



Výukový program:
Environmentální vzdělávání

Modul 2: Oceňování antropogenních vlivů na životní prostředí

autor:

doc. Ing. Vladimír Lapčík, CSc.

recenzent:

prof. Ing. Karel Obroučka, CSc.

redakce:

Mgr. Milada Rolčíková

2 Oceňování antropogenních vlivů na životní prostředí

2.1 Úvod

Životní prostředí ovlivňují přírodní a antropogenní faktory [1].

Mezi **přírodní faktory** patří změny kosmických vlivů, změny vlastností atmosféry a zemského albeda, globální meteorologické a klimatické změny, tektonické jevy, přirozená radioaktivita prostředí a biologické faktory.

Mezi **antropogenní faktory** počítáme zejména způsob a objem čerpání přírodních zdrojů, množství a způsob emitování odpadů všeho druhu do prostředí, zásahy do krajiny, vnášení cizorodých látek do ekosystémů či introdukci nežádoucích cizích nebo vytvořených organismů do ekosystémů krajiny.

S rozvojem poznání obecně, zejména při stanovení zákonitostí sociálních, ekonomických a ekologických vývojových procesů v rámci interakcí společnosti s prostředím, dochází k celkovému posunu pojetí a funkce **kategorie životního prostředí**, jejíž význam stále stoupá.

Změny kvality životního prostředí společnosti jsou výslednicí interakcí výrobních a nevýrobních aktivit společnosti s prostředím, které zahrnují současně také vztahy, odrážející nejširší souvislosti společenských procesů, jako jsou systémy hodnot (jednotlivce, sociálních skupin, společnosti), struktura potřeb, způsob života, systém řízení společenského reprodukčního procesu aj. Stav a určitá kvalita životního prostředí je jednou z podmínek zvyšování životní úrovně obyvatel.

Životní prostředí se dotýká všech složek společenského bytí.

Pro změny kvality životního prostředí je rozhodující sociální subjekt, tzn. změna jednání společnosti (člověka).

Životní prostředí je heterogenní kategorie, protože ve své struktuře zahrnuje přírodní, technické, hospodářské a společenské složky v různém stadiu vývoje, podřízené různým druhům zákonitostí. Při interakcích výrobních a nevýrobních aktivit společnosti v různých krajinných typech vyvolává také různé druhy vývojových procesů, které lze rozčlenit do etap (vlivy, změny, účinky).

Interakce společnosti s přírodou (prostředím) jsou přírodně-historické procesy s časově a obsahově vymezenými etapami. Obsahem je přeměna přírody pro lidské potřeby. Časové parametry pro vývojové procesy jednotlivých složek životního prostředí jsou velmi rozdílné.

Problematika životního prostředí je transformovaným společenským vztahem vzájemných vztahů mezi lidmi, promítnutým do jejich vztahu k přírodě.

Životní prostředí je komplexní, hierarchicky členěný systém, zahrnující několik subsystémů. Funkce subsystémů životního prostředí jsou následující:

➤ **společnost (obyvatelstvo, hospodářství):**

◆ *obyvatelstvo:*

⇒ spotřebitel materiálních a přírodních hodnot;

- ⇒ kulturně - duchovní prvek;
- ⇒ sociálně - biologický prvek;
- ⇒ řídicí a pracující prvek, který do výrobní i nevýrobní činnosti zavádí nejrůznější techniku.

◆ *hospodářství:*

- ⇒ systém výrobních aktivit včetně vzájemných vztahů;
- ⇒ souhrn výrobních a nevýrobních činností zaměřených na výrobu hodnot a různých druhů služeb.

➤ *příroda:*

- ⇒ prostředí a existenční základna obyvatel;
- ⇒ zdroje pro výrobu;
- ⇒ prostor pro hospodářskou činnost a osídlení;
- ⇒ ochránce genofondu;
- ⇒ prostor pro relaxaci a rekreaci.

Z hlediska vzájemných vazeb a závislosti mezi jejími prvky v rámci teritoria lze vymezit základní, relativně vnitřně homogenní části zemského povrchu, vyznačující se charakteristickým vzhledem, přirozenou komponentní strukturou a typickým souborem jevů a procesů – **ekoregiony**.

Jednotlivé ekoregiony jsou odděleny přirozenou hranicí, přes kterou ovšem probíhají toky látek a energie spojující je s okolím ve vyšší, relativně autonomně fungující prostorovou jednotku.

Přirozená komponentní struktura je tvořena harmonicky propojenými přírodními složkami prostředí, kterými jsou: litosféra s reliéfem, pedosféra, atmosféra, hydrosféra a biosféra. Během předchozího dlouhodobého vývoje se mezi základními složkami vytvořily vzájemné závislosti, resp. souvislosti na pozadí příslušného krajinného pásu Země a vyvinula se zákonitá posloupnost sezónních stavů a jevů.

Vzájemné interakce společnosti s přírodou trvající několik tisíciletí pozměnily v různé míře přírodní složky (nejčastěji biotu) a vytvořily novou kategorii teritoriální struktury – **enviroregiony** [34].

Enviroregion je území vyznačující se principiálně charakteristickou prostorově homogenní kvalitou životního prostředí, jakožto produktu interakce místních a pozadových environmentálních faktorů.

Enviroregion je definován na obecné úrovni celkovým stavem životního prostředí bez ohledu na to, které faktory a okolnosti daný stav vyvolaly nebo způsobily. Tato obecná úroveň definice typu enviroregionu spočívá především ve zdůraznění úrovně jeho fungování.

Předmět, objekt hodnocení

Předmětem vlastního hodnocení jsou změny v prostředí a jejich účinky vyvolané výrobními a nevýrobními aktivitami společnosti.

Objektem hodnocení mohou být vymezené teritoriální jednotky (ekoregiony nebo enviroregiony). Prakticky to bývají administrativně - správní jednotky (území obcí s rozšířenou působností, kraje aj.).

2.2 Sociální aspekty hodnocení

Sociální hodnocení odráží stupeň změn prostředí, v němž člověk žije, a spočívá ve stanovení vlivu změněného prostředí na životní podmínky a na činnost člověka, na možnosti uspokojování sociálních potřeb společnosti, resp. jednotlivých skupin společnosti.

Sociální aspekty hodnocení kvality životního prostředí dělíme na aspekty sociologické, medicínsko-ekologické a demo-sociální:

- **sociologické aspekty:** vědomí, chování, způsob života;
- **medicínsko-ekologické aspekty:** zdravotní stav obyvatelstva jako odraz změn kvality životního prostředí;
- **demo-sociální aspekty:** migrace, dojíždka za prací a za rekreací, změny sociální a věkové struktury.

2.2.1 Sociologické aspekty

Umožňují analyzovat a hodnotit různé úrovně a druhy chování, vědomí a způsob života různých sociálních skupin včetně diferenciací v regionálním aspektu. Chování se k vlastnímu životnímu prostředí a vytváření si nějakého životního způsobu zahrnuje v sobě jak historický vývoj, tak vztahy k místu bydlení, práce, výchově či rekreaci jako celku.

V principu jde dosud o málo propracovanou problematiku, i když hodnotově velmi významnou. Nedostatek výchozích informací pro sociologické aspekty hodnocení je známý.

Nutnost kombinace dat o objektivním stavu (tvrdá data) s informacemi o postojích jedinců a skupin získávaných sociologickým šetřením (měkká data) se jeví jako nezbytný předpoklad pro možnost vlastního procesu hodnocení.

Názory na aktivity a podmínky se budou samozřejmě vztahovat jak k vlastnímu chování a postavení, tak k činnostem a situaci ostatních členů příslušné skupiny i převažujícím tendencím v rámci celé populace. Subjektivní výpovědi zahrnují podstatnou sféru vědomí, reflexe reálných podmínek a aktivit a míru spokojenosti s nimi, posuzování daných normativních regulativů a míru ochoty je respektovat nebo intenzitu požadavků jejich změny a konečně míru připravenosti osobně se ekologických aktivit účastnit, příp. je bojkotovat.

Bez zjištění postojů k těmto aspektům ekologie by hodnocení vztahu sociálních skupin k životnímu prostředí bylo neúplné a tedy nekomplexní [1, 34]. Ekologické vědomí proto představuje další relativně samostatné a podřazené, ale z předmětu řešení logicky vyplývající téma.

2.2.2 Medicínsko-ekologické aspekty

Hodnocení vychází z poznání, že **zdravotní stav obyvatelstva je i odrazem kvality životního prostředí.**

Medicínsko-ekologické hodnocení jako dílčí případ sociálního hodnocení vlivu činnosti člověka na životní prostředí odráží změny zdravotního stavu obyvatelstva, které byly způsobeny zhoršením jeho životního prostředí.

Do zdravotního stavu se komplexně promítá působení všech složek životního prostředí i všechny jeho změny, ať už přírodního nebo antropogenního původu. Zdravotní stav populace tak můžeme chápat jako jedno z nejvýznamnějších hledisek pro hodnocení kvality prostředí.

Zdravotní stav můžeme hodnotit jak metodami ekonomického, tak mimoekonomického hodnocení. Člověka můžeme charakterizovat jako bytost **přírodní i sociální**, proto se v hodnocení jeho zdravotního stavu stýkají aspekty jak sociální i ekologické.

Efektivnost využití těchto kritérií a ukazatelů je určována tím, že obyvatelstvo je jedním ze základních recipientů antropogenního vlivu na prostředí a ve stavu jeho zdraví se ve speciální formě odrážejí různé změny prostředí, které jsou způsobovány právě činností obyvatelstva: biologickou, sociální, kulturní, výrobní, hospodářskou, obytnou atd.

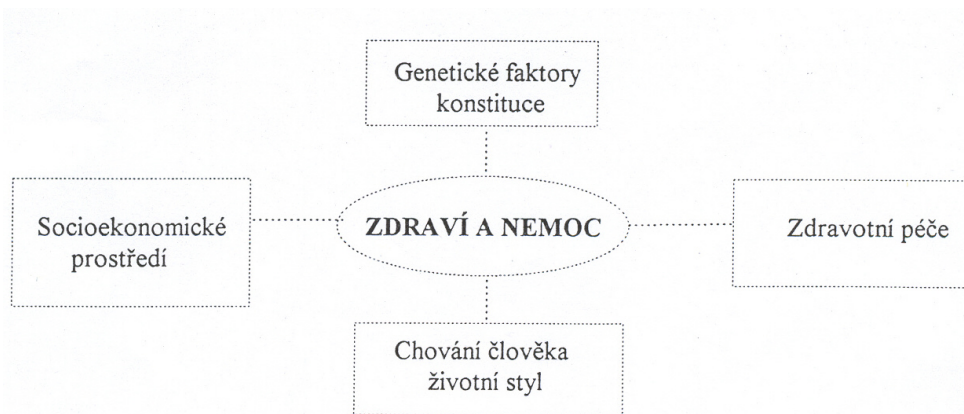
Libovolné ukazatele zdravotního stavu obyvatelstva (obecné i relativně dílčí) odrážejí v syntetické formě různé aspekty vlivu životního prostředí na člověka, a tím tedy mohou být využity jako kritéria jeho stavu.

Všechny stránky životního prostředí mají vztah k lidskému zdraví. Pečovat o zdraví člověka znamená starat se především o životní prostředí.

Pro porovnání zdravotního stavu mezi populacemi různých regionů se doporučuje podle WHO používat těchto ukazatelů:

- ♦ ukazatel kojenecké úmrtnosti;
- ♦ ukazatel dětské úmrtnosti;
- ♦ střední délka života v daném věku;
- ♦ ukazatele specifické úmrtnosti;
- ♦ ukazatele specifické nemocnosti;
- ♦ ukazatele invalidity;
- ♦ ukazatel celkové standardizované úmrtnosti;
- ♦ ukazatele sociální a mentální patologie - např. ukazatele sebevražd, zneužívání drog, delikvence mladistvých, alkoholismu, tabakismu, obezity apod.

Jestliže fyzikální prostředí, ve kterém člověk žije, považujeme za dané, potom základní determinanty ovlivňující zdravotní stav člověka můžeme zobrazit tak zvaným diamantovým modelem příčin nemocí (viz dále obr. 2.1).



Obr. 2.1 Diamantový model příčin nemocí

Ze schématu je zřejmé, že příčiny vzniku chorob a stav zdraví jedinců a populačních skupin mají multifaktorovou interakční povahu. Snahy vysvětlit změny ukazatelů zdravotního stavu populace pouze působením jednoho nebo několika faktorů (např. životním prostředím nebo nedostatečnou zdravotní péčí) jsou zavádějícím zjednodušováním.

Rozvedme skupiny faktorů uvedené v „diamantovém modelu” a uvedme jejich vztah k stavu zdraví.

Skupiny faktorů „diamantového modelu”:

1. Genetické faktory konstituce zahrnují:

- věk;
- pohlaví;
- genetické utváření;
- imunologický status;
- výživový status včetně minulých stavů;
- konstituční schopnosti predeterminované geneticky i vyvinuté během života.

2. Zdravotní péče obsahuje především:

- danou úroveň technologie preventivních a kurativních činností;
- zdravotní výchovu obyvatel;
- dostupnost odborné péče;
- organizační uspořádání zdravotní péče.

3. Chování člověka, životní styl ve vztahu ke stavu zdraví zahrnuje:

- úroveň výživy a výživové zvyklosti;
- režim trávení volného času;

- pohybovou aktivitu;
- úroveň požívání alkoholu, drog;
- tabakismus;
- úroveň bezpečnosti práce;
- zachování zásad bezpečnosti v mimopracovních činnostech.

4. Socioekonomické prostředí obsahuje tyto komponenty:

- ekonomickou úroveň společnosti;
- faktory bydlení;
- zaměstnání;
- reálný příjem;
- zaměstnanost;
- úroveň životního prostředí včetně prostředí pracovního;
- politickou dimenzi společnosti.

Vliv jednotlivých faktorů na ukazatele zdravotního stavu byl zkoumán v různých studiích. Nejúplnější obraz o vztahu různých faktorů k předčasné úmrtnosti na vybrané choroby poskytuje studie U.S. Center for Disease Control, týkající se USA (viz dále tab. 2.1).

Tab. 2.1 Vliv vybraných faktorů na předčasnou úmrtnost způsobenou vlivem některých chorob a patologických stavů (zdroj: Studie U.S. Center for Disease Control)

| <i>Příčina smrti</i> | <i>Životní styl</i> | <i>Prostředí</i> | <i>Genet. faktory</i> | <i>Zdrav. služby</i> |
|---------------------------------|---------------------|------------------|-----------------------|----------------------|
| <i>Nemoci srdce</i> | 54 | 9 | 25 | 12 |
| <i>Zhoubné nádory</i> | 37 | 24 | 29 | 10 |
| <i>Mozková mrtvice</i> | 50 | 22 | 21 | 7 |
| <i>Úrazy motorovými vozidly</i> | 69 | 18 | 1 | 12 |
| <i>Ostatní úrazy</i> | 51 | 31 | 4 | 14 |
| <i>Chřipka, zápal plic</i> | 23 | 20 | 39 | 18 |
| <i>Cukrovka</i> | 34 | 0 | 60 | 6 |
| <i>Cirhóza jater</i> | 70 | 9 | 18 | 3 |
| <i>Sebevraždy</i> | 60 | 35 | 2 | 0 |
| <i>Všechny příčiny</i> | 51 | 19 | 20 | 10 |

2.2.2.1 Toxické látky v potravinách

Znečištěné životní prostředí působí na člověka také prostřednictvím potravinového řetězce. **Toxické látky v potravinách** (požívatiny živočišného i rostlinného původu) představují asi **80 až 85 % celkové zátěže člověka toxickými látkami**. Kvalitativní a kvantitativní parametry diety představují, vedle kouření, nejvyšší zdravotní riziko pro naši populaci. Snaha stanovit podíl diety na zdravotním riziku pro populaci i jednotlivce vede k úsilí definovat základní expoziční parametry, které ve spojení se studiem koncentrace

jednotlivých chemických látek v poživatinách mohou umožnit popis rozměrů rizika. Mezi základní expoziční parametry používané pro odhad rizika nádorových procesů patří průměrná **celoživotní hmotnost osob a střední délka života**. Tyto parametry byly v současnosti připraveny pro účely monitoringu **dietární expozice chemickými látkami v poživatinách** a jsou použitelné pro hodnocení rizik na úrovni populace v ČR. Dalšími expozičními parametry je spotřeba jednotlivých poživatin, doplněná pro verifikaci i základním nutričním hodnocením. Pro účely monitorování byl proto definován tzv. spotřební koš potravin, který uvádí denní spotřebu asi u 650 jednotlivých poživatin pro průměrnou osobu v ČR. Pro rámcové hodnocení lze použít i odhad spotřeby jednotlivých skupin potravin.

Toxické prvky:

Obsahy toxických prvků v mase hospodářských zvířat se v ČR pohybují zpravidla hluboko pod stanovenými hodnotami nejvýše přípustného množství (= NPM, tj. hygienickými limity). Zvýšené hladiny kadmia, olova a rtuti se vyskytují pouze v orgánech, zejména v ledvinách a v játrech, u déle žijících zvířat. Vyšší obsahy toxických kovů lze nalézt spíše u volně žijící zvěře. Vyšší obsahy toxických prvků v poživatinách rostlinného původu zůstávají v průměru na úrovni minulých let. U žádného ze sledovaných prvků nedochází k výraznému překračování hodnot NPM, zvýšené hladiny kadmia jsou zjišťovány v **bramborách, mrkvi a listové zelenině**. Poživatiny **rostlinného původu**, vzhledem k jejich vyššímu konzumovanému množství, jsou významným **zdrojem toxických kovů**.

Z hlediska celkové zátěže je důležité sledování olova zejména proto, že Světová zdravotnická organizace (WHO) navrhla nižší hodnoty jeho přijatelného týdenního přívodu. Hladiny rtuti u hospodářských zvířat poklesly zejména po zákazu použití rtuťnatých mořidel.

Obsahy dusičnanů v zelenině kolísají a jejich hlavním zdrojem jsou **brambory a zelí**. Česká zemědělská a potravinářská inspekce (ČZPI) zjistila v devadesátých letech překročení NPM pro dusičnany u 21 % vzorků zeleniny.

Organické kontaminanty:

V případě persistentních organických kontaminantů trvá zatížení skotu, tedy i masa, mléka a mléčných výrobků polychlorovanými bifenoly. Úroveň této zátěže je však nižší než v předchozích letech. Obsah PCB ve vepřovém a drůbežím mase je již minimální. Nevyřešena zůstává otázka likvidace stále přetrvávajících zdrojů PCB. Kontaminace prostředí se odráží ve vyšších nálezech PCB ve svalovině volně žijící zvěře.

Z organických toxických látek v poživatinách rostlinného původu se věnuje pozornost polycyklickým aromatickým uhlovodíkům a esterům kyseliny ftalové. Zdrojem ftalátů jsou plastické hmoty.

Polycyklické aromatické uhlovodíky, které vznikají při hoření, vstupují do ovzduší např. se spaliny uhlí a jsou zdrojem kontaminace poživatin rostlinného původu. Významným zdrojem jsou i výfukové plyny naftových motorů. Nejvyšší obsahy benzo(a)pyrenu (indikátor polycyklických aromatických uhlovodíků) se zjišťují u zelí, jablek a v pšenici a dále v mouce a chlebu.

Z hodnocení celkového přívodu sledovaných toxických látek poživatinami v porovnání s hodnotami ADI (acceptable daily intake = přijatelný denní přívod) je zřejmé, že u kadmia a rtuti denní přívod převyšuje ADI. Po zpřísnění hodnoty přijatelného denního přívodu podle

WHO (1993) pro olovo a organické látky (polyaromatické uhlovodíky a PCB) jsou průměrné denní dávky na hranici překročení minimální míry rizika.

2.2.2.2 Analýza zdravotních rizik v životním prostředí

Hodnocení zdravotních rizik je nedílnou součástí rozhodovacích procesů v otázkách posuzování vlivu faktorů prostředí na zdraví člověka. Jedná se o systematické postupné vyhodnocování faktorů, které mohou vyvolat nežádoucí zdravotní účinek u člověka [2].

Metoda hodnocení zdravotních rizik (*Health Risk Assessment*) obecně zahrnuje čtyři základní kroky:

Identifikace nebezpečnosti - v tomto kroku se provádí výběr škodlivin, které mají být hodnoceny a soustředí se informace o tom, jakým způsobem a za jakých podmínek mohou nepříznivě ovlivnit lidské zdraví. Zdrojem těchto informací jsou toxikologické databáze a odborná literatura obsahující výsledky pozorování a epidemiologických studií u lidí, experimentů na pokusných zvířatech nebo laboratorních testů.

Charakteristika nebezpečnosti - má objasnit kvantitativní vztah mezi dávkou dané škodliviny a mírou jejího účinku, což je nezbytným předpokladem pro možnost odhadu míry rizika. V zásadě se přitom rozlišují dva typy účinků chemických látek:

- U látek, které nejsou podezřelé z účasti na karcinogenním působení, tedy vyvolání vzniku zhoubných nádorových onemocnění, se předpokládá tzv. **prahový účinek**. Tento účinek, většinou spočívající v poškození různých systémů v organismu, se projeví až po překročení kapacity fyziologických detoxikačních a reparačních obranných mechanismů v organismu. Lze tedy identifikovat míru expozice, která je pro organismus člověka ještě bezpečná a za normálních okolností nevyvolává nepříznivý efekt. Tuto míru ještě bezpečné expozice udávají referenční hodnoty, odvozené buď z výsledků epidemiologických studií známých účinků u člověka nebo pomocí pokusů na laboratorních zvířatech s použitím faktorů nejistoty. Jsou uvedeny např. ve Směrnici WHO pro kvalitu ovzduší (Air Quality Guidelines) jako zdravotně zdůvodněné návrhy limitních koncentrací.
- U látek podezřelých z karcinogenity u člověka se předpokládá **bezprahový účinek**. Vychází se přitom ze současné představy o vzniku zhoubného bujení, kdy vyvolávajícím momentem může být jakýkoliv kontakt s karcinogenní látkou. Nelze zde tedy stanovit ještě bezpečnou dávku a závislost dávky a účinku se při klasickém postupu dle metodiky US EPA vyjadřuje ukazatelem, vyjadřujícím míru karcinogenního potenciálu dané látky, Tímto ukazatelem je faktor směrnice rakovinového rizika, odvozený extrapolací z prokázaného vztahu dávky a účinku při experimentu nebo vysoké expozici např. v pracovním prostředí, do oblasti nízkých dávek reálných v životním prostředí. Pro zjednodušení se pro standardní expoziční scénář při inhalaci z ovzduší může použít jednotka karcinogenního rizika, která je vztažena přímo ke koncentraci karcinogenní látky ve vzduchu.

Hodnocení expozice - na základě znalosti dané situace se sestavuje expoziční scénář, tedy představa, jakými cestami a v jaké intenzitě a množství je konkrétní populace exponována dané škodlivině. Cílem je přitom postihnout nejen průměrného jedince z exponované populace, nýbrž i reálně možné případy osob s nejvyšší expozicí a obdrženou dávkou. Za tímto účelem se identifikují nejvíce citlivé podskupiny populace, u kterých předpokládáme zvýšenou expozici nebo zvýšenou zranitelnost.

Charakteristika rizika - shrnuje všechny informace získané v předchozích etapách. Výsledkem je kvantitativní vyjádření míry reálného konkrétního zdravotního rizika za dané situace, která může sloužit jako podklad pro rozhodování o opatřeních.

- U toxických nekarzinogenních látek je míra rizika většinou vyjádřena pomocí poměru konkrétní zjištěné expozice či dávky k expozici nebo dávce, která je považována za ještě bezpečnou. Tento poměr se nazývá **kvocient nebezpečnosti** (Hazard Quotient - HQ), popřípadě při součtu kvocientů nebezpečnosti u současně se vyskytujících látek s podobným systémovým toxickým účinkem se jedná o index nebezpečnosti (Hazard Index - HI). Při kvocientu nebo indexu nebezpečnosti vyšším než 1 již hrozí riziko toxického účinku. U některých škodlivin, jako je tomu u oxidu dusičitého a suspendovaných částic PM₁₀ (např. při hodnocení zdravotních rizik ze silniční dopravy), současné znalosti neumožňují odvodit prahovou dávku či expozici a k vyjádření míry rizika se používá předpověď výskytu zdravotních účinků u exponovaných lidí s použitím vztahů závislosti účinku na expozici z epidemiologických studií.
- V případě možného karzinogenního účinku (u benzenu a benzo(a)pyrenu) je míra rizika vyjádřena jako **celoživotní vzestup pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění** (Individual Lifetime Cancer Risk - ILCR) u jedince z exponované populace, tedy teoretický počet statisticky předpokládaných případů nádorového onemocnění na počet exponovaných osob. Za ještě přijatelné karzinogenní riziko je považováno celoživotní zvýšení pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění ve výši 1×10^{-6} , tedy jeden případ onemocnění na milion exponovaných osob.

Nezbytnou součástí odhadu rizika je **analýza nejistot**, se kterými je každý odhad rizika nevyhnutelně spojen. Jejich přehled a kritický rozbor zkvalitní pochopení a posouzení dané situace a je třeba je zohlednit při řízení rizika.

2.2.3 Demo-sociální aspekty

Ve vztahu k životnímu prostředí **jsou velmi významné, ale nedostatečně regionálně propracované**. Zatímco pro řešení demo-sociálních charakteristik funguje celý systém statistických služeb, vztah ke kvalitě životního prostředí **byl rozpracován jen v některých oblastech**, zejména tam, kde již byl dosažen stupeň ekologické krize.

Jako kritéria se uvažují:

- **migrace obyvatel** kolísala v rozmezí 3 - 5 % z **celkového počtu obyvatel**. Příčiny migrace jsou velmi různorodé. Stanovit jako příčinu např. změněnou kvalitu životního prostředí pro území ČR je velmi obtížné. V průmyslových oblastech se příčina - **špatná kvalita životního prostředí** - projevuje **asi v objemu 30 - 40 %**;
- **dojížd'ka za prací** jak co do objemu, tak v profesionální struktuře je silně regionálně diferencovaná. Z celkového objemu dojížd'ky mezi obcemi, který kolísal v minulém desetiletí mezi 1,70 - 1,76 milionu dojíždějících, se odhaduje, že příčinou je kvalita životního prostředí asi ve **20 - 30 %**, zatímco v „intravilánu“ průmyslových oblastí a jejich zázemí, včetně objemu mezikrajských hranic, se pohybuje mezi **40 - 50 %**;
- **dojížd'ka za rekreací** je problémem všech velkých měst z důvodu nevhodného obytného prostředí. V devadesátých letech minulého století se odhadovalo, že nutný počet chat a chalup pro zajištění rekreace obyvatel z těchto nevhodných městských bytů by měl být v ČR ve výši cca **600 000 objektů** [1]. Se změnou kvality bydlení v posledních letech (výstavba nových bytů a rodinných domů v oblastech s kvalitnějším životním

prostředím) se dá předpokládat snížení potřeby dojížděky za rekreací, tedy i počtu rekreačních objektů;

- **změny sociální a věkové struktury** z důvodů změněné kvality životního prostředí lze modelově sledovat např. v sídlech jako je Havířov, Most, Chomutov, Písek aj., kde došlo ke vzniku sociálních a věkových **monostruktur** a příčinou jsou změněné podmínky a kvalita životního prostředí [34].

Sociální hodnocení se vyjadřuje v následujících formách:

- **sociální omezení** (např. minimální a maximální hodnoty možných vlivů a následků);
- **sociální škody** vyjádřené v cenách (např. ztráty neodpracovaných dnů v důsledku onemocnění, která vznikla vlivem znečištěného prostředí, zvýšené náklady na sociální zabezpečení, snížení důchodů a příjmů obyvatelstva);
- **náklady na odvrácení negativních následků** a konkrétně na profylaktická opatření, vytvoření a uchování zdravotně hygienických oblastí mezi průmyslovými podniky a sídlišti aj.
- **změny rozdělení času obyvatelstva;**
- **změny zdravotního stavu.**

Kritéria a formy sociálního hodnocení

Různé sféry života mají svá kritéria pro hodnocení. Jejich volba je podmíněna demografickou a sociální strukturou společnosti, zdravotním stavem obyvatelstva, úrovní a uspokojováním materiálních a duchovních potřeb, kulturními a životními zvláštnostmi společnosti a jejích skupin, estetickým vnímáním přírody a životního prostředí, vnímáním dokonalosti prostředí atp.

Jelikož **neexistují normativy**, které by vyjadřovaly **optimální úroveň těchto kritérií**, je nutno použít vztažných ukazatelů, charakterizujících více nebo méně ustálené představy o kvalitě prostředí. Tyto představy mají však mnoho variant v čase a prostoru a jsou závislé na subjektu, který toto hodnocení provádí.

V sociálním hodnocení však i nadále **zůstává nejdůležitějším kritériem zdravotní stav obyvatelstva**. Proto je nyní legislativou obligatorně požadováno (viz též dále příslušná subkapitola) v rámci zpracování dokumentace o hodnocení vlivů na životní prostředí předložení hodnocení zdravotních rizik. Cílem hodnocení zdravotních rizik je poskytnutí hlubší informace o možném vlivu nepříznivých faktorů na zdraví a pohodu obyvatel, nežli je možné pouhým srovnáním intenzit jejich výskytu s limitními hodnotami, danými platnou legislativou. Tyto limitní hodnoty někdy představují kompromis mezi snahou o ochranu zdraví dosažitelnou realitou a nemusí zaručovat úplnou ochranu zdraví, tím spíše pohody lidí, zejména pak skupin populace se zvýšenou citlivostí k danému faktoru. Příkladem mohou být imisní limity pro klasické škodliviny v ovzduší, nebo korekce k limitním hodnotám hluku z dopravy.

2.3 Hodnocení interakcí průmyslu, staveb pro nakládání s odpady a dopravy a životního prostředí

Interakce společnosti s prostředím je možné charakterizovat ze strany společnosti množinou činností charakterizovaných vazbami a vztahy materiální povahy a ze strany prostředí změnami vývojových procesů s různými zpětnými dopady na výchozí zdroj změn, tj. sociální subjekt, tedy na vlastní společnost s různou sociální strukturou.

Analýza interakcí, mechanismus procesů v systému - společnosti a prostředí - je základem pro hodnocení objektivních procesů v libovolném regionu a v libovolné geografické dimenzi. Hlavní vlivy aktivit **společnosti na prostředí** lze charakterizovat:

- odčerpáváním hmoty a energií;
- přerozdělováním hmoty a energií (bez odčerpávání);
- vnášením umělých hmot a energie do prostředí nebo vlastních látek a energií ve zvýšené koncentraci;
- vytvářením technických zařízení různého druhu.

V **teritoriálním aspektu** mohou formy vlivů být:

- bodové, ohniskové;
- liniové, síťové;
- plošné.

Dále je možno z hlediska **aspektu času** uvažovat vlivy:

- dlouhodobé a krátkodobé;
- nepřetržité a impulsní;
- sezónní a celoroční.

Tolik tedy velice stručně o interakci společnosti s prostředím. Zaměřme se nyní na interakce výrobních a nevýrobních aktivit společnosti s prostředím.

Je možno říci, že podle druhů interakcí výrobních aktivit společnosti s prostředím dochází ke změnám jak v úrovni vlastních výrobních aktivit, tak také k charakteristickým změnám v prostředí (antropogenizace).

Vyvolané změny je možné hodnotit z nejrůznějších aspektů, např. sociálních, ekonomických, ekologických, technických apod. Vzhledem k tomu, že velmi často dochází k různým druhům interakcí s prostředím v totožném prostoru, vznikají interference včetně složitých synergických jevů. Analýza výsledného stavu je pak velmi náročná.

Vzniká řada nových antropogenizovaných procesů. Tyto procesy můžeme kvalitativně a časově rozdělit na tři po sobě jdoucí etapy - vlivy, změny a účinky. Je ovšem nutno analyzovat také zpětné vazby, tj. působení změněného prostředí na prvotní výrobní i nevýrobní aktivity a společnost, které vytvářejí jak stále nové rámcové podmínky, tak spolupůsobí při vzniku mezních hodnot rozvoje nebo vývojových procesů pro rozvoj společnosti a hospodářství.

2.3.1 Hodnocení interakcí průmyslu a životního prostředí

Pro prezentaci metodiky byla zvolena dvě odvětví [1] - **energetika** a **těžba nerostných surovin** (viz dále kap. 2.3.1.1 a 2.3.1.2).

Metodický přístup k hodnocení interakcí průmyslu a prostředí vyžaduje:

- při vědomí mimořádného rozsahu a složitosti interakcí průmyslu a životního prostředí a jejich zpětných vazeb stanovit a realizovat zásadu selektivního výběru interakcí z hlediska relevantnosti a jednosměrnosti působení na životní prostředí;
- klasifikovat rozsah, obsah a kategorizaci takto odvozených základních interakcí, to je vlivů, změn a účinků průmyslu na životní prostředí;
- na základě odvětvových analýz a regionálních syntéz hledat potenciální řešení v prvé řadě v prevenci a následně v omezování negativních interakcí průmyslu s prostředím (celkově a zvláště ve vymezených regionech).

Systém interakcí průmyslu s prostředím zahrnuje velké množství vlivů, změn a účinků, vzájemně propojených a vesměs negativně působících na základní složky životního prostředí. Rovněž tak existuje řada zpětných vazeb, kdy narušené životní prostředí negativně ovlivňuje průmyslovou výrobu (např. znečištěné vodní zdroje, koroze zařízení apod.).

Metodicky je možno klasifikovat interakce průmyslu s životním prostředím z několika hledisek. Z obsahového hlediska jde o vlivy, změny a účinky, z hlediska časového - krátkodobě, střednědobě a dlouhodobě působící faktory, dle způsobu přenosu ekologického účinku průmyslu na životní prostředí - primární (přímé), sekundární, terciární (zprostředkované) vazby.

Pod pojmem vlivy rozumíme působení průmyslových závodů, oborů a odvětví na své okolí prostřednictvím nejrůznějších druhů **odpadů**, **hluku** a **devastačních zásahů** do okolí (zabor půdy, narušení režimu podzemních vod, reliéfu krajiny apod.) a dále **výrobu závadných**, či přímo **škodlivých průmyslových produktů** (např. chemická výroba - DDT, PCB, freony, speciální kapaliny, výroba stavebních dílů s obsahem radonu atd.).

Změny jednotlivých elementů životního prostředí v důsledku negativního působení průmyslu můžeme **charakterizovat** a zpravidla i **kvantifikovat** jako **míru** jejich **narušení**. Jde např. o stupeň a charakter znečištění ovzduší a vody, o rozsah záboru a charakter devastace půdního fondu apod.

Účinky jsou v podstatě důsledkem **vlivu průmyslu** na **změny jednotlivých elementů** životního prostředí. Účinky mohou být **ekonomické** (ekonomicky vyčíslitelné ztráty, škody, vícenáklady), **zdravotní** (zvýšená nemocnost, úmrtnost, genetické vlivy), **ekologické** (narušení přírodních struktur a zákonitostí vývoje), **demografické** (deformace natality, migrační vlivy a jejich důsledky), **sociální** (deformace sociální struktury a sociálního mikroklimatu, zvýšený výskyt sociálně negativních až sociálně-patologických jevů).

Výsledky analýz interakcí průmyslu a prostředí ukazují, že z **časového hlediska** jsou nejzávažnějšími účinky dlouhodobě působících vlivů. Zatímco u **krátkodobých vlivů**, jakými jsou např. havárie či krátkodobé překračování hygienických norem, z různých důvodů **nedochází** zpravidla k **trvalým změnám** jednotlivých elementů životního prostředí a k **trvalým účinkům**. U **dlouhodobě** působících **vlivů** průmyslu mají změny a účinky **trvalý, dlouhodobý** charakter. Dokonce se odhaduje jejich **přetrvávání** v době, kdy již **primární negativní vlivy** budou **slábnout** nebo zcela **pominou**. Do této oblasti proto musí přednostně směřovat společenské úsilí a prostředky. Jak pro účely preventivních opatření, tak pro účely zmírnění již se projevujících následků.

Dle **způsobu přenosu ekologického účinku průmyslu** na životní prostředí je možno odvodit dva druhy vztahů:

- **primární** (přímé) vztahy, např. průmysl-ovzduší, průmysl-voda;
- **zprostředkované** vztahy (sekundární, terciární), kdy průmyslem poškozené ovzduší (voda) působí dále negativně na vegetaci, obyvatelstvo a další složky životního prostředí.

Účinky vlivu narušeného životního prostředí průmyslovou výrobou na **zdravotní stav obyvatel** v regionálním průřezu ČR jsou zcela průkazné a je je možno dokumentovat řadou ukazatelů:

- zdravotní stav dětské populace;
- údaje o poškození imunitní odolnosti obyvatelstva;
- údaje o genotoxickém poškození populace;
- epidemiologické studie u profesionálně exponovaných skupin a další.

Současný stav poznání umožňuje vytipovat hlavní faktory ovlivňující zdravotní stav populace České republiky, provádět jejich analýzu a stanovit odpovídající metody monitorování.

Obdobně je možno specifikovat **ekonomické účinky** průmyslem narušeného životního prostředí, a to především metodologií a metodikou **ekonomického hodnocení škod a poškození** na životním prostředí, včetně nákladů na odstraňování těchto škod.

Složitější a obtížnější specifikace je zejména u sociálních účinků narušeného životního prostředí, avšak i zde existují důkazy o silné korelační závislosti různých sociálních deformací a deviací na stupni narušení životního prostředí.

Účinky (zdravotní, ekonomické, ekologické, sociální) jsou propracovány metodicky i obsahově poměrně důkladně. Jde vlastně o vývojový proces v časovém řetězci vlivy - změny - účinky. Chceme-li tedy rozplétat „gordický uzel“ interakcí průmyslu a životního prostředí a provést jejich hodnocení, je nutné začít u **analýzy vlivů** průmyslu na životní prostředí. V tomto směru mohou např. posloužit vzorové metodické ukazatele odvětví energetika a těžba nerostných surovin, což jsou odvětví s jedním z nejhorších ekologických účinků na životní prostředí.

Předmětem vlivu průmyslu jsou:

- zábor ploch a změny využití půdy, včetně struktur širšího území;
- změny přírodního prostředí jako celku, jednotlivých prvků a ekosystémů různé úrovně;
- změny sídel a sídelních struktur;
- změny infrastruktury všech druhů (např. dopravních sítí, liniových inženýrských sítí);
- změny demo-sociálních struktur ve všech aspektech;
- změny regionu jako celku včetně jeho funkcí;
- změny všech druhů potenciálů, přírodních, sociálních, ekonomických.

2.3.1.1 Energetika a životní prostředí

A/ Působení energetických závodů na jednotlivé složky životního prostředí:

1. ovzduší:

- prach;
- SO₂;
- Nox;
- emise fluóru a chlóru;
- emise těžkých kovů.

2. vodní hospodářství závodů:

- odpadní vody závodů (charakteristika, složení, množství);
- procesy čištění odpadních vod.

3. vliv provozu na půdní fond:

- mokré skladování popílku;
- suché skladování popílku;
- stabilizace popílku;
- rekultivace.

4. hlučnost provozu závodů;

5. vliv provozu závodů na produkci jiných odvětví;

6. vliv narušení jednotlivých složek životního prostředí na sociálně-ekonomické prostředí regionu.

B/ Opatření ke zmírnění následků provozu stávajícího energetického hospodářství na životní prostředí

1. zachycování tuhých emisí (odprašování) a jeho budoucí trendy (viz dále);

2. odsiřování:

- uhlí;
- spalin (viz dále).

3. *denitrifikace spalin (viz dále):*

- primární opatření
- sekundární opatření

4. *zákonné nástroje pro životní prostředí;*

5. *investice do životního prostředí.*

C/ **Strategická opatření k ekologizaci energetického hospodářství**

1. *zásadní snížení energetické náročnosti strukturálními změnami v rámci hospodářství ČR;*

2. *vyšší hospodárnost ve spotřebě všech druhů energie zásadními cenovými úpravami, zahrnujícími komplexní náklady na výrobu;*

3. *změny struktury výroby energie směrem k ekologicky výhodnějším prvotním zdrojům.*

2.3.1.2 Těžba nerostných surovin a prostředí

A/ Cílem řešení je dosáhnout snížení negativních vlivů těžby nerostných surovin na životní prostředí, zejména v oblasti:

- 1) *zdravotního zatížení obyvatel regionů, kde probíhá těžební činnost;*
- 2) *množství škodlivých látek a vlivů, vznikajících při těžbě;*
- 3) *negativního působení výsypek na klimatické podmínky regionu;*
- 4) *záboru pozemků pro těžbu;*
- 5) *regionálně-ekonomické problematiky;*
- 6) *následného zmírnění důsledků těžby realizované v uplynulém období s cílem přispět k vytváření opětné rovnováhy v krajině.*

B/ Řešení problematiky bude zaměřeno do oblasti těžby černého a hnědého uhlí a dalších nerostných surovin.

C/ Z hlediska uvedených cílů je nutné zaměřit se na:

- 1) *projektování těžby, včetně hlediska budoucího využívání území;*
- 2) *určení způsobu ukládání zeminy a hlušiny na výsypkách tak, aby se snížilo:*

- ♦ zdravotní a pracovní zatížení obyvatel regionu;
 - ♦ množství škodlivých látek a vlivů vznikajících při těžbě;
 - ♦ negativní působení výsypek na klimatické a hydrologické poměry;
 - ♦ zábor pozemků.
- 3) *navržení realizace monitorovacích a kontrolních systémů založených na možnostech moderní výpočetní techniky pro:*
- ♦ řízení těžebního procesu v reálném čase z hlediska dopadu na životní prostředí;
 - ♦ vyhodnocení dlouhodobého působení těžby na životní prostředí;
 - ♦ přijímání rozhodnutí eliminujících nepříznivé vlivy vyvolané těžbou.
- 4) *příprava metodických materiálů a směrnic pro následné a urychlené odstraňování důsledků těžby v uplynulém období.*

Posuzování vlivů povrchové důlní činnosti na životní prostředí

Záměry z oblasti těžební činnosti, které jsou v současné době v České republice posuzovány, lze rozdělit na dvě skupiny [3]:

První skupinu představují menší záměry těžby písků a kamene, druhá skupina je reprezentována velkými záměry. Jedná se většinou o rozšíření těžby hnědého uhlí u povrchového lomu.

Obecně je cílem navrhovaných opatření v rámci procesu posuzování vlivů na životní prostředí dosažení snížení negativních vlivů těžby nerostných surovin na životní prostředí.

Při posuzování vlivů záměrů z oblasti povrchové těžební činnosti na životní prostředí je nutno sledovat zejména následující faktory:

1. zábor půdy;
2. vlivy na povrchové a podzemní vody a na půdu;
3. hluk;
4. vliv na krajinný ráz;
5. emisně – imisní situace.

Zábor půdy

Při těžbě písků o ročním objemu kolem 30 000 m³ je nutno při střední životnosti ložiska 20 let počítat s dlouhodobým dočasným zábohem půdy v rozsahu cca 60 000 m², tedy cca 6 ha. U velkých záměrů těžby hnědého uhlí jde o dlouhodobý dočasný zábor půdy v rozsahu i stovek hektarů.

Vzhledem k tomu, že těžba písků je navrhována po celém území republiky včetně velmi úrodných oblastí, bývá mnohdy u těchto záměrů vystavena dočasněmu záboru zemědělská půda I. a II. třídy ochrany ZPF. U velkých záměrů těžby hnědého uhlí jde většinou o nižší třídy ochrany ZPF.

Svrchní kulturní vrstvu půdy je nutno skrýt na celé dotčené ploše, odděleně ukládat na vhodném pozemku a využít pro účely rekultivace (většinou se tak děje u menších záměrů -

těžba písků a kamene), nebo použit podle požadavků orgánu ochrany zemědělského půdního fondu. Náležitosti plánu rekultivace jsou uvedeny ve vyhlášce č. 13/1994 Sb.

Při těžbě písků (většinou do hloubky 20 m) vzniknou dočasné prohlubně v reliéfu, které je nutno po ukončení záměru vyplnit rekultivačním materiálem do původní nivelety. U rozsáhlých záměrů těžby hnědého uhlí je dnes rekultivace řešena většinou lesnickou rekultivací, případně vytvořením vodních ploch.

Rekultivace důlního díla a jeho přímého okolí musí být realizována dle plánu sanace a rekultivace, který musí být schválen orgánem ochrany životního prostředí.

Vlivy na povrchové a podzemní vody a na půdu

Při těžbě písků nebývá většinou zasažena hladina podzemní vody. Záměrem nebývají ohroženy kvalitativně ani kvantitativně vodní zdroje využívané pro veřejné či individuální zásobování obyvatelstva vodou. Jakost podzemních a povrchových vod v blízkém okolí se vlivem provádění těžby písků tedy většinou nebude měnit. Při těžbě uhlí povrchovým způsobem bývá často zasažena hladina podzemní vody. V důsledku těžby uhlí dochází ke zvýšení obsahu minerálních látek (zvláště se jedná o siřičkové minerály) v podzemní vodě. Důlní vody z povrchové těžby uhlí jsou charakteristické nízkou hodnotou pH faktoru, vysokou tvrdostí, vysokými obsahy iontů železa, vysokou koncentrací rozpuštěných a suspendujících látek a mimořádně nízkými obsahy organických látek. Tyto vody je nutno čistit.

Dešťové vody z nezpevněných ploch vsakují do terénu. Těžebním zásahem je vždy urychlena infiltrace srážek k hladině podzemní vody. Zpevněné plochy pro přečerpávání pohonných hmot z cisterny do těžebních mechanismů musí být vybudovány jako nepropustné, v případě čerpání paliva do nádrží mechanismů v jámě lomu musí být místo plnění podloženo záchytnou vanou se sorpční rohoží.

Při těžbě uhlí v povrchovém lomu vznikají průmyslové odpadní vody. Jedná se o odpadní vody z čistírny zaolejovaných vod (z mytí lokomotiv), z čistírny mourových vod (z odkališť, resp. původně z provozů drtíren uhlí) a z čistírny kolové a pásové techniky (většinou se jedná o recirkulační čistírny). Při těžbě písků tyto vody většinou nevznikají.

Při těžbě písků nemusí vznikat žádné splaškové odpadní vody. Pro potřeby jednoho až dvou pracovníků těžebny písku a pro řidiče zákaznických nákladních vozidel je možno instalovat mobilní chemickou toaletu. U velkých záměrů těžby hnědého uhlí je vzhledem k velkému počtu zaměstnanců nutno řešit problematiku splaškových odpadních vod odpovídajícím způsobem (čistírna odpadních vod).

Vlastní těžební technologický proces nezpůsobuje znečištění půdy ve větší intenzitě. V úvahu zde připadá pouze lokální znečištění půd v případě havarijního úniku ropných látek z těžebních a dopravních systémů. Odtěžení uhelné sloje, resp. písku a ostatních hornin (nadložních i meziložních) z prostoru důlního díla však vyvolá nevratné změny v horninovém prostředí.

Hluk:

Vliv hluku lze posuzovat ze dvou hledisek – jednak jako hluk dopravní (pojezd vozidel po komunikacích zájmového území mimo dobývací prostor), jednak jako hluk technologie provozu (hluk šířící se z dobývacího prostoru).

U menších záměrů těžby písků dominuje hluk z dopravní obsluhy, hluk technologický bývá malý (v provozu jsou jedno až dvě rýpadla ponořená v lomové jámě). U velkých záměrů těžby hnědého uhlí je situace opačná – hluk z dopravní obsluhy neovlivňuje výrazněji okolní

komunikace (navíc je většinou pro odvoz uhlí využíváno železniční dopravy), výrazný je však hluk technologický, šířící se z dobývacího prostoru. Tomuto hluku lze v obou případech čelit realizací ochranných valů (viz obr. 2.2), případně ochranných lesních pásů.

Vliv na krajinný ráz

Pojem krajinný ráz zavedl do praxe již před lety zákon č.114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny (dnes ve znění zákona č. 218/2004 Sb.). Krajinný ráz je v něm definován jako přírodní, kulturní a historická charakteristika určitého místa či oblasti. Krajinný ráz je chráněn před činnostmi snižující jeho estetickou a přírodní hodnotu. Zásahy do krajinného rázu, zejména umisťování a povolování staveb, mohou být prováděny pouze s ohledem na zachování významných krajinných prvků, zvláště chráněných území, kulturních dominant krajiny, harmonického měřítka a vztahů v krajině. Jako nejzávažnější se v rámci hodnocení krajinného rázu ukazuje zachování vztahů v krajině. Tyto jsou reprezentovány především průchodností krajiny pro různé organismy.

Z výše uvedených skutečností vyplývá, že povrchové důlní záměry jsou zpravidla rušivým prvkem v krajině, což má v podstatě negativní vliv na životní prostředí. U menších záměrů těžby písků lze po ukončení těžby dosáhnout následnou lesnickou či zemědělskou rekultivací nápravy do původního stavu. Složitější je situace u zbytkových jam velkých povrchových uhelných lomů, kde je rekultivace většinou otázkou mnoha let po ukončení těžby. Mnohdy je doporučována mimo lesnickou a zemědělskou rekultivaci jako optimální varianta hydrická rekultivace velké části zbytkové jámy. Napouštění jezera však může trvat mnohdy i několik let (např. 4 až 6) a je plně závislé na vydatnosti nejbližší vhodné vodoteče.

Emisně – imisní situace

Pro posouzení imisní zátěže zájmového území je nutno zpracovat rozptylovou studii, která vyhodnocuje většinou dopad tuhých znečišťujících látek, oxidu siřičitého, oxidů dusíku, oxidu uhelnatého a benzenu na okolí posuzovaného záměru.

U obou typů zde hodnocených záměrů je nutno provádět skrápění provozních komunikací a zemin na výsypkách a dodržovat časový plán rekultivací, aby postupně se zvyšující podíl zeleně snižoval negativní vliv lomu na okolí, a to zejména riziko znečištění ovzduší poléťavým prachem. Průběžně je nutno sledovat a zabezpečit funkční stav zeleně u ochranných valů.

V případě těžby uhlí je nutno občasným měřením ověřovat hromadění plynných škodlivin na dně lomu za různých meteorologických situací a posoudit možnost transportu zvýšených imisí do okolí lomu. Dále je nutno dodržovat technologický postup pro eliminaci a likvidaci záparů a ohňů.

V rámci procesu posuzování vlivů na životní prostředí jsou dle platné legislativy podmínky zahrnující výše uvedené faktory obsaženy v návrhu stanoviska posudku. Předmětem připomínek dotčených správních úřadů, dotčených územních samosprávných celků a veřejnosti však mohou být i další skupiny faktorů, které nejsou specifické pouze pro důlní činnost, což dále rozšiřuje výchozí základnu pro diskusi a způsobuje tak, že proces posuzování vlivů na životní prostředí je u těchto záměrů mnohdy velice složitý a zdlouhavý.



Obr. 2.2 Ochranné zemní valy u obce Černovice (severní Čechy)

2.3.2 Hodnocení interakcí staveb pro nakládání s odpady a životního prostředí

Mezi stavbami z oblasti odpadového hospodářství hrály v nedávné době dominantní roli skládky a spalovny odpadů. Byly však posuzovány i jiné záměry, např. třídící linky odpadů. Většina těchto staveb byla posuzována podle dříve platného zákona č. 244/1992 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí. V současnosti jsou velmi často v oblasti odpadového hospodářství posuzovány dekontaminační plochy, logistická centra pro nakládání s odpady, úpravny zeminy, sklady nebezpečných odpadů [4] a autovrakoviště [5]. Uvedené záměry z oblasti odpadového hospodářství musí být ve smyslu zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí), v platném znění, posuzovány vždy nebo podléhají zjišťovacímu řízení.

Logistická centra pro nakládání s odpady

Platná legislativa v oblasti odpadů klade důraz na předcházení vzniku odpadů, což není plně možné u mnoha výrobních postupů. Další možností, jak s odpadem nakládat (legislativa nás k tomu nabádá), je jeho využití jako materiálu pro další výrobu. Tento způsob v sobě nese problém spočívající v nutnosti jeho další úpravy, protože málokterý odpad se dá použít přímo. Je tedy nutno provést jeho další úpravu, například recyklaci, dekontaminaci, drcení, neutralizaci atd.

Tento způsob nakládání s odpady dává společně podnikajícím v tomto oboru možnosti ve využití nových technologií a zařízení. Jejich výstavba a provozování je finančně náročné, a proto pouze kapitálově silné společnosti si to mohou dovolit. Snahou je soustředit tyto nové technologie a zařízení na jedno místo, příp. navázat na stávající provoz pro nakládání s odpady. Pro tento způsob podnikání se vžil název *logistické centrum pro nakládání s odpady*, zkráceně *logistické centrum odpadů*.

Úpravny zeminy

V případě úpraven zeminy se v poslední době velmi často používá vakuotermických zařízení [6]. Vakuovou termickou desorpčí se z frakcí zeminy, příp. stavební sutí uvolňují škodliviny - uhlovodíky, PAU (polycyklické aromatické uhlovodíky) a fenoly, a poté kondenzují. Významnou předností vakuotermického zpracování je odstranění uvolňování škodlivin do ovzduší při destilačním procesu - proces probíhá v uzavřeném systému. Žádné škodliviny se ani nespalují.

Surová kontaminovaná zemina je po navezení a oddělení nežádoucích příměsí nakládána do násypky. Z násypky jsou surovou zeminou pomocí dopravníků zaváženy vakuové sušiče. Po naplnění je zavážení přerušeno. Sušič se po ukončení zavážení vakuotěsně uzavírá. Přes vyhřívaný plášť je do surové zeminy předávána potřebná tepelná energie. V první fázi je zavážka ohřívána na teplotu bodu varu vody, tím je ze zeminy voda odpařována - odstraňována. Vznikající brýdy se vysrážejí v pračce. V této fázi pracuje sušič při lehkém podtlaku. V další fázi se zemina po přestavení sušiče na pracovní tlak (30 – 50 mbar - absolutní hodnota tlaku) zahřívá na 270 až 300 °C. Ze zeminy jsou tak škodliviny odstraňovány odpařováním. Brýdy organických škodlivin se vysrážejí v pračce. Po dosažení stanovené prodlevy zeminy v sušiči je proces ukončen. Sušič je zavzdušněn a vyprázdněn, vyčištěná zemina se odvádí do mezizásobníku. Materiál, zpracovaný v sušičích, se přes mezizásobník dopravuje do dalšího sušiče, v němž probíhá pomocí hořáku ohřátí zeminy na teplotu cca 650 °C. Tím se ze zeminy odstraní i vysokomolekulární škodliviny. Dmychadlem probíhá nepřetržité odsávání škodlivin. Odsávaný vzduch ze sušiče je kondenzován. Vznikající kondenzát je odváděn do spádové nádrže. Dále je kondenzát čištěn ve strippingovém zařízení s předřazeným pískovým filtrem a výstupním mokřým filtrem s aktivním uhlím. Vyčištěná voda se používá dál ke zpětnému zvlhčování vyčištěné zeminy.

Soustava ohřevu je tvořena zařízením na ohřev teplotonosného oleje s veškerým potřebným vybavením. Tato soustava dodává do celého procesu potřebné množství tepelné energie. Teplotonosný olej je za chodu zařízení ohříván až na 340 °C. Ohřev se provádí zemním plynem nebo topným olejem.

Analýza vlivů logistických center pro nakládání s odpady a úpraven zeminy na životní prostředí

Při posuzování vlivů logistických center pro nakládání s odpady a úpraven zeminy na životní prostředí jsou ve velké většině případů sledovány následující faktory:

1. vlivy na ovzduší a klima;
2. hluk;
3. vlivy na povrchové a podzemní vody;
4. vlivy na půdu, území a geologické podmínky;
5. vlivy na faunu a flóru, vlivy na ekosystémy;

6. vlivy na antropogenní systémy, jejich složky a funkce;
7. vlivy na strukturu a funkční využití území;
8. velkoplošné vlivy v krajině a ostatní vlivy.

Vlivy na ovzduší a klima

Ze závěrů rozptylových studií v drtivé většině případů vyplývá, že pokud logistické centrum odpadů nezahrnuje spalovnu odpadů, bude minimálním znečišťovatelem a jeho příspěvek ve vztahu ke stávající imisní situaci bude ve všech rozhodujících ukazatelích nepodstatný. Plošné zdroje znečišťování ovzduší zde nebývají a liniové zdroje znečišťování ovzduší jsou při běžném provozu nevýznamné.

V některých případech však bude nutno v období provozu uskutečnit opatření ke snížení prašnosti při nakládání s odpady (náležité kropení, minimalizace prašnosti při manipulaci s odpady atd.).

Mezi hlavní emisní zdroje úpraven odpadů patří zařízení sloužící k ohřevu teplotosného oleje u zařízení vakuové termické desorpce [6]. Ohřev se provádí hořákem, který spaluje zemní plyn. Spaliny jsou odváděny do komína. Vzhledem k tomu, že jmenovitý výkon hořáku bývá v jednotkách (většinou do 5) MW_t, jedná se dle § 4 odst. 5 písm. c) zákona č. 86/2002 Sb. ve většině případů o střední spalovací zdroj (hořák je nutno zařadit jako spalovací zdroj, neboť přímo nespaluje žádné odpady, takže nemůže být zařazen mezi zařízení určená ke spalování odpadů). Emise vznikající provozem tohoto spalovacího zařízení budou tedy nízké (srovnatelné např. s emisemi vznikajícími v souvislosti s vytápěním středně velkého obchodního centra plynem).

Hluk

Pro obě technologie je vhodné zpracovat hlukovou studii, která zohlední hluk z provozu v objektech, kde budou pracovat lisy či jiná zařízení generující hluk a vibrace, a z činnosti na manipulačních plochách. Hluková studie musí rovněž zahrnout hluk plynoucí z dopravní obsluhy posuzovaného logistického centra, resp. úpravny zeminy. Zpracování hlukové studie se jeví jako nevyhnutelné při lokalizaci těchto areálů v blízkosti obytné zástavby.

Po uvedení záměrů do provozu je vhodné provést kontrolní měření hluku. V případě realizace logistického centra pro nakládání s odpady či úpravny zeminy na již dříve využívané lokalitě je vhodné provést kontrolní měření hluku také před realizací rekonstrukce, resp. před výstavbou nových objektů.

Vlivy na povrchové a podzemní vody

Splaškové vody ze sociálních zařízení umístěných v budovách logistických center odpadů a úpraven zeminy jsou většinou shromažďovány v jímce a odtud odváděny do čistírny odpadních vod nebo do veřejné kanalizace.

Dešťové vody - např. ze zpevněných manipulačních ploch, kde může dojít ke znečištění, jsou odváděny přes odlučovače ropných látek do ČOV na předčištění nebo do veřejné kanalizace.

Dešťové vody z ostatních ploch jsou odváděny dešťovou kanalizací do veřejné kanalizace nebo do vodoteče.

V případě realizace logistického centra pro nakládání s odpady či úpravny zeminy na již dříve využívané lokalitě (např. pro průmyslové účely) bude nutno zajistit, aby bylo zpracováno autorizovanou osobou posouzení těsnosti stávajících jímek, které budou dále využívány. Doklady o vodotěsnosti jímek je nutno předložit příslušnému vodoprávnímu úřadu.

V případě změny účelu využití staveb bude nutno u objektů, kde bude nakládáno s nebezpečnými odpady, ověřit způsob zabezpečení před možným únikem např. ropných látek, olejů, chemikálií a dalších nebezpečných a zvláště nebezpečných látek do kanalizace areálu a následně do veřejné kanalizace města či obce. Odpadní vody vypouštěné z areálu do veřejné kanalizace musí splňovat podmínky pro vypouštění odpadních vod dané kanalizačním řádem města či obce. U stávajících záchytných zařízení je vždy vhodné provést posouzení jejich účinnosti příslušným odborníkem a v případě nutnosti navrhnout vybudování nových odlučovačů ropných látek nebo jiného odlučovacího či neutralizačního zařízení.

V průběhu provozu je nutno periodicky kontrolovat stav odlučovačů ropných látek, příp. dalších odlučovacích či neutralizačních zařízení v objektech logistického centra pro nakládání s odpady.

Vlivy na půdu, území a geologické podmínky

V drtivé většině případů nedochází stavbou logistických center odpadů k novému záboru půdního fondu, neboť tato jsou budována v již dříve využívaných průmyslových či jiných areálech, resp. na již dříve využívaných plochách.

U již dříve využívaných hal, kde bude nakládáno s nebezpečnými odpady, bude nutno zajistit kontrolu kvality podlah ve vztahu k možné kontaminaci podzemních vod a horninového prostředí. V případě pochybností bude nutno zabezpečit, aby podlahy těchto hal byly provedeny v nepropustné úpravě v souladu s platnou legislativou.

Zabezpečení nových hal či ploch je takové, že při nakládání s odpady není předpokládána depozice škodlivin do půdy. Plochy mimo staveniště ani geologické podmínky nebývají rovněž ovlivněny.

V případě rekonstrukčních prací v již dříve využívaných areálech je vždy nutno zajistit průběžné sledování, případně analýzu výkopového materiálu a jeho případné následné uložení na skládky příslušných skupin či jeho odstranění na zařízeních k tomu určených. Při zjištění kontaminovaného materiálu na posuzované lokalitě, resp. v rámci posuzovaných objektů bude nutno místo výskytu kontaminované zeminy sanovat.

Čištění kontaminované zeminy neovlivní horninové prostředí, neboť úpravny zeminy jsou jako dočasná zařízení umístovány na nepropustné železobetonové desce o tloušťce cca 200 mm.

Vlivy na faunu a flóru, vlivy na ekosystémy

Vzhledem k tomu, že se většinou jedná o již využívané průmyslové plochy a areály, uvažované záměry (stavby logistických center pro nakládání s odpady, resp. úpravny zeminy) by neměly mít negativní vliv na faunu a flóru. Nicméně téměř ve všech případech lze doporučit, aby byla posílena zeleň výsadbou vhodných druhů dřevin, zejména v okrajových částech pozemků (vytvoření zelené bariéry).

Průmyslová činnost a imisní zátěž v minulosti mnohdy vedla k poškozování přirozených ekosystémů. V současné době se na takových lokalitách většinou vyvíjejí společenstva rostlin ruderalních a extrémních stanovišť, která jsou osídlována živočichy s druhovou rozmanitostí.

Vlivy na strukturu a funkční využití území

Z hlediska využití struktury území a funkčního využití území musí být výstavba logistického centra odpadů, resp. úpravny zeminy v souladu s územním plánem, a to i vzhledem ke stávajícím technologickým vazbám. V případě úpraven zeminy je nutno vzít v úvahu i skutečnost, že se v drtivé většině případů jedná o stavby dočasné (např. s životností 10 let), což umožňuje po skončení provozu uvést danou lokalitu do původního stavu.

Velkoplošné vlivy v krajině a ostatní vlivy:

Při posuzování velkoplošných vlivů na okolní krajinu z biologického hlediska není jednoznačně možné stanovit bezprostřední vliv dílčích průmyslových aktivit, které negativně ovlivňují okolí. Ostatní změny ekosystémů jsou většinou zapříčiněny dlouhodobými kumulativními vlivy průmyslové činnosti v dané oblasti. Na Ostravsku se např. jedná o změny reliéfu vlivem poddolování, překryvy haldovinou, stavební činnost, imisní zátěž, skladování odpadů (např. olejové laguny) atd.

Je možno konstatovat, že většina logistických center pro nakládání s odpady je navržena a následně budována tak, že jejich provoz nevyvolává negativní dopady na životní prostředí. V mnoha případech se dokonce ukazuje, že provoz logistického centra pro nakládání s odpady na již dříve využívané lokalitě je méně problematický, než tomu bylo v případě původní průmyslové výroby.

Obdobně je tomu i u úpraven zeminy [6], kde je nutno vzít v úvahu i skutečnost, že se v drtivé většině případů jedná o stavby dočasné (např. s životností 10 let), což umožňuje po skončení provozu uvést danou lokalitu do původního stavu.

2.3.3 Hodnocení interakcí dopravy a životního prostředí

Vliv dopravy na životní prostředí je určován zejména typem dopravních prostředků a dopravních cest; základními činiteli jsou:

- vedení trasy komunikace a její uspořádání (intravilán, extravilán, průtah, obchvat, segregace tras dopravních systémů, nadzemní či podzemní vedení apod.);
- technický stav komunikací;
- způsob pohonu vozidel;
- způsob směrového vedení vozidla (kolejové, nekolejové);
- ◆ technický stav vozidel;
- ◆ způsob a technika řízení a organizace dopravy;
- ◆ disciplína účastníků dopravního procesu.

Porovnáme-li dopravu silniční, leteckou, železniční a vodní ve vztahu k životnímu prostředí, dojdeme k následujícím závěrům:

Silniční doprava. Motory automobilů emitují především CO, NO_x a C_xH_y (je udáváno až 160 i více uhlovodíkových škodlivin, z nichž většina se vyskytuje v miligramovém či ve stopovém množství; rozhodující škodlivinou je v případě silniční dopravy benzen, příp. benzo(a)pyrén). Přestože všechna moderní vozidla jsou vybavena katalyzátory, koncentrace výše uvedených škodlivin je zejména ve městech na rušných křižovatkách vysoká. Silniční doprava se podílí na tvorbě NO_x v přízemní vrstvě z cca 60 %, což je obdobná hodnota jako ve všech vyspělých zemích naší planety. Rušné křižovatky měst vykazují rovněž vysokou intenzitu hluku, který je největším problémem rovněž ve všech zemích Evropské unie. Ohromné rozlohy dálnic, parkovišť a odstavných ploch ohřívají v teplých dnech nadměrně vzduch, napomáhají vzniku inverzních jevů, srážkovou vodu odvádějí ihned do řek. Jen mimoměstské komunikace u nás zabírají více než 100 tis. ha půdy. Silniční doprava trvale „obohacuje“ naše vody a půdu ropnými produkty, saponáty atd.

Letecká doprava. Jediné tryskové letadlo (dopravní) spotřebuje při přeletu Atlantiku průměrně 35 tun kyslíku. Složení emisí leteckých motorů je podobné emisím ze silniční dopravy. I když dochází k lepšímu spalování, v přepočtu na jednu osobu nejsou výsledky nijak povzbudivé. Zplodiny reaktivních motorů nadzvukových letadel reagují ve vysokých vrstvách atmosféry s ozónem. Částečky obsažené ve výfukových plynech jsou účinnými kondenzačními jádry. V místech s hustým leteckým provozem vzrostla oblačnost o více než 10 procent. Letiště zabírají ohromné plochy zemědělské půdy. Na hlukových mapách jsou vyznačena nejtmaší barvou. Mamutí nádrže pohonných hmot umístěné pod zemí jsou velkou potenciální hrozbou pro půdu a vody.

Železniční doprava. Vztah železniční dopravy k životnímu prostředí lze charakterizovat v tom smyslu, že se jedná o ekologicky a energeticky velmi vhodný druh dopravy. Podle evropských statistik činí poměr spotřeby energie na železnici k silniční dopravě přibližně 1 : 6 a k letecké dopravě 1 : 17. Bylo vypočítáno, že na vybudování dálnice se spotřebuje 3 až 4krát více energie a materiálu než pro kapacitně odpovídající železnici. Po běžně vybavené středoevropské dvojkolejně trati lze při běžných dnešních rychlostech přepravit nejméně 20 000 cestujících za hodinu, přičemž dálnice o stejné kapacitě by musela být 132 m široká. Na druhé straně i železniční doprava svým provozem určité škody na životním prostředí stále způsobuje (jsou však 10 až 100krát nižší než škody, které by vznikly, kdyby současné přepravní výkony železnice převzala doprava silniční).

Vodní doprava. Vodní doprava patří mezi energeticky málo náročný druh dopravy. Dříve bylo udáváno, že při provozu jedné motorové lodi nebo vlečného člunu se dostane do vodního toku za jeden měsíc 100 až 200 litrů oleje. Tato hodnota se v posledních letech výrazně snížila, nicméně vždy je nutno s nějakými úkapy počítat. Vodní ekosystémy jsou rovněž postihovány napřimováním a regulací toků (zrychlení toku, kumulace vln), hlukem, výfukovými plyny, činností lodního šroubu atd. Říční doprava je poměrně náročná na infrastrukturu, loděnice, překladiště; ostatně i některé přístavy zabírají značné plochy.

Z dosud uvedených skutečností plyne, že nejproblematičtějším druhem dopravy z hlediska dopadu na životní prostředí je doprava silniční, kde rozhodujícím hnacím agregátem je spalovací motor.

Základní projevy negativního vlivu dopravy na životní prostředí lze shrnout na působení v oblasti:

- hluku;
- vibrační a otřesů;
- exhalací a mikroklimatu;
- prašnosti;
- nehodovosti a úrazovosti;
- znečištění vody;
- záboru zemědělské a lesní půdy a plošných nároků v urbanizovaném území;
- estetiky a psychických účinků.

2.3.3.1 Exhalace spalovacích motorů

Výfukové plyny motorových vozidel obsahují téměř 164 (některé prameny udávají i větší počet) složek, a to jak anorganických, tak organických. Jsou to zejména (týká se starších vozidel bez katalyzátoru) [1]:

- anorganické - oxidy uhlíku CO a CO₂;
 - oxidy dusíku NO_x, resp. NO₂;
 - oxidy síry SO_x;
 - tetraethylolovo Pb(C₂H₅)₄
- organické - alifatické, aromatické a heterocyklické uhlovodíky C_xH_y;
 - aldehydy C-CHO;
 - fenoly, ketony a dehty;
 - polycyklické aromatické uhlovodíky;
 - saze (čistý uhlík) aj.

Poznámka

Tetraethylolovo Pb(C₂H₅)₄ se od roku 2001, kdy je distribuován pouze bezolovnatý benzín, v palivech pro motorová vozidla a následně ve výfukových plynech prakticky nevyskytuje. Obdobně v posledních letech významně poklesl obsah síry v motorové naftě.

Působení těchto látek na živou přírodu je třeba hodnotit z hledisek:

- **genetických**, kde největší pozornost je věnována sloučeninám s mutagenními, případně i kancerogenními účinky (polycyklické uhlovodíky, oxidy dusíku ap.);
- **toxických**, vyvolávají-li látky otravy nebo i smrt (vdechování oxidu uhelnatého, oxidu dusíku, srážení tělních bílkovin formaldehydem ap.);
- **ekologických**, které sledují abiotické faktory ve vztahu k motorové, zejména silniční dopravě. Zde představují velké nebezpečí nasycené uhlovodíky a oxidy dusíku. Pro svoji lehkou reaktivnost se spolu s intenzivním slunečním zářením, klimatickými a geomorfologickými faktory podílejí na vzniku oxidačního (fotochemického) smogu. Působí i jako kondenzační jádra.

Škodlivé látky ze silniční motorové dopravy působí na organismus buď přímo (jako CO) nebo nepřímo potravinovými řetězci (polycyklické uhlovodíky ap.). V řadě případů dochází k synergickému působení několika škodlivin, které svou účinnost vzájemně zvyšují nebo naopak omezují.

Celkově lze říci, že množství exhalátů ze silniční dopravy je řádově 40krát vyšší nežli všech ostatních doprav dohromady.

2.3.3.2 Možnosti snižování emisí ze silniční dopravy

Motorová vozidla vždy patřila k největším znečišťovatelům životního prostředí. V České republice došlo po roce 1989 ke značnému útlumu těžkého průmyslu a zároveň k odsíření tepelných elektráren, takže v letech 1987 až 1997 byly emise SO_2 u těchto velkých zdrojů sníženy o 68 % a emise NO_x o 50 %. Současně však velice vzrostl počet osobních i užitkových automobilů a po vstupu České republiky do Evropské unie vzrostla významně i tranzitní nákladní automobilová doprava přes naše území, takže se celkově zvýšil objem emisí škodlivých látek ze silniční dopravy. Je tedy nutno technickými opatřeními neustále snižovat emise spalovacích motorů [7].

Emisní limity pro spalovací motory

Od začátku roku 1993 platil ve všech zemích Evropské unie předpis EU1, který platil od října 1993 také v České republice. Předpis EU1 vycházel z předpisu US-83 Federal, který vznikl ve Spojených státech amerických a platil také v Kanadě a v řadě dalších států. Předpis US-83 Federal uváděl limity emisí C_xH_y , CO a NO_x [1] ve výfukových plynech (tab. 2.2) a limit úniku C_xH_y z celého vozidla. Součástí předpisu byla i metodika měření těchto emisí, která obsahuje křivku jízdního testu, používané zkušební zařízení, zatížení zkušebních válců atd. Metodika měření odparných emisí C_xH_y z vozidla a palivové soustavy je popsána v tzv. SHED testu, který zaručuje minimalizaci úniku uhlovodíků ze zaparkovaných automobilů, projevující se nejvýrazněji v uzavřených velkokapacitních parkovištích.

Tab. 2.2 Limity emisí ve výfukových plynech - osobní vozy se zážehovými motory
(podle různých starších předpisů)

| | Škodlivina | | |
|---------------------|------------|--------------------------------------|---------------|
| | CO | $\text{C}_x\text{H}_y + \text{NO}_x$ | NO_x |
| Emisní limit | g/test | | |
| EHK R 15 – 04 | 58 | 19 | |
| EHK RX (B) | 45 | 15 | 6 |
| STUFE C | 30 | 8 | |
| US-83 Federal (EU1) | 19 | 5 | |

Od roku 1996 v zemích Evropské unie a od roku 1997 v České republice platil předpis EU2, který je přísnější než předpis předchozí. Od roku 2001 platil v zemích Evropské unie emisní předpis EU3 a od roku 2005 platí předpis EU4. Emisní limity EU2 a EU3 pro osobní

vozy se zážehovými a vznětovými motory jsou uvedeny v tabulce 2.3 [9]. Pozn.: Evropské emisní limity jsou pro osobní automobily označovány EU, pro nákladní automobily EURO.

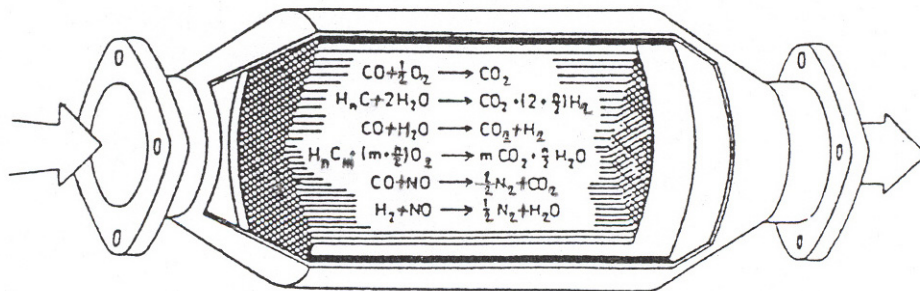
Tab. 2.3 Emisní limity EU2 a EU3 - osobní vozy se zážehovými a vznětovými motory do 6 sedadel a do celkové hmotnosti 2 500 kg

| | Škodlivina | | | | |
|-------------------------|------------|-------------------------------|-----------------|---|---------|
| | CO | C _x H _y | NO _x | C _x H _y + NO _x | Částice |
| | g/km | | | | |
| Emisní limit EU2 | | | | | |
| Benzínové motory | 2,20 | neudáno | neudáno | 0,50 | neudáno |
| Naftové motory | 1,00 | neudáno | neudáno | 0,70 | 0,08 |
| Emisní limit EU3 | | | | | |
| Benzínové motory | 2,30 | 0,20 | 0,15 | Neudáno | neudáno |
| Naftové motory | 0,64 | neudáno | 0,50 | 0,56 | 0,05 |

Exhalace zážehových spalovacích motorů

Výbavu vozidel se zážehovými spalovacími motory, které splňují normu EU1, resp. EU2, EU3 a EU4, tvoří emisní systémy s elektronicky řízenými procesy přípravy směsi a řízenými třicestnými (spíše trojčinnými) katalyzátory výfukových plynů (viz obr. 2.3) s využitím kyslíkových snímačů, tzv. sond lambda. Tyto sondy spolu s dalšími snímači, sledujícími otáčky motoru, teplotu směsi a chladicí kapaliny, postavení polohy škrticí klapky atd., poskytují informace řídicímu počítači a ten dává pokyny elektronicky řízenému zařízení pro přípravu směsi, které musí zajistit stechiometrický poměr vzduchu k benzínu (většinou se jedná o poměr 14,7 : 1). Víc vzduchu znamená nedostatečnou redukci oxidů dusíku, zatímco méně vzduchu nedostatečnou oxidaci oxidu uhelnatého a nespálených uhlovodíků. Přesná příprava směsi pro moderní zážehové motory je dnes zabezpečována dvěma základními způsoby. Jedná se buď o využití jednobodového nebo vícebodového vstřikování paliva (před sací ventil každého válce motoru), které bylo ještě nedávno vyhrazeno dražším vozům s větším objemem motoru (většinou nad 2 l).

V třicestném katalyzátoru se přeměňují oxidací a redukcí jedovaté a škodlivé látky na látky neškodné. Povrch nosiče katalyzátoru je nasycen vzácnými kovy - platinou a rhodiem. Platina povzbuzuje oxidaci uhlovodíků a oxidu uhelnatého na vodu a oxid uhličitý, rhodium podporuje změnu oxidů dusíku na dusík a vodní páry. Přívlastek „třicestný“ v názvu katalyzátoru je třeba chápat ve smyslu „zaměřující svoji působnost třemi směry“. To znamená na tři uvedené škodliviny - CO, C_xH_y a NO_x. V současné době se stále více používá výraz „trojčinný“ katalyzátor. Minimalizace odparných emisí uhlovodíků z vozidla (viz SHED test) je zabezpečena vyvedením odvětrání palivové soustavy do nádoby s aktivním uhlím.



Obr. 2.3 Schéma třicestného (trojčinného) katalyzátoru s vyznačením základních chemických reakcí

Dnes se u mnoha vozů používají dva i více katalyzátorů. Jeden bývá umístěn těsně za motorem a druhý ve druhé části výfukového potrubí pod vozem (např. vozy firem Mercedes a Porsche). Některé automobilky používají také dvě lambda sondy (před a za katalyzátorem).

Vozidla vybavená třicestným katalyzátorem musí podle předpisů EU i US-83 Federal zaručit splnění emisních limitů po dobu ujetí nejméně 80 000 km. Dobře zahřátý třicestný katalyzátor (na zhruba 450 °C) redukuje 90 až 98 % škodlivin.

Zahřátí katalyzátoru bývá zajištěno u drahých vozů jeho elektrickým vyhříváním na provozní teplotu po spuštění motoru (např. vozy Mercedes-Benz starší řady S). Další možností, jak zkrátit zahřívací fázi katalyzátoru, je zavedení třiventilové techniky, kdy jsou použity dva sací ventily pro dobrou plnicí účinnost a jeden výfukový ventil plněný sodíkem. Eliminací druhého výfukového ventilu proti čtyřventilovému rozvodu se zmenší povrch výfukového kanálu až o 30 %, takže tepelné ztráty jsou nižší a teplota spalin narůstá zhruba o 70 °C. Katalyzátor se tak dříve zahřeje na provozní teplotu. Vyjdeme-li z nového jízdního cyklu ES, který zahrnuje studený start, snižují se škodlivé emise asi o 40 %. Toto řešení je použito u šestiválcových motorů Mercedes-Benz [10] do V s úhlem rozevření válců 90° (motory V6 E 320, E 280, E 240 u řady W 210).

Koncern General Motors vyvíjí katalyzátory ADCAT, které budou schopny vykompenzovat „nezahřátí“. Základem je voštinové těleso se zeolitem, což je krystalický silikát, působící jako „molekulární síť“. Nespálené škodliviny jsou zadržovány tak dlouho, pokud se katalyzátor nezahřeje na takovou teplotu, kdy mohou být přeměněny. Potom pracuje jako běžný katalyzátor.

Nicméně je nutno se zmínit i o dalších cestách vedoucích ke snížení emisí zážehových motorů. Jedná se především o snížování spotřeby paliva, což automaticky vede ke snížení emisí (dle směrnice 93/116/ES je dnes dokonce spotřeba vypočítávána na základě změřených emisí). Zde je nutno uvést zážehové motory s přímým vstřikem paliva (přímo do válců), označované jako GDI (Gasoline Direct Injection) či FDI (Fuel Direct Injection). Pro evropské trhy byl dodáván jako první vůz se zážehovým přímovstřikovým motorem model Mitsubishi Carisma [11]. Motor měl objem 1834 ccm a výkon 92 kW, resp. 125 koní a byl vybaven trojčinným katalyzátorem jako běžné zážehové motory. Výrobce udával snížení spotřeby paliva o 20 %, zvýšení výkonu o 10 % a snížení emisí CO₂ o 20 %. V praxi se potvrdilo zvýšení výkonu a snížení spotřeby paliva, nicméně v oblasti emisí bylo dle evropských zkoušek dosaženo diskutabilních výsledků.

Prvním evropským výrobcem, který zavedl přímé vstřikování u zážehových motorů, byla firma Renault (motor 2,0 IDE o objemu 1998 cm³ a výkonu 103 kW/5500 ot/min; nejvyšší točivý moment 200 N.m při 4250 ot/min). Firma Renault dokázala odstranit

Achillovu patu tohoto systému, spočívající v poměrně vysokých exhalacích NO_x . Ty eliminovala recirkulací výfukových plynů (tedy principiálně stejně jako je tomu u vznětových motorů).

Zážehové motory s přímým vstřikováním paliva a s nízkými emisemi nyní vyrábí celá řada výrobců. Známé jsou např. motory s označením FSI koncernu Volkswagen, které pohánějí i některé modely dceřiné automobilky Škoda.

Exhalace vznětových spalovacích motorů

Tuto skupinu motorů tvoří dosud výhradně motory naftové, o nichž dříve převládal názor, že jsou z ekologického hlediska výhodnější než zážehové, neboť zplodiny hoření naftového motoru obsahují jen v minimálním množství jednu z nejtoxičtějších složek výfukových plynů, oxidy dusíku (NO_x). Skutečnost je však jiná. Množství oxidů dusíku nebývá ve spalinách vznětových motorů výrazně menší než u motorů zážehových, protože v hořícím paprsku paliva probíhá část spalování na hranici stechiometrického směšovacího poměru, tj. při $\lambda = 1$, tedy vlastně při stejných teplotách jako u zážehových motorů.

Problémem je i to, že oxidační katalyzátor (je používán např. firmami Mercedes-Benz, Volkswagen, Audi, Škoda, BMW a Peugeot u vozů se vznětovými motory) nesnižuje obsah NO_x . Třícestné katalyzátory, používané u zážehových spalovacích motorů a snižující také emise NO_x , nelze u vznětových motorů použít. V současné době je tedy snaha používat v maximální míře vznětové motory s co nejmenší spotřebou, protože tyto motory mají zároveň nižší emise škodlivých látek včetně NO_x .

Mezi takové motory jednoznačně patří vznětové motory s přímým vstřikem paliva (direct injection - DI, většinou za účelem zvýšení výkonu a točivého momentu vybavené turbodmychadlem - TDI), protože mají oproti klasickým vznětovým motorům s nepřímým vstřikem spotřebu o 15 % nižší, což se projevuje i v již zmíněné menší tvorbě emisí. Přepřehované rychloběžné vznětové motory s přímým vstřikem, určené pro osobní automobily, se staly fenoménem devadesátých let minulého století. Průkopnickou roli přitom sehrály konstrukce motorů firmy Audi, resp. koncernu Volkswagen.

Vznětové motory s přímým vstřikem mají v současné době samotné vstřikování paliva řešeno třemi způsoby:

- s radiálním rotačním vstřikovacím čerpadlem v drtivé většině případů doplněné o elektronický řídicí systém EDC;
- systém common-rail;
- systém čerpadlo - tryska (sdružený vstřikovač).

Podíváme-li se do historie, pak je nutno zmínit skutečnost, že automobilka Daimler-Benz do svých osobních vozů Mercedes-Benz 170 D začala montovat vznětové čtyřválce vybavené řadovými vstřikovacími čerpadly firmy Robert Bosch (nicméně prvním osobním vozidlem na světě se vznětovým motorem byl Mercedes-Benz 260 D z roku 1936 o výkonu 45 koní). Trvalo pak čtyřicet let, než se z ropné krize na začátku 70. let zrodil první menší automobil se vznětovým motorem, Volkswagen Golf 1,5 D. Jeho vznětový komůrkový motor (tedy s nepřímým vstřikem) byl vybaven tehdejší novinkou, rotačním vstřikovacím čerpadlem, vyvinutým rovněž firmou Bosch.

Radiální rotační vstřikovací čerpadlo (viz dále obr. 2.4) umožňuje vytvoření lehčí vstřikovací soustavy s malými montážními rozměry, vhodné pro menší rychloběžné vznětové motory. Slučuje totiž dopravní i vysokotlaké čerpadlo, regulátor otáček a přesuvník vstřiku do

malého kompaktního celku. V běžném rotačním čerpadle je pouze jeden válec a jediný píst ovládaný axiální vačkou. Tento typ čerpadel byl posléze (zpočátku hlavně pro vznětové turbomotory s přímým vstřikem) doplněn elektronickým systémem EDC, který se skládá ze tří funkčních bloků: soustavy snímačů, řídicí jednotky a z členů, které veličiny řídicí jednotky mění na úpravu funkce vstřikování. Radiální rotační vstřikovací čerpadlo vyvine ve vysokotlaké části tlak až 157×10^3 kPa (1 600 barů). Např. rotační vstřikovací čerpadlo šestiválcového vznětového motoru s přímým vstřikem firmy Volkswagen TDI V6 (120 kW, resp. 163 k, 380 N.m při 1500 ot./min.) vyvozuje tlak 1500 barů (Škoda Superb, Audi A6).

Systém common rail (viz dále obr. 2.4). Tento systém vstřikování nafty plně využívá dnešních možností elektronizace techniky. Blíží se nejlepším typům elektronického vstřikování benzínu, a přitom pracuje s velmi vysokým tlakem paliva. Vysokotlaké čerpadlo udržuje tlak v masivním vstřikovacím potrubí, tzv. liště, která tvoří současně zásobník tlaku a má přesně omezenou roztažnost. Tato lišta je připojena k jednotlivým válcům jejich vstřikovači s magnetickými ventily. Signály pro přesný okamžik i dobu otevření vstřikovačů pak předává řídicí jednotka motoru na základě snímání nejrůznějších veličin, podobně jako u EDC. Velkou výhodou tohoto systému je zjednodušení a unifikace se vstřikováním benzínu. Nevýhodou je potřeba bezchybné přesnosti, a tedy i výrobní náročnost dílů. Maximální vstřikovací tlak zde dosahuje $132,5 \times 10^3$ kPa, tj. 1 350 barů. Systém common rail osazuje do svých vznětových motorů celá řada automobilek (Mercedes-Benz, BMW, Peugeot, VW/Audi, Renault, Toyota atd.). Třetí a vyšší generace systému common rail přechází místo ovládnutí vstřikovačů klasickými elektromagnety na piezoelektrické ventily, které spínají cca třikrát rychleji (<1 ms).

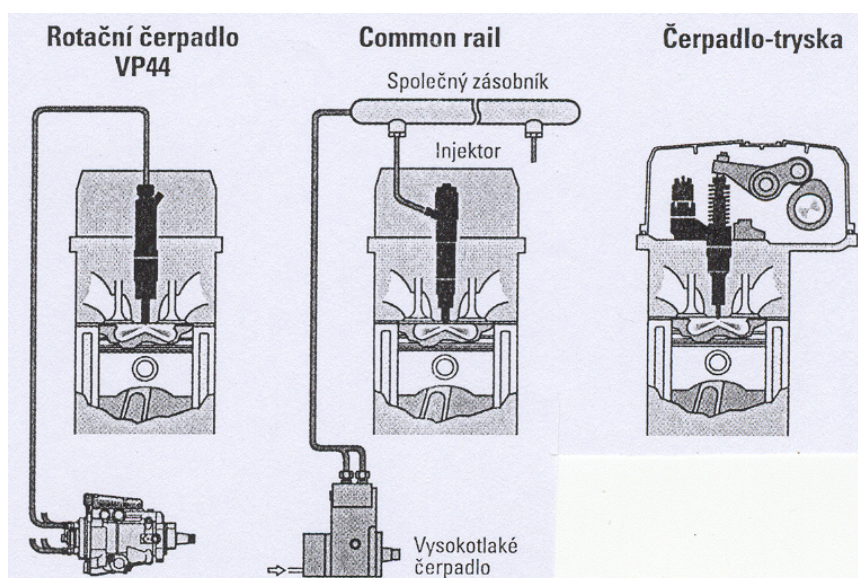
Vysokotlaké přímé vstřikování systému common rail přineslo nejen další významné zkultivování běhu diesellových motorů, ale i další snížení emisí CO₂ asi o 20 %, CO o 40%, C_xH_y o 50 % a nespálených částic o 60 %.

Systém čerpadlo - tryska (tento systém je znám též jako Unit-Injector-System (UIS) nebo Pumpe-Düse, v poslední době je v naší odborné literatuře tento systém nazýván jako vysokotlaké vstřikování *sduženými vstřikovači* - viz dále obr. 2.4). Z výše uvedeného plyne, že snahou konstruktérů vznětových motorů je zvýšit vstřikovací tlaky. Brzdou tohoto zvyšování se však může stát elasticita potrubí mezi čerpadlem a vstřikovačem. Potrubí se při větším tlaku nepatrně rozpíná, přičemž změna jeho vnitřního objemu snižuje špičky provozního tlaku, a tím zmenšuje přesnost dodávky. Navíc vysoké tlaky v potrubí přinášejí riziko praskání spojovacích trubiček a neúměrné náklady na jejich nezbytně vysoce kvalitní materiály. Tento problém dokáže vyřešit systém čerpadlo-vstřikovač. Každý válec má své vlastní jednoduché vstřikovací čerpadlo vestavěné přímo v trysce a poháněné vačkovým hřídelem motoru. Přesné dávkování i stanovení okamžiku vstřiku obstarává magnetický ventil připojený na elektronickou řídicí jednotku motoru (motormanagement), podobně jako u systému EDC.

Prvním motorem, kde se systém UIS uplatnil, je čtyřválec 1,9 litru (1896 cm³) Audi/VW, upravený z dosavadního provedení TDI. Jeho výkon vzrostl z 66 (210 N.m) na 74 kW (240 N.m), resp. z 81 kW (235 N.m) na 85 kW u motoru s VTG (proměnlivá geometrie rozváděcích lopatek turbodmychadla). Ještě zřetelnější je nárůst točivého momentu u další verze motoru s VTG (96 kW), a to na 310 N.m při 1900 ot/min [8]. Systém UIS dokáže zvýšit vstřikovací tlak až na 2050 barů. V činnosti systému se sduženými vstřikovači (čerpadlo-tryska) je velmi důležitá fáze zvaná předvstřik. Ta ovlivňuje průběh hoření tak, že vysoké tlaky ve spalovacím prostoru se vytvářejí pozvolněji, takže hluk explozivního hoření je utlumen a minimalizuje se také podíl NO_x ve výfukových plynech. Toto vstřikované množství je miniaturní (1 až 2 mm³) a dosahuje se ho mechanicko-hydraulickou cestou s mimořádně

přesným dávkováním. Musí mít také zcela zřetelný odstup od hlavního vstřiku. Čím menší množství paliva se podílí na předvstřiku, tím menší jsou hydraulické ztráty. Přesné dávkování množství paliva u systému UIS je jedním z důvodů vysoké hospodárnosti těchto motorů. Jistou komplikací do budoucna je problematické využití tohoto systému při dalším zpříšňování emisních limitů pro vznětové motory, byť např. dnes motory s tímto systémem do objemu 2000 cm³ plní normu EU4 i bez filtru pevných částic (problémem bude splnění následných emisních limitů plynných škodlivin).

Všechny výše uvedené moderní systémy vstřikování zásadním způsobem zlepšují účinnost vznětových motorů, zajišťují snížení spotřeby paliva a snížení emisí těchto vznětových motorů.



Obr. 2.4 Schematické znázornění zařízení s přímým vstřikem paliva pro vznětové motory [19]

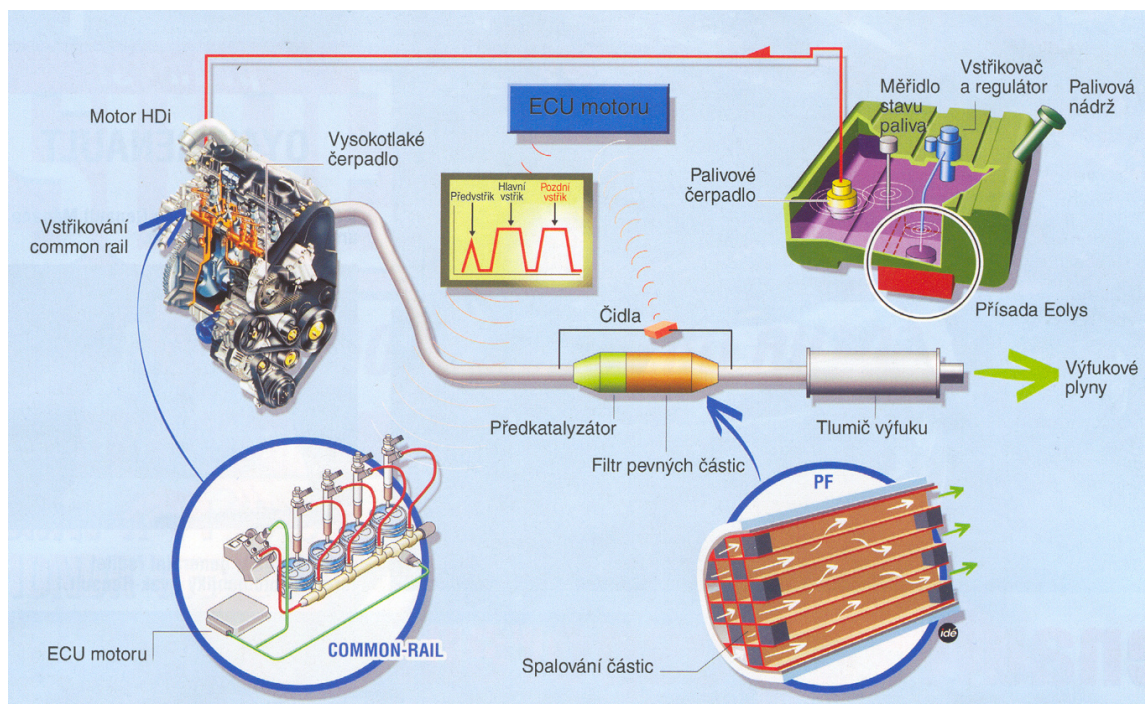
Nicméně jsou činěny i pokusy o snižování emisí NO_x u vznětových motorů katalyzátory. Firmy Daimler-Chrysler a MAN pracovaly dlouhou dobu na katalyzátoru, který by u vznětových motorů snižoval NO_x prostřednictvím dávkování amoniaku nebo močoviny do katalyzátoru. Při využití amoniaku jde vlastně o selektivní katalytickou redukci (SCR – Selective Catalytic Reduction), která je po chemické stránce dobře prozkoumána. Na detroitském autosalonu na jaře 2006 představil Mercedes-Benz vznětový motor 320 Bluetec, který je nyní údajně nejčistší jednotkou spalující naftu pro osobní automobily [12].

Konstruktéři firmy vytvořili „čisticí kaskádu“ sestávající z oxidačního katalyzátoru, odlučovače pevných částic a systému selektivní katalytické redukce (SCR). První zařízení se vypořádává s oxidem uhelnatým a nespálenými uhlovodíky. Druhé si bere na starost mikroskopické saze (účinnost 98 %). Selektivní katalytické redukce pak s 80% účinností bojuje s oxidy dusíku. Používá k tomu 32,5% směs močoviny a vody známou pod obchodním označením AdBlue, která je vstřikována ze zvláštní nádržky, hydrolyzou se mění na amoniak a ten pak redukuje NO_x. Systém je již aplikován nějakou dobu do některých užitkových vozidel firmy Mercedes-Benz. Cena jednoho litru močoviny je asi 15 Kč, její spotřeba činí 0,1 litru na 100 km. Zařízení také zvyšuje o několik tisíc korun cenu automobilu. Kontrola je nutná každých 12 000 km.

Problémem zůstávaly dlouhá léta tuhé částice, byť jsou velmi malé, protože jejich objem není celkově menší a jsou obzvlášť zdraví škodlivé [13]. Tento problém již dnes patří

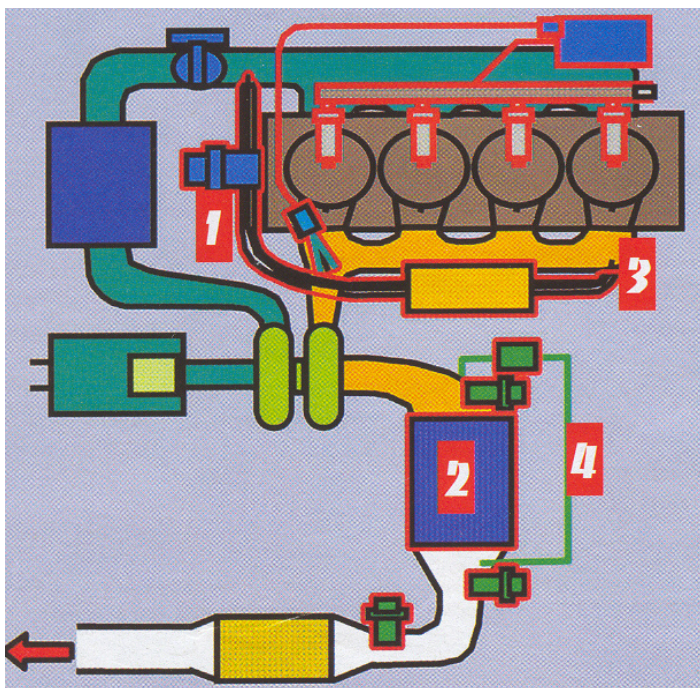
minulosti. Průkopníkem byl koncern PSA Peugeot Citroën, který koncem devadesátých let minulého století vyvinul systém FAP (filtr pevných částic). Tento systém zlikvidoval kouř „dieselmotorů“ a od roku 2000 zahájil „pátou éru“ jejich existence [14]. Základem systému FAP (viz dále obr. 2.5) je čištění zaneseného výfukového filtru (je vyroben z karbidu křemíku) spalováním zachycených částic za přítomnosti kyslíku. Normálně je k tomu zapotřebí teploty kolem 550 °C. Přidáváním speciálního aditiva s obchodním názvem Eolys 176 na bázi železa a céru do motorové nafty je možno teplotu spontánního spalování částic v zaneseném filtru snížit na 450 °C. Alespoň na tuto hranici je však třeba příležitostně zvýšit teplotu výfukových plynů, vstupujících do filtru. Toho se dosahuje dodatečným vstřikem do expanzního zdvihu, který prodlouží hoření ve válci a zvýší teplotu ve výfuku o 200 až 250 °C, a druhým dodatečným spalováním, vyvolaným oxidačním katalyzátorem (zvýšení teploty o dalších 100 °C). Je tedy dosaženo požadovaných 450 °C a může nastat regenerace filtru spálením zachycených částic, která trvá asi dvě až tři minuty a dochází k ní vždy po 400 až 500 km provozu vozidla (sekvenční způsob spalování částic). U první generace FAP byla nutná výměna filtru, resp. jeho vyčištění po 80 tisících km, vylepšená přísada Eolys, zavedená od listopadu 2002, umožnila tento interval prodloužit na 120 tisíc km. Od roku 2005 zavedená třetí generace filtru FAP prodloužila interval na celou dobu životnosti vozu (resp. přes 240 tisíc km). Postupem času se systému FAP koncernu PSA a obdobným systémům využívajícím přísad, které snižují teplotu hoření částic, začalo říkat *aditivní filtry pevných částic* [15].

Druhou možností je využití tzv. *bezaditivního katalyzátoru s integrovaným filtrem pevných částic*, v němž probíhá periodická regenerace bez potřeby aditiv každých 300 až 500 km [16]. Většina výrobců automobilů (Mercedes-Benz, BMW, VW/Audi, Renault, Opel, Mazda atd.) se rozhodla pro bezaditivní systém především pro jeho jednoduchost a nenáročnost na údržbu, neboť se v něm neusazuje tolik zbytkového popela jako u systému s aditivem. Regenerace však vyžaduje preciznější řízení spalování, ale moderní vstřikovací soustavy s vícenásobným vstřikováním v odstupech řádově desetin milisekund takové nároky již splňují. Většina těchto filtrů kombinuje průběžnou regeneraci se sekvenční. Průběžná čili pasivní regenerace probíhá pomalu a velmi plynule při teplotách mezi 350 a 500 °C bez vlivu na chod motoru. Sekvenční čili aktivní regenerace nastupuje zejména při delším provozu s malým zatížením v intervalech mezi 200 a 1200 km. Děje se tak umělým zvýšením teploty výfukových plynů ve filtru asi na 600 °C změnou vstřikování a regulací množství nasávaného vzduchu. Životnost filtrů se uvádí v rozsahu 150 až 225 tisíc km, pak je nutná výměna.



Obr. 2.5 Schematické znázornění původního systému FAP koncernu PSA [15]

Zajímavou kombinací filtru pevných částic a zařízení pro snížení emisí NO_x je systém D-Cat (Diesel Clean Advanced Technology) firmy Toyota (viz dále obr. 2.6). Jedná se o vysoce sofistikovaný systém řízený počítačem. Jeho srdce tvoří katalyzátor DPNR (Diesel Particulate NO_x Reduction), který kombinuje filtr pevných částic a zásobníkový katalyzátor a slouží zároveň pro snížení emisí NO_x . Katalyzátor tvoří vysoce porézní keramický nosič (z kordieritové hmoty) se 47 kanálky na cm^2 a speciálním katalytickým povrchem s obsahem platiny. Za tímto katalyzátorem následuje ještě oxidační katalyzátor. V katalyzátoru DPNR se během konvenčního spalování s chudou směsí ukládají molekuly NO_x [17]. Tímto procesem uvolněné aktivní molekuly O_2 průběžně oxidují katalyzátorem procházející pevné částice. V krátkých periodách, během nichž dodatečné vstřikování paliva do výfukového potrubí pátou tryskou (EPI – Exhaust Port Injection) vytváří v katalyzátoru DPNR stechiometrické prostředí, se uložené molekuly NO_x redukují, čímž vzniká další aktivní kyslík pro oxidaci pevných částic. Při tom se teplota nosiče katalyzátoru zvýší na víc než $600\text{ }^\circ\text{C}$ (je ale nutné ji přesným řízením spalování udržet pod $700\text{ }^\circ\text{C}$, kdy by již došlo k jeho poškození), takže se současně odstraní přebytečné zbytky sloučenin síry, obsažené v palivu.



Obr. 2.6 Soustava D-Cat firmy Toyota.

Legenda: 1 - páta vstřikovací tryska, 2 – katalyzátor DPNR,
3 – recirkulace výfukových plynů,
4 – čidla pro tlak, teplotu a zbytkový kyslík [18]

2.3.3.3 Alternativní paliva a pohony

Jak již bylo uvedeno výše, vzrostl u nás v posledních letech značně počet osobních i užitkových automobilů a po vstupu České republiky do Evropské unie vzrostla významně i tranzitní nákladní automobilová doprava přes naše území, takže se celkově zvýšil objem emisí škodlivých látek ze silniční dopravy. Zejména ve městech je v době dopravních špiček stav čistoty ovzduší mnohdy kritický. Proto by měly být využívány mimo katalyzátorů i další technické možnosti v oblasti vozového parku silniční dopravy, které jsou ekologicky a mnohdy i ekonomicky výhodnější. Mezi tyto možnosti patří využití alternativních paliv a pohonů.

Vozidla využívající alternativní pohony a paliva se dají rozdělit do tří skupin [20, 21] podle technické náročnosti úprav:

Skupina I:

Skupina I využívá spalovacích motorů v podstatě bez úprav. Spadá zde využívání alternativních kapalných paliv jako jsou:

- bionafta;
- paliva s využitím alkoholů.

Bionafta. Takto je označováno palivo na bázi metylesteru mastných kyselin (řepkový olej). Naproti tomu klasická motorová nafta představuje uhlovodíky z ropy. V zahraničí se používá 100% bionafta. U nás je bionafta směsí motorové nafty (70 %) a čisté bionafty

(30 %). Kompromis je dán cenou - 100% řepkový olej nemůže cenou konkurovat. Třicetiprocentní objem řepkového oleje navíc zachovává dobré emise.

Nejmodernější technologická zařízení na výrobu bionafty zahrnují velmi výkonné odstředivky, které zaručují normou předepsaný obsah **nežádoucích oxidačních a polymerních produktů a vody** v pohonné hmotě. Je nutno upozornit na skutečnost, že bionafta je špatně skladovatelná, přičemž se z ní vylučuje voda a organismy, které odbourávají klasickou naftu (problémy jsou tím menší, čím se vozidlo častěji používá).

U nových osobních automobilů se vznětovými motory je nutno používat to palivo, které výrobce doporučuje (v drtivé většině případů se jedná o *motorovou naftu*) - jinak by při výskytu závady nemusela být uznána záruka. Výjimkou jsou automobily, které jsou již z výroby určeny pro provoz na bionaftu (dodává např. automobilka BMW; tyto vozy mají jiná těsnění a úpravy vstřikovacího čerpadla), nebo ty, u kterých takovýto provoz je v záručních podmínkách připuštěn.

Paliva s využitím alkoholů. Při spalování alkoholu lze v zásadě použít klasický zážehový (tedy „benzínový“ motor) s minimálními úpravami (zvýšený kompresní poměr a předstih).

Je nutno konstatovat, že nejde o žádnou převratnou myšlenku, protože alkohol sehrál významnou úlohu od třicátých let minulého století jako palivo závodních motorů. Ty se vyznačovaly enormním výkonem, ale také značnou spotřebou. Tzv. „lihobenzín“ byl používán také v Československu již v roce 1932 (za doby hospodářské krize), a to až do 30 % celkového objemu.

První pokusy s využitím alkoholu u sériových vozů v poslední době probíhaly s metanolem, ale dnes se počítá s bioetanolem, vyrobeným z rostlinných produktů. Etanol má oktanové číslo 108, zatímco benzín Super Plus pouze 98 oktanů. Dnes se do benzínu přidává chemicky upravená forma etanolu, která zvyšuje jeho oktanové číslo (zlepšuje odolnost proti detonačnímu spalování, tzv. klepání). Podle normy je možno do benzínu přimísit až pět procent etanolu. Méně potěšitelná je ovšem jeho malá výhřevnost. Tu má litr benzínu v průměru 32,6 MJ/dm³, zatímco etanol pouze 21,2 MJ/dm³. Znamená to, že pro dosažení stejného výkonu je třeba dodat více paliva (v praxi se počítá se zvýšením spotřeby až o 30 %). Proti benzínu má však bioetanol jednu výbornou vlastnost, která se týká ochrany životního prostředí. Jeho spalováním se totiž nezvyšuje množství CO₂ v atmosféře, neboť přibližně stejné množství CO₂, vzniklé spalováním bioetanolu, odebraly rostliny, z nichž se bioetanol získává, z atmosféry během svého růstu. Navíc emise NO_x jsou při spalování bioetanolu nižší [22].

Bioalkohol lze získat z obilí, cukrové řepy nebo třeba brambor. Alkohol (86%), vznikající obvyklým procesem, má pro použití ve spalovacím motoru příliš velký podíl vody, který je třeba další destilací a speciální technologií snížit pod jedno procento. Z obilí pěstovaného na ploše jednoho hektaru se získá asi 2 500 litrů bioetanolu.

Ovšem použití čistého alkoholu jako paliva se v Evropě nepředpokládá, a tak se chemicky upravuje na přísadu do benzínu (ETBE) nebo se zpracovává na **palivo** s označením **E85**. To tvoří 85 % bioetanolu a zbytek je benzín kvůli snadnějšímu spouštění studeného motoru. Na starém kontinentu se bioetanol používá jako palivo pro automobilové motory nejvíce ve Švédsku, kde ho získávají ze slámy a štěpků. Směs E85 je tam k dostání již u téměř tří stovek čerpacích stanic a prodává se asi o čtvrtinu levněji než benzín. Zájem Švédů o palivo E85 vyvolal pilotní projekt z let 1995 až 1996, v jehož rámci jezdilo 350 vozů Ford Taurus Flexi-Fuel dovezených z USA. Nyní např. firma Saab prodává doma polovinu svých vozů vybavených technologií Flexi-Fuel, umožňující jízdu nejen na benzín nebo bioetanol, ale

také na jakoukoliv jejich směs. Také Ford již delší dobu úspěšně vyváží do Skandinávie vozy s adaptabilním palivovým systémem.

Úprava motorů Ford Focus a Focus C-Max s technikou Flexi-Fuel zahrnuje použití tvrzených materiálů pro ventily a jejich sedla, nekorodujících dílů v palivovém systému a nový program řízení chodu motoru, který přizpůsobuje vstřík a zapalování dané směsi paliv. Vozy s možností tankovat různá paliva mají dnes v nabídce nejen Saab a Ford, ale např. také Volvo, Fiat, Chevrolet (v USA jezdí celkem 1,5 mil. vozů této značky poháněných palivem E85) a Volkswagen. Poslední jmenovaná automobilka s výrobními závody v Brazílii byla v podstatě přinucena se alkoholovému palivu přizpůsobit již před lety, protože v této latinskoamerické zemi jsou obě jeho verze značně oblíbeny. První z nich je tvořena benzínem s 22% podílem alkoholu, druhá je téměř čistým alkoholem [22].

Z usnesení vlády ČR č. 833 ze dne 06.08.2003 k programu „Podpora výroby biolihu pro jeho přimíchávání do automobilových benzínů a motorové nafty“ a rovněž ze směrnice EU č. 2003/30/EC ze dne 08.05.2003, která ukládá členským státům povinnost zavést legislativu a učinit opatření ke zvýšení podílu biopaliv na trhu s palivy, vyplývá povinnost přimíchávat etylalkohol do motorových paliv. V tabulce 2.4 jsou uvedeny v procentech minimální cílové hodnoty podílu příměsi etylalkoholu stanovené v Evropské unii a v České republice.

Tab. 2.4 Minimální cílové hodnoty podílu příměsi etylalkoholu v benzínu či v motorové naftě (v %)

| | Evropská unie | Česká republika |
|----------|---|-----------------|
| K datu ▼ | Minimální cílové hodnoty podílu příměsi (%) | |
| 1.1.2006 | 2,00 | 5,00 |
| 1.1.2010 | 5,75 | 10,00 |
| 1.1.2020 | 20,00 | 20,00 |

Skupina II:

Skupina II vyžaduje víceméně jednoduchou přestavbu vozidla. Do této skupiny patří:

- LPG (Liquefied Petroleum Gas - tekutý propan-butan);
- CNG (Compressed Natural Gas - stlačený zemní plyn);
- metan, resp. bioplyn.

Používání tekutého propan-butanu (LPG) pro osobní vozidla vyžaduje již určitou přestavbu vozidla, která je však snadná, rychlá a finančně dostupná u osobních automobilů se zážehovými motory. Velice jednoduchá je také výstavba čerpacích stanic. Proto vozidla jezdící na LPG jsou již v některých zemích (Itálie, Francie, Holandsko) velice rozšířena. Pozoruhodný rozmach zaznamenává také Polsko, Belgie a Česká a Slovenská republika [23].

V Itálii se jezdí na propan-butan již několik desetiletí, přičemž v současnosti je tam v provozu s tímto pohonem zhruba 1,3 mil. osobních automobilů, k jejichž pohonu se ročně spotřebuje 1,2 mil. tun LPG. V Polsku jezdí na propan-butan 310 000 vozidel (3,3 % z celkového počtu osobních automobilů) a je zde 1 500 čerpacích stanic LPG. Ve Francii je v provozu cca 130 000 osobních aut na propan-butan a existuje zde 1 100 plnicích stanic

LPG. Ve Francii v poslední době všichni významní výrobci, jako je Peugeot, Citroën i Renault, nabízejí některé své typy s alternativním pohonem na LPG, vozidla jsou dovybavena instalací plynového zařízení přímo na výrobní lince (např. Renault Mégane Scénic 1,6, Laguna 1,8 a Kangoo RN 1,2 LPG).

Na území České republiky je v provozu přes 400 plnicích stanic LPG a počet osobních aut s tímto pohonem u nás překročil počet 150 000 vozů.

Italská firma Lovato vyrábí zajímavé technické zařízení, kterým je vstřikování plynu. Zatímco u všech systémů, používajících směšovače, je výkon motoru nižší oproti benzínové verzi cca o 6 %, u vstřikování plynu je výkon stejný nebo dokonce vyšší než u motoru poháněného benzínem (směs je homogennější).

Využití stlačeného zemního plynu (CNG) vyžaduje, zejména u nákladních vozidel, nákladnější přestavbu (obvyklý vznětový motor nákladního vozidla musí být rekonstruován na zážehový). Nicméně řadu užitkových i osobních vozidel na pohon CNG vytvořili světoví výrobci motorových vozidel, jako BMW, Ford, VW, Daimler-Chrysler, Iveco, Mazda a Honda. Problematictější je zatím i nedostatečná síť plnicích stanic. Existuje ale zajímavá možnost mít vlastní malou kompresorovou stanici, která by byla napojena na běžné veřejné nízkotlaké plynové potrubí. Takové stanice s výkonem 3 m³/h (velké stanice mají výkon okolo 1000 m³/h) vyrábí švýcarská firma Sulzer pod názvem Fuel Maker. Sulzer jich prodal během posledních let cca 250 za rok (cena se pohybuje na úrovni 5 000 EURO). Největším trhem pro plnicí stanice zemního plynu je v současné době Jižní a Severní Amerika a ve většině těchto zemí podporují vlády využití ekologického paliva. Na CNG jezdí i vozidla Bílého domu včetně vozů amerického prezidenta. V používání CNG pro pohon autobusů vedou zejména Venezuela, USA, Argentina, Kanada, ale rychlý rozmach zažívá používání CNG i v Itálii, Holandsku, Velké Británii, Německu a Rusku.

Automobilka BMW již v roce 1996 nabízela sériově dva osobní modely řady 3 a 5 (316 g compact a 518 g touring) pro pohon zemním plynem - CNG [24, 25]. Emise CO jsou u těchto vozů nižší při provozu na zemní plyn, než při spalování konvenčních paliv, emise uhlovodíků jsou nižší cca o 15 až 20 % a emise NO_x jsou na stejné úrovni jako při spalování benzínu, ale např. zpětným vedením plynů se dají omezit. Používání zemního plynu pro pohon vozidel také významně potlačuje vznik skleníkového efektu, neboť při jeho spalování vzniká asi o 25 % méně CO₂ než při spalování benzínu. Při provozu na zemní plyn klesá ovšem výkon motoru. Např. u modelu 316 g compact (řada E 36) klesl měrný výkon asi o 15 % (ze 75 na 64 kW), což je ale v běžném provozu přijatelné.

Pozn.: Do zemního plynu se vkládají daleko větší naděje. Mluví pro něj mj. i dva nedostatky propan-butanu (LPG). Jeho zásoby jsou totiž omezené (LPG jako zkapalněný ropný derivát je závislý na surové ropě) a provoz s ním je nebezpečný - je totiž těžší než vzduch, takže se drží při zemi a při poruše zařízení může unikat do kanalizace, v níž může explodovat.

Dle platné legislativy (ČR) platí, že spalovací motory upravené na pohon stlačeným zemním plynem (CNG) nebo na pohon zkapalněným ropným plynem (LPG) musí z hlediska škodlivých emisí ve výfukových plynech splňovat maximální přípustné hodnoty stanovené pro daný motor před jeho úpravou. Tyto hodnoty musí být u dvoupalivových systémů splněny při použití obou paliv.

Metan, jehož světové zásoby přesahují zásoby ropy, proti benzínu produkuje při spalování o 25 % méně CO₂, o 95 % méně nespálených uhlovodíků a celkovou čistotou svých exhalací vyhovuje i světově nejpřísnějším kalifornským normám pro ekologicky zvlášť čistá vozidla ULEV (Ultra Low Emission Vehicles). V současné době vyrábí firma Fiat

modelovou řadu Multipla ve variantách Bipower a Blupower. Vozy Multipla Bipower jsou poháněny dvoupalivovými motory (benzín, metan). Verze Blupower je poháněna výhradně metanem. Tato verze je vybavena čtyřmi nádržemi na metan ze čtyřmilimetrové oceli o celkovém objemu 216 litrů (metan je stlačen na 20 MPa). Asi 4 litry stlačeného metanu nahradí 1 litr benzínu. Motor verze Blupower využívá optimálního vybavení pro spalování metanu, takže má kompresní poměr zvýšený na 12,5 : 1 a dosahuje 70 kW, resp. 133 N.m.

Skupina III:

U této skupiny se jedná již o velice náročnou přestavbu nebo od základu novou konstrukci:

- elektrický pohon;
- hybridní pohon;
- vodíkový pohon.

Elektrický pohon. Budoucnost patří jednoznačně elektromobilům, které vlastně stály u zrodu automobilů. Svůj boj tehdy prohrály především v důsledku nedostatečné výdrže (dojezd) a infrastruktury (dobíjecí stanice).

Vozidla používající k pohonu *elektřinu* jsou mimo závislé trakce (trolejbusy) poháněna elektrickou energií uchovávanou v akumulátorech. A to je kamenem úrazu, neboť přes neutuchající úsilí vědců a výzkumníků ani nejnovější akumulátory nemají schopnost uchovat, vzhledem k hmotnosti, příliš energie, takže elektromobily mají velice nízké výkony, zejména již zmíněný dojezd, který jen zřídka přesáhne hodnotu 150 km. Baterie jsou navíc stále příliš těžké, ekologicky rizikové a mají krátkou životnost.

Přes výše uvedené skutečnosti se však již dnes pro specifické podmínky, zejména nemocnice, lázně, centra historických měst, sportovní areály a podobně, elektromobily, které se dají bez problémů provozovat i v uzavřených prostorách, začínají prosazovat. Velkou měrou tomu napomáhá také tzv. „kalifornský zákon“, který s předstihem již před několika lety nařizoval, aby od roku 1998 prodej nových vozidel s nulovými emisemi (ZEV - Zero Emission Vehicles) představoval 2 % z prodeje nových vozidel. V poslední době tedy přicházejí nejen mnohé americké, ale i evropské automobilky s elektrickými verzemi svých vozidel, jako je Peugeot 106 Electric, Citroën Berlingo Electric, Citroën Saxo Electric, Renault a další. Vzhledem k velké hmotnosti nejen klasických olověných, ale i nikl-kadmiových, sodíkoniklových, niklmetalhydridových nebo dalších vyvíjených typů akumulátorů, které jsou jen nepatrně lehčí než olověné, se elektrická vozidla uplatňují nejlépe v kategoriích vozidel nejlehčích. Lze tedy vytvářet poměrně úspěšně elektrické velocipedy, elektrické skútry, invalidní vozítka, zatímco přestavba osobního automobilu nepřinese většinou přílišný úspěch, byť je prováděna (viz výše). Výhodnější pro účely elektropohonu jsou speciálně konstruovaná velice lehká vozítka (Light Electric Vehicles). Jen pro srovnání, Opel Corsa s motorem 1,2 l a z něj vytvořený elektromobil (údaje v závorkách) mají následující srovnatelné parametry: pohotovostní hmotnost 860 kg (elektromobil 1 300 kg), celková hmotnost 1 340 kg (1 640 kg), nejvyšší rychlost 145 km/h (80 km/h) a dojezd 650 km (80 km), z čehož jsou zřejmé naprosto neoslavnivé vlastnosti elektromobilů všeobecně.

Největším problémem je tedy stále zásoba elektrické energie „na palubě“ vozidla. Dlouho se proto hledají možnosti, jak postavit elektromobil, aby byl výkonný a s dostatečnou výdrží, ale aby nebyl odkázán na časté návštěvy dobíjecích stanic. Jednou z možností se zdá být využití tzv. *palivových článků* (fuel cells). Myšlenka získávání elektrické energie pomocí

vodíku a kyslíku z palivového článku se zrodila v roce 1839, kdy ji načrtl anglický fyzik William Robert Grove. Princip je to jednoduchý, praxe je již složitější.

Elektrochemická reakce, ke které dochází v palivovém článku, je opačným procesem rozkladu vody pomocí elektrického proudu, tedy elektrolýzy. Vodík a kyslík se v řízeném procesu smíchávají, jediný vznikající odpadový produkt je voda, resp. vodní pára. Základními prvky takového článku jsou „vodíková“ elektroda (anoda), kyslíková elektroda (katoda) a elektrolyt. Elektrody jsou odděleny speciální polymerovou membránou (tkaná uhlíková vlákna potažená platinou), která plní roli katalyzátoru. Na anodě se vodík štěpí a kladně nabitě kationty (H^+) směřují elektrolytem ke katodě, přičemž procházejí membránou. V důsledku rozdílného počtu kladně a záporně nabitých částic vzniká mezi elektrodami napětí asi 0,7 V (záporné elektrony jsou odváděny vnějším okruhem jako elektrický proud). Na druhé straně membrány se kladně nabitě ionty vodíku spojují se záporně nabitými ionty kyslíku a vzniká voda. Celý proces je prakticky nehlučný a nevyžaduje žádné pohyblivé součásti. Odpadní teplo je možno případně využít pro vytápění automobilu. Sestavením více takovýchto článků do série vzniká tzv. *sada článků*, která je schopna vyrábět dostatečné množství elektřiny pro napájení elektromotoru osobního automobilu.

Vývoj této technologie postupuje velmi rychle. Zatímco před několika lety byl měrný výkon sady článků 0,26 kW na jeden litr zastavěného objemu (resp. 0,16 kW na jeden kilogram hmotnosti sady), je dnes tato hodnota už 1,1 kW/litr (0,47 kW/kg). Snahou je dosáhnout cílové hodnoty měrného výkonu 2 kW/litr. Moderní technologie pomáhají řešit i celou řadu dalších problémů spojených s vodíkem ve vozidle. Postupně se snižuje tlak, pod kterým se kyslík a vodík kompresorem vhánějí do článků, snižuje se hmotnost nádrží na vodík, snižují se jeho ztráty (v závislosti na tlaku v nádrži to představuje 1 až 3 % za den) a snižuje se také provozní teplota článků.

Vývoj palivových článků probíhá již relativně dlouho. Např. u firmy General Motors jsou palivové články vyvíjeny už od roku 1964 [26]. První vlašťovkou byl GM Electrovan, experimentální minibus se 32 palivovými články GM/Union Carbide, napájenými z nádrží kapalného vodíku a kapalného kyslíku. V roce 1966 dosáhl rychlosti 110 km/h a údajně ujel až 240 km na jednu náplň. Další vývoj představují především úpravy velkoprostorového vozu Opel Zafira, u něhož se během pěti let celý systém pohonu výrazně zmenšil. U prvního provedení Zafiry s palivovými články, uvedené na autosalonu v Paříži v roce 1998, zabíral palivový systém celou zadní část karoserie (vůz byl dvoumístný); od verze HydroGen1 (2000) jsou vozy pětimístné a vše je ukryto v podvozku. Studie GM AUTOnomy a Hy-wire pak naznačily další možnosti s důsledným využitím elektronických ovládacích prvků. Různé vodíkové prototypy už ujely desítky tisíc testovacích kilometrů.

V současnosti firma General Motors experimentuje s plně pětimístným vozem Opel HydroGen3 [26], který existuje ve dvou verzích, označených na zádi jako *compressed 700* (dvě kompozitové nádrže stlačeného vodíku s pracovním tlakem 70 MPa) a *liquid* (jedna nádrž podchlazeného kapalného vodíku z nerezavějící oceli). Právě způsob skladování vodíku, jehož reakcí s kyslíkem (ze vzduchu) vzniká elektrická energie pro napájení trakčního elektromotoru, reprezentuje největší rozdíl v konstrukci obou typů. Plynný vodík, nejlehčí prvek naší planety, se skladuje opravdu obtížně. Nejprve je třeba zvýšit jeho hustotu, což se děje zkapalněním, či stlačením. Nevýhodou uchování v kapalném stavu je extrémně nízká teplota -253 °C, která vyžaduje účinnou izolaci nádrže. Přes všechna opatření se však po zastavení vozidla teplota v nádrži zvyšuje, vodík se odpařuje, musí se odvádět pojistným ventilem a v katalyzátoru se mění na vodu i bez spalování. Tento proces nelze zastavit, což znamená, že při delším parkování se nádrž samovolně vyprázdní. Teprve při denním využívání vozidla (minimum 25 km denně) se vodík neztrácí. Čím více se jezdí, tím systém

pracuje účinněji. Malé proběhy ovšem znamenají velké ztráty. Víkendový řidič (2 x 50 km týdně) by se ztrátami až 25 % vodíku nebyl spokojen. Proto vznikla verze na stlačený vodík, která sice tuto nevýhodu eliminuje, ale dovoluje menší dojezd 270 oproti 400 km (nádř na kapalný vodík). Vodík je stlačen na 70 MPa, nádrž je zdvojená master/slave cylinder (hlavní a pomocná) a téměř 80 % její ceny připadá na kompozitové materiály (uhlík/kevlar) pro sendvičovou vícevrstvou konstrukci. S dvojnásobnou bezpečností uvádí výrobce životnost 2,5 roku. U nerezových nádrží na kapalný vodík představují největší náklady (téměř 60 %) kryogenní ventily. U obou verzí jsou nádrže uloženy pod zadním sedadlem, které je o 25 mm výše než u sériové Zafiry. HydroGen3 s pohotovostní hmotností 1590 kg zrychluje z 0 na 100 km/h za 16 sekund a dosahuje největší rychlosti 160 km/h. Jednou ze zkoušek bezpečnosti bylo vypuštění a zažehnutí vodíku v tunelu, který během jedné minuty shořel mimo vůz, zatímco benzín by hořel dlouho a přímo ve voze, či na něm. U General Motors uvažují pouze o použití čistého vodíku, výrobu vodíku reformací metanolu nebo benzínu ve vozidle zavrhlí.

Jako první na světě uvedla japonská automobilka Toyota koncem roku 2002 v omezeném počtu na japonský a americký trh automobil poháněný palivovými články [27]. V Japonsku je od června 2001 v provozu pět vozů, v USA jezdí dvě Toyoty FCHV-4 v rámci programu California Fuel Cell Partnership. Zkušebními testy se významně pokročilo ve spolehlivosti, jízdním dosahu a funkčnosti automobilu s palivovými články. Na základě těchto zkušeností vyvinula Toyota z dosavadního FCHV-4 nový typ FCHV, jehož základem je sportovně-užitkový vůz, prodávaný v Japonsku jako Toyota Kluger V a v USA jako Toyota Highlander. Hlavními problémy zůstávají především velmi vysoké výrobní náklady a výkon při teplotách pod bodem mrazu. Proto Toyota pro začátek zvolila velmi omezený vstup na trh formou ročního leasingu dvaceti vozů vládním institucím, výzkumným ústavům a energetickým společnostem v oblastech s poprodejním servisem a zajištěným zásobováním vodíkem.

Pětimístný prototyp Toyota FCHV-4 je vybaven palivovými články vlastní konstrukce o výkonu 90 kW a v součinnosti se sekundárním akumulátorem NiMH napájejí elektromotor s permanentním magnetem (80 kW, 260 N.m). Vůz s pohotovostní hmotností 1850 kg jede největší rychlostí přes 150 km/h a má jízdní dosah kolem 250 km. Palivem je čistý vodík uskladněný ve speciálních nádržích pod tlakem až 25 MPa. Ve srovnání s vozem poháněným zážehovým motorem má Toyota FCHV-4 trojnásobnou účinnost a nulové emise. Přičte-li se však energeticky náročná výroba vodíku, nevypadá výsledek již tak dobře, neboť celkové emise CO₂ dosahují u palivových článků při současném stavu technologií úroveň vznětových motorů.

V rámci výzkumných prací s palivovými články bylo vyrobeno cca 130 prototypů automobilů a více než 30 autobusů. Zbytek tvořily další dopravní prostředky (lodě, skútry, invalidní vozíky, ponorky).

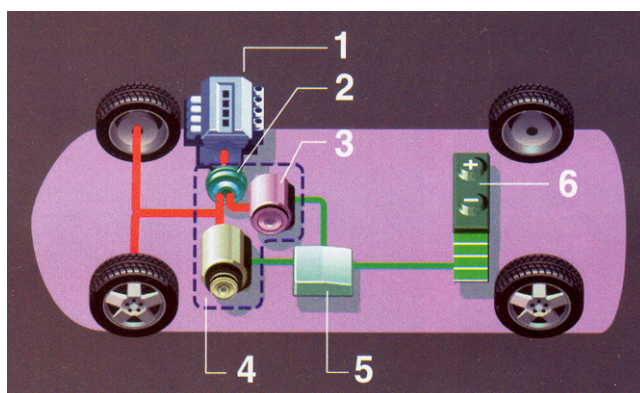
Rozšíření automobilů vybavených palivovými články podmiňuje infrastruktura vodíkových čerpacích stanic. V této souvislosti lze např. zmínit firmu Shell Hydrogen (součást skupiny Royal Dutch Shell), která otevřela 24. dubna 2003 v islandském Reykjavíku vodíkovou čerpací stanicí [28]. Jde o první veřejnou vodíkovou čerpací stanicí Shell na světě. Vodík je na stanici přímo vyráběn elektrolýzou z vody. Zařízení značky Norsk Hydro je při práci viditelné prosklenými stěnami. Další vodíkové tankovací stání se objeví i ve Washingtonu a Tokiu, posléze také v Nizozemsku a Kalifornii.

Poznámka

Problematika palivových článků je prezentována na tomto místě (tedy v rámci elektrického pohonu), protože výstupem je elektrický proud, který slouží k elektropohonu automobilu, byť je k provozu článků nutný vodík (nedochází však ke spalování vodíku v upraveném zážehovém motoru - viz dále).

Hybridní pohon. Velmi zajímavé výsledky přináší vývoj vozidel s tzv. *hybridním pohonem*. Zde je především nutno uvést osobní automobil Toyota Prius s hybridním pohonem THS (Toyota Hybrid System), který se objevil v Japonsku v roce 1997 a už v polovině roku 1998 byl vyroben v počtu více jak 5000 exemplářů pro japonský trh [29]. Vozidlo bylo v té době poháněno zážehovým motorem se zvláště účinným Millerovým cyklem o objemu 1 500 cm³ a výkonu 43 kW s točivým momentem 102 N.m při otáčkách 4000 min⁻¹. Vozidlo bylo dále vybaveno elektromotorem s permanentním magnetem, který nabízel od 0 do 940 otáček působivý točivý moment 305 N.m, a od 940 až do 2000 ot/min zase stálý výkon 30 kW. Přičteme-li špičku 43 kW spalovacího motoru (oba agregáty mohou pracovat současně), byla tedy k dispozici vlastně stovka koní. Je nutno poznamenat, že řídicí počítačový systém u tohoto vozu řídí tok energie buď přímo od spalovacího motoru přes redukční planetový převod a variátor CVT, nebo přes generátor a elektromotor, popř. z akumulátorů přes elektromotor opět přímo na kola. Celý systém pracuje za všech okolností s výjimečnou hospodárností, o čemž svědčí velmi nízká spotřeba paliva - výrobce udával u první generace těchto vozů průměrnou spotřebu 3,6 l/100 km.

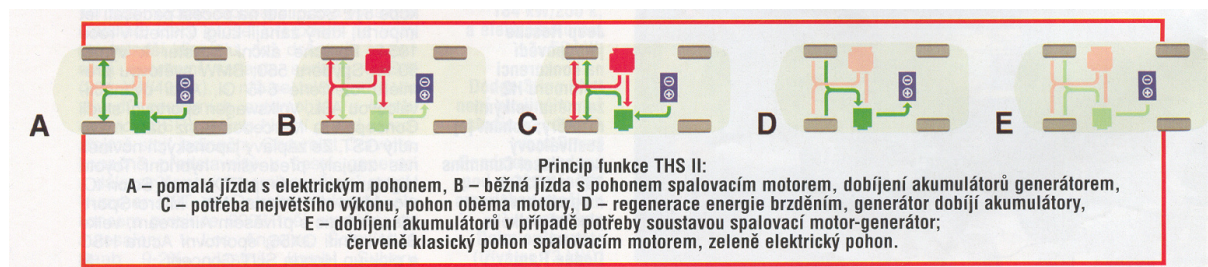
Od roku 2000 se upravená verze vozu Toyota Prius prodávala ve Spojených státech a s pětiletou zárukou i v západní Evropě. Toyota vyrobila od roku 1997 do konce července 2003 přesně 147 894 hybridních automobilů, z toho přes 130 tisíc Priusů [30].



Obr. 2.7 Schéma systému pohonu Toyota Hybrid System II [30]
Legenda: 1 – spalovací motor, 2 – rozdělování energie (planetový převod), 3 - generátor, 4 - trakční elektromotor, 5 – elektronická řídicí jednotka, 6 - akumulátory

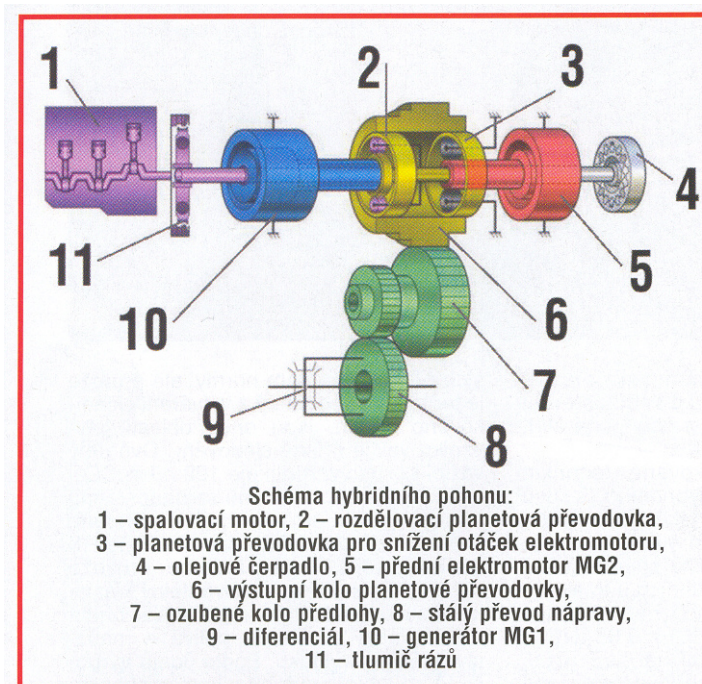
V dubnu 2003 měla světovou premiéru nová generace tohoto vozu - Toyota Prius II [31]. Tento hybridní automobil povyrosl na úroveň střední třídy (délka 4 445 mm) a dostal úplně novou dvouprostorovou karoserii nových, důsledně aerodynamických tvarů (součinitel odporu vzduchu $c_x = 0,26$). Systém pohonu je obdobný jako u předchozí generace, u této generace se nazývá THS II (Toyota Hybrid System II - viz obr. 2.7 a 2.8). Jako první sériové auto tento automobil používá ovládání škrtkové klapky, převodovky a brzd systémem drive-by-wire (bez mechanické vazby). Kapalínou chlazený řadový zážehový čtyřválec, uložený vpředu napříč, má výkon 57 kW (77 k) při 5000 ot/min a točivý moment 115 N.m při 4000 ot/min [30]. Zážehový motor je uložen společně s trakčním elektromotorem a generátorem elektrické energie (střídavý synchronní). Trakční střídavý synchronní

elektromotor s permanentními magnety má při napětí 500 V výkon 50 kW (1200 až 1540 ot/min) a točivý moment 400 N.m (0 až 1200 ot/min). Vůz je vybaven akumulátory Ni-MH o celkovém napětí 201,6 V (168 článků po 1,2 V).



Obr. 2.8 Princip funkce Toyota Hybrid System II [30]

V roce 2005 byl představen první vůz 4x4 s hybridním pohonem RX 400h firmy Lexus, která je dceřinou značkou firmy Toyota. Tento hybridní model vychází ze známého vozu SUV Lexus RX 300, od kterého se z vnějšku hybridní Lexus RX 400h liší upravenými nárazníky a zadními světly. Ovšem pod plechovým kabátem zmizelo u pohonu téměř vše, co by připomínalo klasickou automobilovou techniku. Použitá technika koncepce Hybrid Synergy Drive (HSD – viz obr. 2.9) je hodně podobná technice z typu Prius II. Je však ještě promyšlenější, o něco komplikovanější, a především dále kultivuje celou plejádu možných jízdních režimů.



Obr. 2.9 Schéma hybridního pohonu vozu Lexus RX 400h [32]

Velice zjednodušeně vzato, téměř nehlukný rozjezd obstarává synchronní elektromotor (123 kW při 4500 ot/min, 333 N.m při otáčkách 0 až 1500/min) propojený s předními koly [32]. V případě prudšího sešlápnutí plynového pedálu dostává prostor i synchronní elektromotor (50 kW při 4610 až 5120 ot/min, 130 N.m při 0 až 610 ot/min) pohánějící kola

zadní nápravy. Poté se decentně a nenápadně zapojí i zážehový šestiválec (3311 cm³, 155 kW [211 k] při 5600 ot/min, 288 N.m při 4400 ot/min), který kryje jak požadovaný výkon, tak podle potřeby roztáčí generátor (109 kW při max. 13 000 ot/min; generátor současně plní funkci spouštěče) pro eventuální dobíjení baterií. Brzděním se pak přeměňuje kinetická energie vozu na elektrickou. Největší kombinovaný výkon hybridní soustavy je 200 kW (272 k) a točivý moment 750 N.m. Sada chlazených akumulátorů Ni-MH pod zadním sedadlem má celkové napětí 288 V (30 modulů po osmi buňkách 1,2 V). Během normální jízdy jsou poháněna jen kola přední nápravy. Pouze v případě, že chce řidič s vozem na kluzkém povrchu zrychlit a některé z předních kol má tendenci k prokluzu, se automaticky zapojí elektromotor, který pohání kola zadní nápravy.

Naprostο jednoznačné je u vozu Lexus RX 400h bezpečné splnění limitů škodlivin dle normy EU4. Zatímco u tří sledovaných složek jsou jejich horní hranice v g/km 1,0 (CO), 0,1 (HC) a 0,08 (NO_x), hybridní Lexus RX 400h se dostal na 0,30 (CO), 0,03 (HC) a téměř neměřitelné množství NO_x. U CO₂ byla naměřena hodnota 192 g/km.

Nejnovějším přírůstkem koncernu Toyota v oblasti hybridních vozů je luxusní dynamický sedan Lexus GS 450h, který používá vylepšenou techniku z SUV Lexus RX 400h. Tato technika byla výrazně upravena pro potřeby sedanu s pohonem zadních kol. Zážehový šestiválec o objemu 3,5 l má výkon 218 kW a točivý moment 368 N.m, elektromotor pak je o výkonu 147 kW (točivý moment 275 N.m).

Hybridní vozy Toyota nepatří do kategorie bezemisních elektromobilů ZEV ani téměř bezemisních vozidel NZEV (Near ZEV), přináší však významné snížení všech škodlivin včetně hluku, a to bez omezení ostatních užitných hodnot. Zatím největším soupeřem je firma Honda, která se rovněž zabývá vývojem a výrobou hybridních automobilů.

Až sedmiletý náskok, který mají japonské automobilky Toyota a Honda před evropskými výrobci automobilů v oblasti hybridních pohonů, je dostatečným důvodem k tomu, aby se vývoj hybridních automobilů v Evropě i v Americe výrazně zrychlil. Snaha co nejdříve dohnat náskok Japonců je zřejmá i z již uzavřených kooperačních dohod mezi automobilkami (např. BMW, Daimler-Chrysler, General Motors, Volkswagen). Automobilka Mercedes-Benz (Daimler-Chrysler) vyvinula již dvě zcela funkční studie hybridních vozů na bázi nové generace třídy S (W 221). Jedná se jak o „klasický“ hybrid (tedy se zážehovým motorem), tak i o hybridní vůz se vznětovým motorem 320 CDI, který je navíc vybaven redukcí oxidů dusíku metodou SCR (Bluetec – viz výše).

Vodíkový pohon. Německá firma MAN vyrobila již před několika lety prototyp autobusu, poháněného kapalným vodíkem, který byl podroben provozním zkouškám v Mnichově a Erlangenu. Zkoušky vozidel poháněných vodíkem jsou velice náročné, neboť největším problémem vodíkového pohonu je vysoké riziko výbuchu při sebemenší netěsnosti a smísení se vzduchem. Dle německých statistických údajů pochází v současné době 52 % emisí NO_x, 50 % emisí CO, 71 % emisí C_xH_y a 17 % emisí CO₂ z městské dopravy. Proto nahrazení klasických kapalných pohonných hmot plynými palivy, jejichž emise jsou podstatně příznivější, má pro dopravu budoucnosti zásadní význam (vodík má i při spalování v zážehovém motoru daleko nejpříznivější emise). Rovněž je nutno vzít v potaz omezené zásoby kapalných i plyných fosilních paliv, což u vodíku nehrozí (jeho zásoby při získávání z vody jsou prakticky nevyčerpatelné). Vodík vyžaduje pro udržení v kapalně fázi teploty hodně pod -200 °C, což vyžaduje použití speciálních dobře izolovaných, tzv. kryogenních nádrží. Tyto nádrže zkapalněného vodíku používá i již zmíněný prototyp vodíkového autobusu firmy MAN, který vznikl z linkového autobusu MAN SL 202 [33]. Jsou použity tři nádrže po 190 litrech s dvojitými stěnami, mezi kterými je vyčerpán vzduch (vodík v kapalně fázi má tlak 3,5 baru při teplotě minus 253 °C, tepelná ztráta nádrže činí 3 °C během

24 hodin). Vzhledem k tomu, že u autobusu se předpokládá každodenní využívání vozidla s delším kilometrovým proběhem, nemělo by docházet ke ztrátám vodíku odpařováním jako u osobních automobilů s palivovými články (viz výše). Motor autobusu pracuje podle potřeby buď na vodík, nebo na benzín (jedná se tedy o zážehový motor přestavěný z motoru vznětového). Ve výfukové soustavě je použit katalyzátor pro vodíkový provoz a trojčinný katalyzátor pro benzínový provoz. Autobus MAN skvěle plnil emisní normy. Při benzínovém režimu vykazoval hodnoty emisí C_xH_y , CO a NO_x pouze 0,2, 2,1, a 1,8 g/kWh a při vodíkovém režimu dokonce jen 0,04, 0,0 a 0,4 g/kWh. Pozoruhodná je nulová hodnota CO, což je typická a známá vlastnost vodíku jako paliva.

2.4 Posuzování významnosti potenciálního impaktu

Realizované stavby, soubory staveb a výrobní technologie pokládáme za nejdůležitější artefakty v životním prostředí. Vyvolávají změny v životním prostředí, které lze srovnat pouze s některými dalšími činnostmi, zejména s těžbou, totálním odlesňováním, odvodňováním apod. U staveb a výrobních technologií se setkáváme s neobvykle silnými impakty co do rozsáhlosti územního celku, vysokými ekonomickými náklady a přijatým ekologickým, popř. zdravotním rizikem. Posuzování impaktu ve smyslu jeho hodnocení může být z hlediska toku času ex post, tj. u dříve realizovaných akcí, nebo a priori, tj. takové, které se orientuje na připravované a v budoucnosti uvažované investice a záměry. Předmětem zájmu procesu posuzování vlivů na životní prostředí je převážně druhý okruh problematiky.

Vzhledem k tomu, že proces posuzování vlivů na životní prostředí (EIA) je značně internacionalizován, je vhodné respektovat mezinárodní uzanci v definiční oblasti. Výraz **impakt** je definován jako přímý nebo nepřímý efekt způsobený navrhovanou činností na:

- existenci člověka, flóru a faunu;
- půdu, vodu, ovzduší, klima a krajinu;
- materiální hodnoty a kulturní dědictví.

Z hlediska metodologického je pak vhodné impakt definovat jako rozdíl mezi dvěma stavy, tj. budoucím a navrženou činností (tj. po realizaci projektu) a druhým, tzv. referenčním stavem.

Za referenční stav lze pokládat řadu variant referenčních úrovní, např.:

- původní stav existující před realizovanou činností, obecně nazývanou jako současný stav nebo stávající podmínky;
- stav, který se vyvine bez jakékoliv činnosti a plánovaného projektu (viz např. varianty typu no-action);
- ideální stav.

Prognóza vyvolaných změn a odhad impaktu na okolí je velmi důležitý, zejména v souvislosti s realizací velkých staveb a výrobních technologií. Jejich následné využívání má rozdílnou ekologickou odezvu, kterou lze vyjádřit souborem **ukazatelů fyzikální, chemické a biologické kvality** složek životního prostředí, **kritérii demografickými a socioekonomickými, psychologickými a estetickými, kulturními** apod. Přitom preference ukazatelů ekonomické efektivity záměru a jeho provozní náročnosti i nadále zůstává do určité míry nesprávná.

Predikce impaktu (změny, dopadu, vlivu, podnětu, odezvy, účinku) předpokládá, že může existovat vztah mezi navrženou činností a složkami životního prostředí. Tyto vztahy mohou být popsány jako řetězec příčin a účinků, kde lze rozeznat příčinu (přímý efekt spojený s činností, např. vznikem emise, kontaminovaným odpadem apod.), účinky prvního řádu (převážně fyzikální a chemické změny v prostředí) a účinky vyššího řádu (převážně impakt na příjemce - rostlinstvo, živočišstvo, člověka, nemovitý majetek apod.).

Pravděpodobné impakty je třeba posoudit z hlediska jejich zásadní povahy, tj. zda se jedná o impakty

- prospěšné (žádané) či škodlivé (záporné),
- přímé či nepřímé, popř. jako související účinky (účinky prvního řádu - převážně fyzikální a chemické změny v prostředí a účinky vyššího řádu - převážně impakt na příjemce: rostlinstvo, živočišstvo, člověka, nemovitý majetek apod.),
- v reálném čase nebo časově odložené,
- vratné či nevratné (ireverzibilní),
- krátkodobé či dlouhodobé,
- místní či strategické.

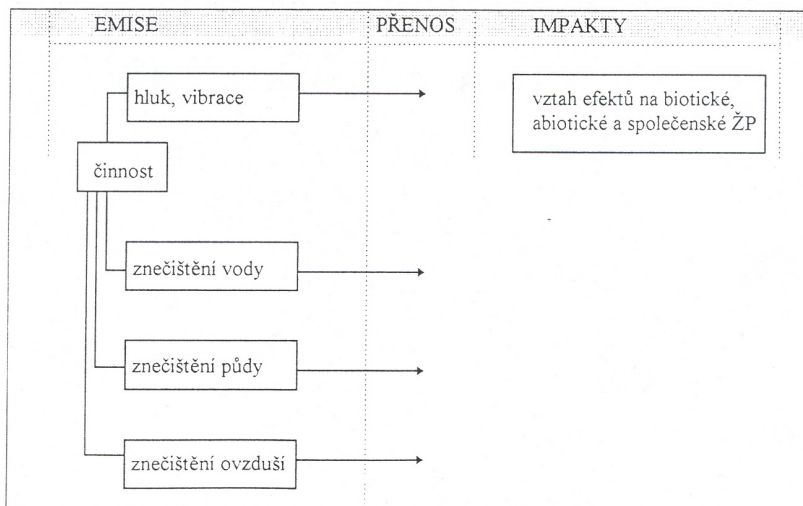
Z hlediska metodického zjednodušení lze předpokládat, že všechny dopady realizovaných projektů na okolí lze členit na impakty:

- * inženýrské a biofyzikální (tj. na živou a neživou část přírody);
- * ekonomické, sociální a kulturní;
- * zdravotní;
- * estetické.

Pro vyvolanou změnu a charakteristiku vlivu je důležitý údaj kvantitativní, kvalitativní, prostorový (tedy územní) a časový. Potenciální impakt může spočívat v posouzení dopadu na jeden vybraný ukazatel kritéria, popř. na více ukazatelů jednoho kritéria nebo více ukazatelů mnoha kritérií.

Je nutno zdůraznit, že je třeba rozlišovat výrazy pro **efekt** (effect) a **impakt** (impact). Efekt vyvolaný projektem lze definovat jako změnu vlastností určité složky životního prostředí (např. čistota ovzduší, vody, půdy apod.). Naopak impakt lze chápat jednak jako vědeckou nebo technickou predikci číselné hodnoty, jednak jako interpretaci toho, co tato čísla mohou znamenat ve vztahu k biotickému, abiotickému nebo společenskému prostředí.

Logické chápání rozdílů těchto dvou pojmů názorně vyplývá z grafického schématu - viz obr. 2.10.



Obr. 2.10 Objasnění rozdílu mezi efektem a impaktem [1, 36]

2.4.1 Způsoby a metody predikce impaktu

Predikce impaktu je důležitou činností v procesu posuzování vlivů na životní prostředí (EIA). Umožňuje získat informace, na kterých je možno založit rozhodnutí o přijetí varianty včetně preventivních, kompenzačních a zmírňujících opatření. Ze zahraničních i domácích zkušeností plyne, že je nutno věnovat pozornost obsahové náplni jednotlivých pracovních etap predikce (tab. 2.5) a klasifikaci efektů, které vyžadují mimořádnou pozornost z hlediska hlavních složek životního prostředí (tab. 2.6).

Tab. 2.5 Etapy predikce

| Etapy predikce podle ERL |
|--|
| <p><i>Etapa:</i></p> <p>Úkoly – výstupy</p> |
| <p><i>Identifikování potenciálních efektů:</i></p> <p>Definování plánovaných činností v rámci posuzovaných variant</p> <p>Podrobný popis všech částí souboru posuzovaných variant</p> <p>Popis přírodních zdrojů</p> <p>Identifikace a popis efektů 1., 2. a vyššího řádu</p> <p>Sumarizace efektů vyvolaných každou variantou</p> <p>Výstup: Soustava příčin efektů pro každou variantu</p> |
| <p><i>Předběžné posuzování efektů:</i></p> <p>Stanovení kritérií pro předběžné hodnocení efektů</p> <p>Provedení předběžné predikce</p> <p>Hodnocení významnosti efektů</p> <p>Výstup: Porovnání predikovaných efektů a rozhodnutí o potřebě dalšího šetření</p> |
| <p><i>Definování požadavků pro sestavení informace o efektech:</i></p> <p>Ověření faktorů, které by měly být vzaty do úvahy</p> <p>Definování proměnných</p> <p>Formulování a popis požadovaného typu výsledku</p> <p>Výstup: Seznam požadovaných informací</p> |
| <p><i>Výběr metod pro predikci:</i></p> <p>Identifikace dostupných metod pro získání požadované informace</p> <p>Volba nejvhodnější metody se zřetelem na dané podmínky a řešený problém</p> <p>Výstup: Rozhodnutí - výběr metody a zdůvodnění</p> |
| <p><i>Použití metody pro predikovaný efekt:</i></p> <p>Sběr dat</p> <p>Příprava metody</p> <p>Aplikace metody</p> <p>Posouzení kvality obdržných výsledků</p> <p>Výstup: Predikce efektů a hodnocení spolehlivosti predikce</p> |
| <p><i>Uspořádání a prezentace výsledků:</i></p> <p>Hodnocení významnosti očekávaných efektů</p> <p>Prezentace výsledků</p> <p>Výstup: Písemná zpráva apod.</p> |

Tab. 2.6 Klasifikace efektů

| Klasifikace efektů podle ERL, které vyžadují predikci z různých hledisek |
|--|
| <p><i>Kategorie účinku:</i></p> <p>Popis efektů:</p> |
| <p><u>I. Z HLEDISKA OCHRANY OVZDUŠÍ:</u></p> <p><i>Prvního řádu:</i></p> <p>Změny v koncentraci látek v ovzduší</p> <p><i>Prvního a vyššího řádu:</i></p> <p>Efekty fyzikálních a chemických změn na klima (např. turbulence, mlhy, mikroklima, emise tepla, skleníkový efekt)</p> <p><i>Vyššího řádu:</i></p> <p>Ukládání látek do půdy a vody, působení na vegetaci</p> <p>Účinek působení sedimentovaných látek na materiály (koroze)</p> <p>Účinky na změny klimatu a jakost ovzduší, viditelnost (průzračnost) atmosféry</p> |
| <p><u>II. Z HLEDISKA OCHRANY POVRCHOVÝCH VOD:</u></p> <p><i>Prvního řádu:</i></p> <p>Změny v hydrologii povrchové vody</p> <p>Změny kvality povrchové vody (fyzikální, chemické, mikrobiologické)</p> <p><i>Vyššího řádu:</i></p> <p>Změny v chování sedimentů</p> <p>Změny v solnosti</p> <p>Změny v ekologických vlastnostech povrchové vody (eutrofizace)</p> |
| <p><u>III. Z HLEDISKA OCHRANY ROSTLINSTVA A ŽIVOČIŠTVA:</u></p> <p><i>Prvního řádu:</i></p> <p>Vliv fyzikálních poruch na rostlinstvo, živočišstvo a jejich stanoviště (mechanické odstranění a poškození)</p> <p><i>Vyššího řádu:</i></p> <p>Účinky znečišťování nebo poškození (smrtné nebo polosmrtelné efekty) na populaci, produktivitu a složení rostlinných a živočišných společenstev a stanovišť</p> <p>Akumulace škodlivin v biologickém materiálu</p> |

Cílem predikce v procesu posuzování vlivů na životní prostředí je popis pravděpodobné změny, která bude výsledkem navrhované činnosti nebo realizovaného projektu. Za tímto účelem je nutno:

- popsat stávající stav na základě provedeného místního šetření, popř. průzkumu či monitoringu;

- zpracovat predikci hodnot parametrů pomocí prediktivních metod;
- současné i budoucí (změněné) podmínky vyhodnotit pomocí vyhodnocovacích metod.
Pro místní **šetření, průzkum** či **monitoring** se běžně používá např.:
- odběr vzorků a analytické metody pro zjišťování kvality ovzduší, vody, půdy atd.;
- metody mapování přírodních zdrojů, vlastností krajiny, demografických jevů atd.;
- metody pro zjišťování biologických vlastností (např. velikost populace, diverzita);
- metody pro měření fyzikálních vlastností (vektory rychlosti proudění podzemních vod, směr a velikost sklonu svahů podzemních masivů, rychlost větru);
- metody pro provádění sociologických průzkumů apod.

Prognostické hodnocení v rámci posuzování vlivů na životní prostředí se orientuje na připravované, plánované, projektované nebo jinak v budoucnu uvažované činnosti a investice. Prognostická dimenze musí pokrýt širokou sféru očekávaných nebo možných impaktů v čase, prostoru a intenzitě, sféru možných rizik, nebezpečí nebo havárií. Zároveň je nutno sledovat dynamický vývoj systému a okolí systému (investice), tj. faktor času (období realizace, plného provozu, dožití, likvidace atd.).

Důraz na prognostickou dimenzi nesmí potlačit skutečnost, že kvantifikace hodnot ukazatelů kritérií musí rozlišovat úroveň **hodnocení deskriptivního** od úrovně **normativního**. Obě úrovně nemohou být zaměňovány nebo ztotožňovány.

Deskriptivní hodnocení sestává z údajů, které jsou naměřené, jakýmkoliv způsobem zjištěné, vypočítané, očekávané či expertním způsobem odhadnuté.

Normativní hodnocení se opírá o maximální či minimální limitní hodnoty mezinárodních, státních a oborových norem, hygienických předpisů, obecně známých stupňů toxicity nebezpečných látek, mezinárodních uzancí, popř. míry přijatelného rizika.

Prediktivní metody je možno rozlišit na formální a neformální. Jako osvědčené **formální metody** se uznávají:

- exaktní způsoby;
- statistické metody;
- experimentální metody a matematické modelování.

Neformální metody jsou reprezentovány znaleckými odhady a uplatněním analogie.

Formální pracovní postupy vytvářejí rozsáhlou kategorii **technicko-metodických způsobů predikce**.

Exaktní metody jsou v praxi umožněny vypracováním konkrétního technického a ekonomického záměru v různých variantách a změřením hodnot z mapovaného podkladu, výpočtem apod., převážně v technických a ekonomických objektivních jednotkách.

Statistické metody vycházejí ze shromážděných údajů (sběru dat) významných pro daný problém a území (okolí). Využívá se vědeckých základů prognózování, teorie růstových křivek a posouzení pravděpodobných vývojových trendů. **Prognózou** rozumíme pravděpodobnostní výrok o událostech, které nastanou v nějakém prostorovém nebo časovém intervalu.

Experimentální metody a matematické modely se liší v tom, že u matematických modelů se musí příčina a účinek explicitně formulovat, zatímco u experimentálních metod

tyto vztahy nemusí být známy. V obou případech je však nezbytná schematizace (zjednodušení) systému, vedoucí k vymezení vztahu **příčina → účinek**.

Experimentální metody lze rozdělit na tři skupiny:

- ilustrativní nebo fyzikální modely znázorňující ovlivněné prostředí;
- terénní experimenty;
- laboratorní experimenty.

V **matematických modelech** jsou vztahy mezi příčinou a účinkem představovány jednou nebo několika matematickými rovnicemi. Modely mohou být:

- empirické;
- procesní;
- smíšené.

Empirické modely jsou založeny na experimentech nebo opakovaném měření, využívají poznatků statistické analýzy a ukazují vztahy mezi příčinou a účinkem bez explicitně formulovaných vnitřních vztahů (model černé skříňky). Vedle obecných modelů se používají modely speciální pro aplikaci v konkrétní lokalitě nebo pro určitý typ prostředí.

Procesní modely spočívají v explicitním definování procesu buď bez ohledu na vývoj v čase (ustálený, setrvalý stav), nebo naopak (dynamický vývoj).

Složitost (algoritmus) modelů se mění od jednoduchých, které mohou být řešeny ručně, až po komplexní dynamické a stochastické modely, které vyžadují výpočetní techniku.

Predikce hodnot parametrů podle **technicko-metodických způsobů** předpokládá existenci alespoň jednoduché, ale formalizované, předem definované metodiky, kterou lze mnohonásobně podle potřeby opakovat. Opačný přístup technickou metodiku postrádá. Přesto se však jedná o nezanedbatelné **neformální expertní a analogické pracovní postupy**, které např.:

- využívají osobních znalostí a zkušeností expertů, což umožňuje zpracovat znalecký posudek často na nedostižné teoretické a společenské úrovni;
- umožňují poměrně přesný odhad vlivu na základě analogie věcné, územní apod.;
- nashromážděním údajů o prostředí na základě průzkumu a šetření poskytují inventárním způsobem (včetně mapování) a pomocí jednoduché posuzující (oceňující) techniky záznam (obraz) o současné situaci.

Nejvýraznější neformální metodou kvalitativní situace je posudek ojedinelého znalce, kdy jeden expert podává svůj názor na pravděpodobný efekt. Formální stránku modelu predikce lze z tohoto startovního bodu zvýšit různými cestami, např.:

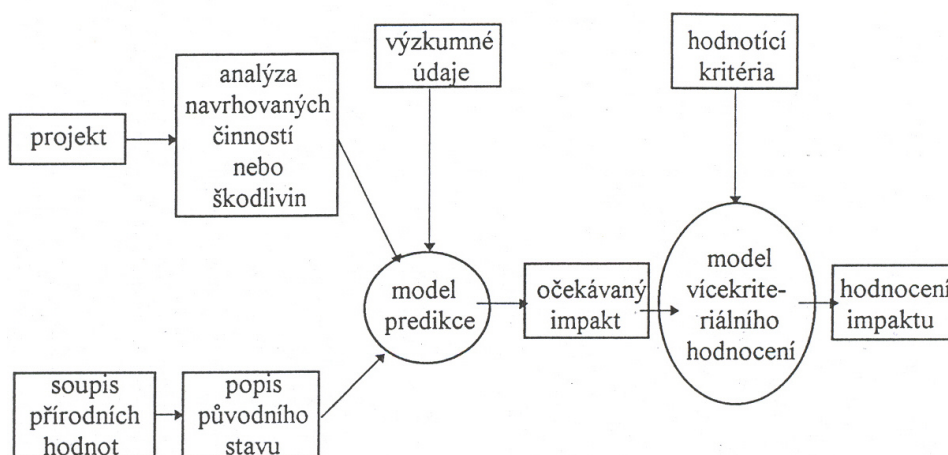
- požadavkem, aby expert zdůvodnil svůj názor verbálním nebo matematickým popisem vztahů, které použil, nebo aby podpořil svá zjištění odkazem na vědecké, popř. historické záznamy;
- požádat skupinu expertů o shodný názor na pravděpodobný efekt;
- zvýšením počtu expertů a tím z individuálních názorů skupiny expertů obdržet výsledný kolektivní názor;
- požádat skupinu expertů o shodný názor na pravděpodobný efekt prostřednictvím aplikovaného expertního systému a vhodné metody.

Součástí predikce tvoří **číselné ohodnocování efektů**. Způsob závisí na povaze efektu a příjemci. **Objektivní hodnocení** je založeno na použití objektivních technických a ekonomických jednotek (soustava SI). **Subjektivní hodnocení** vyžaduje zvláštní pozornost a citlivou práci s verbálně-numerickými stupnicemi.

2.4.2 Proces predikce impaktu

Dodržet podmínky splňující předpoklady úplného procesu predikce a hodnocení impaktu (viz obr. 2.11) vedou k úsilí o zjednodušení tohoto procesu při důsledném dodržení zásad pro systémový přístup. Obecně se dává přednost **neúplnému procesu predikce**, pro který je možno použít dva přijatelné způsoby, tj.:

- uplatnění přibližných metod;
- zkrácení úplného procesu predikce.



Obr. 2.11 Vývojový diagram pro úplný proces predikce a hodnocení impaktu podle H. DE HAESE a A. DONA (1987)

Přibližné metody predikce umožňují uspokojivé řešení dílčích problémů spojených s náročnými otázkami měřítka, komplexnosti a nejistoty (naznačuje přehled v tabulce 2.7).

Tab. 2.7 Přehled možných aplikací přibližných metod pro překonání kontroverzních otázek měřítka, komplexnosti a nejistoty

| <i>Problém</i> | <i>Měřítka</i> | <i>Komplexnost</i> | <i>Nejistota</i> |
|--|---|---|--|
| Analýza navrhovaných činností nebo emisí | Metoda nahodilého vzorku | Výběr činností nebo uvažovaných emisí Širší kategorie změn | Specifikace podobného příkladu Studie citlivosti Vztahové diagramy Expertní hodnocení |
| Popis původní situace | Metoda nahodilého vzorku Volba velké geografické jednotky Vyšší stupeň organického společenství | Vyšší stupeň organického společenství Volba ukazatelů | Vztahové diagramy Expertní hodnocení |
| Predikce impaktu | | Analýza impaktu Metoda černé skříňky | Určení maximálního účinku Studie citlivosti Vztahové diagramy Expertní hodnocení |
| Hodnocení impaktu | | Ukazatel kritéria | Určení optimistické/pesimistické možnosti impaktu Expertní hodnocení |

Možnosti **zkrácení procesu predikce** pro posuzování vlivů na životní prostředí spočívají ve vyloučení některých kroků (zpravidla ve čtyřech modifikacích), které jsou zaměřeny na [1, 36]:

- analýzu činnosti;
- posouzení území;
- studii citlivosti;
- výběr srovnávacího prostoru (území).

Všechny uvedené přístupy jsou schematicky znázorněny níže na obr. 2.12 v souladu (tj. na pozadí) základního vývojového diagramu pro úplný proces predikce (viz výše obr. 2.11).

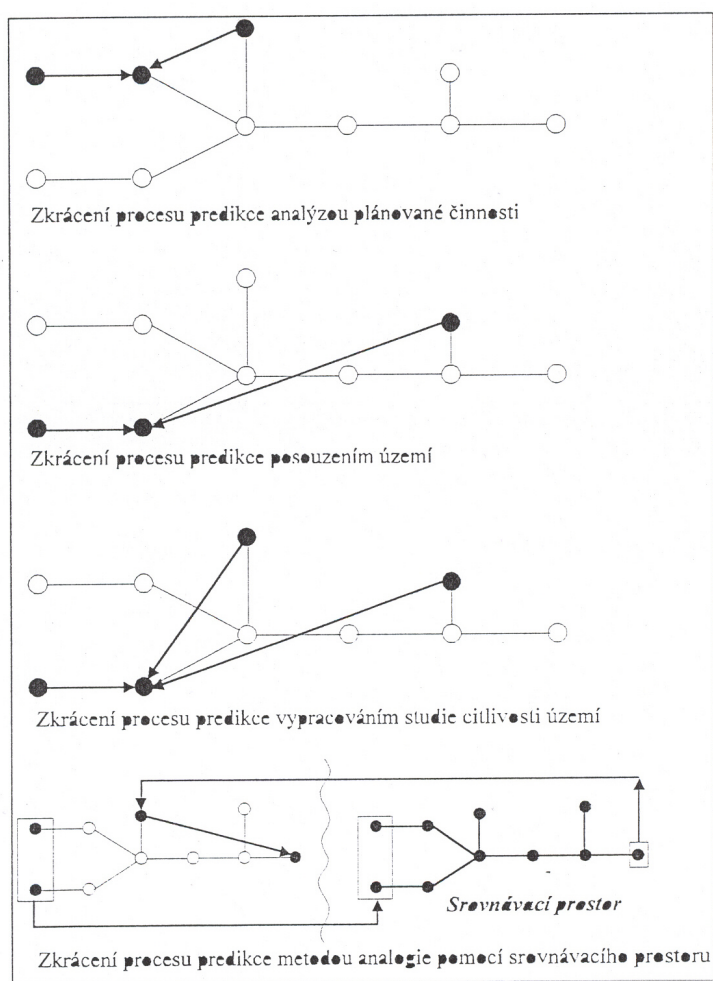
Analýza plánované činnosti přichází v úvahu v případě, kdy není známá lokalizace plánovaného záměru. Celkový impakt (např. zdroj emisí SO₂ a NO_x) je analyzován pouze obecně - popis původní situace a skutečná predikce včetně hodnocení dílčích účinků je zanedbána.

Posouzení území postačí v takových případech, kdy realizace projektu způsobí absolutní impakt (např. ztrátu přírodní rezervace) a předmětem diskuse je lokalita (*umístění*) stavby. Pro řešení postačí popis a hodnocení původního stavu příslušné geografické lokality. Hodnocení kvality přírodního ekosystému v konkrétním případě naznačí ztráty vyplývající z realizace navrhovaného projektu.

Vypracování **studie citlivosti území** je prováděno v různých modifikacích v závislosti na:

- citlivosti původní lokality na vyvolanou změnu;
- hodnotě původní lokality;
- velikosti území ovlivněného změnou.

Tato metoda je vhodná pro ty případy, u nichž není známa velikost změny a není znám (*definován*) vztah příčina - účinek. Obecně nelze použít kvantitativní přístup. Analýzu citlivosti lze použít pro objasnění a porovnání analogických změn, které jsou vědeckovýzkumně obecně objasněny. Přednosti tohoto přístupu jsou zřejmé pro ocenění citlivosti různých ekosystémů na plánované změny (viz. např. snížení nebo zvýšení hladiny podzemní vody, zvýšení trofického potenciálu, eutrofizace, okyselení apod.).



Obr. 2.12 Schématické znázornění zkráceného procesu predikce

Použití metody **analogie pomocí srovnávacího území (prostoru)** je nezbytné v případě absence dostatečného množství vědeckovýzkumných údajů a velkého počtu různých dílčích změn, které nelze izolovaně predikovat. Zpravidla jde o složité soubory staveb s náročnou výrobní technologií (např. petrochemický průmysl) a s velkým počtem navazujících činností (následných impaktů).

2.4.3 Kritéria

Předpokladem pro úspěšné posouzení potenciálního vlivu záměru na životní prostředí je soustava kritérií, vypracovaná individuálně pro konkrétní případ podle zásad systémového přístupu (např. tzv. úplnost hodnoceného prostoru a vlastností systému, dodržení disjunkce, preferenční a užitkové vzájemné nezávislosti kritérií apod.). Kritéria, resp. ukazatelé kritérií vytvářejí soubory (*katalogy*), které se s úspěchem používají pro screening-test a scoping proces. Z těchto procedur ihned v počáteční fázi procesu posuzování vlivů na životní prostředí (EIA) vyplynou klíčová hlediska, kterým je třeba věnovat důkladnou pozornost při podrobném vypracování dokumentace o vlivu na životní prostředí. Naopak v opačném případě lze z předběžného výsledku usoudit, že potenciální impakt je zanedbatelný a proces posuzování není nutný.

Práce s kritérii zahrnuje několik relativně **samostatných problémů**, kterými jsou [1, 35, 36]:

- *vytváření souborů kritérií pro určité druhy činností, staveb a technologií, které se vyznačují společnými znaky z hlediska jejich vlivu na okolí,*
- *způsob a určování ukazatelů kritérií z hlediska jejich fyzikálního rozměru, limitních hodnot a způsobu jejich predikce,*
- *určování míry přijatého rizika z hlediska očekávaného vlivu podle definovaného ukazatele kritéria,*
- *úprava ukazatele kritéria pro multikriteriální analýzu a jeho transformace do polohy kvantitativního a kvalitativního multiplikátoru (viz vyhodnocovací křivka - *rating curve* a váha - *weight*).*

V pragmatickém vývoji kategorie posuzování vlivů na životní prostředí (EIA) má své nezastupitelné místo **křížová matice interakcí** (*cross - impact matrix*). Tvoří vhodný počáteční nástroj pro získání předběžné informace o potenciálním impaktu na jednotlivé složky životního prostředí a člověka. Současný stav poznání však nepřipouští použití této metody bez návaznosti na formalizované metody rozhodování.

Elementární schéma a konstrukce matice interakcí spočívá ve vyhledání vzájemně možných (předpokládaných, pravděpodobných) vztahů mezi plánovanými činnostmi na *x-ové* ose a parametry životního prostředí na *y-ové* ose. Takto identifikované průsečíky se označí. Historický význam má standardní typ matice, kterou uvedl L. B. LEOPOLD (1971) a v rozvinuté (vícestupňové) podobě J. L. MOOR et. al. (1973).

Křížová matice interakcí (tab. 2.8) je již konstruována ve smyslu screening testu a pro uplatnění výstupu v navazujícím scoping procesu dle vzorové tabelární úpravy:

Tab. 2.8 Křížová matice interakcí

| Matice interakcí pro předběžné posouzení impaktu na životní prostředí (screening-test) | |
|---|---|
| Ovlivněné faktory a složky ŽP | Přehled plánovaných činností vyvolávajících potenciální impakt - viz doplňující adresář |
| | 1 ... 2 ... 3 ... 4 ... 5 ... 6 ... n |
| A. BIOFYZIKÁLNÍ ŽP Půda Voda Ovzduší Hluk a vibrace Záření Biosféra Viditelné intruze B. SPOLEČENSKÉ ŽP Osídlení Pracovní příležitosti Volný čas Doprava Kulturní aktivita | <div style="text-align: center;"> <p>■</p> <p>■</p> <p>■ ■ ■ ■ IMPACT</p> </div> |

Připojený adresář (dle prof. KENNEDYHO) doplňuje v libovolném pořadí přehled (*popis*) plánovaných dílčích činností, které je třeba realizovat pro posuzovaný záměr (*projekt*).

Do průsečíků předpokládaných interakcí se vepisují formalizované symboly podle závazné legendy:

- N* - *negativní impakt*
- n* - *málo negativní impakt*
- P* - *pozitivní impakt*
- p* - *málo pozitivní impakt*
- VN* - *velmi negativní impakt*
- VP* - *velmi pozitivní impakt*
- O* - *žádný očekávaný impakt*

Vypovídací schopnost takto sestavené matice umožňuje identifikovat průměrně nebo extrémně se vyskytující očekávané impakty, na které je třeba soustředit pozornost v následujícím podrobném hodnocení. Tvoří důležitou informaci pro sestavení katalogu

(seznamu) kritérií, na jehož základě je možno uskutečnit podrobnou multikriteriální analýzu všech posuzovaných variant.

V určitých případech může být křížové matice interakcí využito jako pomůcky v rámci rozhodovací procedury, která stanoví, že proces posuzování vlivů na životní prostředí bude ukončen zjišťovacím řízením dle §7 zákona č. 100/2001 Sb., v platném znění (viz dále kap. 2.5).

Jednotlivá kritéria (ukazatelé kritérií) vytvářejí soubory (seznamy, katalogy), které podle vypovídací schopnosti lze členit nejméně na pět kategorií, tj.:

- a) **Seznam** (simple checklist), katalog 1. třídy, je prostý soupis parametrů vybraných jako kritéria kvality životního prostředí. Neobsahuje návod na způsob měření jednotlivých ukazatelů, ani jejich interpretací.
- b) **Popisný seznam** (descriptive checklist), katalog 2. třídy, je rozšířený seznam o specifikaci pracovního postupu, jak jednotlivé parametry měřit.
- c) **Katalog se stupnicí** (scaling checklist), katalog 3. třídy, je rozšířený předcházející typ. Doplněk tvoří návod na způsob oceňování kladného či záporného vlivu a specifikuje např. bodový žebříček verbálně numerické stupnice. Pomocí katalogu 3. třídy lze zjišťovat relativní vliv variant buď součtem kladných a záporných hodnot, nebo celkovým součtem.
- d) **Kombinovaný katalog** (scaling-weighting checklist), katalog 4. třídy, rozšiřuje předcházející typy o soustavu váhových multiplikátorů, které rozlišují jejich vzájemnou relativní významnost w_j .
- e) **Kombinovaný katalog s transformačními funkcemi** (rating curves), katalog 5. třídy, představuje nejvyšší a nejúplnější typ formalizovaného podkladu rozhodovací analýzy. Seznam katalogu 4. třídy je doplněn o hodnotící křivky, tj. transformační vztahy mezi analytickým ukazatelem P_j a kvalitativním multiplikátorem U_j , který nabývá ve všech případech hodnoty v intervalu $<0;1>$. **Transformační funkce** $U_j = f_j(P_j)$ mohou být vyjádřeny **matematically nebo graficky**. V prvním případě lze s výhodou uplatnit strojový mechanismus výpočtu, ve druhém případě pro běžnou praxi vyhovuje úplný soubor nomogramů.

Při posouzení jednotlivých typů katalogů je zřejmé, že nejvyšší potlačení subjektivního prvku v rozhodovacím procesu poskytuje katalog 5. třídy, který předem formalizuje převod **analytického ukazatele kvality P_j na kvalitativní multiplikátor U_j** . Předcházející zpracování a dostupnost závazných nomogramů pro obecně dohodnuté ukazatele kritérií přispívá k vysoké míře disponibility rozhodovací metodiky bez náročného matematického aparátu. I v tomto případě se pracuje se soustavou váhových multiplikátorů w_j .

Seznam kritérií vytvořený pomocí katalogu kritérií je obvykle nutno doplnit např. pomocí brainstormingu a dále jej rozčlenit a určit nutnost podrobného posouzení jednotlivých vlivů. Roztřídění se provádí obdobně jako u brainstormingu, jako kritéria pro určení důležitosti se v této fázi EIA používají:

- předpokládaný rozsah vlivů;
- citlivost území;
- doba předpokládaného působení vlivu;
- podstatné existující nejistoty.

2.4.4 Určování hodnot relativní důležitosti parametrů metodou párového porovnání podle D. Fullera

V souboru ukazatelů kritérií nemají všechny prvky množiny P_j stejný relativní význam ve vztahu ke konkrétnímu posuzovanému problému. Tento relativní, vzájemně poměrný význam (důležitost) se zjednodušeně označuje jako váha kritéria w_j . Hodnota w_j poskytuje informaci o relativní společenské důležitosti (rozuměj impaktu) jednotlivých ukazatelů kritérií v rámci dané množiny $P_1, P_2 \dots P_n$. Představuje individuální kvantitativní multiplikátor pro každý ukazatel kritéria. Pro jeho stanovení (kvantifikaci) jsou k dispozici různé metody z oblasti rozhodovací analýzy.

Týmovou metodu párového porovnání publikoval D. FULLER. V porovnání s jinými běžně používanými metodami (např. známkování, pořadí, alokace apod.) tento formalizovaný postup minimalizuje vliv subjektivního činitele. Jestliže přichází do úvahy n parametrů, potom lze sestavit jejich kombinaci 2. třídy. Celkový počet dvojic je

$$\frac{n}{2} \cdot (n - 1),$$

který se sestavuje do tabulky tzv. Fullerova trojúhelníku. Formální úpravy však mohou být různé, při velkém počtu n se z úsporných důvodů pracuje v jednořádkovém trojúhelníku, nebo se volí tabelární forma.

Základní zápis pro schéma párového vyhodnocení parametrů je

| | | | | |
|---|---|-------|-------------|---------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 3 | 4 | ... (n - 1) | n |
| | 2 | 2 | ... 2 | 2 |
| | 3 | 4 | ... (n - 1) | n |
| | | 3 | ... 3 | 3 |
| | | 4 | ... (n - 1) | n |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | (n - 1) |
| | | | | n |

Mechanismus pracovního postupu spočívá ve vzájemném porovnání všech dvojic, v nichž lze zpravidla snadno posoudit ve vztahu k deklarovanému cíli, který parametr je více či méně významný. V rámci dvojice preferovaný parametr (*index parametru*) se označí podtržením nebo kroužkem a postupně se zjišťuje celkový počet individuálně získaných předností pro celou množinu parametrů; tento počet určuje číselný údaj o váze ukazatele kritéria w_j . Výpočet normované váhy kritéria $w_j^{(n)}$ je nutný z toho důvodu, aby byly splněny podmínky podle rovnice (2.15) a (2.16). Obecně je shodný např. s metodou pořadí - pro individuální výpočet se použije rovnice

$$w_j^{(n)} = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^n w_j}, \quad (2.1)$$

kde platí vztah podle rovnice (2.16). Jestliže úlohu řeší kolektiv expertů (zastoupení různých vědních oborů), je třeba stanovit celkovou (průměrnou) normovanou váhu podle vztahu

$$w_j^{(n)} = \frac{\sum_{k=1}^s w_{jk}}{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s w_{jk}}, \quad (2.2)$$

kde w_{jk} je váha j -tého parametru přisouzená k -tým expertem,
 n - celkový počet parametrů,
 s - celkový počet expertů.

Pro praktické řešení je účelné použít tabelární uspořádání. Průběžná kontrola správnosti výpočtu vychází ze skutečnosti, že celkový úhrn získaných preferencí musí vyhovovat shora uvedenému vztahu $n/2(n - 1)$. Průměr hodnot většího počtu expertů (nad $s = 35$) vyhovuje GAUSSOVU rozdělení [36].

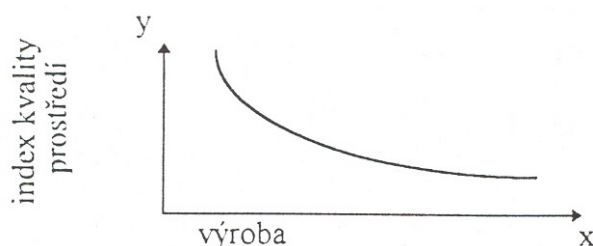
Modifikací této metody je metoda úplného párového porovnání, kdy se každá dvojice parametrů posuzuje dvakrát, čímž se vyloučí nesprávné závěry vyplývající z počátečního nahodile sestaveného pořadí parametrů v trojúhelníku.

Za další výhody této metody se pokládá snadné porovnávání parametrů a možnost přípuštění stanoviska, že oba parametry jsou rovnocenné, popř. nesrovnatelné. Mechanismus výpočtu nevyžaduje předcházející tranzitivnost pořadí a s výhodou lze řešení spojovat s metodou bodovací.

Při řešení úlohy cílového programování s mimořádnou společenskou odezvou je účelné kombinovat metodu D. FULLERA s metodami týmového expertního hodnocení, např. modifikovanou metodou DELFY.

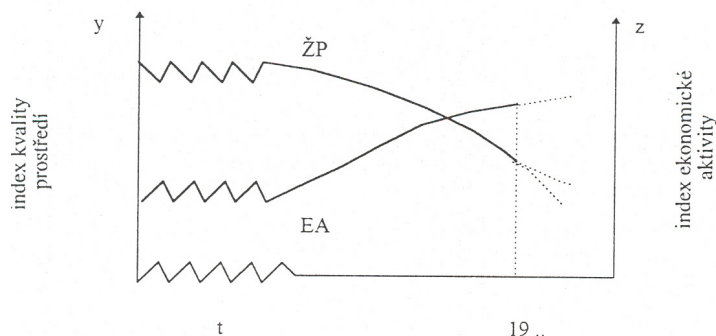
2.4.5 Určování hodnot kvalitativních multiplikátorů

Tvar a průběh vyhodnocovacích křivek pro jednotlivé parametry P_j (ukazatele kritérií) graficky vyjadřují vlastnosti jednorozměrných transformačních funkcí dílčího užítku $U_j = f_j(P_j)$. Jejich aplikace v procesu multikriteriální hodnotové ekologické analýzy a rozhodovacího procesu umožňuje využít poznatků multikriteriální axiomatické teorie kardinálního užítku MUT (Multiattribute Utility Theory). Tato teorie vychází z filozofického předpokladu, že souhrnná kvalita životního prostředí pro dané území (region) je určena podstatnými (kardinálními) vlastnostmi jednotlivých složek prostředí, jejichž kvalitu lze ocenit dostupnými analyticko-diagnostickými ukazateli. Základním axiomatickým vztahem pro proces hodnocení je obecně uznávaný nepřímý vztah mezi výrobou (stupněm ekonomické aktivity, mírou urbanizace apod. - obr. 2.13) a indexem kvality prostředí podle obr. 2.14.



Obr. 2.13 Obecně platný vztah mezi výrobou a kvalitou prostředí

Funkce U_j plní v modelu metody totálního ukazatele kvality prostředí (TUKP - viz kapitola 2.4.6) úlohu multiplikátoru [1, 36]. Jestliže míra užítku je relativní, lze ke stanovenému počátku stupnice U_j přiřadit libovolnou hodnotu ukazatele P_j . Protože význam a fyzikální rozměr jednotlivých ukazatelů P_j se v katalogu kritérií diferencuje, jsou jejich hodnoty vzájemně nesrovnatelné (neporovnatelné), viz např. [m, t, ha, Kč, %, RJ aj.]. Z tohoto důvodu se všechny tyto hodnoty formalizovaným způsobem transformují (*normují*) do jednotného intervalu s okrajovými hodnotami $\langle 0;1 \rangle$.



Obr. 2.14 Informativní vztahy mezi indexem kvality prostředí y a indexem ekonomické aktivity z v území a v čase t

Jednotlivé dílčí funkce užitku je možné normovat vztahy

$$\left. \begin{aligned} U_j &= f_j(P_j^0) = 0 \\ U_j &= f_j(P_j^+) = 1 \end{aligned} \right\} 1, 2, 3, \dots, m \quad (2.3)$$

takže oborem kvalitativních multiplikátorů (podle zásady, čím vyšší hodnota U_j , tím lepší - společensky přijatelnější) je vždy interval $\langle 0;1 \rangle$ pro dva standardní případy, tj. přímou nebo nepřímou závislost hodnocení kvality životního prostředí na zvoleném parametru.

Definičním oborem pro přímou (pozitivní) závislost je

$$\langle P_j^0; P_j^+ \rangle, \quad (2.4)$$

definičním oborem pro nepřímou (negativní) závislost je

$$\langle P_j^+; P_j^0 \rangle. \quad (2.5)$$

Ve většině případů lze vystačit s jednoduchými typy transformačních funkcí.

Pro vlastní určení funkce U_j (postup sestavení, genezi) existuje pět pracovních kroků, tj.

1. krok: období předběžné přípravy vlastní konstrukce;
2. krok: identifikace vhodných kvalitativních ukazatelů;
3. krok: vymezení okrajových hodnot;
4. krok: výběr vhodné funkce užitku;
5. krok: kontrola.

První krok spočívá v racionálním navázání kontaktu mezi členy řešitelského týmu. Je účelné alespoň částečně sjednotit názory na konkrétní problém, otevřeně a nezaujatě si objasnit svá stanoviska. Týmový analytik si získává důvěru ostatních tím, že poskytne podrobné informace o svých přístupech sestavení funkce užitku.

Druhý krok spočívá v objasnění základní kvalitativní závislosti U_j na P_j . Zejména je důležité rozhodnout, zda jde o monotónní či nemonotónní funkci. Současně je třeba ověřit (verifikovat) chování zpracovatele rozhodovacího procesu, do jaké míry projevuje sklon nebo averzi k riziku, tj. zda preferuje ekologicky optimistickou či pesimistickou transformaci (viz další text).

Vlastní konstrukci $U_j = f_j(P_j)$, tj. třetí a čtvrtý krok, lze realizovat přibližnou grafickou metodou tak, že se určí metody užitku postupně pro několik bodů. Pomocí zadaných pravděpodobností, tj. nejčastěji pro $p = (1 - p) = 0,5$, a na podkladě konfrontace názorů analytika a přizvaného experta (hodnotitele, rozhodovatele) je možné iterativním postupem dospět ke zdůvodněné volbě vhodného typu vyhodnocovací křivky.

V závislosti na povaze a typu úlohy, tj. zda se jedná o převažující problematiku (rozuměj ukazatele kritéria) ekologickou, anebo ryze technicko-ekonomickou (především technické a ekonomické parametry projektu), lze zásadně postupovat podle tří odlišných postupů s tím, že čtvrtý postup spočívá v jejich zcela volné vzájemné kombinaci.

Jsou to postupy:

- I. Uplatnění reálné transformační funkce v souladu s předpokládanou užitností (tj. absolutně chápanými vlastnostmi) posuzovaného parametru.
- II. Aplikace monotónní transformační funkce podle vyvinuté ekologické klasifikace vyhodnocovacích křivek.
- III. Konstrukce transformační funkce ze zadaných porovnávaných hodnot, tj. ze vstupní maticové tabulky pro soubor hodnocených variant.
- IV. V rámci katalogů parametrů vzájemná kombinace specifikovaných postupů I., II. a III.

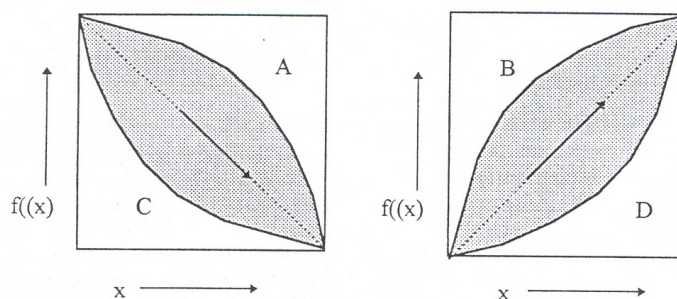
Křivky kategorie I:

Odvození reálné transformační funkce spočívá zároveň v plném uplatnění katalogů nejvyššího typu, ve kterém jsou jednorozměrné dílčí funkce užitku předem definovány a ve svém tvaru, průběhu a okrajovými hodnotami zdůvodněny.

Při konstrukci křivek tohoto typu se vychází z poznání, že hodnoty funkce U_j jsou objektivním ukazatelem kvality určité složky životního prostředí jen tehdy, když jsou vztaženy normovaným hodnotám jakosti (celosvětovým, evropským), viz normativy mezinárodních organizací OSN (např. WHO) apod. V mimořádných případech lze přihlídnout k odborné literatuře, předpisům či uzancím, které klasifikují kvalitu či nekvalitu (*míru znečištění*) prostředí a dopad na společnost.

Křivky kategorie II:

Odvození ekologických transformačních funkcí využívá teoretické poznatky z oblasti rozhodování a teorie her, přičemž nabízí uplatnění souboru vyhodnocovacích křivek ve smyslu ekologické typologie funkcí na obr. 2.15 a v následující tabulce.



Obr. 2.15 Prostor možných transformací vymezený křivkami A, C pro nepřímou a křivkami B, D pro přímou funkční závislost

EKOLOGICKÁ TYPOLOGIE TRANSFORMAČNÍCH FUNKCÍ UŽITKU A JEJICH
VLASTNOSTI

| Typ „A“ |
|--|
| <p>Klesající konkávní funkce užitku</p> <p>Nepřímá závislost U_j na P_j</p> <p>Mírný pokles užitečnosti v oblasti nejlepších hodnot pro $U_j \rightarrow 1$</p> <p>Disponibilní zdroj není omezen, naopak je v nadbytku</p> <p>Ekologicky optimistické hodnocení</p> |
| Typ „B“ |
| <p>Rostoucí konkávní funkce užitku</p> <p>Přímá závislost U_j na P_j</p> <p>Mírný pokles užitečnosti v oblasti nejlepších hodnot pro $U_j \rightarrow 1$</p> <p>Disponibilní zdroj není omezen, naopak je v nadbytku</p> <p>Ekologicky optimistické hodnocení</p> |
| Typ „C“ |
| <p>Klesající konvexní funkce užitku</p> <p>Nepřímá závislost U_j na P_j</p> <p>Radikální pokles užitečnosti v oblasti nejlepších hodnot pro $U_j \rightarrow 1$</p> <p>Disponibilní zdroj je omezen, tzn. že je nedostatečný</p> <p>Ekologicky pesimistické hodnocení</p> |
| Typ „D“ |
| <p>Rostoucí konvexní funkce užitku</p> <p>Přímá závislost U_j na P_j</p> <p>Radikální pokles užitečnosti v oblasti nejlepších hodnot pro $U_j \rightarrow 1$</p> <p>Disponibilní zdroj je omezen, tzn. že je nedostatečný</p> <p>Ekologicky pesimistické hodnocení</p> |

V rámci tohoto postupu lze uplatnit pět opakovaných standardních a ekologicky odlišných hodnocení. Jsou to hodnocení neutrální, vyznačující se lineární transformací, a hodnocení optimistická a pesimistická, popř. silně optimistická a silně pesimistická. Pro každé uvedené hodnocení existuje závazná transformace, definovaná funkčním vztahem.

Pro přímou závislost transformace platí vztah:

$$U = \left[\frac{P_{pr} - P_{min}}{P_{max} - P_{min}} \right]^k, \quad (2.6)$$

kde střední hodnota P_{pr} je definována jako průměr okrajových hodnot $P_{pr} = \frac{(P_{max} - P_{min})}{2}$.

Obdobně pro nepřímou závislost je:

$$U = 1 - \left[\frac{P_{pr} - P_{min}}{P_{max} - P_{min}} \right]^k \quad (2.7)$$

Hodnoty exponentů k byly pro oba případy závislosti voleny shodně tak, aby pro P_{pr} a pro silně optimistické hodnocení nabývala veličina $U = 0,9$, pro mírně optimistické $U = 0,75$, pro mírně pesimistické $U = 0,25$ a pro silně pesimistické $U = 0,1$. Podmínku lineární transformace pro neutrální hodnocení splňuje hodnota $U = 0,5$. Každý případ je definován typem vyhodnocovací monotónní křivky (přímky) hodnotou exponentu k podle následujícího přehledu:

Přímá transformace - ekologicky pozitivní hodnocení podle zásady „čím vyšší hodnota $P_j \rightarrow$ tím lépe“:

| Hodnocení a typ vyhodnocovací křivky | Znak | k |
|--|---------|-------|
| I. Křivka pozitivní, silně optimistická | KP - 02 | 0,152 |
| II. Křivka pozitivní optimistická | KP - 01 | 0,415 |
| III. Křivka pozitivní neutrální (přímka) | KP - N | 1,000 |
| IV. Křivka pozitivní pesimistická | KP - P1 | 2,000 |
| V. Křivka pozitivní, silně pesimistická | KP - P2 | 3,322 |

Nepřímá transformace - ekologicky negativní hodnocení podle zásady „čím vyšší hodnota $P_j \rightarrow$ tím hůře“:

| Hodnocení a typ vyhodnocovací křivky | Znak | k |
|--|---------|-------|
| I. Křivka negativní, silně optimistická | KN - 02 | 3,322 |
| II. Křivka negativní optimistická | KN - 01 | 2,000 |
| III. Křivka negativní neutrální (přímka) | KN - N | 1,000 |
| IV. Křivka negativní pesimistická | KN - P1 | 0,415 |
| V. Křivka negativní, silně pesimistická | KN - P2 | 0,152 |

Pro rozhodovací proces je důležité závěrečné vyhodnocení a vzájemná komparace výsledků podle všech pěti uvedených způsobů hodnocení analogicky k významu provádění testů citlivosti na zařazení různých kritérií.

Křivky kategorie III:

Odvození ryze komparativních transformačních funkcí se opírá výhradně o zadané vstupní údaje pro celý posuzovaný soubor variant. Z tohoto důvodu je zvláště vhodný pro technicko-ekonomické problémy rozhodování (ukazatele kritérií), kde není možné nebo nutné respektovat ekologická, hygienická a podobná normativní omezení. Pro každý parametr P_j a všechny jemu odpovídající vstupní údaje posuzovaných variant V_i musí být nejdříve vymezen transformační prostor podle obr. 2.16. Pro každý případ musí být obecně řešeny tyto otázky:

- ♦ zda jde o transformaci přímou (viz typ kritéria výnosového a zásadně pozitivních efektů);
a
- ♦ zda jde o transformaci přímou (viz typ kritéria nákladového a zásadně negativních efektů, např. vlivem škodlivin a koroze materiálu);
- ♦ v jakém intervalu $\langle P_{\min}; P_{\max} \rangle$ se transformace uskuteční;
- ♦ v jakých jednotkách bude ukazatel kritéria měřen (vyjádřen);
- ♦ jaký tvar bude mít vyhodnocovací křivka;
- ♦ vhodné matematické vyjádření jednorozměrné transformační funkce užitku U_j .

Vlastní řešení spočívá ve čtyřech postupných krocích.

Výsledkem prvního kroku je deklarování závislosti U_j na P_j ve shodě s dříve uvedenými zásadami, ekologickou typologií vyhodnocovacích křivek a rovnicemi (2.6) a (2.7).

Druhý krok směřuje k přiřazení okrajových bodů stupnice (škály, měřítko) pro množinu P_j a variantu V_i . Na základě dříve provedených testů citlivosti bylo ověřeno, že přiřazení hodnot pro počátek a konec na x-ové ose souřadnic nemůže být libovolné. Je třeba zabránit vzniku nulových hodnot v průběhu transformace podle rovnice (2.12), jinak by se částečně (nesoustavně) vynulovaly některé hodnoty kvalitativních multiplikátorů. Tento případ nastává vždy, jestliže je zvolen počátek stupnice pro přímou závislost $P_{j(\text{poč})} = P_{j(\text{min})}$ (nejnižší hodnota parametru P_j ze všech variant V_i) a u nepřímé závislosti pro koncový bod stupnice $P_{j(\text{kon})} = P_{j(\text{max})}$ (nejvyšší hodnota parametru P_j ze všech variant V_i).

Z uvedeného důvodu musí být počátek (konec) na x-ové ose určován standardně pomocí desetiprocentní diference maximální a minimální hodnoty podle vztahu

$$D(P_j) = \frac{P_{j(\text{max})} - P_{j(\text{min})}}{10}. \quad (2.8)$$

Pro počáteční bod stupnice platí

$$P_{j(\text{poč})} = P_{j(\text{min})} - D(P_j) \quad (2.9)$$

a obdobně pro koncový bod platí

$$P_{j(\text{kon})} = P_{j(\text{max})} + D(P_j). \quad (2.10)$$

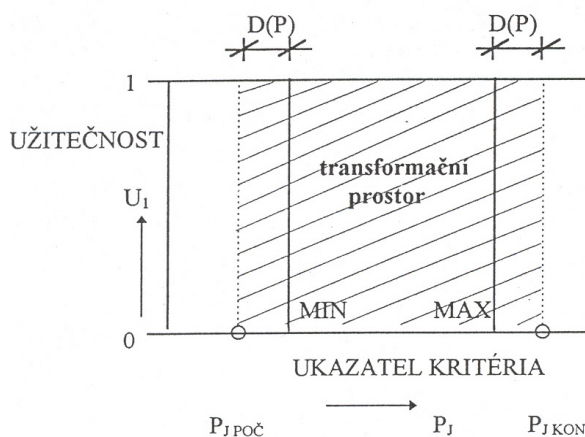
Tam, kde stupnice může začínat nulou (tj. případ kardinální poměrové stupnice s absolutní nulou), tedy za předpokladu, že stupnice bude v plném rozsahu využita, je přípustné volit $P_{j(\text{poč})} = 0,00$. Výsledkem druhého kroku je určení hodnot $D(P_j)$, $P_{j(\text{poč})}$ a $P_{j(\text{kon})}$ pro všechny parametry.

Třetí krok spočívá v definování vlastního vztahu transformace. Vychází se ze zadaných vstupních (reálných) dat, tj. hodnot ukazatelů kritérií P_j pro všechny posuzované varianty V_i . Vypočítané průměrné hodnotě $P_{j(pr)}$ se pak přisoudí střední hodnota dílčí funkce užitku, tedy

$$U_{j(pr)} = f_j [P_{j(pr)}] = 0,50. \quad (2.11)$$

Výsledkem třetího kroku je stanovení třetího bodu transformační funkce, čímž je vyhodnocovací křivka matematicky definována. S využitím dvou okrajových bodů stupnice lze přistoupit k závěrečnému čtvrtému kroku, tj. k odvození parametrů transformační funkce ze zadaných vstupních dat.

Čtvrtý krok spočívá ve vhodné aproximaci transformačního vztahu podle dříve uvedených zásad, nejlépe pro mocninový typ funkce. Obdobně jsou vhodné funkce typu exponenciálního, popř. polynom 3. stupně. Funkce exponenciálního typu mají na rozdíl od mocninových funkcí rozdílnou strmost pro stejné vstupní podmínky, což lze výhodně použít pro zvýraznění rychlosti v počáteční nebo závěrečné fázi transformace.



Obr. 2.16 Vymezení počátečního a koncového bodu měřítka a transformačního prostoru

2.4.6 Metoda totálního ukazatele kvality prostředí

Adaptivní formalizovaná graficko-analytická metoda totálního ukazatele kvality prostředí (TUKP) přísluší do souboru metod pro cílové programování [35, 36]. Směřuje ke stanovení komplexní hodnoty území z hlediska antropogenně ovlivněné kvality životního prostředí a zásadně umožňuje výběr společensky preferované varianty z konečné množiny variant řešení, nebo uspořádat preferenční pořadí variant vzhledem k danému souboru kritérií. Vychází z teorie MUT (Multiattribute Utility Theory - viz *kap. 2.4.5*) a základ tvoří koncepce multikritériální hodnotové a ekologické analýzy, dovedené až do stadia rozhodnutí. Individuální modifikace je možná především z hlediska stanovení užité hodnoty životního prostředí a hodnoty osobní obluby. Vysoká formalizovaná úroveň ji řadí do kategorie modelů kvantitativního (tvrdého) typu, jež umožňuje číselné vyjádření hodnoty vícerozměrného vektoru pro každou posuzovanou variantu. Využívá adaptabilní katalog kritérií nejvyššího typu, tzn. jednak vyhodnocovacích křivek ve smyslu jednorozměrných dílčích funkcí užitku (kvalitativních multiplikátorů), jednak relativní důležitosti kritérií, tj. váhy parametrů (kvantitativních multiplikátorů). Algoritmus metody odstraňuje problém nesouměřitelnosti

měřitek včetně různých jednotek posuzovaných parametrů a minimalizuje subjektivní přístup experta.

Nechť je V_i varianta řešení pro $i = 1, 2, \dots, m$, kde je

- m celkový počet předem vypracovaných a odlišných variant,
- P_y podstatný parametr kvality životního prostředí, který lze použít jako kritérium pro kvalitativní posouzení vlivu na složku životního prostředí nebo společnost, když $y = 1, 2, \dots, z$, kde z je celkový počet vybraných kritérií,
- $P_j^{(y)}$ ukazatel kritéria jako hodnota zjištěného (posouzeného, odhadnutého, vypočítaného) parametru pro $j = 1, 2, \dots, n(y)$, kde n je celkový počet ukazatelů, jako j -tý dílčí důsledek V_i , nebo pro zjednodušení zkráceně P_j ,
- \bar{P} vektor parametrů, pro který je $\bar{P} = [\bar{P}_1 \dots \bar{P}_z]$,
- P celkový důsledek V_i , pro který je $P = [P_1 \dots P_n]$,
- w_j váhový či kvantitativní multiplikátor, tj. relativní důležitost vyšetřovaného $P_j^{(y)}$ v rámci celého souboru $j = 1, 2, \dots, n(y)$,
- U_j dílčí funkce užitku jako kvalitativní multiplikátor mající charakter transformační funkce $f_j[P_j^{(y)}]$, nabývající hodnoty v intervalu $0 \leq U_j \leq 1$,
- U celková funkce užitku.

Současně se předpokládá, že pro daný územní region r a množinu indexů j lze stanovit všechny hodnoty $P_j^{(y)}$, a U_j , pro které platí vztah

$$U_j = f_j[P_j^{(y)}], \quad (2.12)$$

který vyjadřuje matematickou formu dílčí funkce užitku a tvar vyhodnocovací křivky (rating curve). Hodnota celkové funkce užitku (mnoharozměrného vektoru) U je závislá na celkovém důsledku P a pro její konstrukci (výpočet) slouží jednotlivé dílčí funkce užitku U_j . Předpokládá se platnost podmínek preferenční a užitkové nezávislosti ukazatelů kritérií $P_j^{(y)}$.

Dále je nezbytný předpoklad, že pro celý soubor V_i je

$$w_j = \text{konstanta}. \quad (2.13)$$

Souhrnná kvalita životního prostředí v daném regionu r je dána hodnotou totálního ukazatele kvality prostředí $TUKP_r = U$ podle vztahu

$$U = \sum_{j=1}^n U_j w_j. \quad (2.14)$$

Uvedený tvar funkce U lze použít v případě, že pro množinu w_j důsledně platí

$$0 \leq w_j < 1 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (2.15)$$

a současně

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1. \quad (2.16)$$

Rovnice (4.14) je aditivní tvar výrazu U ; v případě, že podmínka podle rovnice (2.16) není splněna, musí být použit složitější tvar multiplikativní. Z praktických důvodů nepřipouštíme případy pro $w_j = 0$ (riziko vynulování relevantního parametru pro rozhodovací proces).

Z koncepce metody TUKP vyplývá potřeba vyjádřit hodnoty multiplikátorů U_j a w_j pro celý soubor posuzovaných variant V_i . Za klíčový teoretický problém je pokládán výběr a určování hodnot kvalitativních multiplikátorů U_j (vyhodnocovací křivky), kde jsou používány tři různé pracovní postupy (viz kapitola 2.4.5). Pro stanovení hodnot kvantitativních multiplikátorů w_j , tj. relativní důležitosti parametrů (váhy), je dáována přednost týmové metodě párového porovnání podle FULLERA (minimalizace vlivu subjektivního činitele), viz kap. 2.4.4.

V případech, že maticová tabulka vstupních údajů pro P_j není úplná, popř. nejsou k dispozici číselné hodnoty, musí analýze předcházet konečná úprava hodnocených charakteristik za aktivní účasti (souhlasu) zadavatele a dalších účastníků procesu. Expertní systém nabízí v souladu s přílohou číslo 3, resp. 4 k zákonu č. 100/2001 Sb., v platném znění, základní katalog kritérií a ukazatelů pro posouzení impaktu, který zahrnuje dvě kategorie potenciálního impaktu, tj. jednak na biofyzikální (přírodní) prostředí (složky živé a neživé přírody), jednak na společenské (sociální) prostředí (člověka a společnost), viz kap. 2.4.7.

Obdobným způsobem expertní systém nabízí orientační katalog kritérií pro posouzení technického, ekonomického a strategického řešení vlastního záměru (projektu stavby, technologického zařízení), viz tab. 2.9. Jestliže v souboru ukazatelů kritérií není použit žádný z této skupiny, potom se hodnocení omezuje pouze na ukazatele základního katalogu (kap. 2.4.7) a výsledná hodnota vektoru U odpovídá nulové variantě bez projektu ve smyslu referenční úrovně.

Tab. 2.9 Katalog kritérií pro posouzení technického, ekonomického a strategického řešení záměru

| Preference varianty z hlediska | |
|--------------------------------|---|
| a) | splnění účelů (požadavku na dosažení sledovaného cíle), |
| b) | spolehlivosti a bezpečnosti provozu (včetně míry rizika vzniku havárie, technických možností prevence a kompenzace vlivů), |
| c) | energetické a materiálové náročnosti, |
| d) | úrovně technického řešení a rozvojové adaptability (viz riziko spojené s vývojem okolí), |
| e) | maximálního zisku (viz metoda nákladů a užiteků - CBA - cost benefit analysis), popř. měrných nákladů u nevýrobních investic, |
| f) | minimálních provozních nákladů, |
| g) | pravděpodobnosti realizace (důsledky neurčitosti a neúplných informací, multiplikátor dílčích důvodů rizika zpoždění), |
| h) | míry úspěšnosti estetického začlenění do území a krajiny (viz princip estetického teorému), |
| i) | územně - technických cílů (situování stavby ve vztahu k územně plánovací dokumentaci) včetně možného střetu zájmů s institucí ochranných pásem všeho druhu, |
| j) | vyšších strategických cílů (politických, vojenských, mezinárodních dohod a uzancí). |

Poznámka: Pořadí uvedených hledisek není hierarchizováno.

Závěrečný krok syntézy tvoří výsledná hierarchizace posuzované množiny variant V_i podle zásady, že čím vyšší je číselná hodnota vektoru U_i , tím vyšší je celospolečenská preference reálné varianty. Skórování všech variant umožňuje sestavení jejich vzájemného pořadí pro objektivní rozhodovací proces.

Zřejmou výhodou graficko-analytické metody TUKP je její expeditivnost při současném respektování objektivních ukazatelů kvality (normativů) životního prostředí, kde hodnocení u transformačních funkcí (vyhodnocovacích křivek) může být standardizováno na podkladě technických norem, předpisů a uzancí. Z tohoto důvodu jsou různí zpracovatelé stejného problému nuceni postupovat podle pevné osnovy a zásad. Výsledek řešení je pak méně ovlivněn (deformován) vlastními subjektivními pocity jednotlivce - experta.

2.4.7 Základní katalog kritérií a ukazatelů pro posouzení impaktu

Kritérium - složka životního prostředí

Hledisko potenciálního impaktu - definovaný parametr kritéria

KATEGORIE IMPAKTU NA BIOFYZIKÁLNÍ (PŘÍRODNÍ) PROSTŘEDÍ

Půda - litosféra

- j = 1 Zábor lesního půdního fondu, ha
- j = 2 Zábor zemědělského půdního fondu, ha
- j = 3 Změna půdních podmínek - zrychlená eroze, kontaminace škodlivinami apod., RJ

Voda - hydrosféra

- j = 4 Změna ukazatele BSM - vodního potenciálu krajiny, RJ
- j = 5 Změna ukazatele BSJ (BSK₅, CHSK, RL, NO₃, NH₄), RJ
- j = 6 Změna teploty a zákalu vody, RJ
- j = 7 Eutrofizace, RJ
- j = 8 Vliv na vodní fenomén - riziko změny režimu proudění v korytě, riziko změny vodního režimu v území vody povrchové i podzemní apod., RJ

Ovzduší - atmosféra

- j = 9 Znečištění inertním prachem, mg.m⁻³
- j = 10 Znečištění oxidem siřičitým SO₂, mg.m⁻³
- j = 11 Znečištění oxidy dusíku NO_x, mg.m⁻³
- j = 12 Zátěž odporným zápachem, RJ
- j = 13 Změna mikroklimatu, RJ

Hluk a vibrace

- j = 14 Zátěž hlukem a vibracemi, RJ

Záření

- j = 15 Zátěž elektromagnetickým nebo ionizačním zářením, RJ

Biosféra

- j = 16 Odezva a dopad na flóru, RJ
- j = 17 Odezva a dopad na faunu, RJ
- j = 18 Odezva a dopad na organizmy ve vodním prostředí (sladkovodní ekosystém), RJ
- j = 19 Hledisko trvale udržitelného rozvoje - ekologické znehodnocení území, riziko rozvratu ekosystému (ukazatel antropogenní ekologické nestability), RJ

KATEGORIE IMPAKTU NA SPOLEČENSKÉ (SOCIÁLNÍ) PROSTŘEDÍ

Osídlení

j = 20 Změna populace v regionu - vynucené přesídlení v oboustranném směru, počet osob

Pracovní příležitosti

j = 21 Změna počtu pracovních příležitostí v regionu, počet pracovních míst

Zdraví

j = 22 Změna zdravotních a hygienických podmínek a vznik potenciálních rizik (např. viz nemoci šířené vodou), RJ

j = 23 Vyvolání psychické či stresové zátěže, RJ

Volný čas

j = 24 Změna územních (přírodních) předpokladů pro rekreaci a turistiku, RJ

Doprava

j = 25 Změna v časové nebo prostorové územní dostupnosti (přístupnosti) regionu (týká se všech druhů dopravy), RJ

Kulturní aktiva

j = 26 Vliv na historické a kulturní artefakty (riziko přímé destrukce), RJ

j = 27 Vliv na přírodní výtvořy a chráněné části přírody (riziko přímé i nepřímé destrukce v důsledku např. usnadněné přístupnosti pro hromadnou návštěvnost, uplatnění zájmů ochrany přírody nadnárodního významu - viz seznamy biosférických rezervací UNESCO apod.), RJ

Poznámka: RJ ... relativní jednotky pro individuální verbálně numerickou stupnici příslušného parametru

BSM ... bilanční stav množství vody

BSJ ... bilanční stav jakosti vody

Pramen: EcoImpAct FORMULA: Manuál a uživatelská příručka pro posuzování vlivu staveb a činností na životní prostředí - úplný expertní systém. Praha 1992.

Seznam použité literatury:

- [1] LAPČÍK, Vladimír. *Oceňování antropogenních vlivů na životní prostředí*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 1996. 128 s. 80-7078-316-8.
- [2] PROVAZNÍK, K.; CIKRT, M.; KOMÁREK, L. *Manuál prevence v lékařské praxi VIII: základy hodnocení zdravotních rizik*. 1. vyd. Praha : Státní zdravotní ústav Praha, 2000. 430 s. 80-7071-161-2.
- [3] LAPČÍK, Vladimír. Posuzování vlivů povrchové důlní činnosti na životní prostředí. *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - TU Ostrava (recenzovaný vědecký časopis), monografie 15 (Netradiční metody využití ložisek), rok 2005, ročník LI, řada hornicko-geologická, s. 415 - 418. ISBN 80-0920-6, ISSN 0474-8476.*
- [4] LAPČÍK, Vladimír. Posuzování vlivů staveb v oblasti odpadového hospodářství na životní prostředí. *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - TU Ostrava (recenzovaný vědecký časopis), číslo 2, rok 2004, ročník L, řada hornicko-geologická, s. 99 - 107. ISBN 80-248-0086-1, ISSN 0474-8476.*
- [5] LAPČÍK, Vladimír. Autovrakoviště v procesu posuzování vlivů na životní prostředí. *EIA - Posuzování vlivů na životní prostředí, IPPC, SEA (časopis), č. 1/2004, roč. IX, s. 8 - 12. ISSN 1211-7296.*
- [6] LAPČÍK, Vladimír. Oznámení ve smyslu přílohy č. 3 k zákonu č. 100/2001 Sb., v platném znění, na záměr „Úpravna zeminy Ostrava“. *Ostrava, prosinec 2005. 57 s., 17 příloh, fotodokumentace (6).*
- [7] LAPČÍK, Vladimír. Možnosti snižování negativních vlivů silniční dopravy na životní prostředí. *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - TU Ostrava (recenzovaný vědecký časopis), číslo 1, rok 2000, ročník XLVI, řada hornicko-geologická, s. 45 - 56. ISBN 80-7078-777-5, ISSN-0474-8476.*
- [8] LAPČÍK, Vladimír. Alternativní pohony v silniční dopravě. In: *Životní prostředí hutnictví železa a hutní druhovýroby v roce 2003 (sborník přednášek, Hotel Javor, Řeka u Třince, 29.-30.5.2003). Meetings and Courses, květen 2003, s. 20 - 27. ISBN 80-248-0268-6.*
- [9] SKŘIVÁNEK, J.: Ústní sdělení. *Ministerstvo dopravy a spojů České republiky, Praha, 1999.*
- [10] BISKUP, P. Mercedes-Benz V6 a tři ventily. *Automobil Revue, 1997, roč. 41, č. 4, s. 28.*
- [11] SCHLEITH, A. Weichenstellung. *Auto Zeitung, 1998, č. 2, s. 26-30.*
- [12] Nejčistší diesel. *Auto TIP, 2006, č. 2, s. 41.*
- [13] FRIEDRICH, A. Gehört die Zukunft dem Diesel? *Auto Bild, 1998, 43, s. 32.*
- [14] JOZÍF, M. Pátý věk vznětových motorů. *Automobil Revue, 1999, 6, s. 33.*
- [15] OLIVÍK, P. Filtry pevných částic (1). *Automobil Revue, 2004, 1, s. 50 - 51.*
- [16] OLIVÍK, P. Filtry pevných částic (2). *Automobil Revue, 2004, 2, s. 50 - 51.*
- [17] OLIVÍK, P. Toyota D-Cat. *Automobil Revue, 2004, 2, s. 59.*
- [18] Superkatalyzátor. Ještě krůček k dokonalosti. *Auto TIP, 2006, 14, s. 42.*
- [19] Vstříkovací systémy vznětových motorů. *Auto TIP, 2004, 4, s. 34 - 35.*

- [20] LAPČÍK, Vladimír: Možnosti využití alternativních pohonů v silniční dopravě. In: *Doprava a technologie k udržitelnému rozvoji (6. mezinárodní konference, hotel Thermal, Karlovy Vary, 4.-6.6.2003). Společnost pro trvale udržitelný rozvoj, pobočka Karlovy Vary, červen 2003, s. 77 - 82.*
- [21] LEPŠÍK, V. Alternativní paliva a pohony v ČR v roce 1998. *AutoProfi, 1998, 12, s. 15.*
- [22] BISKUP, P. Etanolová alternativa. *Automobil Revue, 2006, 6, s. 52 - 53.*
- [23] LEPŠÍK, V.auta na LPG se stále více prosazují i u nás. *AutoProfi, 1998, 12, s. 18-19.*
- [24] Duales System. *Auto Zeitung, 1997, 4, s. 42-43.*
- [25] GREGORA, O. Na zemní plyn. *Automobil Revue, 1996, 4, s. 32-33.*
- [26] HYAN, T. S vodíkem na silnici. *Automobil Revue, 2003, 3, s. 10-11.*
- [27] OLIVÍK, P. První komercializace. *Automobil Revue, 2002, 11, s. 43.*
- [28] Vodík na postupu. *Auto TIP, 2003, 9, s. 8.*
- [29] JOZÍF, M. Toyota Prius : zelená jízda. *Automobil Revue, 1998, 8, s. 6-7.*
- [30] HYAN, T. Umění nemožného. *Automobil Revue, 2004, 2, s. 14 - 15.*
- [31] Pojízdna laboratoř. *Auto TIP, 2003, 10, s. 5.*
- [32] BISKUP, P. První hybrid 4x4. *Automobil Revue, 2005, 10, s. 18 - 20.*
- [33] LEPŠÍK, V. Vodíkový autobus : nejčistší řešení. *AutoProfi, 1998, 12, s. 24-25.*
- [34] VORÁČEK, Vladimír a kol. *Rukověť EIA*. Praha : AD VITAM, 1993.
- [35] ŘÍHA, Josef. Multikriteriální posuzování investičních záměrů. 1. vyd. Praha : SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1987. 333 s.
- [36] ŘÍHA, J. Ekologická expertiza staveb : metody pro vyhodnocování variant. Praha : Ecoimpact, 1993. 33 s.