



PŘÍRUČKA LINEÁRNÍHO BILANČNÍHO MODELU GEMIS

**Vydala: Česká energetická agentura
Vinohradská 8, 120 00 Praha 2**

Vypracoval: CityPlan s.r.o.

**Tato publikace je určena pro poradenskou činnost a byla zpracována
v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití
obnovitelných zdrojů energie**

1. SOUHRN	3
2. CO JE SYSTÉM GEMIS	4
2.1 Funkční schema GEMIS	4
2.2 Charakteristika systému GEMIS	5
3. JAKÉ JE PRAKTICKÉ VYUŽITÍ PROGRAMU GEMIS	9
3.1 Užitek	9
3.2 Využití GEMIS v oblasti environmentálního managementu	10
3.3 Využití GEMIS v oblasti hodnocení životního cyklu LCA	10
3.4 Vztah GEMIS ke Směrnici 96/61/EC	14
3.5 Využití GEMIS pro provádění ekonomických rozborů	16
3.6 Reference GEMIS	17
4. DATABÁZE GEMIS	18
4.1 Struktura modelu GEMIS	18
4.2 Produkty	18
4.3 Procesy	19
4.4 Scénáře – případové studie	20
4.5 Reference	21
4.6 Pomocné datové soubory	21
5. ALGORITMY VÝPOČTŮ	22
5.1 Algoritmy	22
5.2 Schéma výpočtu procesu spalování	23
5.3 Výpočet emisí	23
5.4 Hlavní a sekundární toky energetických procesů	24
5.5 Hlavní a sekundární toky dopravních procesů	24
6. PRÁCE S PROGRAMEM GEMIS	25
6.1 Postup prací	25
6.2 List produktů	25
6.3 List procesů	26
6.4 List scénářů	26
6.5 List referencí	26
6.6 Demonstrační příklad postupu	26
7. PŘÍLOHY	28
7.1 Význam častěji používaných zkratk	28
7.2 Případová studie – individuální vytápění	30

1. SOUHRN

GEMIS je lineární výpočtový model, který je účinným nástrojem pro stanovení ekologických a ekonomických důsledků, které mohou vzniknout v případě uskutečnění investičních záměrů, navrhovaných opatření i systémových změn v oblasti energetických a látkových přeměn v nejrůznějších průmyslových oborech a dopravě.

GEMIS je účinnou a praktickou pomůckou pro pracovníky:

- vládních úřadů:
 - Ministerstvo průmyslu a obchodu,
 - Ministerstvo životního prostředí,
 - Ministerstvo pro místní rozvoj,
 - Ministerstvo financí a další
- státních organizací:
 - Česká energetická agentura,
 - Státní fond životního prostředí,
 - okresní úřady - referáty:
 - energetiky,
 - dopravy,
 - životního prostředí,
 - regionálního rozvoje
- samosprávy:
 - městské, obecní úřady - referáty:
 - rozvoje,
 - životního prostředí,
 - energetiky
 - dopravy
- soukromých i městských energetických, dopravních a výrobních podniků:
 - výrobci a distributoři tepla, elektřiny a plynu,
 - spalovny odpadů,
 - dopravní podniky,
 - průmyslové a zemědělské podniky
- inženýrských, poradních a informačních organizací:
 - EKISy,
 - projektové,
 - ekonomické a finanční,
 - auditorské.

GEMIS je kompatibilní prostředek komunikace v rámci EU, OECD a IEA. GEMIS je vyvíjen v souladu s legislativou EU, a je zatím jediným podpůrným programem v ČR pro směrnici EU č. 96/61/EC o integrované prevenci a omezení znečištění (IPPC), která vstoupila v platnost 24.9.1999 pro nová zařízení, a které se budou muset přizpůsobit všechny stávající provozy do osmi let, tj. do roku 2007. Garantem využívání programu GEMIS v ČR je od roku 1998 Česká energetická agentura.

Aktualizace příručky a databáze v roce 1999 obsahuje tyto hlavní přínosy:

- názvy produktů, procesů a scénářů byly převedeny do češtiny
- databáze byla zaktualizována a rozšířena o řadu nových produktů a procesů a případových studií
- příručka byla zcela přepracována podle připomínek uživatelů a absolventů školení, do příručky byly zapracovány i připomínky z oponentního posudku.

Bližší informace o výpočtovém programu a databázi GEMIS a pořádaných školeních podá:

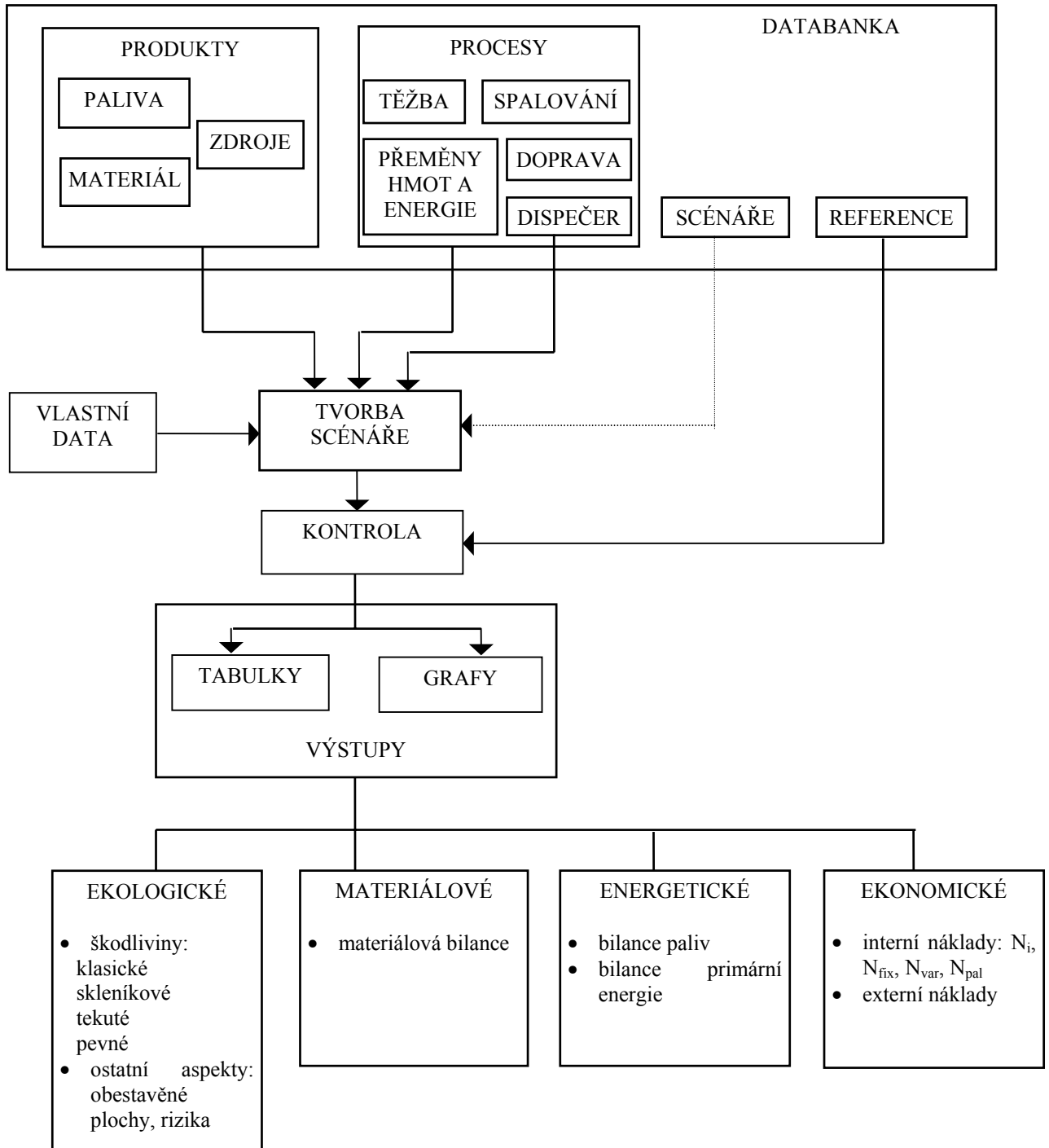
CITYPLAN spol. s r.o.
Odborů 4
120 00 Praha 2
tel.: 02/24915274
fax: 02/294939
e-mail: cityplan@vol.cz

2. CO JE SYSTÉM GEMIS

V této kapitole přinášíme charakteristiku systému GEMIS.

2.1 Funkční schéma GEMIS

Funkční schéma GEMIS je znázorněno na obrázku 1.



Obr.1 Funkční schéma GEMIS

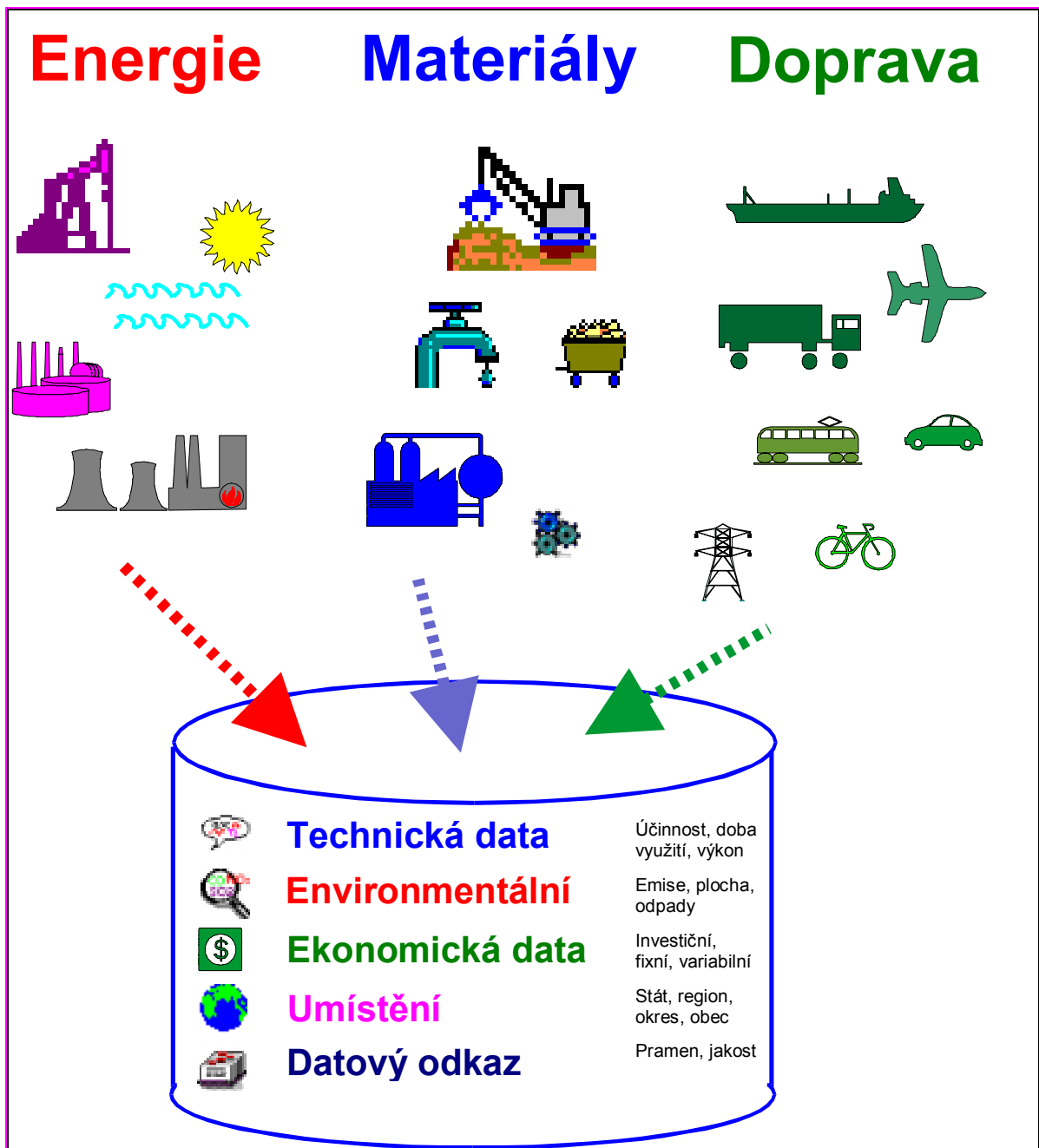
2.2 Charakteristika systému GEMIS

Počítačový model GEMIS je integrovaný systém pro zjišťování ekonomických, environmentálních a technologických souvislostí procesů v energetice, dopravě a zpracovatelském průmyslu, který vyvinul Œko-Institut v Darmstadtu společně s Vysokou školou v Kasselu na zadání Hessenského ministerstva životního prostředí (SRN). GEMIS je lineárním bilančním modelem vybaveným databankou, umožňující provádět environmentální i nákladové analýzy. V těchto rozborech jsou u energetických procesů zahrnuty veškeré činnosti počínaje získáváním primární energie, její dopravou a přeměnou v energii pro konečnou spotřebu (elektřina, teplo, pohon dopravních prostředků). Obdobně jsou u průmyslových procesů zahrnuty činnosti od získávání primárních surovin, jejich dopravou a přeměnou v meziprodukt či konečný výrobek. Konečně u dopravních procesů jsou definovány potřebné suroviny a energie nutné pro poskytnutí přepravních výkonů v nákladní (tkm) a osobní (oskm) dopravě. Takto jsou vzájemně definovány a sloučeny procesy ve vztahu k energii, dopravě a spotřebě materiálu. To znamená, že řetězec procesu výroba - spotřeba je uvažován společně se všemi souvisejícími energetickými, dopravními a materiálovými procesy. Nákladová analýza je prováděna ze dvou hledisek. Z hlediska podniku jsou sledovány interní náklady – krátkodobé i dlouhodobé marginální náklady. Z hlediska společnosti jsou sledovány i nikým neuhrazené externí náklady - tzv. externality. V rámci vyhodnocení vlivů na životní prostředí se podchycují jak kvantitativní tak i kvalitativní hlediska.

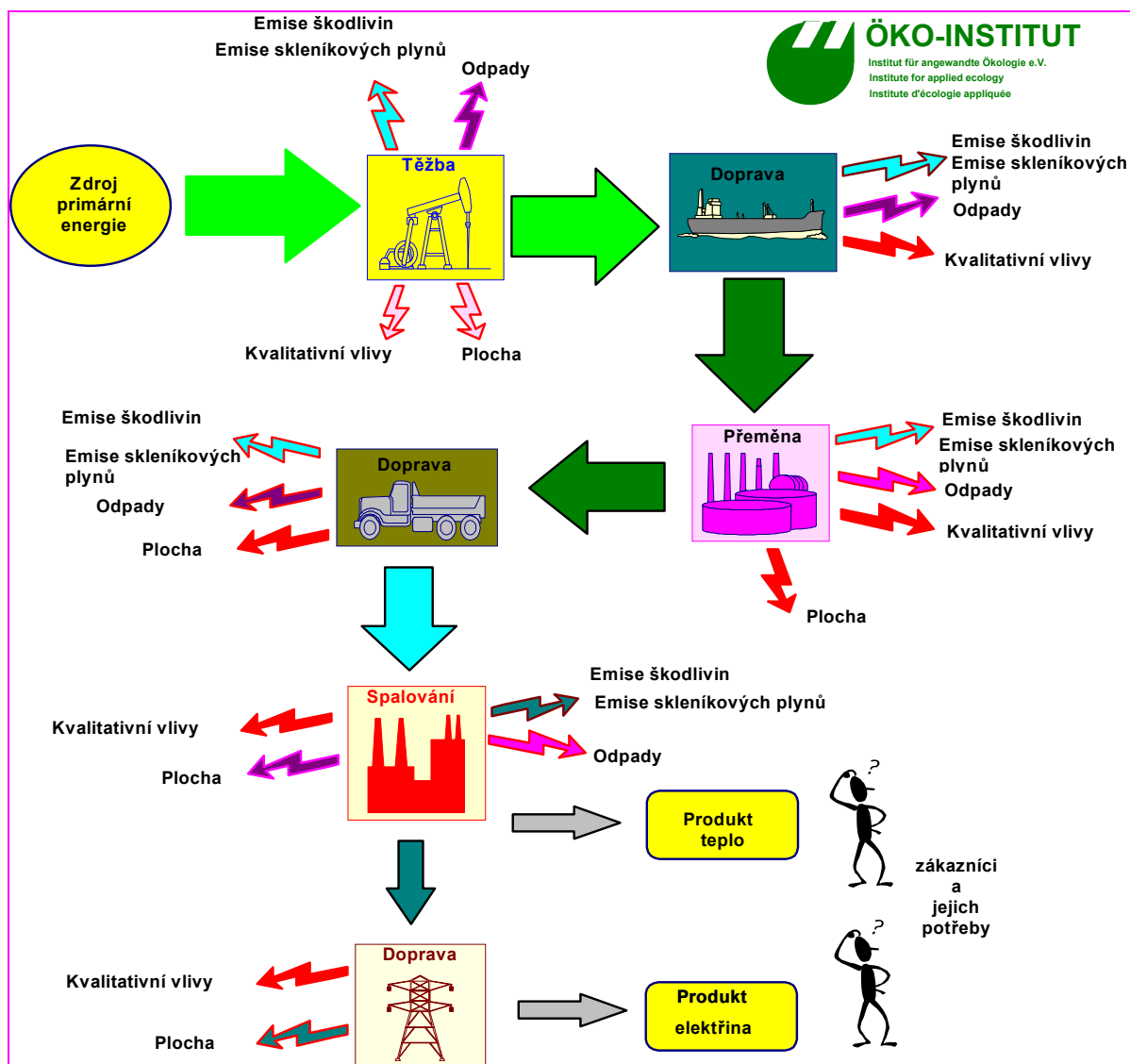
GEMIS je v podstatě stavebnicí energetických, dopravních a průmyslových procesů. Používá k tomu databázi produktů (nosiče energie, materiály), které do jednotlivých procesů vstupují a jako meziprodukt či konečný produkt z nich opět vystupují. Dále databázi s charakteristikou jednotlivých procesů (spalování, energetické transformace, průmyslové výrobní technologie, dopravní prostředky a procesy, apod.) a konečně i databázi scénářů, čili již konkrétních případových studií, či strategických záměrů. Všechny procesy jsou charakterizovány technickými, environmentálními a ekonomickými údaji, údaji o umístění procesu a konečně odkazy na původ vložených údajů (Obr.2).

Mezi technické údaje patří zejména výkony, doby využití a účinnosti. Environmentální údaje poskytují základní informaci o dopadu daného procesu na životní prostředí (např. hodinové emise, roční emise, emisní faktory přepočtené na jednotku vstupu – paliva, či na jednotku výstupu – např. elektřiny nebo tepla). Ekonomické údaje umožňují provádět nákladové analýzy i diskontní výpočty a poskytují v podstatě přehled o ekonomických parametrech procesů na úrovni manažerské ekonomiky. Údaje o umístění jednotlivých procesů umožňují vyhodnocovat dopady na životní prostředí z hlediska místa, okresu, regionu, státu atd., tj. je možné vysledovat, v které části procesního řetězce dochází k největšímu znečištění. Konečně posledním avšak významným prvkem GEMISu je možnost zaznamenávat odkazy na původ vložených informací a klasifikovat jejich jakost a přesnost od předběžných či informativních hodnot až po hodnoty ověřené např. měřeními. Při výpočtu jsou pak výsledné hodnoty klasifikovány od ++ (věrohodný údaj na základě jakostních vstupů) až po -- (pouze informativní údaj na základě předběžných či odhadnutých vstupů). To pak umožňuje selektivně a nákladově efektivně navrhovat potřebnost doplňkových rozborů a šetření.

Obrázek 3 ukazuje příklad sestavení procesního řetězce kombinované výroby tepla a elektřiny na bázi kapalných paliv (např. provoz paroplynové teplárny při přepnutí na extralehký topný olej).



Obr.2: Struktura dat technologických procesů

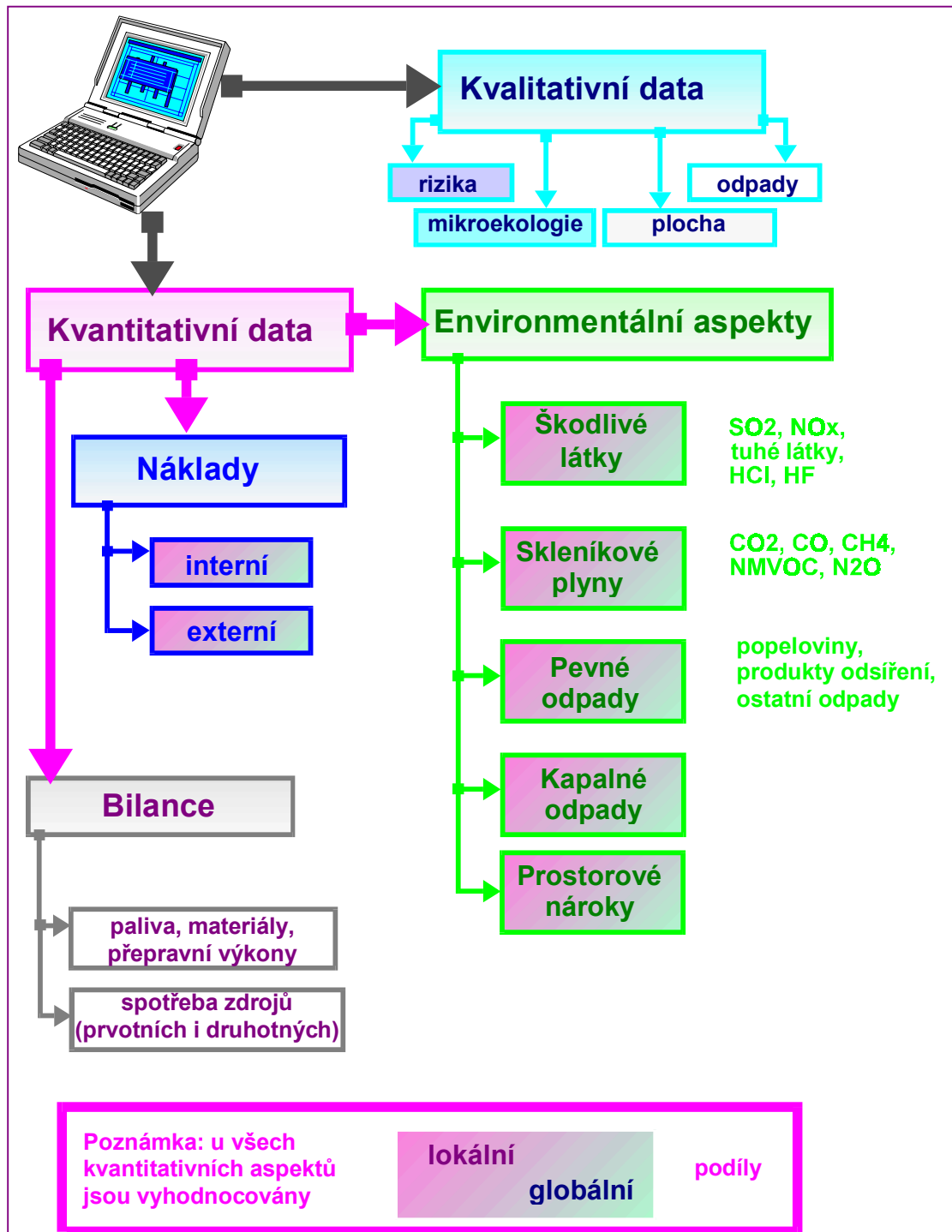


Obr.3: Příklad sestavení procesního řetězce kombinované výroby tepla a elektřiny z kapalných paliv

GEMIS tedy umožňuje modelovat úplný řetězec všech nutných činností k produkci daného výrobku (služby), tj. sestavovat a propojovat technologické procesy (tvořící tento řetězec) a specifikovat jejich technologické, environmentální a ekonomické parametry. Pomocí výpočetního modulu lze pak souhrnně vyhodnotit všechny tři pohledy (technologický, environmentální a ekonomický) a to jak na každý proces jednotlivě, tak i v souhrnu na celý procesní řetězec.

Výstupem z modelování jsou jednak kvantitativní, jednak kvalitativní údaje (Obr.4). Kvantitativní výstupy jsou trojího charakteru:

1. Čerpání přírodních zdrojů – energie a surovin
2. Znečišťování vzduchu, vody a půdy - emise, kapalné a pevné odpady.
3. Ekonomické údaje – interní (marginální) a externí náklady.



Obr. 4: Environmentální a ekonomické výstupy

GEMIS a jeho výstupy umožňují provádět rozborů zejména ve dvou oblastech:

- Provádění environmentálních rozborů, zejména pro hodnocení životního cyklu výrobků nebo činností, které je obecně známé pod zkratkou LCA (Life Cycle Assessment).
- Provádění ekonomických rozborů, zejména pro sledování nákladovosti jednotlivých procesů v řetězci ke zjištění ekonomické hodnoty konečného výrobku (služby) po celou dobu životnosti.

3. JAKÉ JE PRAKTICKÉ VYUŽITÍ PROGRAMU GEMIS

V této kapitole přinášíme přehled o možném praktickém využití systému GEMIS a referencích .

3.1 Užitek

GEMIS je efektivním nástrojem pro ekonomický a environmentální management a plánování v oblasti energetiky, dopravy a zpracovatelského průmyslu. Umožňuje zejména:

- provádění průkazu shody průmyslových s požadavky směrnice EU č. 96/61/EC o integrované prevenci a omezování znečištění
- usnadnění komunikace mezi podnikateli, politiky a veřejností
- zprůhlednění kontroly a řízení uvnitř podniku, je vhodným doplňkovým nástrojem řízení jakosti (ISO 9000), environmentálního managementu (ISO 14000) a hodnocení životního cyklu (LCA - Life Cycle Assessment) výrobků a služeb
- ukládání informací o vlastní technologii (provozní údaje, údaje o palivech, měřeních ap.) do „živého modelu“ vlastního zařízení
- využívání v oblasti regulace, ať již se jedná o provádění regulace ceny výroby a distribuce energií ale například i cen osobní a nákladní dopravy
- využívání v oblasti marketingu, neboť obsahuje informace o konkurenčních technologiích výroby tepla a elektřiny využívání jednotné informační základny
- provádění ekonomických rozborů podnikání v celém řetězci od výroby po spotřebu a s ohledem na životní cyklus výrobku
- mezinárodní porovnání technických parametrů a provozní výkonnosti, přístup na standardní databáze GEMIS jiných zemí.

GEMIS je kompatibilní prostředek komunikace v rámci zemí EU, OECD a IEA (Mezinárodní energetické agentury). Česká aplikace GEMIS CZ byla vytvořena společnou aktivitou Ministerstva životního prostředí ČR a Ministerstva průmyslu a obchodu za finančního přispění rakouské vlády (Ministerstvo pro životní prostředí, mládež a rodinu). Vypracováním české aplikace byl pověřen CityPlan spol. s r.o., přičemž další aktualizaci české databáze hradí Česká energetická agentura. Tím je tento program a jeho databáze, včetně všech mezinárodních propojení a kontaktů, předán k dispozici české veřejnosti jako součást vládní služby pro přizpůsobení oblasti energetiky, dopravy a zpracovatelského průmyslu legislativě EU v oblasti zlepšování životního prostředí.

GEMIS je možno využívat i jako manažerský nástroj pro:

- vyhodnocení strategických rozhodnutí
- přípravu rozvojových programů
- pro komunikaci
- přípravu podkladů k operativnímu rozhodování.

GEMIS umožňuje efektivně sledovat negativní externality podnikání, je proto neocenitelným nástrojem k získávání trhu pro společnosti, které vyrábí a poskytují služby ekologicky šetrně.

GEMIS usnadňuje zejména navenek komunikaci s veřejností a politiky na všech úrovních státní, regionální a místní správy. Pro svou kompatibilitu a rozšíření v zemích EU a OECD usnadňuje též komunikaci s mezinárodními a nevládními organizacemi.

Program GEMIS umožňuje úpravy ve třech odborných úrovních, podle zdatnosti uživatele:

1. užívání vlastní (podnikové) databáze vytvořené odbornou firmou
2. aktualizace dat uložených v paměti
3. vytváření vlastních databází a případových studií.

Celkově lze shrnout, že GEMIS lze používat především trojím způsobem:

1. jako komunikační nástroj podporující či zdůvodňující učiněné rozhodnutí
2. jako nástroj pro získávání informací
3. jako nástroj pedagogický pro výchovu a školení pracovníků.

Data programu GEMIS lze přenášet jednoduchým způsobem pomocí příkazů Ctrl+C a Ctrl+V do textu a tabulek v prostředí Microsoft Office (Word, Excel, Access, Powerpoint).

3.2 Využití GEMIS v oblasti environmentálního managementu

Hodnocení dopadu zásobování energiemi na životní prostředí poskytuje přesvědčivé argumenty pro rozhodování státní správy a samosprávy a usnadňuje obranu proti chybným rozhodnutím z neznalosti ekonomických a environmentálních dopadů. Vláda ČR dne 1.7.1998 svým usnesením č. 4666/1998 schválila „Národní program zavedení systému řízení podniků a auditů z hlediska ochrany životního prostředí - Program EMAS“.

GEMIS je vhodným informačním nástrojem při zavádění systému environmentálního managementu (EMS/EMAS). Jeho databáze obsahují technické, ekonomické a environmentální informace:

- > 330 produktů (nosiče energie, suroviny, materiály)
- > 1200 procesů (energetické, dopravní, průmyslové)
- > 30 scénářů (zamýšlené akční plány, historické údaje apod.)

Hlavním principem zavedení GEMIS, jako nástroje environmentálního managementu, je využívání zpětných vazeb při simulování zamýšlených rozhodnutí, které uzavírají smyčku řízení:

plánování - realizace - vyhodnocení - zlepšení.

GEMIS nachází uplatnění v řadě oblastí systému environmentálního managementu:

Environmentální aspekty

GEMIS umožňuje selektivně sestavovat environmentální aspekty a vyhodnotit jejich pořadí podle důležitosti jejich environmentálního dopadu a třídít dopady podle registru environmentálních dopadů. Umožňuje tyto dopady kvantifikovat, tj. určovat environmentální profil (environmental performance) jednotlivých procesů a jejich řetězců (Obr.3). Základními environmentálními aspekty jsou:

- spotřeba energie
- spotřeba surovin
- emise
- odpady.

Environmentální audit

GEMIS umožňuje využívat výsledky environmentálních měření a tím v rámci auditu systematicky ověřovat a dokumentovat dosahovaný stav v oblasti životního prostředí.

Prevence znečištění

Pomocí srovnávání s existujícími zahraničními databázemi je možno provádět „benchmarking“, tj. srovnávání zamýšlené instalace nové energetické technologie se současnými nejlepšími dostupnými technologiemi a jejich úrovní znečišťování životního prostředí. Výsledek vede k vyvíjení požadavků na dodavatele a ve svém důsledku k čistší produkci.

Průkaz hodnocení životního cyklu a energetické účinnosti

GEMIS je přímo vyvinut jako nástroj pro hodnocení životního cyklu výrobku (služby) LCA. Vyhodnocuje spotřebu energie, surovin a materiálů ve smyslu požadovaném směrnicí EU 96/61/EC. Parametrizace a doplnění stávající databáze umožňuje sestavit procesní řetězec výrobního zařízení.

Demonstrace angažovanosti v environmentální oblasti

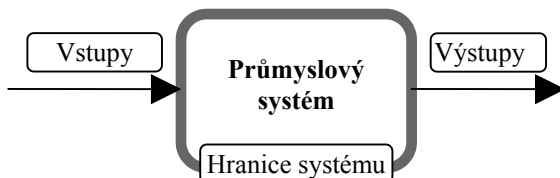
Používání GEMIS umožňuje operativní přípravu užitečných podkladů pro komunikaci s veřejností a pro zprávy o stavu vlivu na životní prostředí. Dopady na ŽP je možno pomocí GEMIS vyhodnocovat z místního, regionálního, republikového i globálního hlediska, neboť GEMIS rozlišuje umístění jednotlivých částí procesních řetězců.

3.3 Využití GEMIS v oblasti hodnocení životního cyklu LCA

Posuzování životního cyklu, obecně známé pod zkratkou LCA (Life Cycle Assessment), je jednou z metod environmentálního managementu, která hodnotí environmentální aspekty a možné dopady výrobku nebo činnosti na životní prostředí v průběhu celého životního cyklu. To znamená od získávání nebo těžby surovin přes výrobu výrobků, jejich užívání až po odpad.

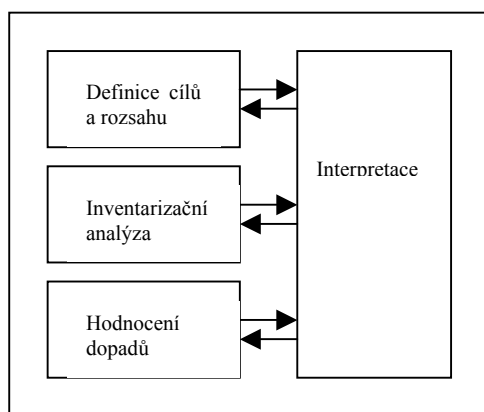
LCA se zabývá průmyslovým systémem, který lze definovat jako související sled procesů sloužících k vyprodukování nějaké funkce. Jestliže je definována funkce systému, pak je možné, v principu, identifikovat ty procesy, které jsou potřebné pro dosažení funkce. Tato jednoduchá úvaha je základem pro porozumění smyslu LCA a pro interpretaci jakýchkoliv výsledků.

Každý průmyslový systém je reprezentován hranicí vymežující činnosti, které jsou předmětem zájmu.



Obrázek schématicky znázorňuje průmyslový systém oddělený hranicemi systému od systémového prostředí.

Metoda LCA má v podstatě 4 fáze:



- I. Definice cílů a rozsahu** je fází, ve které je přesně specifikován produkt nebo proces, který je předmětem studie, důvod zpracování studie, její rozsah a způsob využití a potenciální uživatel. Rozsah studie lze upřesňovat i v průběhu jejího zpracování na základě dosažených dílčích výsledků.
- II. Inventarizační analýza** je výhradně zaměřena na kvantitativní popis toků ze vstupů a výstupů napříč hranicemi systému. V tomto smyslu je inventarizace neutrálním popisem, který se snaží popsat toky tak jasně a jednoznačně, jak je to jen možné. Systémové prostředí představuje zdroj všech vstupů a výstupů a příjemce všech výstupů. Životní cyklus vždy začíná surovinou v zemi, pokračuje přes všechny fáze - výrobu, užití a odpad, takže jediné výstupy jsou ty, které jdou zpět do země. Je velmi důležité si uvědomit, že vlastnosti, které identifikují skutečný životní cyklus (LC – Life Cycle) jsou: vstup suroviny ze země a výstup v podobě odpadu do země. Jakýkoliv jiný systém, který nemá tyto vlastnosti, není skutečným LC. Strana vstupů průmyslového systému zajišťuje popis zdrojů vstupujících do operačního systému a strana výstupů provádí vyčíslení potenciálních znečišťujících látek vystupujících ze systému.
- III. Hodnocení dopadů životního cyklu** vychází z údajů inventarizace a poskytuje jak kvantitativní, tak kvalitativní zhodnocení účinků výrobků, nebo činností na lidské zdraví i na zdravotní stav ekosystémů. Hlavním cílem analýzy dopadů je vytvoření vzájemné vazby mezi životním cyklem produktu nebo výrobku a potenciálními dopady. Výsledné údaje z inventarizační analýzy jsou v této fázi zařazeny do jednotlivých kategorií dopadů, kvantifikovány a převedeny na srovnatelnou bázi. Porovnávání kvantifikovaných dopadů je vlastní podstatou třetí fáze LCA – hodnocení dopadů životního cyklu. Tato fáze nemá za cíl hodnocení aktuálních dopadů, ale spíše převod údajů z inventarizace na podíl jednotlivých částí životního cyklu výrobku vzhledem k jeho celkovému dopadu na životní prostředí.

Fáze hodnocení dopadů životního cyklu má několik kroků:

- Selektce a definice kategorií dopadů
- Klasifikace
- Charakterizace
- Vážení napříč kategoriemi dopadů

Selektce a definice kategorií dopadů je prvním krokem fáze hodnocení dopadů, v němž dochází, na základě výsledků inventarizační analýzy, k výběru vhodných kategorií dopadů, př. čerpání přírodních zdrojů, lidské zdraví, zdraví ekosystémů. Tyto kategorie lze podrobněji členit, například v kategorii zdraví ekosystémů lze rozlišovat například: Skleníkový efekt, Narušení ozónové vrstvy, Acidifikace, Atd.

Charakterizace dopadů je druhým krokem fáze hodnocení dopadů, v němž se provádí analýza a kvantifikace (v případě, že je to možné i agregace) v rámci daných kategorií dopadů.

Vážení napříč kategoriemi dopadů je třetím krokem LCA - hodnocení dopadů na životní prostředí, ve kterém se relativní hodnoty různých kategorií dopadů váží proti sobě navzájem. Na rozdíl od předchozích kroků je vážení napříč kategoriemi dopadů zatíženo subjektivním názorem. Tento krok nepatří k povinným krokům LCA.

IV. Interpretace životního cyklu je systematický postup při identifikaci, hodnocení a výběru z několika alternativních možností zaměřených na snížení spotřeby energie a zdrojů či dopadů na životní prostředí způsobovaných technologickým postupem nebo výrobkem. Vychází z inventarizační analýzy a hodnocení dopadů životního cyklu včetně jejich jednotlivých částí: klasifikace, charakterizace a vyhodnocení.

Pro celkové vyhodnocení životního cyklu výrobku lze využít kompletní metodický postup po sobě jdoucích fází LCA, jejich vzájemnou kombinaci, nebo lze s úspěchem využít pouze výsledků inventarizační analýzy a na jejich základě rozhodnout o výrobku, který má lepší parametry z hlediska životního prostředí nebo navrhnout opatření, která by vedla ke zlepšení vlastností stávajícího stavu.

Výsledky LCA lze v praxi využít pro:

- Vývoj a zlepšování výrobků
- Strategické plánování
- Ovlivnění veřejného mínění
- Marketing
- Další

Program GEMIS lze s úspěchem využít jako nástroj pro zpracování studií LCA především ve fázi inventarizační analýzy a částečně ve fázi hodnocení dopadů životního cyklu.

Ve fázi inventarizační analýzy umožňuje:

- snadné sestavení řetězce životního cyklu výrobků
- vyhledávání údajů o vstupech a výstupech vztahujících se k jednotlivým procesům uvnitř posuzovaného průmyslového systému.
- automatický přepočítání spotřeby energie až na integrovaný součet primární energie spotřebované v celém řetězci
- automatizovaný přepočítání spotřeby surovin (Scenarien Ressourcenbilanz)
- přehled o spotřebě jednotlivých druhů paliv (Scenarien Brennstoffbilanz).

Ve fázi hodnocení dopadů životního cyklu umožňuje:

- identifikaci látek, které způsobují skleníkový efekt
- identifikaci látek, které způsobují acidifikaci prostředí

Tyto látky shromažďuje a přepočítává na ekvivalenty CO₂ a SO₂ způsobem totožným s metodou LCA.

Skleníkový efekt (Kategorie dopadů podle metody LCA):

Skleníkové plyny mají různou emisivitu, tzn. že pohlcují nebo vyzařují záření v různé míře. Výsledný účinek na skleníkový efekt proto závisí na absorpční schopnosti plynu pohlcovat tepelné záření a na „době života“ plynu v atmosféře. Aby bylo možno jednoduchým způsobem vyjádřit celkový účinek skupiny skleníkových plynů emitovaných při analyzovaném procesu na oteplování ovzduší, zavádí se tzv. ekvivalent CO₂. Tato veličina se určí výpočtem podle vztahu

$$\text{CO}_2_{\text{ekv}} = \sum m_i * k_i,$$

kde je m_i [kg] množství uvolněného skleníkového plynu i a k_i [kg/kg] je váhový koeficient, který přepočítává množství i -tého plynu na množství CO₂, které má stejný skleníkový efekt. Váhové koeficienty k_i jsou uloženy v datovém souboru programu a hodnoty ekvivalentu CO₂ jsou počítány automaticky s ostatními charakteristikami vyšetřovaného procesu.

Acidifikace (Kategorie dopadů podle metody LCA):

Acidifikace je působení škodlivin ve formě kyselých dešťů. Hodnoty ekvivalentního SO₂ (SO₂_{ekv}) zahrnují celkové působení znečišťujících látek SO₂, NO_x, HF a HCl tak, že působení posledních tří látek se přepočítává na ekvivalentní množství SO₂ podle vztahu

$$\text{SO}_2_{\text{ekv}} = \sum 0,5 * m_{\text{SO}_2}/m_i,$$

kde m_{SO_2} , m_i je molekulová hmotnost SO₂, resp. látky i .

Vážení napříč kategoriemi dopadů - externí náklady

Program GEMIS umožňuje vypočítat kromě vlastních nákladů vyšetřovaných procesů také tzv. externí náklady, které vznikají působením emisí škodlivých plynných látek a skleníkových plynů a odpadů. Tím je umožněno relativně jednoduše ocenit dopady na životního prostředí a posoudit tak ekonomické a ekologické faktory jediným kritériem. Problém je „pouze“ v tom, že ocenění externalit je subjektivní.

Bonusy

U scénářů, ve kterých se porovnává monovýroba s kombinovanou výrobou tepla a elektřiny mohou vzniknout formální problémy, neboť porovnání nemusí být jednoznačné. Výsledky se mohou lišit podle toho, zda se varianty porovnávají z hlediska výroby elektřiny nebo tepla. Program GEMIS řeší tento problém následujícím způsobem.

Při stanovení emisí škodlivin vzniklých při současné výrobě elektřiny a tepla ve vztahu k jedinému produktu, tj. elektřině nebo teplu, platí princip superpozice. Z úhrnného množství emisí teplárny se odečtou emise, které by vznikly při výrobě nesledované energie ve zdroji, ve kterém se vyrábí pouze tato energie. Vychází se přitom z toho, že dodávku energie lze členit na dvě části:

- dodávku energie z pohledu využití tepla
- dodávku energie z pohledu využití elektřiny.

Jestliže je tedy cílem rozboru bilance emisí škodlivin při výrobě elektřiny, určí se pro současně vyráběné teplo v teplárně emisní bonus, tj. od celkových emisí škodlivin teplárny se odečítá množství emisí škodlivin, které by vzniklo při výrobě stejného množství tepla ve výtopně. Jestliže jsou naproti tomu cílem rozboru emise při výrobě tepla, počítá se bonus pro výrobu elektřiny v teplárně, tj. odečítá se množství emisí, které by vzniklo při výrobě stejného množství elektřiny v kondenzační elektrárně.

Při výpočtu bonusu je nutno vždy definovat porovnávací zdroj tepla nebo elektřiny. V německé verzi programu GEMIS se v prvním případě volí jako porovnávací zdroj tepla výtopna na topný olej, ve druhém případě kondenzační elektrárna na černé uhlí středního výkonu. V českých podmínkách se uvažuje náhrada uhelné či plynové výroby tepla a náhrada hnědouhelné elektrárny.

V případě použití bonusu mohou mít hodnoty emisí i zápornou hodnotu, pokud jsou vztahovány k nějakému referenčnímu stavu.

Pomocí programu GEMIS lze však použití bonusu obejít, pokud se analyzují procesy z hlediska obou současných výstupů (tepla a elektřiny).

3.4 Vztah GEMIS ke Směrnici 96/61/EC

Směrnice IPPC byla přijata 24.9.1999, nabyla účinnosti po třech letech v září 1999 pro nová zařízení a pro přizpůsobení existujících zařízení je vyhrazeno období 8 let, tj. do roku 2007. Účelem směrnice je zajistit u vybraných průmyslových a zemědělských procesů průkaz zajištění prevence a omezení znečišťování životního prostředí a to v integrujícím úhlu pohledu na úplný procesní řetězec příslušné technologie a při uvažování úplného životního cyklu daného výrobku.

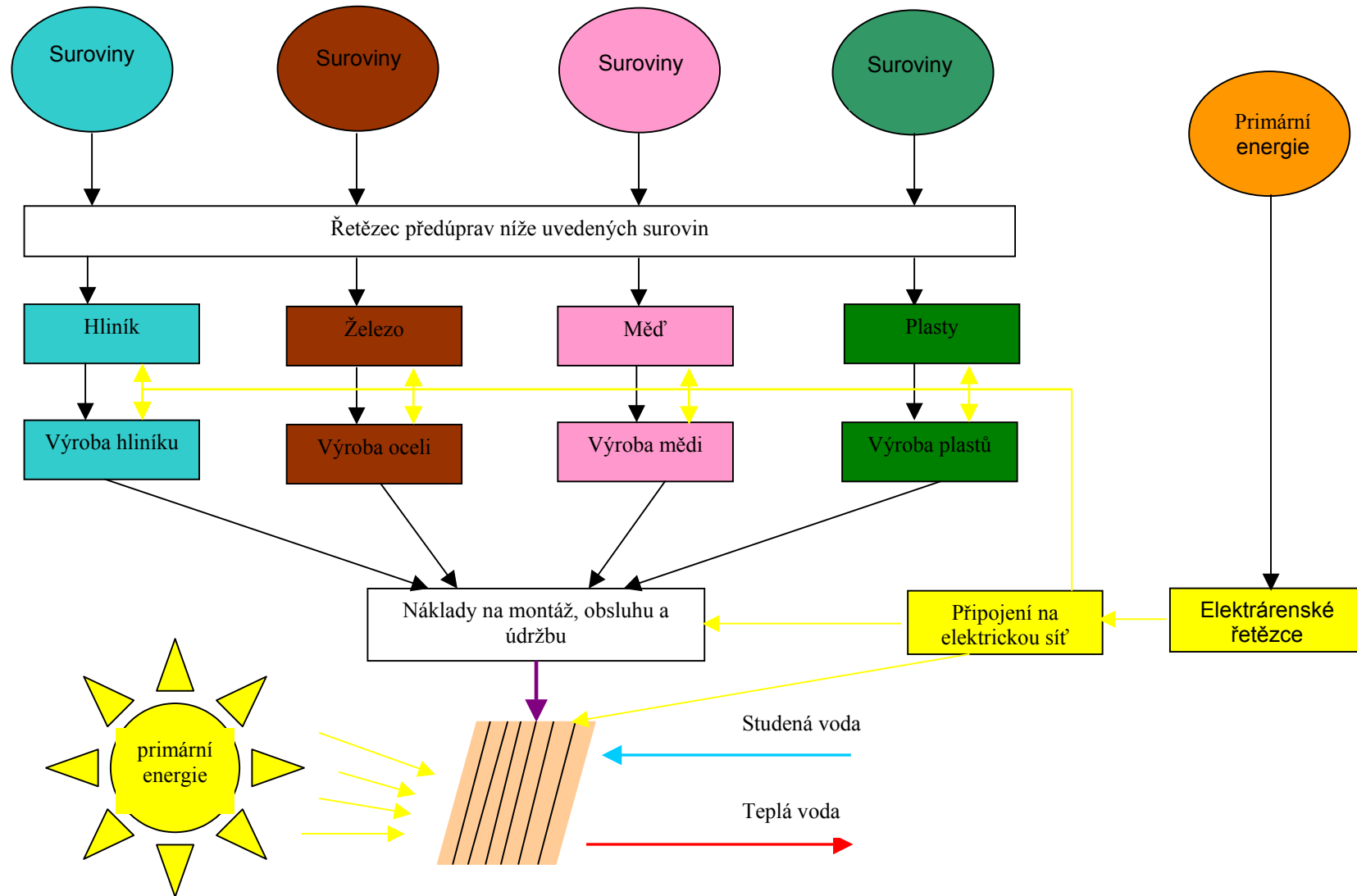
Lze očekávat, že pro přístupující země bude jen velmi obtížné dosáhnout výjimky z této směrnice, neboť v současné globalizované liberální ekonomice s převahou nabídky nad poptávkou lze jakýkoliv výrobek zajistit environmentálně přijatelnými technologickými procesy. Není tedy důvod tolerovat „špinavou“ výrobu v přístupujících zemích. Směrnice EU jsou těmto zemím od počátku známé a tyto země mají dostatečnou dobu na to aby v rámci restrukturalizace svého průmyslu splnění směrnice zajistily.

Směrnice je zacílena na 3 oblasti:

1. Hospodárné využívání energie. Sleduje se měrná spotřeba energie na jednotky výroby, podíl obnovitelné energie.
2. Měrná spotřeba pomocných surovin na jednotku výroby
3. Dopady na životní prostředí, zejména na ovzduší, vodu, půdu.

GEMIS může být využíván jako nástroj prokazující soulad se směrnicí 96/61/EC, neboť byl s tímto záměrem vyvíjen. Obrázek 5 ukazuje příklad využití GEMIS k integrovanému pohledu na ohřev vody solárním kolektorem podle principu Směrnice 96/61/EC.

Obr. 5 Příklad integrovaného pohledu GEMIS podle Směrnice 96/61/EC na ohřev vody solárním kolektorem



3.5 Využití GEMIS pro provádění ekonomických rozborů

Smyslem ekonomických rozborů jsou dvě základní oblasti:

1. Uvážlivě investovat, vyvarovat se „utopených nákladů“, tj. investic bez návratnosti.
2. Náklady přizpůsobovat ceně vnucené konkurencí, být schopen „přežít“ i „cenovou válku“ na trhu.

Programem GEMIS lze vyčíslvat nákladové bilance a tak získat hodnoty osvětlující ekonomiku vyšetřovaných procesů. Ekonomické algoritmy jsou uspořádány podle zásad manažerské ekonomiky, rozlišují se investiční výdaje a fixní (neinvestiční), variabilní nepalivové a variabilní palivové náklady.

Náklady životního cyklu (LCC) jsou vypočítávány buď jako výrobní náklady:

kalkulovaná úroková míra $p=0$,
investice se promítají do nákladů jako odpisy,

nebo jako dlouhodobé marginální náklady:

kalkulovaná úroková míra $p = \text{bezrizikový výnos} + \text{riziková přírážka}$,
investice se promítají do nákladů jako anuita.

Dlouhodobé měrné marginální náklady (langfristige Grenzkosten) jsou definovány jako součet nákladů v jednotlivých uvažovaných letech za dobu ekonomické životnosti diskontovaných k prvnímu roku provozu a dělených sumou dodané energie rovněž diskontované k prvnímu roku. V případě, že součinitel eskalace nákladů je nulový ($0\%/r$), rovnají se dlouhodobé měrné marginální náklady měrným nákladům v prvním roce provozu.

Výpočet dlouhodobých měrných marginálních nákladů se provádí podle vztahu:

$$n_m = (\sum N_T * r^{-T}) / (\sum E_T * r^{-T}),$$

kde je T pořadové číslo roku provozu,
 N_T celkové náklady v roce T ,
 E_T celkem dodaná energie v roce T ,
 $r = 1 + p$,
 p kalkulovaná úroková míra.

S ohledem na zjednodušení výpočtů se uvažuje stejná hodnota kalkulované úrokové míry pro výpočet roční složky investičních nákladů a dlouhodobých měrných marginálních nákladů.

Program neuvažuje daně a splátky, resp. úroky z úvěrů. Náklady na stavební a konstrukční materiály jsou obsaženy v investičních nákladech tj. uvažuje se stavba na klíč s určitou dobou životnosti.

Při nákladové analýze se vypočte roční složka investičních nákladů, další pevné roční náklady na provoz a údržbu, proměnné roční náklady (nepalivové) a palivové náklady.

Celkové investiční náklady se počítají jako násobek měrných investičních nákladů a výkonu zařízení. Roční složka se stanoví ve výši anuity ($p > 0$), případně odpisů ($p = 0$).

Pevné (fixní) roční náklady se počítají jako násobek měrných pevných nákladů a výkonu. Pevné roční náklady transportních systémů se počítají jako násobek měrných pevných nákladů a dopravní vzdálenosti.

Roční proměnné (variabilní) nepalivové náklady se počítají jako násobek měrné hodnoty, výkonu a doby využití.

Palivové náklady se vypočítají násobením roční spotřeby paliva cenou paliva, která je uložena v souboru dat, nebo kterou zadá uživatel. Roční spotřeba paliva se počítá jako násobek výkonu a doby využití, který se dělí účinností.

Sečtením takto vypočtených nákladů se určí celkové roční náklady analyzovaného procesu pro daný rok. Při výpočtu nákladů v následujících letech lze uvažovat zvyšování nákladů pomocí eskalačního koeficientu.

3.6 Reference GEMIS

Česká aplikace GEMIS byla využita v České republice při zpracování celé řady prací:

- Strategie zakomponování obnovitelných zdrojů do energetického systému ČR (MPO, 1999)
- Analytická studie možností využití obnovitelných zdrojů energie v závislosti na ekonomických podmínkách s využitím strukturálních fondů EU v rámci národního rozvojového plánu (MŽP, 1999)
- Podkladová studie pro návrh koncepce státní politiky životního prostředí v oblasti lidských sídel a průmyslových aglomerací (pro MŽP, 1999)
- Návrh vyhodnocení metodiky a kritérií pro program podpor SFŽP ČR (pro SFŽP, 1999)
- Podklady pro nezávislý expertní tým pro posouzení dostavby JETE (pro Úřad vlády, 1999)
- Vyhodnocení pokrytí poptávky po elektřině v ČR (pro MŽP, 1999)
- Posouzení EIA špičkového energetického zdroje Mělník (pro ČEZ a.s., 1999)
- Podpora marketingu (Transgas, 1999)
- Náklady a ceny tepla Náklady a ceny v zásobování teplem a kombinované výrobě elektrické energie a tepla před vstupem ČR do EU (pro MPO, MŽP, ÚED, ČEZ a.s., Teplárenské sdružení, 1998)
- Bilanční model české energetiky (pro ČEA, 1998)
- Vyhodnocení potenciálu úspor při variantním způsobu realizace Státní energetické politiky ČR (pro ČEA, 1998)
- Podklady pro pracovní jednání výborů Senátu a Poslanecké sněmovny Parlamentu ČR k řešení energetických problémů státu vysvětlující význam teplárenství (pro Parlament ČR, 1998)
- Využití GEMIS pro posuzování projektů (pro SFŽP, 1998)
- Vypracování metodiky pro způsob stanovení ceny tepla (pro MPO ČR, 1997)
- Využití GEMIS pro posuzování projektů snížení spotřeby energie (pro ČEA, 1997)
- Katalog opatření pro úspory energie (pro ČEA, 1997)
- Zpracovávání energetických generelů a expertiz pro města (pro celou řadu měst, obcí a okresů).
- Rozhodování o druhu vytápění v obci.

GEMIS v mezinárodním společenství:

- Západní Evropa: Německo, Rakousko, Švýcarsko, Dánsko, Itálie, Lucembursko, Holandsko, Portugalsko, Švédsko, Finsko, Velká Británie, Lucembursko, Belgie a dále inženýrské organizace, školy a nevládní organizace.
- Střední a Východní Evropa: Česká republika, Polsko, Chorvatsko, Slovinsko, Maďarsko, Slovensko
- Severní Amerika: USA - DOE (Ministerstvo energetiky), Národní laboratoře LBL, NREL, ORNL, PNL.
- Asie: Japonsko, Indie, Čína
- Mezinárodní organizace: OECD, IEA, IAEA, Světová banka

4. DATABÁZE GEMIS

Tato kapitola uvádí základní strukturu modelu, hlavní produkty a procesy uložené do databáze a německé označení produktů a procesů vložených zahraničními organizacemi.

4.1 Struktura modelu GEMIS

Program GEMIS pozůstává z:

- Databázi produktů a procesů, ve kterých jsou shromážděny údaje o materiálech, palivech, technologiích a procesech včetně příslušných komentářů a údajů o původu a o věrohodnosti dat.
- Modulu scénářů, pomocí kterého lze seskupovat a porovnávat procesní řetězce technologií energetických a látkových přeměn od získávání primární energie nebo materiálu (těžby) až po konečnou spotřebu.
- Modulu analýz, který propočítává energetické, hmotové a nákladové bilance uvažovaných scénářů.
- Modulu grafiky, který umožňuje přehledné grafické zobrazení a porovnání výsledků.

Datový soubor je rozčleněn do čtyř skupin:

- produkty (paliva, ostatní nosiče energie, materiály, prvotní zdroje energie a surovin),
- procesy (těžba, přeměna energie a hmot, spalování, doprava, dispečer),
- scénáře (modelování prostřednictvím sestavování procesních řetězců),
- reference (informace o původu dat).

Z těchto oddílů lze vybírat data pomocí menu a filtrů. Filtry umožňují rozsah souboru dat zúžit a tak urychlit jejich výběr k sestavování individuálních procesů a scénářů.

Datový soubor české verze GEMIS je založen na původním německém modelu a byl doplněn o údaje charakterizující paliva, materiály a technologické postupy používané v energetice ČR. Uložená data mají dvojí charakter. Obecná data charakterizují průměrné vlastnosti procesu určitého typu a uživatel je použije pokud nezná skutečné hodnoty konkrétního procesu nebo pracuje-li s agregovanými údaji. Kromě těchto dat může uživatel použít také vlastní data, pokud je to účelné a výpočet se tak zpřesní. Původně uložené hodnoty (německé) jsou chráněny před případnými úpravami uživatele. Tato původní data jsou odlišena červenou barvou.

4.2 Produkty

Databáze GEMIS obsahuje charakteristiky základních druhů produktů. a obsahuje přes 330 položek. Nejčastěji užívané produkty jsou:

Tuhá paliva

hnědé uhlí	(Braunkohle)
černé uhlí	(Steinkohle)
lignit	(Lignite)
koks	(Koks)
dřevo	(Holz)
sláma	(Stroh)

Kapalná paliva

benzín	(Benzin)
nafta	(Diesel)
LTO	(Öl - leicht)
TTO	(Öl - schwer)

Plynná paliva

zemní plyn	(Erdgas)
zkapalněné plyny	(Flüssiggas)
skládkové plyny	(Deponiegas)

Energie

elektrická	(Elektrizität)
tepelná	(Warmewasser)

Datový soubor těchto produktů obsahuje zejména:

- prvkové rozborů paliv,
- výhřevnosti,
- cenu.

4.3 Procesy

GEMIS zahrnuje tyto základní druhy procesů:

- získávání fosilních i obnovitelných paliv,
- získávání materiálů (především stavebních a konstrukčních),
- energetické transformace (rafinérie, spalování, výměníky atd.)
- procesy čištění spalin,
- technologie výroby elektřiny a tepla (výtopny, teplárny, elektrárny různých typů),
- doprava energie a materiálů
- osobní doprava.

GEMIS analyzuje u uvedených procesů všechny dílčí procesy, tvořící řetězce, spotřebu pomocné energie a spotřebu materiálů. Pro uvedené procesy se nachází v datové základně charakteristiky a konstanty k výpočtu:

- účinnost, výkon, doba využití, životnost a obestavěná plocha,
- škodlivé emise (SO₂, NO_x, prachu, CO, NMVOC),
- skleníkové plyny (CO₂, CH₄, N₂O aj.),
- tuhé odpady (popeloviny, produkty odsíření, kaly atd.),
- kapalné odpady (anorganické soli, N, P aj.).

V souboru dat jsou rovněž obsaženy údaje potřebné pro nákladovou analýzu (investiční a provozní náklady). Pomocí nich lze zjistit provozně-ekonomické (marginální) náklady procesu.

Údaje o procesech jsou rozděleny do několika skupin podle účelu, paliva a technologie. Databáze obsahuje přes 1200 různých procesů. Nejužívanější jsou:

<u>Spalovací procesy</u>	<u>(Verbrennung)</u>
na hnědé uhlí -	lokální vytápění (Brk - Heizung)
	kotelny, výtopny (Brk - Kessel)
	teplárny (Brk - HKW)
	elektrárny (Brk - KW)
	elektrárny s odběrem tepla (Brk - KWK)
na černé uhlí -	lokální vytápění (Stk - Heizung)
	kotelny, výtopny (Stk - Kessel)
	teplárny (Stk - HKW)
	elektrárny (Stk - KW)
	elektrárny s odběrem tepla (Stk - KWK)
na koks -	lokální vytápění (Koks - Heizung)
	kotelny, výtopny (Koks - Kessel)
na plyn -	lokální vytápění (Gas - Heizung)
	kotelny, výtopny (Gas - Kessel)
	parní teplárny (Gas - HKW)
	teplárny s plyn. motory (Gas - BHKW)
	teplárny s plynovou turbínou (Gas - HKW - GT)
	paroplynové teplárny (Gas - HKW - GuD)
	elektrárny s plynovou turbínou (Gas - KW - GT)
	paroplynové elektrárny (Gas - KW - GuD)
	špičkové elektrárny (Gas - KW - GT)
na olej -	lokální vytápění (Öl - Heizung)
	kotelny, výtopny (Öl - Kessel)
	parní teplárny (Öl - HKW)
na dřevo -	lokální vytápění (Holz - Heizung)
	kotelny, výtopny (Holz - Kessel)
na slámu -	kotelny, výtopny (Stroh - Kessel)

<u>Přeměny energie</u>	<u>(Energieumwandlung)</u>
elektrické vytápění	(El - HZg)
tepelná čerpadla	(El - Wärmepumpe)
elektrizační síť	(Netz - el)
sítě CZT	(Netz\Fernwärme)
jaderné elektrárny	(U-KW-DWR)

<u>Doprava</u>	<u>(Transport)</u>
silniční doprava paliva a materiálu	(např. LKW - nah\Brk)
železniční doprava paliva a materiálu	(např. Zug-el\Brk)
potrubní doprava - sítě CZT	(Netz\Fernwärme)
plynovody	(Pipeline\Gas)
ropovody	(Pipeline\ Rohöl)
elektrická vedení	(Netz\el)

<u>Získávání primární energie a těžba surovin (Gewinnung)</u>	
odpadní teplo	(Abfälwärme)
úspory energie	(Effizienz)
sluneční kolektory	(Solarkollektor)
vodní elektrárny	(Wasser - KW)
větrné elektrárny	(Wind - KW)
těžba surovin (např. písku)	(Xtra - Abbau\Sand)
pěstování řepky	(Xtra - Anbau\Raps)
sběr odpadního dřeva	(Xtra - Rest\Holz).

<u>Technologie pro čištění spalin</u>	<u>(Emissionsminderung)</u>
denitrifikační technologie	(DeNOx)
odsířovací technologie	(REA)
katalyzátory	(OxKat)
elektrofiltry	(Elektrofilter)
rukávové (tkaninové) filtry	(Schlauchfilter)

<u>Nákladní dopravní prostředky</u>	<u>(Antriebsystem)</u>
nákladní automobily	(LKW)
nákladní lodě	(Schiff)
nákladní vlaky	(Züge)

<u>Osobní dopravní prostředky</u>	<u>(Personentransport)</u>
autobusy	(Bus)
osobní automobily	(Pkw)
osobní vlaky	(Zug)
letadla	(Flugzeug)

4.4 Scénáře – případové studie

Pomocí uložených nebo vlastních dat sestaví uživatel požadovaný scénář analyzovaných procesů. Programem lze pak stanovit výstupní hodnoty, buď v tabulkovém nebo grafickém vyjádření.

Databáze scénáře obsahuje přes 30 demonstračních scénářů, např.:

přehled výroby elektřiny a tepla v ČR	(CZ:balance E+Q)
porovnání výroby elektřiny z různých zdrojů	(Elektřina 1 MWh)
porovnání výroby tepla z různých zdrojů	(Teplo 1 GJ)
využití obnovitelných zdrojů (biomasy)	(Biomasa-vytápění RD)
porovnání opatření pro úspory energie	(Katalog úspor)
porovnání osobní dopravy	(Doprava do zaměstnání)

4.5 Reference

Tento datový soubor obsahuje seznam pramenů vložených údajů.

4.6 Pomocné datové soubory

Pomocné datové soubory obsahují:

- volba přepočtu na skleníkový efekt (20, 50, 100 let) podle metodiky IPCC (Inter-governmental Panel for Climat Changes),
- volba kalkulované úrokové míry,
- ocenění externalit (vážení napříč kategoriemi dopadů),
- volba fyzikálních jednotek, ve kterých se má počítat
- směnný kurz CZK vůči DEM.

5. ALGORITMY VÝPOČTŮ

V této kapitole jsou vysvětleny základní vztahy a algoritmy, s kterými GEMIS pracuje.

5.1 Algoritmy

Program GEMIS je lineární, tj. hodnotu hledané veličiny x_1 počítá pomocí rovnic typu

$$x_1 = f_k(Y_j) = k_{kj}Y_j + k_{ko},$$

kde $f_k(Y_j)$ je lineární funkce, Y_j vstupní veličiny a k_{kj}, k_{ko} konstanty. Např. emise určité látky E_j při spalování paliva vypočte GEMIS ze vztahu

$$E_j = k_j * Q,$$

kde je k_j tzv. emisní faktor a Q je teplo přivedené do procesu palivem. Hodnoty emisních faktorů k_j jsou buď uloženy v datovém souboru nebo jsou počítány (např. při výpočtu emisí NO_x jsou běžné hodnoty emisních faktorů pro určité typy spalovacích procesů uloženy v paměti, v případě emisí SO_2 je příslušná hodnota vypočtena na základě obsahu síry v palivu). Velikost emisí může být dále upravena vzhledem ke specifickým podmínkám, např. koncentrace tuhých částic ve spalinách může být upravena podle účinnosti odlučovače prachu. Výhodou lineární algoritmyzace programu je zjednodušení a urychlení výpočtů, neboť jednotlivé bloky procesních řetězců lze jednoduše superponovat. Toto řešení představuje určitý kompromis mezi přesností výpočtů a výhodami pro uživatele.

Program GEMIS provádí všechny výpočty v jednotkách, které zvolí uživatel. Přepočítávací konstanty jednotek jsou uloženy v datovém souboru programu.

Palivo je základní a hlavní vstupní veličinou procesu spalování. Programem GEMIS lze z daných charakteristik paliva získat informace důležité z hlediska posouzení vlivu spalovacího procesu na životní prostředí a z hlediska materiálových a energetických bilancí:

- výhřevnost a spalné teplo,
- spotřebu spalovacího vzduchu a produkci spalin,
- emise SO_2 , halogenů, CO_2 , tuhých látek aj.

Zavedené algoritmy programu GEMIS počítají z prvkového složení paliva koncentrace vzniklých škodlivých látek, tj. SO_2 , HCl , HF , CO_2 . Koncentrace ostatních škodlivin (NO_x , CO , CH_4 , $NMVOG$, N_2O) musí být buď zadána, neboť závisí na typu spalovacího zařízení a na způsobu provozu, nebo je možno převzít průměrné hodnoty (tzv. generická data) z databanky. Dále lze do výpočtu zadat případné snížení emisí při použití odlučovacích filtrů nebo vypíracích technologií (jako poměrné snížení koncentrací v nevyčištěném, surovém plynu). V případě síry lze tímto způsobem uvažovat též retenci síry přímo ve spalovacím prostoru, kdy síra přechází do tuhých zbytků po spalování v podobě síranů a snižují se tak emise. Koncentrace škodlivin ve vyčištěném plynu jsou dále násobeny měrným objemem spalin (tj. objemem spalin vztáženým na výhřevnost), takže výslednou hodnotou je hmotnostní množství škodliviny unikající do ovzduší vztážené na množství tepla přivedeného palivem.

Výhřevnost paliva GEMIS vypočítává pomocí vztahu pro tuhá a kapalná paliva (Braun 1986):

$$Q_i^f = 34,8 * C^f + 93,8 * H^f + 10,46 * S^f + 6,28 * N^f - 10,8 * O^f - 2,5 * W^f \text{ [MJ/kg]}$$

a pro plynná paliva:

$$Q_i^f = 107,84 * H_2 + 23,413 * H_2S + 12,633 * CO + 35,885 * CH_4 + 56,494 * C_2H_2 + 59,476 * C_2H_4 + 64,349 * C_2H_6 + 87,578 * C_3H_6 + 93,213 * C_3H_8 + 117,771 * C_4H_8 + 123,883 * n C_4H_{10} + 123,053 * i C_4H_{10} \text{ [MJ/m}^3 \text{ (n)]}.$$

Teoretickou spotřebu suchého spalovacího vzduchu $V_{vz,s}$ a objem vzniklých suchých spalin $V_{sn,s}$ při dokonalém spálení 1 kg nebo 1 m³ (n) paliva počítá GEMIS podle vztahů pro pevná a kapalná paliva (Brant 1981):

$$V_{vz,s} = 8,8996 * C^f + 26,5139 * H^f + 3,3342 * S^f - 3,3405 * O^f \text{ [m}^3\text{/kg (n)]},$$
$$V_{sn,s} = 8,8889 * C^f + 20,9597 * H^f + 3,3174 * S^f + 0,7997 * N^f - 0,6408 * O^f \text{ [m}^3\text{/m}^3\text{]}$$

a pro plynná paliva:

$$V_{vz,s} = 2,3830 * H_2 + 2,3860 * CO + 7,2251 * H_2S + 9,5611 * CH_4 + 11,9048 * C_2H_2 + 14,4158 * C_2H_4 + 16,8594 * C_2H_6 + 21,8665 * C_3H_6 + 24,3715 * C_3H_8 + 29,7063 * C_4H_8 + 32,3753 * (n C_4H_{10} + i C_4H_{10}) \text{ [m}^3/\text{m}^3\text{]},$$

$$V_{sn,s} = N_2 + CO_2 + 1,8838 * H_2 + 2,800 * CO + 6,6965 * H_2S + 8,5538 * CH_4 + 10,4048 * C_2H_4 + 13,3974 * C_2H_6 + 15,3340 * C_3H_6 + 20,3218 * C_3H_8 + 22,3114 * C_4H_8 + 27,6078 * C_4H_{10} + 29,7424 * (n C_4H_{10} + i C_4H_{10}) \text{ [m}^3/\text{m}^3\text{]}.$$

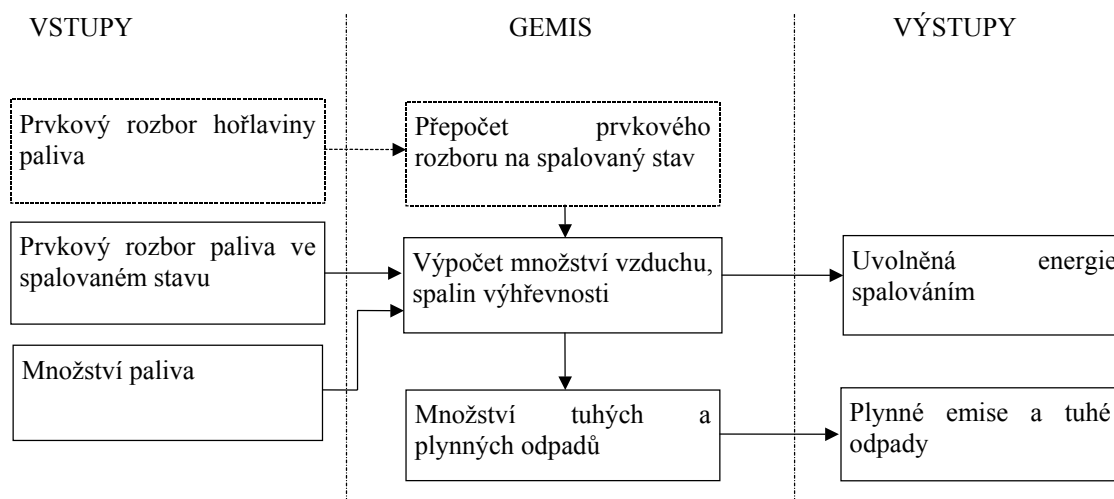
Skutečný objem vzduchu a spalin (suchých nebo vlhkých) při dokonalém spalování s přebytkem vzduchu počítá GEMIS ze vztahů:

$$V_{vz} = \lambda * V_{vzt} \quad \text{a} \quad V_{sn} = V_{snt} + (\lambda - 1) V_{vzt} \quad [\text{m}^3/\text{kg} ; \text{m}^3/\text{m}^3],$$

kde je λ [1] součinitel přebytku vzduchu.

5.2 Schéma výpočtu procesu spalování

Schéma výpočtu procesu spalování je uvedeno na obr. 6.



Obr.6: Schéma výpočtu procesu spalování

5.3 Výpočet emisí

Koncentrace škodlivin ve spalinách se stanovuje s ohledem na zákonné předpisy, tj. na stav spalin:

- suchých,
- při normálním objemu spalin při teplotě 0°C a tlaku 101,32 kPa,
- při přebytku vzduchu λ a odpovídající koncentraci O₂ ve spalinách:

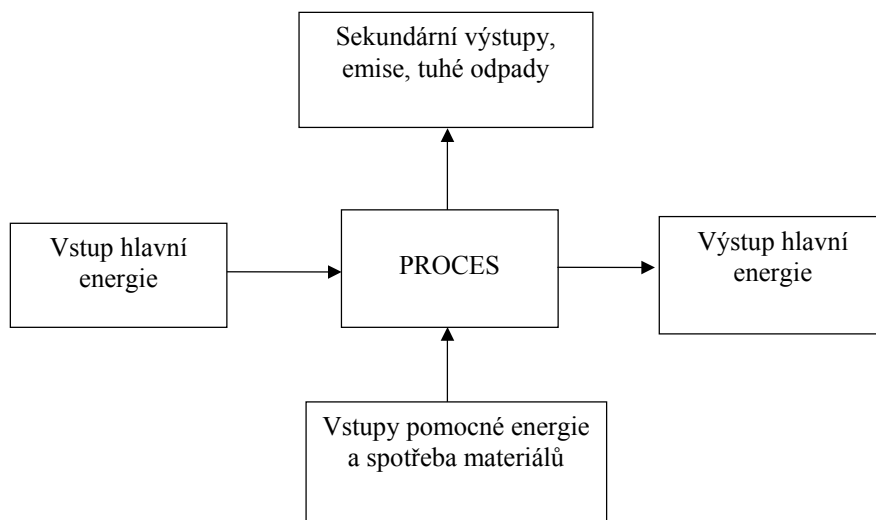
	λ	O ₂ % obj.
u spalovacích zařízení na tuhá paliva	1,4	6
u spalovacích zařízení na dřevo	2,1	11
u spalovacích zařízení na kapalná a plynná paliva (kromě plynových turbín)	1,17	3
u plynových turbín	3,5	15

U energetických procesů, při kterých se dopravují nebo přeměňují nosiče energie, jsou emise a tuhé odpady vztaženy vždy na výstup (obr. 7). Pouze u procesů spalování jsou prvotní vypočtené hodnoty emisí vztaženy jak na vstup, tak i na výstup. U všech ostatních procesů vstupují do výpočtu emisní faktory vztažené na výstup (např. emise CH₄ při těžbě uhlí, nebo emise NMVOC rafinérií). Účinky na životní prostředí vyvolané pomocnými vstupy energie a hmot nejsou uvažovány při analýze hlavního procesu, ale jsou uvažovány při analýze celkového scénáře, ve kterém se projevují účinky pomocných procesů.

U procesů v dopravě jsou emise vztaženy rovněž přímo na výstup, tj. na dopravní výkon tkm u nákladní dopravy a os km u osobní dopravy. Emise vztažené na výstup provozu dopravního prostředku jsou stanoveny stejnými algoritmy jako při procesu spalování (viz. obr. 8).

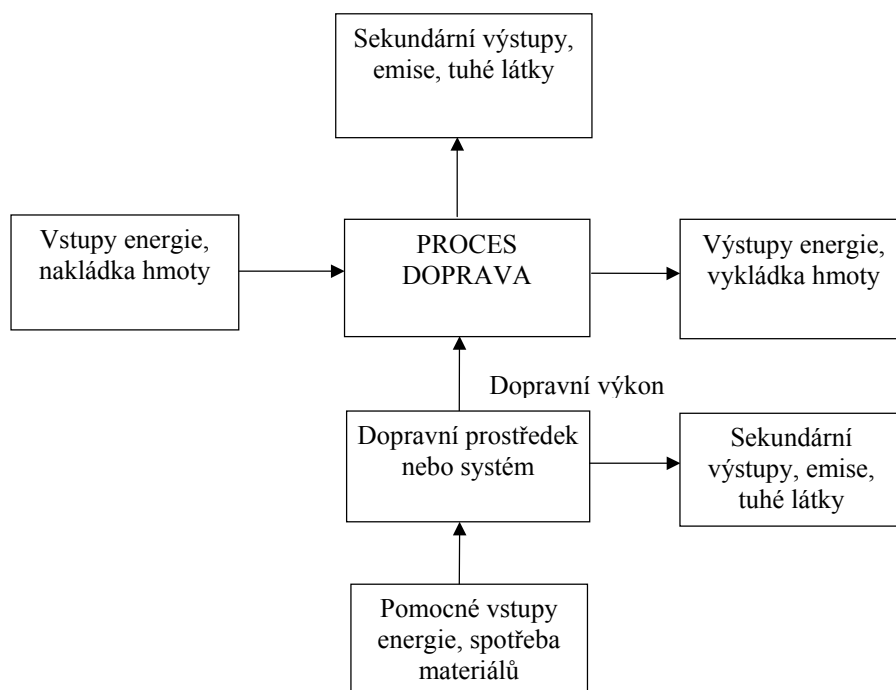
Podobně se stanoví hodnoty, popisující procesy těžby a materiálové přeměny, kde jsou emise také vztaženy na výstup a zadávají se jako emisní faktory vztažené na výstupní hmotnost hlavního materiálu. Účinky na životní prostředí vyvolané pomocnými vstupy rovněž nejsou uvažovány při analýze hlavního procesu, ale jsou uvažovány při analýze celkového scénáře, kde se projeví účinky pomocných řetězců.

5.4 Hlavní a sekundární toky energetických procesů



Obr.7: Hlavní a sekundární toky energetických procesů

5.5 Hlavní a sekundární toky dopravních procesů



Obr.8: Hlavní a sekundární toky dopravních procesů

6. PRÁCE S PROGRAMEM GEMIS

Program GEMIS CZ, česká verze, je použitelný na osobních počítačích pod WINDOWS (verze 3.11 nebo vyšší), popř. WINDOWS-NT (verze 4.0 nebo vyšší). Pro uspokojivý výpočet je potřeba počítač s procesorem nejméně řady 486 a s kapacitou paměti 8 MB RAM a 10 MB pevného disku.

6.1 Postup prací

Po nastartování programu se nejprve na obrazovce objeví logo GEMIS a potom následuje programové okno, ve kterém probíhají veškeré práce s programem. Na horním okraji programového okna je titulní lišta se jménem projektu, který je právě otevřen. Pod ní je lišta menu, na které se mohou aktivovat jednotlivé operace buď kliknutím myši nebo použitím zkratk (podtržená písmena): Datei - otevření souboru dat, nebo jeho zpracování (Bearbeiten), vyvolání produktů nebo procesů ze souboru dat (Datenbank), výpočet scénářů (Szenarien) nebo Extras (volba jednotek, volba přesnosti iteračních výpočtů a volba počtu desetinných míst), uspořádání oken (Fenster), popř. žádost o pomocné informace (Hilfe). Pod lištou menu je lišta symbolů (ikony):

- otevření projektu z pevného disku nebo diskety,
- uložení projektu pod aktuálním jménem na pevný disk nebo disketu,
- aktivace pomoci uživateli (těž klávesa F1),
- ukončení programu GEMIS.

Příkaz se aktivuje kliknutím myši.

Další čtyři ikony (větší, protože jsou důležitější) ve stejné liště symbolů: Produkte, Prozesse, Szenarien, Referenz, otvírají tzv. kartotéková okna, která umožňují snadný a účelný přístup k souboru dat. Pomocí kartotékových oken se označuje skupina žádoucích dat.

V horní části kartotékového okna je umístěn filtr dat, kterým lze vybrat užší skupinu dat. Ve spodní levé části je seznam skupin dat odpovídajících zvolenému filtru. V pravé spodní části jsou uvedeny důležité informace o zvoleném záznamu. Dále je zde oblast tlačítek, kterými lze otevřít označenou skupinu dat na příslušném (kartotékovém) listě.

Program obsahuje kromě základního menu (produkty, procesy, scénáře a reference) soubor údajů pro nákladovou analýzu (kde je možno zadávat ekonomické podmínky výpočtu, diskontní míru, eskalační koeficienty), dále obsahuje faktory skleníkových plynů (pro výpočet CO₂ ekv.) a ocenění externalit (pod tlačítkem Datenbank).

6.2 List produktů

Po otevření listu produktů (tj. nosičů energie, hmot, zdrojů) lze s těmito produkty pracovat (prohlížet, editovat, přejmenovávat, kopírovat, vkládat nové produkty).

Před otevřením listu produktů je možno v kartotékovém okně:

- zvolit datový filtr, v tomto případě jsou možné tři filtry:
- typ produktu (např. nosiče energie, Energieträger, nebo pevná paliva atd.)
- zdroje dat (např. CITYPLAN)
- kategorie produktů (např. fosilní plynná paliva)
- označit jméno produktu
- vložit údaje příslušného produktu (reference nebo charakteristiky - Kenndaten).

Červeně psané produkty nelze editovat, ale pouze kopírovat, kopii lze již editovat a využívat bez omezení.

6.3 List procesů

Po otevření tohoto listu lze pracovat s procesy. Otevření listu umožňuje:

- zvolit datový filtr (typ procesu, zdroj dat, výkon, kategorie vstupních produktů, kategorie technologií, kategorie výstupních produktů, oblast působení)
- označit název procesu
- vložit příslušné údaje (reference, charakteristiky, a další podle typu procesu).

Červeně psané procesy nelze editovat, ale pouze kopírovat, kopii lze již editovat a využívat bez omezení.

Jestliže 2x rychle klikneme na název zvoleného procesu, objeví se na obrazovce jeho grafické znázornění. Můžeme se pohybovat po jeho jednotlivých částech a pomocí pravého tlačítka myši zjišťovat jeho charakteristická data.

6.4 List scénářů

Kartotékové okno scénářů je složitější než ostatní listy. Obsahuje kromě filtru, příslušných seznamů a tlačítek více stran, které jsou označeny jako jezdcí na kartotékovém lístku:

- Edit (editace scénářů)
- Tabellen (tabulkové vyjádření výsledků)
- Grafik (grafické vyjádření výsledků)
- Vergleich (porovnání dvou procesů navzájem)
- Beiträge (působení jednotlivého vybraného procesu na ostatní procesy)
- Trade Off (grafické i tabulkové porovnání vůči zvolené referenční variantě).

Stránky mohou být vyvolány kliknutím myši. Kromě těchto základních funkcí obsahuje list scénářů bilance paliv, zdrojů, kvalitativní posouzení a přehled ovlivnění jednotlivých procesů různými scénáři.

Červeně psané scénáře nelze editovat, ale pouze kopírovat, kopii lze již editovat a využívat bez omezení.

6.5 List referencí

V tomto listě lze reference (odkazy na příslušné zdroje informací) prohlížet, upravovat, kopírovat, rušit a zadávat nové. Přístup na list odkazů je jednodušší (chybí filtry a tlačítka). V seznamu v levé části je abecední seznam odkazů. Příslušný odkaz se vyvolá kliknutím myši na zvolené jméno. V pravé části listu pak je možno vyvolaný odkaz editovat (pokud nejde o červeně psanou referenci, tu je možno měnit jen po zkopírování).

6.6 Demonstrační příklad postupu

Požadovaná úloha

Doplnit do databáze GEMIS CZ vlastní konkrétní zdroj zásobování školní budovy z plynové kotelny o výkonu 350 kW_t.

Metodický postup

V databázi se vyhledá nejbližší podobný zdroj, který se překopíruje a v kopii se změní parametry tak, aby odpovídaly novému zdroji.

Detailní popis postupu

1. Otevře se databáze procesů (Prozesse).
2. Použijí se filtry:
 - Art: Verbrennung (spalování)
 - výkon: 100 kW až 1 MW
 - vstupní energie: plynné palivo
 - použitá technologie: kotel pro výrobu tepla (Wärme-Kessel)
 - země: CZ (ČR)
3. Databáze nabídne sedm procesů:
 - Kotelna na propan

- Kotelna ZP/LTO-malá
- Kotelna ZP/LTO-střední
- Kotelna ZP/LTO-velká
- Kotelna ZP -malá
- Kotelna ZP -střední
- Kotelna ZP -velká

4. Vybereme nejbližší podobné zařízení, což je varianta Kotelna ZP -malá. Po označení funkcí Kopieren a Einfügen (vkládání dat) lze zkopírovat tento vzor a pojmenovat nově analyzovaný proces, např. „Školní kotelna“.

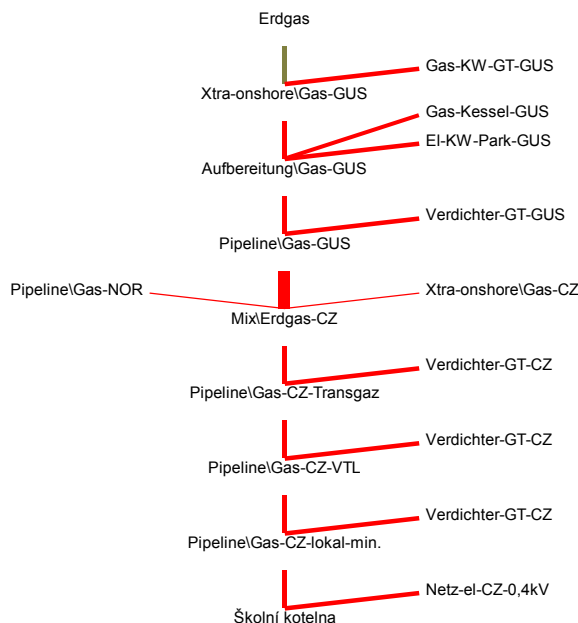
5. Následuje úprava parametrů. Tlačítka „Kenndaten“ (charakteristiky) a „Auslegung“ (vyložení) se dostaneme na formulář pro zadání instalovaného výkonu, účinnosti, doby využití, ekonomické doby životnosti a plochy kotelny. Uvedené veličiny upravíme.

6. Tlačítkem „Kosten“ (náklady) otevřeme formulář pro ekonomii, do kterého můžeme vkládat údaje o měrných investičních nákladech, fixních, variabilních a palivových nákladech a můžeme sledovat ostatní údaje (např. roční náklady). Opravíme zejména měrné investiční náklady podle skutečnosti, ostatní hodnoty ponecháme, pokud nemáme vlastní přesnější hodnoty. Ve formuláři můžeme sledovat ekonomii provozu školní kotelny (roční náklady a kalkulaci ceny dodaného tepla vztaženou na 1 GJ).

7. Otevřeme formulář emise, ve kterém lze sledovat účinky provozu kotelny na životní prostředí, tj. produkci SO₂, NO_x, CO atd. Tyto emise můžeme sledovat v různých jednotkách (mg/m³, g/MWh, ppm, emise za hodinu, rok aj.).

U tohoto nově vloženého procesu do datového souboru můžeme upřesnit jeho umístění na území regionu, okresu nebo obce, např. CZ Brno. Pomocí vhodně formulovaného a označeného scénáře tedy můžeme, při znalosti základních parametrů energetických zdrojů, stanovit souhrnný vliv všech těchto zdrojů na životní prostředí v daném místě i mimo něj.

Dvojitým kliknutím myši na proces „Školní kotelna“ můžeme na obrazovce vysledovat úplný řetězec od těžby zemního plynu, přes jeho dopravu až po jeho spalení v plynovém kotli školní kotelny:



7. PŘÍLOHY

7.1 Význam častěji používaných zkratk

Program GEMIS byl původně vyvinut v SRN, a proto jsou v něm použity některé německé výrazy a zkratky odvozené z německých slov, případně z angličtiny. Pro snazší orientaci uživatele programu jsou dále uvedeny významy častěji použitých zkratk.

A	AB AKW AO Anreich a anger	jízda po dálnici jaderná elektrárna meziměstská jízda obohacování uranu rok obohacený uran
B	BE BHKW Brik Brk BSZ	palivové články bloková teplárna s plynovými motory brikety hnědé uhlí palivový článek
D	DT DWR d	parní turbína tlakovodní reaktor den
E	EFH EK El, el eta	rodinný dům kondenzační odběrová turbína elektřina účinnost, stupeň využití
F	FHKW	teplárna (s dálkovým rozvodem)
G	Gas GD GKat GT GuD gen, generisch groß	plyn protitlak (-ová turbína) regulovaný katalyzátor plynová turbína paroplynový oběh obecný údaj (převzatý z původního datového souboru Öko-Institutu) velký výkon
H	HH&KV HKW HM Ho HS Hu Hzg h	domácnosti a maloodběr teplárna topná směs spalné teplo dřevní štěpky, velmi vysoké napětí (přenosové sítě) výhřevnost vytápění hodina
I	Imp Ind Input, in vstup IO	dovoz průmyslový jízda ve městě
K	Kat	katalyzátor

	klein	malý výkon
	Ko	uhlí (černé)
	KW	elektrárna
	KWK	kombinovaná výroba tepla a elektřiny
L	Lkw	nákladní automobil
	Low-NO _x	(primární) opatření pro snížení emisí NO _x
M	MFH	bytový dům
	Mix	směs produktů
	MS	vysoké napětí (10 - 110 kV)
	mittel	střední výkon
N	Netz	el. síť
	NMVO	nemetanové prchavé organické látky
	NR	obnovitelné suroviny
	NS	nízké napětí (0,4 - 10 kV)
	no Cost	procesy, které jsou modelovány bez udání nákladů
O	out	výstup
	OxKat	oxidační katalyzátor
P	Pipe, Pipeline	potrubní systém
	Pkw	osobní automobil
	PV	fotovoltaické články
R	REA	odsiřovací zařízení
	REA-QT	polosuchá odsiřovací metoda
	Rest	odpad, zbytek
	RME	metylester
S	SCR	selektivní katalytická redukce
	SNCR	selektivní nekatalytická redukce
	speicher	akumulátor tepla
	Stb	prášek (-ové uhlí)
	Stk	černé uhlí
T	Tag, Tagebau	povrchová těžba
	TAV	aditivní metoda odsíření
	THG	skleníkové plyny
	TS	sušina
	th	teplo
U	U	uran
	UKat	neregulovaný katalyzátor
V		
W	WSF	fluidní kotel
	WSK	uhlí pro fluidní kotle
X	Xtra	těžba
Z	Zentri	obohacování uranu odstředivkami
	zuk	budoucí

7.2 Případová studie – individuální vytápění

Jako příklad použití programu GEMIS byl zvolen scénář posouzení devíti variant individuálního způsobu vytápění (bez kogenerace, tj. pouze monovýroba tepla) z hlediska produkce škodlivých plynných emisí, skleníkových plynů a nákladů.

Scénář dopadů na životní prostředí ze získání 1 GJ tepla při individuálním vytápění byl proveden pro paliva a energii:

- | | |
|---------------------|---------------|
| 1. dřevo | 6. koks |
| 2. zemní plyn | 7. černé uhlí |
| 3. propan | 8. hnědé uhlí |
| 4. ekopetrol | 9. elektřina. |
| 5. tepelné čerpadlo | |

Při výpočtu se uvažují běžné účinnosti zdrojů tepla a ceny po odstranění deformací (křížových dotací). Výsledné hodnoty jsou vztaženy na užitečnou dodávku 1 GJ tepla. Jsou vypočteny zvlášť emise místní (CZ-lokal) a emise vzniklé mimo umístění analyzovaného procesu (andere). Podobně jsou vypočteny náklady interní (I. Kosten), tj. dlouhodobé marginální náklady výroby 1GJ tepla, náklady externí (E. Kosten), což jsou náklady vyčíslicí dopady na životní prostředí a náklady celkové (total). Výsledky jsou představeny v tabulkové a grafické formě.

Tabulkovou formu výstupů získáme příkazem „Tabelle“ a zadáním požadovaných výstupů. Grafickou formu výstupů získáme buď příkazem „Grafik“ a zvolením požadované sledované veličiny, anebo příkazem „Trade Off“, kterým získáváme rozdíly oproti referenční variantě.

Výsledky porovnání výroby tepla z různých paliv

Škodlivé plynné emise [g/GJ]

Místní emise	SO ₂	NO _x	HCl	HF	SO ₂ ekv
1 dřevo	26,12	83,10	0,00	0,00	83,98
2 plyn	0,00	61,74	0,00	0,00	42,99
3 propan	0,00	46,98	0,00	0,00	32,71
4 ekopetrol	57,18	97,08	0,00	0,00	124,77
5 tepelné čerp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6 koks	625,60	70,35	0,00	0,00	674,58
7 černé uhlí	1129,15	165,51	0,00	0,00	1244,39
8 hnědé uhlí	1490,32	177,40	38,36	0,39	1648,17
9 elektřina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Emise vzniklé mimo sledovaný proces					
1 dřevo	4,53	8,26	0,07	0,00	10,36
2 plyn	8,97	27,44	0,30	0,02	28,37
3 propan	58,24	37,87	0,79	0,06	85,39
4 ekopetrol	59,74	38,91	0,81	0,06	87,64
5 tepelné čerp.	144,80	211,62	2,52	0,11	294,53
6 koks	51,69	108,51	0,18	0,01	127,91
7 černé uhlí	7,58	15,61	0,12	0,01	18,56
8 hnědé uhlí	7,58	15,67	0,12	0,01	18,61
9 elektřina	352,01	514,59	6,13	0,26	716,11
Celkové emise					
1 dřevo	30,65	91,37	0,07	0,00	94,34
2 plyn	8,97	89,18	0,30	0,02	71,36
3 propan	58,24	84,85	0,79	0,06	118,10
4 ekopetrol	116,91	135,99	0,81	0,06	212,40
5 tepelné čerp.	144,80	211,62	2,52	0,11	294,53
6 koks	677,29	178,86	0,18	0,01	801,99
7 černé uhlí	1136,73	181,12	0,12	0,01	1262,95
8 hnědé uhlí	1497,91	193,07	38,47	0,40	1666,77
9 elektřina	352,01	514,59	6,13	0,26	716,11

Emise skleníkových plynů [kg/GJ]

Palivo	lokální		ostatní		celkem	
	CO ₂	CO ₂ ekv	CO ₂	CO ₂ ekv	CO ₂	CO ₂ ekv
1 dřevo	0	0	4,23	4,37	4,23	4,37
2 plyn	63,51	63,51	8,68	20,33	72,20	83,84
3 propan	74,86	75,35	15,15	16,40	90,01	91,75
4 ekopetrol	90,23	90,23	16,38	17,69	106,61	107,92
5 tepelné č.	0	0	136,78	141,12	136,78	141,12
6 koks	157,75	160,39	10,47	38,35	168,22	198,74
7 černé uhlí	145,64	150,30	7,02	27,13	152,66	177,42
8 hnědé uhlí	149,74	154,47	7,02	7,31	156,76	161,78
9 elektřina	0	0	332,83	343,35	332,83	343,35

Náklady na dodávku tepla [Kč/GJ]

Palivo	Náklady		
	interní	externí	celkové
1 dřevo	216,41	21,13	237,53
2 plyn	405,56	82,74	488,30
3 propan	688,11	94,07	782,19
4 ekopetrol	549,92	118,10	668,02
5 tepelné čerpadlo	476,68	155,71	632,40
6 koks	323,62	250,64	574,26
7 černé uhlí	299,28	290,91	590,19
8 hnědé uhlí	283,90	308,63	592,53
9 elektřina	624,56	378,80	1003,36

Uvedené výsledky jsou dále znázorněny graficky, a to ve sloupcových grafech a v tzv. zobrazení Trade Off. V případě Trade Off se zobrazí zvolené výsledky výpočtu dvou zvolených veličin v pravouhlých souřadnicích jako rozdíly výsledků znázorněných variant a varianty referenční (v uvedeném příkladu je jako referenční varianta vybrána varianta č. 8 - hnědé uhlí).

