologické údaje, větrnou charakteristiku lokality a parametry nízkopotenciálního tepla.

(8) Pokud v předmětu energetického auditu existují energetické zdroje, sestaví se základní roční bilanční tabulka výroby energie ze zdrojů v objektu v rozsahu zobrazujícím stav před realizací projektu. Samostatný energetický zdroj, který se nachází v budově, se podrobí energetickému auditu bez ohledu na to, kdo je jeho provozovatelem či majitelem.

(9) Bilance výroby energie z vlastních zdrojů obsahuje ukazatele zdroje v technických jednotkách a jejich ročních hodnotách. Zpracovávají se v tabulkovém provedení, jehož vzor je uveden v příloze č. 3. Sestaví se přehled pro několik předchozích let v přepočtu na produkty z výroby nebo na klimatické podmínky s využitím denostupňové metody. Z tohoto přehledu se stanoví průměrné roční energetické účinnosti zdroje, specifické spotřeby tepla v palivu na výrobu energie a roční využití zdroje.

(10) Jako součást bilance výroby energie se uvede popis zdrojů. U zdroje energie se uvede jeho typ, kterým je výtopna, teplárna, elektrárna nebo spalovna. Pro každou instalovanou jednotku se uvede

a) počet, typ, označení výrobce, rok výroby,
b) jmenovitý výkon tepelný nebo elektrický,
c) parametry vyráběného média,
d) druh paliva,
e) odlučovací zařízení,
f) předpokládaná životnost.

(11) Údaje pro rozvod energie se zjišťují pro páteřní a hlavní rozvody. Pro rozvod tepla se uvede jeho délka, kapacita, průměr, provedení, stáří a technický stav. Na základě těchto údajů se ověří a aktualizují schémata energetických rozvodů, zhodnotí se jejich stav a vybavenost měřením a stanoví se energetické toky v úsecích, které nejsou vybaveny měřením. Stejně se postupuje i u navazujících zařízení, jako jsou zejména předávací stanice.

(12) Údaje o budovách a významných spotřebičích energie obsahují údaje o parametrech a konečné spotřebě energie v budovách a technologických spotřebičích, které ovlivňují energetickou bilanci předmětu energetického auditu. Zjišťují se technické parametry spotřebičů energie z pasportů, podle štítků a z provozních záznamů.

(13) Základními informacemi o budovách jsou zejména výkresová dokumentace, doplněná případně o fotografickou dokumentaci nebo o zaměření skutečného stavu, faktury a další ověřitelné dokumenty dokládající spotřebu energie v časovém rozsahu několika let, zkušenosti z provozu získané od vedení správce budovy, provozní obsluhy a uživatelů, dopady na životní prostředí, popis míry zanedbané údržby a záměry zadavatele energetického auditu.
(14) Základními informacemi o technologických spotřebičích jsou zejména druh spotřebiče, jeho roční provozní hodiny, energetický příkon, u tepla druh teplonosného média a jeho parametry, u elektrické energie její napěťová úroveň, u paliva jeho druh, dále způsob regulace a měření. V odůvodněných případech se stanoví měrné spotřeby paliv a energie na jednotku produkce energeticky náročných výrobků.

§ 5
Zhodnocení výchozího stavu

(1) Pro zhodnocení výchozího stavu se sestaví roční energetická bilance stávajícího předmětu energetického auditu na základě údajů získaných z provedených šetření.
(2) Vzor základního tvaru energetické bilance je uveden v příloze č. 4.
(3) Ukazatele energetické bilance je možno doplnit, případně rozčlenit některé položky v závislosti na konkrétní situaci. Vyhodnocení energetické účinnosti a dalších ukazatelů jednotlivých částí energetického hospodářství se provede na základě údajů získaných při zjištění výchozího stavu.
(4) Základní technické ukazatele vlastního energetického zdroje jsou uvedeny v příloze č. 5.
(5) Z údajů základních technických ukazatelů vlastního energetického zdroje se určí rezervy na vlastním energetickém zdroji, hodnotí se úroveň energetické účinnosti a ročního využití a stanoví se technické a jiné příčiny, pro které nejsou tyto ukazatele vyhovující.
(6) Analýza stavu rozvodů energie, budov a spotřebičů se provede obdobně podle přílohy č. 5.
(7) U budov se stanoví model energetické potřeby stavby a upřesní se stanovené potřeby energie stavby podle skutečných spotřeb energie v průběhu několika let. Potřeba tepelné energie se stanoví podle zvláštního právního předpisu k ohodnocení navrhovaných opatření a garanci dosažitelné potřeby a úspory energie a k porovnání se skutečnou spotřebou.
(8) Kontrola stávajících údajů energetické bilance obsahuje zejména

a) vstupy paliv a energie, kde se kontrolují kvalitativní a kvantitativní ukazatele nakupovaných paliv a energie, soulad s příslušnými smlouvami o dodávce a dodržování cen uvedených v cenících,
b) změnu stavu zásob paliv, kde se dokládá řádně provedenou inventarizací skládek, provádí se rovněž fyzická obhlídka a porovnání vykazovaného okamžitého stavu se skutečností, ověřují se vykázané ztráty množství i kvality skladovaných paliv,
c) prodej energie fyzickým a právnickým osobám, kde se jedná o prodej elektřiny, tepla, stlačeného vzduchu nebo upravené vody z vlastní výroby a posuzují se možnosti zvýšení prodeje energie fyzickým a právnickým osobám a ověřuje se tvorba prodejních cen,
d) provozní ukazatele zdroje energie v předmětu energetického auditu, kde se posuzují roční energetické účinnosti, účinnosti jednotlivých agregátů, využití výkonu, výše instalovaného výkonu, specifické spotřeby a způsob provozování,
e) energetické ztráty v rozvodech energie, kde se posuzuje zejména úroveň těchto ztrát a zjišťují se příčiny jejich nadměrné výše, stav tepelných izolací, způsob provozu rozvodů a jejich dimenze,
f) spotřebu energie na vytápění a přípravu teplé užitkové vody, kde se hodnotí dodržování tepelné pohody ve vytápěných místnostech, využívání měřicí a regulační techniky, roční spotřeba tepla na měrný byt a spotřeba teplé užitkové vody na osobu,
g) tepelně technické parametry budov,
h) spotřebu energie na technologické výrobní procesy, kde se provádí energetická analýza výrobních technologií,

i) spotřebu energie na ostatní procesy, jako je větrání, chlazení a osvětlení; sledují se hlavně specifické spotřeby energie, velikost příkonů, časové využití a jejich účelnost.

(1) Výsledkem uvedených analýz je zhodnocení hospodárnosti nakládání s energií a vyčíslení výše dosažitelných energetických úspor v předmětu energetického auditu včetně možných úspor nákladů na energii.

§ 6
Návrh opatření ke snížení spotřeby energie

(1) Energetický audit, v návaznosti na zjištěnou výši dosažitelných energetických úspor, obsahuje konkrétní opatření vedoucí k jejich využití. Opatření se navrhují minimálně ve 2 variantách.

(2) Pro vybranou variantu se zpracují energetické bilance a porovnají se s bilancí platnou pro výchozí stav. Stanoví se skutečně dosažitelná výše energetických úspor nebo snížení nákladů na energii pro jednotlivé varianty při zvážení všech omezujících vlivů.

(3) Výsledkem jsou upravené energetické bilance jednotlivých variant, které obsahují potřebné ukazatele před a po realizaci projektu, a to v technických i finančních jednotkách. Zpracovávají se v tabulkovém provedení, jehož vzor je uveden v příloze č. 6.

(4) Z upravené energetické bilance se vypočte výše dosažitelných energetických úspor v objektu a úspora finančních nákladů na pořízení paliv a energie.

§ 7
Ekonomické vyhodnocení

(1) Úspory nákladů na energii vyplývající z upravené energetické bilance se upravují zejména o změnu dalších provozních nákladů, případně tržeb za energii, mzdy, servisní služby, opravy, provozní hmoty a tržby za prodej energie. Takto se stanoví roční přínosy a změna peněžních toků energeticky úsporného projektu. Ve výpočtech se přínosy uvažují v cenové úrovni roku realizace projektu. Peněžní toky projektu se posuzují bez vlivu předpokládané státní podpory.

(2) Výpočet ekonomického vyhodnocení se provede způsobem uvedeným v příloze č. 7.

§ 8
Vyhodnocení z hlediska ochrany životního prostředí

(1) V energetickém auditu se kvantifikuje snížení zátěže životního prostředí vyplývající z jednotlivých variant. Uvede se název znečišťující látky, její množství v t/rok pro výchozí stav a stav po realizaci. Vyhodnocení se uvádí pro zdroje, které jsou předmětem energetického auditu.

(2) Vyhodnocení z hlediska ochrany životního prostředí se zpracovává v tabulkovém provedení, jehož vzor je uveden v příloze č. 8.

§ 9
Výstupy energetického auditu

(1) Výstupy energetického auditu jsou:

a) hodnocení stávající úrovně energetického hospodářství,
b) celková výše dosažitelných energetických úspor, která se uvede v technických jednotkách,
c) návrh optimální varianty energeticky úsporného projektu včetně ekonomického hodnocení,
d) doporučení obsahující konečné stanovisko a doporučení energetického auditora k realizaci navrženého energeticky úsporného projektu.

(2) Vzor evidenčního listu energetického auditu je uveden v příloze č. 9.

(3) V návrhu vybrané varianty souboru opatření k dosažení garantované úspory energie se uvede zdůvodnění z hledisek technických, ekonomických a dalších smluvně dohodnutých hodnotících kritérií. Uvede se míra využití potenciálu energetických úspor, roční finanční výnos získaný realizací a ekonomická efektivnost projektu. Současně se uvedou okrajové

podmínky, za kterých jsou hodnoty úspor energie stanoveny a garantovány. U budov se definují hodnoty, které jsou garantovány, zejména úspora energie, hodnota pro energetický průkaz budovy, potřeba tepla na m2 užitné plochy vztažená ke 200 m3 obestavěného prostoru, potřeba tepla vztažená na jednu učebnu, na jedno lůžko nebo na jednu kancelář.

§ 10
Rozsah energetického auditu

(1) Hodnota, od níž vzniká pro organizační složky státu, organizační složky krajů a obcí a příspěvkové organizace povinnost podrobit své budovy či zařízení energetickému auditu, se stanoví ve výši 1500 GJ celkové roční spotřeby energie.
(2) Hodnota, od níž vzniká pro fyzické a právnické osoby s výjimkou uvedených v § 10 odst. 1 povinnost podrobit své budovy či zařízení energetickému auditu, se stanoví ve výši 35 000 GJ celkové roční spotřeby energie.
(3) Hodnota, od níž vzniká pro fyzické a právnické osoby povinnost zajistit zpracování energetického auditu, se u budov a areálů samostatně zásobovaných energií stanoví ve výši 700 GJ celkové roční spotřeby energie.
(4) Celkovou roční spotřebou energie se rozumí součet všech forem energie ve všech odběrných místech provozovaných pod jedním identifikačním číslem. Pro přepočty se používají následující vztahy:

a)	elektrická energie	1 MWh	3,6 GJ,
b)	plyn	1000 m3?n	34,05 GJ,

c) tuhá či kapalná paliva se přepočítávají údajem výhřevnosti udávaným dodavatelem.
(5) Forma energie podle odstavce 4 je:
a) nakoupená elektřina pro vlastní spotřebu,
b) nakoupený plyn pro vlastní spotřebu,
c) nakoupená tepelná energie pro vlastní spotřebu, nebo
d) nakoupená tuhá nebo kapalná paliva, pokud jsou použita pro výrobu elektřiny nebo tepelné energie.

§ 11
Odborná způsobilost

(1) Za praxi v oboru se považuje činnost
a) v oboru energetické auditorství pro potřeby Programu státních podpor při snižování spotřeby paliv a energie v České republice pro rok 1996 a léta další,
b) v oboru energetické poradenství na základě vydaného povolení podle zvláštního právního předpisu1) nebo zaměstnanecký poměr u fyzické či právnické osoby poskytující poradenství podle zvláštního právního předpisu,1)
c) autorizovaného inženýra se specializací energetické auditorství podle zvláštního právního předpisu,2)
d) na úseku výkonu státní správy v energetických odvětvích podle zvláštního právního předpisu,3)
e) řízení na úseku energetického hospodářství fyzických či právnických osob v rozsahu podle § 10 odst. 2.

(2) Doklad o praxi podle odstavce 1 je potvrzení o výkonu činnosti energetického auditorství v rámci Programů státních podpor, průkaz o autorizaci vydaný Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků, potvrzení Hospodářské komory podle zvláštního právního předpisu,4) potvrzení zaměstnavatele, který prováděl výkon státní správy v energetických odvětvích podle zvláštního právního předpisu3) nebo řídil energetické hospodářství v rozsahu podle § 10 odst. 2.

§ 12

Tato vyhláška nabývá účinnosti dnem vyhlášení.

Ministr:
doc. Ing. **Grégr** v. r.

---

1) Zákon č. 455/1991 Sb., živnostenský zákon, ve znění pozdějších předpisů.
2) Zákon č. 360/1992 Sb., o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, ve znění pozdějších předpisů.
3) Zákon č. 222/1994 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o Státní energetické inspekci, ve znění pozdějších předpisů.
4) Zákon č. 301/1992 Sb., o Hospodářské komoře České republiky.

Příloha č. 1 k vyhlášce č. 213/2001 Sb.
Příloha č. 2 k vyhlášce č. 213/2001 Sb.
Příloha č. 3 k vyhlášce č. 213/2001 Sb.
Příloha č. 4 k vyhlášce č. 213/2001 Sb.
Příloha č. 5 k vyhlášce č. 213/2001 Sb.
Příloha č. 6 k vyhlášce č. 213/2001 Sb.
Příloha č. 7 k vyhlášce č. 213/2001 Sb.
Příloha č. 8 k vyhlášce č. 213/2001 Sb.
Příloha č. 9 k vyhlášce č. 213/2001 Sb.

PŘÍLOHA 4
OBCHODOVÁNÍ S EMISEMI V RÁMCI PŘIPRAVOVANÉ RÁMCOVÉ SMĚRNICE EU

OBCHODOVÁNÍ V RÁMCI PŘIPRAVOVANÉ RÁMCOVÉ SMĚRNICE EU

Do jisté míry specifickým mechanismem obchodování s emisemi bude obchodování s emisemi skleníkových plynů na úrovni podniků, které se nedávno stalo součástí legislativy EU (formou směrnice), a do kterého budou zapojeny i nové členské státy. Veřejně přístupné dokumenty Evropské komise k této problematice lze nalézt na webové stránce Evropské Komise věnované emisnímu obchodování.

Zásadní rozdíl je v tom, že obchodování dle směrnice EU není kjótským mechanismem a Protokol jako takový jej nijak neupravuje, resp. nezná. Z pohledu EU se totiž jedná o domácí nástroj k redukci emisí skleníkových plynů, a to i přesto, že překračuje hranice jednotlivých států.

Logika tohoto přístupu je zřejmá. Má-li nějaký stát závazek redukce emisí skleníkových plynů, musí vytvořit mechanismy jak tohoto závazku (cíle) dosáhnout. Za tím účelem může aplikovat různé nástroje, mezi něž patří i emisní obchodování na úrovni jednotlivých znečišťovatelů. Jedná se o mechanismus, který funguje uvnitř „bubliny“ definované redukčním závazkem, což je v případě závazku na úrovni státu obchodování na úrovni podniků (ostatně dle této logiky věci je obchodování na úrovni států dle článku 17 Protokolu obchodem v rámci globální „bubliny“).

Evropská unie má v rámci kjótského systému z tohoto pohledu do jisté míry specifické postavení. Signatářem Protokolu a nositelem závazku totiž nejsou jen jednotlivé členské státy (redukční závazek 8%), ale i Evropská společenství (se závazkem také 8%). Důvodem této na první pohled komplikované a zbytečné konstrukce je to, že takto definovaný závazek dává EU jistou míru flexibility v tom, že může závazky jednotlivých členských zemí rozdělit jinak než jak je pro jednotlivé země definuje Protokol (s odlišnou angažovaností jednotlivých zemí), nicméně tak, aby byl splněn celkový cíl EU. V případě splnění celkového závazku EU tak nebude v rámci kontroly plnění Protokolu přihlíženo k závazkům jednotlivých členských států samostatně. Tato flexibilita (která byla v rámci EU negociována a následně přijata formou dokumentu „Burden Sharing Agreement“) tak umožnila v rámci EU přerozdělit závazky tak, aby na státy s méně výkonnou ekonomikou dolehlo plnění celkového závazku méně, než na státy, které jsou na tom ekonomicky lépe či se dobrovolně hlásí k přísnějším cílům v oblasti snižování emisí. Proto mají některé členské státy (např. SRN, Dánsko) cíle výrazně přísnější než je „kjótských“ 8%, naopak jiné státy (např. Španělsko, Portugalsko) mají závazky méně přísné. Celá konstrukce je samozřejmě vypočtena tak, aby při splnění nově definovaných cílů ze strany členských států byl splněn i cíl celkový.

Tento přístup nicméně nic nemění na pozici České republiky (a dalších přístupových zemí), které v době prvního kontrolního období již budou členy Evropské unie. Nové členské země si v plnění Protokolu ponechávají svůj kjótský závazek a nestávají se součástí evropské „bubliny“, protože jednání o závazcích prvního kontrolního období jak na úrovni Protokolu, tak i na úrovni EU již nebudou znovu otevírána.

V kontextu výše uvedeného lze tak uvažovat o „Evropské bublině“, která zahrnuje prostor stávající EU-15. V tomto smyslu pak byl připraven mechanismus obchodování na podnikové úrovni, který je z pohledu EU domácím nástrojem a to přesto, že překračuje hranice členských států.

Situace se zkomplikovala rozšířením EU, kdy nové členské státy se (jak již bylo uvedeno výše) součástí této bubliny nestávají a tak emisní obchodování na úrovni podniků již v jistém slova smyslu přestává být čistě domácím systémem, ale začíná mít i výrazný mezinárodní rozměr, protože dochází k obchodu již ne v rámci jedné „bubliny“, ale v rámci několika „bublin“ a tím pádem k logické interakci mezi domácím systémem (obchodování na úrovni podniků) a kjótským systémem (přesun emisí mezi bublinami). Nejedná se o problém neřešitelný, nicméně poněkud komplikující jak konstrukci systému, tak i jeho chápání.

Hlavní principy systému obchodování dle směrnice EU lze shrnout následovně:

- Systém by měl být spuštěn již v roce 2005 (v letech 2005-2007 by měla probíhat jeho zahajovací fáze, od roku 2008 již kopíruje kontrolní období Kjótského protokolu).
- Zaměření na základní sektory ekonomiky (prozatím je vybráno 6 základních sektorů, které se do systému povinně musí zapojit, v jejich rámci existuje ještě velikostní limit pro povinný vstup zdroje do systému).
- V prvotní fázi bude jedinou obchodovatelnou komoditou oxid uhličitý (další skleníkové plyny později).
- Každý zdroj v systému musí obdržet povolení (permit) – administrativní povolení obsahující závazky spojené s monitoringem a vykazováním údajů, jeho držitel se zavazuje nevypustit více emisí než kolik má povoleno (jinak budou uplatněny sankce), není přenosné
- Obchodovatelnou komoditou je povolenka (allowance) – představuje právo držitele vypustit jednu tunu CO_2 ekvivalentu, je přenosné (obchodovatelné), zdroj je povinen držet tolik povolenek, kolik vypustil emisí
- Je požadována konzistentnost s pravidly EU o poskytování státní pomoci a konkurenceschopnosti.

Praktická aplikace systému bude zároveň využívat zkušenosti z již fungujících systémů (Velká Británie, Dánsko, případně další). Důležitým aspektem je integrace systému obchodování s jinými nástroji ekologické politiky (především IPPC, ochrana ovzduší, obnovitelné zdroje atd.). Je také řešena otázka sankcí v případě nesplnění závazků, vazba na potřeby monitoringu, reportingu a verifikace emisí.

Principem systému je přenesení závazku státu na jednotlivé podniky tak, že je jim stanoven strop v určité dané výši, na které podnik obdrží tzv. povolenky (allowances). Tato povolenka jej opravňuje vypustit v daném období určité množství (1 tunu) emisí CO2. Podnik splní daný cíl tak, že buď sníží vypouštěné množství emisí na úroveň, která je dána množstvím přidělených povolenek, nebo nakoupí další povolenky tak, aby jimi pokryl své stávající emise. Vzhledem k tomu, že celkové množství povolenek (environmentální cíl) je dáno a nelze jej dále navyšovat, znamená to, že nákupem dodatečných povolenek od jiného zdroje musel prodávající zdroj snížit své emise více než obdržel povolenek (může je prodat). Mechanismus obchodování tedy znamená, že požadované emisní redukce je sice dosaženo, avšak tam, kde je to z hlediska nákladů nejvýhodnější (což určí mechanismus fungování trhu). Nutným požadavkem je však určitá jednoduchost a pevné nastavení podmínek obchodování tak, aby nebylo obchodování příliš těžkopádné.

Klíčovým prvkem systému je tzv. národní alokační plán (National Allocation Plan), což je dokument, který popisuje, jak (v jakém množství) budou jednotlivé emisní povolenky na začátku obchodovacího období přiděleny jednotlivým podnikům (minimálně zpočátku se předpokládá přidělení povolenek zdarma, diskutuje se i možnost aukce jejich části). Musí tedy obsahovat seznam podniků spadajících pod působnost směrnice a zároveň množství přidělených emisních povolenek. Předpokládá se využití principu přidělení povolenek na základě historických emisí (vzhledem k jednoduchosti), možné jsou však i další způsoby. Přidělení povolenek s sebou nese celou řadu problémů (potřeba datové základny pro zdroje pokryté směrnicí, řešení problematiky restrukturalizace průmyslu a tím absence historických dat, vstup nových zdrojů do systému, možnosti zveřejnění vzhledem k tomu, že národní alokační plán je veřejným dokumentem atd.). Evropská komise vydá na podzim roku 2003 návod na přípravu alokačních plánů. Česká republika je povinna předložit tento plán ke schválení komisi ke konci května 2004, předmětem posouzení bude i konzistence s pravidly státní pomoci (vzhledem k přidělení povolenek zdarma jde o formu dotace).

Paralelně je třeba řešit další související oblasti, které s sebou nesou řadu dílčích problémů (monitoring, právní ukotvení povolenky v legislativě, právní úpravy související se systémem jako takovým, verifikace emisních dat u jednotlivých podniků,organizace emisního trhu atp.).

Určitou komplikací je ta skutečnost, že návrh směrnice byl připraven bez toho, aby bral v potaz odlišnou situaci kandidátských zemí (bezproblémové plnění Kjótského cíle) a tudíž je nastaven na situaci, kdy musí stát snižovat své emise (je nad závazkem), což v praxi znamená, že i podniky obdrží povolenek méně než jsou jejich současné emise. V případě většiny kandidátských zemí tomu tak však není a tak je zřejmé, že podniky v těchto zemích budou ostře protestovat proti jakémukoliv závazku redukce emisí (s logickým argumentem, že když stát svůj závazek plní, proč jsou oni nuceni emise snižovat). V případě stanovení emisních stropů pro podniky to v našem případě znamená přidělení takového množství povolenek, které bezpečně pokryje jejich stávající emise, či dokonce umožní určitý růst podniků (a tím i růst emisí). Vzhledem k potřebě rozvoje ekonomiky je to logické řešení, které však naráží právě na požadavky související s pravidly státní pomoci (z ekonomického pohledu lze přidělení povolenek zdarma chápat jako formu dotace). Je tedy trochu otázkou, jak se Evropská komise na alokační plány zemí s emisním přebytkem, které budou takto postaveny, bude dívat, přestože je z její strany deklarováno, že tento postup v zásadě není v rozporu s jejími požadavky.

Evropská komise v současné době zpracovává samostatný návrh směrnice, který by řešil otázku vzájemné interakce projektových mechanismů (JI a CDM) a emisního obchodování na úrovni společenství. Z předchozího textu vyplývá, že ač se ve všech případech jedná o snižování emisí skleníkových plynů, dokonce je sledován stejný cíl (Kjótský cíl), jde o nástroje různé úrovně a filozofie (projektové mechanismy, úroveň na které existují závazky atd.) a je tedy třeba je řešit samostatně. Cílem je ještě větší diverzifikace možností redukce emisí na úrovni podniků (podnik by kromě varianty redukce emisní ve svém podniku a případném nákupu od jiného podniku též mohl realizovat projekt JI či CDM a získané emisní redukce použít ke splnění svého cíle).

Zapojení českých podniků do systému obchodování na úrovni Společenství je však každopádně přínosné, především proto, že díky předpokládaným nižším nákladům na zamezení znečištění by české podniky z této výhody mohly těžit právě prodejem ušetřených emisních jednotek. Mezi další výhody patří zapojení do nadnárodního systému obchodování, které nutí podniky uvažovat v širších souvislostech a v neposlední řadě i implementace nástroje, který může být v budoucnu využit pro snižování emisí skleníkových plynů na úrovni ČR.

Vzhledem k tomu, že se jedná o problematiku úzce související s kompetencemi resortu průmyslu a obchodu, byla v této věci zahájena užší spolupráce MŽP a MPO. Prvním krokem bude vznik pracovní skupiny k problematice emisního obchodování, která bude z převážné většiny tvořena zástupci podniků, které by se do případného systému obchodování zapojovaly. Cílem této skupiny by bylo jednak se zástupci podniků diskutovat základní principy systému, ale i připravovat a navrhovat ty parametry systému, které lze přizpůsobit našim národním podmínkám. Složení pracovní skupiny bude koncipováno tak, aby zde byly zastoupeny všechny klíčové sektory z hlediska rozsahu působnosti připravované směrnice, na jednání budou moci být přizváni další odborníci a experti.