



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

POSUZOVÁNÍ VLIVU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ PŘI KONSTRUKCI VÝROBNÍCH STROJŮ Z POHLEDU EMISE VYBRANÝCH SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ

ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT IN THE DESIGN OF PRODUCTION MACHINES IN
TERMS OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS OF SELECTED

DIZERTAČNÍ PRÁCE

DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. Maria Krbalová

ŠKOLITEL

SUPERVISOR

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.

BRNO 2016

Abstrakt

Předložená dizertační práce je zaměřena na hodnocení vlivu výroby strojírenských materiálů, používaných v konstrukci výrobních strojů, na životní prostředí. Ekologický profil stroje jako takového se zakládá již ve fázi vypracování jeho konstrukčního návrhu. Jedná se nejenom o volbu parametrů budoucího stroje a materiálů, ze kterých bude vyroben, ale také o technologie použité při jeho výrobě a podmínky provozu hotového stroje (spotřeba energie a provozních kapalin). Práce se detailně zabývá analýzou vlivu konstrukce výrobního stroje na životní prostředí a to z pohledu výroby materiálů, jež uvedený stroj tvoří. Výstupem z provedené analýzy je metodika hodnocení konstrukce stroje z pohledu emisí skleníkových plynů. Vytvořena metodika umožňuje posouzení ekologického profilu výrobního stroje a jeho případnou úpravu ještě během předvýrobní etapy.

V první části práce je uvedena analýza současného stavu legislativy v oblasti boje proti klimatickým změnám, snížení energetické náročnosti výrobků a zvýšení energetické účinnosti výrobních strojů. V této části práce je uveden popis metod, které byly použity k dosažení jednotlivých cílů dizertační práce. Dále je zde uvedena analýza výrobního stroje jako systému konstrukčních uzlů, plnicích určité funkce, a popis použitých základních strojírenských materiálů.

Druhá část práce se věnuje analýze ekologických dopadů konstrukčního procesu výrobního stroje. Je zde popsán samotný postup konstruování a vliv konstrukce stroje na životní prostředí. Dále následuje popis životního cyklu výrobního stroje a podrobná analýza emisí nežádoucích látek emitovaných během předvýrobních fází životního cyklu stroje (tj. v průběhu těžby surovin a výroby materiálů). Z této analýzy byly odvozeny jednotlivé složky předvýrobních fází, které jsou zdroji emisí nežádoucích látek (např. emisí skleníkových plynů). Práce rovněž obsahuje analýzu životního cyklu těchto složek předvýrobních fází a popis výroby elektrické energie, jako nejzákladnější složky jakékoliv fáze životního cyklu výrobku. Jsou zde uvedeny výpočty množství jednotlivých druhů paliv, které je potřeba pro výrobu 1 MWh elektrické energie, a množství oxidu uhličitého vyprodukovaného během výroby elektrické energie.

Třetí část práce obsahuje vytvořené modely výrobních procesů základních strojírenských materiálů a výpočty s nimi spojených emisí vybraných skleníkových plynů. Praktickým výstupem této části práce je metodika umožňující posouzení dopadů na životní prostředí konstrukce stroje z pohledu strojírenských materiálů použitých v jeho konstrukci.

Klíčová slova

Emise, skleníkové plyny, životní cyklus stroje, Life Cycle Assessment (LCA)

Abstract

The presented doctoral thesis is focused on environmental impact assessment of basic engineering materials used in a production machine construction. Ecological profile of the machine itself develops already in the phase of its design. It is not only about the choice of future machine parameters and materials that it is built from, but also about technologies used for its manufacture and operation conditions of the finished machine (consumption of energy and service fluids). The thesis occupies in detail with environmental impact analysis of the production machine design from the viewpoint of material production that mentioned machine consists of. The output from the performed analysis is methodology for evaluating of machine design from the viewpoint of greenhouse gas emissions. Created methodology enables evaluating of machine ecological profile and its possible adjustments even during pre-production stage.

In the first part of the thesis the analysis of current legislation in the field of fighting against climate changes, reducing of products energy consumption and increasing of production machines energy efficiency is presented. Also in this part of the thesis description of methods that were used to achieve thesis goals is stated. Furthermore analysis of production machine as a system of structural components that fulfil the certain functions and description of used basic engineering materials are presented.

The second part of the thesis is devoted to environmental impact analysis of the production machine design process. There the design process and environmental impact of machine design are described. This is followed by description of production machine life cycle and detailed analysis of undesirable substances emissions emitted during pre-production phases of machine life cycle (i.e. during the raw materials extraction and materials production). From this analysis the particular constituents' pre-production phases which are sources of undesirable substances emissions (e.g. greenhouse gas emissions) were derived. The thesis also includes analysis of these constituents' life cycles and description of electric power generation as a basic constituent of any phase of product life cycle. In this part of the thesis calculations of particular fuel type's amounts that is required to produce 1 MWh of electric power and carbon dioxide amount produced during electric power generation are presented.

The third part of the thesis contains created models of manufacturing processes of basic engineering materials and calculations of related emissions of selected greenhouse gases. The practical output from this part of the thesis is methodology that enables environmental impact assessment of machine design from the viewpoint of engineering materials used in its construction.

Key words

Emission, greenhouse gases, machine tool life cycle, Life Cycle Assessment (LCA)

Bibliografická citace

KRBALOVÁ, Maria. *Posuzování vlivu na životní prostředí při konstrukci výrobních strojů z pohledu emise vybraných skleníkových plynů*. Brno, 2016. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracovala jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Petra Blechy, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne.....

.....

Ing. Maria Krbalová

Poděkování

Děkuji školiteli doc. Ing. Petru Blechovi, Ph.D. za příkladné vedení, cenné rady a připomínky, za vstřícnost a pomoc při získání potřebných informací a podkladů, které přispěly k napsání této práce. Dále bych také chtěla poděkovat za podporu svým blízkým a rodině.

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	11
2.1	KLIMATICKÉ ZMĚNY.....	11
2.1.1	Vídeňská úmluva na ochranu ozonové vrstvy	11
2.1.2	Montrealský protokol o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu	11
2.1.3	Rámcová úmluva OSN o změnách klimatu	11
2.1.4	Kjótský protokol	12
2.1.5	Environmentální pilíř lisabonské strategie.....	12
2.1.6	Cancúnská dohoda	13
2.1.7	Nová globální dohoda o změně klimatu v roce 2015.....	13
2.2	SNÍŽENÍ SPOTŘEBY ENERGIE.....	14
2.2.1	Zelená kniha o energetické účinnosti.....	14
2.2.2	Akční plán pro energetickou účinnost: Využití možností.....	14
2.2.3	Směrnice o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie (2009/125/ES).....	15
2.2.4	Evropa 2020: Strategie pro inteligentní a udržitelný růst podporující začlenění... 15	
2.2.5	Plán přechodu na konkurenceschopné nízkouhlíkové hospodářství do roku 2050 16	
2.2.6	Energetický plán do roku 2050	16
2.2.7	Plán energetické účinnosti 2011	18
2.2.8	Směrnice ČSN EN ISO 14006 „Systemy environmentálního managementu – směrnice pro začlenění ekodesignu“	18
2.2.9	Směrnice o energetické účinnosti (2012/27/ES).....	19
2.2.10	Rámec politiky do roku 2030 v oblasti klimatu a energetiky	19
2.3	ZVYŠENÍ ENERGETICKÉ ÚČINNOSTI VÝROBNÍCH STROJŮ	19
2.3.1	Iniciativa Blue Competence	19
2.3.2	ISO 14955 „Environmental evaluation of machine tools“.....	20
2.4	SHRNUTÍ STAVU VĚDY A TECHNIKY.....	21
3	CÍLE DIZERTAČNÍ PRÁCE	23
4	ZVOLENÉ METODY ŘEŠENÍ DISERTAČNÍ PRÁCE.....	24
4.1	LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA).....	24
4.1.1	Vývoj metody LCA.....	24
4.1.2	Organizace spojené s LCA.....	25
4.1.3	Fáze LCA podle ISO 14040.....	25
4.1.4	Kategorie dopadů na životní prostředí [38]	32
4.1.5	Skleníkové plyny a jejich základní popis.....	33
4.1.6	Použití studie LCA [37]	36
4.1.7	Předchozí známé aplikace metody LCA.....	37
4.1.8	Zdroje dostupných dat pro LCA	38
4.2	ENVIRONMENTÁLNÍ PROHLÁŠENÍ O PRODUKTU (EPD).....	39
4.2.1	Definice a popis ENVIRONMENTÁLNÍ PROHLÁŠENÍ III. TYPU	40
4.2.2	Cíle a principy EPD	41
4.2.3	Vypracování EPD	41
4.2.4	Organizace provozující EPD.....	44

4.2.5	Výhody a nevýhody EPD.....	44
4.2.6	Zkušenosti s EPD.....	45
4.2.7	Rozdíl mezi LCA a EPD.....	46
4.3	SYSTEMOVÝ PŘÍSTUP.....	47
4.3.1	Teorie systémů.....	47
4.3.2	Systémová analýza a syntéza.....	47
4.3.3	Systémový přístup.....	48
5	VÝROBNÍ STROJ JAKO SYSTÉM.....	51
5.1	ZÁKLADNÍ KONSTRUKČNÍ UZLY VÝROBNÍHO STROJE.....	51
5.2	ZÁKLADNÍ STROJÍRENSKÉ MATERIÁLY.....	54
5.2.1	Ocel.....	54
5.2.2	Litina.....	55
5.2.3	Měď a slitiny mědi.....	56
5.2.4	Hliník a slitiny hliníku.....	56
5.2.5	Plasty.....	57
5.2.6	Pryž.....	58
5.2.7	Lepidla.....	59
5.2.8	Laky, barvy.....	59
5.2.9	Mazací prostředky.....	59
6	ANALÝZA ŽIVOTNÍHO CYKLU VÝROBNÍHO STROJE.....	60
6.1	ŽIVOTNÍ CYKLUS VÝROBNÍHO STROJE.....	60
6.2	VLIV KONSTRUKČNÍHO PROCESU NA EKOLOGICKÝ DOPAD VÝROBNÍHO STROJE.....	61
6.3	EMISE VZNIKLÉ BĚHEM PŘEDVÝROBNÍCH FÁZÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU.....	64
6.4	ANA LÝZA ŽIVOTNÍHO CYKLU DÍLČÍCH SLOŽEK PŘEDVÝROBNÍCH FÁZÍ...	67
7	ANALÝZA VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	72
7.1	ZDROJE ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	72
7.2	VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ VYBRANÝCH ZÁŘIZENÍ NA VÝROBU ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	72
7.3	SKLADBY ENERGETICKÝCH ZDROJŮ VYBRANÝCH ZEMÍ.....	73
7.4	VÝPOČET MNOŽSTVÍ PALIVA POTŘEBNÉHO PRO VÝROBU 1 MWH ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	73
7.5	VÝPOČET EMISÍ OXIDU UHLIČITÉHO VYPRODUKOVANÝCH NA 1 MWH ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	74
8	HODNOCENÍ VLIVU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	77
8.1	METODICKÝ POSTUP STANOVENÍ EMISÍ SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ.....	77
8.2	KONSTRUKČNÍ MATERIÁLY VE STAVBĚ STROJŮ.....	82
8.2.1	Ocel.....	83
8.2.2	Litina.....	85
8.2.3	Měď a slitiny mědi.....	86
8.2.4	Hliník a slitiny hliníku.....	90

8.2.5	Aceton	94
8.2.6	Butadien-akrylonitrilový kaučuk	94
8.2.7	Pryž	96
8.2.8	Nylon.....	96
8.2.9	Polyethylen.....	97
8.2.10	Polypropylen	97
8.2.11	Polyvinylchlorid.....	98
8.2.12	Syntetické mazivo	99
8.2.13	Silikonový tmel	101
8.2.14	Epoxidové lepidlo	102
8.2.15	Laky na bázi epoxidové pryskyřice	104
8.2.16	Laky na bázi polyuretanu	106
8.2.17	Tužidlo na bázi epoxidové pryskyřice	108
8.2.18	Tužidlo na bázi polyuretanu.....	110
8.3	VÝSLEDNÉ EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ	112
9	ZÁVĚR.....	119
10	POUŽITÁ LITERATURA.....	121
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRÁTEK	132
12	SEZNAM OBRÁZKŮ	134
13	SEZNAM TABULEK.....	136
14	SEZNAM PŘÍLOH	137
15	SEZNAM VLASTNÍCH PUBLIKACÍ	138
	PŘÍLOHA A ZÁKLADNÍ POPIS ZDROJŮ ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	139
	PŘÍLOHA B ZÁKLADNÍ POPIS ELEKTRÁREN, JEJÍCH FUNGOVÁNÍ A VLIVU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	143
	PŘÍLOHA C SKLADBY ENERGETICKÝCH ZDROJŮ NĚKTERÝCH ZEMÍ.....	150
	PŘÍLOHA D VÝPOČET MNOŽSTVÍ PALIVA POTŘEBNÉHO PRO VÝROBU 1 MWh ELEKTRICKÉ ENERGIE	154
	PŘÍLOHA E VÝPOČET EMISÍ OXIDU UHLIČITÉHO VYPRODUKOVANÝCH NA 1 MWh ELEKTRICKÉ ENERGIE	156
	PŘÍLOHA F EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ VYPRODUKOVANÝCH VÝROBOU MATERIÁLŮ POUŽITÝCH V KONSTRUKCI STROJE.....	160

1 ÚVOD

V dnešní době probíhají stále intenzivnější diskuse odborné veřejnosti zaměřené na problematiku globálního oteplování a snižování následků klimatických změn. Aktivita věnovaná změně klimatu se konají pravidelně již od roku 1985, kdy byla pod záštitou OSN přijata Vídeňská úmluva. Jejím cílem byla ochrana lidského zdraví a životního prostředí před nepříznivými účinky ultrafialového záření (UV-B a UV-C), které na zemi proniká oslabenou vrstvou ozonu ve stratosféře (tzv. ozónovou dírou) [1]. První mezinárodní smlouvou k Rámcové úmluvě OSN o klimatických změnách, která obsahuje závazky smluvních stran na snížení emisí skleníkových plynů, je Kjótský protokol podepsány v roce 1997 vstoupil v platnost 16. února 2005 a průmyslové země se v něm zavázaly snížit emise skleníkových plynů o 5,2 % ve srovnání se stavem v roce 1990 [2]. Zlomový okamžik v boji proti klimatickým změnám nastal v prosinci 2015 v Paříži, kde byla na Klimatické konferenci schválena Nová globální dohoda v oblasti klimatu, kterou schválilo téměř 200 zemí z celého světa. Dohoda se vztahuje na všechny země UNFCCC (Rámcová úmluva Organizace spojených národů o změně klimatu) a zavazuje je k omezení emisí skleníkových plynů na takovou úroveň, která by udržovala nárůst globální teploty do konce století pod 2 °C, oproti střední dlouhodobě sledované teplotě. Ve druhé polovině našeho století pak bude usilováno o dosažení rovnováhy mezi skleníkovými plyny vypouštěnými do ovzduší a skleníkovými plyny odstraňovanými z atmosféry a ukládanými například do podzemí. Čistý nárůst skleníkových plynů v ovzduší by tak měl být v budoucnu nulový [3]. Při analýze požadavků stanovených jednotlivými dokumenty je možné sledovat tendenci ve zpřísnění požadavků na snížení emisí skleníkových plynů antropogenního původu. EU deklarovala závazek snížit emise skleníkových plynů do roku 2030 o 40 % oproti stavu v roce 1990 [4].

Od roku 2005 začala EU klást důraz rovněž na úspory energií jako na jeden z nejrychlejších a nejúčinnějších způsobů boje proti klimatickým změnám. Mezi první dokumenty zaměřené na téma úspor energie v EU a její ekologické výroby patří Zelená kniha o energetické účinnosti vydána v roce 2005 a navazující se na ní Akční plán pro energetickou účinnost z roku 2006. Další pokrok v oblasti boje proti klimatickým změnám je specifikován v dokumentech zaměřených na ekodesign výrobků. Jedná se o směrnice 2009/125/ES o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie a evropskou normu ČSN EN ISO 14006:2011 „Systémy environmentálního managementu - směrnice pro začlenění ekodesignu“, která specifikuje způsob možné integrace managementu ekodesignu do systému environmentálního managementu. Cílem je integrace environmentálních aspektů do návrhu a vývoje výrobků tak, aby se snížily nepříznivé environmentální dopady produktů v celém jejich životním cyklu. Tyto dokumenty stanovují požadavky, nenavrhují však způsob jejich splnění.

Vzhledem k výše uvedenému je možné očekávat dopad environmentální legislativy i na oblast výrobních strojů, ve které se nachází velký potenciál ke snížení spotřeby elektrické energie a emisí skleníkových plynů. V současné době existuje v oblasti výrobních a obráběcích strojů pouze dobrovolná iniciativa Blue Competence, která se zakládá na myšlence aplikace energeticky úsporných řešení v průmyslové výrobě, které jsou šetrné k životnímu prostředí se zřetelem na trvale udržitelný rozvoj.

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1 KLIMATICKÉ ZMĚNY

Mezinárodní zájem o zhoršování stavu životního prostředí povzbuzuje organizace k tomu, aby se víc věnovaly řízení environmentálních dopadů, které svou činností způsobí. Tento fakt vede k tomu, že stále víc organizací navrhuje a vyrábí produkty s ohledem na předpisy spojené s environmentálním dopadem produktů, které napomáhají dosažení environmentálních cílů organizací.

V následujících podkapitolách je popsán mezinárodní vývoj oblasti regulace klimatických změn a snížení emisí skleníkových plynů.

2.1.1 Vídeňská úmluva na ochranu ozonové vrstvy

Vídeňská úmluva byla přijata pod záštitou OSN v roce 1985. Důvodem pro její přijetí bylo předložení prvních důkazů o existování „ozonové díry“ nad Antarktidou. Jako hlavní cíl této úmluvy byl stanoven závazek chránit lidské zdraví a životní prostředí před nepříznivými účinky, které způsobila nebo mohla způsobit lidská činnost, která mění nebo by mohla změnit ozonovou vrstvu. Přijetím úmluvy tak byla stvrzena nutnost spolupráce v oblasti výzkumu a monitorování ozonové vrstvy a vyjmenován seznam látek degradujících ozonovou vrstvu. Žádné konkrétní závazky týkající se výroby a použití látek poškozujících ozonovou vrstvu nebyly avšak stanoveny [1][5].

2.1.2 Montrealský protokol o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu

Krátce po podepsání Vídeňské úmluvy byl v roce 1987 přijat tzv. Montrealský protokol, který vstoupil v platnost v roce 1989, a stanovil konkrétní závazky pro omezení výroby a použití téměř 100 regulovaných látek, které podle vědců ozonovou vrstvu poškozují, s konečným cílem jejich úplného vyloučení. Naplňoval tak cíl, stanovený Vídeňskou úmluvou. Jedná se o plně halogenované chlór-fluorované uhlovodíky (CFC), halony, tetrachlorid uhlíku, metylchloroform, hydrobromofluoruhlovodíky (HBFC), metylbromid brom-fluor-uhlovodíky a částečně halogenované chlór-fluorované uhlovodíky (HCFC). Do roku 1990 protokol podepsalo více než 60 zemí, především se jednalo o země rozvinuté, které se podílely na výrobě látek, poškozujících ozonovou vrstvu [6].

V roce 1990 vzhledem ke zhoršujícímu se stavu ozonové vrstvy byl přijat Londýnský dodatek rozšiřující seznam regulovaných látek. Počet plně halogenovaných chlorfluoruhlovodíků (CFC) byl zvýšen z 5 na 15 za předpokladu jejich úplného vyloučení do roku 2000, do skupiny částečně halogenovaných chlór-fluorovaných uhlovodíků (HCFC) bylo zařazeno dalších 32 látek.

V roce 1992 byl přijat Kodaňský dodatek, který zpřísnil podmínky výroby a použití regulovaných látek. Konkrétně nařídil do roku 2000 úplné vyřazení většiny z nich.

V současné době protokol ratifikovalo 191 zemí, co dělá tento protokol prvním mezinárodním dokumentem, který podepsaly téměř všechny země světa [7].

2.1.3 Rámcová úmluva OSN o změnách klimatu

Rámcová úmluva OSN o změnách klimatu neboli UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) je základní mezinárodní dohodou v oblasti klimatu. Dohoda byla podepsána v roce 1992 v Rio de Janiero a v současné době je ratifikována 196 zeměmi. Úmluva neukládá žádné povinné cíle ke snižování emisí skleníkových plynů, ale pouze upozorňuje na nutnost dosažení stabilizace koncentrací emisí skleníkových plynů v atmosféře na bezpečné. Při tom se stranám ukládá chránit klimatický systém ve prospěch lidstva; předběžně provádět opatření k prevenci příčin vedoucích ke klimatickým změnám; podporovat na udržitelný rozvoj a

spolupracovat na rozvíjení hospodářského systému, který by k němu vedl. Dále je potřeba brát v úvahu specifické potřeby a podmínky rozvojových zemí [6][7].

Smlouva UNFCCC vstoupila v platnost v roce 1994 a v roce 1997 během třetí konference stran Úmluvy byl v japonském městě Kjóto přijat první mezinárodní dokument v oblasti regulace klimatických změn – tzv. Kjótský protokol.

2.1.4 Kjótský protokol

Kjótský protokol je počátkem mezinárodní snahy o regulaci a snížení znečišťování životního prostředí. Je jedním z hlavních mezinárodních právních nástrojů boje proti změnám klimatu. Jeho podepsáním v roce 1997 se členské státy, kromě USA, zavázaly k dlouhodobému snižování produkce skleníkových plynů, majících za následek ohřívání spodních vrstev atmosféry a zemského povrchu. Snížení emisí požadované Kjótským protokolem se vztahuje na šest skleníkových plynů – oxid uhličitý (CO₂), metan (CH₄), oxid dusný (N₂O), částečně fluorované uhlovodíky (HFC), zcela fluorované uhlovodíky (PFC) a fluorid sírový (SF₆) – vyjádřených ve formě ekvivalentu CO₂ (tzv. uhlíkový ekvivalent) antropogenních emisí [2][8].

Protokol zavazuje státy Dodatku I (průmyslově rozvinuté země), aby do prvního kontrolního období (2008-2012) jednotlivě nebo společně snížili emise skleníkových plynů nejméně 5,2 % v porovnání se stavem v roce 1990 (ve skutečnosti u mnoha zemí je požadované snížení vyšší, jelikož v období od roku 1990 do přijetí opatření ke snižování emisí skleníkových plynů emise ve vyspělých zemích stoupaly).

V prosinci 2012 bylo schváleno pokračování Protokolu a jeho druhé kontrolní období (2013 – 2020). V jeho rámci byla působnost Protokolu rozšířena o nový skleníkový plyn - fluorid dusitý (NF₃). Součástí tohoto období byla také změna, dohodnutá v Dohá, podle které část zemí Přílohy I Úmluvy se zavázala do roku 2020 snížit emise skleníkových plynů v porovnání s rokem 1990 o nejméně 18 % a EU s 27 členskými státy o 20 %. Toto snížení odpovídá cíli, formulovanému v příslušných předpisech EU přijatých v rámci tzv. Klimaticko-energetického balíčku. Tento balíček byl schválen v roce 2008 a je tvořen čtveřicí základních legislativních předpisů: směrnicí 2009/29/ES, kterou se mění směrnice 2003/87/ES o obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů (EU ETS), rozhodnutím 406/2009/ES o rozdělení úsilí k dosažení redukčních cílů emisí skleníkových plynů, směrnicí 2009/31/ES o zachytávání a ukládání CO₂ do geologického podloží (CCS) a směrnicí 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů [9].

Je zde ale následující problém. Emise skleníkových plynů v rozvinutých státech sice klesají, ale ekonomický růst rozvojových států (Čína, Indie a jiné) vede k celosvětovému nárůstu emisí. Nikdy neratifikoval protokol i jeden z největších producentů znečištění – Spojené státy. Kanada od protokolu odstoupila před skončením jeho prvního kontrolního období, druhého kontrolního období se nezúčastní také Ruská federace, Japonsko a Nový Zéland. Vzhledem k této situaci je možné říct, že v současné době se Kjótský protokol vztahuje pouze na cca 14 % celosvětových emisí skleníkových plynů [10].

Další problém se spočívá v tom, že Kjótský protokol nepokrývá všechny skleníkové plyny. Například, chlorofluorouhlíky (CFC), které jsou regulované Montrealským protokolem, také patří mezi významné skleníkové plyny. Takže vyřazováním látek, poškozujících ozonovou vrstvu podle Montrealského protokolu, postupně došlo k mnohem většímu snížení emisí skleníkových plynů, než bylo stanoveno Kjótským protokolem do roku 2012 [10].

2.1.5 Environmentální pilíř lisabonské strategie

Lisabonská strategie byla přijata v roce 2000 v Lisabonu s cílem vytvořit z Evropské unie do roku 2020 "nejkonkurenceschopnější a nejdynamičtější znalostní ekonomikou, schopnou udržitelného hospodářského růstu s více a lepšími pracovními místy a s větší sociální soudržností".

Tento dokument představuje jakýsi scénář pro komplexní hospodářskou, sociální a ekologickou obnovu Evropské unie. Tato obnova by měla probíhat osmi směry: informační společnost pro všechny, vytvoření evropského výzkumného prostoru, odstranění překážek pro podnikání, ekonomická reformě spojená s dokončováním vnitřního trhu, vytvoření integrovaných finančních trhu, lepší koordinace makroekonomických politik, aktivní politika zaměstnanosti, modernizace evropského sociálního modelu. V roce 2001 byl přidán další směr vývoje společnosti a to udržitelný rozvoj a kvalita života, který rozšířil strategii o environmentální stránku. Konečná verze strategie se tak zakládala na třech pilířích: ekonomickém, sociálním a ekologickém (environmentálním). Poslední pilíř stanoví čtyři prioritní oblasti vývoje společnosti, jsou to boj proti klimatickým změnám, zajištění udržitelné dopravy, ochrana veřejného zdraví, zodpovědné nakládání s přírodními zdroji [12].

V roce 2005 původní strategie byla nahrazena revidovanou, která měla za hlavní účel dosažení vyššího a trvalého ekonomického růstu a vytváření početnějších a lepších pracovních míst.

V roce 2010 po vypršení platnosti byla Lisabonská strategie nahrazena strategií Evropa 2020, ve které byly zohledněny silné a slabé stránky Lisabonské strategie.

2.1.6 Cancúnská dohoda

V reakci na problémy spojené s realizací závazku Kjótského protokolu na začátku prosince 2010 byla smluvními stranami Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu odsouhlasena tzv. Cancúnská dohoda. Stanoví harmonogram dalších jednání pracovních orgánů Úmluv i Kjótského protokolu a vytyčuje postupy, které povedou k pokroku v dosažení stanovených cílů. Dohoda se zakládá na rozhodnutích, která byla přijatá během Kodaňské konference, a obsahuje také soubor rozhodnutí, z nichž hlavním je vytvoření nového „Zeleného klimatického fondu. Fond se skládá ze společných ročních příspěvků rozvinutých států ve výši cca 10 mld. USD v roce 2010 s postupným nárůstem na 100 mld. USD v roce 2020. Jeho účelem je pomoc rozvojovým zemím se adaptovat na klimatické změny a investovat do bezuhlíkových technologií. Mezi další rozhodnutí patří potvrzení možnosti uplatnění technologie zachytávání a ukládání CO₂, dohoda o zpomalení a následném zastavení odlesňování, potvrzení cíle nepřekročit nárůst globálního oteplování o více jak 2 °C, soupis emisních redukčních závazků, zvolené jednotlivými zeměmi v rámci Kodaňské dohody apod. Nepodařilo se avšak vyjednat konkrétní cíle [13].

2.1.7 Nová globální dohoda o změně klimatu v roce 2015

V Paříži v prosinci roku 2015 na 21. zasedání konference smluvních stran COP21 (21st Conference of the Parties) byla schválena nová globální dohoda v oblasti klimatu, která se vztahuje na všechny země UNFCCC. Dohoda zavazuje smluvní strany k omezení emisí skleníkových plynů na takovou úroveň, která by udržovala nárůst globální teploty pod 2 °C (do budoucna pod 1,5 °C) [1].

Kromě tohoto dlouhodobého cíle byly během konference stanoveny následující prvky [1]:

- smluvní země předložily podrobné národní plány v oblasti klimatu, zaměřené na snížení svých emisí,
- vlády smluvních zemí se dohodly, že každých 5 let se budou informovat o dosažení svých cílů za účelem stanovení cílů nových,
- smluvní země souhlasily si navzájem i pro veřejnost poskytovat zprávy o naplnění stanovených cílů,
- smluvní země souhlasily i nadále poskytovat finanční prostředky rozvojovým zemím, aby jim pomohly v naplnění jejich cílů.

Po ratifikaci by nová globální dohoda měla od roku 2020 nahradit Kjótský protokol.

2.2 SNÍŽENÍ SPOTŘEBY ENERGIE

Bezesporu hlavním příspěvkem k dlouhodobému úsilí EU v boji proti klimatickým změnám je úspora energie. Energetická účinnost je jedním z nejúčinnějších a nejrychlejších způsobů snížení emisí skleníkových plynů a jiných znečišťujících látek a zlepšení kvality ovzduší. Energetická účinnost může být v mnoha ohledech považována za největší zdroj energie Evropy.

V následujících podkapitolách jsou představeny dokumenty a aktivity, zaměřené na snížení spotřeby energie a zvýšení její účinnosti.

2.2.1 Zelená kniha o energetické účinnosti

Zelená kniha je dokument pravidelně publikovaný EU od roku 1985 a určený k soustředění co největšího množství návrhů na realizaci plánovaných akcí a jejich předložení k veřejné diskuzi ještě před tím, než budou zpracovány do podoby směrnice nebo zákona.

V našem případě se jedná o Zelenou knihu o energetické účinnosti aneb „Méně znamená více“. Tato kniha byla vydána 22. června 2005 v návaznosti na předešlé Zelené knihy a Lisabonskou strategii (program s cílem do roku 2010 vytvořit z EU „nejdynamičtější a nejkonkurenceschopnější ekonomiku světa založenou na znalostech, schopnou udržitelného hospodářského růstu, vytváření více kvalitních pracovních příležitostí a zachovávající sociální soudržnost“) a zaměřila se především na téma úspor energií.

Knihu se skládá ze dvou částí. Část A se nazývá „Identifikace překážek“ a obsahuje stávající situaci a dosažené výsledky v oblasti úspor, finanční a informační překážky v této oblasti. Část B „Evropská iniciativa“ popisuje konkrétní návrhy opatření, například začlenění energetiky do jiných politik, lepší využití zdanění, podpora osvědčených postupů a technologií, lepe cílená státní podpora atd. Jsou zde popsány i zvláštní opatření týkající se energetické náročnosti budov, snížení spotřeby paliva u automobilů a elektrických spotřebičů. Dále pak informování a ochrana spotřebitele, opatření na vnitrostátní úrovni, týkající se například výroby elektrické energie, průmyslu, dopravy, a opatření na regionální a místní úrovni. Poslední část Zelené knihy je věnována mezinárodní spolupráci [13][14].

2.2.2 Akční plán pro energetickou účinnost: Využití možností

Tento akční plán z roku 2007 do roku 2012 byl vypracován jako součást Akčního plánu Energetické politiky pro Evropu a reaguje a navazuje na Zelenou knihu o energetické účinnosti. Jeho cílem je využití existujících možností k racionálnějšímu nakládání s energií a zachování tak postavení Evropy jako jednoho z nejhospodárnějších regionů světa.

Plán nabízí soubor politik a opatření, využitím kterých by se mělo v EU do roku 2020 dosáhnout 20 % úspor v roční spotřebě primární energie. Uvedených úspor by mělo být dosaženo umožněním občanům EU využití energeticky nejúčinnějších infrastruktur, budov, spotřebičů, dopravních prostředků apod. Akční plán rovněž vyzývá občany EU k co nejracionalnějšímu využívání energie. Co se týče jednotlivých odvětví hospodářství, předpokládá se následující množství úspor: 27 % v oblasti obytných budov a 30 % v oblasti budov obchodních, 26 % v dopravě a 25 % ve výrobním odvětví. Uvedené úspory by měly mít za následek přínos v podobě zlepšení stavu životního prostředí, omezení dovozu fosilních paliv, rozšíření možností pro použití nových energeticky účinných technologií apod. [15].

Akční plán navrhuje následující opatření [15]:

- Požadavky dynamické energetické náročnosti produktů, budov a služeb.
- Zlepšení v oblasti přeměny energie.

- Pokrok v dopravě.
- Financování energetické účinnosti, ekonomické pobídky a tvorba cen energií.
- Změna chování ve vztahu k energii.
- Mezinárodní partnerství.

Pro jednotlivá opatření je tady pak popsán časový harmonogram, iniciátory a prováděcí orgány.

2.2.3 Směrnice o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie (2009/125/ES)

Podle organizace WWF (zpráva „Living Planet Report 2010“) při současném nárůstu spotřeby přírodních zdrojů, by v roce 2030 jejich teoretická spotřeba mohla dosáhnout hodnoty dvou planet Země. Průmyslová výroba hraje tady důležitou roli. Je totiž jak součástí tohoto problému, tak i nezbytným klíčem k jeho řešení. A to je důvodem k tomu, aby průmysl intenzivně pracoval na snížení závislosti na přírodních zdrojích a na tom, aby jeho výrobky byly navrženy, vyrobeny a provozovány s maximální energetickou účinností. Toto úsilí se odráží v evropských předpisech [16].

Jedná se především o směrnici 2009/125/ES o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie (Energy-related Product directive) o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie, která se zaměřuje také na výrobní stroje, definované Evropskou komisí jako jedna z prioritních skupin výrobků v rámci této směrnice. Tato směrnice je přepracovanou verzí směrnice 2005/32/ES o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign energetických spotřebičů (Energy-using Product directive) o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign energetických spotřebičů, rozšířenou o výrobky, které sice energii neužívají, ale ovlivňují její spotřebu. Směrnice ErP definuje pravidla a kritéria pro stanovení požadavků EU na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie s cílem zajistit jejich volný pohyb na vnitřním trhu. Dále pak upravuje určování požadavků, které musí tyto výrobky plnit, aby mohly být uvedeny na trh nebo do provozu. Také se zaměřuje na zvýšení energetické účinnosti a úroveň ochrany životního prostředí, čímž přispívá k trvale udržitelnému rozvoji [16].

Rámcově je tady představen i jiný možný regulační mechanismus tzv. „samoregulace“, která je alternativou k závazným regulačním opatřením a je aplikovatelná na oblast tvářecích a obráběcích strojů [17].

Tento mechanismus podporuje i CECIMO, která současně s přípravou implementačních opatření v rámci této směrnice připravila návrh samoregulační iniciativy (Self-regulatory Initiative - SRI) pro kovoobráběcí stroje. Účelem SRI je dosažení stanovených environmentálních cílů levnějším, efektivnějším a rychlejším způsobem, než pomocí závazných požadavků. Nemělo by ale při tomto postupu docházet k ohraničování výkonu ani funkce vyráběného stroje [18].

Samoregulace je dobrovolná a měla by zaujmout výrobce obráběcích strojů v dosažení environmentálních vlastností strojů na základě přirozené iniciativy a tlaku zákazníků. SRI je správně určena pro výrobce, mající společně podíl min. 75 % trhu. Nicméně plánuje se SRI vytvořit atraktivní i pro střední a malé podniky [19][20].

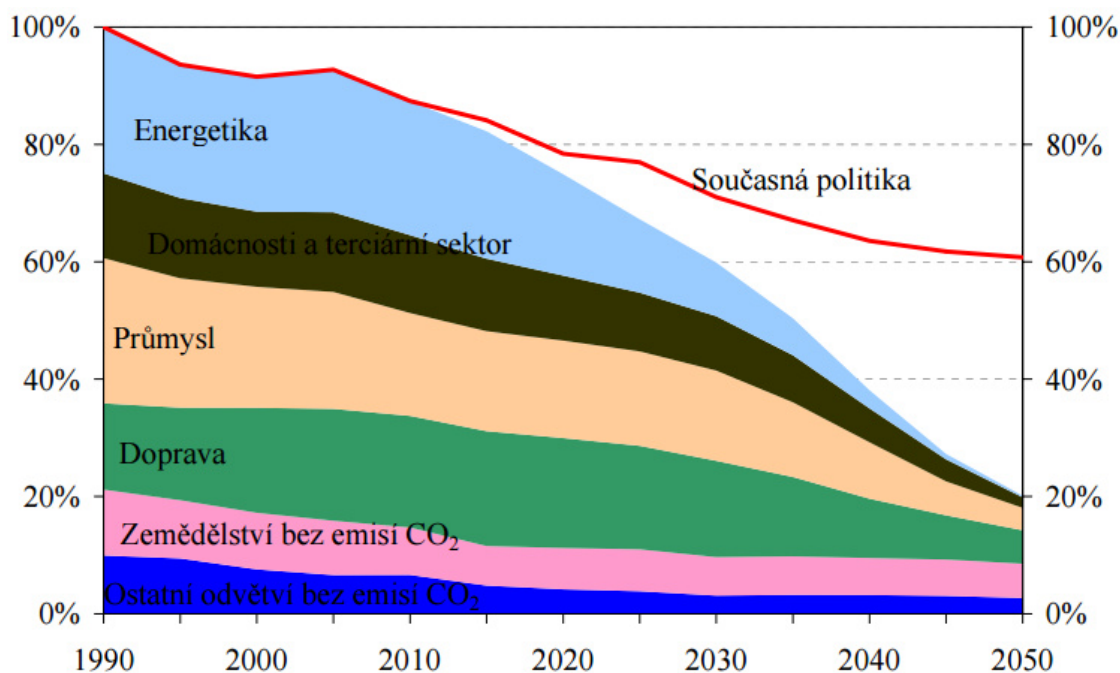
2.2.4 Evropa 2020: Strategie pro inteligentní a udržitelný růst podporující začlenění

Tato strategie byla zahájena v roce 2010 a stanoví vizi evropského sociálně tržního hospodářství pro 21. století. Jako prioritní směry vývoje byly stanoveny inteligentní růst (ekonomika založená na znalostech a inovacích), udržitelný růst (konkurenceschopnější a ekologičtější ekonomika méně náročná na zdroje) a růst podporující začlenění (ekonomika s vysokou zaměstnaností, vyznačující

se sociální a územní soudržností). Pro dosažení pokroku v každém z prioritních směrů vývoje Komise navrhuje do roku 2020 sedm iniciativ. Jádrem strategie EU Evropa 2020 je energetická účinnost, která je popsána v iniciativě „Evropa méně náročná na zdroje“. Tato iniciativa je zaměřena na oblast klimatu a energie a má za účel podporu šetrné využívání zdrojů, podporu přechodu na nízkouhlíkovou ekonomiku, větší využití obnovitelných zdrojů, modernizace dopravy a zvýšení energetické účinnosti. Tento cíl dostal název „20-20-20“ a odpovídá 20 % snížení emisí skleníkových plynů oproti úrovni roku 1990. Dále zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie v konečné spotřebě energie na 20 % a zvýšení energetické účinnosti o 20 % [21].

2.2.5 Plán přechodu na konkurenceschopné nízkouhlíkové hospodářství do roku 2050

V roce 2011 bylo přijato nezávazné usnesení požadující přechod Evropské unie k nízkouhlíkové ekonomice do roku 2050. Cílem tohoto plánu je snížení emisí skleníkových plynů do roku 2050 o 80 až 95 % v porovnání s úrovní roku 1990. Jelikož v nízkouhlíkovém hospodářství hlavní roli hraje elektrická energie, odhaduje se, že pro splnění stanoveného cíle podíl nízkouhlíkových technologií na skladbě energetických zdrojů by se měl zvýšit ze současných 45 % na 60 % v roce 2020, 75 – 80 % v roce 2030 a téměř 100 % v roce 2050. Z toho vyplývá, že v roce 2050 elektřina může být vyráběna zcela bez emisí CO₂. Předpokládané snížení emisí oxidu uhličitého v jednotlivých odvětvích je uvedeno na obrázku 1 [22].



Obr. 1 - Projekce 80 % snížení domácích emisí skleníkových plynů v EU (100 % = 1990) [22]

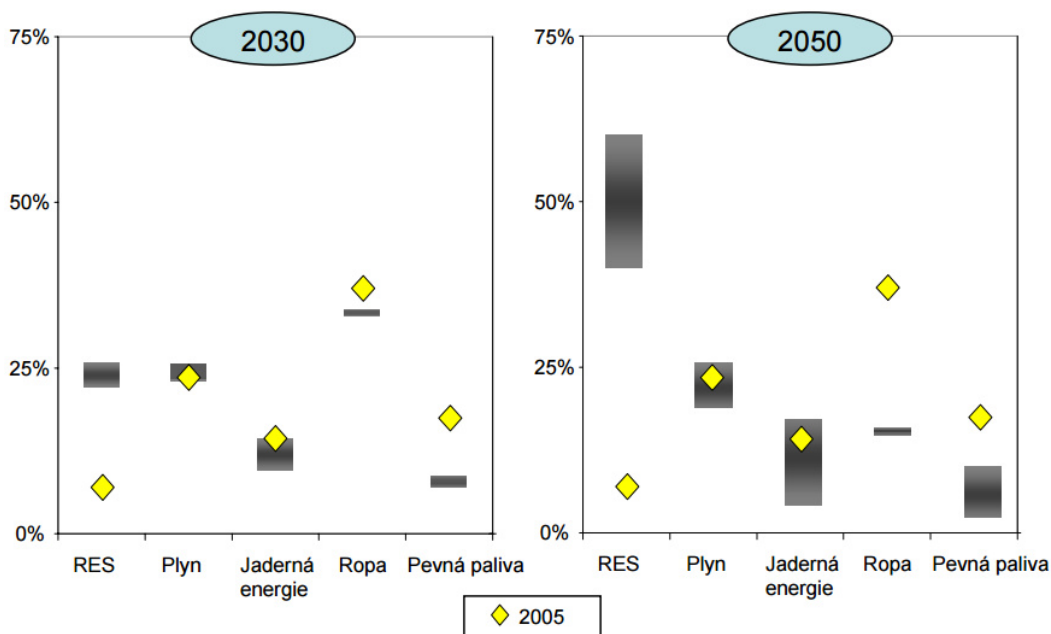
Docílit stanovených hodnot se předpokládá pomocí různých forem nízkouhlíkových zdrojů, pasivních budov, zachycování a ukládání CO₂, elektrifikace dopravy apod.

2.2.6 Energetický plán do roku 2050

Tento dokument je součástí plánu EU po splnění závazku snížit emise skleníkových plynů o 80 až 90 % do roku 2050 oproti roku 1990.

V plánu je provedeno zkoumání možností dekarbonizace, které jsou představeny pěti scénáři (viz obrázek 2). Je jimi vysoká energetická účinnost, dodávky na základě diverzifikace technologií, vysoce obnovitelné zdroje energie, opožděné zachycování a ukládání CO₂ a nízký podíl jaderné energie. Kombinací jednotlivých scénářů jsou pak vytvořeny závěry, které by mohli nápomoci při utváření dekarbonizačních strategií. Patří mezi ně proveditelnost dekarbonizace, větší úloha

elektřiny, zvýšené výdaje domácnosti, vyšší investiční výdaje a nižší náklady na pohonné hmoty. Zásadní význam mají energetické úspory, výrazné zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie, růst cen na elektrickou energii do roku 2030 a jejich následné klesání. Klíčovou roli pak hraje zachycování a ukládání uhlíku v transformačním systému, důležitým je podíl jaderné energie, větší spolupráce decentralizovaných a centralizovaných systémů [23].



Obr. 2 – Dekarbonizační scénáře EU – Rozsah podílu paliv na primární spotřebě energie v roce 2030 a v roce 2050 v porovnání s rokem 2005 (v %) [23]

Dále se v Plánu řeší problémy a příležitosti přechodu od roku 2020 k roku 2050. Tyká se to nejdříve transformace energetického systému. Tady se řeší zvýšení energetické účinnosti a to především budov, přechod na obnovitelné zdroje, nahrazení uhlí a ropy zemním plynem. Dále také podpora jaderné energetiky, zajištění její bezpečnosti, vývoj nových energetických technologií a posun k alternativním palivům. Dalším aspektem je přehodnocení trhu s energiemi, který potřebuje nové způsoby řízení elektrické energie, integraci místních zdrojů a centralizovaných systémů a mobilizaci investorů v oblasti energetiky. Mezi další aspekty patří zapojení veřejnosti do energetické politiky a budování mezinárodní spolupráce.

Podle tohoto Plánu je dekarbonizace proveditelná. Vyžaduje však transformaci energetického systému EU. Pro její dosažení musí EU splnit několik podmínek [23]:

- Úplné provedení strategie EU Energie 2020.
- Zmnohonásobení energetické účinnosti společnosti a samotného energetického systému.
- Rozvoj energie z obnovitelných zdrojů.
- Zvýšení investic do výzkumu, vývoje a technologických inovací pro urychlené uplatnění nízkouhlíkových technologií.
- Vyřešení regulačních a strukturálních nedostatků k dosažení plně integrovaného trhu.
- Zabezpečení vyrovnanosti mezi cenami a náklady na energii.
- Potřebnost vytvoření v EU pocitu naléhavosti k vytvoření nové energetické infrastruktury.
- Neustálé posilování rámce bezpečnosti a ochrany dodávek energie.

- Zabezpečení širšího a koordinovanějšího přístupu EU k mezinárodním energetickým vztahům.
- Vymezení konkrétních milníků pro období do roku 2030.

2.2.7 Plán energetické účinnosti 2011

Podle odhadů Komise v současné době vývoj Evropy naznačuje, že z plánovaných 20 % úspor spotřeby primární energie, Evropa je schopna do roku 2020 uspořit pouze polovinu. Plán energetické účinnosti z roku 2011 byl vypracován jako reakce na výzvu Evropské rady podpořit dosažení stanovených cílů ve snížení spotřeby energie a přechod na nízkouhlíkové hospodářství do roku 2050. Tento komplexní plán bude prováděn v souladu s dalšími opatřeními a politikami v této oblasti [24].

Jako prioritní oblasti pro energetické úspory byly stanovené oblasti veřejných a soukromých budov, průmyslu (výroba energie) a dopravy. Změny v oblasti veřejného sektoru se především zaměřují na energetickou účinnost v oblasti veřejných výdajů, obnovu veřejných budov, smlouvy o energetické účinnosti a provádění energetické účinnosti v praxi. V oblasti veřejných a soukromých budov se mluví o řešení využívání tepla v budovách, právních překážkách v oblasti zvyšování energetické účinnosti, odborné přípravě pracovníků v oblasti stavebnictví a společnostech poskytujících energetické služby. Oblast průmyslu řeší účinnou výrobu tepla a elektrické energie, energetickou účinnost elektroenergetických a plynárenských sítí a energetickou účinnost jako podnikatelské odvětví. Dále řeší zvyšování konkurenceschopnost evropského zpracovatelského průmyslu, výzkum a vývoj v oblasti nových energeticky účinných technologií. Oblast dopravy podrobně řeší Bílá kniha o dopravě. Dále se v tomto plánu řeší úspory pro spotřebitele, konkrétně podpora spotřebičů účinných z hlediska energií a zdrojů a posílení spotřebitelů prostřednictvím nových technologií. Na závěr v plánu se připomíná důležitost vhodné vnitrostátní a evropské finanční podpory a dostupnosti finančních produktů. Uvádí se také možné programy a politika, která by jako doplnění vnitrostátních programů financování mohla podpořit energetickou účinnost [24].

V roce 2012 na základě tohoto Akčního plánu byla vypracována směrnice o energetické účinnosti 2012/27/EU.

2.2.8 Směrnice ČSN EN ISO 14006 „Systémy environmentálního managementu - směrnice pro začlenění ekodesignu“

Směrnice „Systémy environmentálního managementu - směrnice pro začlenění ekodesignu“ z roku 2011 je směrnicí, která poskytuje organizacím návod v zavedení, dokumentování, udržování a neustálému zlepšování managementu ekodesignu jako součásti systému environmentálního managementu (EMS).

Dle normy ekodesign „představuje integrující proces v rámci návrhu a vývoje, který má za cíl snížit environmentální dopady a neustále zlepšovat environmentální výkonnost produktů v celém jejich životním cyklu, od těžby nerostných surovin, po konec života produktu“.

Norma může být integrována do EMS v souladu s ISO 14001 nebo použita jako pomoc při začlenění ekodesignu do jiných systémů managementu. Vztahuje se na environmentální aspekty a může být použita jakoukoliv organizací nezávisle na její velikosti a zaměření [25].

Táto norma pokrývá tři oblasti potřebné pro začlenění ekodesignu do EMS:

- posouzení dopadu produktů na životní prostředí,
- identifikace vhodných opatření ekodesignu ke snížení negativních účinků environmentálních dopadů,

- proces návrhu, vývoje a porozumění toho, jak proces ekodesignu a jeho řízení zapadá do EMS.

Navíc norma začleňuje potřebné informace i z jiných mezinárodních norem, a tak použitím této normy odpadá nutnost implementovat nebo používat všechny související mezinárodní normy [26].

2.2.9 Směrnice o energetické účinnosti (2012/27/ES)

Směrnice 2012/27/ES o energetické účinnosti vstoupila v platnost v roce 2012 a vychází z dříve vydané evropské legislativy týkající se energetických služeb, energetické účinnosti u konečného uživatele, o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie apod.

Směrnice 2012/27/ES zavádí společný rámec opatření na podporu energetické účinnosti tím, že stejně jako většina výše popsaných dokumentů, podporuje splnění 20% cíle pro energetickou účinnost a vytvoření tím podmínek pro její další zvyšování. Mezi nejvýznamnější opatření této směrnice patří povinnost členských států zavést schémata pro zvyšování energetické účinnosti. To znamená vytvoření systému povinného zvyšování energetické účinnosti, podle kterého distributoři energie každý rok v období od 1. 1. 2014 do 31. 12. 2020 budou povinni dosáhnout úspor energie ve výši 1,5% objemu roční spotřeby energie konečným uživatelům. Další povinnost ústředních vládních institucí od 1. 1. 2014 každoročně renovovat alespoň 3 % z celkové podlahové plochy v jejich vlastnictví. Další pokyny se týkají nakupování veřejnými subjekty, systému povinného zvyšování energetické účinnosti, energetických auditů a systémů hospodaření s energiemi. Pokyny jsou také stanoveny pro měření spotřeby energií, její přeměny, přenosu nebo přepravy a distribuce energie. Nesmí se zapomenout také na dostupnost systému kvalifikace a certifikace, informování a odborné přípravy, energetické služby a další opatření na podporu energetické účinnosti atd. [27].

2.2.10 Rámec politiky do roku 2030 v oblasti klimatu a energetiky

V roce 2014 byl Evropskou Komisí předložen Rámec politiky v oblasti klimatu a energetiky v období 2020 až 2030. Nový rámec vychází z klimaticko-energetického balíčku cílů do roku 2020 a plánu přechodu na nízkouhlíkovou ekonomiku do roku 2050. Jeho klíčovými prvky jsou 40% snížení emisí skleníkových plynů oproti úrovni roku 1990, zvýšení podílu energie z obnovitelných zdrojů o nejméně 27 %, zvýšení energetické účinnosti okolo 25 %. Dále vytvoření rezervy pro zachování stability trhu od roku 2021 v rámci Evropského systému obchodování s emisemi (EU ETC), zajištění konkurenceschopného a bezpečného energetického systému a vytvoření nového systému řízení na základě vnitrostátních plánů pro zajištění konkurenceschopných, bezpečných a udržitelných dodávek energie. Tento rámec navazuje na Zelenou knihu o energetické účinnosti [4][28].

2.3 ZVÝŠENÍ ENERGETICKÉ ÚČINNOSTI VÝROBNÍCH STROJŮ

Na problémech se zhoršujícím se stavem životního prostředí se v neposlední řadě podílí také výrobní stroje, neboť jsou klíčovými odvětvím poskytujícím zařízení veškerému zpracovatelskému průmyslu a zásadním způsobem ovlivňují jak spotřebu energie a přírodních zdrojů, tak i samotné životní prostředí během jejich celého životního cyklu.

2.3.1 Iniciativa Blue Competence

Jednou ze snah průmyslu výrobních strojů je tzv. iniciativa Blue Competence, založena v roce 2009. Jedná se o projekt Německého svazu výrobců obráběcích strojů (VDW), který se zakládá na myšlence energeticky úsporných a šetrných k životnímu prostředí řešení v průmyslové výrobě, s ohledem na trvale udržitelný rozvoj. V roce 2011 iniciativa Blue Competence byla převzata Německou strojírenskou federací (VDMA) a od roku 2012, kdy asociací CECIMO (Evropská

asociace výrobců obráběcích strojů) projekt byl přenesen na evropskou úroveň, iniciativa Blue Competence je otevřena účasti výrobců strojních zařízení z celé Evropy. Iniciativa Blue Competence je dobrovolná, ale přistoupením k ní se účastníci dlouhodobě zavazují k optimalizování spotřeby energie a přírodních zdrojů pro zajištění kvalitnějšího a ekologičtějšího fungování strojírenského sektoru. Společnosti, které se chtějí na této iniciativě podílet, musejí splňovat předdefinovaná kritéria udržitelnosti a musejí veřejně prohlásit, že se zavazují k přispění do oblastí hospodářství, životního prostředí a společnosti. Společnosti, splňující předpoklady pro vstoupení do Blue Competence, jsou pokládány za členy aliance Blue Competence Machine Tools. Souhlasí tedy s dodržováním stanovených ekologických, ekonomických a sociálních principů. Ve svých podnicích uplatňují dlouhodobě udržitelné postupy s cílem dosáhnout tzv. „zelené výroby“. V současné době se iniciativa rozšířila do více než 27 průmyslových odvětví. Zapojilo se do ní 8 národních asociací z CECIMO a 58 společností - výrobců obráběcích a tvářecích strojů a výzkumných organizací z celé Evropy [29][30].

2.3.2 ISO 14955 „Environmental evaluation of machine tools“

Výstupy ze SRI (viz 2.2.3) jsou zohledněny v mezinárodní normě ISO 14955 „Environmental evaluation of machine tools“ (Environmentální hodnocení obráběcích strojů). Finální verze normy by se měla skládat ze čtyř částí [31]:

- ISO 14955-1 Machine tools – Environmental evaluation of machine tools – Part 1: Design methodology for energy-efficient machine tools – metodologie designu energeticky efektivních výrobních strojů,
- ISO/DIS 14955-2 Machine tools – Environmental evaluation of machine tools – Part 2: Methods for measuring energy supplied to machine tools and machine tool components – metody měření energie, dodávané výrobním strojům a jejich komponentům,
- ISO/NP 14955-4 Machine tools – Environmental evaluation of machine tools – Part 4: Principles for testing metalforming machine tools with respect to energy efficiency – Zásady testování kovoobráběcích obráběcích strojů s ohledem na jejich energetickou účinnost,
- ISO/WD 14955-5 Machine tools – Environmental evaluation of machine tools – Part 5: Principles for testing woodworking machine tools with respect to energy efficiency – Zásady testování dřevoobráběcích strojů s ohledem na jejich energetickou účinnost.

Oficiálně vydanou je pouze první část normy, ostatní části se zatím nachází ve stadiu rozpracování.

Norma by tedy měla pokrýt celý postup environmentálního hodnocení stroje počínaje metodikou měření, přes samotné hodnocení, až po stanovení závěru. Hodnocení se bude zakládat na rozdělení stroje na jednotlivé funkční prvky a vyhodnocení odpovídající jejich spotřebě energie. Tento přístup by měl zajistit vzájemnou porovnatelnost strojů různých konstrukcí. Plánuje se, že shoda s požadavky této normy bude součástí podmínek pro označení výrobku známkou CE [19].

2.4 SHRNU TÍ STAVU VĚDY A TECHNIKY

Podle akčního plánu pro energetickou účinnost je největší potenciál energetických úspor u domácností (obytné budovy), obchodních budov, dopravy a výrobním průmyslu. Legislativa EU se nyní soustředila nejvíce na zvyšování energetické účinnosti elektrických spotřebičů, neboť největších úspor v emisích skleníkových plynů lze dosáhnout právě snížením spotřeby elektrické energie. Praktickým výsledkem této snahy jsou požadavky EU na energetickou náročnost budov a energetické štítky (energy labeling) u vybraných elektrických spotřebičů. V této oblasti se již rozvinul systém podpory financování energeticky a ekologicky šetrných výrobků, jak už formou čerpání dotací (např. Zelená úsporám), tak systematickou změnou energetického zdanění, které zohledňuje energetickou účinnost a ekologické aspekty [27]. Odborné diskuse vyvolané Zelenou knihou o energetické účinnosti vedla k návrhům opatření zasahujících všechny oblasti potenciálu úsporného hospodaření s energií. Prioritní opatření směřovala do odvětví stavebnictví a dopravy, které spotřebují velké množství ropných produktů. V oblasti stavebnictví je čerpání dotací již nyní omezeno kvalifikačním požadavkem vztahujícím se na systém jakosti a systém řízení podniku z hlediska ochrany životního prostředí (normy řady ČSN EN ISO 9000 a ČSN EN ISO 14000) [14]. Velká pozornost se nyní postupně věnuje úsporám, kterých lze dosáhnout ve výrobě, přenosu a přeměně energie a v průmyslu. Pro dosažení 40% snížení emisí skleníkových plynů k roku 2030 a vytvoření nízkouhlíkové ekonomiky do roku 2050 lze předpokládat, že i další odvětví průmyslu budou muset splňovat obdobná kritéria, která jsou nyní kladena na odvětví stavebnictví a dopravy [4]. Tuto domněnku potvrzuje i Zpráva Komise Evropskému Parlamentu a Radě o pokroku „v oblasti klimatu“ z roku 2015, která uvádí [32]:

- celkové emise skleníkových plynů v EU, na které se vztahuje klimaticko-energetický balíček, jsou nyní o 23 % nižší v porovnání s rokem 1990. Při stávajících opatřeních se očekává, že do roku 2030 tato hodnota dosáhne 27 %,
- vzhledem k tomu, že se EU zavázala do roku 2030 snížit emise skleníkových plynů nejméně o 40 % a současný legislativní rámec na to nestačí, musí být zavedeny další zmiřující opatření,
- za tímto účelem byla Komisí navržena revize systému pro obchodování s emisemi (EU ETS) a v první polovině roku 2016 bylo předloženo zavedení 30% cíle snížení emisí oproti roku 2005 i pro odvětví, která nespádají do uvedeného systému.

Stanovení opatření spojených se snížením znečištění životního prostředí je nutné realizovat již během návrhu výrobku spojeného se spotřebou energie, jelikož environmentální dopad životního cyklu výrobku se určuje právě v této fázi. Navržená opatření je potřeba orientovat na environmentálně významné aspekty výrobku. V současné době nestanovuje žádná legislativa konkrétní mezní hodnoty emisí skleníkových plynů u daných výrobků. Výrobci by však měli posoudit celý životní cyklus výrobku (u některých typů výrobků to je již povinnost) a vytvořit environmentální profil daného výrobku, který bude uvádět odhady emisí skleníkových plynů. Toto posouzení výrobci následně využijí při hodnocení alternativních návrhů výrobku při jeho inovaci. Výběr návrhu výrobku se potom realizuje na základě optimálního poměru environmentálních aspektů s jinými (např. technickými či ekonomickými) [17].

Současná environmentální politika EU se odráží v nových národních prioritách orientovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací (dále jen VaVaI) z roku 2012. Priority mají za účel strategickou orientaci části VaVaI do oblastí, které mohou přispět k řešení zásadních současných nebo budoucích problémů, a jsou tvořeny šesti prioritními oblastmi s definovanými cíli [33].

Mezi oblastmi podporující rozvoj environmentálních aspektů strojírenské výroby patří „Konkurenceschopná ekonomika založena na znalostech“, „Udržitelnost energetiky a

materiálových zdrojů“ a „Prostředí pro kvalitní život“. Tyto oblasti stanovují kromě jiných následující prioritní cíli VaVaI [33]:

- **snížení energetické a materiálové náročnosti výrobků,**
- zvýšení úspornosti, efektivity a adaptability v oblasti strojírenství za účelem posílení jeho konkurenceschopnosti,
- výzkum a vývoj energeticky úsporných průmyslových technologií,
- energetické bilance materiálů a paliv za plnou dobu cyklu,
- **snížení emisí znečišťujících látek antropogenního původu,**
- **návrh opatření a nástrojů pro snižování emisí skleníkových plynů,**
- **vývoj technologií a výrobků šetrných k životnímu prostředí a zvyšujících efektivitu využívání primárních zdrojů,**
- vývoj recyklačních technologií za účelem snížení tvorby odpadů.

Priority VaVaI jsou platné do roku 2030. Od jejich plnění se očekává podpora hospodářského růstu České republiky a zvyšování její konkurenceschopnosti.

Z výše uvedeného vyplývá následující:

- Pro dosažení stanoveného 40% cíle snížení emisí skleníkových plynů **bude nutné přijmout další opatření**, která se v brzké budoucnosti pravděpodobně rozšíří i na výrobní stroje jako na oblast s vysokým potenciálem snížení spotřeby energie.
- Opatření ke snížení emisí skleníkových plynů bude nutné provádět již ve **fázi vypracování konstrukčního návrhu stroje**, čímž se nejlépe ovlivní budoucí zátěž životního prostředí.
- V případě vzniku povinných požadavků na výrobní stroje budou výrobci strojů povinni provádět **hodnocení alternativních konstrukčních návrhů stroje** na základě environmentálních aspektů, pro které **nejsou stanovené žádné mezní hodnoty**. Volba neoptimálnějšího konstrukčního návrhu tak bude probíhat pouze na základě porovnání jednotlivých variant konstrukce stroje mezi sebou. Pokud zůstanou výrobní stroje v samoregulační oblasti, budou jejich výrobci tlačeni k této činnosti chováním konkurence.
- V případě zavedení systému podpory **financování environmentálně šetrných technologií a výrobků**, budou zákazníci mít větší zájem o dotované stroje. Stroje splňující environmentální požadavky budou tak mít **větší konkurenceschopnost na trhu**.

Dosud není pro výrobce výrobních strojů zpracován ani nikde publikován žádný metodický postup, který by specifikoval doporučený postup stanovení emisí skleníkových plynů u jednotlivých konstrukčních návrhů a výběr neoptimálnější varianty. Jeho aplikace by umožnila kromě splnění povinných nebo samoregulačních opatření také zlepšení ekologického profilu stroje, což by přispělo ke zvýšení jeho konkurenceschopnosti.

3 CÍLE DIZERTAČNÍ PRÁCE

Vzhledem k výše popsanému stavu vědy a techniky byl stanoven hlavní cíl dizertační práce **vypracování metodického postupu stanovení emisí skleníkových plynů u konstrukčního návrhu výrobního stroje**. Dosažení hlavního cíle bylo rozděleno do splnění následujících dílčích cílů:

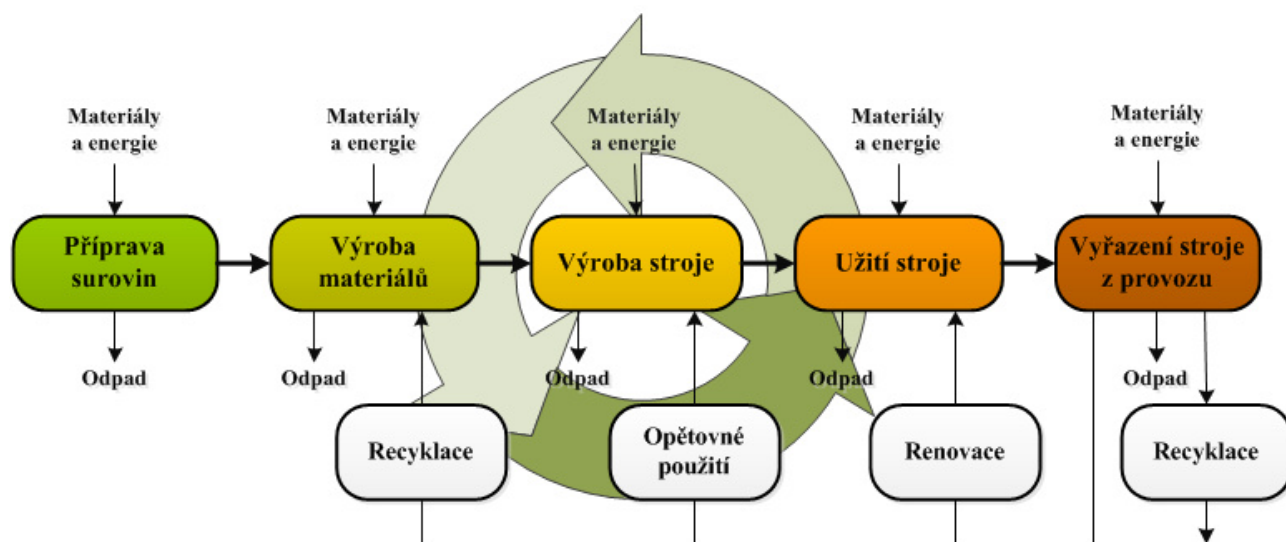
- provedení analýzy procesu konstruování výrobního stroje za účelem specifikace potřebného rozsahu analýzy životního cyklu,
- analýza procesu výroby vybraných konstrukčních materiálů používaných ve stavbě strojů,
- stanovení emisí skleníkových plynů u vybraných konstrukčních materiálů používaných ve stavbě strojů,
- vypracování metodického postupu pro posouzení environmentálního profilu výrobního stroje.

4 ZVOLENÉ METODY ŘEŠENÍ DISERTAČNÍ PRÁCE

4.1 LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)

Pojem „LCA“ je metoda hodnocení možných environmentálních dopadů souvisejících s životním cyklem výrobku. Velmi úzce také souvisí s pojmem „ekodesign“. LCA je tedy využíváno v rámci analytické fáze ekodesignu, během které se stanoví environmentální profil výrobku, a formulují se požadavky na vlastnosti výsledného produktu.

Metoda LCA má pevně danou strukturu a provádí se dle mezinárodních norem řady ISO 14040. Definice LCA, stanovená sérií těchto norem, zní: „LCA je shromažďování a vyhodnocování vstupu, výstupu a možných dopadů na životní prostředí výrobního systému během jeho celého životního cyklu“. LCA tedy používá přístup „od kolébky po hrob“, při kterém jsou brány v úvahu všechny fáze životního cyklu od získávání surovin až po konečné odložení odpadu do země (viz obrázek 3). A je jediným nástrojem, který posuzuje environmentální dopady produktu v průběhu celého životního cyklu. Může proto sloužit k identifikaci možnosti zlepšení posuzovaného produktu ve všech jeho fázích od těžby surovin až po jeho odstranění [32].



Obr. 3 - Grafické znázornění životního cyklu výrobku dle ISO 14040 [32]

Jak již bylo zmíněno, nejvíce se na zátěži životního prostředí podílí fáze užití stroje a mezi veškerými vlivy má největší ekologický dopad spotřeba energie při provozu stroje.

4.1.1 Vývoj metody LCA

První zmínky o LCA se datují rokem 1963, kdy na světovém energetickém kongresu zazněly první přednášky týkající se surovinových nároků na výrobu chemických produktů. Již v sedmdesátých letech dvacátého století vznikla řada studií zabývajících se dostupností surovin a spotřebou energie. Jednalo se o „analýzy palivového cyklu“, které řešily především využití alternativních zdrojů energie a materiálů. Poté v 80. letech došlo k rozvoji tzv. zelené aktivity, která představuje zájem politiků i veřejnosti o vlivy různých fází existence výrobků na životní prostředí. V 90. letech vznikly analýzy zaměřené především na spotřebu materiálů, energie a produkci různých forem znečištění. K hodnocení ale byly často použity různé metody získávání dat, a data proto byla mnohdy vyjadřována v nekompatibilních jednotkách. V roce 1992 bylo na konferenci SETAC (the Society of Environmental Toxicology and Chemistry) řešeno LCA – posuzování dopadů na životní prostředí a v roce 1995 byla řešena normativní podoba LCA (ISO/TC 207 SCS WG 1-4) [32][35].

4.1.2 Organizace spojené s LCA

SETAC

Za celou dobu své existence metoda LCA měla různé názvy, například Resource and Environment Profile Analysis (REPA), Energy Analysis nebo Product Ecobalance. Stejně jako byla ovlivněna různými organizacemi.

Mezi organizace, které se nějakým způsobem podílely na vývoji a aplikaci LCA, patří především výše zmíněná mezinárodní organizace SETAC, která vystoupila jako první „zastřešující“ organizace pro rozvoj LCA. SETAC s dobře vyvíjenou vědeckou základnou, mající své kořeny v průmyslu, akademickém i státním prostředí. Organizace byla schopná zajistit soudržný vývoj LCA jako nástroje. Účelem této organizace je vědecký výzkum ve specifických oblastech a aplikace jeho výsledků v oblasti environmentálního managementu. V této oblasti SETAC působila od roku 1989, kdy se konal její první workshop věnovaný LCA. Mezi nejdůležitější aktivity SETAC v oblasti LCA patří [35]:

- každoroční vědecké setkání, zaměřené na vývoj metody LCA,
- každoroční symposia případových studií, zaměřená na aplikaci LCA v různých odvětvích průmyslu,
- od roku 1996 sčítání pracovních skupin, zabývajících se různými aspekty metodologie a aplikace metody LCA.

ISO

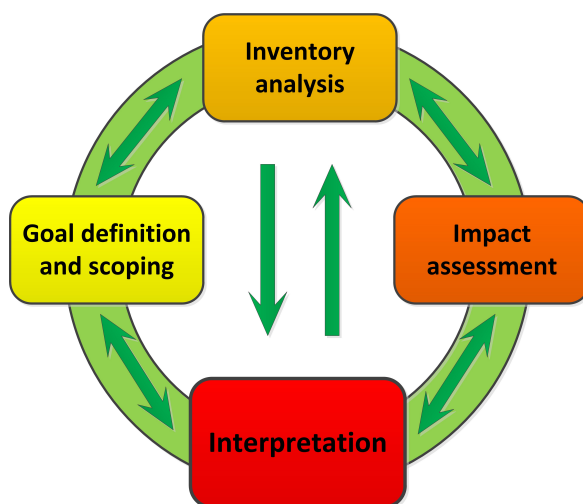
Další organizací, která se podílela na rozvoji metody LCA je známá organizace ISO (the International Organization for Standardization). Klíčovou činností této organizace je vývoj norem série ISO 9000, které jsou zaměřené na integraci aspektů kvality do obchodní činnosti. Metoda LCA je popsána normami série ISO 14040, která zahrnuje normy ISO 14040 – 14043, ISO 14048 a technické zprávy ISO/TR 14047 a ISO/TR 14049. Tato skupina norem popisuje jak technické tak i organizační aspekty LCA. Činnost organizace ISO se potýká s LCA i v jiných oblastech. Příkladem může být například technická zpráva TR 14025 popisující Environmentální prohlášení typu III, která se na LCA zakládá [35].

UNEP

Třetím účastníkem, prospívajícím vývoji LCA, je Program OSN pro životní prostředí UNEP (the United Environmental Programme), představený DTIE (Department of Technology, Industry and Economics) v Paříži. Tento program se především fokusuje na aplikaci LCA zejména v rozvojových zemích. Jeho hlavním přínosem je publikace v roce 1996 Příručky k provádění LCA „Life Cycle Assessment: What it is, and what to do about it“. Další významnou publikací je „Towards Global Use of Life Cycle Assessment“ z roku 1999. Nevětší jeho zásluhou je organizace série mezinárodních workshopů, věnovaných různým aspektům LCA, které se konaly pod záštitou UNEP [35].

4.1.3 Fáze LCA podle ISO 14040

Jak již bylo řečeno, metoda LCA je popsána v normě ISO 14040. Podle ní je rámec posuzování životního cyklu výrobku rozdělen do čtyř fází (viz obrázek 4). Jednotlivé fáze budou následně popsány.



Obr. 4 – Rámec posuzování životního cyklu podle ISO 14040 [32]

Základními principy metody LCA jsou [35]:

- perspektiva životního cyklu,
- environmentální zaměření,
- relativní přístup a funkční jednotka,
- iterativní metoda,
- transparentnost,
- komplexnost,
- vědecký přístup.

První fáze LCA: Definice cílů a rozsahu

Definice cílů je prvním a nejdůležitějším krokem při zpracovávání LCA. Od tohoto kroku se následně odvíjí stanovení rozsahu studie, její upřesňování a změny během zpracovávání LCA.

Při definování cíle studie LCA se musí jednoznačně stanovit tyto body:

- stanovení cílů a jejich zdůvodnění,
- vysvětlení úkolů, záměrů (zda je záměrem použít výsledky při porovnávacích tvrzeních pro veřejnost, případně politické rozhodnutí) a důvodů provádění studie,
- určení zamýšleného použití výsledků studie [35].

Cíle studie by měly být jednoznačné, zcela jasné a transparentní. A to nejen z hlediska stanovení toho, co má být uděláno, ale také z hlediska správného pochopení důvodů provádění studie. Zamýšlené použití výsledků studie by také mělo být definované co nejpřesněji.

V tomto kroku by měl být také určen iniciátor studie, který je v této fázi hlavním „řidičem“ procesu. Dále pak odborník zainteresované strany a předpokládaní uživatelé výsledků studie (cílová skupina) [35].

Mělo by se také dojít ke zjištění, zda-li je LCA ten nejvhodnější nástroj v daném případě a následně zvážit výhody použití jiných nástrojů společně s LCA.

Dalším krokem v tomto bodě je definování rozsahu studie LCA. Rozsahem studie se rozumí, co vše bude do studie zahrnuto a jak dlouhý časový rámec bude ve studii obsažen. Tento krok je obzvlášť důležitý, protože právě tady se zakládají hlavní charakteristiky plánované studie.

Například časové, administrativní a technologické. Určují se také techniky, které budou použité, a celková úroveň propracovanosti (hloubka provádění) studie [35].

Při definování rozsahu studie je obzvlášť důležité určit [35]:

- Funkci, která je charakteristikou výkonu posuzovaného systému.
- Funkční jednotku, která tvoří základ, k němuž jsou normalizovány vstupní a výstupní údaje. Funkční jednotka také definuje, co je předmětem zkoumání a zajišťuje porovnatelnost studií LCA. Všechny následné analýzy, vstupy a výstupy jsou vztaženy k funkční jednotce.
- Referenční tok, který zahrnuje všechny výstupy z procesů v daném produktovém systému, kterých je zapotřebí k naplnění funkce vyjádřené funkční jednotkou.
- Hranici systému, která určuje, které jednotkové procesy budou do studie zahrnuty a které budou ze studie vynechány.

Měly by také být stanoveny, zdůvodněny a zaznamenány časové a prostorové hranice studie, hranice ekonomických procesů, environmentálních zásahů a dopadů. Stanovení těchto hranic musí být v souladu s definovaným cílem studie a musí především zajistit požadovanou přesnost. Je také důležité rozhodnout, do jakých detailů budou jednotkové procesy studovány. Rozsah studie musí být vždy takový, aby výsledky byly dostatečně přesné pro dosažení cíle studie [32][35].

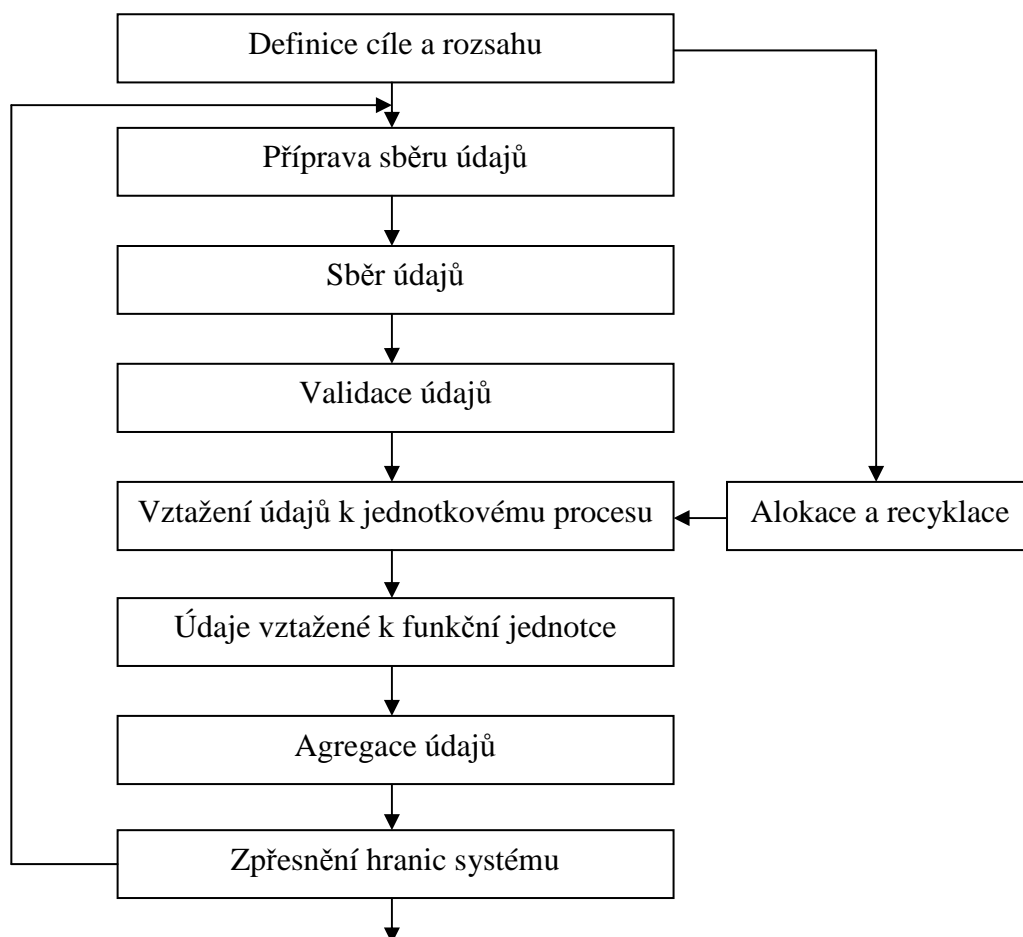
Někdy za účelem snížení množství zpracovávaných dat (fáze životního cyklu, procesy, vstupy, výstupy) může být část životního cyklu vypuštěna ze studie. Vypuštění ale může být provedeno pouze za předpokladu, že nedojde k výrazné změně konečných závěrů studie. Je-li rozhodnuto o vypuštění části dat, musejí být ve studii uvedeny důvody tohoto vypouštění a vysvětleny jeho dopady. Aby bylo možné určit, které ze vstupů lze vypustit, používají se tzv. omezující kritéria. Mezi nejčastěji používané omezující kritéria patří hmota (materiálový tok), energie (energetický tok) a environmentální závažnost (nebezpečnost pro životní prostředí). Zpravidla nelze použít pouze jedno omezující kritérium, protože by se mohlo stát, že se ze studie vypustí to, co je podle jiného omezujícího kritéria závažné [35].

Druhá fáze LCA: Inventarizační analýza (LCI)

Inventarizační analýza (LCI - Life Cycle Inventory) je fází, ve které probíhá definování produktového systému (systém). Definování tedy zahrnuje stanovení hranic systému, návrh vývojového diagramu s jednotkovými procesy, systematický sběr a zpracování údajů o těchto procesech, provedení vybraných kroků pro multifunkční procesy a finální výpočty [32].

Hlavním výstupem z inventarizační analýzy je tzv. inventarizační tabulka, obsahující kvantifikované vstupy a výstupy k životnímu prostředí, spojené s funkční jednotkou z hlediska množství oxidu uhličitého v kg, fenolu v mg, železné rudy v kg, přírodního plynu v m³ apod. Takže inventarizační analýza neposkytuje relativní posuzování vstupů a výstupů, ale měřitelné údaje, na základě kterých mohou být následně vytvořeny úsudky. Vstupy představují parametry týkající se problémů spojených s ochranou zdrojů, a výstupy – parametry, týkající se znečištění.

Grafické znázornění procesu LCI je představeno na obrázku 5. Podle něj je inventarizace soupisem všech vstupů a výstupů, které procházejí přes hranice mezi systémem a systémovým prostředím. Jednotlivé fáze procesu LCI by měly odpovídat požadavkům normy ISO 14041.



Obr. 5 - Znárodnění LCI [32]

Stanovení hranic systému

Jak již bylo uvedeno na začátku kapitoly, tak při provádění LCI se nejdříve musí stanovit hranice produktového systému. To se týká jakékoliv studie LCA. Stanovení systému hranic je nezbytné pro izolování systému od okolí. Při provádění LCA inventarizační analýza rozlišuje tři typy hranic:

Hranice mezi produktovým systémem (ekonomikou) a životním prostředím.

Při provádění LCA ekonomické vstupy a výstupy každého toku musí být převedeny na „environmentální intervence“. Tento termín znamená vzájemné působení mezi antroposférou (ekonomikou) a životním prostředím (včetně využití zdrojů, emise do ovzduší, vody nebo půdy). Týká se toků vstupujících do produktového systému (např. přírodní zdroje a využití půdy), které byly vytěženy bez předběžné úpravy, anebo také materiálových toků vystupujících z produktového systému, které byly vyhozené do životního prostředí bez následné přeměny (transformace) [32][36].

Hranice mezi procesy souvisejícími a nesouvisejícími s produktovým systémem (cut-off).

Studie LCA by měla hodnotit všechny procesy probíhající v produktovém systému během životního cyklu, jak se říká „od kolébky po hrob“. V praxi to avšak není možné. Proto část procesů může být ignorována.

Cut-off je nezbytný hlavně v případě nedostatku údajů, času a finančních prostředků. Problém nastává po sběru dat, když se zjistí, že produktové procesy pro některé vstupní toky a procesy zpracování odpadů pro některé výstupní toky nejsou známy a dokumentované [35].

Hranice mezi posuzovaným produktovým systémem a jinými produktovými systémy (alokace).

Většina posuzovaných procesů jsou multifunkční. Poskytují tak více produktů, recyklují meziprodukty a vyřazené produkty (zmetky) jako surovinu. Proto je nutné rozdělit vstupní a výstupní toky procesu mezi posuzovaný proces a další procesy, a také mezi jeho různé produkty. Pro alokaci platí pravidlo, že suma alokovaných vstupů a výstupů jednotkového procesu se musí rovnat sumě nealokovaných vstupů a výstupů jednotkového procesu. Výsledky bývají také obtížně porovnatelné s jinými životními cykly. Proto všude, kde je to možné, by se mělo alokaci vyhnout [35].

Nelze-li se alokaci vyhnout, je nutné rozdělit vstupy a výstupy mezi různé produkty a procesy způsobem, který respektuje fyzikální vztahy mezi nimi. Rozdělení musí tedy sledovat cestu, ve které jsou vstupy a výstupy měněny prostřednictvím kvantitativních změn v produktech nebo procesech. Někdy však takový fyzikální vztah nelze nalézt. Pak se má provést alokace podle jiných vzájemných vztahů mezi nimi. Takovým vzájemným vztahem může být například ekonomická hodnota produktů. [32]

Příprava sběru údajů

Klíčovým úkolem LCI je sběr údajů. To znamená velký objem dat, získaných z různých zdrojů. Aby shromážděné údaje byly vzájemně porovnatelné, musejí být převedeny na standardní formát. Vybraný formát údajů musí být transparentní.

Kvalita získaných údajů má také velký vliv na výsledky studie, proto správné hodnocení kvality dat je důležitým krokem v každé studii LCA. Vysoká kvalita získaných údajů ale ještě nezaručuje vysokou kvalitu výsledků. Vysoce kvalitní údaje mohou například přivést k chybným výsledkům v případě, kdy budou použity k řešení otázek, ke kterým nemají žádný vztah. Takže vedle kvality údajů významnou roli hraje i jejich správné použití.

Kvalita údajů se specifikuje s ohledem na [35]:

- přesnost,
- rozsah,
- úplnost,
- reprezentativnost,
- konzistenci,
- reprodukovatelnost,
- opodstatnění,
- spolehlivost různých zdrojů dat,
- korektnost materiálové a energetické bilance,
- soulad mezi použitými zdroji dat a jinými zdroji.

Sběr údajů

Aby se předešlo nebo snížilo riziko vzniku chyb při sběru dat, data je nutné zaznamenávat do sběrových formulářů. Většina zpracovávaných studií LCA je částečně doplněna informacemi z databází počítačových LCA modelů a odborné literatury. Přednost však mají originální údaje získané sběrem dat. Mají totiž výrazný přínos pro přesnost výsledků studie, jelikož jejich sběr je mnohdy časově i finančně velmi náročný [32].

Validace údajů

Všechna data mají být kontrolována již během sběru. Dojde tak k jejich potvrzení (validaci) a bude zaručena kvalita potřebná pro dosažení cílů studie. Validace může zahrnovat různé kontrolní mechanismy, například vytváření materiálových a energetických bilancí, které fungují na základě zákonů zachování hmotnosti a energie. Odchytky zjištěné při validaci by měly být doplněny tak, aby byly splněny požadavky na kvalitu údajů a bylo možno dosáhnout stanovených cílů [32].

Vztažení údajů k jednotkovému procesu a funkční jednotce

Pro každý jednotkový proces musí být určen vhodný referenční tok, který vytváří počáteční bod pro sběr údajů. V LCA databázích shromážděné procesní data jsou často uspořádány kolem jednotkových procesů ve vztahu ke vstupům a výstupům za jednotku času. Například emise 5 tun CO₂ za rok. V existujících LCA databázích procesní data skoro vždy přepočítány na fyzikální referenční tok, například na 1 kilogram materiálu nebo 1 MJ elektrické energie [32].

Zpřesnění hranic systému

Počáteční hranice posuzovaného systému měly by být, pokud je to možné, revidovány v souladu s omezujícími kritérii, jež byla určena při stanovování rozsahu studie. Rozhodnutí o zařazení údajů do výpočtu má být založeno na analýze citlivosti, která umožňuje určit jejich významnost. Tato analýza slouží ke zmenšení množství zpracovávaných dat a zjednodušuje tak celou studii. Dále se používají jen ty vstupní a výstupní údaje, které jsou podle provedené analýzy prokazatelně významné pro splnění cílů studie [32].

Třetí fáze LCA: Posuzování dopadů životního cyklu (LCIA)

LCIA (LCIA - Life Cycle Impact Assessment) je fází, ve které výsledky inventarizační analýzy se dále zpracovávají a vyhodnocují se z hlediska jejich potenciálních dopadů na životní prostředí a společenských preferencí. Cílem třetí fáze LCA je prozkoumat produktový systém z environmentálního hlediska. V této fázi se výsledné údaje z inventarizační analýzy životního cyklu zařazují do kategorií dopadů za použití indikátorů kategorií. Indikátory kategorií dopadů jsou měřitelné veličiny s jasně definovanými jednotkami, které slouží k vyjádření schopnosti elementárních toků způsobovat nežádoucí účinky v životním prostředí a umožňují sledovat, jak silně se daná kategorie dopadu v důsledku lidského dosahu prohlubuje, rozvíjí se nebo zhoršuje [37].

Následně se pomocí charakterizačních faktorů vypočítávají výsledky indikátorů kategorií. Skupina výsledků indikátorů kategorií, která se ještě někdy nazývá profil LCIA, poskytuje informace o environmentálních problémech, které souvisí se vstupy a výstupy produktového systému.

Fáze LCIA musí zahrnovat tyto povinné kroky:

Výběr kategorií dopadů, indikátorů kategorie a charakterizačních modelů.

Kategorie dopadů je nutné zvolit tak, aby byly zahrnuty pokud možno všechny environmentální problémy, které se ke zkoumanému systému vztahují. Mezi základní kategorie dopadů patří vyčerpání abiotických zdrojů, dopady využití půdy, klimatické změny, úbytek stratosférického ozonu, toxicita pro lidstvo, ekotoxicita, tvorby fotooxidantů, acidifikace a eutrofizace. Jsou zde i kategorie specifických dopadů. Například vliv ionizujícího záření, hluk, odpadní teplo, zápach. Mezi ostatní může patřit vyčerpání biotických zdrojů, vysychání apod. [32][35].

Dále by měl být popsán charakterizační model. Je to definovaný postup, který uvádí do souvislosti výsledky LCI, indikátory kategorie a environmentální mechanismus, který poskytuje základ pro charakterizační faktory. Charakterizační modely jsou vázány na environmentální

mechanismus tak, že popisují vztah mezi výsledky LCI, indikátory kategorie a v některých případech konečnými body kategorie.

Přiřazení výsledků inventarizační analýzy ke kategoriím dopadu (klasifikace).

Klasifikace je prvním krokem hodnocení dopadů životního cyklu. Klasifikací je například označení emise chlorovodíku za acidifikující látku. Přiřazení výsledků LCI ke kategoriím dopadu není ale vždy jednoduché, jelikož některé výsledky mohou patřit do více kategorií dopadů. Proto před přiřazením je nutné rozhodnout, které výsledky LCI je možné přiřadit výhradně do jedné kategorie a které do několika. K této identifikaci lze dospět sledováním environmentálních mechanismů [32][35].

Výpočet výsledků indikátorů kategorie (charakterizace).

Je to v podstatě vyčíslení toho, jak hodně se elementární toky podílejí na rozvoji kategorie dopadu. Výsledky LCI se v rámci kategorie přepočítávají na společné jednotky a seskupují se uvnitř kategorie. Výstupem z této fáze je seznam kategorií dopadů a číselná hodnota indikátorů kategorií [35].

Čtvrtá fáze LCA: Interpretace životního cyklu

Interpretace životního cyklu je poslední a závěrečnou fází studie LCA. V této fázi probíhá identifikace, kvalifikace, kontroly a vyhodnocování výsledků LCI a/nebo LCIA produktového systému a jejich prezentace za účelem dosažení požadavků popsanych v cílech a rozsahu studie [35].

V této fázi je nutné splnit tyto body [35]:

- identifikace závažných zjištění založených na výsledcích fází LCI a LCIA,
- vyhodnocení, které bere v potaz kontrolu kompletnosti, citlivosti a konzistence,
- závěry, omezení, doporučení.

Výsledky studie musí [35]:

- umožňovat snadnou identifikaci závažných environmentálních problémů,
- být vypracovány tak, aby jejich vyhodnocení bylo důvěryhodné a neumožňovalo nesprávnou interpretaci či zamlžování problémů.
- při jejich vyhodnocení projít kontrolou kompletnosti, která zjistí, zda nechybí žádný údaj, který by mohl významně ovlivnit výsledky,
- projít kontrolou citlivosti, která sleduje ovlivnitelnost výsledků změnou vstupních údajů,
- projít kontrolou konzistence, která zjišťuje, jestli je dodržena shoda s cílem a rozsahem studie.

Dále pro podporu výsledků studie je vhodné [35]:

- provést analýzu neurčitosti (pomocí rozsahu, nebo rozdělení pravděpodobností),
- ověřit správnost definice funkce systému, funkční jednotky a hranic systému,
- posoudit omezení zjištěná posouzením kvality údajů a analýzou citlivosti s cílem studie.

Do čtvrté fáze patří také kritické přezkoumání studie LCA. Kritické přezkoumání usnadňuje porozumění studii LCA, zvyšuje její důvěryhodnost. Rozsah a typ přezkoumání se definuje ještě ve fázi definice cílů a rozsahu studie. V této chvíli by mělo být také určeno kdo, jakým způsobem a do

jaké hloubky bude přezkoumání provádět. Výsledkem provedení kritického přezkoumání je zpráva, která se zahrnuje do kompletní dokumentace provedené LCA studie [37].

Závěry ze studie musí obsahovat identifikaci závažných problémů, vyhodnocení metodologie a výsledků pro komplexnost, citlivost a konzistenci. Na základě závěrů studie jsou pak stanovena doporučení týkající se zamýšleného použití studie LCA. Zpráva ze studie se vypracovává podle postupu stanoveného normou [35].

4.1.4 Kategorie dopadů na životní prostředí [38]

Metoda LCA používá k hodnocení dopadů na životní prostředí tzv. kategorie dopadů. Kategorie dopadu je specifickým problémem životního prostředí, na kterém se výrobek v důsledku svých transformací během životního cyklu podílí. Jejich použití umožňuje propojit životní cyklus výrobků s jejich potenciálním vlivem na životní prostředí. Mezi nejrozšířenější kategorie dopadů patří:

Lidská toxicita

Lidská toxicita je vlastnost určitých látek vyvolávat otrávení u osob, které do styku s touto látkou přišli. Může se jednat o požití, vdech nebo absorpci toxické látky přes kůži. Mezi nejvýznamnější toxické látky patří arsenik, kyanovodík, THC.

Ekotoxicita

Ekotoxicita je vlastnost určitých látek mít toxické působení na životní prostředí (živé organismy). Mezi nejčastější ekotoxické látky patří těžké kovy, pesticidy, biologicky aktivní látky a jiné.

Globální oteplování

Globální oteplování neboli změna klimatu je nárůst teploty zemské atmosféry a oceánů vypočítaný během několika posledních desetiletí. Podle studií za posledních 100 let teplota narostla o 0,74 °C, což vyvolalo zvýšení hladiny moří až o 20 cm od roku 1780. Předpokládanou příčinou je tzv. „skleníkový efekt“, vyvolaný zvýšením úrovně skleníkových plynů v atmosféře.

Spotřeba zdrojů

Jedná se o postupné vytěžení energetických zdrojů ze země (fosilní paliva, uran), rud, vzácných kovů, minerálů a jiných nerostných surovin. Jelikož jakákoliv průmyslová výroba začíná z těžby surovin a lidstvo zatím spotřebovává víc, než je planeta schopná vyprodukovat, očekává se, že v brzkém budoucnu zásoby zdrojů dojdou. Těžba vyvolává poškození krajiny a tím i znemožňuje existenci rostlin a živočichů.

Acidifikace

Jedná se o proces okyselování půdního nebo vodního prostředí. Acidifikace je způsobena zvýšením koncentrace iontů vodíků, jež do prostředí se dostanou atmosférickým spadem v podobě emisí oxidu siřičitého, amoniaku a oxidů dusíku. Dále také kyselinou uhličitou, která vzniká spojením CO₂ s vodou a vodní párou. Acidifikace způsobuje zhoršení kvality půdy a vod, snížení odolnosti půdy a její okyselení.

Fotochemická oxidace

Fotochemická oxidace je oxidace (reakce látky s kyslíkem) vyvolána ultrafialovou složkou slunečního záření. Při této reakci vznikají v atmosféře nestabilní reaktivní látky, kterým se říká fotooxidanty. Mezi nejvýznamnější z nich patří peroxid vodíku a peroxyacetylnitrát. Fotooxidanty

mají dráždivý účinek, poškozují dýchací cesty, vyvolávají různé nemoci, poškozují rostliny a živočichy.

Eutrofizace

Eutrofizace je soubor procesů, který způsobuje zvýšení obsahu živin v půdě a vodě. Jedná se především o dusík a fosfor. Tyto procesy můžou být přirozené a nepřirozené, které způsobené lidskou činností. Ty druhé vedou k přemnožení planktonu, sinic a nakonec k nedostatku kyslíku a vymírání organismů (obzvláště vodních).

Úbytek (poškození) ozonové vrstvy

Jedná se o ztenčování a úbytek vrstvy ozonu, která chrání naši planetu před nebezpečným ultrafialovým zářením. Jedním z největších nepřítelů ozonové vrstvy jsou freony. Tyto látky reagují v atmosféře s ozonem a rozkládají ho. Dochází tak k jeho úbytku a ztenčování jeho vrstvy. Procházející záření je karcinogenní.

Pro hodnocení kategorií dopadů se používá indikátor kategorie dopadu. Je to měřitelná veličina, která popisuje, jak hodně se posuzovaný výrobek podílí na rozvoji určité kategorie dopadů. Vyjadřuje schopnost elementárních toků negativně ovlivňovat životní prostředí. Existují dva typy indikátorů kategorií [39][40]:

1. Midpointový.

V případě midpointového indikátoru se hodnotí potenciální škodlivost elementárního toku a míra zasažení kategorie dopadu na tzv. midpointové úrovni. Midpointový indikátor vyjadřuje míru škodlivosti elementárních toků, jejich schopnost zapříčinit kategorii dopadu. Nehodnotí výsledný efekt toku na životní prostředí. Jako příklad midpointového indikátoru v kategorii dopadu „Acidifikace“ může sloužit uvolnění protonů nebo poměr Al/Ca.

2. Endpointový.

Elementární tok svou přítomností může negativně ovlivňovat životní prostředí. Veškeré účinky toku na životní prostředí na sebe navazují a vytvářejí tak řetězec vedoucí k určitému poškození životního prostředí. Konečný účinek ovlivňování životního prostředí elementárním tokem se označuje jako endpoint. Endpointový indikátor je měřitelná hodnota jevu, jež byl vyvolán v životním prostředí elementárním tokem. Příkladem endpointového indikátoru v kategorii dopadu „Acidifikace“ může být biodiverzita lesů nebo populace ryb.

Hodnocení dopadů výrobků na životní prostředí tak spočívá v převedení elementárních toků na indikátory kategorií dopadů.

4.1.5 Skleníkové plyny a jejich základní popis

Jelikož práce je zaměřena na hodnocení znečištění emisemi skleníkových plynů, tak v této kapitole bude proveden jejich podrobnější popis.

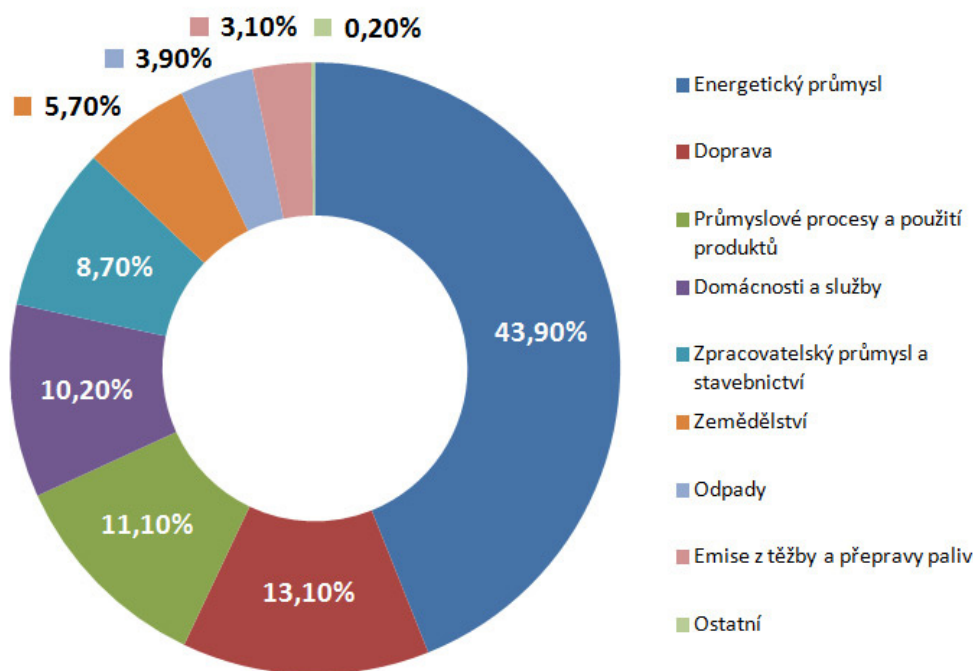
V současné době je kategorie dopadů „Globální oteplování“ jednou z nejsledovanějších. Příčinou toho je výrazné zhoršení situace v oblasti emisí skleníkových plynů.

Skleníkové plyny jsou plyny, jež přispívají k tzv. skleníkovému efektu, který má za následek zvýšení průměrné teploty planety Země a způsobuje tak globální oteplování. Ohřívání zemského povrchu a atmosféry má za následek tepelné záření (infračerveného záření). Toto záření je odraženo od zemského povrchu a namísto volného průchodu do kosmu je skleníkovými plyny absorbováno a vyzářeno zpátky. Skleníkové plyny tak brání vyzářením tepla zpět do vesmíru.

Skleníkový efekt ale nemá pouze negativní vliv. Existuje tzv. přírodní skleníkový efekt, který se na Zemi vyskytuje přirozeně. Udržuje teplotu nad nulou a byl tak podmínkou ke vzniku a udržování života na naší planetě. Přicházející sluneční záření se z 30 % odrazí (od zemského povrchu, mraků, atmosféry), zbytek se pohlcuje oceány, souší, atmosférou, mraky. Na rozdíl od záření ze Slunce, jež se skrz atmosféru dostane poměrně snadno, tepelné záření se zpět do vesmíru dostane velmi obtížně. Je dobře pohlcováno atmosférou (skleníkovými plyny) v důsledku čehož se zemský povrch i atmosféramohřívá. Energie záření, jež zemský povrch vyzařuje, se zvyšuje, dokud nevykompenzuje jeho pohlcování atmosférou a neustaví se teplotní rovnováha. Avšak jakákoliv změna ve složení atmosféry vede k narušení rovnováhy a následně dochází ke zvyšování nebo ke snižování její teploty [41].

Kromě skleníkového efektu přírodního původu existuje také skleníkový efekt antropogenního charakteru. Jeho původ leží v lidské činnosti v podobě kácení lesu, spalování fosilních paliv, některých druhů průmyslové výroby apod. Z největší pravděpodobnosti právě tento druh skleníkového efektu je příčinou globálního oteplování.

Nejvíce se údajně na produkci emisí skleníkových plynů podílí energetický průmysl, dále následují doprava a průmysl. Rozdělení celkových emisí skleníkových plynů mezi jednotlivé sektory hospodářství je znázorněno na obrázku 6.

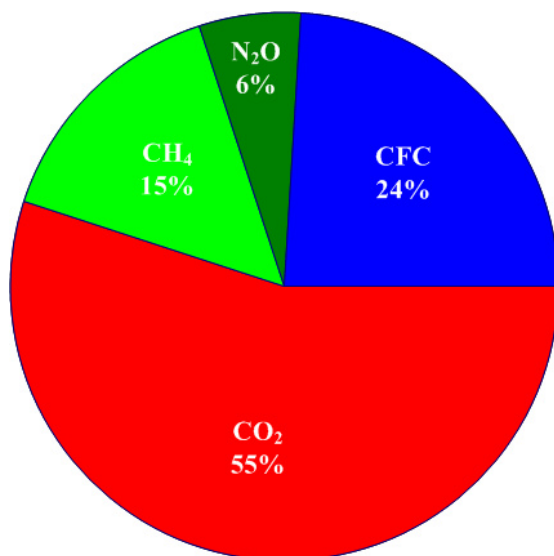


Obr. 6 – Struktura emisí skleníkových plynů v ČR v roce 2013 [42]

Skleníkové plyny se dělí na antropogenní a přírodního původu, podle toho vedou k rozvoji určitého druhu skleníkového efektu. Mezi skleníkové plyny přírodního původu patří vodní pára, oxid uhličitý, metan a ozon. Antropogenní skleníkové plyny zahrnují oxid dusný (N_2O), oxid uhličitý (CO_2), metan (CH_4), plně halogenované chlór-fluorované uhlovodíky nebo „tvrdé“ freony (CFC) a částečně halogenované chlór-fluorované uhlovodíky nebo „měkké“ freony (HCFC), částečně (HFC) a zcela fluorované uhlovodíky (PFC), fluorid sírový (SF_6), halony (chlorfluorbromuhlovodíky) a jiné. Nejvýznamnější skleníkové plyny jsou uvedeny v tabulce 1 [41].

Pro posuzování emisí skleníkových plynů se používá tzv. ekvivalent CO_2 (CO_2 ekv. nebo CO_2e), který uvádí množství plynu, jenž ovlivňuje klima stejně jako 1 tuna oxidu uhličitého. Například ozon má 2000 krát větší skleníkový efekt než oxid uhličitý, proto 1 tuna ozonu se rovná 2000 tunám

CO₂ ekv. [40]. Vliv jednotlivých druhů skleníkových plynů na skleníkový efekt je uveden na obrázku 7.



Obr. 7 – Vliv jednotlivých druhů skleníkových plynů na skleníkový efekt [41]

Tab. 1 – Nejvýznamnější skleníkové plyny [41][43]

Skleníkový plyn	Původ	Zdroje	Ekvivalent CO ₂ , CO ₂ ekv.
Vodní pára	Přírodní	<i>Přírodní:</i> oceány, srážky	> 10000
CO₂	Přírodní, antropogenní	<i>Přírodní:</i> dýchání organismů, kvasné procesy <i>Antropogenní:</i> Spalování fosilních paliv	1
O₃	Přírodní, antropogenní	<i>Přírodní:</i> požáry <i>Antropogenní:</i> spalování biomasy, jako sekundární polutant z vypouštěných těkavých organických látek a oxidu dusíku	2000
CH₄	Přírodní, antropogenní	<i>Přírodní:</i> Oceány, mokřady, travní systémy, termitiště, sedimenty <i>Antropogenní:</i> Odpadové a skládkové hospodářství, těžba fosilních paliv, spalování biomasy, rýžová pole, chov dobytku, navážky a usazeniny, fugitivní emise, lesnictví, výroba energie	20-23
N₂O	Přírodní, antropogenní	<i>Přírodní:</i> oceány, lesy, deštné pralesy, travní porosty, suché savany, oxidace amoniaku v atmosféře, půdní bakterie <i>Antropogenní:</i> rostlinná a živočišná výroba v zemědělství, použití hnojiv, spalování biomasy, chemické průmyslové procesy, zpracování odpadních vod	200-310
CFC, HCFC	Antropogenní	<i>Antropogenní:</i> izolace, rozpouštědla, chladicí technika (chladničky, mrazničky, klimatizace), výroba hliníku, elektronický průmysl	7500-22000

HFC, PFC	Antropogenní	<i>Antropogenní:</i> aerosolové rozprašovače, rozpouštědla, chladicí technika (chladničky, mrazničky, klimatizace), elektronický průmysl	12 až 22000
SF₆	Antropogenní	<i>Antropogenní:</i> elektronický průmysl (izolátory, transformátory)	12 až 22000
Halony	Antropogenní	<i>Antropogenní:</i> hasicí zařízení, letecká a vojenská technika	-

Z výše uvedených plynů oxid uhličitý, metan, oxid dusný, hydrofluoruhlodíky (HFC), polyfluorovodíky (PFC) a fluorid sírový patří k plynům, jež reguluje Kjótský protokol. „Tvrdé“ a „měkké“ freony se regulují Montrealským protokolem. V současné době se objevují i nové plyny, které údajně přispívají ke globálnímu oteplování, jedná se o fluorid dusitý, metylchloroform a fluorované étery. Emise těchto plynů v poslední době prudce stoupají kvůli nahrazení jimi freonů v chladicích zařízeních. Tyto plyny vznikají také během výroby plochých televizních obrazovek [41].

Kromě výše uvedených skleníkových plynů je možné vydělit ještě jednu skupinu tzv. nepřímých skleníkových plynů. Jedná se o plyny, sledované v rámci Rámcové úmluvy o změně klimatu, mezi které patří oxidy dusíku (NO_x), oxid uhelnatý (CO), oxidy síry (SO_x) a nemetanové těkavé látky (NMVOC).

4.1.6 Použití studie LCA [37]

Kruh možností využití studie LCA je vcelku široký. Primárně LCA se používá k identifikaci environmentálního profilu výrobku ve všech fázích jeho životního cyklu a k možnosti jeho zlepšení. Může být ale použita i pro jiné účely, například:

- Srovnávání alternativních produktů.

Porovnání výrobků, plnicích stejnou funkci je jedním z hlavních záměrů provádění studie LCA. Komparativní studii je možné provádět nejen u hmotných výrobků, ale i u služby či technologického procesu. Významnými oblastmi použití je odpadové hospodářství, hodnocení spotřebitelských produktů, doprava apod.

- Interní zlepšování výrobních systémů.

Pomocí LCA je možné určit možnosti interních zlepšení výrobních postupů v podnicích, identifikovat procesy, které se nejvíce podílí na zátěži životního prostředí, spotřebě energie nebo paliva, a najít tak možnosti úspor. Při požití v průmyslových podnicích se LCA často rozšiřuje do LCC (Life Cycle Costing).

- Komunikace s veřejností.

Výsledky studie LCA jsou dobře prezentovatelné veřejnosti. Poslední dobu toho často využívají podniky ke komunikaci a zlepšení vztahů s veřejností (například Volkswagen, Nokia, Motorola, Shell). Současně se zvětšujícím se zájem o eko-výrobky vytváří tlak na výrobce, aby zpracovávali LCA na svoje výrobky. Proto také v rozvinutých zemích je zpracování a prezentace výsledků studií LCA veřejnosti skoro samozřejmostí.

- Environmentální značení produktů.

Výše uvedený zájem o ekologicky šetrné výrobky se odráží i v rozvoji tzv. ekoznačení (viz následující Kapitola), které informuje spotřebitele o nižším dopadu výrobku na životní prostředí,

než mají ostatní výrobky a zvyšuje tak zájem o životní prostředí. Pro hodnocení dopadů výrobků na životní prostředí se používá právě metoda LCA.

- Odpadové hospodářství.

Jak již bylo v předchozích kapitolách uvedeno, studii LCA lze zpracovat nejen na výrobky, ale i na služby. Jedním z takových případů je nakládání s odpady. V této oblasti LCA může být použito pro identifikaci environmentálně významných procesů během zpracování odpadů a identifikaci významných environmentálních zátěží v rámci procesu. Nebo také využítí najde pro porovnání environmentálních dopadů alternativních způsobů nakládání s odpady, porovnání environmentální významnosti emisních toků nebo pro identifikaci oblastí potenciálních zlepšení v technologiích nakládání s odpady.

- Ekodesign.

Ekodesign se zabývá navrhováním takové konstrukce výrobku, která by co nejméně škodila životnímu prostředí, a přitom by byly zachované vlastnosti výrobku, jeho kvalita a spolehlivost. LCA je využíváno v rámci analytické fáze ekodesignu, během které se stanoví environmentální profil výrobku, a formulují se požadavky na vlastnosti výsledného produktu.

4.1.7 Předchozí známé aplikace metody LCA

Počátek snah o hodnocení environmentálních dopadů životního cyklu produktu na životní prostředí se datuje již na začátek 70. let. Původně byla metoda LCA vyvinuta především pro hodnocení obalů, ale časem se postupně rozšířila i na spotřebitelské produkty, které jsou v současné době hlavní oblastí použití metody LCA. V oblasti LCA nápojových obalů je známá porovnávací studie skleněných, plastových (PET), kompozitních obalů a hliníkových plechovek několika různých objemů (Projekt MŽP SP/11/2f1/16/07) [43], Studie byla zahájena v roce 2007 MŽP. Vyplývá z ní, že z hlediska spotřeby energie a přispívání ke globálnímu oteplování jsou nejméně výhodnými obaly hliníkové plechovky a nevratné skleněné obaly. A naopak nejčistšími jsou kompozitní obaly. Na poškozování ozonové vrstvy se nejvíc podílejí PET obaly malého i velkého objemů. Ostatní obaly produkují nesrovnatelně menší množství emisí, poškozující ozonovou vrstvu. Z pohledu produkce nebezpečných odpadů jsou na prvním místě opět hliníkové plechovky a nevratné skleněné obaly. A „nejčistšími“ jsou v tomto případě PET obaly malého i velkého objemu [44].

Další oblastí, kde metoda LCA našla největší uplatnění, je odpadové hospodářství. Mezi nejvýznamnější studie v této oblasti patří studie provedené skupinou Veolia Voda, která používá LCA k hodnocení dopadů na životní prostředí různých technologických řešení při investiční výstavbě ve vodním hospodářství. Výsledky studie byly zahrnuty do hodnocení navrhovaných řešení a byly předloženy investorovi stavby. Konkrétně metodika LCA byla aplikována na posouzení životního cyklu variant kalového hospodářství na Ústřední čistírně odpadních vod v Praze PVK, a.s. (člen skupiny Veolia OZE a.s.) a na posouzení rekonstrukce úpravní pitné vody Souš v severních Čechách [45]. Studie byly zpracovány ve spolupráci s odborníky Ústavu chemie ochrany životního prostředí VŠCHT v Praze.

Dále na požádání MŠMT ETC Consulting Group s.r.o a VŠCHT Praha bylo provedeno posouzení integrovaných systémů pro optimalizaci nakládání se směsnými komunálními odpady (projekt VaV). Katedrou ekonomie životního prostředí Vysoké školy ekonomické v Praze byla provedena porovnávací studie LCA skládkování versus spalování směsného komunálního odpadu [46], během které došlo ke srovnání procesu skládkování odpadu na Frýdecké skládce, a. s. s teoretickou variantou spalování odpadu s využitím tepla v spalovně SAKO Brno, a. s. Studie říká, že nejekologičtějším způsobem likvidace odpadu je jeho spalování, které umožňuje navíc i jeho

energetické využití. Studie také prokázala nižší karcinogenitu skládkování odpadu s vytríděním skla, plastu a papíru.

Velké uplatnění metoda LCA našla ve stavebnictví, kde lze najít několik následujících případových studií [47]:

- EPD a LCA portlandských cement, Holcim, a.s.,
- EPD a LCA cihlářských výrobků, Heluz, a.s.,
- EPD a LCA podlahových krytin, Fatra, a.s. Forbo Flooring Systéme,
- LCA opláštění budov, SIPRAL spol. s r.o.,
- LCA výroby a realizace stavební konstrukce. SIPRAL, a.s.,
- „Hodnocení životního cyklu budov“, ČVUT, Fakulta stavební, Katedra pozemních staveb.

V oblasti energetiky lze nalézt například LCA studie fosilních paliv a bioetanolu, technologii obnovitelných zdrojů energie, LCA křemíkových fotovoltaických panelů. Konkrétně v ČR byla zpracována LCA studie výroby elektrické energie z fosilních paliv a se spoluspalováním biomasy v elektrárně Tisová (ČEZ Energetické produkty, s.r.o.). Nebo LCA studii produkce uhlí a koku v OKD, a.s. a OKK, a.s. (NWR, Plc) [32][47].

Firma TECHO, a.s. zpracovala celkem třináct EPD a LCA studií kancelářského nábytku (několik druhů konferenčních stolů a úložných systémů) [47].

V oblasti chemického průmyslu je lídrem Spolek pro chemickou a hutní výrobu (Spolchemie, a.s.). Ten zpracoval několik LCA a EPD studií pro chemikálie [47].

Mezi další studie patří LCA proudového transformátoru, mobilního telefonu, nákupní tašky nebo baterií.

4.1.8 Zdroje dostupných dat pro LCA

Nezbytnou součástí provedení studie LCA je použití zdrojů dat, určených ke zpracování získaných dat a výpočtu výsledků inventarizační analýzy na jejich základě odráží vliv výrobku (služby, procesu) na životní prostředí. Tyto zdroje dat poskytují tzv. inventarizační tabulky, které umožňují zobrazení dat dle vybraných kategorií (fází životního cyklu, jednotlivých procesů, součástí výrobků), a tak je možné přímo vidět, jaký proces nebo jaké stádium životního cyklu produkuje nejvíce emisí skleníkových plynů nebo spotřebovává nejvíce energie atd. [37]. Zdroje dat se používají i při provedení analýzy neurčitosti pomocí metody Monte Carlo, která často bývá součástí těchto zdrojů.

Mezi požadavky na zdroje dat patří hlavně kvalitní údaje z důvěryhodných zdrojů v potřebné oblasti, jednoduché uživatelské rozhraní. A také efektivní zpracování údajů a představení výsledků v grafické a tabulkové podobě, které by byly kompatibilní s takovými operačními systémy, jako je například Microsoft Windows. Vhodným je i síťové připojení, umožňující rozšířené a aktualizované používání zdrojů dat [48].

V současné době existuje několik desítek zdrojů LCA dat, umožňujících realizaci výše uvedených operací. Mezi ně patří například [49]:

- **The Boustead Model 5.0** (Boustead Consulting Ltd., USA),
- **GaBi 4 Software** (PE-International, Německo),
- **SimaPro 7.3** (PRĀ© Consultants, Nizozemsko),
- **SolidWorks** (SolidWorks Corp., Francie),

- **openLCA** (GreenDelta, Německo),
- **Umberto** (IFU Hamburg, Německo),
- **WISARD** (Pricewaterhouse Coopers Ecobilan Group, Francie),
- **Quantis Suite 2.0** (Quantis, Švýcarsko/Kanada),
- **BEES 4.0** (National Institute for Standards and Technology (NIST) Building and Fire Research Laboratory, USA),
- **ECO-it 1.4** (PRÁ© Consultants, Nizozemsko),
- **CMLCA (Chain Management by Life Cycle Assessment)** (Centre of Environmental Science, Leiden University, Nizozemsko),
- **Economic Input-Output Life Cycle Assessment** (Green Design Initiative of Carnegie Mellon, USA),
- **The Environmental Impact Estimator** (ATHENA Sustainable Materials Institute, USA),
- **GEMIS (Global Emission Model for Integrated Systems)** (Okó-Institut, Německo),
- **GREET Model** (U.S. Department of Energy's Office of Transportation Technologies, USA),
- **IDEMAT** (Delft University of Technology, Nizozemsko),
- **LLamasoft** (USA),
- **LCAiT 4** (CIT Ekologik, Švédsko),
- **LCAPIX** (KM Limited),
- **SPOLD Data Exchange Software** (The Society for Promotion of Life-cycle Assessment, Dánsko),
- **TEAM** (Pricewaterhouse Coopers Ecobilan Group, Francie).

Mezi nejčastěji používané zdroje LCA dat patří SimaPro a GaBi.

SimaPro byl vyvíjen před více než dvaceti lety a používá se ve víc než 60 zemích konzultanty, vysokými školami, podniky a výzkumnými ústavy. Poskytuje transparentní výsledky a generuje posuzování dopadů v souladu s předpisy ISO 14040. Součástí je i metoda Monte Carlo [48].

GaBi je zcela podobný. Poskytuje několik metod posouzení environmentálních dopadů, má jednoduché uživatelské rozhraní. Jedinou výhodou GaBi je vyhodnocení dopadů i s uvažováním hospodářských a sociálních faktorů, které jsou v ostatních zdrojích LCA dat vyloučeny.

4.2 ENVIRONMENTÁLNÍ PROHLÁŠENÍ O PRODUKTU (EPD)

Současná doba, která se charakterizuje negativním ovlivňováním životního prostředí, vyžaduje od strojírenských podniků řešení problémů ekologické náročnosti výrobků a používaných technologií. Zvyšuje se zájem o ekologicky šetrné výrobky a jejich „transparentnost“ pro zákazníky.

Jedním z možných způsobů prosazení této politiky do podniků může být tzv. environmentální značení produktů. Je dobrovolné a uplatňuje se na mezinárodní úrovni. Legislativní základ tohoto konceptu je tvořen řadou mezinárodních norem ISO 14020. Jedná se v podstatě o hodnocení vlivu výrobku nebo služby na životní prostředí a jeho označování příslušnou značkou, která může být doplněna stručnou informací o jeho vlastnostech.

Standardy série ISO 14020 popisují celkem tři typy environmentálních značení a prohlášení [50]:

- I. typ tvoří „ekoznačky“ nebo tzv. ekolabeling a je popsán normou ČSN EN ISO 14024:2000 (Environmentální značky a prohlášení - Environmentální značení typu I - Zásady a postupy). Ekoznačku může získat pouze ten výrobek nebo služba, která plní požadavky stanovené příslušnou normou. A po získání ekoznačky se takový výrobek nebo služba počítá jako šetrnější k životnímu prostředí ve všech fázích svého životního cyklu.
- II. typ je představen vlastním environmentálním tvrzením (VTE) a reguluje se normou ČSN EN ISO 14021:2000 (Environmentální značky a prohlášení - Vlastní environmentální tvrzení (typ II environmentálního značení)). Vlastní tvrzení může mít různou podobu – od sdělení nebo výroků, po značky nebo obrázky umístěné na obalu nebo v dokumentaci. Tvrzení by mělo být jednoduché, přesné a ověřitelné. Mělo by upozorňovat spotřebitele na nějakou vlastnost, prvek činnosti nebo službu organizace. Příkladem mohou být například následující tvrzení: „recyklovatelný“, „snížená spotřeba energie“, „snížené množství odpadu“ apod.
- III. typ je tzv. Environmentální prohlášení o produktu (EPD – Environmental Product Declaration). Vypracovává se podle normy ČSN ISO 14025:2006 (Environmentální značky a prohlášení - Environmentální prohlášení typu III - Zásady a postupy). Jedná se o dokument, který zahrnuje veškerou informaci o vlivu výrobku či služby na životní prostředí během jeho celého životního cyklu. Hodnocení vlivů se zakládá na metodě LCA (Life Cycle Assessment) a skládá se ze souboru měřitelných charakteristik, zjištěných podle norem ČSN ISO 14040-49.

Ze všech třech typů environmentálních značení je III. typ nejpracnější. Poskytuje avšak nejkomplexnější informace. Značení environmentálního prohlášení o produktu je zobrazeno na obrázku 8.



Obr. 8 – Značení environmentálního prohlášení o produktu [51]

V rámci práce bude popsán pouze III. typ environmentálního značení – Environmentální prohlášení o produktu.

4.2.1 Definice a popis ENVIRONMENTÁLNÍ PROHLÁŠENÍ III. TYPU

Proces vypracování Environmentálního prohlášení o produktu je vymezen normou ČSN ISO 14025 a podle ní je environmentální prohlášení III. typu prohlášením, které poskytuje kvantifikované environmentální údaje, používající předem stanovené parametry, případně doplňkové environmentální informace.

Kvantifikovanými environmentálními údaji je tady myšlen soubor měřitelných charakteristik, obsahující přesné informace o dopadech výrobku nebo služby na životní prostředí během jeho celého životního cyklu. Jedna se například o takové informace, jakými je spotřeba energie, vody nebo surovin výrobkem během jednotlivých fází jeho životního cyklu. Dále pak materiálové složení výrobku, produkce různých druhů emisí přispívajících například k poškozování ozonové vrstvy, acidifikaci nebo skleníkovému efektu atd. Pro získání těchto informací se provádí podrobné posuzování životního cyklu výrobku pomocí předem stanovených parametrů a to metodou LCA (Life Cycle Assessment). Doplňkovými environmentálními informacemi tady mohou být jak kvantitativní tak i kvalitativní údaje [52][53].

4.2.2 Cíle a principy EPD

Environmentální prohlášení je v podstatě textový dokument, který zpracovává výrobce nebo nezávislá organizace na zakázku výrobce a který informuje zákazníky o možných negativních vlivech výrobků na životní prostředí.

Hlavními cíli tohoto dokumentu jsou [53]:

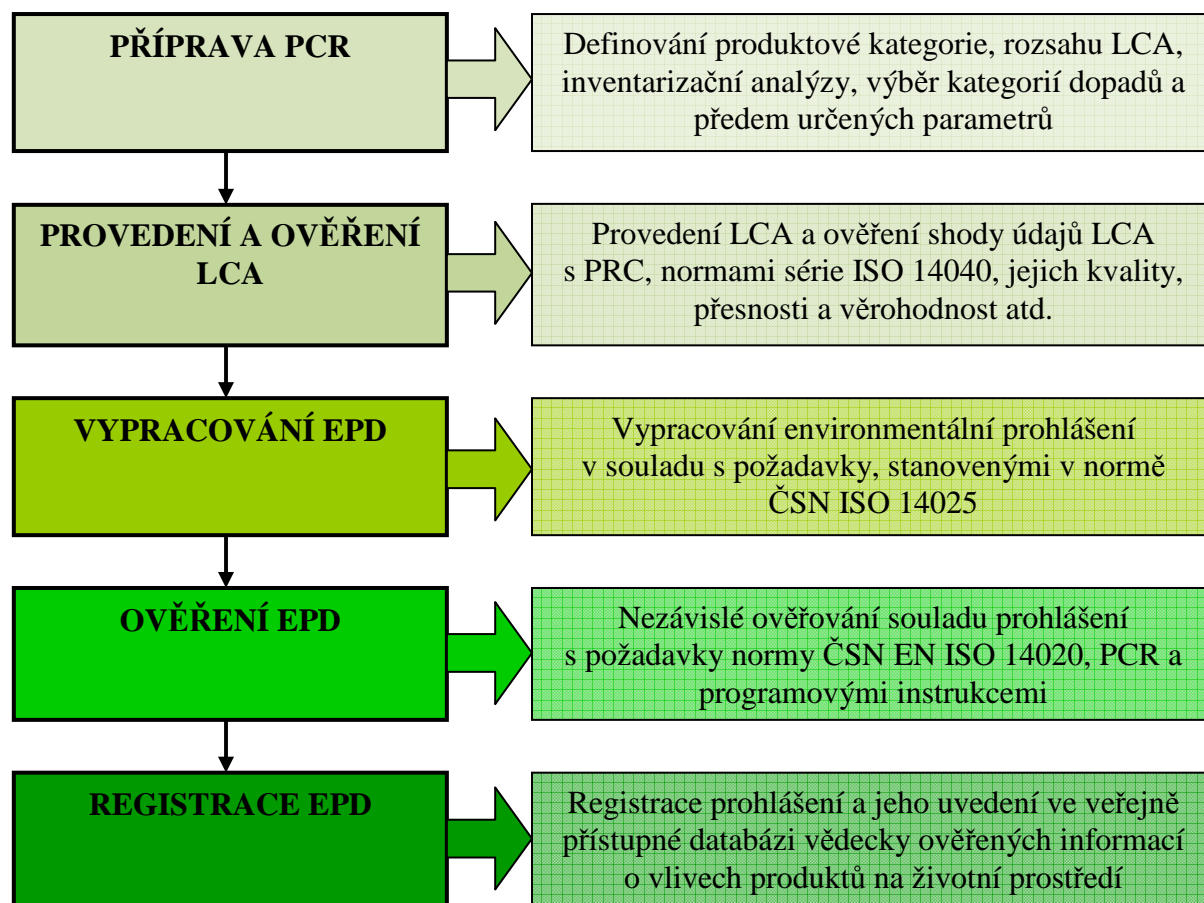
- Prezentování zákazníkovi environmentálních aspektů výrobků a pomoc v jejich porovnání mezi sebou na základě prohlášením poskytnutých informací.
- Poskytování kvantifikovatelných nebo nekvantifikovatelných údajů o environmentálních dopadech výrobků během jejich celého životního cyklu.
- Odlišování produktů environmentálně šetrnějších k životnímu prostředí od méně šetrnějších.
- Zvýšení reputace environmentálně šetrných výrobků a výrobců.
- Obrácení pozornosti zákazníků a výrobců k problematice zátěže životního prostředí.
- Zvýšení zájmů zákazníků o výrobky šetrné k životnímu prostředí.

Základními principy, podle kterých by každé environmentální prohlášení mělo být vypracované, jsou [52][53]:

- objektivita,
- vztah k ISO 14020,
- dobrovolnost,
- založení na životním cyklu,
- modularita,
- neutralita,
- porovnatelnost,
- zapojení zainteresovaných stran,
- důvěryhodnost (ověřování),
- flexibilita,
- transparentnost.

4.2.3 Vypracování EPD

Vypracování environmentálního prohlášení probíhá v krocích, zobrazených na obrázku 9.

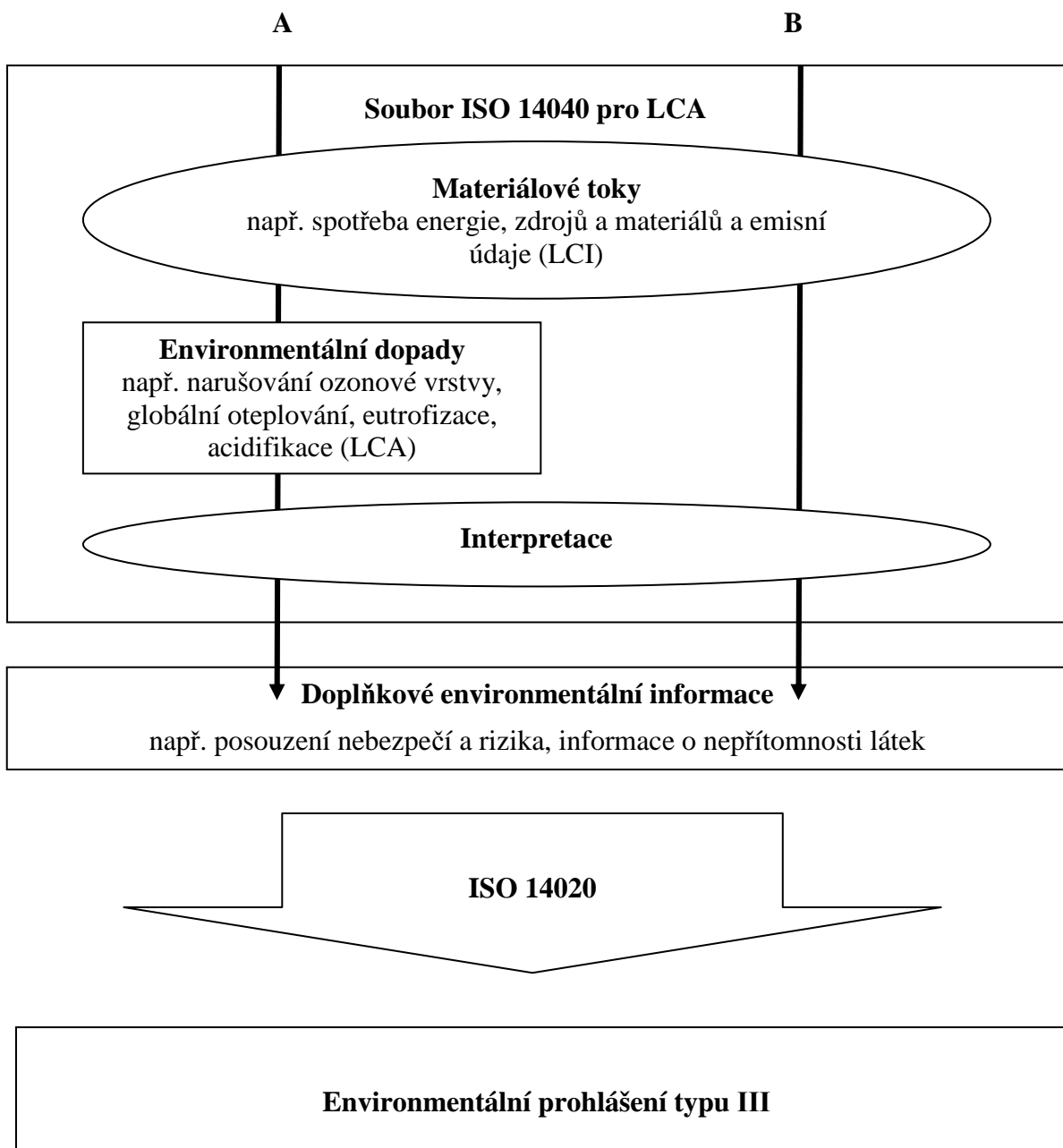


Obr. 9 – Etapy vypracování environmentálního prohlášení [52][54]

Ze znázorněného schématu je patrné, že zpracovávání environmentálního prohlášení probíhá na základě tzv. pravidel produktových kategorií (PCR – Product Category Rules), které se skládají z metodických pokynů (požadavků, pravidel, směrnic) pro vývoj EPD a pro jednotlivé produktové kategorie. Tyto pravidla jsou vytvářena odbornými institucemi ve spolupráci s oborovými organizacemi určitých průmyslových odvětví. Obsahují pokyny k vypracování analýzy LCA, určování cílů, rozsahu a zpracování potřebných informací, jenž jsou založena na LCA. Dále obsahují inventarizační analýzu a pravidla zpracování doplňkových informací. PCR také určují stádia životního cyklu, která by měla být do environmentálního prohlášení zahrnuta, a parametry, které by v něm měly být popsány [54].

Kvantifikované environmentální údaje obsažené v EPD se musí zakládat na výsledcích posouzení životního cyklu výrobku, které se provádí podle normy ČSN EN ISO 14040.

Existují dvě různé metodické možnosti pro environmentální prohlášení a programy typu III, představené na obrázku 10.



Obr. 10 – Metodické možnosti pro environmentální prohlášení a programy typu III [52]

Podle ČSN ISO 14025 samotné environmentální prohlášení musí obsahovat následující informace [52]:

- identifikace a popis organizace vydávající prohlášení,
- popis produktu,
- identifikace produktu (např. číslo modelu),
- jméno programu, adresa provozovatele programu, logo a internetová adresa, je-li to relevantní,
- identifikace PCR,
- datum zveřejnění a doba platnosti,
- údaje z LCA, LCI nebo informačních modulů,

- doplňkové environmentální informace,
- obsah prohlášení zahrnující materiály a látky, které se mají oznamovat (např. informace o složení produktu, včetně specifikace materiálů a látek, které mohou v jakémkoli stadiu životního cyklu negativně ovlivnit lidské zdraví a/nebo životní prostředí),
- informace o tom, která stadia nejsou vzata v úvahu, jestliže se prohlášení nezakládá na LCA pokrývajícím všechna stadia životního cyklu,
- vyhlášení, že environmentální prohlášení z různých programů nemusí být porovnatelné,
- informace o tom, kde je možno získat vysvětlující materiály.

Proces zpracování prohlášení musí projít procesem ověření. Ověření podléhají jak PCR, údaje LCA, LCI, informační moduly a doplňkové environmentální informace, tak i samotné environmentální prohlášení.

Ověření PCR probíhá v podobě přezkoumání třetí stranou. A ta musí potvrdit, že PCR jsou v souladu se souborem norem ISO 14040, splňují programové instrukce (pravidla pro vedení a provozování programů EPD) a že údaje LCA poskytují popis významných environmentálních aspektů produktu [52][54].

Ověření údajů LCA, LCI, informačních modulů a doplňkových environmentálních informací musí prokázat, že tyto údaje jsou ve shodě s PCR, normami série ISO 14040 a programovými instrukcemi. A také, že jsou věrohodné, kvalitní a přesné [55].

Hotové prohlášení musí projít procesem ověření, během kterého se kontroluje jeho obsah a formát. Nezávislé ověřování samotného EPD musí minimálně zjistit, zda je prohlášení ve shodě s normou ISO 14020, programovými instrukcemi, aktuálními a relevantními PCR.

Po ověření prohlášení musí být provedena registrace. Poté může být prohlášení uvedeno v oborové databázi vědecky ověřených informací o vlivech produktů na životní prostředí a příslušný výrobek označen logem EPD.

4.2.4 Organizace provozující EPD

Existuje kolem dvou desítek organizací provozujících program environmentálního značení v různých zemích. Mezi ně patří například Institute Construction and Environment e.V. (Ústav pro výstavbu a životní prostředí, Německo), The Norwegian EPD Foundation (Nadace pro EPD, Norsko), Instructions INIESINIES (Francie), The International EPD® System (Švédsko) a jiné. Právě švédským systémem byla poprvé použita zkratka EPD, která se poté stala mezinárodně uznávanou.

V ČR platformu pro environmentální značení všech typu tvoří Národní program pro environmentální značení (NPEZ). Tento program provozuje Centrum environmentálních prohlášení (CENDEC), který spolupracuje se švédským provozovatelem The International EPD® System, a zakládá se na švédském programu The International EPD® System, provozovaným IEPDC (International Environmental Product Declaration Consortium). Mezi českými a švédskými provozovateli byla podepsána smlouva o spolupráci, na základě které se český Národní program pro environmentální značení stává součástí mezinárodního konsorcia Environdec [52][56].

4.2.5 Výhody a nevýhody EPD

Environmentální prohlášení III. typu se liší od ostatních ekologických značení tím, že obsahuje informace o dopadech výrobků na životní prostředí a to během jejich celého životního cyklu od těžby surovin pro jejich výrobu, až po jejich likvidaci jako odpadu.

Vypracování EPD se zakládá na tzv. pravidlech produktových kategorií, které stanoví jednotné parametry pro hodnocení vlivu výrobku na životní prostředí pro určité kategorie výrobků. To umožňuje zákazníkovi porovnat mezi sebou výrobky stejné kategorie a vybírat ten, jenž zatěžuje životní prostředí nejméně. Na rozdíl od EPD ostatní ekoznačení sice informují zákazníka o tom, že označený výrobek má menší vliv na životní prostředí, neumožňují však porovnat označené výrobky mezi sebou a vybrat ten ekologičtější.

Při vypracování EPD se používá jednotná mezinárodní metodika, což vede k tomu, že parametry výrobků stejné produktové kategorie jsou mezinárodně uznávané a navzájem porovnatelné.

Mezi nevýhody environmentálního prohlášení III. typu patří především složitost jeho vypracování. Komplexnost posuzování celého životního cyklu výrobku metodou LCA, která je nezbytná při vypracování EPD, stěžuje situaci. Stejně tak komplexnost zajištění vzájemné porovnatelnosti EPD výrobků stejné kategorie stěžuje situaci. Navíc tento proces vyžaduje poměrně vysoké náklady. Ve výsledku je EPD příliš náročné pro běžné použití při nákupu a uplatňuje se zatím spíše v komunikaci mezi podniky.

4.2.6 Zkušenosti s EPD

Nehledě na veškeré výhody, které EPD přináší, zkušenosti s ním nejsou zatím příliš velké. Doposud bylo registrováno kolem 250 environmentálních prohlášení III. typu, z nichž přes 30 bylo zpracováno v ČR. Seznam těchto výrobků je vcelku rozmanitý - stavební materiály, potraviny, elektrické spotřebiče atd.

Kvůli trendu komplexní certifikace budov, vyžadující hodnocení životního cyklu při posouzení jejich udržitelnosti, se EPD zatím nejvíce uplatňuje ve stavebnictví. Výroba samotných stavebních materiálů způsobuje čtvrtinu celkových dopadů budovy na životní prostředí, proto problematika posuzování jejich životního cyklu je v současné době tak aktuální. Existuje dokonce databáze stavebních materiálů a konstrukcí, pomocí které je možné zjistit a posoudit jejich vliv na životní prostředí [57].

V současné době v oblasti stavebnictví jsou zpracované EPD cementu od Svazu výrobců cementu České republiky, betonových tvarovek od KB-BLOK systém [58], s.r.o., keramických obkladových prvků od firmy LASSELSBERGER [59], s. r. o., umělého kameniva společnosti CORYDORAS s.r.o. Mezi zahraniční zkušenosti patří EPD pro dřevotřískové desky od Tokyo Board Ind. (Japonsko), melaminové stavební desky od SAIB (Itálie), výroba cementu od Buzzi Unicern (Itálie), pálená střešní krytina od Cotto San Michele (Itálie), betonová střešní krytina od CEDA, La Cecosa, Gambale, Monier (vše Itálie), polyesterové stavební desky od Freudenberg Politex (Itálie), pálené cihly od Ziegler Gasser Mattonia (Itálie), okna od Cormo (Itálie) [60].

Poměrně velké zkušenosti s EPD má česká firma Techo, a.s., která se zabývá výrobou kancelářského nábytku. Je první firmou v této oblasti, která vydala EPD. Mezi její výrobky, opatřené EPD, patří několik druhů konferenčních stolů a úložných systémů, celkem je jich třináct [61].

Spolchemie má vypracováno EPD pro základní nízkomolekulární epoxidové pryskyřice bez modifikátorů několika druhů, společnost PRAGOCHEMA s.r.o. – „Chemické přípravky pro fosfatizaci řady PRAGOFOS“ [62].

Mezi průkopníky ve své oblasti patří italský závod San Marco, který vyrábí barvy a laky. Dále pak rakouská společnost EGGER vyrábějící dřevěný nábytek a součásti pro jeho výrobu [64]. A také minerální voda Cerelia z Itálie od AF Group RUS [65].

Mezi výrobky spojené se spotřebou energie, na které bylo zpracováno EPD, patří podlahový vysavač ETA 1450 PROXIMO od výrobce ETA [66], a.s. a šicí stroj PFAFF 2046 (440) od firmy VSM Production, s.r.o. [67].

Existují také EPD zpracované pro odnosné kompostovatelné tašky, které vyrábí společnost HBABio s.r.o. Je možné zde uvést také například systém automatické půjčovny kol, jež zprostředkovává firma HOMEPORT s.r.o., anebo výrobu chladicích výplní protiproudých chladicích věží (řada 19,5; 22,5; 23,5; 30; 40+6; 40+40), kterou realizují Chladicí věže Praha a.s.

EPD prohlášení můžeme nalézt také u procesů. Příkladem může být uveden proces účetnictví u společnosti Networking s.r.o., nebo projekt celostního projektování ARC Studie, či přípravy publikace firmou ASCO.

Mezi výrobce elektroenergetických komponentů je dominantním lídrem společnost ABB, která má vypracováno celkově kolem osmdesáti prohlášení pro pohony a výkonovou elektroniku, motory, transformátory, přístroje nízkého a vysokého napětí [68].

V oblasti strojírenství je situace ještě horší. Jak je všeobecně známo, sektor obráběcích a výrobních strojů patří mezi sektory s největším potenciálem energetických úspor. A kvůli velké spotřebě energie i mezi oblastí průmyslu nejvíce zatěžující životní prostředí. Proto pro oblast strojírenství je zavedení EPD zvlášť důležité. Důkazem toho jsou normy, vznikající pod tlakem zhoršení environmentální situace, „ekotrendu“ a veřejnosti. Nicméně současná situace je taková, že aktivní využití EPD provádí pouze někteří světově významní výrobci.

V této oblasti španělská firma Nicolás Correa je prvním výrobcem středních a velkých frézovacích strojů opatřených EPD prohlášením [69].

Převážná většina ostatních firem sice studie (LCA) provádí, ale s vypracováním EPD nemá žádné praktické zkušenosti. Situace je totiž taková, že ve většině případů informace o zatěžování výrobkem životního prostředí jsou, ale zatím daleko ne každý podnik se odváží tyto informace o svých výrobcích zveřejnit. Mohlo by je to znevýhodnit před konkurencí.

Dalším problémem je to, že v zemích, kde EPD již našlo větší uplatnění, existují speciální organizace, které se zabývají tím, že vydávají PCR. Jak je již známo, PCR stanovují, jaké informace by měl příslušný výrobek obsahovat. V České republice takové organizace v podstatě nejsou, ani pro stavebnictví, kde EPD zatím našlo největší uplatnění. Z toho vyplývá, že není proti čemu EPD ověřovat. V současné době se nad vytvářením takové organizace pracuje a zatím jediným řešením této situace je použití PCR, vydaných v jiných zemích.

4.2.7 Rozdíl mezi LCA a EPD

Jak vyplývá z výše uvedeného popisu pojmů LCA a EPD, tak jsou mezi sebou těsně propleteny. Vzniká tady zmatek – co je LCA a co je EPD.

LCA je v podstatě nástroj pro hodnocení možných dopadů výrobků na životní prostředí, které mohou vzniknout během jeho životního cyklu. Je to metoda, která analyzuje celý životní cyklus výrobku za účelem nalezení fází nejvíce zatěžujících životní prostředí a příčiny těchto zátěží. LCA hledá potenciál pro zlepšení environmentálních vlastností výrobků. Studii LCA většinou následuje tzv. ekodesign výrobku, který má za účel nalezenou příčinu odstranit nebo aspoň zmírnit její projev. LCA lze použít buď pro hodnocení životního cyklu jednoho výrobku, anebo pro porovnání environmentálních dopadů dvou výrobků. Je určena hlavně pro plánování nebo rozhodování, ale není určena pro použití běžným spotřebitelem. Ke zveřejnění je většinou určena pouze zkrácená verze studie LCA. Jinak LCA je možné také použít k vypracování prohlášení EPD.

LCA, jak již bylo napsáno, je neoddělitelnou součástí EPD. Prohlášení EPD je v podstatě deklarace, která obsahuje soubor měřitelných informací o environmentálních dopadech výrobku během jeho celého životního cyklu, založených na výsledcích metody LCA. Je tedy možné říci, že EPD prezentuje výsledky LCA. Ale na rozdíl od LCA má EPD za úkol právě především „reklamu“ výrobku, prezentaci jeho environmentálních vlastností, poskytování zákazníkovi možnosti

srovnávání různých výrobků se stejnou funkcí a výběru toho nejšetnějšího k životnímu prostředí. EPD je tedy určené právě ke zveřejňování a k jejímu přímému využití spotřebitelem.

4.3 SYSTEMOVÝ PŘÍSTUP

Systémová věda je souborem disciplín, které se zabírají zkoumáním systémů. Existuje několik základních disciplín, které se systémům věnují. Jsou univerzální, mají tzv. interdisciplinární charakter, a je tak možné je aplikovat v jakékoliv oblasti od humanitních až po technické vědy. Systémové disciplíny je možné rozdělit na systémové teorie a systémové aplikace. K první skupině patří obecná teorie systémů, kybernetika a logistika. Druhá skupina zahrnuje operační analýzu a operační výzkum, systémový výzkum, systémovou analýzu a syntézu, systémové inženýrství, teorie a aplikace modelů a modelování. Zřejmě existuje i spousta dalších disciplín, zaměřených na systémovou vědu. Tyto disciplíny mají společné příznaky, mezi které patří například systém jako předmět zkoumání, podobný algoritmus řešení problémů, použití systémové terminologie a jiné. V následujících podkapitolách jsou popsány nejzákladnější systémové disciplíny [70].

4.3.1 Teorie systémů

Teorie systémů je vědní disciplínou, která se zabývá studiem reálných a abstraktních objektů (tělesa, soustavy, jejich vlastnosti, metody řešení, problémy, atd.), jejich existencí, strukturou, vlastnostmi, chováním a interakcemi s okolním prostředím. Teorie systémů je také vědním oborem, který je součástí teoretické kybernetiky. Stejně jako většina systémových disciplín, teorie systémů představuje systém jako mezidisciplinární pojem, zabývá se metodologickými aspekty zkoumání systému, využívá k jeho zkoumání logicko-matematický aparát a sjednocuje aspekty chování různých druhů systémů.

Teorie systémů se především zaměřuje na [71]:

- vytvoření obecné systémové terminologie (vymezuje pojmy systém, soustava, prvek, vazba, struktura apod.),
- vytvoření přístupů pro definování systémů na objektech a subsystémů v systémech,
- zkoumání podmínek existence systémů a jejich vlastností, např. stabilita, ovladatelnost, spolehlivost apod.,
- zkoumání chování a ovládání systémů,
- zkoumání cílů systémů a metod jejich testování z hlediska těchto cílů,
- hledání analogických zákonů, platných v různých systémech,
- zkoumání matematického izomorfismu mezi různými systémy.

4.3.2 Systémová analýza a syntéza

Systémová analýza a syntéza (dále SAS) je metodologicko-aplikační disciplínou pro řešení mnohokriteriálních úloh na strukturně a procesně složitých reálných nebo abstraktních systémech. Tato disciplína představena souborem logických a formalizovaných postupů pro zkoumání struktury a chování složitých systémů. Předmětem zkoumání SAS jsou nejrůznější typy objektů (tělesa, soustavy, jejich vlastnosti, metody řešení, problémy, atd.) s problémy týkající se jejich vlastností, struktur, chování a jinými pro ně charakteristickými. Charakter přístupu k řešení problému a volba metod jsou závislé na typu objektu a problému, který se na něm řeší. Při řešení těchto problémů [70]:

- procesy řešení mají iterativní charakter a řešení se realizuje na různých rozlišovacích úrovních;

- složitost a interdisciplinárnost problémů vyžaduje řešitelské týmy složené z odborníků různého zaměření, důležitá je takže pojmová a terminologická ujasněnost;
- jako metody řešení se využívají metodologicky rozpracované „úlohy SAS“, modelování, optimalizační a statistické metody, expertní systémy apod.
- Systémová analýza jako součást disciplíny SAS má následující úlohy [70]:
- stanovení soudržnosti součástí (systému) a celku (např. zkoumání možných konfliktů mezi součástmi a celkem),
- úlohy o chování (např. synchronizace procesů),
- strukturní úlohy (např. zkoumání potenciálních schopností struktur),
- úlohy spojené se stanovením cílů a jejich klasifikací,
- kapacitní úlohy (např. stanovení kapacity nositelů funkcí),
- dekompoziční úlohy.

Systémová syntéza se navazuje na systémovou analýzu. Je složitější, jelikož závisí na výsledcích systémové analýzy. Při realizaci syntézy se používají následující strategie [70]:

- dekompoziční princip (syntéza systémů po částech),
- subsystémy jsou také systémy (pro hodnocení subsystémů se používají stejné metody jako u systémů),
- princip optimality (včasné ukončení syntézy),
- princip suboptimalizace (optimalizace subsystémů nemusí vést k optimalizaci celého systému).

Úkolem SAS vzhledem k řešitelům problému je [72]:

- zvyšování znalostí řešitelů o strukturách objektu a o procesech na nich probíhajících, k čemuž slouží strukturní úlohy SAS a úlohy o chování objektů;
- napomáhání řešitelům analyzovat a formulovat problémové situace;
- přispění k výběru nejvhodnějších metod řešení problémů;
- zvyšování úrovně analýzy výsledků řešení problémů a napomáhání při jejich implementaci a realizaci.

4.3.3 Systémový přístup

Systémový přístup je způsobem řešení problémů, při kterém jsou jevy chápány komplexně ve svých vnějších i vnitřních souvislostech. Systémový přístup umožňuje také nalezení nejvhodnějších postupů řízení systémů.

Metoda systémového přístupu se skládá ze dvou fází – analytické a syntetické.

Analytická fáze se provádí v následujících krocích [70]:

- zpřesňování formulace řešeného problému,
- zpracování plánu postupu řešení problému,
- určení cílů chování systému a objasnění jeho funkcí,
- definování prvků a struktury systému a jeho vazeb s okolím,

- určení kritérií pro hodnocení spolehlivosti a efektivnosti funkcí systému.

Syntetická fáze využívá výsledky a závěry z analytické fáze a provádí se v následujících krocích [70]:

- vytvoření modelu systému a simulace jeho funkcí nebo chování vůči okolí,
- optimalizace chování systému,
- návrh způsobu řízení funkcí systému,
- zajištění požadované spolehlivosti a efektivnosti systému.

Systémový přístup respektuje charakteristické systémové znaky. Grafické znázornění základních systémových atributů a jejich aplikaci na životní cyklus zachycuje tabulka 2.

Tab. 2 – Grafické znázornění základních systémových atributů a jejich aplikace na hodnocení životního cyklu

№	Základní systémové atributy [71]	Aplikace na hodnocení životního cyklu
1	Obsahově správné vymezení pojmů týkajících se objektů, procesů, jevů apod.	Před začátkem hodnocení by měly být přesně definovány cíle a rozsah studie, funkční jednotka, referenční tok, hranice posuzovaného systému
2	Prioritu má analýza problémové situace a problému	Nerelevantní atribut
3	Objekty a na nich probíhající procesy jsou chápány strukturovaně	Objekt/životní cyklus je představen jako soubor vzájemně propojených prvků/fází životního cyklu
4	Objekty jsou posuzovány účelově, z hlediska řešeného problému	Posuzování objektu/životního cyklu se provádí s ohledem na cíle studie
5	Objekty se vyšetřují jako otevřené soustavy, mající vazby s okolím	Objekt studie se nachází ve vzájemné interakci s okolím (jinými objekty a životním prostředím)
6	Sleduje se cílové chování objektů	Posuzování objektu/jeho životního cyklu se provádí s hlediska cíle zadavatele studie
7	Problémy jsou chápány a řešeny komplexně	Objekt studie/prvek se neposuzuje izolovaně, ale ve spojení s jinými objekty/prvky a životním prostředím
8	Objekty jsou chápány hierarchicky	Každý objekt studie nebo jeho životní cyklus je souborem prvků, ze kterých je každý prvek zase tvořen prvky a je přitom součástí nadřazené struktury
9	Objekty se vyšetřují orientovaně, sledují se relace příčina-následek, vstup-výstup apod.	Při posuzování životního cyklu sledují se relace mezi změnami prvků objektu studie a změnami samotného objektu, soulad mezi surovinami na vstupu a produkty na výstupu
10	Objekty se vyšetřují jako soustavy závislé na čase neboli „dynamicky“	Objekt studie se posuzuje během jeho celého životního cyklu, při posuzování fáze užití objektu se počítá s podmínkami jeho užití
11	V jednáních a řešeních problémů se musí sledovat úrovně vyváženost	Přínos technik použitých při posuzování životního cyklu by měl odpovídat vynaloženým na jejich realizaci časovým a finančním nákladům. Úrovně posuzování jednotlivých prvků by měly být stejné

12	Vytvářejí se podmínky pro tvorbu algoritmů činností, mající prvky hromadnosti a zobecnění	Při posuzování životního cyklu objektu se jednotlivé prvky a materiály často používají ve zjednodušené podobě a to z důvodu nemožnosti získání všech potřebných dat a také kvůli dosažení aplikovatelnosti výsledků na obdobné objekty
13	Zdůrazňuje se nenahraditelnost lidského činitele při řešení nestandardních situací	Nerelevantní atribut
14	Proces myšlení, jednání a řešení problému má být zakončen analýzou a ověřením výsledků	Výsledky studie podléhají ověření správnosti definice funkce systému, funkční jednotky, hranic systému, provádí se analýzy neurčitosti, kontroly kompletnosti, citlivosti a konzistence
15	Závěrečnou fází je implementace řešení, tj. jeho včlenění do konkrétních podmínek	Nerelevantní atribut

Obecná teorie systémů a systémový přístup se používá při řešení složitých interdisciplinárních problémů, například návrh technických objektů a zařízení, které obsahují stránku technickou a společenskou. Jak vyplývá z výše uvedené tabulky, na hodnocení životního cyklu je možné aplikovat téměř všechny charakteristické znaky systémového přístupu. Popis jeho aplikace na výrobní stroj je uveden v následující kapitole.

5 VÝROBNÍ STROJ JAKO SYSTÉM

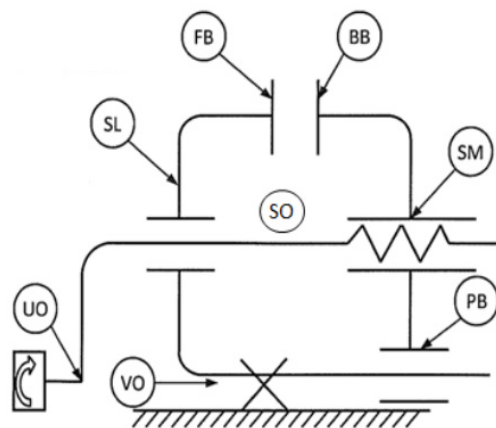
5.1 ZÁKLADNÍ KONSTRUKČNÍ UZLY VÝROBNÍHO STROJE

Výrobní stroj je mechanické nebo elektromechanické zařízení nebo systém zařízení, který slouží ke zpracování materiálů nebo polotovarů (odlitek, výlisek, výkovek, svařenec, výstřižek) do výrobků žadané velikosti, tvaru a vlastností. V současné době škála výrobních strojů je velmi široká – od jednoduchých strojů s ručním ovládním po plně automatizované, které nepotřebují zásahy obsluhy. Proces realizovaný na výrobních strojích se řídí příslušnou technologií a vede k trvalé kvalitativní změně tvarovaného objektu.

Výrobní stroj, stejně jako jakékoliv strojírenské zařízení, si lze představit jako soustavu jednodušších prvků. V případě výrobního stroje prvky mohou být představeny například konstrukčními uzly. Stroj zase může být součástí nějaké nadřazené struktury – strojní linky nebo agregátu. Rozdělení výrobního stroje na konstrukční uzly představuje pouze jeden pohled na stroj jako na soustavu – orgánový (viz obrázek 11 a tabulka 3). Ve vztahu k výrobnímu stroji je možné také mluvit o struktuře stavební (viz obrázek 12 a tabulka 4), jenž je představena hierarchicky uspořádanou množinou stavebních prvků, např. šroub – hřídel – ložisko – elektromotor. Třetí možnosti uspořádání prvků stroje je funkční struktura (tabulka 5), která představuje uspořádanou množinu dílčích funkcí stroje, např. orgán „Pevná upínací plocha“ plní funkci „Vytvoření pevné upínací plochy a přenášení upínacího účinku“ [72].

Tab. 3 – Součásti orgánové struktury stroje

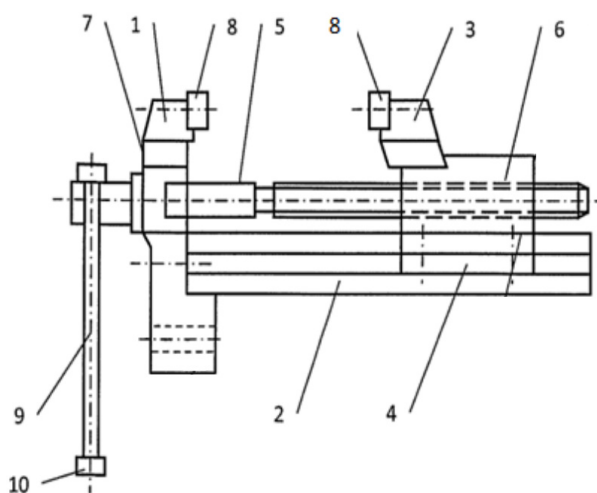
Orgány	
FB	Pevná upínací plocha
BB	Pohyblivá upínací plocha
PB	Orgán vedení BB-FB
UO	Zachycovací orgán
SM	Pohybový šroub
SO	Akumulační orgán
SL	Radiálně uložený orgán
SM	Radiálně a axiálně uložený orgán
VO	Spojovací orgán s pevným systémem



Obr. 11 – Orgánová struktura stroje

Tab. 4 – Součásti stavební struktury stroje

Součásti	
1	Pevná čelist
2	Lože
3	Pohyblivá čelist
4	Příložka
5	Pohybový šroub
6	Saně
7	Stojina
8	Obložení čelisti
9	Tyč
10	Kroužek
11	Šroub



Obr. 12 – Stavební struktura stroje

Tab. 5 – Prvky funkční struktury stroje

№	Funkce
1	Vytvořit pevnou upínací plochu. Přenést upínací účinek.
2	Vytvořit pohyblivou upínací plochu. Přenést upínací účinek (upínací sílu).
3	Vést pohyblivou upínací plochu vzhledem k pevné upínací ploše.
4	Vytvořit přejímací plochu. Umožnit převzít účinek (práci) člověka.
5	Transformovat rotační pohyb na posuvný.
6	Zvětšit posuvnou sílu.
7	Akumulovat upínací energii.
8	Držet polohu proti působící upínací síle.
9	Vytvořit plochu pro spojení s pevným systémem. Umožnit spojení s pevným systémem.

Aplikace výše uvedených přístupů na výrobní stroj je představena v tabulce 6.

Tab. 6 – Popis konstrukčních uzlů výrobních strojů [73][74][75][76]

Konstrukční uzel	Komponenty	Funkce	Materiál komponentu
Nosný uzel (rám)	Lože	Zprostředkování přenosu sil (obrábění, dynamických a proměnných váhových) od nástroje k obrobku	Šedá litina, tvrná litina, ocel, minerální litina (polymerbeton), vysokopevnostní beton HPC, přírodní žula (granit), keramika na bázi Al a Si, kompozitní materiály navinuté na formu, rám s dutinami vyplněnými kovovou pěnou
	Stojan		
	Příčník		
	Sloup		
	Konzola		
Pohonný uzel (pohonné a posuvové mechanismy)	Hnací člen (hydro- a elektromotory/rotační a lineární motory)	Transformace vstupní energie v mechanickou energii	Šedá litina, slitiny hliníku (Al-Si)
	Převodový mechanismus (ozubený a řemenový převod, variátor otáček, frekvenční měnič a jiné)	Vytváření kinetické a silové vazby mezi hnací a hnanou hřídelí, zajištění změny rozsahu výstupních veličin, změna rotačního pohybu v přímočarý	Ocel, šedá litina
	Vřetenno-výstupní člen (pohybový šroub, systém pastorek a hřeben, šnek a hřeben, klikový a kulisový mechanismus, přímý posuv)	Převádění rotačního pohybu na vstupní přímočarý pohyb pohyblivého dílu rámu	Ocel, bronz, litina

Spojovací uzel (pohyblivá a pevná spojení částí stroje)	Rovinné vedení (přímočará a kruhová/kluzná, hydrostatická a aerostatická, valivá)	Realizace posuvného přímočarého pohybu strojních součástí (např. pracovních stolu) a snižování tření mezi nimi, přenesení zatížení z jednoho dílu na druhý	Litina (šedá jakostní, speciální, kalená, očkovaná, s přísadou oceli, legovaná), ocel (kalená), bronz (+ kompozice), plastické hmoty (Metaloplast, Turcite B, Gamapest, Diamant Moglice)
	Uložení (kluzná, hydrostatická a aerostatická, valivá ložiska)	Zabezpečení relativního pohybu mezi pevnou a rotující částí stroje, zachycení působící síly	Ocel + bronzová výstelka nebo výstelka ložiskového kovu nebo kompozice
Pomocný uzel	Mazání (ruční, rozstříkem nebo broděním, olejová mlha, oběhové mazání)	Snížení třecích odporů, odvádění tepla, tlumení hluku, snížení opotřebení funkčních ploch	Ocel, plastické hmoty Maziva: emulzní kapaliny, vodní roztoky
	Chlazení	Odvádění tepla z obráběcího prostoru, zvyšování mazacího účinku, napomáhání v odvádění třísek z obráběné plochy	Ocel, mosaz, plastické hmoty Chladicí kapaliny: vodní roztoky, minerální a mastné organické oleje a tuky, emulzní kapaliny, syntetické a polosyntetické kapaliny
	Třískové hospodářství (ruční, automatické)	Odvádění třísek z pracovního prostoru	Ocel, nylon
	Manipulace s obrobky (s paletami, bez palet, roboty nebo manipulátory)	Zkrácení mezioperačního času použitím automatické výměny obrobků, paletizačního systému a automatickou výměnou palet pomocí otočných nebo posuvných manipulačních stolů, použitím robotů nebo manipulátorů	Ocel, pryž
	Systém výměny nástrojů (s nosnými zásobníky nástrojů, se skladovacími zásobníky nástrojů)	Zvýšení produktivity stroje zkrácením mezioperačního času	Ocel, slitiny hliníku

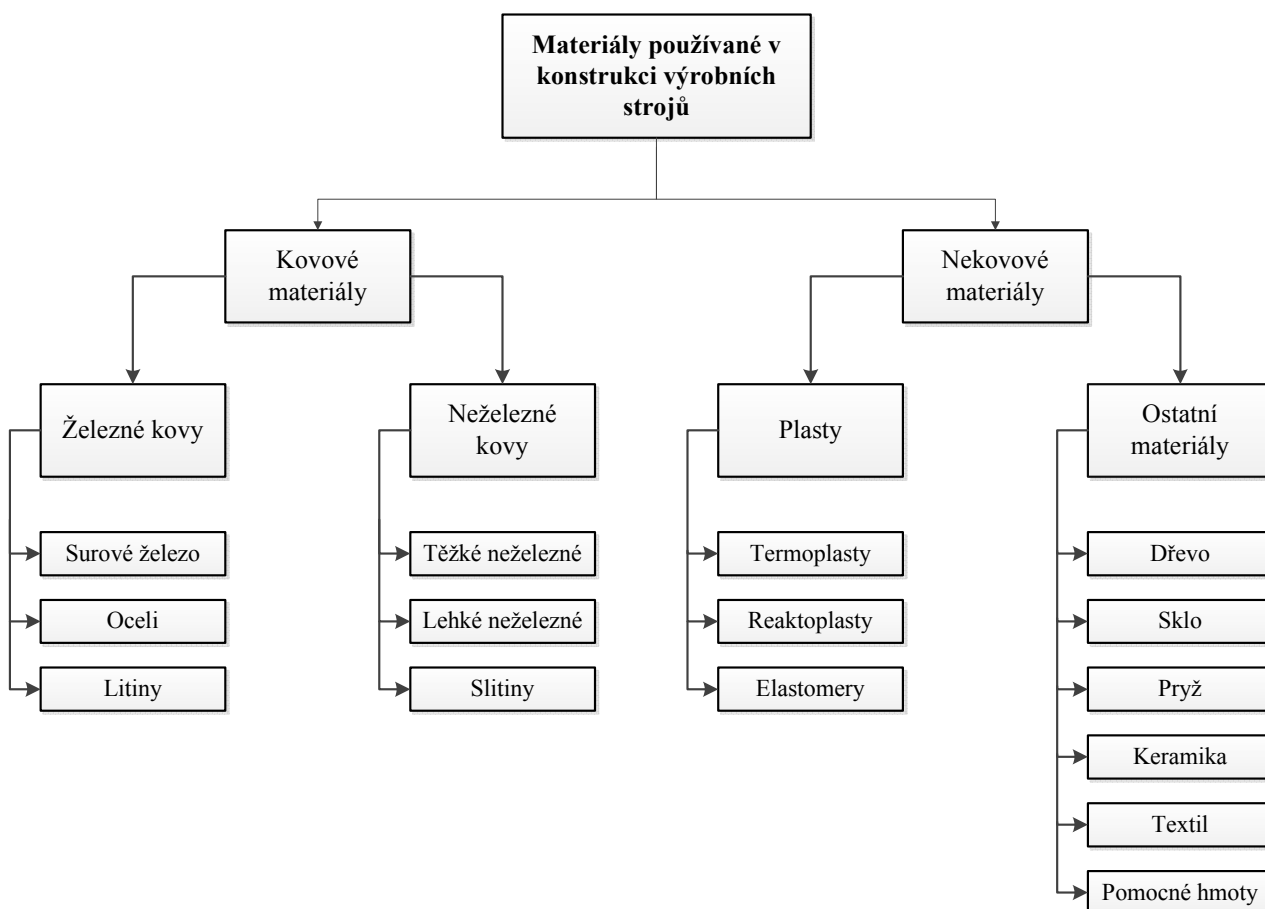
Materiály, ze kterých jsou jednotlivé komponenty stroje vyrobeny, určují některé vlastnosti komponentů, jejich životnost a také značně ovlivňují ekologický profil stroje. Základní popis materiálu uvedených v tabulce 6 je představen v následující podkapitole.

5.2 ZÁKLADNÍ STROJÍRENSKÉ MATERIÁLY

Výrobní stroj, jako jakýkoliv výrobek, je vyroben z jednotlivých materiálů. Jelikož se jedná o poměrně složité strojírenské zařízení, lze konstatovat, že se skládá z širokého spektra technických materiálů. Každý materiál, použitý v konstrukci jakéhokoliv výrobního stroje, ať už se jedná o ocel nebo nějaké pomocné hmoty, má určité vlastnosti a plní tak předepsanou funkci v konstrukci stroje.

Technických materiálů využívaných ve strojírenství je poměrně velké množství, které s vývojem neustále roste. Mění se i jejich vlastnosti – materiály se zdokonalují po stránce jejich technického složení a technologického zpracování. Mezi nejzákladnější materiály využívané ve strojírenství patří kovy a jejich slitiny (ocel, litina, hliník) a plasty.

Základní dělení technických materiálů využívaných ve strojírenství je uvedeno na obrázku 13.



Obr. 13 - Základní dělení technických materiálů využívaných ve strojírenství [77]

Dále v kapitole jsou popsány materiály, použité v konstrukci obráběcího stroje FUEQ 125 EFEKTIV při provedení analýzy v rámci projektu FR-TI3/655 – „Ecodesign ve stavbě obráběcích strojů“ [32].

5.2.1 Ocel

Ze všech technických materiálů mají ve strojírenství největší význam slitiny železa. Do této skupiny patří především ocel a litina.

Ocel je slitinou železa, uhlíku a jiných chemických prvků, přidávaných pro dosažení potřebných vlastností oceli. Ocel obsahuje méně než 2,14 % uhlíku, v opačném případě se jedná o litinu.

Ocel se vyrábí ze surového železa a proces její výroby se nazývá zkujňování. V průběhu tohoto procesu dochází k odstraňování nadbytečného uhlíku a škodlivých prvků, obsažených v surovém železu. Jedná se o fosfor, křemík, mangan a síru. Proces zkujňování může probíhat [78]:

- v konvertorech,
- v martinských pecích,
- v elektrických pecích,
- ve vakuu.

Každý z uvedených způsobů má svoje výhody a nevýhody. A je vhodný pro výrobu určitého typu oceli.

Jak již bylo zmíněno, do oceli se přidávají i jiné látky než je uhlík. Říká se jim legující prvky. Jedná se nejčastěji o nikl, chrom, mangan, křemík, wolfram, molybden a vanad. Tyto přísady mohou tvořit od několika setin procenta do desítek procent hmotnosti výsledné oceli a zlepšují její vlastnosti. Proces, při kterém dochází k přimíšení legujících prvků k základnímu kovu, se nazývá legováním [78].

Podle použití, chemického složení a kvality oceli se dělí na:

- k tváření nebo na odlitky,
- uhlíkové nebo slitinové,
- obvyklých vlastnosti nebo ušlechtilé.

Díky své pevnosti je ocel v současné době nejčastěji používaným kovovým materiálem. V závislosti na vlastnostech je možné napočítat více než 2000 druhů oceli, ze kterých je každá vhodná pro určité použití.

5.2.2 Litina

Litina je slitinou železa, uhlíku a dalšími prvky, ve které množství uhlíku tvoří více než 2,14 %.

Proces výroby litiny probíhá ve speciální peci – kuplovně, kde se přetavuje surové železo, litinový a ocelový šrot, koks a vápenec. Hlavním produktem tavby vsázky v kuplovně je tzv. šedá litina, která vzniká pomalým ochlazováním. Při rychlém ochlazování vzniká litina bílá, což je v podstatě odlité surové železo.

Šedá litina je litina s lupínkovým grafitem (LLG), ve které uhlík je přítomen jako laminární grafit v kovové matici. Tento materiál je poměrně křehký a nemá prakticky žádnou tažnost, je ale nejčastěji používaným konstrukčním materiálem pro výrobu nosných částí strojů. Mechanické vlastnosti šedé litiny je možné zlepšit přidáním legujících prvků (chrom, wolfram, vanad, hořčík, titan), vznikne tak legovaná šedá litina [77].

Mezi další druhy litiny patří litina tvárná, která vzniká tzv. očkováním šedé litiny. Během tohoto procesu do lící pánve se přidává hořčík, působením kterého se lupínkový grafit mění na kuličkový. Takže tvárná litina je litina, ve které uhlík je přítomen ve formě kuličkových částic grafitu. Tato litina oproti litině šedé obsahuje větší množství uhlíku a křemíku a má dobré mechanické vlastnosti [77].

Při dlouhodobém žhání (tepelném zpracování) bílé litiny vzniká litina temperovaná. Proces její výroby se nazývá temperováním a dochází při něm k rozkladu cementitu (velmi tvrdá sloučenina železa a uhlíku) na železo a grafit. Vznikne tak tzv. temperovaný grafit, který má tvar vloček nebo nepravidelných zrn. V závislosti na druhu lomu tato litina může být s bílým, černým nebo perlitickým lomem. Temperovaná litina je tvrdší než litina šedá [77].

Existuje také litina tvrzená neboli skořepinová. Jádru odlitky z této litiny je tvořeno šedou litinou, povrch – litinou bílou.

Nehledě na poměrně vysokou křehkost je litina důležitým konstrukčním materiálem.

5.2.3 Měď a slitiny mědi

Měď je ušlechtilý kov načervenalé barvy, poměrně měkký a tažný. Měď se používá člověkem už od pravěku. V současné době je hlavním představitelem těžkých neželezných kovů a spolu s jejími slitinami je jedním z nejčastěji využívaných kovů v této skupině.

Proces výroby mědi spočívá v redukcí měděných rud, nejčastěji sulfidických. Ruda se drtí, mele a praží. Následný vypražený koncentrát může být zpracován následujícími možnými způsoby [77]:

- pyrometalurgickým (oxidace rud),
- hydrometalurgickým (loužení rudy kyselinou sírovou nebo roztokem síranu železitého),
- TORCO nebo Treatment of refractory Copper Ores (zahřívání rudy spolu s chloridem sodným a uhlím ve fluidním reaktoru),
- biologickým loužením (vyluhování v roztoku s obsahem chemolitotrofních bakterií),
- rafinací (přetavování surové černé mědi s dřevěným uhlím v nístějové peci).

Největší uplatnění našla měď v elektrotechnickém průmyslu.

Měď může být tvářená a slévárenská. Právě ta poslední se využívá k výrobě slitin mědi. Mezi nejvýznamnější slitiny mědi patří bronz a mosaz, které byly objeveny a používají se již od pravěku.

Bronzy jsou slitinami mědi s malým množstvím jiných kovů, kromě zinku. Bronzy můžou být dělené na tvářené a slévárenské. Jejich druhy jsou pojmenovány podle hlavního legujícího prvku, se kterým je slitina tvořena: cínové, olovené, niklové, hliníkové, manganové. Bronzy mají poměrně široké spektrum využití od průmyslu po uměleckou tvorbu [77].

Mosazi jsou slitinami mědi a zinku, případně s přísadou jiných kovů. Všechny druhy mosazi je možné rozdělit na jednoduché a legované. První obsahují pouze měď a zinek. Liší se vlastnostmi, které jsou ovlivněny odlišnými poměry mědi a zinku ve složení. Mezi mosaze tohoto druhu patří například mosazi hlubokotažné, automatové, tombaky (obsah mědi je vyšší než 80 %) a jiné. Druhá skupina mosazí kromě mědi a zinku obsahuje i jiné prvky, například nikl, mangan, železo, cín apod. Podle legujících prvků můžeme rozlišovat mosazi niklové, hliníkové, křemíkové, cínové, případně jiné. Mosaz stejně jako bronz se používá ve mnohých průmyslových odvětvích [77].

5.2.4 Hliník a slitiny hliníku

Hliník je třetím nejrozšířenějším prvkem a nejrozšířenějším kovem na Zemi. V přírodě se však vyskytuje pouze ve sloučeninách a to v podobě hliníkové rudy – bauxitu. Výroba hliníku je poměrně náročná, jelikož ho nelze získat metalurgicky přímo z rudy. V současné době se hliník vyrábí elektrolýzou, která se skládá ze dvou fází [77]:

- chemické získání oxidu hlinitého,
- získání 99,300% - 99,999% hliníku elektrolýzou přečištěného bauxitu a kryolitu.

Kvůli své nízké hmotnosti a dobré elektrické vodivosti se elementární hliník využívá v elektrotechnice jako materiál pro elektrické vodiče. Díky chemické odolnosti z něho se často vyrábí mince, kuchyňské nádobí, fólie, chladiče a nejrůznější profily.

Hliník je nejčastěji užívaným neželezným kovem. Kvůli své nízké mechanické pevnosti a tvrdosti se však využívá nejčastěji ve formě slitin, které je možné rozdělit na tvářené a slévárenské.

Mezi nejvýznamnější tvářené slitiny hliníku patří dural (Al – Cu – Mg), superdural (Al – Cu – Mg) nebo elektron. Slitiny jsou poměrně pevné a lehké, využívají se proto v leteckém průmyslu společně s titanem.

Mezi další slitiny hliníku patří například hydronalium, což je slitina hliníku s hořčíkem, která je též často využívána v leteckém průmyslu. Slitiny Al – Cu – Ni jsou odolné vysokým teplotám, díky čemuž slouží jako materiál k výrobě součástí spalovacích motorů. Slitiny s manganem jsou odolné vůči korozi, používají se proto v potravinářském a chemickém průmyslu. Slévárenské slitiny jsou nejčastěji představené slitinami s křemíkem, například silumin, který se díky dobré slévateľnosti používá na výrobu součástí leteckých nebo vznětových motorů [77].

5.2.5 Plasty

Plasty jsou syntetické nebo polosyntetické látky na bázi makromolekulárních látek složených především z uhlíku a vodíku, poté mohou obsahovat také kyslík, dusík, chlór, fluór a jiné látky. Na rozdíl od kovu nemají molekuly plastů pravidelné uspořádání.

Jak vyplývá z definice, plasty se vyrábí syntézou. Surovinami pro výrobu jsou takové látky, které se vyrábí z ropy nebo uhlí, jako například etylen, propylen, fenol, butadien a další. Z těchto surovin vznikají nízkomolekulární látky, které slouží jako surovina pro výrobu makromolekulárních látek neboli polymerů. Z vyrobených polymerů je možné získat lineární polymery a z nich termoplasty, za působením tepla – tzv. reaktoplasty, vulkanizací – elastomery [77].

Jak již bylo řečeno, základní složkou plastů jsou makromolekulární látky. Kromě nich ale plasty obsahují i další příměsi, které umožňují ovlivňovat jejich vlastnosti. Mezi ty nejzákladnější patří [77]:

- Plniva jsou to látky organického a neorganického původu a slouží k ovlivnění mechanických a fyzikálních vlastností plastů.
- Změkčovadla, která slouží k dosažení měkkosti a ohebnosti plastů.
- Stabilizátory se přidávají kvůli dosažení určitých vlastností, jako například odolnost před vysokými teplotami, chemikáliemi, oxidací, UV zářením a dalším vnějším vlivům.
- Nadouvadla umožňují vytvářet z plastů pěnovou hmotu, nasákavou nebo nenasákavou.
- Barviva umožňují výrobu plastů různých barev.
- Maziva slouží k dosažení dobrého tečení roztaveného plastu ve formě.

Mezi nejčastěji používané termoplasty patří polyetylén (PE), polypropylen (PP) a polyvinylchlorid (PVC).

PE je termoplast, který se vyrábí polymerizací ethenu. Je odolný vůči kyselinám a zásadám, díky čemuž našel největší uplatnění v lékařství a potravinářském průmyslu. Existují dva základní druhy PE a to s nízkou a vysokou hustotou.

PP je termoplastickým polymerem, vyráběným polymerizací polypropylenu. Má velmi podobné vlastnosti jako PE, slouží také jako alternativa PVC. PP je chemicky a mechanicky odolný, využívá se proto k výrobě potrubí, armatur, lán a provazů [77].

PVC je po PE a PP třetí nejpoužívanější umělou hmotou na Zemi. PVC se vyrábí polymerizací vinylchloridu a jeho základní surovinou je chlór. V závislosti na složení PVC může být tvrdé nebo měkké. Tvrdé PVC se liší vysokou tvrdostí, pevností a odolností vůči kyselinám a zásadám. Díky těmto vlastnostem může tvrdé PVC sloužit jako náhrada nerezové oceli při výrobě potrubí a nádrží.

PVC měkké obsahuje změkčovadla, je proto na rozdíl od tvrdého PVC ohebné a slouží tak k výrobě hraček, obuvi a jako izolace vodičů [77].

Mezi nejvýznamnější reaktoplasty a elastomery patří epoxidy, silikony a polyestery.

Epoxidy jsou cyklickými ethery. Polymer, který obsahuje nezreágované epoxidové jednotky, se nazývá epoxidová pryskyřice. Ta slouží k výrobě lepidel a nátěrů. Epoxidy slouží také k výrobě elektrotechnických součástí.

Silikony jsou anorganicko-organickými sloučeninami křemíku s kyslíkem. Jsou velice odolné vůči stárnutí, teplotám, odpuzují vodu a jsou inertní vůči živým organismům. Díky svým vlastnostem je spektrum použití silikonů poměrně široké. Je možné je uplatnit od výroby maziv, hydraulických olejů a tepelně odolných laků po izolace, kuchyňské náčiní či tělní implantáty [77].

Polyestery jsou polymery, které obsahují v hlavním makromolekulárním řetězci esterové vazby. Polyestery se získávají polykondenzací polybazických kyselin nebo jejich anhydridů s vícemocnými alkoholy. Veškeré polyestery můžeme rozdělit na termoplastické a reaktoplastické. První jsou lineárními polymery odvozené od kyseliny tereftalové a uhličitě. Používají se převážně k výrobě textilních vláken, lan nebo filmů. Druhé jsou rozvětvené jednoduché alkydy, nenasycené polyesterové pryskyřice a polydiallylftaláty, které slouží k výrobě laků, pryskyřic a laminátu [77].

5.2.6 Pryž

Pryž neboli guma je plastický materiál, vyrobený z přírodního nebo syntetického kaučuku, který tvoří základní složku pryže. Pryž vzniká vulkanizováním kaučukové směsi, což je chemická reakce, při které působením vysokých teplot vzniká elastický materiál (vulkanizát). Kromě kaučuku pryž obsahuje různé přísady, které určují její výsledné vlastnosti. Součástmi kaučukové směsi jsou [79][80][81]:

- *Vulkanizační činidla* (např. síra, oxidy kovů, organické peroxidy nebo syntetické pryskyřice atd.) jsou látky vytvářející chemickou reakci, která spojuje kaučukové molekuly vytvářením příčných vazeb mezi řetězci kaučukového uhlovodíku (síťování nebo vulkanizace).
- *Urychlovače vulkanizace* (např. oxid vápenatý) jsou organické sloučeniny, které umožňují regulovat proces síťování zvyšováním jeho rychlosti a účinnosti. Mají tak vliv na výsledné vlastnosti pryže.
- *Aktivátory vulkanizace* (např. oxidy kovů, stearin nebo stearát zinečnatý) jsou organické nebo anorganické látky, které zvyšují účinnost urychlovače vulkanizace (tj. síťování) zvyšováním koncentrace příčných vazeb mezi řetězci kaučukového uhlovodíku.
- *Retardéry* (kyselina benzoová, kyselina salicylová a ftalanhydrid) jsou látky zpomalující proces vulkanizace za účelem ochrany směsi před předčasným navulkanizováním.
- *Plniva neboli ztužující přísady* (oxid hořečnatý, kaolin, křída, či baryt) jsou práškovité materiály, které se přidávají za účelem úpravy vlastnosti směsi, konkrétně elasticity, tvrdosti, pevnosti, adheze a odolnosti proti stárnutí apod.
- *Změkčovadla* (parafin, kalafuna, ceresin nebo organické estery) jsou kapalné nebo tuhé látky ropného původu, které se přidávají pro zlepšení plasticity směsi a usnadnění tak zpracovatelnosti vulkanizátu.
- *Antioxidanty* jsou látky zpomalující stárnutí vulkanizátu vlivem teploty, světla, kyselin tím, že vlastní oxidací přerušují kinetický řetězec.
- *Peptizační činidla* jsou změkčovadla, která urychlují proces plastifikace a usnadňují zpracování směsi.

- *Barviva a pigmenty* (např. okra, ultramarín nebo citrónová žlutá) zajišťují zbarvení vulkanizátu.
- *Nadouvadla* (dusík nebo kysličník uhličitý) jsou látky, které se během vulkanizace rozkládají na plynné produkty a umožňují tak výrobu lehčené pryže a dutých předmětů z ní.
- *Separční prostředky neboli práškovadla* (např. klouzek, kříd, slída a škrob) jsou látky zamezující lepení kaučukové směsi.

Pryž se používá téměř ve všech odvětvích průmyslu. Další její výhodou je to, že ji lze regenerovat a částečně přidávat do nové pryže.

5.2.7 Lepidla

Lepidlo je látka určená k pevnému spojení povrchů dvou a více pevných materiálů. Lepidla se využívají téměř všude. Nicméně jejich složení se často značně liší v závislosti na oblasti jejich použití. Podle základní složky lze lepidla rozdělit na živočišná (např. kazeinová, kostní nebo albuminová), rostlinná (škroby, pryskyřicová a kaučuková) a syntetická. V průmyslu nacházejí své uplatnění především lepidla na bázi epoxidové pryskyřice nebo silikonu [77].

5.2.8 Laky, barvy

Lak je průsvitná až průhledná nátěrová hmota, která má ochranné a dekorační vlastnosti. Základními složkami laku jsou povětšinou pryskyřice, oleje a ředidla nebo rozpouštědla. Laky mohou také obsahovat malé množství pigmentu a podle použití i složky zabraňující například korozi nebo oděru. Existují laky speciálně určené pro průmyslové použití, stavební průmysl nebo laky určené na plasty. Laky lze také rozdělit na základní a vrchní. Základní jsou většinou vodou ředitelné nebo rozpouštědlové na bázi epoxydových, akrylátových, polyuretanových a jiných pryskyřic. Vrchní laky jsou ředitelné vodou nebo organickými rozpouštědly a jejich základní složkou je většinou alkydová, akrylátová nebo polyuretanová pryskyřice [77].

Barva je na rozdíl od laku většinou neprůhledná nátěrová hmota a může být nejen kapalná, ale i např. prášková. Účel ochranný a dekorační ale plní stejný. Barvy se většinou dělí podle typu rozpouštědla, které obsahují – například vodové, lihové, acetonové, olejové atd. Kromě toho obsahují také pojiva, ředidla a aditiva. Stejně jako laky, existují i barvy speciálně určené pro použití v různých oblastech, například pro nátěr betonových konstrukcí, strojních zařízení, proti korozi nebo s odolností proti UV-záření [77].

5.2.9 Mazací prostředky

Mazací prostředky nebo také maziva jsou látky určené k omezení tření mezi dvěma součástmi, které se po sobě pohybují valivě nebo posuvně. Zvyšuje se tak účinnost pohybu a omezuje se otěr součástí. Maziva však mohou plnit i jiné funkce, například odvod tepla. Podle původu maziva je možné je rozdělit na rostlinné, živočišné a minerální. V průmyslu, konkrétně ve strojírenství, se používají výhradně maziva minerální, které se vyrábí především z ropy. Tyto maziva podle skupenství můžeme dále rozlišovat na mazací oleje a mazací tuky [77].

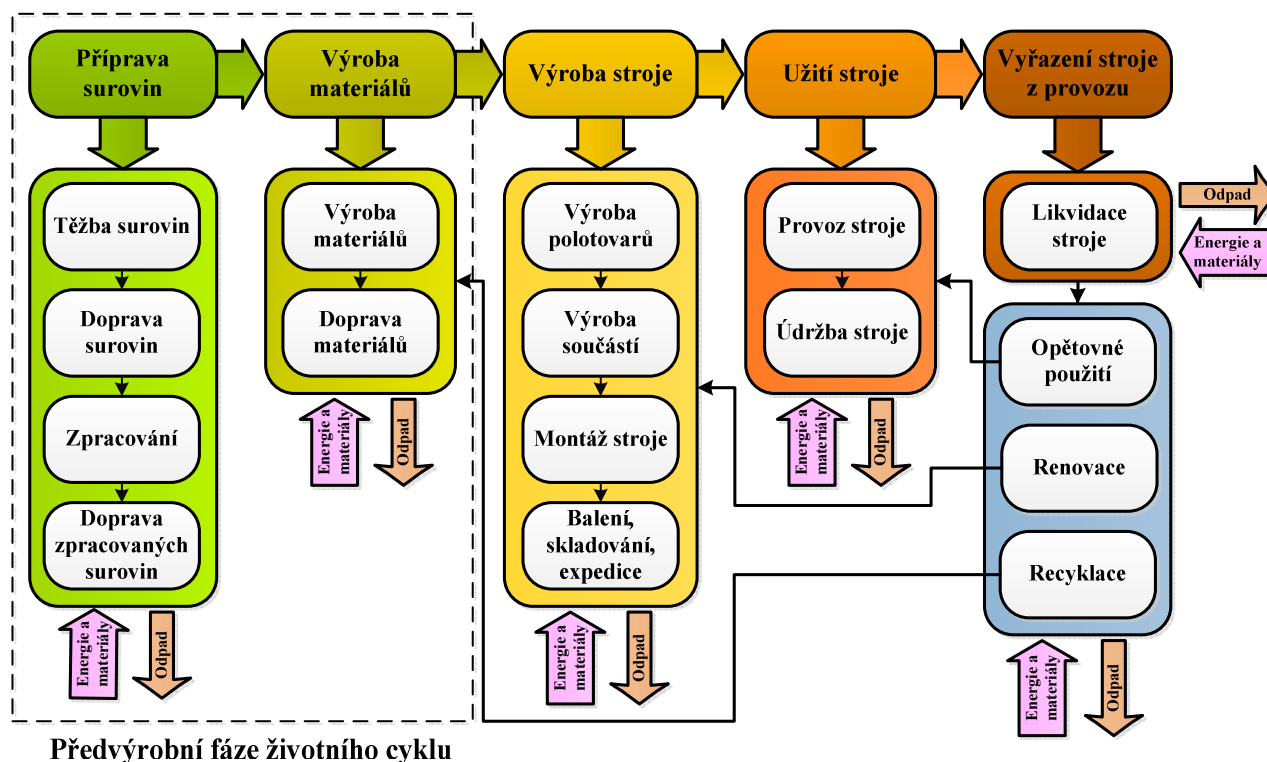
Mazací oleje jsou při normální teplotě kapalné a jejich nejdůležitější vlastností je jejich viskozita. Jejich použití se ale neomezuje pouze na mazání. Mohou sloužit i jako řezné kapaliny při třískovém obrábění, potom se nazývají řezné oleje. Skládají se z minerálních olejů s přísadami.

Mazací tuky jsou gelovité a vyrábí se z minerálních olejů, organických tuků a přísad. Tuky se používají tam, kde použití olejů není vhodné například v prašném prostředí a při vysokých otáčkách. Nicméně nejsou vhodné pro odvod tepla.

6 ANALÝZA ŽIVOTNÍHO CYKLU VÝROBNÍHO STROJE

6.1 ŽIVOTNÍ CYKLUS VÝROBNÍHO STROJE

Jak již bylo uvedeno v popisu metody LCA, tak životní cyklus jakéhokoliv výrobku je možné rozdělit do pěti nejzákladnějších fází – těžba surovin, výroba materiálů, výroba produktů, užití a údržba produktů a jeho vyřazení z provozu. Na základě této informace byla provedena podrobná analýza životního cyklu výrobního stroje a navržena metodika jeho hodnocení z pohledu emisí skleníkových plynů. Na obrázku 14 je představen životní cyklus výrobního stroje. V textu níže potom následuje jeho podrobnější popis.



Obr. 14 – Životní cyklus výrobního stroje

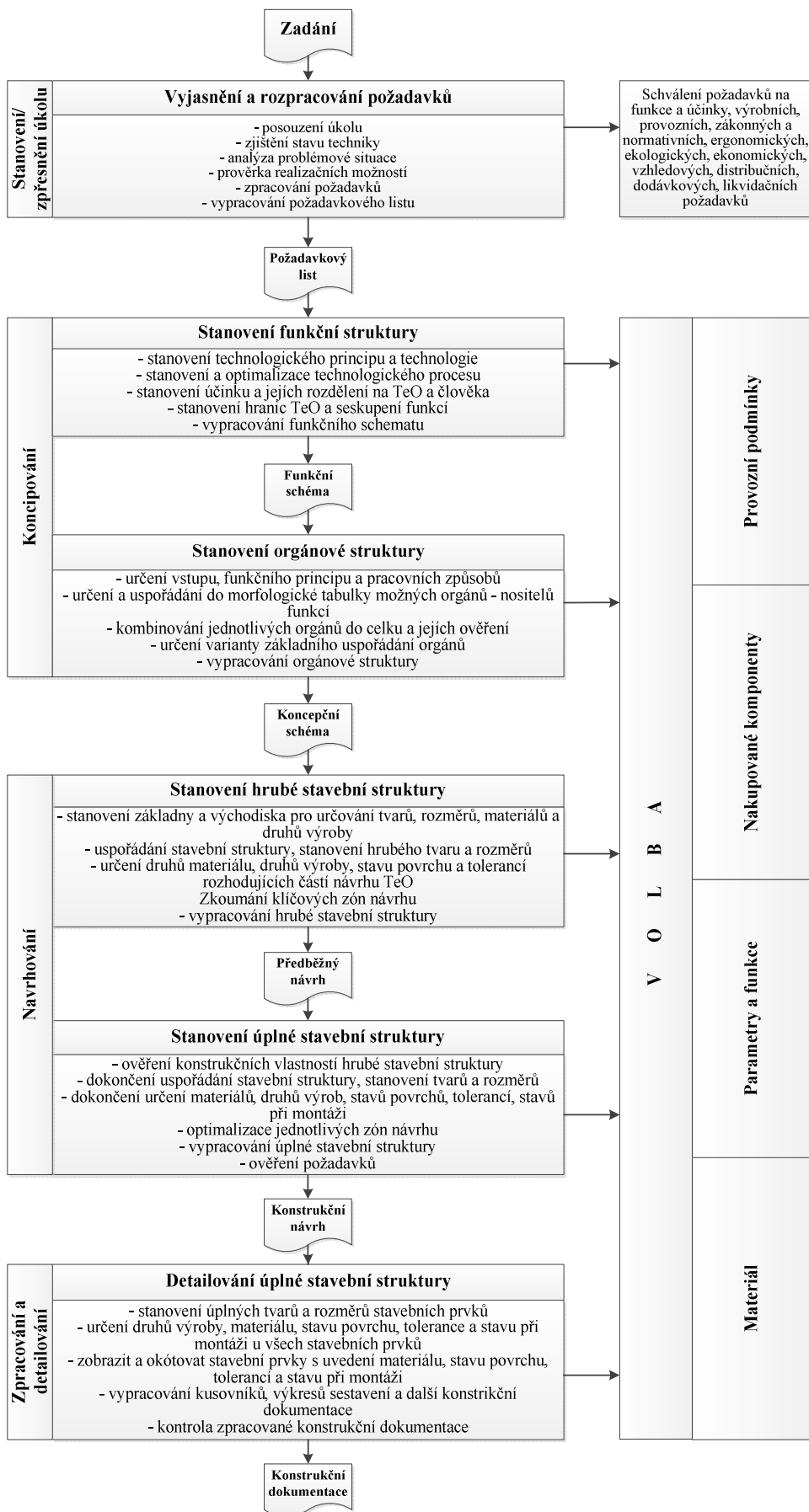
1. Příprava surovin je fází životního cyklu, během které probíhá příprava surovin, ze kterých se následně vyrábějí materiály použité nejen ve stavbě stroje. Tato fáze většinou obsahuje proces těžby, který se skládá z vrtání, ostřelování a nakládání rudy nebo jiné zeminy obsahující potřebné suroviny. V případě, že surovinu pro výrobu materiálu tvoří syntetická látka, bude fáze přípravy surovin začínat procesem získání základní složky suroviny, např. kaučuku nebo pryskyřice. Další etapou přípravy surovin je jejich doprava z místa těžby do místa jejich zpracování. Pro tento účel se nejčastěji využívají nákladní silniční a železniční dopravy, jelikož zpracovatelské závody z důvodu úspory času a financí jsou většinou umístěny poblíž zdrojů surovin, které se přímo zpracovávají. Pokud tomu tak není, využívá se také doprava lodní. Zpracování surovin spočívá v jejich takové úpravě, po které by suroviny byly použitelné pro výrobu potřebného materiálu. Například v případě rudy se může jednat o její drcení, třídění, mletí či separaci. Následně se lodí, železnicí nebo po silnici zpracované suroviny dopravují k místu výroby materiálů.
2. Výroba materiálů je fází životního cyklu, ve které probíhá samotná výroba materiálů z připravených surovin. Jedná se o zpracování materiálu do té podoby, která bude vhodná pro výrobu součástí výrobků a samotného výrobku. Jednat se může o tavbu a lití kovu (např. oceli, litiny, mědi nebo hliníku), syntézu polymerů nebo vulkanizaci pryže. Tato

fáze ovšem nezahrnuje výrobu polotovarů. Hotový materiál se dopravuje lodí, po železnici nebo nákladní silniční dopravou na místo výroby produktu.

3. Fáze výroby ve většině případů probíhá v následujících etapách: předvýrobní, výrobní a odbytová. V první etapě probíhá příprava k výrobě, která zahrnuje přípravu technické dokumentace a potřebných materiálů. Výrobní etapa je představena samotným procesem výroby a skládá se většinou ze tří hlavních kroků – výroby polotovarů, výroby součástí stroje a montáží stroje. Do výrobní etapy může být také zahrnuto využití odpadů z výroby. Etapa odbytová se zabývá skladováním, balením, fakturací, expedicí a jinými službami spojenými s prodejem stroje.
4. Užití stroje spočívá v jeho provozu a údržbě, která zajišťuje bezpečný a bezporuchový provoz výrobků. Údržba se provádí plánovaně a může být preventivní (provádí se před výskytem poruchy na základě znalosti chování poruchových součástek), prediktivní (testování s cílem zjištění chyb pomocí diagnostických metod) a proaktivní (maximalizace celkové účinnosti a výkonnosti výrobků snížením poruch, zmetkovitosti, seřizování, chodu naprázdno na základě technické diagnostiky). U strojních zařízení údržba většinou spočívá v čištění, mazání, seřizování stroje, doplňování paliva, včasné výměně náhradních součástek. Užití stroje ještě většinou předchází jeho instalace [82].
5. Vyřazení stroje může znamenat jeho odstavení, fyzickou likvidaci nebo demontáž. Po vyřazení stroje může dojít k jeho opětovnému použití nebo použití některých jeho součástí. Stroj také může být renovován a znovu uveden do provozu. Některé materiály, ze kterých se stroj skládá, jsou recyklovatelné. Jedná se zpravidla o kovy (litina, ocel, měď, hliník apod.) a kovy vzácných zemin (yttrium, lanthan a europium), sklo, plasty, papír, textilie, oleje a rozpouštědla. Recyklovaný materiál putuje zpátky do fáze těžby surovin, kde probíhají jeho potřebné úpravy, a poté do fáze výroby materiálu. Zbytek materiálů v podobě odpadu podléhá nakládání podle tzv. katalogu odpadů.

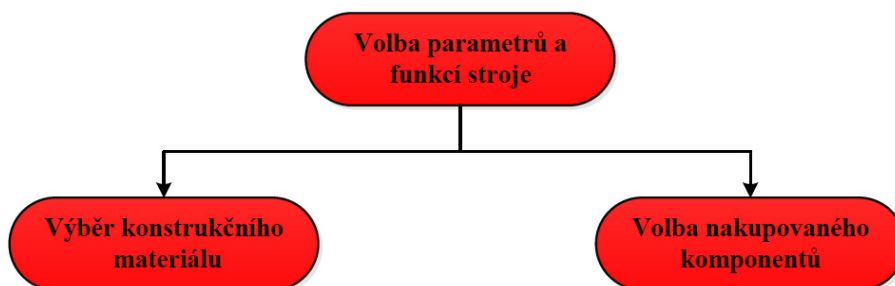
6.2 Vliv konstrukčního procesu na ekologický dopad výrobního stroje

Vliv životního cyklu jakéhokoliv výrobku, obzvláště pak technického, na životní prostředí se zakládá již ve fázi jeho navrhování. U výrobního stroje se během konstrukčního procesu určují jeho vlastnosti, parametry, výkon, spotřeba energie, tvary, rozměry, materiál, stav povrchu, tolerance, druh výroby, vhodnost pro balení, transport a možnosti recyklace. Na obrázku 15 je znázorněno schéma konstrukčního procesu výrobního stroje.



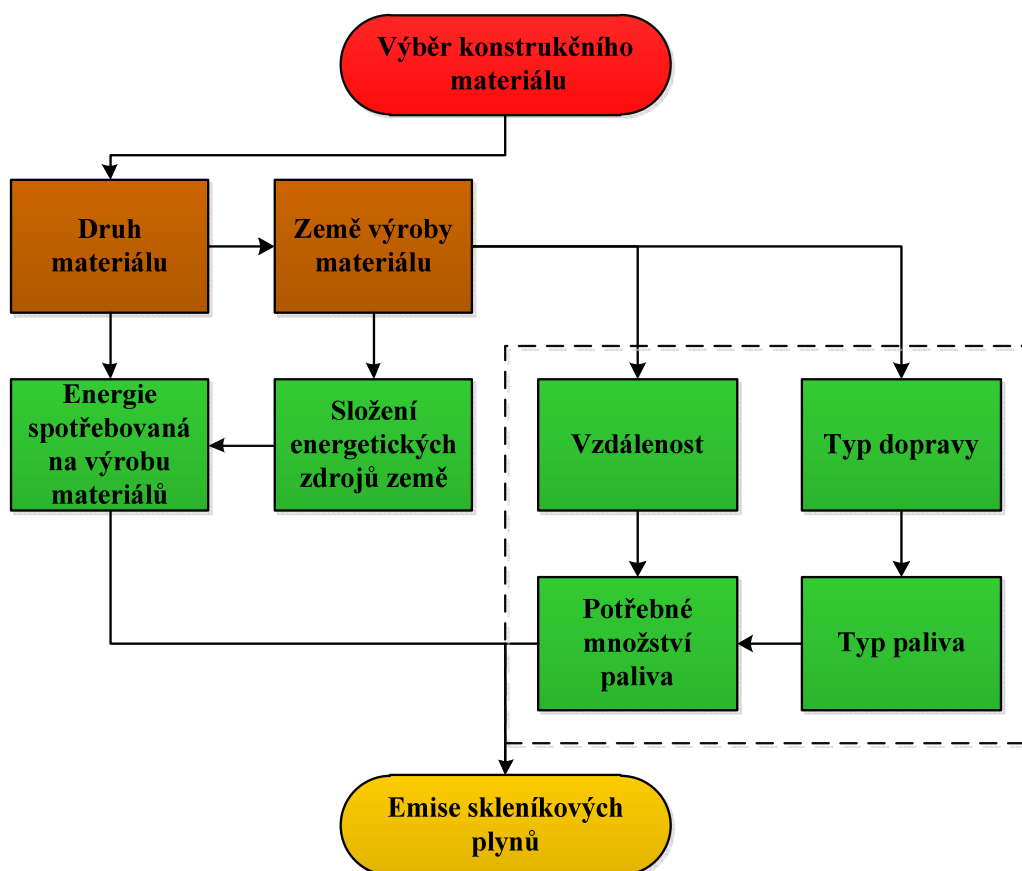
Obr. 15 – Konstrukční proces výrobního stroje [70]

Ze schématu je patrné, že během první fáze konstrukčního procesu „Stanovení a zpřesnění požadavků“ probíhá schválení požadavků na stroj. Tato fáze je prvním krokem k vytvoření vlastností výrobního stroje a jeho ekologického profilu. V následujících fázích dochází k postupnému naplnění požadavků na stroj navrhováním a zpřesňováním parametrů stroje. Funkce a vlastnosti stroje jsou závislé na jeho jednotlivých komponentech, jež se liší provedením, technologií výroby a použitými materiály, ze kterých jsou vyrobené. Každá z těchto vlastností se charakterizuje určitým množstvím energie, potřebným pro její realizaci. Například výběrem země výroby komponentu se určuje složení zdrojů energie, jež bude spotřebována na výrobu komponentů, a také vzdálenost (množství spáleného paliva) dovozu a typ dopravy (paliva). Zvolení určité varianty komponentů/materiálů/země výroby/parametru tak vede k určité zátěži životního prostředí. Na obrázcích 16 a 17 jsou znázorněna schémata vlivu volby jednotlivých voleb během konstrukčního procesu stroje na životní prostředí.



Obr. 16 – Vliv volby parametrů a funkcí stroje na životní prostředí

Volba parametrů a funkcí budoucího stroje závisí na volbě komponentů, které budou stroj tvořit, a na materiálech, které budou v konstrukci stroje použity.



Obr. 17 – Vliv volby materiálu, použitých v konstrukci stroje, na životní prostředí

Při výběru materiálů, ze kterých budou jednotlivé komponenty stroje vyrobeny, dochází k volbě jak samotného materiálu (druhu materiálu), tak i země, ve které bude zvolený materiál vyroben a odkud bude dovezen. Výběrem určitého druhu materiálu dochází k ovlivnění znečištění životního prostředí emisemi skleníkových plynů, vyprodukovaných výrobou potřebného množství energie, které odpovídá energetické náročnosti výroby vybraného materiálu. Při volbě země výroby zvoleného materiálu závisí znečištění v podobě emisí skleníkových plynů především na složení energetických zdrojů zvolené země. Každá země používá k výrobě elektrické energie určité energetické zdroje, většinou podle dostupnosti surovin, přírodních zdrojů a rozvinutí dopravní infrastruktury v zemi. Elektrická energie spotřebována na výrobu zvoleného materiálu produkuje tak při své výrobě určité množství skleníkových plynů a to v závislosti na zdrojích, ze kterých se vyrábí. Vyrobený materiál se musí následně dovézt do místa (země), ve které bude použit k výrobě komponentu. Jedná se o výběr dostupného typu dopravy, ze kterého bude odvozeno použité palivo a tím druh a množství vyprodukovaných emisí. Množství emisí potom závisí na vzdálenosti daného místa (země) výroby materiálu od místa (země) jeho použití k výrobě komponentu. To ve výsledku určuje množství paliva potřebného pro dopravu materiálu.

Při volbě nakupovaného komponentu je potřeba rovněž zvážit jeho environmentální dopad. Největší výrobci (Siemens, ABB) již poskytují ke svým výrobkům EPD, které obsahuje výsledky LCA a lze tyto hodnoty přímo použít pro hodnocení celkových emisí spojených s konstrukcí stroje. Pokud EPD pro daný výrobek neexistuje, musí být aplikován stejný postup, jako při výběru konstrukčního materiálu (viz obr. 16). Dále při volbě nakupovaného komponentu se také volí místo (země) jeho výroby a dovozu. Země výroby komponentu ovlivňuje emise skleníkových plynů tím způsobem, že určuje složení energetických zdrojů, které budou použity na výrobu elektrické energie, potřebné pro výrobu komponentu. Neposlední roli v zatěžování životního prostředí hraje také použitý typ dopravy a paliva. Množství spotřebovaného paliva a s tím související množství emisí skleníkových plynů určuje vzdálenost dopravy komponentu.

Kromě uvedených parametrů ovlivňuje volba konstruktéra také provozní podmínky budoucího stroje. Jedná se především o spotřebu elektrické energie strojem během provozu. Emise skleníkových plynů jsou potom určeny množstvím potřebované elektrické energie a složením energetických zdrojů země, ve které byl stroj používán. Dalším parametrem je spotřeba provozních kapalin při provozu stroje. Emise skleníkových plynů vyprodukované provozní kapalinou jsou závislé na spotřebovaném množství a na země výroby a likvidace kapaliny, které určují složení energetických zdrojů a také vzdálenost dopravy kapaliny k místu použití. Kromě spotřeby elektrické energie a provozních kapalin ovlivňuje také volba konstruktéra spotřebu náhradních dílů stroje, jelikož jejich životnost je ovlivněna provozem stroje.

Z výše uvedeného popisu je evidentní, že jakákoliv volba udělaná během konstrukčního procesu má vliv na ekologický dopad stroje. Je tedy na konstruktérovi jakou variantu komponentu/materiálu/země výroby/parametru zvolit a tím zvětšit nebo zmenšit dopad na životní prostředí. Největší potenciál zlepšení ekologického profilu stroje se avšak nachází ve výběru strojírenských materiálů. Jejich výroba je poměrně energeticky náročná, ale pomocí volby energeticky méně náročného materiálu a země s jeho ekologicky šetrnější výrobou a dopravou je možné dosáhnout značného snížení emisí skleníkových plynů. Tento fakt lze vysvětlit tím, že zvolený materiál ovlivňuje jak parametry budoucího stroje a jeho jednotlivých komponentů, tak i jeho provozní podmínky a následnou likvidaci. Ekologický profil stroje je tak značně ovlivněn jeho předvýrobní fází, která je tvořena etapami těžby surovin a výroby z nich potřebných strojírenských materiálů.

6.3 EMISE VZNIKLÉ BĚHEM PŘEDVÝROBNÍCH FÁZÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU

Veškeré emise, vzniklé v průběhu životního cyklu, lze rozdělit na přímé a nepřímé. Emise přímé jsou emise uvolněné bezprostředně při určité činnosti, například při výrobě elektrické energie nebo

spalování paliva. Tento druh emisí se stanoví poměrně jednoduše. Emise nepřímé zahrnují veškeré emise vyprodukované během celého životního cyklu výrobku, od těžby surovin pro výrobu materiálů až po likvidaci konečného výrobku. Příkladem mohou být emise uvolněné během výroby jakéhokoliv produktu nebo výstavby elektrárny. Stanovit nepřímé emise je velmi obtížné, jelikož k jejich stanovení jsou potřeba údaje z LCA.

Jak vyplývá z popisu, emise uvolněné během výroby výrobního stroje, patří mezi emise nepřímé. Obsahují však přímé emise, uvolněné například během spalování paliva při dopravě surovin z místa těžby k místu jejich zpracování. Na základě popisu životního cyklu výrobku, představeného v předešlé kapitole, byla provedena analýza životního cyklu stroje z pohledu vzniku emisí skleníkových plynů. Ve fázi těžby surovin se počítá s výrobou železných a neželezných kovů a jiných materiálů, získávaných z hornin, dřeva a materiálů vyráběných z ropy.

Příprava surovin:

Těžba surovin:

- emise uvolněné při vrtání horniny:
 - emise uvolněné během životního cyklu zařízení na vrtání,
 - emise uvolněné během životního cyklu paliva,
- emise uvolněné při trhacích pracích:
 - emise uvolněné během životního cyklu látek a zařízení potřebných pro odpálení hornin,
 - emise uvolněné během životního cyklu energie,
- emise uvolněné při nakládání horniny:
 - emise uvolněné během životního cyklu nakládače,
 - emise uvolněné během životního cyklu paliva,
- emise uvolněné při kacení stromů:
 - emise uvolněné během životního cyklu zařízení na kacení,
 - emise uvolněné během životního cyklu paliva,
- emise uvolněné při odvětvování a odkorňování stromů:
 - emise uvolněné během životního cyklu zařízení na odvětvování a odkorňování,
 - emise uvolněné během životního cyklu paliva,
- emise uvolněné při nakládání stromů:
 - emise uvolněné během životního cyklu nakládače,
 - emise uvolněné během životního cyklu paliva,
- emise uvolněné při vrtání vrtů:
 - emise uvolněné během životního cyklu vrtacího zařízení,
 - emise uvolněné během životního cyklu paliva,
- emise uvolněné při instalaci ropného čerpadla:
 - emise uvolněné během životního cyklu manipulačního zařízení,

- emise uvolněné během životního cyklu paliva,
- emise uvolněné při těžbě ropy:
 - emise uvolněné během životního cyklu ropného čerpadla,
 - emise uvolněné během životního cyklu paliva.

Doprava surovin:

- emise uvolněné při dopravě surovin na místo zpracování:
 - emise uvolněné během životního cyklu dopravních prostředků,
 - emise uvolněné během životního cyklu paliva.

Zpracování surovin:

- emise uvolněné při zpracování surovin, kterými je například drcení, třídění, mletí, separace, aglomerování (руды) a odsolování ropy:
 - emise uvolněné během životního cyklu zařízení na zpracování surovin,
 - emise uvolněné během životního cyklu energie,
- emise uvolněné při provozu (osvětlení, vytápění, ventilaci a opravy výrobních prostor):
 - emise uvolněné během životního cyklu výrobních prostor a zařízení na jeho osvětlení, vytápění, ventilaci a opravy,
 - emise uvolněné během životního cyklu energie.

Doprava surovin:

- emise uvolněné při dopravě surovin k místu výroby materiálů:
 - emise uvolněné během životního cyklu dopravních prostředků,
 - emise uvolněné během životního cyklu paliva.

Výroba materiálů:

Výroba materiálů:

- emise uvolněné při výrobě materiálů (přímé emise),
- emise uvolněné při výrobě materiálů (např. smíchání surovin, ohřev na potřebnou teplotu, tavení, rafinace a rektifikace ropy, karbonizace koksu, syntéza polymerů a jiné):
 - emise uvolněné během životního cyklu výrobního zařízení,
 - emise uvolněné během životního cyklu energie,
- emise uvolněné při dopravě materiálů dopravníku na místo formování polotovarů:
 - emise uvolněné během životního cyklu dopravníku,
 - emise uvolněné během životního cyklu energie,
- emise uvolněné při provozu (osvětlení, vytápění, ventilaci a opravě výrobních prostor):

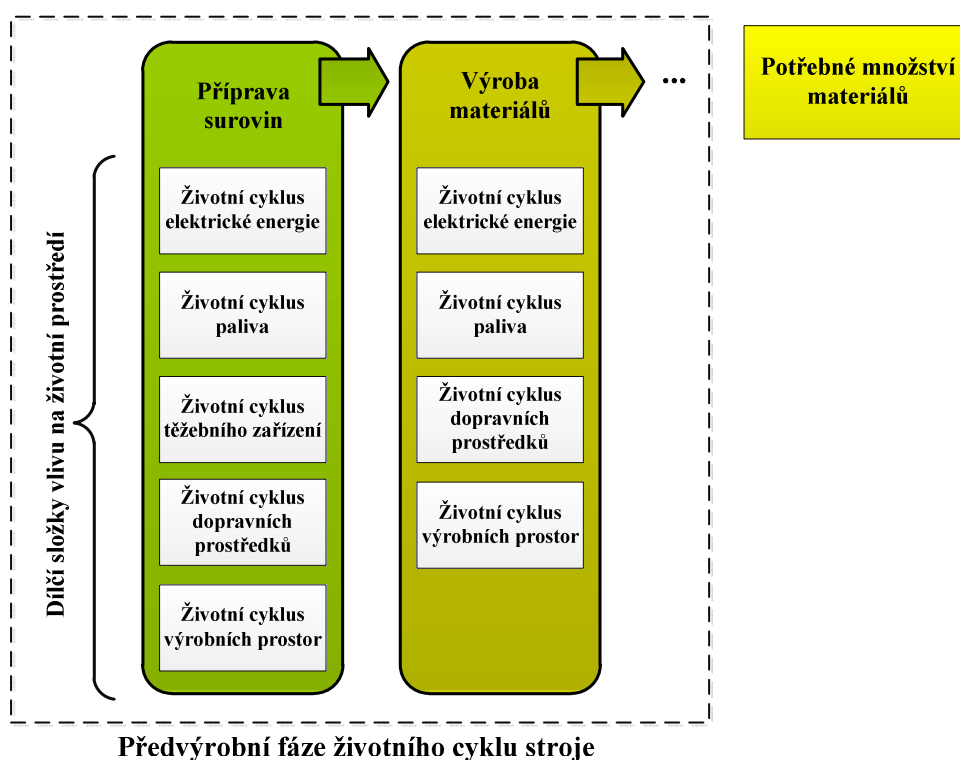
- emise uvolněné během životního cyklu výrobních prostor a zařízení na jeho osvětlení, vytápění, ventilaci a opravy,
- emise uvolněné během životního cyklu energie.

Výroba polotovarů:

- emise uvolněné při formování polotovarů, uvolněné při výrobě energie potřebné pro činnost formovacího zařízení:
 - emise uvolněné během životního cyklu formovacího zařízení,
 - emise uvolněné během životního cyklu energie,
- emise uvolněné při výrobě energie potřebné pro pomocné operace (vyloukání a čištění polotovarů apod.):
 - emise uvolněné během životního cyklu pomocného zařízení,
 - emise uvolněné během životního cyklu energie,
- emise uvolněné při provozu (osvětlení, vytápění, ventilaci a opravy výrobních prostor):
 - emise uvolněné během životního cyklu výrobních prostor a zařízení na jeho osvětlení, vytápění, ventilaci a opravy,
 - emise uvolněné během životního cyklu energie.

6.4 ANA LÝZA ŽIVOTNÍHO CYKLU DÍLČÍCH SLOŽEK PŘEDVÝROBNÍCH FÁZÍ

Z výčtu uvedeného v předchozí kapitole vyplývá, že pro posouzení dopadu na životní prostředí fází předvýrobní etapy výrobního stroje je nezbytné analyzovat dílčí složky těchto předvýrobních fází (viz obrázek 18).

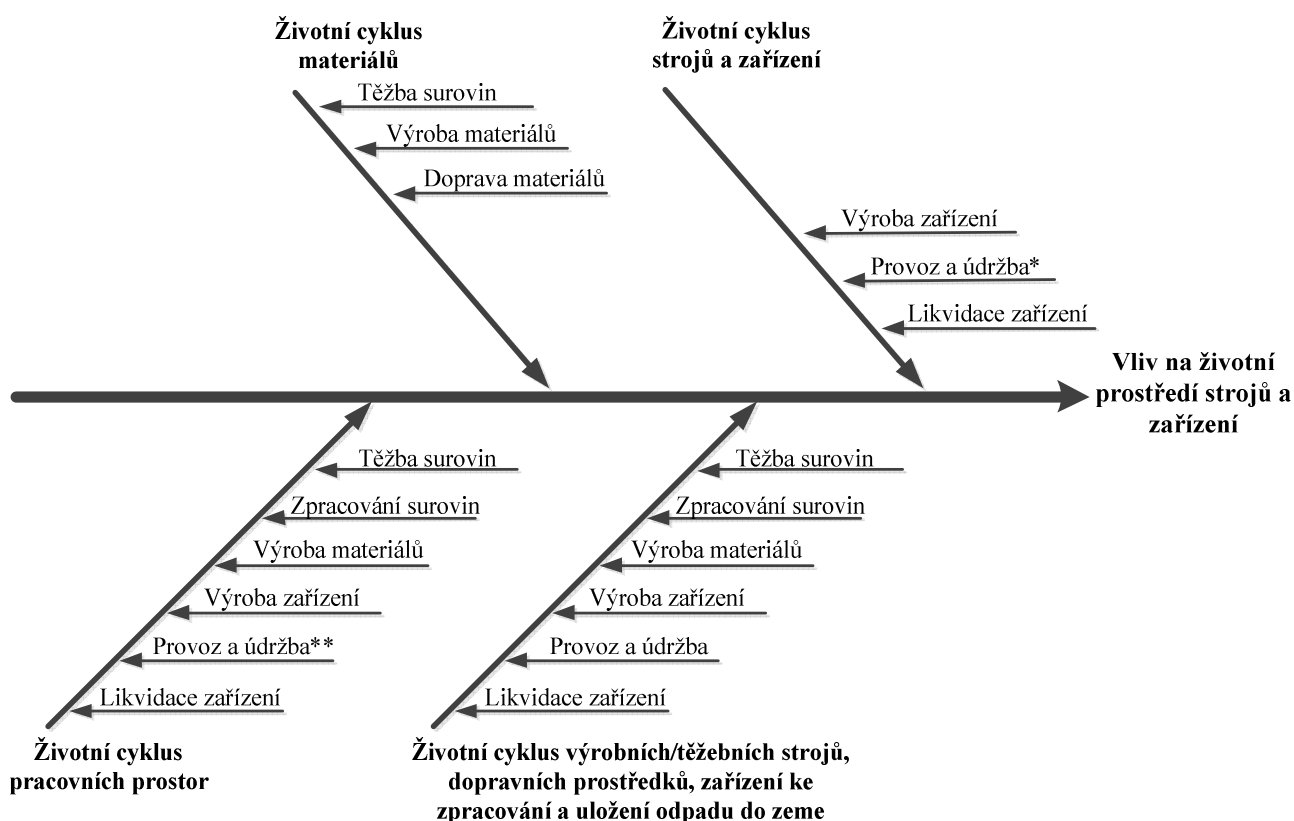


Obr. 18 – Dílčí složky fází předvýrobní etapy životního cyklu výrobního stroje

Každá fáze předvýrobní etapy životního cyklu výrobního stroje má vliv na životní prostředí. Vliv jednotlivých fází se skládají z vlivu dílčích složek, jež každou fázi tvoří. Každá z těchto složek má vlastní životní cyklus, který je znázorněn na obrázcích 19 až 22 v podobě Ishikawova diagramu, který umožňuje znázornění posuzovaného životního cyklu v podobě několika úrovní složek, které uvedený životní cyklus tvoří.

Uvedená schémata představují životní cyklus složek předvýrobních fází v podobě dílčích životních cyklů objektů (tj. např. strojů a zařízení, pracovních prostor, paliva, elektrické energie), které životní cyklus tvoří nebo se na něm podílí. Horní část diagramů tvoří životní cyklus uvedených dílčích složek. Spodní část je představena životními cykly objektů, které se na realizaci jednotlivých fází životního cyklu dílčích složek podílí. Schémata znázorňují pouze první úroveň rozdělení životního cyklu dílčích složek. Životní cyklus každého objektu je potom souhrnem životních cyklů dalších objektů, které se na něm podílí. Elektrická energie a palivo nebyly započítány mezi dílčí složky životních cyklů posuzovaných objektů, i když mezi ně patří. Jsou totiž již součástí fáze užití životního cyklu objektu a tvoří tak další úroveň rozdělení životního cyklu dílčích složek.

Při započítávání ekologické zátěže životních cyklů objektů do životního cyklu dílčích složek by se mělo brát v úvahu, že ve většině případů součástí složky životního cyklu není ekologická zátěž celého životního cyklu objektu, ale jenom ta její část, která odpovídá spotřebované funkční jednotce (viz kapitola 4.1.3).

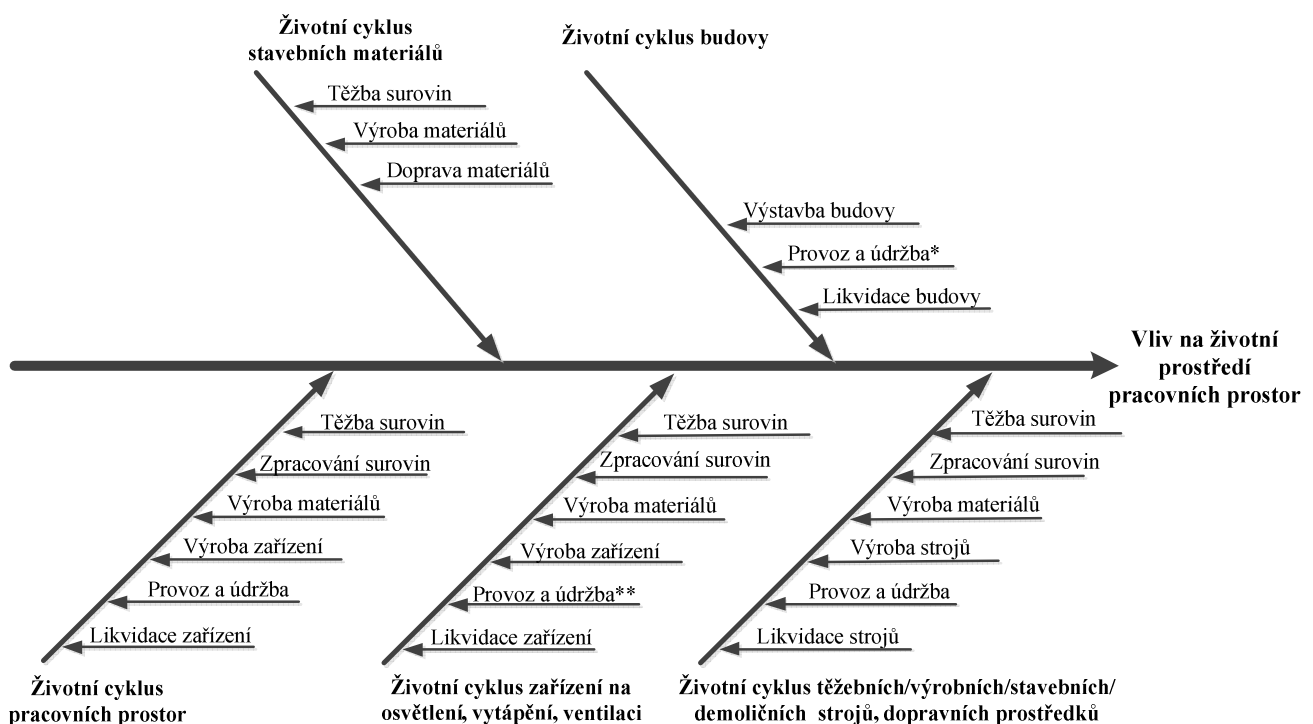


* - Provoz strojů a zařízení. Z pohledu emisí – emise vzniklé během výroby energie potřebné pro fungování stroje.

** - Osvětlení, vytápění, ventilace, opravy budovy. Z pohledu emisí – emise vzniklé během výroby energie potřebné pro osvětlení, vytápění, ventilace, opravy budovy.

Obr. 19 – Analýza vlivu na životní prostředí strojů a zařízení

Životní cyklus výrobních strojů a zařízení lze rozdělit na dvě části – životní cyklus materiálů, ze kterých je stroj nebo zařízení vyrobeno, a životní cyklus samotného stroje nebo zařízení. Mezi základní složky životního cyklu materiálů patří životní cyklus těžebního zařízení, které umožňuje těžbu surovin potřebných pro výrobu materiálů. Dalšími základními složkami životního cyklu materiálů je životní cyklus výrobního zařízení, které umožňuje výrobu materiálů ze surovin, a životní cyklus pracovních prostor, ve kterých se výroba realizuje. Doprava hotového materiálů se realizuje pomocí dopravních prostředků, které také mají vlastní životní cyklus. Další fáze výroby patří již do životního cyklu stroje nebo zařízení. Součástí fáze výroby zařízení jsou životní cykly výrobního zařízení a pracovních prostor, které se na výrobě bezprostředně podílí. Na fázi provozu zařízení se podílí životní cyklus pracovních prostor, protože je nedílnou součástí užití stroje. Součástí fáze likvidace zařízení jsou myšleny životní cykly výrobního zařízení určeného ke zpracování zařízení na kovy nebo odpad, pracovních prostor pro umístění výrobního zařízení, dopravních prostředků dopravujících kovy k místu použití nebo odpad k místu uložení do země, případně strojů pro uložení odpadu do země.

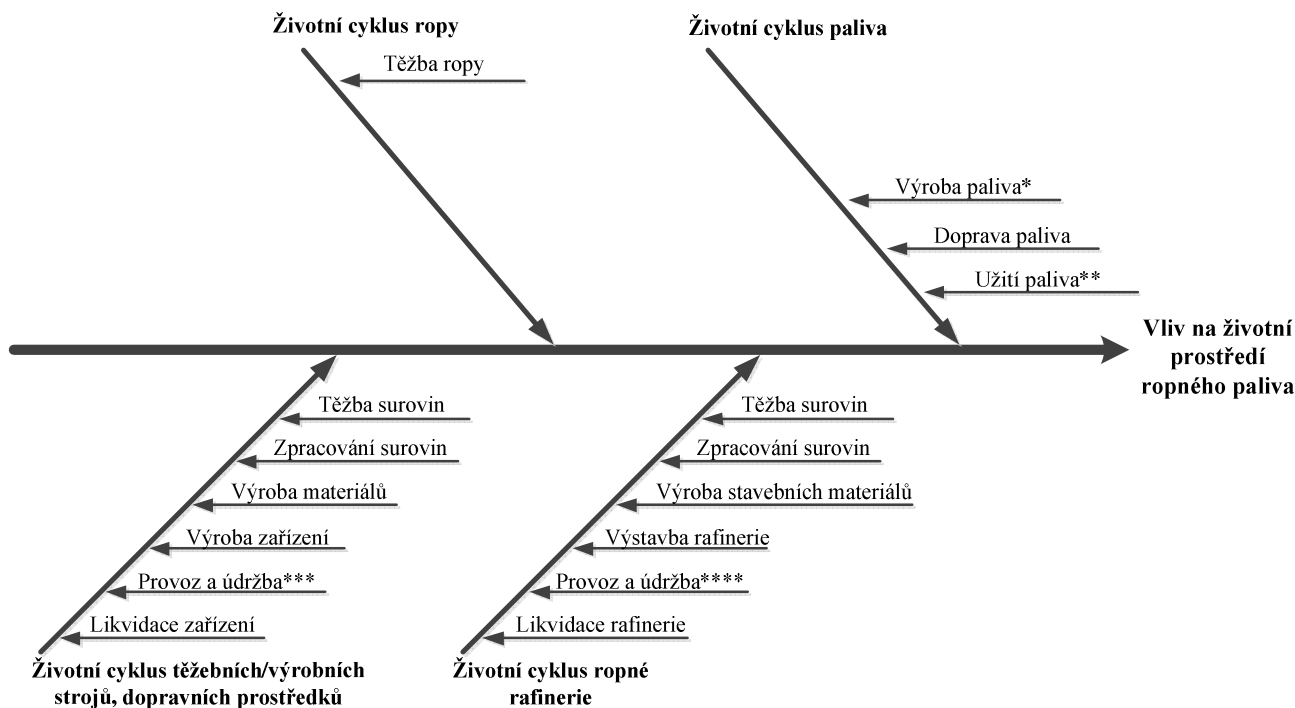


* - Provoz pracovních prostor spočívá v provozu a údržbě zařízení na osvětlení, vytápění a ventilaci. Z pohledu emisí - viz **.

** - Osvětlení, vytápění, ventilace, opravy budovy. Z pohledu emisí – emise vzniklé během výroby energie potřebné pro osvětlení, vytápění, ventilace, opravy budovy.

Obr. 20 – Analýza vlivu na životní prostředí pracovních prostor

Životní cyklus pracovních prostor se skládá z životního cyklu stavebních materiálů a životního cyklu samotných výrobních prostor. Životní cyklus stavebních materiálů se skládá z životního cyklu těžebního zařízení, které je součástí fáze těžby surovin pro výrobu stavebních materiálů. Také se skládá ze životních cyklů výrobního zařízení a pracovních prostor, které umožňují výrobu materiálů. Dále z životního cyklu dopravních prostředků, které umožňují dopravu stavebních materiálů k místu výstavby pracovních prostor. Samotná výstavba vyžaduje použití stavebních strojů. Součástí fáze provozu prostor jsou životní cykly zařízení na osvětlení, vytápění a ventilaci. Pro likvidaci budovy jsou potřeba demoliční stroje a dopravní prostředky.



* - Zpracování ropy. Z pohledu emisí – přímé emise vzniklé při zpracování ropy.

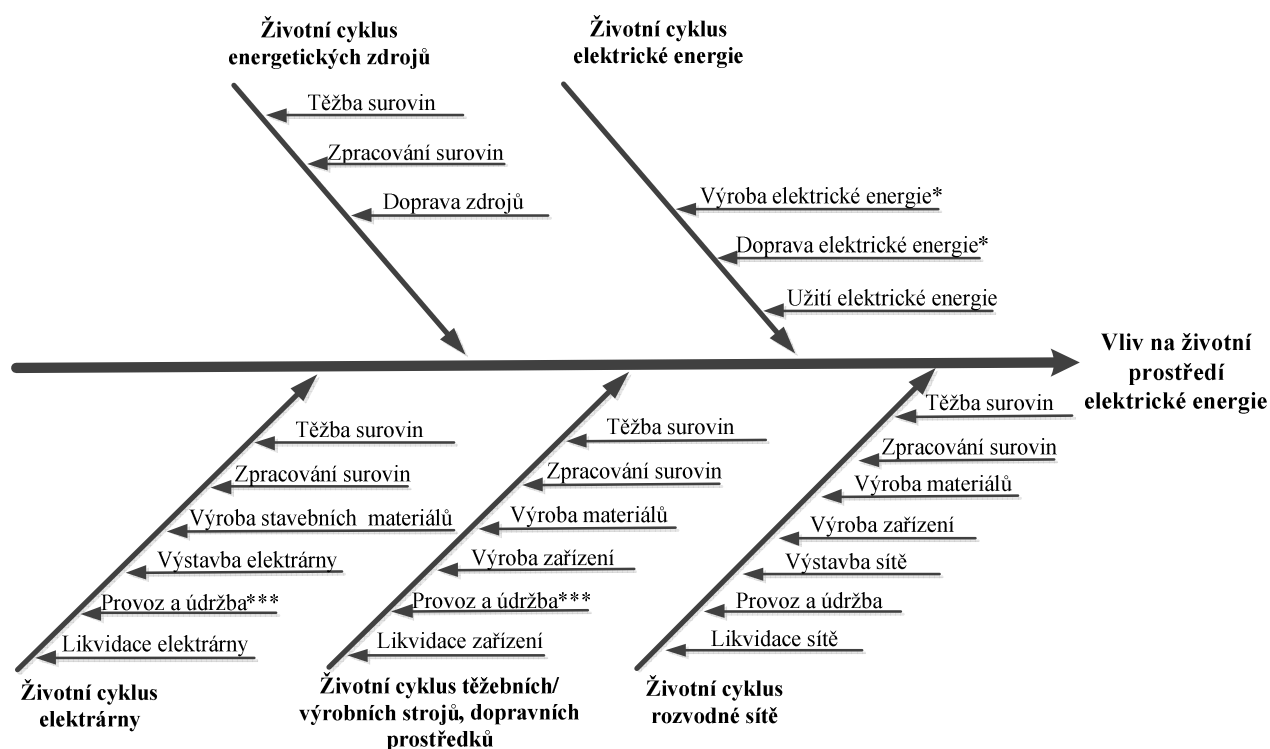
** - Spalování paliva. S pohledu emisí - přímé emise vzniklé během spalování paliva.

*** - Výroba paliva. Z pohledu emisí – emise vzniklé během výroby energie potřebné pro fungování zařízení.

**** - Osvětlení, vytápění, ventilace, opravy budovy. Z pohledu emisí – emise vzniklé během výroby energie potřebné pro osvětlení, vytápění, ventilace, opravy budovy.

Obr. 21 – Analýza vlivu na životní prostředí ropného paliva

Životní cyklus ropného paliva lze rozdělit na životní cyklus ropy a životní cyklus samotného paliva. Životní cyklus ropy tvoří životní cyklus těžebního zařízení, realizujícího těžbu ropy. Do životního cyklu paliva patří fáze výroby paliva (zpracování ropy). Lze sem také zařadit životní cykly výrobního zařízení a pracovních prostor (ropné rafinerie), zabezpečujících zpracování ropy do podoby paliva. Dále probíhá doprava paliva dopravními prostředky k místu jeho použití a samotné užití (spalování paliva).



* - Výroba elektrické energie (např. spalování fosilních paliv). Z pohledu emisí – emise vzniklé bezprostředně během převádění zdrojů na elektrickou energii.

** - Osvětlení, vytápění, ventilace, opravy budovy. Z pohledu emisí – emise vzniklé během výroby energie potřebné pro osvětlení, vytápění, ventilace, opravy budovy.

*** - Výroba elektrické energie. Z pohledu emisí – emise vzniklé během výroby energie potřebné pro fungování zařízení.

Obr. 22 – Analýza vlivu na životní prostředí elektrické energie

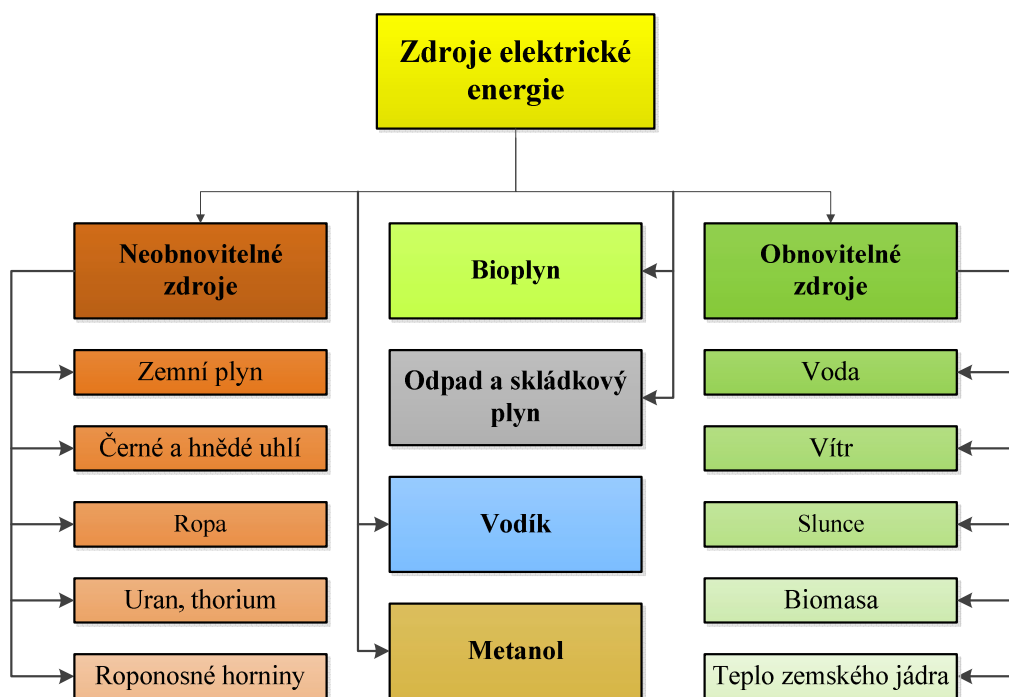
Životní cyklus elektrické energie se skládá z životního cyklu energetických zdrojů a životního cyklu samotné elektrické energie. Životní cyklus energetických zdrojů obsahuje životní cykly těžebního zařízení určeného k těžbě zdrojů (např. uhlí, ropa, uran), výrobního zařízení a pracovních prostor umožňujících zpracování zdrojů a dopravních prostředků. Životní cyklus elektrické energie začíná její výrobou z energetických zdrojů a skládá se z životních cyklů výrobního zařízení a budovy elektrárny. Doprava elektrické energie zahrnuje životní cyklus rozvodné sítě. Samotné užití energie je součástí fáze užití strojů a zařízení využívající elektrickou energii.

Elektrická energie je jednou ze základnějších složek vstupujících do životního cyklu celé řady výrobků. Je nezbytná téměř pro každou výrobní operaci a je tak i významným zdrojem znečištění životního prostředí v podobě emisí nežádoucích látek. Z toho důvodu je následující kapitola zaměřena na analýzu výroby elektrické energie a její dopad na životní prostředí.

7 ANALÝZA VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE

7.1 ZDROJE ELEKTRICKÉ ENERGIE

Environmentální vliv výroby jakéhokoliv produktu je přímo úměrný spotřebě potřebné elektrické energie a záleží především na typu paliva, ze kterého se tato energie vyrábí. V současné době existuje poměrně velké množství způsobů, jak elektrickou energii vyrobit. Nejjednodušší varianta je použití hotových přírodních surovin, které nám nabízí naše planeta. Do této skupiny patří fosilní paliva – především uhlí, ropa a zemní plyn. K přírodním zdrojům energie je možné také řadit uran a thorium. Kromě uvedených zdrojů energie, které se pokládají za neobnovitelné, příroda nám nabízí i jiné zdroje, které v průběhu času neubývají, a proto se jim říká obnovitelné. Jedná se o vodu, vítr, slunce, geotermální energii a biomasu. Tyto dvě skupiny tvoří základ energetických zdrojů jakékoliv země a v současné době jejich plné nahrazení není reálné. Kromě uvedených zdrojů energie existují také zdroje, jenž jsou stvořené člověkem, ale tvoří jen zlomek v celkovém objemu používaných energetických zdrojů. Jsou to například odpady, skládkový plyn, bioplyn, metanol a vodík. Jejich hlavní výhodou je jejich obnovitelnost a v současné době se prezentují jako energetické zdroje budoucnosti. Na obrázku 23 jsou představeny prozatím existující zdroje elektrické energie. Základní popis zdrojů elektrické energie je uveden v Příloze A.



Obr. 23 – Zdroje elektrické energie

Nedílnou součástí procesu výroby elektrické energie je elektrárna. Umožňuje převádění energetických zdrojů na elektrickou energii a princip jejího fungování ve značné míře ovlivňuje životní prostředí. Hodnocení vlivu elektráren na životní prostředí je věnována následující podkapitola.

7.2 VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ VYBRANÝCH ZÁŘÍZENÍ NA VÝROBU ELEKTRICKÉ ENERGIE

Elektrárna je technologickým zařízením na výrobu elektrické energie, respektive přeměnu energie jiné formy na energii elektrickou. Její životní cyklus, stejně jako životní cyklus energetických zdrojů, tvoří jednu z nejzákladnějších složek v celém řetězci životního cyklu elektrické energie z pohledu emisí skleníkových plynů uvolněných v jejím průběhu. Výrobu

elektrické energie, respektive přeměnu jiných forem energií na elektrickou, můžeme provádět různým způsobem. A především podle tohoto způsobu přeměny se liší vliv výroby měrné jednotky elektrické energie na životní prostředí. Popis základních druhů zařízení na výrobu elektrické energie je uveden v Příloze B.

Použití relevantního druhu elektrárny k výrobě elektrické energie je ovlivněno lokálními podmínkami, dostupností surovin, vodními toky, finančními možnostmi určité země, ale také potřebnými technologiemi a charakterem provozu elektrizační soustavy. Mezi nejrozšířenější energetické zdroje ještě stále patří fosilní paliva – uhlí, zemní plyn a ropa. Jejich spalování za účelem výroby energie je zatím nejjednodušší způsob získání elektrické energie. Avšak je i nejvíce znečišťujícím. V poslední době, v návaznosti na požadavek o snížení emisí skleníkových plynů, ve skladbě zdrojů elektrické energie zdroje obnovitelné začínají postupně nahrazovat fosilní paliva. Kromě ekologického aspektu jejich nasazení je dáno také technologickým pokrokem, který umožnil jejich hromadné použití a podporou obnovitelných zdrojů nejrůznějšími ekonomickými výhodami. Z pohledu skladby zdrojů elektrické energie jsou s těmito zdroji ale jisté problémy. Vyžadují použití většího množství vzácných kovů, jsou energeticky náročné na výrobu a jejich likvidace také nepatří mezi ekologicky šetrné. Se zvyšováním popularity obnovitelných zdrojů klesá v některých zemích popularita jaderných energetických zdrojů. Počítají jejich použití za mimořádně nebezpečné a snaží se dosáhnout jejich úplného nahrazení obnovitelnými zdroji energie. Mezi poměrně perspektivné a stále ne moc často používané zdroje patří biomasa a odpady, umožňují využití jejich likvidaci k získání elektrické energie. Jsou nevyčerpatelné, jelikož budou existovat, dokud existuje lidstvo.

7.3 SKLADBY ENERGETICKÝCH ZDROJŮ VYBRANÝCH ZEMÍ

Použití toho nebo jiného druhu elektrárny k výrobě elektrické energie zaleží na lokálních podmínkách a možnostech určité země. Země, které jsou bohaté na fosilní paliva nebo uran a mají rozvinutý průmysl, využívají většinou této možnosti a staví na svých územích teplárny a jaderné elektrárny. Příkladem může být Ruská Federace s podílem fosilních paliv na výrobě elektrické energie 69 % (viz obrázek C7), Turecko – 70,5 % (viz obrázek C5), USA – 69 % (viz obrázek C6) a Čína 69,3 % (viz obrázek C4). Země, mající na svých územích dobře vyvinuté vodní hospodářství, můžou využívat k výrobě energie energii vody. Lídrem je možné jmenovat Kanadu s podílem vodních elektráren na výrobě energie 57 % (viz obrázek C3). V oblasti výroby energie z jádra vede Česká republika, jaderná energie tvoří kolem 35 % z její celkového energetického koláče (viz obrázek C1). Jedním z největších zastánců tzv. „zelených zdrojů“ energie je Německo (viz obrázek C2). Využívá k výrobě elektrické energie skoro všechny dostupné obnovitelné zdroje – vodu, sluneční energii, biomasu i vítr. Energetické koláče jednotlivých zemí jsou graficky znázorněny v příloze C. V současné době základ energetiky je většinou tvořen fosilními palivy. Pouze několik málo zemí tvoří výjimku. Ve většině států tvoří obnovitelné zdroje energie pouze tzv. „špičkové“ zdroje, které se používají ve chvíli zvýšeného odběru elektrické energie a to pouze v určitém čase. Tyto zdroje nejsou schopny pokrýt základní spotřebu v elektrické energii.

7.4 VÝPOČET MNOŽSTVÍ PALIVA POTŘEBNÉHO PRO VÝROBU 1 MWh ELEKTRICKÉ ENERGIE

V současné době je nejvíce populární fází životního cyklu elektrické energie z pohledu sledování emisí skleníkových plynů (konkrétně oxidu uhličitého) fáze samotné výroby energie. Aby bylo možné vypočítat emise vyprodukované během výroby elektrické energie z různých energetických zdrojů a hlavně je porovnat mezi sebou, je potřeba vypočítat množství paliva potřebné pro výrobu 1 MWh elektrické energie. Výpočet množství paliva potřebného k výrobě MWh elektrické energie bude proveden na základě výhřevnosti jednotlivých druhů paliv. Vzhledem k tomu, že je k dispozici interval možných hodnot výhřevnosti jednotlivých druhů paliv, bude zvolena střední hodnota

výhřevnosti. Jednotlivé výpočty jsou uvedeny v příloze D. Výsledné hodnoty jsou umístěny do tabulky 7.

Tab. 7 – Výhřevnost a energetické využití jednotlivých druhů paliv [83][84][85]

Druh paliva	Výhřevnost paliva, (MJ/kg)	El.en.* získaná spalováním paliva, MWh/t (100% uč.)	Účinnost elektrárny, (%)	El.en.* získaná přeměnou jednotky paliva, (MWh/t)	Množství paliva potřebné pro výrobu MWh El.en.*, (t)
Černé uhlí	21 – 31	6,94	max. 45	2,78	0,35
Hnědé uhlí	10 – 17	3,61	max. 45	1,44	0,69
Zemní plyn - přímé spalování	16 – 34**	6,94**	40	2,78***	0,36***
- spalování v paroplynové turbíně			52 – 60	3,89***	0,26***
Ropa	40 – 45	11,94	30 – 45	4,54	0,22
Biomasa	15 – 19	4,72	30 – 40	1,65	0,6
Koks	27 – 30	7,77	30 – 40	2,75	0,36

* – elektrická energie,

** - na m³,

*** - na 1000 m³.

V tabulce 8 jsou zapsány údaje o elektrárnách produkujících během výroby elektrické energie nulové nebo takřka nulové emise CO₂.

Tab. 8 – Účinnost jednotlivých typů elektráren [84]

Druh elektrárny	Zdroj energie	Účinnost, %	Emise
Vodní	Voda	90 – 95	-
Větrná	Vítr	max. 35	-
Geotermální	Tepelná energie zemského jádra	max. 15	-
Fotovoltaická	Slunce	max. 15	-
Jaderná	Uran	33 – 36	-

Z provedených výpočtů je možné udělat závěr, že největší množství energie lze získat spalováním ropy a plynu v paroplynové turbíně, což může být dáno buď vysokou výhřevností paliva (například u ropy) anebo vysokou účinností samotné elektrárny (elektrárna na spalování zemního plynu s paroplynovou turbínou).

Hodnocení jednotlivých typů elektráren z pohledu množství paliva (jaderná, uhelná elektrárna) nebo obnovitelné energie (vodní, větrná, geotermální nebo fotovoltaická elektrárna), potřebné pro výrobu 1 MWh elektrické energie, je velmi obtížné, vyžaduje totiž specifická, těžce získatelná data. Též lze říci i o hodnocení emisí. Uvedené elektrárny neprodukují buď žádné emise oxidu uhličitého anebo jejich množství je zanedbatelné v porovnání s emisemi, které vypouštějí elektrárny na spalování fosilních paliv.

7.5 VÝPOČET EMISÍ OXIDU UHLIČITÉHO VYPRODUKOVANÝCH NA 1 MWh ELEKTRICKÉ ENERGIE

Pomocí provedených výpočtů a údajů o produkci emisí oxidu uhličitého byly vypočítány emise oxidu uhličitého, které produkuje výroba 1 MWh elektrické energie z různých energetických zdrojů. Provedené výpočty jsou uvedeny v příloze E a výsledky v tabulce 9.

Tab. 9 – Emise CO₂ pro výrobu 1 MWh pro různé druhy paliva

Druh paliva	Množství paliva potřebné pro výrobu 1 MWh elektrické energie, (t)	Emise CO ₂ na vyrobený 1 MWh elektrické energie (měrná emise teoretická)	
		(t CO ₂ /t paliva)	(t CO ₂ /MWh)
Černé uhlí	0,35	2,25	0,79
Hnědé uhlí	0,69	1,34	0,92
Zemní plyn - přímé spalování	0,36*	1,98*	0,71
- spalování v paroplynové turbíně	0,26*		0,51
Ropa	0,22	3,15	0,69
Biomasa	0,6	1,67	1,0
Koks	0,36	1,05	0,38

 * - na 1000 m³

Pomocí získaných údajů byly vypočítány emise jednotlivých států při výrobě 1 MWh elektrické energie. Tabulky s průběžnými výpočty jsou uvedeny v Příloze E. Jako příklad jsou v tabulkách také uvedeny emise oxidu uhličitého, které vyprodukuje výroba 1 tuny oceli, litiny a polymerbetonu. Výsledné údaje jsou uvedeny v tabulce 10.

Tab. 10 – Emise z výroby 1 MWh elektrické energie v jednotlivých zemích

Země výroby	Česká republika		Čína		Kanada		Německo		Ruská federace		Turecko		USA	
Zdroje energie	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh
Černé uhlí	5,7	5,0·10 ⁶	66,0	3258·10 ⁶	9,0	54,9·10 ⁶	19,0	117,3·10 ⁶	19,0	202,6·10 ⁶	27,2	168,0·10 ⁶	42,0	1788·10 ⁶
Hnědé uhlí	44,7	39,1·10 ⁶					26,0	160,6·10 ⁶						
Koks														
Zemní plyn	1,3	1,1·10 ⁶	3,3	162,9·10 ⁶	15,0	91,5·10 ⁶	11,0	67,9·10 ⁶	48,0	511,9·10 ⁶	43,3	267,4·10 ⁶	26,0	1107·10 ⁶
Ropa					4,0	24,4·10 ⁶			2,0	21,3·10 ⁶			1,0	42,6·10 ⁶
Biomasa	2,3	2,0·10 ⁶					6,6	40,8·10 ⁶						
Geotermální energie					2,0	12,2·10 ⁶					0,4	2,5·10 ⁶	1,0	42,6·10 ⁶
Solární energie	2,5	2,2·10 ⁶	1,0	49,4·10 ⁶			4,5	27,8·10 ⁶						
Vodní Energie	3,4	0,5·10 ⁶	21,7	1071·10 ⁶	57,0	347,8·10 ⁶	3,4	21,0·10 ⁶	16,0	170,6·10 ⁶	24,1	148,8·10 ⁶	8,0	340,5·10 ⁶
Větrná Energie	0,6	3,0·10 ⁶	5,3	261,7·10 ⁶	4,0	24,4·10 ⁶	7,5	46,3·10 ⁶			2	12,3·10 ⁶	3,0	127,7·10 ⁶
Jaderná Energie	34,6	30,3·10 ⁶	1,1	54,3·10 ⁶	9,0	54,9·10 ⁶	16,0	98,8·10 ⁶	15,0	160,0·10 ⁶			19,0	808,7·10 ⁶
Ostatní	4,9	4,3·10 ⁶	1,6	79,0·10 ⁶			6,0	37,1·10 ⁶			3	18,5·10 ⁶		
Celkem	87,6·10⁶		4937,0·10⁶		610,2·10⁶		617,6·10⁶		1066,0·10⁶		617,6·10⁶		4256,0·10⁶	
Země výroby	Česká republika		Čína		Kanada		Německo		Ruská federace		Turecko		USA	
Emise CO ₂														
CO ₂ celkem (2012), t	42,7·10 ⁶		2885,0·10 ⁶		123,3·10 ⁶		322,6·10 ⁶		500,2·10 ⁶		306,7·10 ⁶		2275,3·10 ⁶	
CO ₂ /MWh, t	0,49		0,58443		0,20		0,52		0,47		0,50		0,53	
CO ₂ /t oceli, t	2,99		3,59		1,24		3,20		2,88		3,05		3,28	
CO ₂ /t litiny, t	3,79		4,55		1,57		4,06		3,65		3,86		4,16	
CO ₂ /t polymerbetonu, t	1,09		1,30		0,45		1,16		1,05		1,11		1,19	

Z výpočtů lze vyvodit závěr, že se jako nejvýhodnější lokalita pro výrobu elektrické energie a tedy i jakéhokoliv výrobku, jeví Kanada. To je způsobeno velkým zastoupením vodních elektráren ve skladbě zdrojů elektrické energie této země. Dále následuje Rusko s velkým zastoupením tepelných

elektráren na spalování zemního plynu a Česká republika, která více než ostatní státy používá k výrobě elektrické energie jaderné elektrárny.

Pro komplexní hodnocení je však potřeba posoudit rovněž emise oxidu uhličitého způsobené dopravou příslušného výrobku z místa výroby do místa určení. A to jak z pohledu vzdálenosti, tak i z pohledu typu dopravy.

8 HODNOCENÍ VLIVU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

8.1 METODICKÝ POSTUP STANOVENÍ EMISÍ SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ

Proces environmentálního hodnocení konstrukce stroje začíná stanovením cílů a rozsahu posouzení, během kterého se určuje hloubka a přesnost posouzení a také se definuje účel, za kterým se provádí posouzení (pro interní účely, pro informování zákazníka a jiné).

V druhém kroku v případě, jestli konstrukce posuzovaného stroje obsahuje nakupované komponenty, provádí se jejich inventarizační analýza. Během analýzy se zjišťuje, existují-li pro nakupované komponenty prohlášení EPD, dodávané výrobcem komponentů. V případě dodání EPD prohlášení výrobcem není nutné provádět hodnocení emisí skleníkových plynů emitovaných během výroby komponentu, jelikož EPD již obsahuje údaje o vlivu výrobku na životní prostředí v podobě emisí vypouštěných do vody a ovzduší. Zjištěné údaje z prohlášení se zaznamenávají do technické zprávy v podobě typů, množství a země výroby komponentů, která určuje vzdálenost a typ dopravy, a také informace o zdrojích, ze kterých bylo čerpáno při vypracování prohlášení.

V případě, že nakupovaný komponent nemá EPD prohlášení, provádí se posouzení jeho environmentálního dopadu na základě materiálů obsažených v konstrukci stroje. Výsledky provedené inventarizační analýzy materiálů se zaznamenávají do technické zprávy. Stejný postup se aplikuje na nenakupované komponenty, které se vyrábí v organizaci provádějící environmentální posouzení. Inventarizační analýza materiálů se provádí na základě konstrukčního návrhu posuzovaného stroje.

Pro hodnocení emisí skleníkových plynů vyprodukovaných výrobou strojírenského materiálu je nezbytné vytvoření jeho výrobního modelu. V případě, že je na posuzovaný materiál vydáno prohlášení EPD, vytvoření výrobního modelu není nutné. Proces tvorby výrobního modelu spočívá v zjištění klíčových operací (výroba látek, použití energie a dopravních prostředků), které tvoří proces výroby materiálů a množství jejich výsledného produktu (látka, elektrická energie, palivo) potřebného pro získání potřebného množství strojírenského materiálu. Pro jeho vytvoření jsou potřeba údaje o technologii výroby materiálů dostupné od jeho výrobce nebo ze zdrojů dat.

Po vytvoření výrobního modelu materiálu následuje proces zjištění potřebných údajů o emisích skleníkových plynů vyprodukovaných operacemi použitými při výrobě posuzovaného materiálu. Použitá data by měly být co nejaktuálnějších, proto před hodnocením se provádí jejich aktualizace.

Po vytvoření výrobního modelu a přípravy potřebných údajů se provádí hodnocení emisí skleníkových plynů spojených s výrobním modelem materiálu. Některé zdroje dat již obsahují hodnoty skleníkových plynů emitovaných během výroby materiálů. V tomto případě se údaje o emisích zaznamenávají do technické zprávy. V případě, že pro posuzovaný materiál nejsou dostupné údaje o emisích, je nutné ho posoudit na základě emisí vyprodukovaných výrobou jednotlivých složek materiálů. K výrobě jednotlivých složek materiálů by měla být také připočítána energetická náročnost výroby materiálu ze složek. Když tento údaj není dostupný, je možné ho vypočítat z celkové energetické náročnosti výrobního procesu. Případně když není dostupná ani celková energetická náročnost, je možné použít pro hodnocení pouze emise z výroby jednotlivých složek.

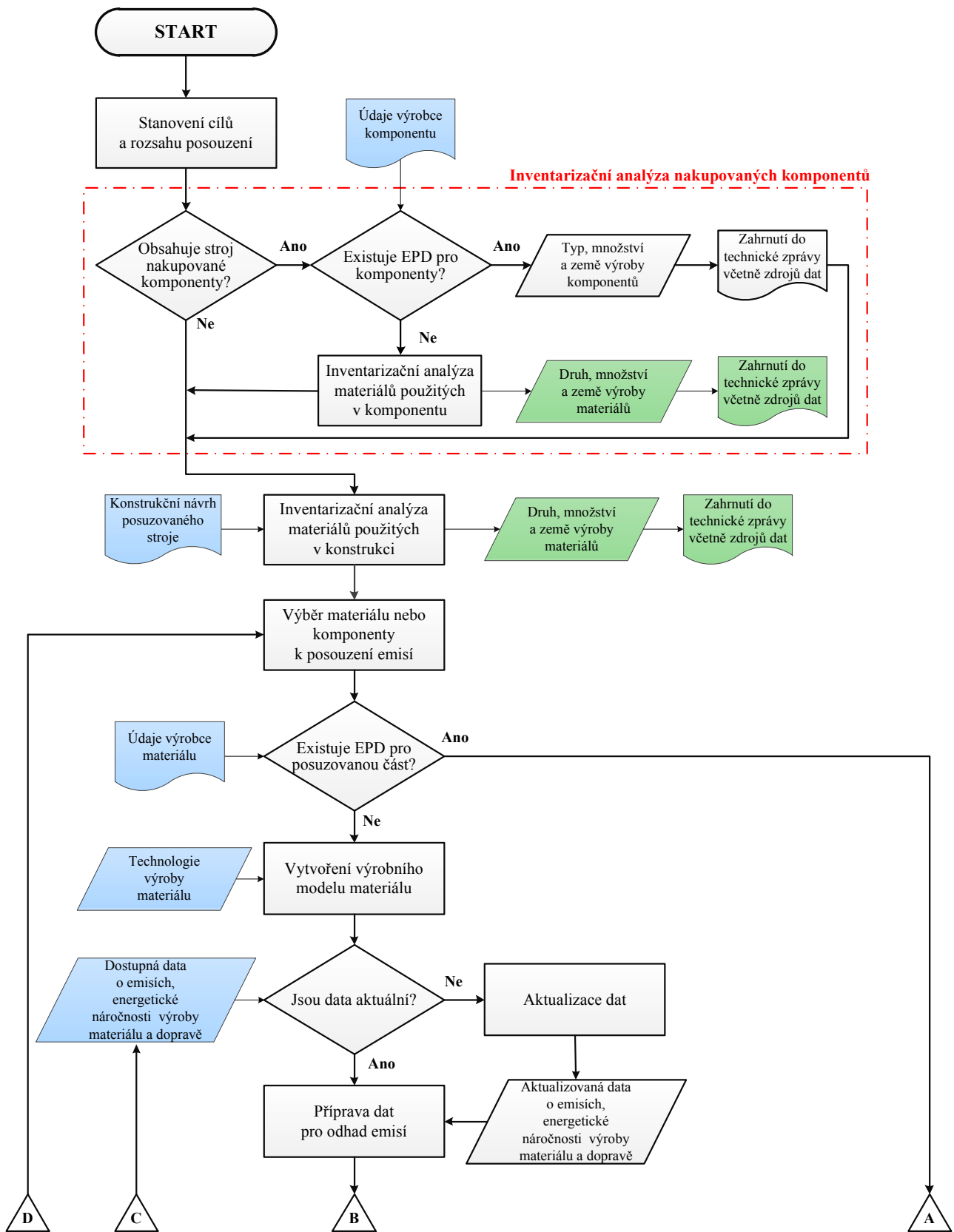
V případě nedostupnosti údajů o emisích skleníkových plynů emitovaných během výroby materiálu a jeho jednotlivých složek, je možné je nahradit energetickou náročností výroby materiálu nebo jeho jednotlivých složek. Emise skleníkových plynů je potom možné vypočítat na základě spotřebované elektrické energie a složení energetických zdrojů země, ve které byl materiál nebo jeho složky vyrobeny.

Poslední možností hodnocení emisí skleníkových plynů vyprodukovaných během výroby materiálu je jejich náhrada hodnotou emisí vyprodukovaných výrobou podobného materiálu nebo energetickou náročností jeho výroby. V případě, že není možné pro posuzovaný materiál stanovit

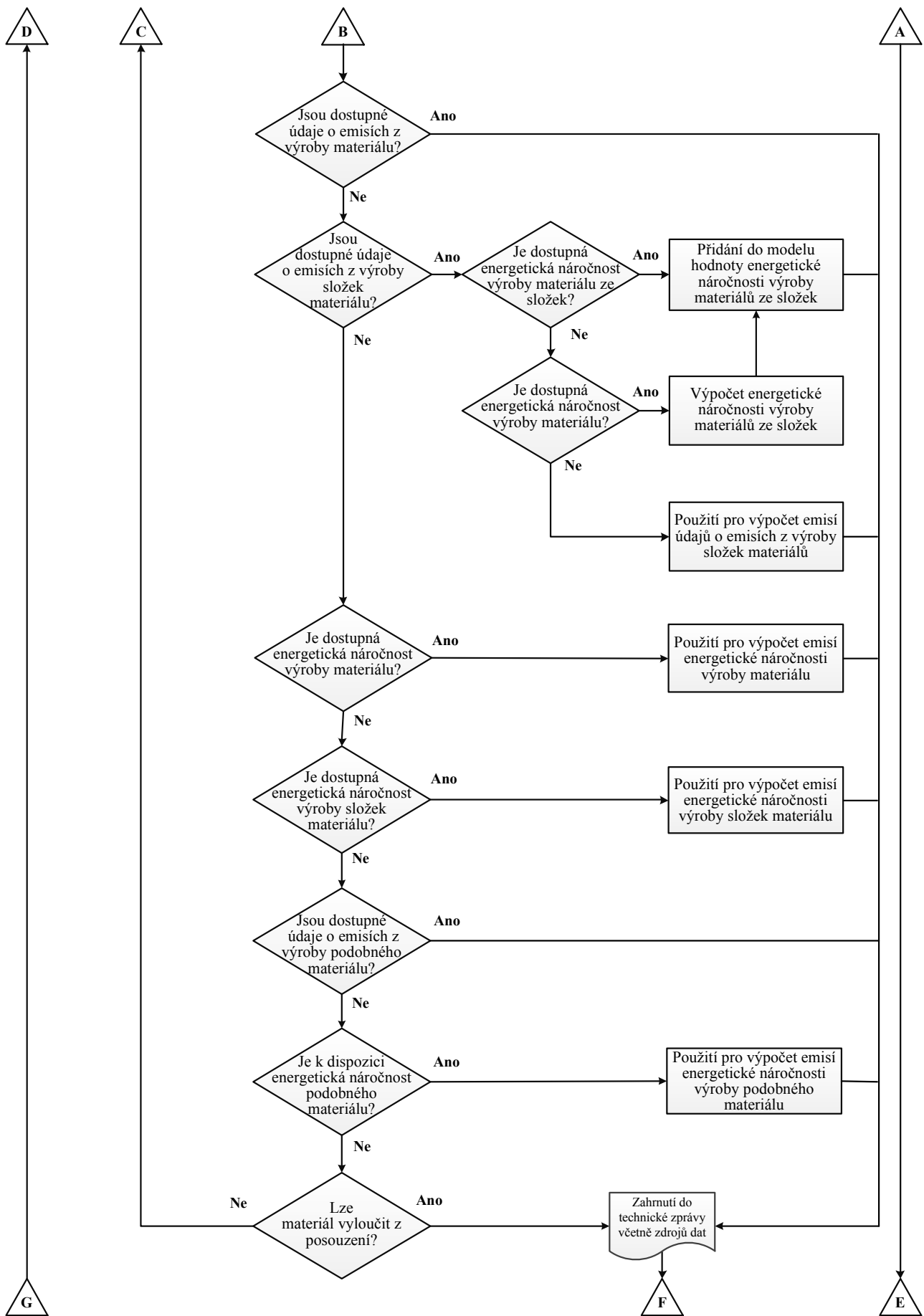
emise skleníkových plynů žádným z uvedených způsobů, materiál může být vyloučen z posuzování. Avšak použití tohoto kroku musí být zdůvodněno (např. nízké zastoupení materiálu v konstrukci stroje) a zaznamenáno do technické zprávy. Jestli není vyloučení materiálů možné, je nutné se vrátit ke kroku zjištění potřebných údajů pro výpočet emisí skleníkových plynů.

K emisím skleníkových plynů vyprodukovaných výrobou materiálu nebo komponentu (nakupované komponenty s EPD) se následně připočítají emise vyprodukované během dopravy materiálu z místa výroby k místu použití. V případě, že není další materiál k posouzení, emise skleníkových plynů vyprodukovaných výrobou a dopravou jednotlivých materiálů a komponentů se následně sečtou. Výsledky se zaznamenají do technické zprávy. Jestli hodnocení konstrukce stroje se provádí za účelem stanovení jeho optimální konstrukce, následně se porovnávají na základě předchozích technických zpráv jednotlivé konstrukční návrhy stroje.

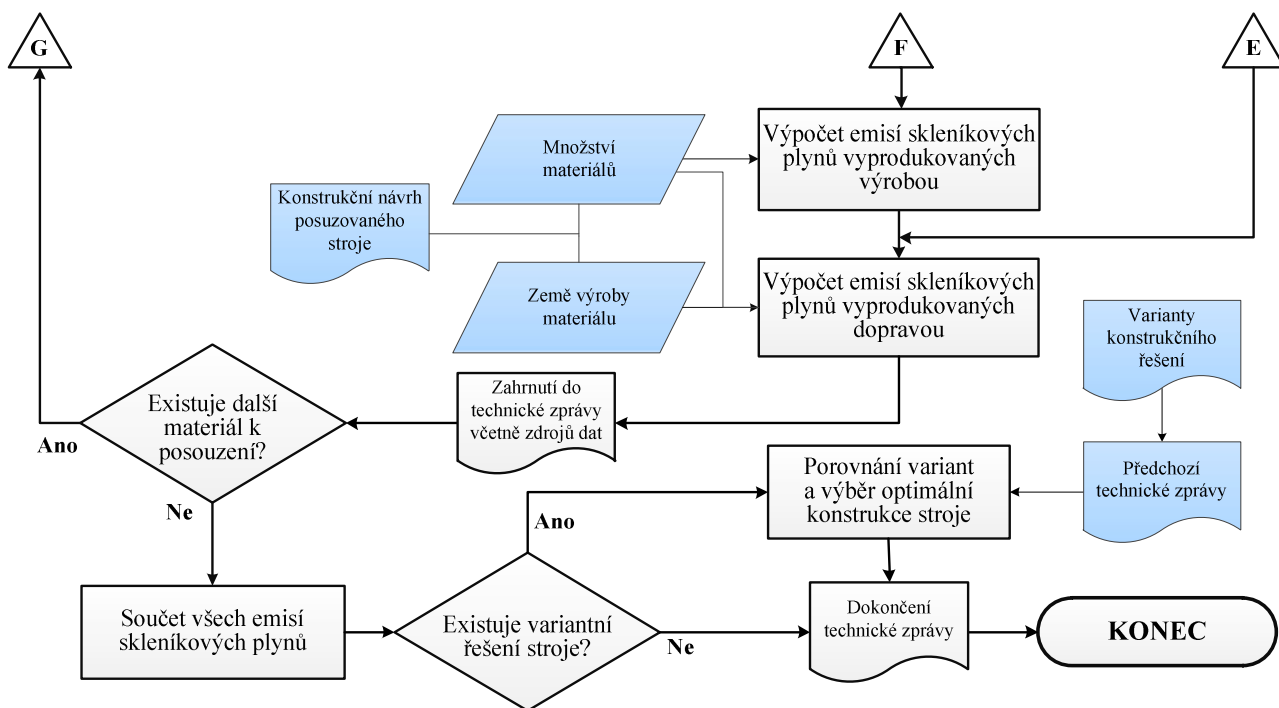
Schéma výše popsaného metodického postupu stanovení odhadu emisí skleníkových plynů spojených s konstrukcí stroje je uvedeno na obrázku 24.



Obr. 24 – Metodický postup odhadu emisí skleníkových plynů



Obr. 24 (pokračování) – Metodický postup odhadu emisí skleníkových plynů



Obr. 24 (pokračování) – Metodický postup odhadu emisí skleníkových plynů

Jelikož životní cyklus strojírenského materiálu představuje složitý rozvětvený systém prvků, posouzení environmentální zátěže způsobené jím je velice obtížné a to i v případě toho, že všechny potřebné údaje jsou k dispozici. Z tohoto důvodu je pro posouzení emisí skleníkových plynů vyprodukovaných výrobním modelem strojírenského materiálu nezbytné použití specializovaných zdrojů LCA dat. Jejich výběr závisí především na dostupnosti potřebných údajů, dostupných metodách a analýzách a výsledcích provedených výpočtů.

Při výběru vhodného zdroje LCA dat pro hodnocení environmentální zátěže výrobou strojírenských materiálů byl kladen důraz především na dostupnost ve zdroji dat operací výroby potřebných materiálů a chemických látek. Dalším stejně důležitým požadavkem je přístup k jednotlivým složkám výrobních operací. Splnění tohoto požadavku umožňuje analýzu výrobních operací a jejich případnou úpravu. Přehled dostupných zdrojů LCA dat je uveden v kapitole 4.1.8. Kromě uvedených požadavků je pro posouzení emisí skleníkových plynů nezbytné, aby zdroj dat prezentoval výsledky výpočtů v podobě emisí jednotlivých skleníkových plynů, jelikož výsledky emisí v podobě ekvivalentu oxidu uhličitého by neumožnily zjistit druh a množství jednotlivých skleníkových plynů.

Na základě uvedených požadavků a posouzení poměru cena/nabízené funkce byl zvolen zdroj LCA dat Boustead Model 6.0. Tento zdroj dat umožňuje provádění výpočtu environmentální zátěže výrobků a materiálů v podobě emisí do vody i do ovzduší a v podobě odpadů spojených s výrobkem během jeho celého životního cyklu.

Veškerá data dostupná v Boustead Model 6.0 jsou rozdělena do třech skupin – hlavní data, top-data a programová data. První skupina dat obsahuje údaje o operacích zpracování různých materiálů, výrobě paliv a údaje o emisích a odpadech. Tyto údaje pochází ze zveřejněných studií a výzkumných zpráv. Některá data jsou v této skupině uvedena jako průměrné hodnoty zjištěné od různých výrobních závodů, ze kterých se většina zakládá na více než třicetiletých průmyslových studiích různých druhů výrobků a procesů. Druhá skupina dat je prázdná a vytváří se uživatelem zdroje dat za použití údajů ze skupiny hlavních dat a jiných dostupných informací. Programové soubory zajišťují komunikaci přes grafické rozhraní mezi uživatelem a modelem procesu, například umožňují provádět výpočty nebo umožňují tisk požadovaných výsledků [86].

Boustead Model 6.0 obsahuje 12836 jednotkových operací a 2548 látek s možností jejich realizace nebo výroby téměř ve všech zemích světa a také v různých regionech USA a Kanady. Na rozdíl od některých jiných zdrojů LCA dat umožňuje Boustead Model 6.0 přístup ke struktuře modelů výrobních procesů. Dostupné výrobní operace tak mohou být upraveny nebo použity beze změn. Pomocí dostupných jednotkových operací a údajů z jiných zdrojů dat (vědecké příspěvky, databáze atd.) je možné vytvořit zcela jiný vlastní model procesu. Pomocí uvedené funkce je možné posoudit vliv na životní prostředí u látek, které nejsou v žádných zdrojích dat dostupné [86].

8.2 KONSTRUKČNÍ MATERIÁLY VE STAVBĚ STROJŮ

Na základě vytvořeného metodického postupu byly vytvořeny výrobní modely strojírenských materiálů a provedeno posouzení emisí skleníkových plynů emitovaných během výroby základních strojírenských materiálů. Seznam posuzovaných materiálů je stanoven na základě inventarizační analýzy studie životního cyklu obráběcího stroje [87], která je výstupem z projektu FR-TI3/655 „Ecodesign ve stavbě obráběcích strojů“ [32].

K výpočtu emisí skleníkových plynů vyprodukovaných vytvořenými výrobními modely materiálů byl použit zvolený zdroj LCA dat Boustead Model 6.0. Chybějící údaje byly doplněny ze zdroje dat Idemat2016 [88]. Idemat2016 obsahuje údaje o energetické náročnosti výroby stavebních a strojírenských materiálů a chemických látek, které jsou v Boustead Model 6.0 dostupné v omezeném množství. Na základě vytvořených výrobních modelů a zjištěných údajů byly provedeny výpočty emisí skleníkových plynů.

Graficky znázorněné výrobní modely jsou upravené podle dostupnosti údajů a uvedené v té podobě, ve které byly použity pro výpočet emisí skleníkových plynů. Pro znázornění komplexnosti výrobních modelů jsou některé jejich složky dále rozepsány na jednotlivé výrobní operace.

Při grafickém znázornění byly jednotlivé operace použité při výpočtu emisí skleníkových plynů vyprodukovaných vytvořenými výrobními modely materiálů barevně označeny. Každá použitá barva označuje druh výrobní operace. Barevné označení a popis použitých výrobních operací je uveden v tabulce 11.

Výstupem z hodnocení vytvořených výrobních modelů jsou hodnoty emisí oxidu uhličitého, metanu, oxidu dusného a fluorovaných uhlovodíků (CFC, HCFC, HFC). Posuzované skleníkové plyny byly zvoleny na základě největší hodnoty ekvivalentu CO₂.

Tab. 11 – Označení a popis použitých výrobních operací Boustead Model 6.0 [86]

Barevné označení	Výrobní operace	Popis výrobních operací
	Materials processing	Obsahuje údaje o širokém spektru výrobních (zpracování materiálů) a dopravních operací
	Fuel production	Obsahuje údaje o výrobě druhů paliva téměř ve všech zemích světa
	Air emission	Obsahuje údaje o možných emisích do ovzduší vyprodukovaných operacemi z Materials processing a Fuel production
	Water emission	Obsahuje údaje o možných emisích do vody vyprodukovaných operacemi z Materials processing a Fuel production
	Solid waste	Obsahuje názvy kategorií odpadů vzniklých během operací z Materials processing a Fuel production

	Raw materiál	Obsahuje názvy nezpracovaných surovin (v původním přírodním stavu), vstupujících do operací z Materials processing a Fuel production
	Fuel	Obsahuje názvy druhů paliva, používaných v operacích z Materials processing a Fuel production

8.2.1 Ocel

Ocel se vyrábí ze surového železa, které vzniká ve vysoké peci tavením železné rudy s palivem (koks, zemní plyn, koksárenský plyn, vysokopecní plyn, topné oleje), struskotvornými přísadami (dolomit, vápenec) a předehřátým vzduchem. Pro chlazení vysoké pece se používá voda. Vzniklé surové železo s ocelovým šrotem prochází procesem zkujňování, který může probíhat v čtyřech různých zařízeních: v konvertoru, martinské peci, elektrické peci a ve vakuu. Při výrobě legovaných oceli přidávají se během zkujňování do oceli legující prvky.

Při výpočtu emisí skleníkových plynů byla jako základ použita dostupná ve zdroji dat Boustead Model 6.0 operace „Výroba oceli v kyslíkových konvertorech a kontinuální lití“. Po analýze jednotlivých složek operace bylo zjištěno, že se jedná o ocel nelegovanou. Ve výrobní operaci nejsou tedy obsaženy žádné legující prvky.

Na základě uvedené operace byly provedeny výpočty dalších výrobních modelů pro jednotlivé značky ocelí, a to přidáním do modelu procesů výroby potřebného množství legujících prvků. Z důvodu použití velkého množství tříd ocelí v konstrukci stroje, bylo množství posouzených značek omezeno na nejčastější a nejvíce používané značky 11 523, 12 050, 14 260, 15 230, 19 312 a 42CrMo4. Popis uvedených značek ocelí a jejich chemické složení je uvedeno v tabulce 12.

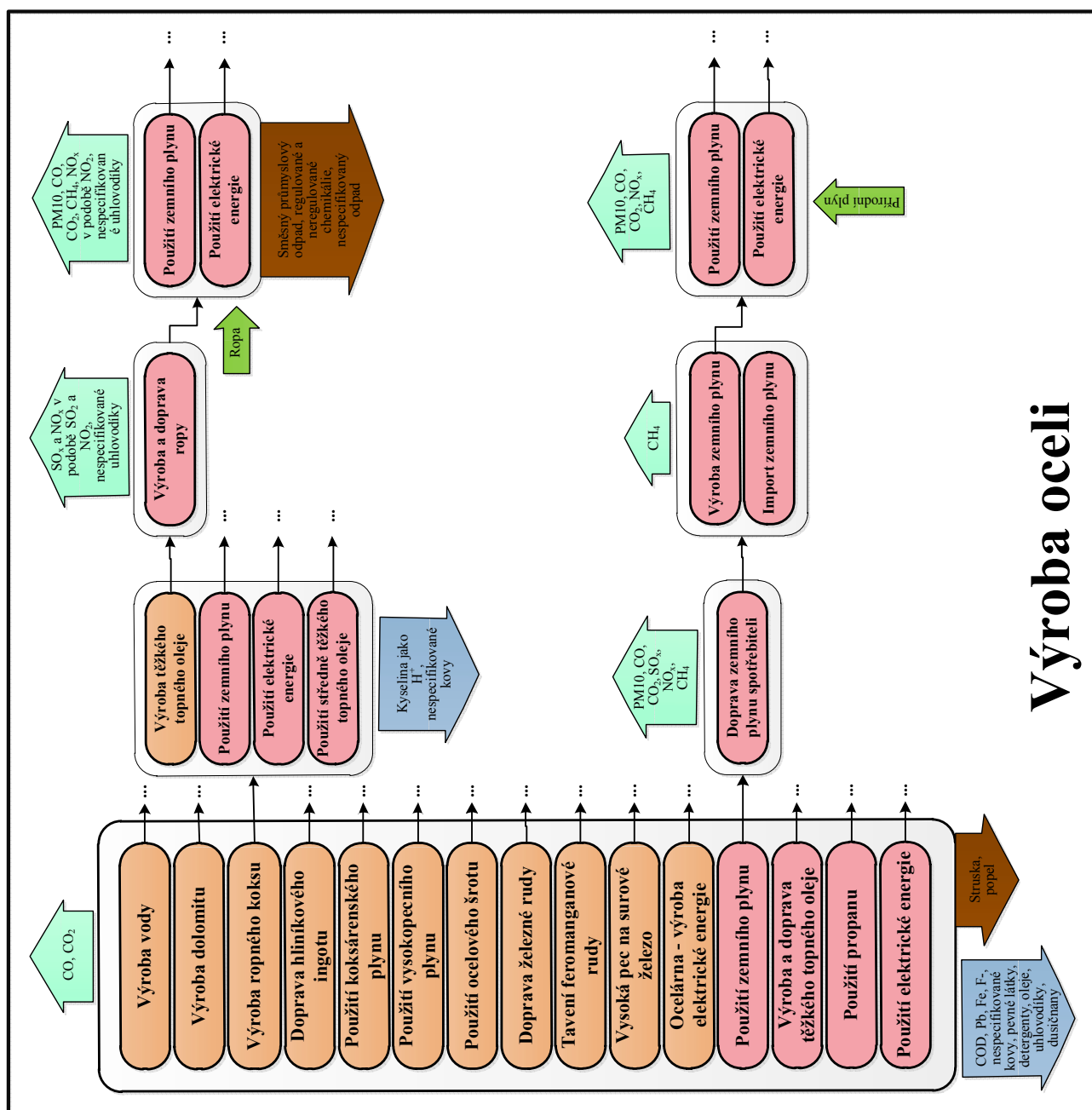
Tab. 12 – Popis a chemické složení zvolených značek oceli [89][90][91]

Značka oceli	Druh oceli	Chemické složení, %									
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Mo	V	P	S
11 523	Nelegovaná konstrukční jemnozrnná ocel vhodná ke svařování	0,2	0,55	1,6	-	0,09	-	-	-	0,04	0,04
12 050	Uhlíková ocel k zušlechťování a povrchovému kalení	0,42-0,50	0,17-0,37	0,5-0,8	max. 0,25	max. 0,3	max. 0,3	max. 0,1	-	max. 0,04	max. 0,4
14 260	Pružinová ocel	0,55	1,3-1,6	0,5-0,8	0,5-0,7	max. 0,5	max. 0,3	-	-	0,035	0,035
15 230	Nízkolegovaná ocel k zušlechťování	0,24-0,34	0,17-0,37	0,4-0,8	2,2-2,5	-	-	-	0,1-0,2	0,035	0,035
19 312	Univerzální uhlíková nástrojová ocel	0,85-0,95	0,1-0,4	1,9-2,1	0,2-0,5	-	-	-	0,05-0,15	max. 0,03	max. 0,03

42CrMo4	Nízkolegovaná ušlechtilá chrom - molybdenová ocel	0,38-0,45	max. 0,4	0,6-0,9	0,9-1,2	-	-	0,15-0,30	-	max. 0,025	max. 0,035
----------------	---	-----------	----------	---------	---------	---	---	-----------	---	------------	------------

U prvků s množstvím u vedeným v podobě intervalu hodnot byla vždy zvolena střední hodnota, u prvků s uvedenou maximální hodnotou byla zvolena maximální hodnota.

Ze všech legujících prvků uvedených v tabulce 12, byly ve zdroji dat Boustead Model 6.0 zjištěny pouze výrobní operace „Výroba manganu“ a „Výroba vysoce čistého křemíku“. U ostatních prvků byla zjištěna jejich energetická náročnost ze zdroje dat Idemat2016 [88], která byla do výrobních modelů vložena jako operace „Použití elektrické energie“. Jedná se o chrom, molybden, nikl a vanad. Prvky s obsahem pod 0,1 % nebyly do výrobních modelů započítány (síra, fosfor). Grafické znázornění výrobního modelu nelegované oceli a její vliv na životní prostředí je znázorněn na obrázku 25. Z důvodu, že výrobní modely legované oceli se liší od modelu nelegované oceli pouze přítomností legujících prvků, nebyly výrobní modely legované oceli znázorněny.



Obr. 25 – Grafické znázornění výrobního modelu nelegované oceli a jeho vliv na životní prostředí

8.2.2 Litina

Litina se vyrábí stejně jako ocel ze surového železa. Následně surové železo spolu s odpadovou litinou, ocelovým šrotem a vápencem se přetavuje v kuplovně. Palivem v kuplovně slouží koks. Do kuplovně se také přivádí vzduch, který je na rozdíl od vzduchu přiváděného do vysoké peci, není ohříván.

V konstrukci stroje jsou použity dva druhy litiny s označením 422425 (GG25) a 422420 (GG20). Jedná se o šedé legované litiny s lupínkovým grafitem.

Při analýze dostupných zdrojů dat nebyly zjištěny žádné údaje o emisích skleníkových plynů vyprodukovaných výrobou litiny. Byla však zjištěna ve zdroji dat Idemat2016 [88] energetická náročnost její výroby. Proto byla pro výpočet emisí skleníkových plynů použita operace „Výroba oceli v kyslíkových konvertorech a kontinuální lití“. V uvedené operaci byla spotřeba elektrické energie snížena tak, aby výsledná energetická náročnost výrobního procesu odpovídala zjištěné

energetické náročnosti výroby litiny. Z důvodu nedostupnosti údajů o energetické náročnosti litin značek GG25 a GG20 byly uvedené značky litin nahrazeny stejnými druhy litiny značek GG15 a GG35. Jelikož zvolené značky litiny mají stejnou energetickou náročnost výroby, byl vytvořen pouze jeden model výroby šedé legované litiny. Výsledný model výroby litiny je stejný jako výrobní model oceli.

8.2.3 Měď a slitiny mědi

Měď se obvykle vyrábí redukcí sulfidických rud. Vytěžená ruda se nejdříve drtí, mele a odděluje se od hlušiny. Vzniklý rudný koncentrát se praží za účelem odstranění síry. Vypražený koncentrát se taví v pecích (šachtových nebo plamenných) s koksem a struskotvorných přísad (oxid křemičitý) za vzniku dvou tavenin – strusky a kamínku. Kamínek oxiduje v konvertoru na černou měď obsahující 99 % mědi. Pro získání 99,95% mědi se černá měď čistí elektrolytickou rafinací v roztoku síranu měďnatého. Z mědi se vyrábí mosazi a bronz. Mosaz se vyrábí tavením mědi se zinkem a jinými legujícími prvky (hliník, křemík, olovo a jiné), bronz – tavením mědi s cínem a případně malým množstvím jiných kovů.

U konstrukce stroje měď je použita jako slitina na odlitky (podle normy ČSN 423123) v konstrukci lože s otočným stolem, v podobě mosaze s označením CuZn39Pb3 v systému chlazení nástrojů, dále také v čisté podobě v konstrukci vřeteníku a ve vodičích. V případě slitiny mědi s označením ČSN 423123 se jedná o cínový bronz na odlitky s chemickým složením CuSn12, který se používá na výrobu vysoce namáhaných součástí. Tato slitina obsahuje 85,0-88,5 % mědi a 11,0-13,0 % cínu. Mosaz CuZn39Pb3 neboli Ms58 obsahuje 57,0-59,0 % mědi, 2,5-3,5 % olova a kolem 39 % zinku. Tato mosaz je vhodná ke tváření za tepla a dobře se letuje [92].

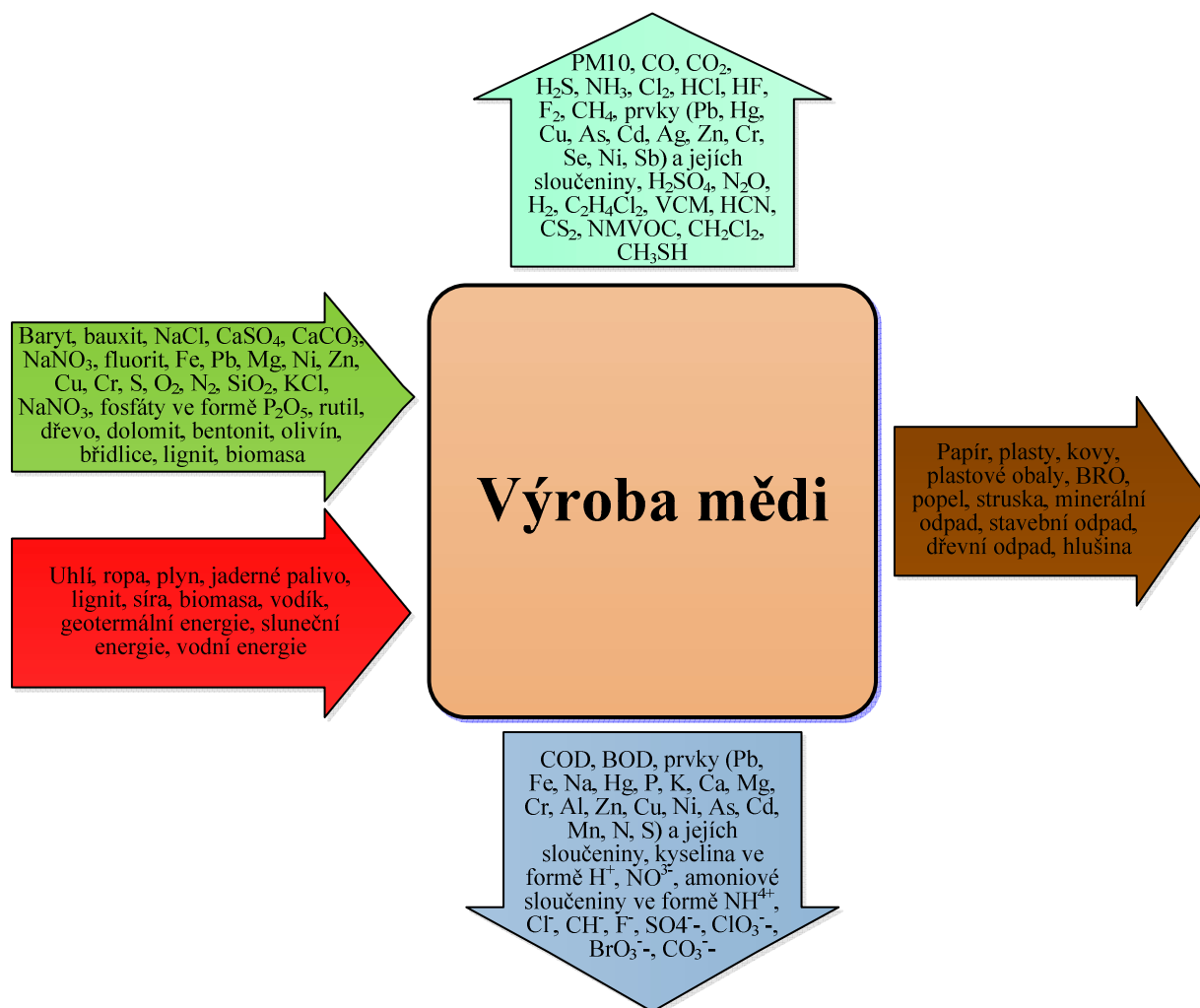
Ve zdroji dat Boustead Model 6.0 byly zjištěny operace výroby tří druhů mědi: „Výroba blisterové mědi“ (neboli černá, obsahuje nejméně 96 % mědi), „Výroba anodové mědi“ (žárově rafinovaná měď, obsahuje cca 99 % mědi) a „Výroba elektrolytické mědi“ (vzniká elektrolytickou rafinací blisterové mědi, obsahuje nejméně 99,9 % mědi).

Pro výpočet emisí skleníkových plynů vyprodukovaných výrobou čisté mědi byla použita operace „Výroba elektrolytické mědi“, jelikož na výrobu vodičů se většinou používá 99,9% měď.

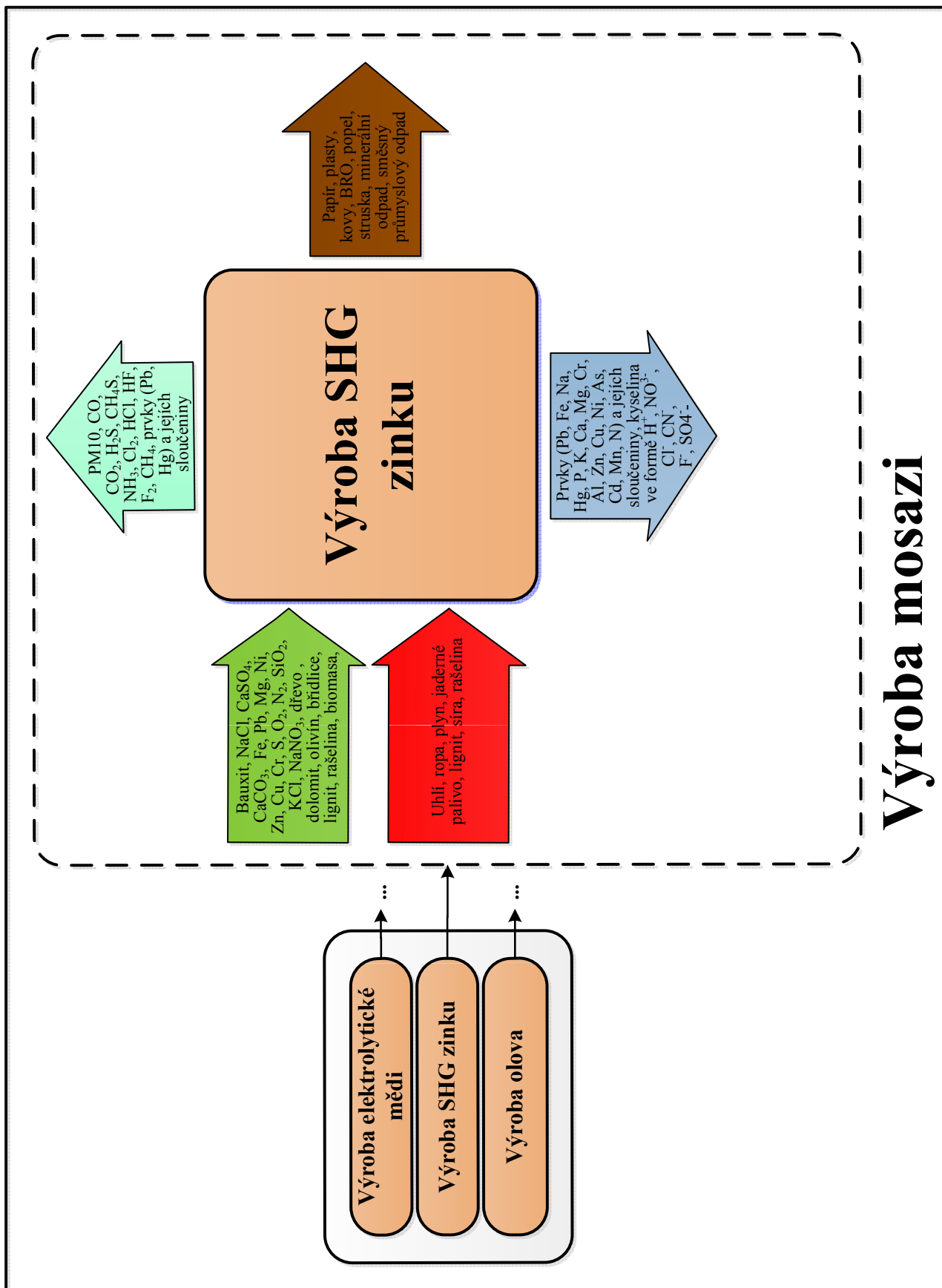
Výpočet emisí pro výrobní model cínového bronzu CuSn12 byl proveden za použití výrobních operací „Výroba elektrolytické mědi“, „Výroba cínu“ a „Výroba olova“ dostupných ve zdroji dat Boustead Model 6.0.

Pro model výroby mosaze CuZn39Pb3 byly použity operace „Výroba elektrolytické mědi“, „Výroba olova“ a „Výroba SGH zinku (99,995 % zinku)“.

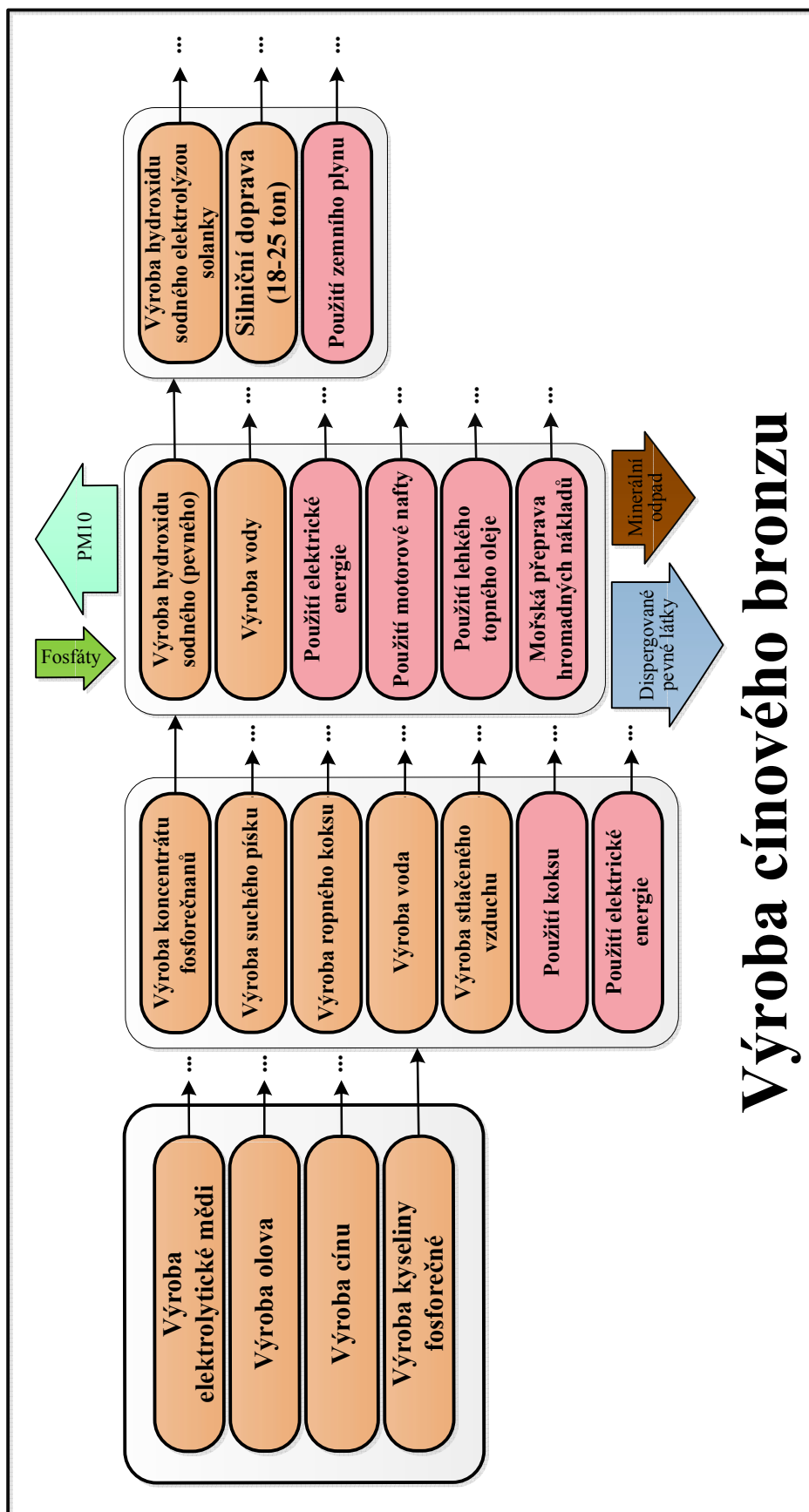
Grafické znázornění výrobních modelů mědi, mosazi a bronzu a její vliv na životní prostředí jsou uvedeny na obrázcích 26 až 28.



Obr. 26 – Grafické znázornění výrobního modelu mědi a jeho vliv na životní prostředí



Obr. 27 – Grafické znázornění výrobního modelu mosazi a jeho vliv na životní prostředí



Výroba cínového bronzu

Obr. 28 – Grafické znázornění výrobního modelu cínového bronzu a jeho vliv na životní prostředí

8.2.4 Hliník a slitiny hliníku

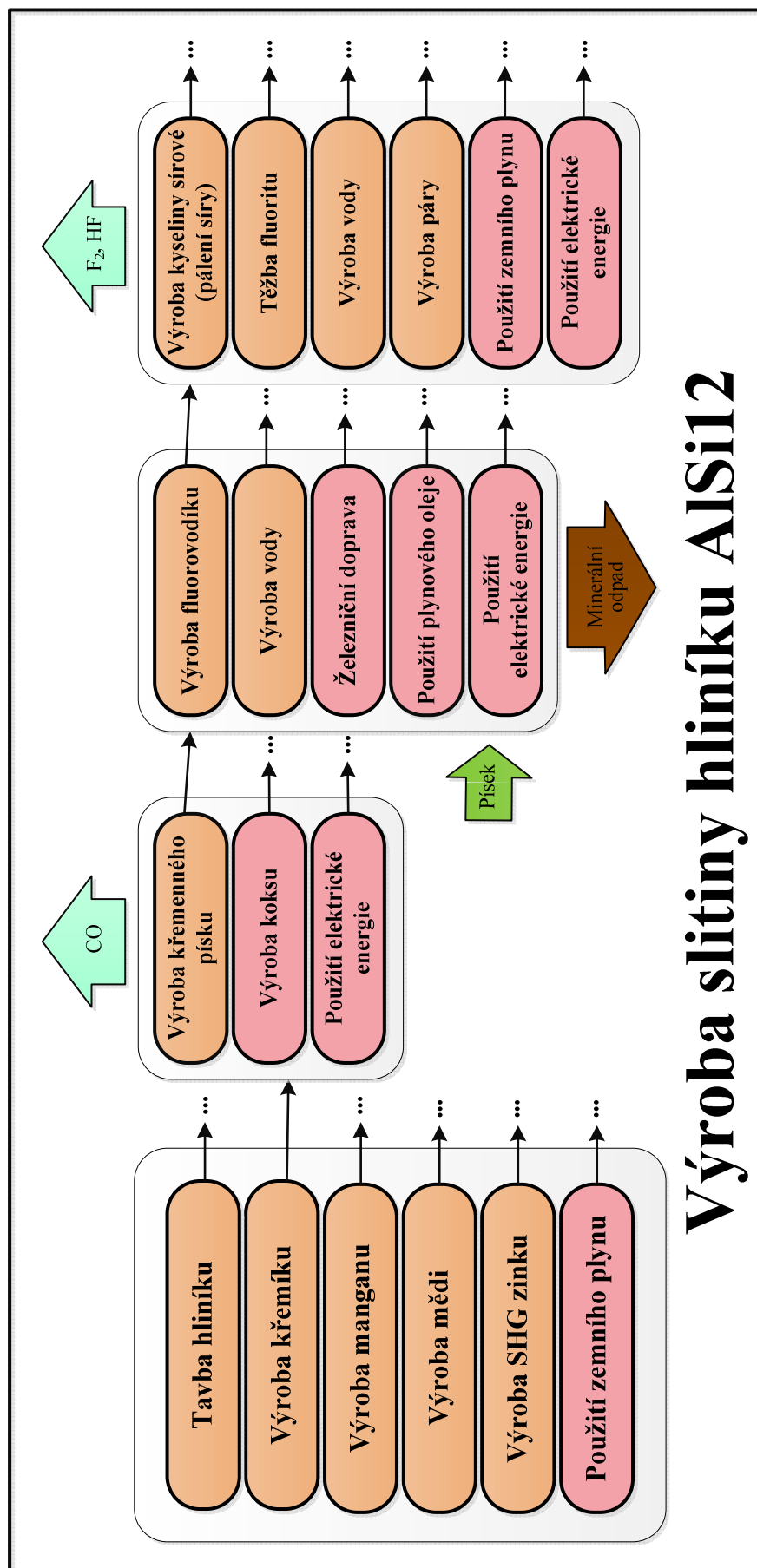
Hliník nejčastěji vzniká elektrolýzou směsi oxidu hlinitého a kryolitu při teplotě kolem 950 °C za přidání aditiv (fluoridu hlinitého). Na katodě vzniká čistý hliník, na grafitové anodě – kyslík. Oxid hlinitý se vyrábí z jemně namletých bauxitových rud, které se nejdříve čistí od nečistot (kaolin, oxid železa a jiné) rozkladem hydroxidem sodným za zvýšených teplot. Vzniklý hlinitan sodný se podrobuje hydrolyze a rozkladu oxidem uhličitým. Poslední etapou je kalcinace za vysokých teplot na oxid hlinitý. Existují i jiné způsoby výroby oxidu hlinitého. Slitiny hliníku vznikají přidáním do hliníku legujících prvků [93].

V konstrukci stroje jsou použity tři slitiny hliníku. Slitina AlMgSi je použita v konstrukci zásobníku nástrojů a slitiny s označením AlCu4BiPb a AlSi12(Cu) jsou použité v konstrukci vřeteníku.

Slitina s označením AlMgSi patří mezi tzv. vytvrditelné a vhodné ke svařování slitiny. Obsahují křemík (0,3-0,7 %) a hořčík (0,4-0,9 %). Slitina AlCu4BiPb obsahuje měď (3,0-5,0 %) a olovo s bismutem (0,5-1,5 %). Jedná se o automatovou slitinu určenou ke tváření. Slitina AlSi12(Cu) je nejrozšířenější slévárenskou slitinou hliníku, která patří mezi tzv. siluminy (Al-Si). Podle obsahu křemíku patří mezi eutektické slitiny (10,5 – 13,5 % křemíku). Kromě toho obsahuje také 0,9 % mědi, 0,7 % železa, 0,55 % zinku, 0,35 % manganu, 0,3 % niklu a 0,2 % olova [94][95][96].

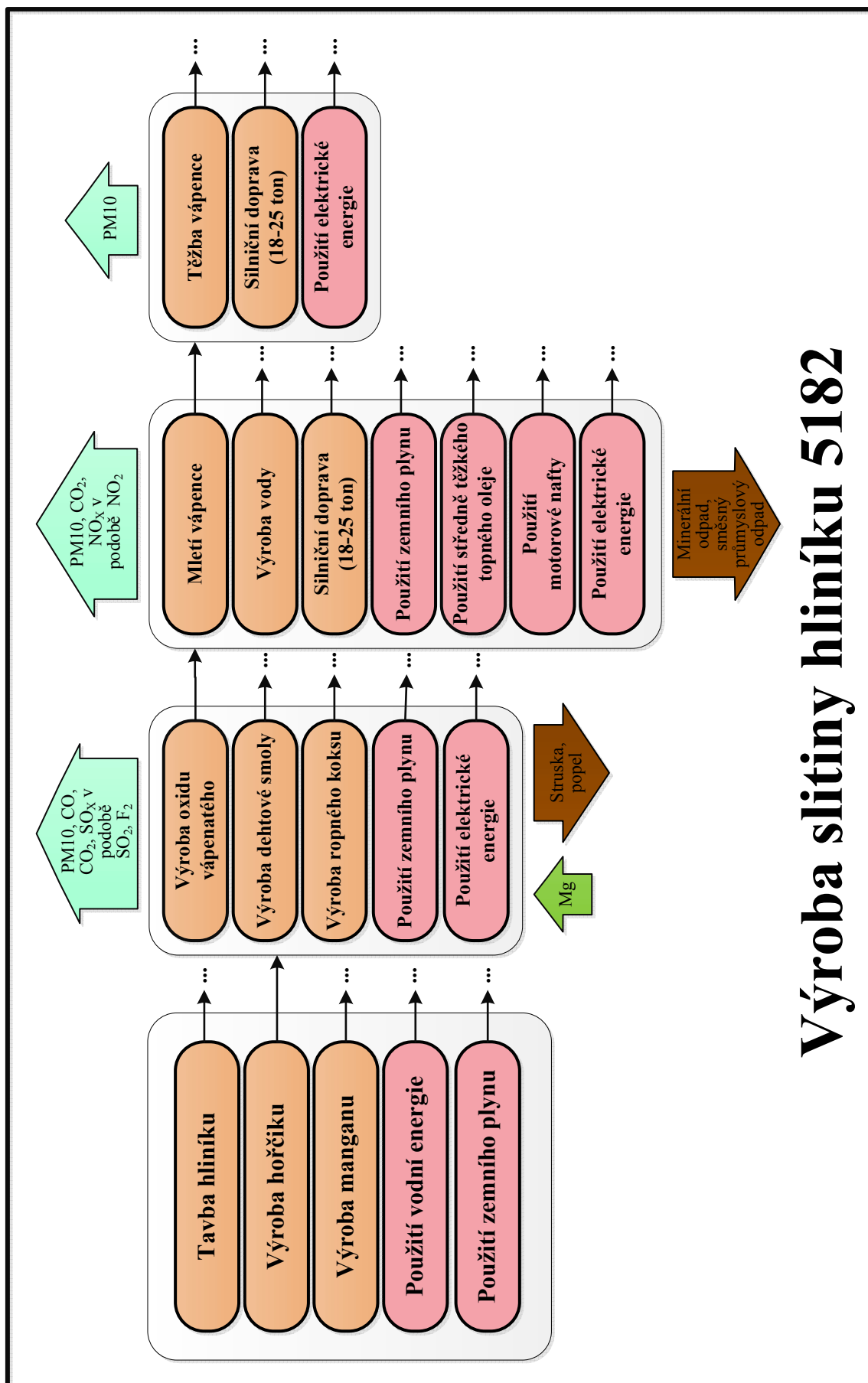
Při analýze dostupných zdrojů dat bylo zjištěno, že k dispozici jsou pouze operace výroby slitin hliníku s označením 3004 (AlMn1Mg1), 5082 (AlMg4,5Mn0,7), 5182 (AlMg4,5Mn0,7) a AA1200 (Al99). Na základě údajů o materiálech použitých v konstrukci stroje a údajů ze zdrojů dat Boustead Model 6.0 bylo rozhodnuto o posuzování vlivu na životní prostředí u třech typů hliníkových slitin - AlSi12(Cu), 5182 (AlMg4,5Mn0,7) a AA1200 (Al99). Tyto slitiny by měly pokrýt zastoupení hliníkových slitin nejčastěji používaných v konstrukci výrobních strojů. Pro posouzení vlivu na životní prostředí slitin 5182 (AlMg4,5Mn0,7) a AA1200 (Al99) byly použity operace „Výroba slitiny hliníku 5182, tavení/legování/lití“ a „Výroba slitiny hliníku AA1200, tavení/legování/lití“. Posouzení výrobního modelu slitiny AlSi12(Cu) bylo provedeno na základě použití operací „Tavba a lití hliníku“ a operací výroby legujících prvků – „Výroba křemíku“, „Výroba mědi“, „Výroba zinku“, „Výroba olova“, „Výroba manganu“. Hodnota energetické náročnosti výroby slitiny byla zvolena na základě operace výroby slitiny 5182. Výrobní operace legujících prvků niklu a železa, nedostupné v Boustead Model 6.0, byly nahrazeny hodnotami energetické náročnosti jejich výroby v podobě operace „Použití elektrické energie“, zjištěné ze zdroje dat Idemat2016 [88].

Grafické znázornění výrobních modelů hliníkových slitin jejich vliv na životní prostředí jsou znázorněny na obrázku 29 až obrázku 31.



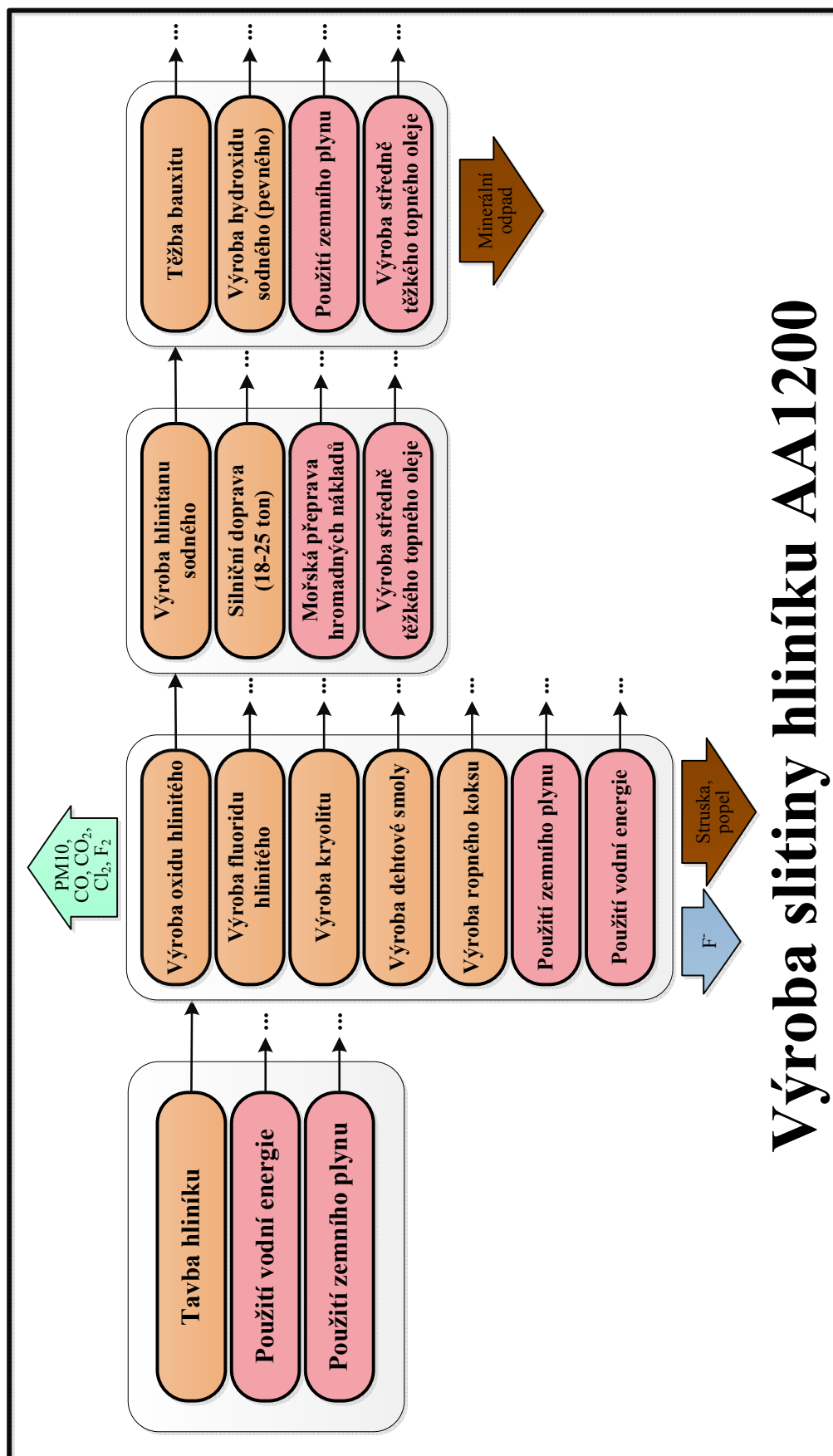
Výroba slitiny hliníku AlSi12

Obr. 29 – Grafické znázornění výrobního modelu slitiny AlSi12 a jeho vliv na životní prostředí



Výroba slitiny hliníku 5182

Obr. 30 – Grafické znázornění výrobního modelu slitiny 5182 a jeho vliv na životní prostředí



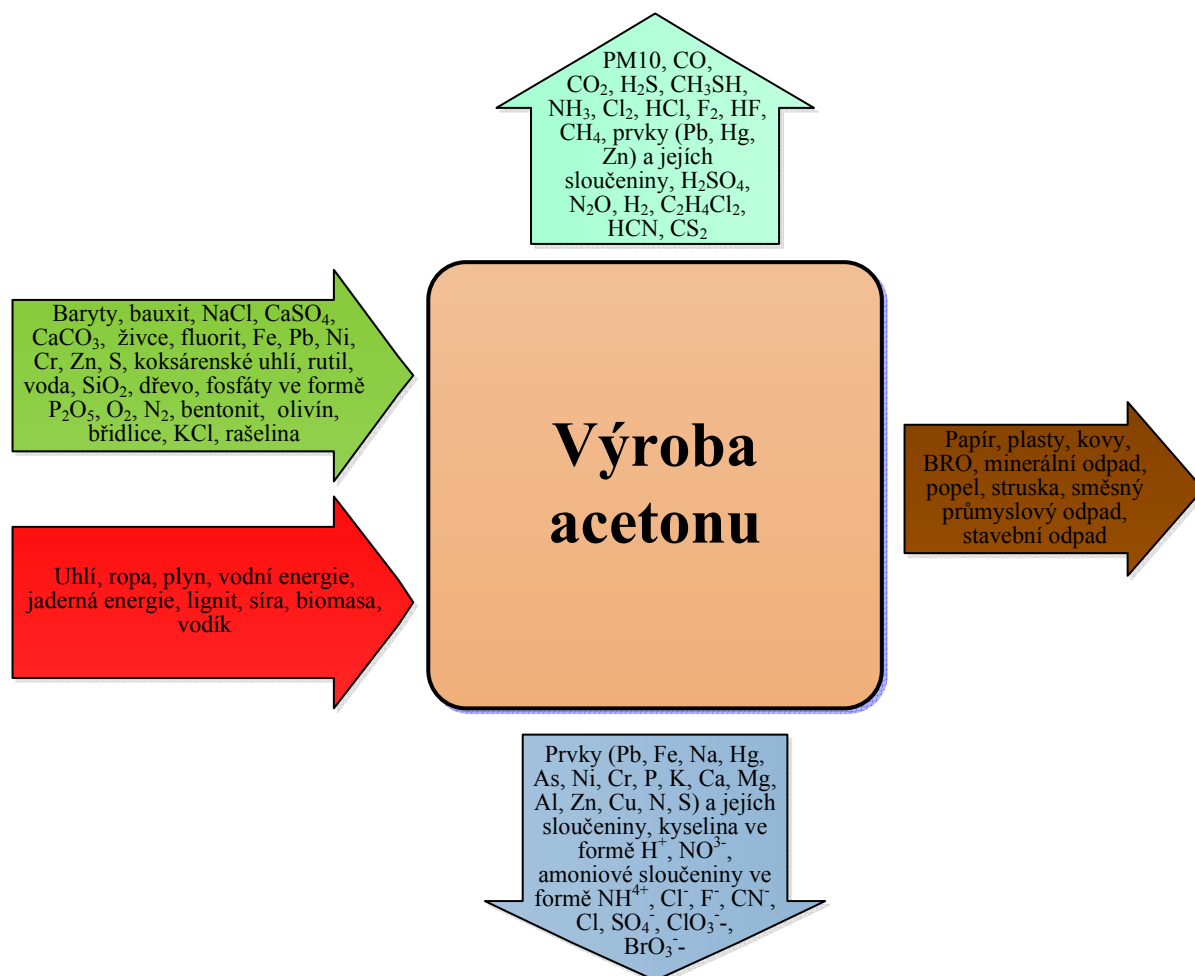
Výroba slitiny hliníku AA1200

Obr. 31 – Grafické znázornění výrobního modelu slitiny AA1200 a jeho vliv na životní prostředí

8.2.5 Aceton

Aceton se vyrábí několika způsoby: oxidací isopropylbenzenu peroxidem vodíku, rozkladem octanu vápenatého a dehydratací 2-propanolu [97]. Ve strojírenské výrobě aceton se používá pro odmaštění obrobků jako součást elektrochemického leštění.

K hodnocení vlivu na životní prostředí modelu výroby acetonu byla použita operace „Výroba acetonu“ dostupná v Boustead Model 6.0 (viz obrázek 32).

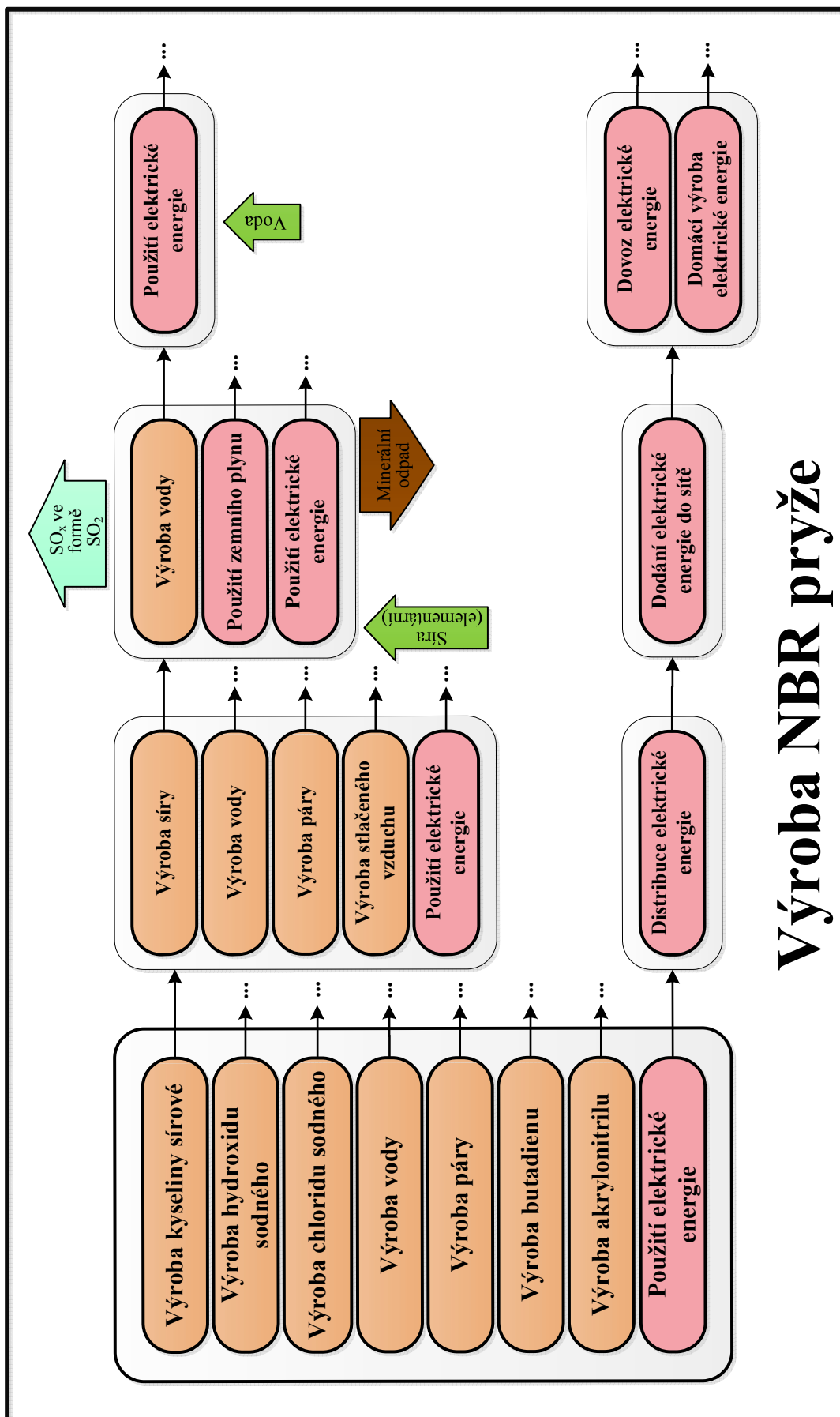


Obr. 32 – Grafické znázornění výrobního modelu acetonu a jeho vliv na životní prostředí

8.2.6 Butadien-akrylonitrilový kaučuk

Butadien-akrylonitrilový kaučuk neboli NBR (Nitrile butadiene rubber) je syntetický elastomer vyráběný kopolymerací akrylonitrilu a butadienu za tepla nebo za studena. Meziproduktem kopolymerace je latex s příměsí kaučuku, který se odděluje od latexu roztokem chloridu sodného nebo kyseliny siřné. Při výrobě se používají vulkanizační činidla (např. siřné sloučeniny), plniva a antioxidanty [98].

Při analýze dostupných zdrojů dat bylo zjištěno, že je k dispozici pouze operace „Kopolymerace styrenu a butadienu“ dostupná ve zdroji dat Boustead Model 6.0. Pro posouzení vlivu na životní prostředí výroby NBR byla jako základ použita uvedená operace, kde dílčí operace „Výroba styrenu“ byla nahrazena operací „Výroba akrylonitrilu“. Množství nahrazené látky bylo zachováno. Grafické znázornění výrobního modelu acetonu a jeho vliv na životní prostředí je uvedeno na obrázku 33.



Výroba NBR pryže

Obr. 33 – Grafické znázornění výrobního modelu NBR a jeho vliv na životní prostředí

8.2.7 Pryž

Pryž neboli guma je materiál vyráběný vulkanizací z přírodního (surového) nebo syntetického kaučuku. Přírodní kaučuk (cis-poly-isopren) se získává z tropického stromu Kaučukovníku brazilského, syntetický se vyrábí kopolymerací nenasycených uhlovodíků. Vznikají tak například polybutadienové a kopolymerární butadien-styrenové kaučuky (SBR) [99].

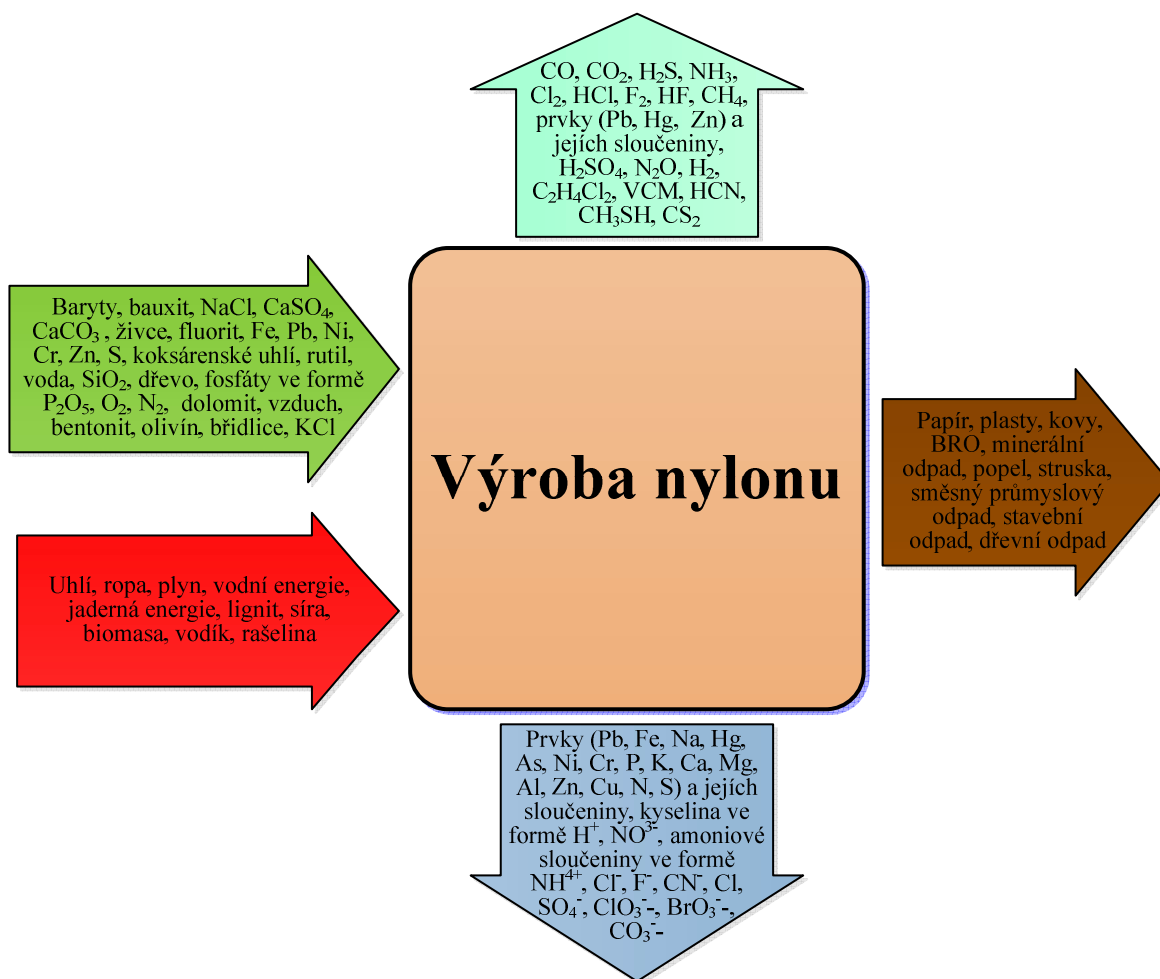
S výše uvedeného popisu vyplývá, že pro posouzení výrobního modelu pryže je možné použít operaci „Kopolymerace styrenu a butadienu“. Po provedení výpočtu však bylo zjištěno, že tento proces má téměř stejnou energetickou náročnost a produkuje téměř stejné množství skleníkových plynů jako proces výroby NBR. Z těchto důvodů byl model výroby pryže nahrazen modelem výroby NBR (viz obrázek 33).

8.2.8 Nylon

Nylon je syntetický termoplast, vyráběný kondenzační polymerizací kyseliny adipové a hexamethylendiaminu. Další možností výroby nylonu je jeho syntéza hydrolytickou polymerací kaprolaktamu [100].

K posuzování vlivu na životní prostředí výroby nylonu byla použita operace „Výroba nylonu“, která je dostupná ve zdroji dat Boustead Model 6.0.

Grafické znázornění výrobního modelu acetonu a jeho vliv na životní je uveden na obrázku 34.



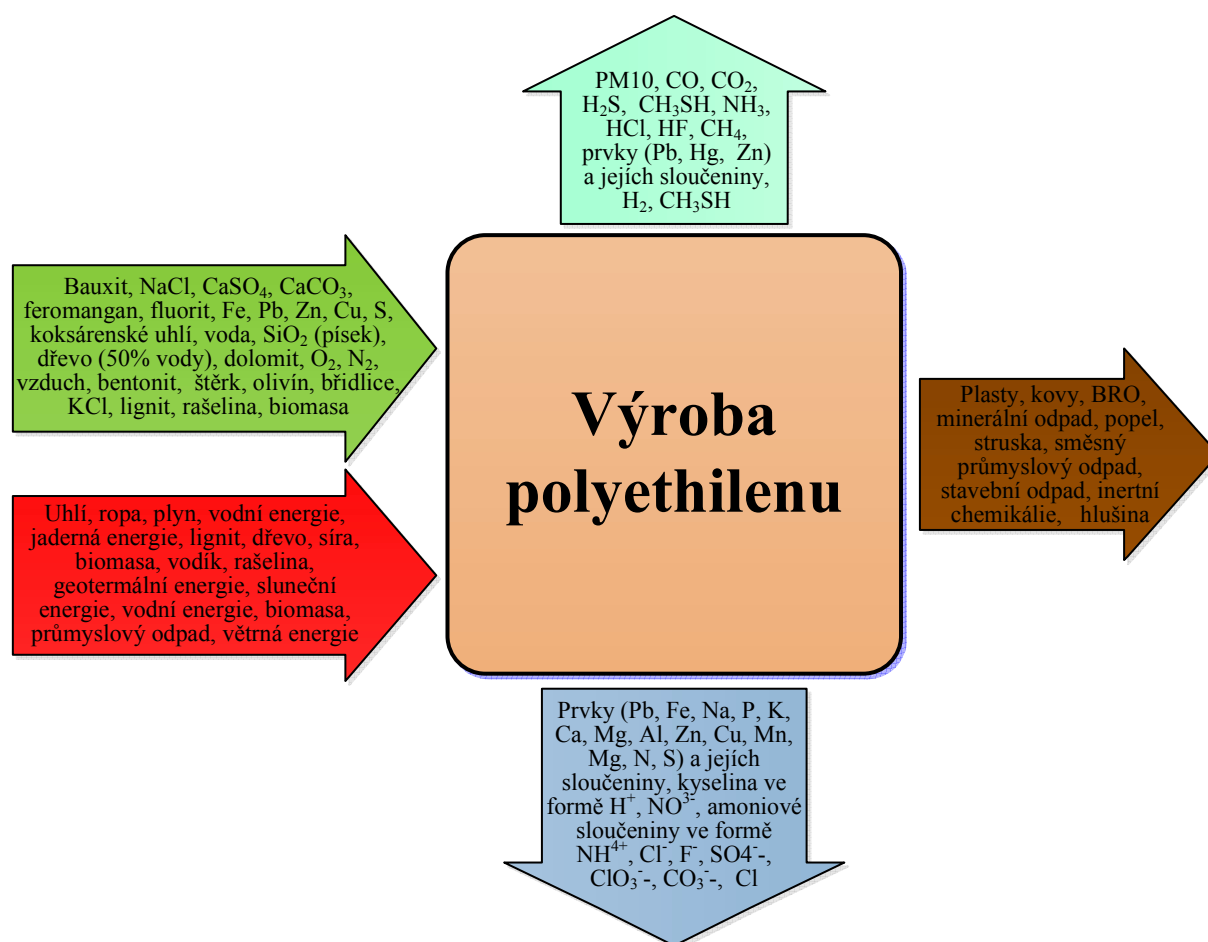
Obr. 34 – Grafické znázornění výrobního modelu nylonu a jeho vliv na životní prostředí

8.2.9 Polyethylen

Polyethylen (PE) je termoplast vyráběný polymerací ethenu. Existuje několik druhů PE. Nízkohustotní polyethylen (LDPE) se vyrábí ve vodou chlazeném reaktoru za vysokého tlaku s použitím modifikátorů (alkoholy, aldehydy, ketony a jiné) a iniciátorů (kyslík, organické peroxidy a jiné). Vysokohustotní polyethylen (HDPE) se vyrábí v suspenzi nebo v plynné fázi. Výroba probíhá v reaktoru za zvýšené teploty s použitím katalyzátorů (titan, chrom). [101].

Ve zdroji dat Boustead Model 6.0 byly zjištěny následující operace výroby PE: „Výroba polyethylenu s nízkou hustotou (LDPE)“, „Výroba polyethylenu s vysokou hustotou (HDPE)“ a „Výroba lineárního polyethylenu s nízkou hustotou (LLDPE)“. K posuzování vlivu PE na životní prostředí byla použita operace „Výroba polyethylenu s vysokou hustotou“, jelikož se ve strojírenství používá častěji než LDPE a LLDPE. Po provedení výpočtu však bylo zjištěno, že všechny tři procesy výroby PE mají téměř stejnou energetickou náročnost a produkují téměř stejné množství skleníkových plynů. Výsledný model tak může být použit pro výrobu všech třech druhů PE.

Výsledné grafické znázornění výrobního modelu PE a jeho vliv na životní prostředí je uvedeno na obrázku 35.



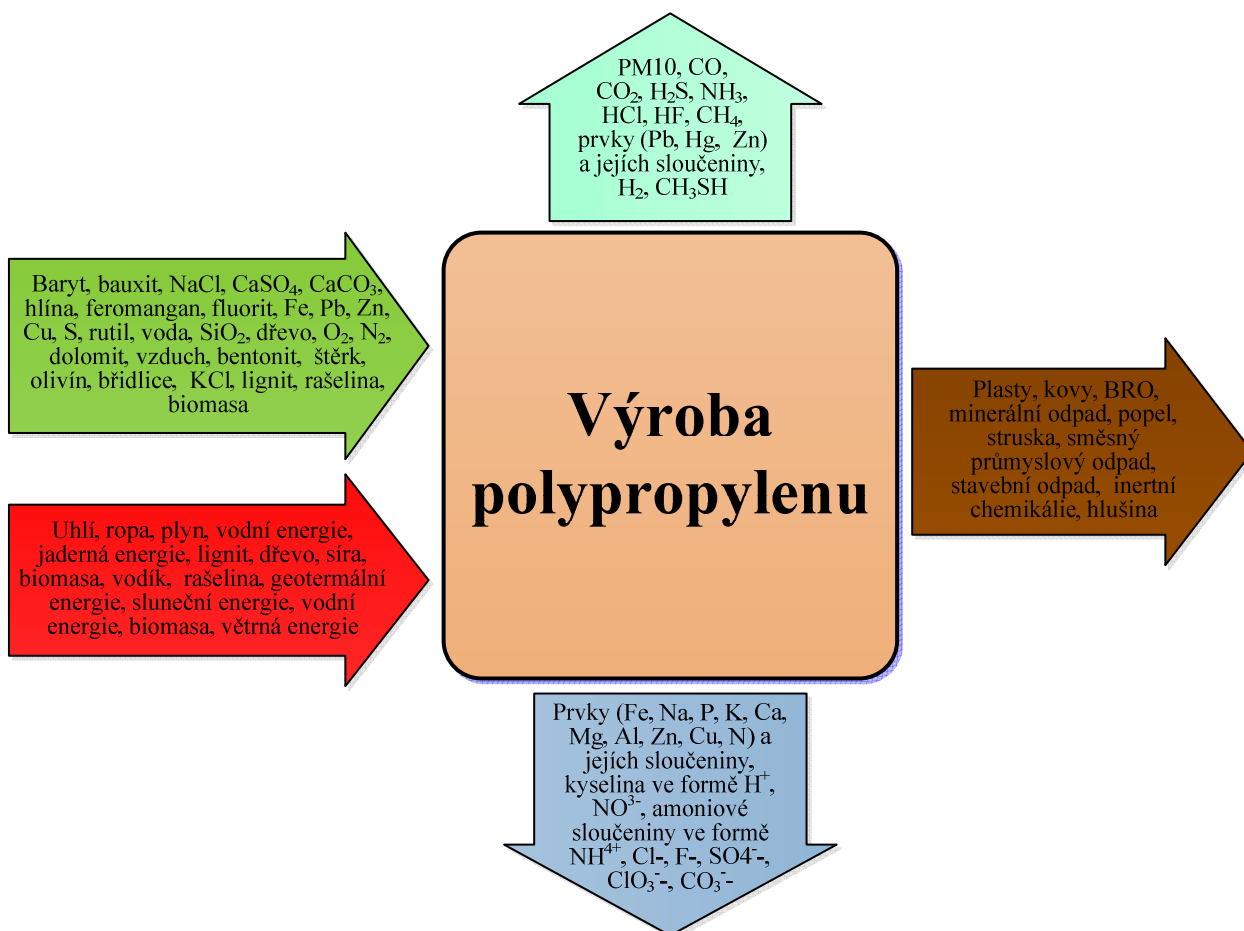
Obr. 35 – Grafické znázornění výrobního modelu PE a jeho vliv na životní prostředí

8.2.10 Polypropylen

Polypropylen (PP) je termoplastický polymer získávaný polymerací propylenu za přítomnosti katalyzátorů (katalyzátory Ziegler-Natta, které jsou tvořené solí přechodného kovu a organokovové sloučeniny prvku 3. hlavní skupiny). Výroba PP může probíhat v plynné fázi nebo v suspenzi a je velice podobná výrobě HDPE [102].

K posuzování vlivu výroby PP na životní prostředí byla použita operace „Výroba polypropylenu“ dostupná ve zdroji dat Boustead Model 6.0.

Výsledné znázornění vlivu výroby PP na životní prostředí je uvedeno na obrázku 36.

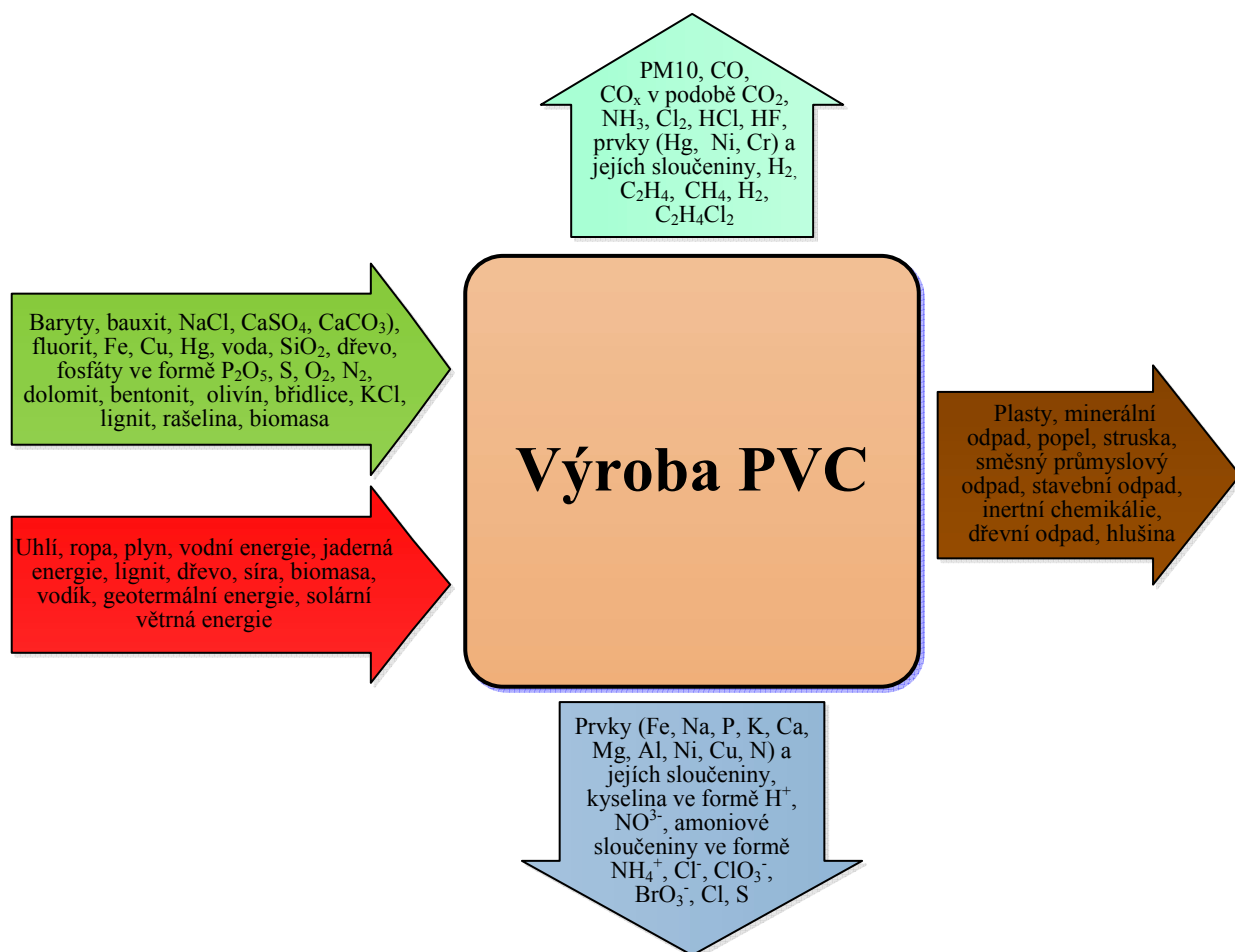


Obr. 36 – Grafické znázornění výrobního modelu PP a jeho vliv na životní prostředí

8.2.11 Polyvinylchlorid

Polyvinylchlorid (PVC) je umělou hmotu z vinylchlorid-monomeru. Vzniká ve vodou chlazeném reaktoru polymerací vinylchloridu za přítomností iniciátorů polymerace (peroxidů, peruhličitanů a perestérů) a emulgačních činidel (např. alkyl síranu, aryl sulfonátu sodného). Výroba může probíhat v suspenzi, emulzi nebo bloku.

Ve zdroji dat jsou k dispozici tři výrobní operace, popisující výrobu PVC. Jedná se o operace „Výroba PVC v suspenzi“, „Výroba PVC v emulzi“, „Roztoková výroba PVC“ a „Výroba PVC v bloku“. Emulzní PVC se používá na výrobu tvrdých profilů, u kterých se požaduje lesk a hladkost. Blokovaná polymerace se častěji používá na výrobu polymethylmetakrylátu. Roztoková výroba PVC slouží k výrobě laků, lepidel a impregnačních prostředků. Pro výrobu izolace kabelů se používá suspenzní PVC, takže pro hodnocení vlivu na životní prostředí výrobu PVC byla použita operace „Výroba PVC v suspenzi“ (viz obrázek 37) [103].

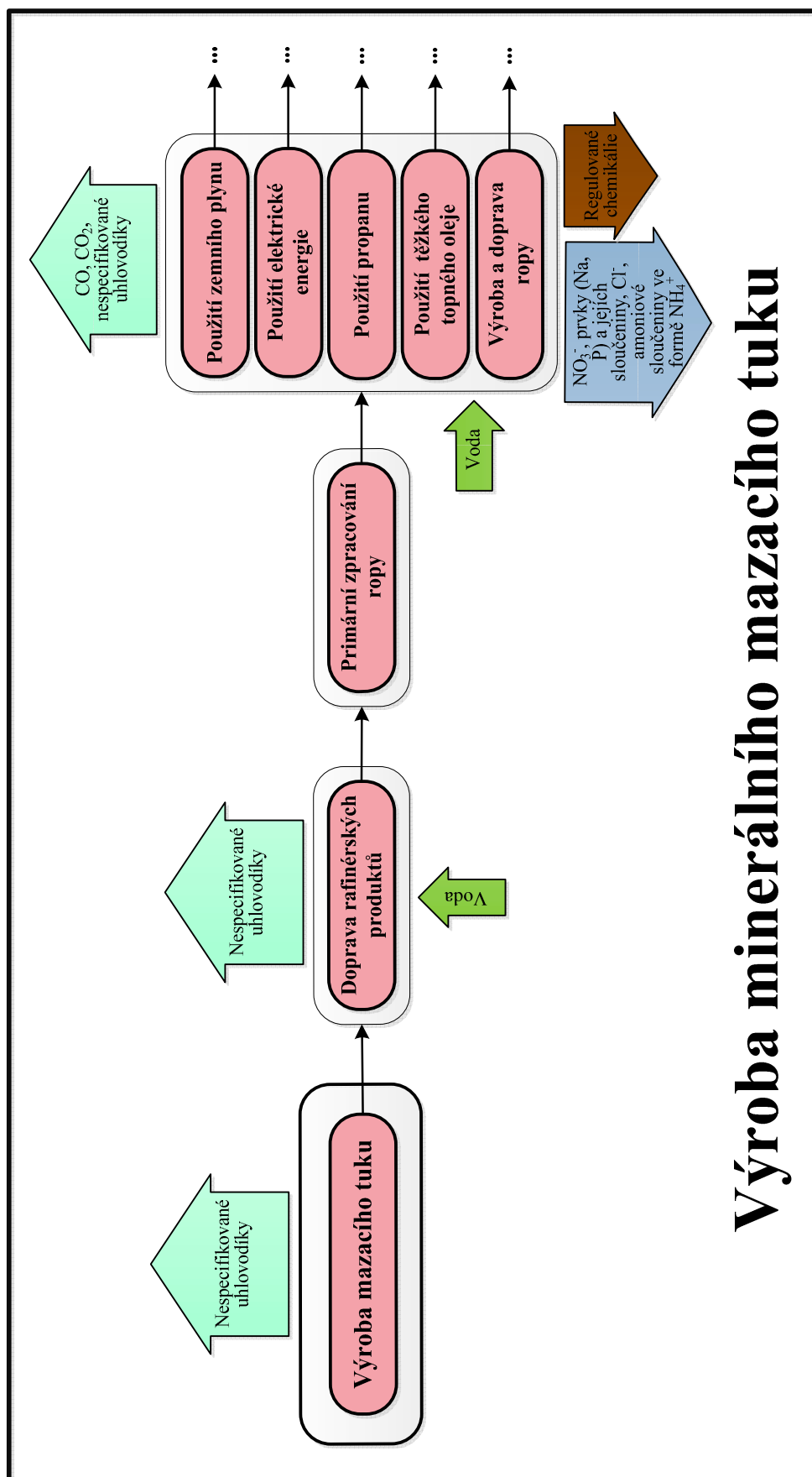


Obr. 37 – Grafické znázornění výrobního modelu PVC a jeho vliv na životní prostředí

8.2.12 Syntetické mazivo

Syntetické mazivo se skládá ze základního oleje, který může být tvořen například esterem a polyalfaolefiny (PAO), zahušťovadly (např. lithium), detergenty, přísady proti oxidaci, opotřebení a pění. Minerální maziva se vyrábí rafinací ropných frakcí.

V dostupných zdrojích dat nebyly zjištěny operace výroby syntetických maziv ani jejich složek. Z tohoto důvodu bylo syntetické mazivo nahrazeno minerálním mazivem, dostupným v Boustead Model 6.0. V Boustead Model 6.0 jsou k dispozici dvě operace výroby minerálního maziva – „Výroba a doprava mazacího tuku (grease)“ a „Výroba a doprava mazacího oleje (lubricating oil)“. Jelikož použité mazivo je definováno jako mazací tuk (grease), pro posouzení vlivu na životní prostředí byla použita operace „Výroba a doprava mazacího tuku“, avšak bez dopravy tuku. Z důvodu odlišného složení energetických zdrojů a dostupnosti surovin potřebných pro výrobu, životní cyklus výroby mazacího tuku se v jednotlivých zemích může zásadně lišit. Také při výpočtu ekologické zátěže pro jednotlivé země nebylo možné z operace výroby odstranit dopravu jednotlivých komponentů tuku, jelikož se operace výroby tuků v jedné ze zemí skládají z operací vlastní výroby tuků v zemích jiných, tak se schéma cyklí a větví donekonečna. Výsledné schéma na obrázek 38 tak představuje pouze všeobecný pohled na výrobu mazacího tuku.



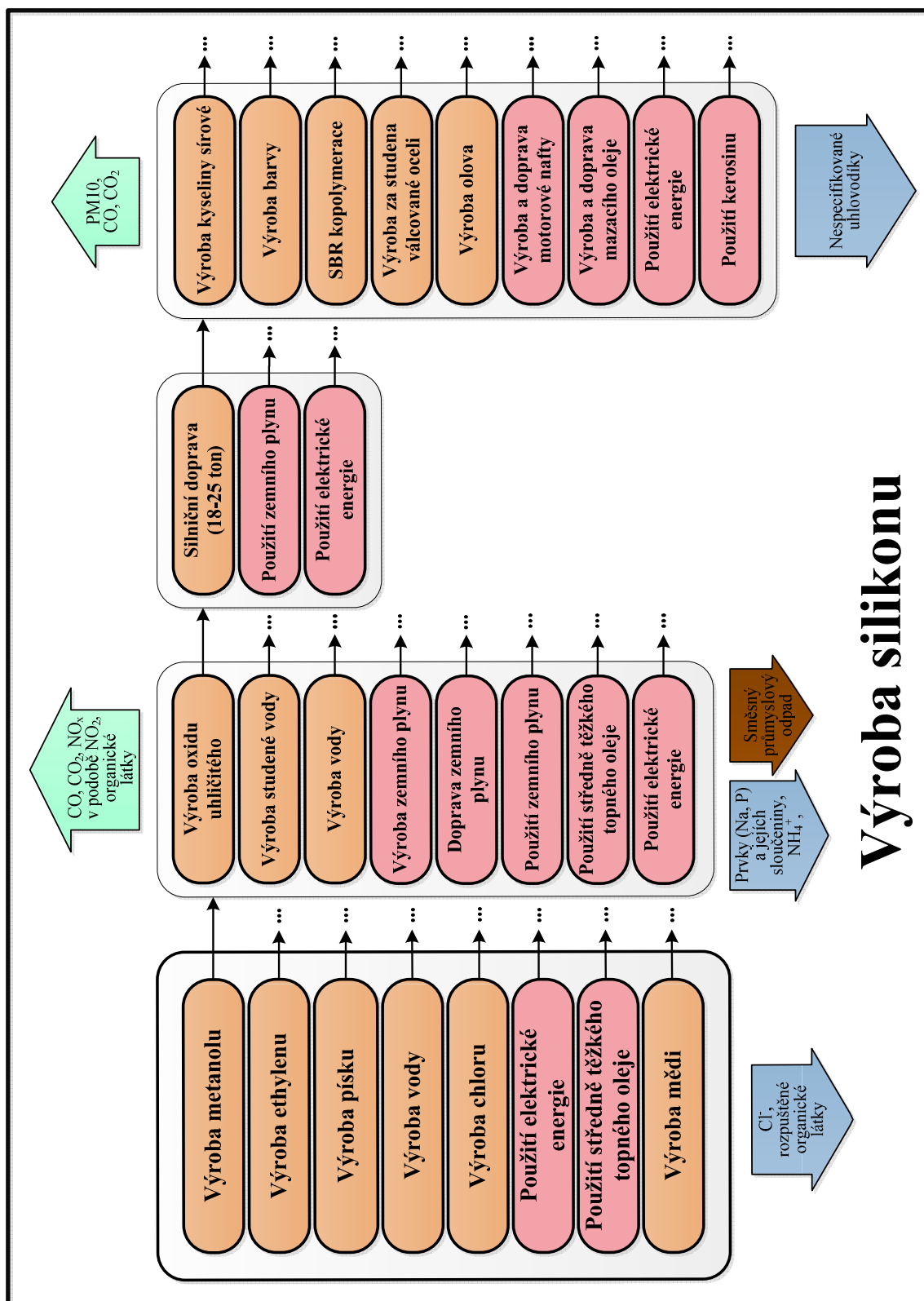
Výroba minerálního mazacího tuku

Obr. 38 – Grafické znázornění výrobního modelu minerálního mazacího tuku a jeho vliv na životní prostředí

8.2.13 Silikonový tmel

Základ silikonového tmelu je tvořen silikonem. Silikon je anorganicko-organický polymer obsahující křemík. Pro výrobu silikonu se používají standardní metody výroby polymerů – polymerace a polykondenzace. Nejčastěji používaný způsob jeho výroby je hydrolytická polykondenzace organosilanů. Během výroby mohou být do silikonů přidány přísady určující jeho vlastnosti - odolnost proti vodě, UV záření, plísním, stálobarevností, použití pro vysoké teploty nebo použití v sanitární technice [104].

Pro posouzení vlivu na životní prostředí byla použita dostupná ve zdroji dat Boustead Model 6.0 operace „Výroba silikonu“. Výsledné schéma je graficky znázorněno na obrázku 39.

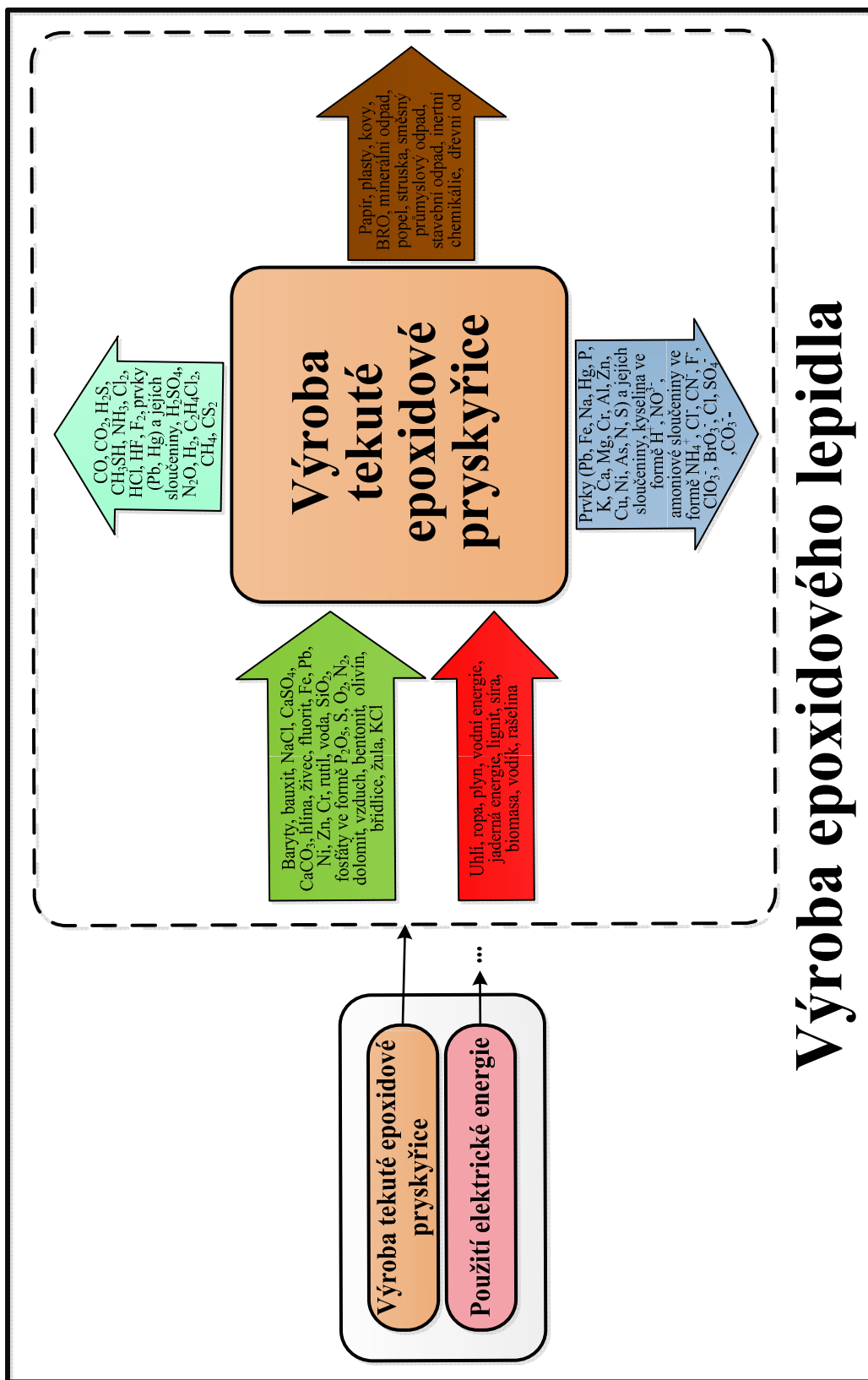


Obr. 39 – Grafické znázornění výrobního modelu silikonu a jeho vliv na životní prostředí

8.2.14 Epoxidové lepidlo

Základ pro výrobu epoxidového lepidla tvoří epoxidová pryskyřice, vyráběné polykondenzací epichlorhydrinu a bisfenolu A, a tužidlo. Mezi další komponenty patří rozpouštědla (acetón, xylol, alkoholy), plniva (prášky, vlákna) a plastifikátory [105].

Pro posouzení vlivu na životní prostředí byla použita operace „Výroba epoxidového lepidla“, dostupná ve zdroji dat Boustead Model 6.0. Grafické znázornění výrobního modelu epoxidového lepidla a jeho vliv na životní prostředí je uvedeno na obrázku 40.



Obr. 40 – Grafické znázornění výrobního modelu epoxidového lepidla a jeho vliv na životní prostředí

8.2.15 Laky na bázi epoxidové pryskyřice

Laky na bázi epoxidové pryskyřice jsou tvořeny epoxidovou pryskyřicí, ředidlem nebo rozpouštědlem, případně pigmentem. Jelikož přesné složení a výrobní postup laků nebylo zjištěno, byl použit bezpečnostní list epoxidového laku pro posouzení vlivu laků na životní prostředí.

Ve zdroji dat Boustead Model 6.0 byly zjištěny následující operace výroby laků – „Výroba laku (lacquer)“ a „Výroba laku (varnish)“. První operace obsahuje výrobu toluenu, amorfni PET (polyethyltereftalátu) a methanolu. Ze složení laku je možné udělat závěr, že s největší pravděpodobností se jedná o nátěrovou hmotu. Druhá výrobní operace také obsahuje amorfni PET, ale navíc má ve složení p-xylen. „Varnish“ se do českého jazyku překládá jako „fermež“ (tepelně upravený lněný olej), ale jelikož výrobní model epoxidového laku neobsahuje žádnou složku charakteristickou pro fermež, je možné se tedy domnívat, že se o fermež nejedná.

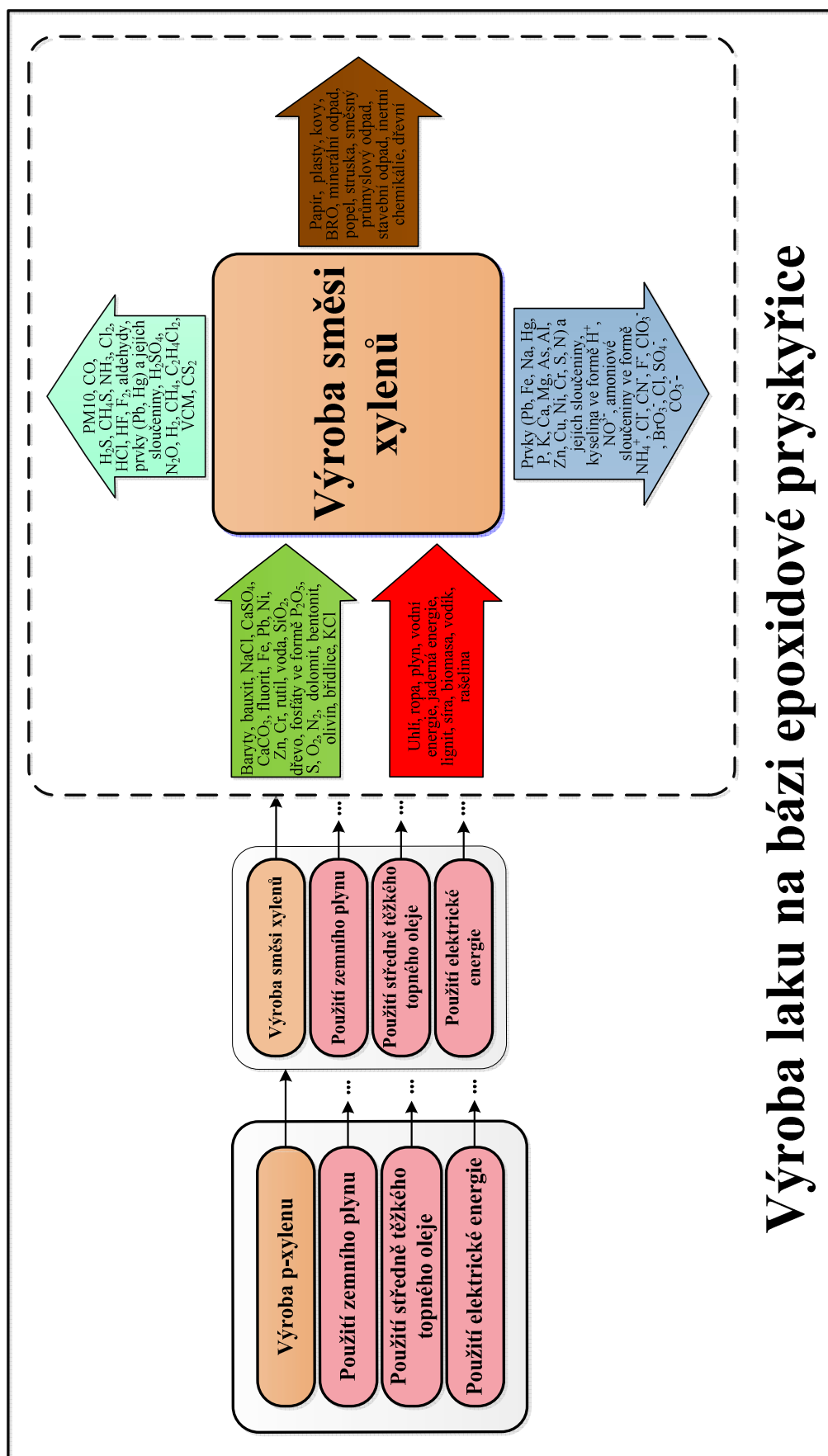
Při porovnání složení laku použitého ve stroji a laků dostupných v Boustead Model 6.0 bylo zjištěno, že ani jeden z dostupných laků není epoxidový. Proto byl model epoxidového laku vytvořen z jeho jednotlivých komponentů. Kvůli nedostupnosti údajů o přesném složení laku bylo přistoupeno ke zjištění jeho složení z bezpečnostního listu. Z bezpečnostních listů daného výrobku je evidentní, že laky na bázi epoxidové pryskyřice obsahují následující nebezpečné složky: xylen (38 %), epoxidová pryskyřice z Bisfenolu A a epichlorhydrinu (25-48 %), 2-butoxyethan-1-ol (6,5 %) a 2-methylpropan-1-ol (7,5 %) [105].

Jako základ pro vytvoření modelu výroby epoxidového laku byla použita operace „Výroba laku (lacquer)“. Z operace „Výroba laku (lacquer)“ byla odstraněna složka „Výroba PET“. Namísto ní byla přidána operace „Výroba p-xylenu“. Uvedené operace jsou dostupné v Boustead Model 6.0.

Výroba epoxidové pryskyřice z Bisfenolu A a z epichlorhydrinu byla nahrazena hodnotami energetické náročnosti jejich výroby zjištěnými ze zdroje dat Idemat2016 v podobě operace „Použití elektrické energie“. Množství elektrické energie použité na výrobu Bisfenolu A a epichlorhydrinu bylo upraveno tak, aby výsledné množství energie spotřebované na jejich výrobu odpovídalo energetické náročnosti jejich výroby zjištěné z Idemat2016. Jelikož v každé zemi výroba určitého množství elektrické energie potřebného pro výrobu uvedených látek spotřebovuje odlišné množství zdrojů a vyrábí se jiným způsobem, tak hodnota elektrické energie použité na jejich výrobu byla pro každou zemi stanovena zvlášť.

Složky 2-butoxyethan-1-ol a 2-methylpropan-1-ol nebyly započítány do modelu kvůli nedostupnosti údajů. Podíl látek byl tak změněn u xyleny z 38 % uvedených v bezpečnostním listu na 45 %. U epoxidové pryskyřice byla hodnota změněna z 25-48 % na 55 %. Složky tvořící energii potřebnou pro výrobu konečného produktu byly ponechány. Jedná se o operace „Použití přírodního plynu“, „Použití středně těžkého topného oleje“ a „Použití elektrické energie“.

Výsledné schéma výrobního modelu laku na epoxidové bázi je znázorněno na obrázku 41.



Výroba laku na bázi epoxidové pryskyřice

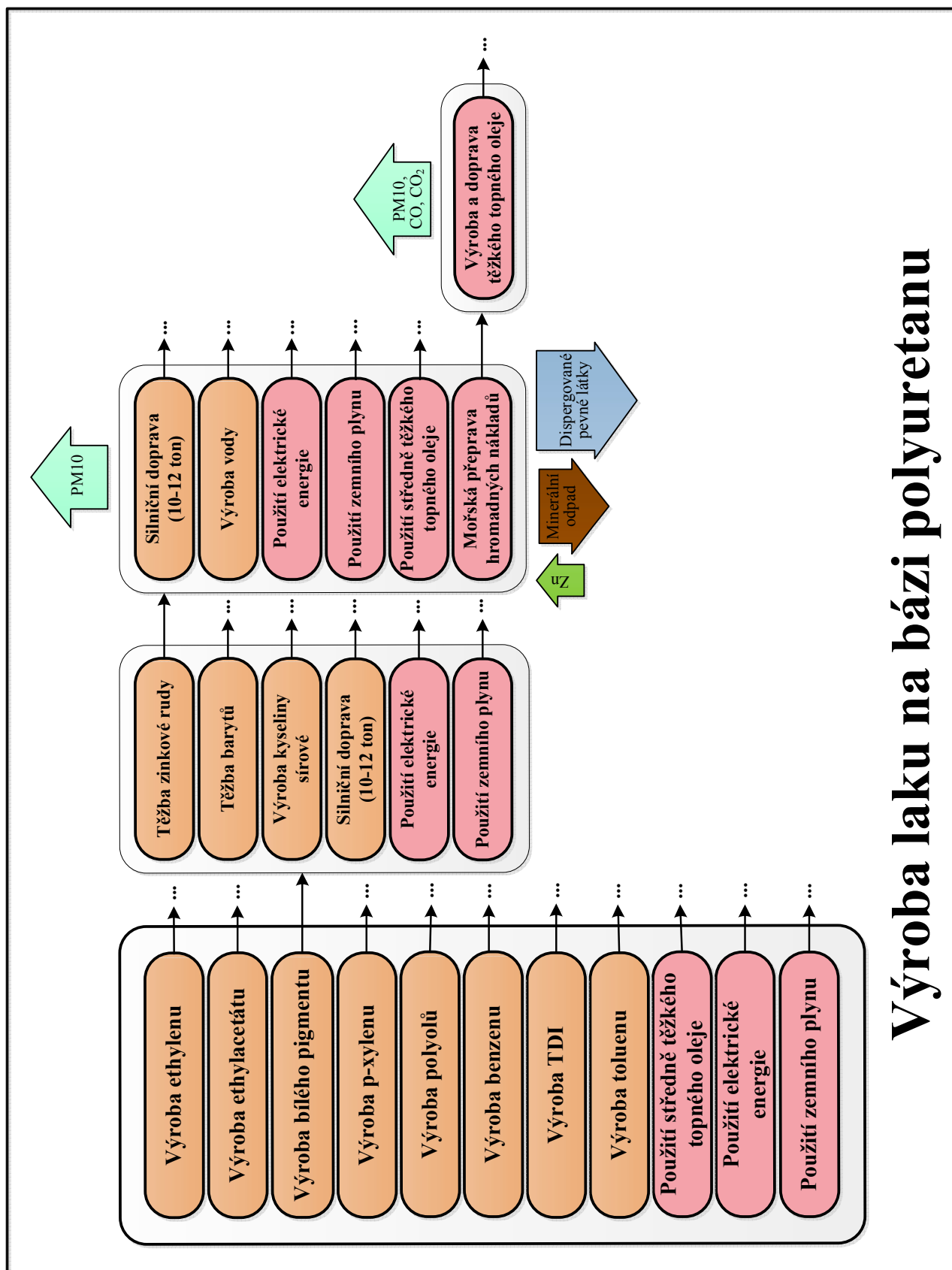
Obr. 41 – Grafické znázornění výrobního modelu epoxidového laku a jeho vliv na životní prostředí

8.2.16 Laky na bázi polyuretanu

Jelikož přesné složení laků na bázi polyuretanu a jejich výrobní postup nebyl zjištěn, byly použity údaje z bezpečnostních listů. Evidovány jsou následující nebezpečné složky laku a jejich procentuální množství: xylen (<35 %), ethylbenzen (<9 %) a 2-methoxy-1-methylethylacetát (<6 %). Na rozdíl od epoxidových laků mají laky polyuretanové ve svém obsahu také aditiva. Jedná se o toluen, butanon, estery (např. ethylacetát a butylacetát), pigmenty a líh. Proto chybějící podíl složek laku (50 %) byl dorovnán do 100 % přidáním aditiv dostupných ve zdrojích dat [106].

Jako základ pro posouzení vlivu laku na životní prostředí byla použita výrobní operace „Výroba laku (lacquer)“, ze které byla odstraněna operace „Výroba PET“ a přidána operace „Výroba p-xylynu“. Složka „ethylbenzen“ byla nahrazena operacemi „Výroba benzenu“ a „Výroba ethylenu“, ze kterých se alkylační reakcí vyrábí ethylbenzen. Z důvodu nedostatku údajů nebyla do modelu započítána energetická náročnost alkylační reakce. Složka 2-methoxy-1-methylethylacetát byla nahrazena operací „Výroba ethyl-acetátu“. Jelikož lak je na bázi polyuretanu, byly do modelu přidány operace výroby složek, ze kterých se polyuretan vyrábí. Jsou jimi „Výroba polyolů“ a „Výroba TDI (toluene diisocyanate)“. Do výrobního modelu byly také přidány aditiva dostupné v Boustead Model 6.0 – toluen („Výroba toluenu“) a jediného dostupného bílého pigmentu („Výroba bílého pigmentu“) [106]. Složky tvořící energii potřebnou pro výrobu konečného produktu byly ponechány. Jedná se o operace „Použití přírodního plynu“, „Použití středně těžkého topného oleje“ a „Použití elektrické energie“. Výše uvedené operace jsou dostupné ve zdroji dat Boustead Model 6.0.

Výsledný výrobní model je na obrázku 42.



Výroba laku na bázi polyuretanu

Obr. 42 – Grafické znázornění výrobního modelu polyuretanového laku a jeho vliv na životní prostředí

8.2.17 Tužidlo na bázi epoxidové pryskyřice

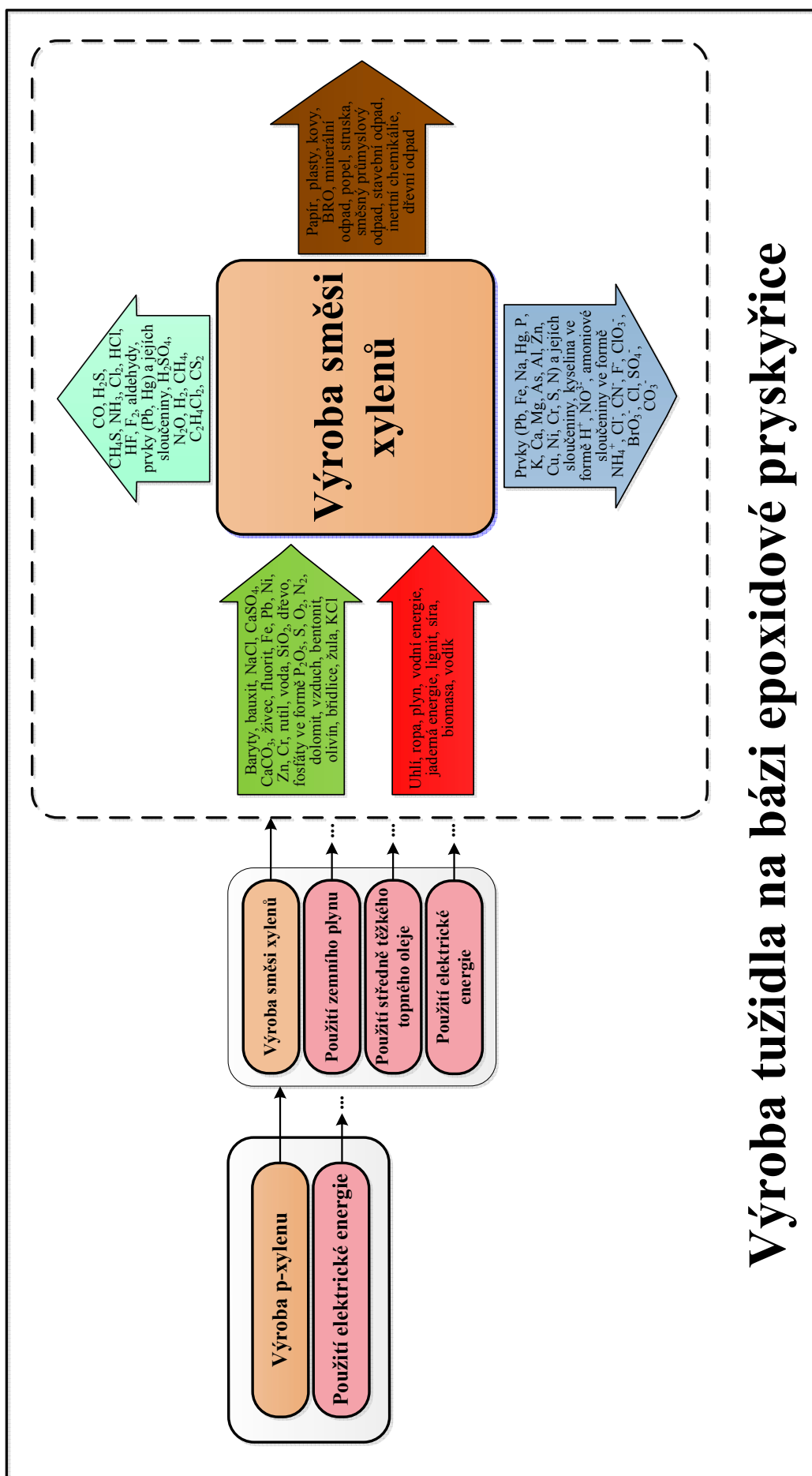
Jelikož v dostupných zdrojích dat nejsou k dispozici operace výroby tužidel, byl vliv výroby tužidla na životní prostředí posouzen na základě výrobních operací jeho jednotlivých složek, stanovených z bezpečnostního listu.

Na základě bezpečnostního listu tužidla pro epoxidové nátěry bylo stanoveno, že tužidlo z 30 až 70 % tvoří epoxidovaný aminoakrylát (4,4- isopropylidendifenol), z 25 až 30 % xylen a ze zbývajících 10 až 15 % 2-methylpropanol-1-ol [107].

Výroba xyleny byla zastoupena dostupnou ve zdroji dat Boustead Model 6.0 výrobní operací „Výroba p-xyleny“. Výroba epoxidovaného aminoakrylátu (jiný zjištěný název Bisfenol A) byla nahrazena operací „Použití elektrické energie“. Energetická náročnost jeho výroby byla zjištěna ze zdroje dat Idemat2016 [91]. Údaje o výrobě methylpropanol-1-olu zjištěny nebyly.

Podle výsledného modelu se tužidlo ze 70 % skládá z epoxidovaného aminoakrylátu a z 30 % z p-xyleny. Množství energie použité na výrobu Bisfenolu A bylo upraveno tak, aby výsledná spotřeba energie potřebná pro výrobu Bisfenolu A odpovídala energetické náročnosti jeho výroby zjištěné z Idemat2016. Jelikož v každé posuzované zemi výroba potřebného množství elektrické energie spotřebuje odlišné množství zdrojů a je vyráběna jiným způsobem, jsou tak hodnoty výroby elektrické energie pro každou zemi stanoveny zvlášť. Z důvodu nedostatku údajů energetická náročnost výroby konečného produktu (tužidla) nebyla do modelu započítána.

Výsledný model vlivu výroby epoxidového tužidla na životní prostředí je znázorněn na obrázku 43.



Výroba tužidla na bázi epoxidové pryskyřice

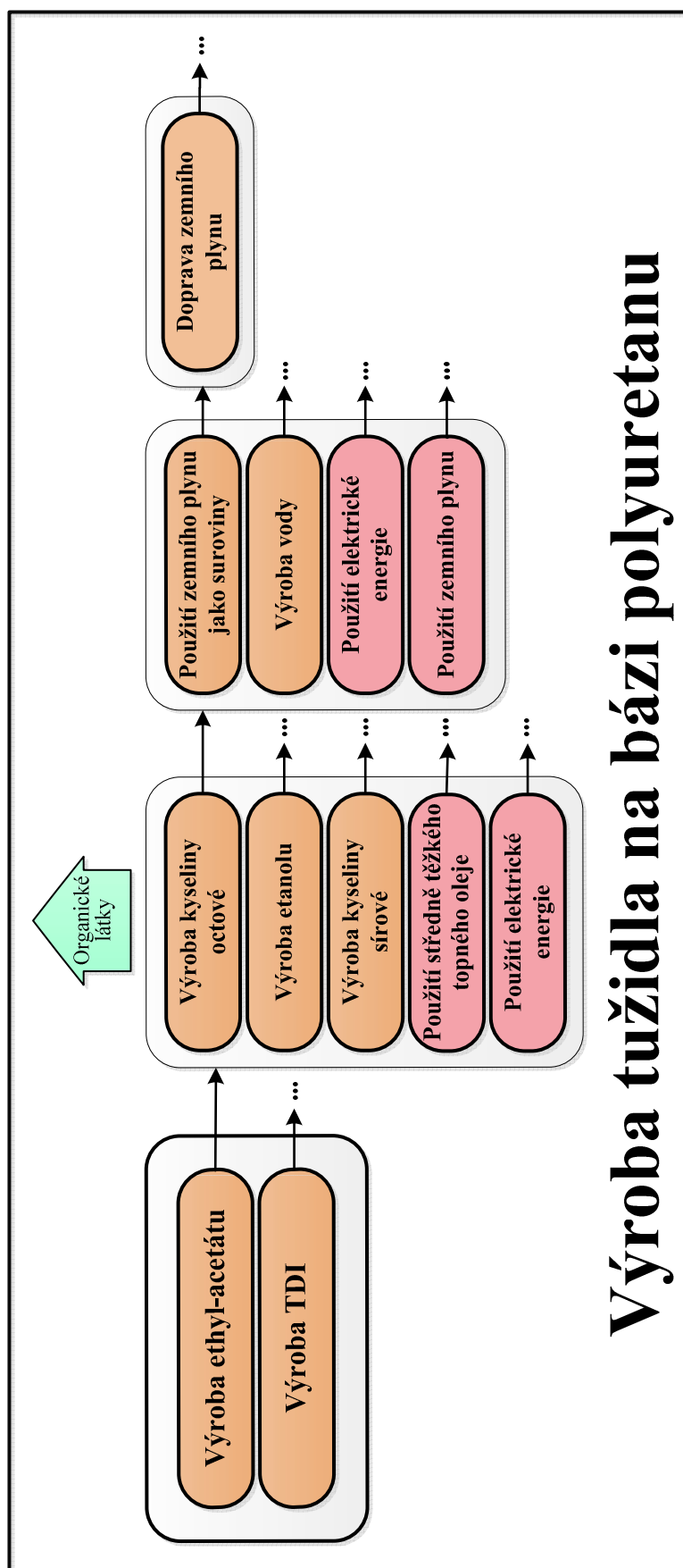
Obr. 43 - Grafické znázornění výrobního modelu silikonu a jeho vliv na životní prostředí

8.2.18 Tužidlo na bázi polyuretanu

Na základě bezpečnostního listu tužidla pro polyuretanové laky bylo stanoveno, že tužidlo z cca 75 % tvoří toluen diisokyanát (TDI) a z cca 25 % ethyl-acetát [108].

Jelikož operace výroby polyuretanového tužidla není v dostupných zdrojích dat, při vytvoření výrobního modelu a jeho posouzení na životní prostředí byly použity operace „Výroba ethyl-acetátu“ a „Výroba TDI“, které ve zdroji dat Boustead Model 6.0 dostupné jsou. Z důvodu nedostatečných údajů energetické náročnosti výroby konečného produktu tužidla nebyly tyto hodnoty do modelu započítány.

Výrobní model polyuretanového tužidla a jeho vliv na životní prostředí je uveden na obrázku 44.



Výroba tužidla na bázi polyuretanu

Obr. 44 - Grafické znázornění výrobního modelu polyuretanového tužidla a jeho vliv na životní prostředí

8.3 VÝSLEDNÉ EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ

Za použití vytvořených výrobních modelů a dostupných zdrojů dat byly získané hodnoty emisí skleníkových plynů, emitovaných během výroby strojírenských materiálů ve vybraných zemích, které byly vybrány na základě jejich důležitosti s pohledu výroby a spotřeby strojírenských materiálů. Výsledky výpočtů jsou uvedeny v tabulce 13.

Za použití zdroje dat Boustead Model 6.0 byly též stanoveny emise skleníkových plynů, vyprodukovaných během dopravy materiálů silniční, lodní a železniční dopravou. Hodnoty emisí skleníkových plynů jsou uvedeny jako průměrná hodnota emisí ve vybraných zemích světa. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 14.

Tab. 13 – Emise skleníkových plynů emitované výrobou strojírenských materiálů ve vybraných zemích

Materiál (kg)	Plyn (mg)	ČR	Německo	RF	Čína	USA	Kanada	Turecko
Ocel nelegovaná	CO ₂	1558060	1544981	1549050	1567549	1552431	1541157	1551887
	CH ₄	479	496	636	494	527	494	710
	N ₂ O	7	7	7	7	7	7	7
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0
Ocel 11 523	CO ₂	1683414	1670335	1674404	1692903	1677784	1666511	1677241
	CH ₄	1079	1096	1236	1094	1127	1095	1310
	N ₂ O	10	10	10	10	10	10	10
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0
Ocel 12 050	CO ₂	2477340	2015322	2163931	2790034	2272795	1880986	2256848
	CH ₄	950	1193	5676	912	2096	1188	7368
	N ₂ O	23	13	12	29	18	12	14
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0
Ocel 14 260	CO ₂	2816551	2186569	2389256	3242685	2537585	2003404	2515874
	CH ₄	1715	2043	8151	1658	3273	2037	10449
	N ₂ O	31	18	16	39	24	16	19
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0
Ocel 15 230	CO ₂	5562369	3475003	4146908	6972796	4637669	2868157	4565949
	CH ₄	1560	2622	22830	1332	6683	2604	30379
	N ₂ O	75	31	25	102	51	26	36
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0
Ocel 19 312	CO ₂	2631175	2133625	2293674	2967868	2410887	1988959	2393720
	CH ₄	1157	1418	6245	1115	2390	1413	8065
	N ₂ O	25	15	13	31	19	13	16
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0

Ocel 42CrMo4	CO₂	3923393	2702239	3095259	4748796	3382492	2347212	3340496
	CH₄	1322	1948	13775	1195	4326	1937	18203
	N₂O	47	22	18	63	34	19	24
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0
Litina	CO₂	1355716	1342636	1346706	1365205	1350086	1338813	1349543
	CH₄	365	382	522	380	413	381	596
	N₂O	7	7	7	7	7	7	7
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0
Měď	CO₂	3234614	3234614	3234614	3234614	3234614	3234614	3234614
	CH₄	3712	3712	3712	3712	3712	3712	3712
	N₂O	0	0	0	0	0	0	0
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0
Mosaz	CO₂	3027183	3027183	3027183	3027183	3027183	3027183	3027183
	CH₄	4591	4591	4591	4591	4591	4591	4591
	N₂O	0	0	0	0	0	0	0
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0
Cínový bronz	CO₂	3705961	3705961	3705961	3705961	3705961	3705961	3705961
	CH₄	5867	5867	5867	5867	5867	5867	5867
	N₂O	2	2	2	2	2	2	2
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0
Slitina hliníku AlSi12 (Cu)	CO₂	5109666	5109424	5109595	5115097	5110308	5111194	5110060
	CH₄	8413	8508	8624	8534	8534	8490	8867
	N₂O	14	14	14	14	14	14	14
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0
Slitina hliníku 5182 (AlMg4,5 Mn0,7)	CO₂	5272346	5272104	5272275	5275778	5272988	5273875	5272740
	CH₄	11499	11594	11709	11620	11620	11576	11953
	N₂O	11	11	11	11	11	11	11
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0
Slitina hliníku AA1200 (Al99)	CO₂	4372057	4371815	4371986	4375488	4372699	4373585	4372451
	CH₄	7231	7326	7441	7352	7352	7307	7685
	N₂O	6	6	6	6	6	6	6
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0

PP	CO₂	1688695	1688695	1688695	1688695	1688695	1688695	1688695
	CH₄	7642	7642	7642	7642	7642	7642	7642
	N₂O	0	0	0	0	0	0	0
	CFC, HCFC, HFC	23	23	23	23	23	23	23
PE	CO₂	1617444	1617444	1617444	1617444	1617444	1617444	1617444
	CH₄	9009	9009	9009	9009	9009	9009	9009
	N₂O	0	0	0	0	0	0	0
	CFC, HCFC, HFC	1	1	1	1	1	1	1
Nylon	CO₂	6865046	6865046	6865046	6865046	6865046	6865046	6865046
	CH₄	24018	24018	24018	24018	24018	24018	24018
	N₂O	737	737	737	737	737	737	737
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0
PVC	CO₂	2067303	2067303	2067303	2067303	2067303	2067303	2067303
	CH₄	11264	11264	11264	11264	11264	11264	11264
	N₂O	0	0	0	0	0	0	0
	CFC, HCFC, HFC	13	13	13	13	13	13	13
NBR	CO₂	3160730	2786454	2906955	3413510	2994896	2677647	2982054
	CH₄	10002	10191	13812	9959	10918	10188	15161
	N₂O	14	6	5	19	9	5	7
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0
Přůž	CO₂	3059073	2684797	2805299	3311853	2893240	2575990	2880397
	CH₄	9177	9365	12986	9133	10092	9362	14335
	N₂O	14	6	5	19	9	5	7
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0
Silikonový tmel	CO₂	8761463	6573181	7118287	10548540	7872973	5710769	7750830
	CH₄	10228	11528	34045	13587	18923	12392	42821
	N₂O	76	28	21	108	50	22	33
	CFC, HCFC, HFC	3	3	3	3	3	3	3
Aceton	CO₂	1958188	1958188	1958188	1958188	1958188	1958188	1958188
	CH₄	3751	3751	3751	3751	3751	3751	3751
	N₂O	0	0	0	0	0	0	0
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0

Minerální mazivo (MJ)	CO ₂	541659	702729	392559	1065809	817068	427831	520231
	CH ₄	2641	2854	2428	7881	5751	3322	2683
	N ₂ O	0	0	0	0	0	0	0
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0
Epoxidové lepidlo	CO ₂	6143223	6019949	6059638	6226480	6088603	5984112	6084373
	CH ₄	31165	31227	32419	31150	31466	31226	32864
	N ₂ O	4	1	1	6	3	1	2
	CFC, HCFC, HFC	8	8	8	8	8	8	8
Lak na bázi epoxidové pryskyřice	CO ₂	10538475	6800314	7585957	12850809	9572661	6004165	9500782
	CH ₄	5612	8854	54616	5349	19365	10130	81262
	N ₂ O	150	65	41	196	113	62	74
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0
Lak na bázi polyuretanu	CO ₂	4302857	3923098	4029656	4590215	4142680	3790610	4124981
	CH ₄	11843	12065	15885	12169	13116	12147	17371
	N ₂ O	20	12	11	26	16	11	13
	CFC, HCFC, HFC	3	3	3	3	3	3	3
Tuzídlo pro polyuretanový Lak	CO ₂	5011295	4953519	4935329	5121658	5004409	4884512	4991568
	CH ₄	19707	19782	20651	20534	20619	19985	21065
	N ₂ O	5	3	2	6	4	2	3
	CFC, HCFC, HFC	2	2	2	2	2	2	2
Tuzídlo pro epoxidový lak	CO ₂	8301265	5303449	5948620	10093764	7510211	4682330	7654125
	CH ₄	3924	6702	45276	3387	15107	7775	68731
	N ₂ O	124	55	34	160	94	53	63
	CFC, HCFC, HFC	0	0	0	0	0	0	0

V tabulce 14 jsou uvedeny emise z dopravy materiálů.

Tab. 14 – Emise skleníkových plynů vyprodukované dopravou materiálů

Doprava	Plyn (mg)	Průměrná hodnota emisí skleníkových plynů
Silniční (< 1 t), automobil-km	CO ₂	366,36
	CH ₄	0,42
	N ₂ O	0,00
	CFC, HCFC, HFC	0,00
Silniční (1-2 t), automobil-km	CO ₂	701,50
	CH ₄	0,80
	N ₂ O	0,00

	CFC, HCFC, HFC	0,00
Silniční (3 t), automobil-km	CO₂	583,38
	CH₄	0,62
	N₂O	0,00
	CFC, HCFC, HFC	0,00
Silniční (4 t), automobil-km	CO₂	668,29
	CH₄	0,76
	N₂O	0,00
	CFC, HCFC, HFC	0,00
Silniční (5-8 t), automobil-km	CO₂	839,62
	CH₄	0,91
	N₂O	0,00
	CFC, HCFC, HFC	0,00
Silniční (9 t), automobil-km	CO₂	848,32
	CH₄	0,94
	N₂O	0,00
	CFC, HCFC, HFC	0,00
Silniční (10-12 t), automobil-km	CO₂	946,05
	CH₄	1,02
	N₂O	0,00
	CFC, HCFC, HFC	0,00
Silniční (13-20 t), automobil-km	CO₂	1130,08
	CH₄	1,22
	N₂O	0,00
	CFC, HCFC, HFC	0,00
Železniční, kg-km	CO₂	55217,29
	CH₄	124,14
	N₂O	0,00
	CFC, HCFC, HFC	0,14
Lodní, kg-km	CO₂	7288,57
	CH₄	8,43
	N₂O	0,00
	CFC, HCFC, HFC	0,00

Na základě výsledných hodnot emisí skleníkových plynů byl v programu Excel vytvořen jednoduchý nástroj, který umožňuje na základě údajů o množství použitých strojírenských materiálů posoudit zátěž životního prostředí emisemi skleníkových plynů. Na obrázku 45 je zobrazeno uživatelské rozhraní nástroje.

Materiál	Zadejte množství materiálu v buňku odpovídající názvu materiálu a zemi jeho výroby (kg)							Výsledné emise skleníkových plynů (mg)			
	Česká republika	Německo	Ruská Federace	Čína	USA	Kanada	Turecko	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC, HCFC, HFC
Ocel nelegovaná								0	0	0	0
Ocel 11 523								0	0	0	0
Ocel 12 050								0	0	0	0
Ocel 14 260								0	0	0	0
Ocel 15 230								0	0	0	0
Ocel 19 312								0	0	0	0
Ocel 42CrMo4								0	0	0	0
Litina								0	0	0	0
Měď*								0	0	0	0
Mosaz								0	0	0	0
Cínový bronz								0	0	0	0
Slitina hliníku AISI12 (Cu)								0	0	0	0
Slitina hliníku 5182 (AlMg4,5 Mn0,7)								0	0	0	0
Slitina hliníku AA1200 (Al99)								0	0	0	0
Polypropylen								0	0	0	0
Polyethylen								0	0	0	0
Nylon								0	0	0	0
Polyvinylchlorid								0	0	0	0
Nitril-butadién kaučuk								0	0	0	0
Přez								0	0	0	0
Silikonový tmel								0	0	0	0
Aceton								0	0	0	0
Minerální mazivo								0	0	0	0
Epoxidové lepidlo								0	0	0	0
Lak na bázi epoxidové pryskyřice								0	0	0	0
Lak na bázi polyuretanu								0	0	0	0
Tužidlo pro polyuretanový lak								0	0	0	0
Tužidlo pro epoxidový lak								0	0	0	0
Součet								0	0	0	0

Obr. 45 – Uživatelské rozhraní nástroje pro odhad emisí skleníkových plynů spojených s výrobou materiálů

Doprava	Plyn (mg)	Zadejte vzdalenost v uvedených jednotkách	Výsledné emise skleníkových plynů, mg
Silniční (< 1 0), automobil-km	CO ₂		0
	CH ₄		0
	N ₂ O		0
	CFC, HCFC, HFC		0
Silniční (1-2 0), automobil-km	CO ₂		0
	CH ₄		0
	N ₂ O		0
	CFC, HCFC, HFC		0
Silniční (3 0), automobil-km	CO ₂		0
	CH ₄		0
	N ₂ O		0
	CFC, HCFC, HFC		0
Silniční (4 0), automobil-km	CO ₂		0
	CH ₄		0
	N ₂ O		0
	CFC, HCFC, HFC		0
Silniční (5-8 0), automobil-km	CO ₂		0
	CH ₄		0
	N ₂ O		0
	CFC, HCFC, HFC		0
Silniční (9 0), automobil-km	CO ₂		0
	CH ₄		0
	N ₂ O		0
	CFC, HCFC, HFC		0
Silniční (10-12 0), automobil-km	CO ₂		0
	CH ₄		0
	N ₂ O		0
	CFC, HCFC, HFC		0
Silniční (13-20 0), automobil-km	CO ₂		0
	CH ₄		0
	N ₂ O		0
	CFC, HCFC, HFC		0
Železniční, kg-km	CO ₂		0
	CH ₄		0
	N ₂ O		0
	CFC, HCFC, HFC		0
Lodní, kg-km	CO ₂		0
	CH ₄		0
	N ₂ O		0
	CFC, HCFC, HFC		0

Obr. 46 - Uživatelské rozhraní nástroje pro odhad emisí skleníkových plynů spojených s dopravou materiálů

Jako příklad za použití vytvořeného nástroje byly provedeny výpočty emisí skleníkových plynů, emitovaných výrobou materiálů použitých v konstrukci obráběcího stroje [87] a vyrobených ve vybraných zemích světa. Výsledné hodnoty jsou uvedené v příloze F.

9 ZÁVĚR

V předložené dizertační práci bylo provedeno vyhodnocení legislativních požadavků a současného stavu vědy a techniky v oblasti snižování emisí skleníkových plynů včetně predikce jejich budoucího vývoje. Na základě těchto požadavků byl následně vypracován metodický postup odhadu emisí skleníkových plynů vztažených ke konstrukci stroje.

První část práce je zaměřena na analýzu konstrukčního procesu výrobního stroje z pohledu jeho vlivu na životní prostředí. Výsledkem analýzy je specifikace fází konstrukčního procesu, které mají potenciál ke snížení emisí skleníkových plynů. Jedná se zejména o fáze volby funkcí a parametrů stroje, výběru konstrukčních materiálů a nakupovaných komponentů pro výrobu stroje.

Jako oblast s největším potenciálem pro snížení emisí byla identifikována volba materiálů použitých v konstrukci stroje, do které je potřeba zahrnout proces výroby potřebného množství daného strojírenského materiálu a s ním spojenou těžbu a dopravu surovin potřebných pro jeho výrobu. Jedná se zde o předvýrobní etapy životního cyklu výrobního stroje.

Hodnocení emisí skleníkových plynů emitovaných během uvedených fází je poměrně náročné, neboť by mělo zahrnovat rovněž posouzení životního cyklu všech relevantních výrobků (např. budov, dopravních prostředků, spotřebního materiálu), které se na realizaci těchto složek podílí. Dostupná data emisí skleníkových plynů obsahují při stávajícím stavu vědy a techniky pouze odhady množství emisí bez stanovení přesnosti těchto odhadů. Z tohoto důvodu je potřeba při posuzování emisí vždy uvádět zdroje použitých dat, aby bylo možné zaručit opakovatelnost procesu posuzování a tím umožnit kvalifikované rozhodnutí při posuzování konstrukčních variant stroje.

Další nepřesnosti v odhadu emisí může způsobit nedostatek údajů o výrobě jednotlivých strojírenských materiálů. Dostupné zdroje dat obsahují většinou univerzální údaje o výrobě všeobecně používaných materiálů. Tento problém je v práci řešen v kapitole 8, kdy byly vypracovány modely výroby materiálů a vypracován jednoduchý výpočtový nástroj zahrnující informace k materiálům používaných v konstrukci výrobních strojů.

Tento jednoduchý nástroj je v podstatě excelovská tabulka obsahující potřebné zdroje dat a výpočtové vzorce. S její pomocí lze snadno a rychle realizovat porovnání environmentálních aspektů jednotlivých konstrukčních návrhů stroje a doložit výběr optimální varianty přinášející snížení environmentální zátěže u inovovaného stroje. Výrobci strojů tím mají možnost již nyní splňovat dobrovolné požadavky plynoucí ze samoregulace trhu a chování zákazníků.

V případě vzniku povinných požadavků na environmentální hodnocení strojů lze očekávat vytvoření jednotného veřejně přístupného zdroje dat o vlivu strojírenských výrobních procesů na životní prostředí. Tyto data by se měla neustále aktualizovat s vývojem výrobních technologií. Po jejich zahrnutí do vytvořeného výpočtového nástroje bude tento i nadále použitelným pro hodnocení emisí skleníkových plynů.

➤ *Teoretický přínos dizertační práce*

V rámci vypracování disertační práce bylo dosaženo:

- provedení pilotní studie hodnocení emisí skleníkových plynů spojených s konstrukcí výrobního stroje,
- identifikace slabých míst v oblasti environmentálního hodnocení výrobních strojů, které zahrnují:
 - o nedostatek dat o zátěži životního prostředí způsobené výrobou strojírenských materiálů,
 - o neaktuálnost dostupných údajů o environmentální zátěži způsobené výrobními operacemi,

- vytvoření základní báze pro vznik dalších vědeckých prací zaměřených na posuzování environmentálního dopadu výrobních strojů, zejména:
 - o analýza současných technologií výroby komponentů výrobního stroje,
 - o emise způsobené ve fázi užití stroje (včetně spotřeby provozních kapalin),
 - o dopad na životní prostředí ve fázi vyřazení stroje z provozu.

➤ ***Praktickým přínosem dizertační práce***

V rámci vypracování disertační práce bylo dosaženo:

- vytvoření metodického postupu odhadu emisí skleníkových plynů spojených s konstrukcí výrobního stroje;
- stanovení emisí skleníkových plynů emitovaných během výroby základních strojírenských materiálů;
- vytvoření jednoduchého výpočtového nástroje umožňujícího snadné posouzení emisí skleníkových plynů vztažených ke konstrukci posuzovaného stroje.

➤ ***Pedagogický přínos dizertační práce***

V rámci vypracování disertační práce byly získány znalosti, které:

- Jsou využitelné v předmětech zaměřených na management kvality.
- Jsou využitelné pro hodnocení konstrukčních variant u semestrálních nebo závěrečných prací (technicko – ekonomicko – environmentální hodnocení).
- Mohou být základem pro vytvoření nového environmentálně zaměřeného předmětu.

10 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Vídeňská úmluva na ochranu ozonové vrstvy. In: . Úřední věstník Evropské unie, 1988. Dostupné také z: [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:21988A1031\(01\)&rid=4](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:21988A1031(01)&rid=4)
- [2] ORGANIZACE SPOJENÝCH NÁRODŮ. KJÓTSKÝ PROTOKOL K RÁMCOVÉ ÚMLUVĚ ORGANIZACE SPOJENÝCH NÁRODŮ O ZMĚNĚ KLIMATU. In: 1998. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/kjotsky_protokol/\\$FILE/OMV-cesky_protokol-20081120.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/kjotsky_protokol/$FILE/OMV-cesky_protokol-20081120.pdf)
- [3] Řešení problematiky změny klimatu: Mezinárodní dohody o opatřeních v oblasti klimatu. In: Evropská Rada: Rada Evropské Unie [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.consilium.europa.eu/cs/policies/climate-change/international-agreements-climate-action/>
- [4] Cíle v oblasti klimatu a energetiky do roku 2030 pro konkurenceschopné, bezpečné a nízkouhlíkové hospodářství EU. In: . Brusel: Evropská Komise, 2014. Dostupné také z: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-54_cs.htm
- [5] BORSKÁ, Jana. Vídeňská úmluva a Montrealský protokol. In: Můj kousek Země [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: [http://www.geology.cz/mujkousekzeme/veda/dira-do-sveta/montrealsky-protokolhttp://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:21988A1031\(02\)&rid=1](http://www.geology.cz/mujkousekzeme/veda/dira-do-sveta/montrealsky-protokolhttp://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:21988A1031(02)&rid=1)
- [6] ŘEHÁČEK, Vladimír. Ochrana ozonové vrstvy země v České republice. Chemické listy. 1988, 1988(92), 767-771. ISSN 1213-7103
- [7] Mezinárodní jednání o ochraně klimatu v Cancúnu, Mexiko: 16. Konference smluvních stran Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu a 6. Setkání stran Kjótského protokolu. In: CDE: Centrum pro dopravu a energetiky [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: [http://cde.ecn.cz/cancun/infolist.pdfhttp://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/ramcova_umluva_osn_zmena_klimatu/\\$FILE/OMV-cesky_umluva-20081120.pdf](http://cde.ecn.cz/cancun/infolist.pdfhttp://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/ramcova_umluva_osn_zmena_klimatu/$FILE/OMV-cesky_umluva-20081120.pdf)
- [8] ISKANDIROVA, Maria, Petr BLECHA, Michal HOLUB a František BRADÁČ. Eco-design of Mechatronic Systems. Mechatronics 2013. Cham: Springer International Publishing, 2014, XVI, s. 65-72. DOI: 10.1007/978-3-319-02294-9.
- [9] PITORÁK, Martin. Ekologie a hospodárnost: klimaticko-energetický balíček. Pro-energy [online]. s. 36-39 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.pro-energy.cz/clanky6/4.pdf>
- [10] Řešení problematiky změny klimatu: Mezinárodní dohody o opatřeních v oblasti klimatu. In: Evropská rada: Rada Evropské unie [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.consilium.europa.eu/cs/policies/climate-change/international-agreements-climate-action/>
- [11] Climate chase statistics [online]. 23.01.2013 [cit. 22.5.2014]. Dostupný na WWW: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php?title=File:GHG_emissions%26targets_per_country2010.png&filetimestamp=20130123125836b

- [12] VÁŠOVÁ, Tereza. Analýza provádění Lisabonské strategie s důrazem na environmentální pilíř. České Budějovice, 2008. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Ivo Petru.
- [13] HAJKO, Vladimír. ENERGETICKÁ POLITIKA ČR A ROLE SKUPINY ČEZ. Brno, 2010. Diplomová práce. Masarykova univerzita Ekonomicko správní fakulta Studijní obor: Regionální rozvoj a správa. Vedoucí práce Petr Tonev.
- [14] Zelená kniha o energetické účinnosti: Dělat více za méně [online]. Lucemburk: Úřad pro úřední tisky Evropských společenství, 2005[cit. 2014-05-22]. ISBN 92-79-00022-5. Dostupné z: http://ec.europa.eu/ceskarepublika/pdf/press/ks6_ek_geen_paper.pdf
- [15] BELGIE. Sdělení Komise: Akční plán pro energetickou účinnost: využití možností. In: . Brusel, 2006, KOM(2006)545. Dostupné také z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0545:FIN:CS:PDF>
- [16] VRHEL, Jiří. Samoregulační iniciativa pro energetickou efektivitu. MM Průmyslové spektrum [online]. 2013, roč. 2013, č. 4, s. 74 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/samoregulacni-iniciativa-pro-energetickou-efektivitu.html>
- [17] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES ze dne 21. října 2009 o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie. In: L 285/10. 2009.
- [18] VRHEL, Jiří. Energeticky efektivní stroj - noční můra výrobců, nebo konkurenční výhoda?. In: [online]. 2013 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/energeticky-efektivni-stroj-nocni-mura-vyrobcu-nebo-konkurencni-vyhoda_20331.html
- [19] HOLKUP, Tomáš. Ekodesign výrobních strojů. MM Průmyslové spektrum [online]. 2012, roč. 2012, č. 11, s. 20 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/ekodesign-vyrobnich-stroju.html>
- [20] DVOŘÁK, Roman. Šedesát měsíců pro energetickou efektivitu. MM Průmyslové spektrum [online]. 2013, roč. 2013, č. 11, s. 26 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/sedesat-mesicu-pro-energetickou-efektivitu.html>
- [21] EVROPA 2020: Strategie pro inteligentní a udržitelný růst podporující začlenění. In: . Brusel, 2010, KOM(2010). Dostupné také z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?qid=1441004205209&uri=CELEX:52010DC2020>
- [22] Plán přechodu na konkurenceschopné nízkouhlíkové hospodářství do roku 2050. In: . Brusel: Evropská Komise, 2011, KOM(2011) 112. Dostupné také z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0112:FIN:CS:PDF>
- [23] Energetický plán do roku 2050. In: . Brusel: Evropská Komise, 2011, KOM(2011) 885. Dostupné také z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0885&qid=1441025900072&from=CS>
- [24] Plán energetické účinnosti 2011. In: . Belgie: Evropská Komise, 2011, KOM(2011) 109. Dostupné také z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0109:FIN:CS:PDF>
- [25] Seznam ČSN: NOVĚ VYDANÉ NORMY: Detailní informace o produktu [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://seznamcsn.unmz.cz/Detailnormy.aspx?k=89797>

- [26] ČSN EN ISO 14006 Systémy environmentálního managementu – Směrnice pro začlenění ekodesignu. In: Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [27] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/27/EU ze dne 25. října 2012 o energetické účinnosti. In: . 2012, 2012/27/EU. Dostupné také z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32012L0027>
- [28] ROZHODNUTÍ RADY (EU) 2015/1339 ze dne 13. července 2015 o uzavření Změny Kjótského protokolu k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu dohodnuté v Dohá jménem Evropské unie a o společném plnění závazků z ní vyplývajících. In: . 2015, 2015/1339. Dostupné také z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015D1339&qid=1440580198986&from=CS>
- [29] techniky [online]. Praha: Grafotechna Print, 2012 [cit. 2014-05-22]. ISSN 1803-5736. Dostupné z: http://www.sst.cz/download/pdf/svet_stroj_tech201201_complete.pdf
- [30] DEMIRCAN, Emir. BLUE COMPETENCE MACHINE TOOLS. CECIMO. CECIMO: Where manufacturing begins [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.cecimo.eu/site/blue-competence-mt/blue-competence-mt/>
- [31] Standards catalogue: Standards and projects under the direct responsibility of ISO/TC 39 Secretariat. ISO [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=48354
- [32] BELGIE. Zpráva komise Evropskému parlamentu a Radě: Zpráva o pokroku „v oblasti klimatu“, včetně zprávy o fungování trhu s uhlíkem, zprávy o přezkumu směrnice 2009/31/ES o geologickém ukládání oxidu uhličitého a dvouleté zprávy EU podle Rámcové úmluvy Organizace spojených národů o změně klimatu. In: . Brusel, 2015, číslo 576. Dostupné také z: <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2015/CS/1-2015-576-CS-F1-1.PDF>
- [33] ČESKÁ REPUBLIKA. Národní priority orientovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací. In: . 2012, číslo 552. Dostupné také z: <http://www.vyzkum.cz/FrontClanek.aspx?idsekce=653383>
- [34] BLECHA, Petr. NETME CENTRE. Průběžná zpráva za druhý rok řešení projektu: FR-TI3/655 - ECODESIGN VE STAVBĚ OBRÁBĚCÍCH STROJŮ na VUT v Brně. Brno, 2012.
- [35] GUINÉE, J. Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards. Boston: Kluwer Academic Publishers, c2002, xi, 692 p. ISBN 14-020-0228-9.
- [36] BIEDA. The use of Life Cycle Assessment (LCA) conception for Arcelor Mittal Steel Poland S.A. energy generating - Krakow plant case study [online]. Wydawnictwopolitechniki krakowskiej [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: http://suw.biblos.pk.edu.pl/resources/i1/i1/i5/i6/r1156/BiedaB_UseLife.pdf
- [37] KOČÍ, Vladimír. ETCONSULTING. Příručka základních informací o posuzování životního cyklu: LCA. Praha, 2010.
- [38] KOČÍ, VLADIMÍR. Metoda posuzování životního cyklu a chemický průmysl. Chemické listy. 2010, 2010(104), 921-925. ISSN 1213-7103.

- [39] KOČÍ, Vladimír. Čištění odpadních vod, sanace kontaminovaných půd z pohledu metody LCA. In: Databáze vysokoškolských kvalifikačních prací zaměřených na LCA [online]. s. 1-8 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: http://vskp.vsb.cz/document_root/soubory/lca-cistení-odpadnich-vod.pdf
- [40] VLACH, Josef. Posuzování životního cyklu komunálního odpadu. Brno, 2008. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Jaroslav Jícha.
- [41] Návrh Ministerstva životního prostředí ČR: Politika ochrany klimatu v České republice. In: . Dostupné také z: http://portal.cenia.cz/eiasea/download/U0VBX01aUDA5N0tfbmF2cmhfMS5wZGY/MZP097K_navrh.pdf
- [42] Stav životního prostředí v Česku: Emise skleníkových plynů. In: Aktuálně.cz [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://zpravy.aktualne.cz/domaci/zivotni-prostredi-cr/r~a77d1bc099b511e590ec0025900fea04/>
- [43] TICHÁ, Marie. MT KONZULT. PROJEKT MŽP: SP/II/2f1/16/07: LCA NÁPOJOVÝCH OBALŮ. 2007. Dostupné z: http://sluzby.empress.cz/uploads/attachment/file/60/profil-cernikb-publikace-LCA_n_pojov_ch_obal_-2009.pdf
- [44] HRUBÝ, Ondřej. Zdroje skleníkových plynů. Zlín, 2006. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Milan Vondruška.
- [45] VEOLIA VODA ČESKÁ REPUBLIKA, a.s. Pečujeme o prostředí a komunitu: Zpráva o společenské odpovědnosti 2011. Praha, 2011, 51 s
- [46] HAMŠÍKOVÁ, R a Pavel ROKOS. <i>RIV/68407700:21230/09:00162704: Porovnávací studie LCA - skládkování versus spalování směsného komunálního odpadu</i>. 2009.
- [47] VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE. LCA Studio: Posuzování životního cyklu LCA na VŠCHT Praha. Dostupné z: <http://www.lcastudio.cz/lcastudie.php>
- [48] Lca Software Package Review Information Technology Essay. In: UKessays.com: The UK's expert provider of custom essays [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.ukessays.com/essays/information-technology/lca-software-package-review-information-technology-essay.php>
- [49] Software. In: LCA links!: Links to LCA topics found on the web [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: http://www.life-cycle.org/?page_id=125
- [50] Ekoznačení: Vlastní environmentální tvrzení. Cenia: Česká informační agentura životního prostředí [online]. 2013 Dostupné z: [http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFM4XB06](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFM4XB06)
- [51] Environmentální značení produktů. Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy: Databáze vysokoškolských kvalifikačních prací zaměřených na LCA [online]. 2013 Dostupné z: <http://vskp.vsb.cz/oblast-environmentalni-znaceni/>
- [52] ČSN ISO 14025. Environmentální značky a prohlášení: Environmentální prohlášení typu III - Zásady a postupy. 20110. S.l.: s.n.

- [53] CENIA. Ekoznačení: Co je environmentální prohlášení o produktu (EPD). Česká informační agentura životního prostředí [online]. 2013 Dostupné z: [http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFM6XK7Y](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFM6XK7Y)
- [54] CENIA. Ekoznačení: Jak to funguje: Mezinárodní Systém EPD®. Česká informační agentura životního prostředí [online]. 2013 Dostupné z: [http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFM6XOB6](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFM6XOB6)
- [55] CERTIFIKACE VÝROBKŮ: Environmentální prohlášení o výrobku - EPD: Ověřování Environmentálního prohlášení o výrobku (EPD). EZÚ: Elektrotechnický zkušební ústav [online]. 2013 Dostupné z: <http://www.ezu.cz/index.php?u=/certifikace-vyrobku/epd-environmentalni-prohlaseni-o-vyrobku-lca/&a=ArticleDisplay>
- [56] CENDEC. Environmentální prohlášení o produktu. Centrum environmentálních prohlášení [online]. 2013 Dostupné z: <http://www.cendec.cz/epd>
- [57] HODKOVÁ, J., A. LUPÍŠEK, Š. MANČÍK, L. VOCHOC and T. ŽĎÁR. Envimat: Český katalog stavebních produktů a dopadů jejich výroby na životní prostředí. Envimat [online]. 2013 Dostupné z: http://www.envimat.cz/public/files/Envimat_Konference_Green_Building_2012.pdf
- [58] CZGBC. Iniciativa ECO-EPD – evropský systém pro EPD. Česká rada pro šetrné budovy [online]. 2012 Dostupné z: <http://www.czgbc.org/zpravy/zprava/112/iniciativa-eco-epd-evropsky-system-pro-epd>
- [59] Environmentální prohlášení o produktu: Keramické obkladové prvky. [online]. 2012 Dostupné z: http://www.rako.cz/cz/download/o-nas/ekologie/certifikace-epd_cz_2013.pdf
- [60] JUŘIČKA, Marcel. Technologická příprava výroby odlévaných dílů. Zlín, 2013. Dostupné z: http://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/24113/ju%C5%99i%C4%8Dka_2013_d_p.pdf?sequence=1. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav výrobního inženýrství. Vedoucí práce Prof. Ing. Imrich Lukovics, CSc.
- [61] TECHO: ROYAL AHREND COMPANY. Enviro: Environmentální prohlášení o produktu. [online]. 2013 Dostupné z: <http://www.techo.com/cz/enviro/epd>
- [62] SPOLCHEMIE. Elektromotory: ZELENÉ EPOXIDOVÉ PRYSKYŘICE (GREEN EPOXY RESINS). Spolek pro chemickou a hutní výrobu [online]. 2013 Dostupné z: http://www.spolchemie.cz/application_spolchemie_products/elektroprumysl/Elektromotory
- [63] SAN MARCO. Экологическая политика. Sistemi Vernicianti per L'edilizia [online]. 2013 Dostupné z: <http://www.san-marco.com/rus/politica-ambientale.php>
- [64] EGGER. Древесные материалы компании ЭГГЕР: Экологичное строительство и безопасное для здоровья жильё. [online]. 2013 Dostupné z: http://www.egger.com/downloads/bildarchiv/183000/1_183554_BR_EGGER_Umweltbroschuere_RU.pdf

- [65] AF GROUP RUSSIA. Сертификаты воды Черелия: МЕЖДУНАРОДНЫЕ СЕРТИФИКАТЫ МИНЕРАЛЬНОЙ ВОДЫ ЧЕРЕЛИЯ. [online]. 2013 Dostupné z: <http://cerelia.ru/sertifikaty-vody-chereliya>
- [66] ENVIRONMENTÁLNÍ DEKLARACE VÝROBKU (EPD): PODLAHOVÝ VYSAVAČ ETA 1450 PROXIM. Švédsko [online]. 2005 Dostupné z: [http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFQVRF6K/\\$FILE/EPD-ETA-deklarace-final-final.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFQVRF6K/$FILE/EPD-ETA-deklarace-final-final.pdf)
- [67] ENVIRONMENTÁLNÍ DEKLARACE VÝROBKU: ŠICÍ STROJ PFAFF 2046 (440). Švédsko [online]. 2005 Dostupné z: [http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFQVRF6K/\\$FILE/EPD-VSM-deklarace-final.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFQVRF6K/$FILE/EPD-VSM-deklarace-final.pdf)
- [68] ABB. Environmental Product Declarations. Power and productivity for a better world [online]. 2013 Dostupné z: <http://www.abb.com/cawp/abbzh258/3d76091aeb235c70c12569ee002b47f4.aspx>
- [69] CORREANAYAK. Nicolás Correa Group, the first company at international level to obtain environmental product declaration in its range of milling machines. [online]. 2013 Dostupné z: <http://www.correanayak.eu/de/0-seite-aktuelles/1316764184-nicolas-correa-group-the-first-company-at-international-level-to-obtain-environmental-product-declaration-in-its-range-of-milling-machines/>
- [70] VACEK, Jiří. Technické systémy: Základní pojmy teorie systémů. In: Západočeská universita v Plzni: Fakulta ekonomická [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://www.kip.zcu.cz/kursy/svt/svt_www/5_soubory/5_2.html
- [71] BLECHA, Petr. Využití moderních metod řízení a zabezpečování jakosti při konstrukci obráběcích center. Brno, 1999. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ivan Vavřík.
- [72] HOSNEDL, Stanislav. Obecné strojní části 1: Teoretické základy, spoje, přenosové části, otočná uložení, akumulátory energie, hřídelové spojky [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2012 [cit. 2016-05-15]. ISBN 978-80-261-0125-3. Dostupné z: <https://www.zcu.cz/pracoviste/vyd/online/Obecne-strojni-casti-1.pdf>
- [73] LAŠOVÁ, Václava. Základy stavby obráběcích strojů [online]. 1. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2012 [cit. 2016-05-16]. ISBN 978-80-261-0126-0.
- [74] Nosná soustava obráběcích strojů. MM Průmyslové spektrum: Speciál. Praha: MM publishing, s. r. o., 2014, , 162-164. ISSN 1212-2572.
- [75] BRYCHTA, Josef, Robert ČEP a Jana PETRŮ. Výrobní stroje obráběcí. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, 2012, , 1-140. ISSN 978-80-248-2941-8.
- [76] NOVÁČEK, Pavel. Moderní chladicí kapaliny pro obrábění. Brno, 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Oskar Zemčík.
- [77] MÜLLER, Miroslav a Zdeněk PETRŽELA. Strojírenská technologie: Studijní text pro tříletý učební obor zámečnick [online]. Uničov: Střední průmyslová škola a Střední odborné učiliště Uničov, 2011 [cit. 2016-05-16].
- [78] VELÍČKOVÁ, Eva. Stroje a zařízení: Nauka o materiálu [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, 2002 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z:

<https://www.fbi.vsb.cz/export/sites/fbi/040/.content/sys-cs/resource/PDF/NaukaMatSkripta.pdf>

- [79] DUCHÁČEK, Vratislav. Urychlovače vulkanizace. Zlín: Česká společnost průmyslové chemie, 2013. ISBN 978-80-02-02429-3.
- [80] HADERKA, Martin. Vliv parametrů vulkanizace na mechanické vlastnosti elastomerů. Zlín, 2006. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Jakub Javořík.
- [81] MALÁČ, Jiří. Gumarenské technologie: Přísady [online]. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, s. 1-39 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: www.utb.cz/file/36215_1_1/
- [82] HELEBRANT, František, Ladislav HRABEC a Jan BLATA. Provoz, diagnostika a údržba strojů. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2013. ISBN 978-80-248-3028-5.
- [83] Výroba energie z biomasy. In: Alternativní zdroje energie [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.alternativni-zdroje.cz/vyroba-energie-biomasa.htm>
- [84] UNION OF THE ELECTRICITY INDUSTRY - EURELECTRIC. Efficiency in electricity generation: Report drafted by: EURELECTRIC "Preservation of Resources" Working Group's "Upstream" Sub-Group in collaboration with VGB. 2003.
- [85] MLČOCH, Zbyněk. Srovnání výhřevnosti - uhlí, koks, dřevo, brikety, štěpka, plyn, elektřina. In: Z.M.: MUDr. Zbyněk Mlčoch [online]. 2012 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/texty/byt-dum-zahrada/srovnani-vyhrevnosti-uhli-koks-drevo-brikety-stepka-plyn-elektrina>
- [86] BOUSTEAD CONSULTING LTD. Boustead Model V6.0: Operating manual. 172 s.
- [87] TICHÁ, Marie a Jan HARNYCH. Závěrečná zpráva: Studie životního cyklu (LCA) obráběcího stroje. 2013, 43 s.
- [88] VOGTLANDER, Joost. DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. Ecocosts 2012 V3.3 LCA data on products and services Idemat2016. V 3.3. 2016. Dostupné také z: <http://www.ecocostsvalue.com/EVR/model/theory/5-data.html>
- [89] ČSN - přehled chemického složení ocelí. In: Ripra, s.r.o. [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.pdms.cz/news/csn-prehled-chemickeho-slozeni-oceli/>
- [90] ZEJDOVÁ, Lucie. Haighův diagram vybrané pružinové oceli. Brno, 2013. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Stanislav Věchet.
- [91] HAMPL, Petr. Návrh technologie součásti "kryt vstřikovače" v podmínkách malé strojírenské firmy. Brno, 2012. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Milan Kalivoda.
- [92] ČSN 423123: Slitina mědi na odlitky 42 3123 CuSn12. Opr. 13.92. Praha: Federální úřad pro normalizaci a měření, 1993.
- [93] Periodická tabulka Hliník. In: Periodická tabulka [online]. [cit. 2016-06-25]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/13.html>
- [94] Hliník AlMgSi - ČSN 424401. In: PROAL: Informace [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.proal.cz/info/424401.htm>

- [95] SLAVÍČEK, Jiří. Hliník a jeho slitiny v automobilovém průmyslu. Brno, 2011. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Karel Němec.
- [96] ČSN EN 1676: Hliník a slitiny hliníku - Slitinové hliníkové ingoty pro přetavení - Specifikace. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [97] Получение ацетона. In: MSD.com.ua: Мастерская своего дела [online]. [cit. 2016-06-25]. Dostupné z: <http://msd.com.ua/ximiya-i-texnologiya-propilena/poluchenie-acetona/>
- [98] Справочник резинщика. М., 1971 Догадкин Б.А. Химия эластомеров. М., 1981 Лепетов В.А., Юрцев Л.Н. Расчеты и конструирование резиновых изделий. Л., 1987
- [99] Kaučuk. In: Resinex: Distribution of Plastics & Elastomers [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.resinex.cz/polymerove-typy/natural-rubber.html>
- [100] Получение - нейлон. In: Большая Энциклопедия Нефти Газа [online]. [cit. 2016-06-25]. Dostupné z: <http://www.ngpedia.ru/id287542p1.html>
- [101] Vysokohustotní polyethylen (HDPE). Petroleum.cz [online]. [cit. 2016-06-25]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/vyrobky/hdpe.aspx>
- [102] Výroba polypropylenu. Petroleum.cz [online]. [cit. 2016-06-25]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/vyrobky/polypropylen-vyroba.aspx>
- [103] Поливинилхлорид. In: Plastic Technologie Ltd. [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: http://www.ptl.by/documents-processing_plastic_Materials_Polyvinylchloride
- [104] Силикон(силиконовая резина) применение, производство. In: ПКН-Секвойя [online]. [cit. 2016-06-25]. Dostupné z: <http://pkns.ru/silikon-silikonovaya-rezina-primen>
- [105] Bezpečnostní list podle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) a Nařízení Komise (EU) č. 453/2010: ILVA PX1705. 2012. Dostupné také z: <http://www.smsro-ilva.cz/file.php?nid=12283&oid=3470509>
- [106] KAŠPÁRKOVÁ, Lenka. Technologie grafiky I: Aditiva přidávaná do barevných směsí. Opava, 2012. Dostupné také z: http://www.strojka.opava.cz/UserFiles/File/_sablon/Technologie_grafiky_I/VY_32_I_NOVACE_A-02-16.pdf
- [107] Bezpečnostní list podle 1907/2006/ES (REACH), 453/2010/ES, 2015/830/EU: ZH 93. Verze 3. Veselí nad Lužnicí, 2015. Dostupné také z: <http://www.barvyviton.cz/files/files/dokumenty/bezpecnostni-listy/cz/ZH-93---bezpecnostni-list-CZ.pdf>
- [108] Bezpečnostní list podle přílohy 2 nařízení 1907/2006/ES ve znění přílohy II nařízení 453/2010 ES: U 7000 tužidlo. Praha: Toxikologické informační středisko, 2012, 8 s. Dostupné také z: http://www.colorlak.cz/data/bl/cz_U7000.pdf
- [109] Zdroje energie. In: MATYÁŠEK, Jiří a Miroslav SUK. Antropogeneze v geologii [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://is.muni.cz/do/1499/el/estud/pdf/js10/antropog/web/pages/3-1-zdroje-energie.html>

- [110] KREMLÍK, Vítězslav. Freeman Dyson: Kacír globálního oteplování. In: OSEL: Objective Source E-Learning [online]. 2011 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: http://www.osel.cz/index.php?obsah=6&akce=showall&clanek=5757&id_c=112216
- [111] Škodliviny obsažené ve spalinách. In: REMAT Holz Program: Výrobce ekologického paliva [online]. 2014 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.vcelari.cz/old/brikety/emise.html>
- [112] Vznik ropy. In: Petroleum.cz [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/ropa/vznik-ropy.aspx>
- [113] NĚMEC, Radim. Fosilní paliva v ČR. Brno, 2011. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Marek Baláš.
- [114] JIRÁSEK, Jakub, Martin SIVEK a Petr LÁZNIČKA. Ložiska energetických surovin: Ložiska nerostů - energetické suroviny. ISBN 978-80-7342-206-6. Dostupné také z: http://geologie.vsb.cz/loziska/loziska/loziska_energetickych_surov.html
- [115] Elektroenergetika: Výroba energie. In: Moje energie [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.mojeenergie.cz/cz/elektroenergetika-vyroba-energie#Jaderné>
- [116] Výroba jaderné energie: Princip štěpení jádra atomu. In: Jaderná energie [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.jaderna-energie.cz/stepeni-jadra-atomu.htm>
- [117] Technologie bioplynových stanic. In: Enviton [online]. [cit. 2016-06-03]. Dostupné z: <http://www.bioplynovestanice.cz/technologie-bps/>
- [118] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. Energetické využití odpadů: Odpad je nevyčerpatelný zdroj energie. Část A - Program EFEKT MPO. Praha, 2010, 19 s.
- [119] DOUCEK, Aleš, JANÍK, Luděk, TENKRÁT, Daniel: Využití vodíku k regulaci výkonu obnovitelných zdrojů energie. Biom.cz [online]. 2011-05-16 [cit. 2016-06-03]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-vodiku-k-regulaci-vykonu-obnovitelnych-zdroju-energie>>. ISSN: 1801-2655.
- [120] RYAN, Marge. Methanol – Clean Fuel for the Future?. In: FuelCellToday: The leading authority on fuel cells [online]. 2013 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.fuelcelltoday.com/analysis/analyst-views/2013/13-05-08-methanol-%96-clean-fuel-for-the-future>
- [121] WEGER, Jan: Biomasa jako zdroj energie. Biom.cz [online]. 2009-02-02 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-jako-zdroj-energie>>. ISSN: 1801-2655.
- [122] How electricity is generated through gas. In: EDF energy [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.edfenergy.com/energyfuture/generation-gas>
- [123] Natural gas power plants: Hallett Power Station. In: CLP Group [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <https://www.clpgroup.com/ouoperations/assetsandservices/powergeneraton/naturalgaspowerplants/Pages/hallettpowerstation.aspx>
- [124] SVORA, MICHAL. EKOSYSTÉM A TĚŽBA SUROVIN: ROČNÍKOVÁ PRÁCE ZE ZÁKLADŮ EKOLOGIE. In: Ekologie.aktualne.cz [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://ekologie.xf.cz/temata/tezba/tezba.htm>

- [125] Riyadh Crude Oil-Fired Power Plant, Saudi Arabia. In: Power-technology.com [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.power-technology.com/projects/riyadh/>.
- [126] SVORA. Ekologie.aktualne.cz [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://ekologie.xf.cz/temata/tezba/tezba.htm>
- [127] PEDAGOGICKÁ FAKULTA MASARIKOVY UNIVERZITY. Život s autem: Těžba ropy. Dostupné z: <http://is.muni.cz/do/ped/kat/fyzika/autem/pages/tezba-ropy.html>
- [128] POHOŘELÝ, Michael, Michal JEREMIÁŠ, Petra KAMENÍKOVÁ, Sjarhei SKOBLIA, Karel SVOBODA a Miroslav PUNČOCHÁŘ. Zplyňování biomasy. Chemické listy. 2012, (106), 264-274. ISSN 1213-7103.
- [129] MATYÁŠEK, Jiří a Miroslav SUK. Přírodní energetické zdroje: Zdroje energie. In: Antropogeneze v geologii [online]. [cit. 2016-06-04]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/js10/antropog/web/pages/3-1-zdroje-energie.html>
- [130] Výroba elektřiny: Fungování větrných elektráren. In: Skupina ČEZ [online]. [cit. 2014-05-22].
- [131] Alternativní zdroje energie [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.alternativni-zdroje.cz/vodni-geothermalni-energie.htm>
- [132] VOBOŘIL, David. Vodní elektrárny - princip a rozdělení. In: OEnergetice.cz [online]. 2015 [cit. 2016-06-04]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/obnovitelne-zdroje-energie/vodni-elektrarny-princip-a-rozdeleni/>
- [133] ŠKORPÍK, Jiří. Sluneční záření jako zdroj energie, Transformační technologie, 2006-09, [last updated 2015-02]. Brno: Jiří Škorpík, [on-line] pokračující zdroj, ISSN 1804-8293. Dostupné z <http://www.transformacni-technologie.cz/slunecni-zareni-jako-zdroj-energie.html>.
- [134] KOLÁČNÝ, T. Výzkum a vývoj v oblasti jaderných paliv současnosti. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 36 stran.
- [135] ŠPIČKOVÁ, Iveta, Jana ŠTURCOVÁ a Martina ŠUDŘICHOVÁ. Využití geotermální energie. In: Biom.cz [online]. [cit. 2016-06-04]. Dostupné z: http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/vyuziti_geothermalni_energie.pdf
- [136] Průmysl a energetika: VÝROBA ELEKTRĚNIN A TEPLA – vyhodnocení indikátoru. In: ISSAR: Informační systém statistiky a reportingu [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1560>
- [137] Dieser Energiemix kommt in Deutschland aus der Steckdose. In: EnergieHeld [online]. 2013 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.energieheld.de/blog/strommix-stromerzeugung-in-deutschland/>
- [138] National Energy Board: Office National de l'énergie [online]. 2013 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.neb-one.gc.ca/clf-nsi/rnrgynfntn/nrgyrprt/nrgyftr/2013/fctshlctrct-eng.html>

- [139] HUANG, Qili. The Development Strategy for Coal-Fired Power Generation in China: Coal is the Foundation of the Energy Mix in China. In: CornerStone: The official journal of the world coal industry [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://cornerstonemag.net/the-development-strategy-for-coal-fired-power-generation-in-china/>
- [140] Databank: Turkish Energy Sector Outlook. In: Polat Enerji [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: http://www.polatenerji.com/eng/b_enerjisektoru.php
- [141] Energy Subsidies in the USA. In: Jerry Graf - Energy Strategy [online]. 2013 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: http://jerrygraf.files.wordpress.com/2013/03/u_s_electricity-net-generation-by-fuel-2012.jpg
- [142] КОНДРАТЬЕВ, Владимир. Экономические доминанты: Тенденции развития мировой электроэнергетики (Ч. 2). In: Перспективы: Фонд исторической перспективы [online]. 2013 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: http://www.perspektivy.info/oykumena/ekdom/tendencii_razvitija_mirovoj_elektroenergetiki_ch_2_2013-11-22.htm
- [143] VÁŇA, Jaroslav. Ekologické aspekty energetického využití biomasy. In: CZ BIOM [online]. Praha [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: http://stary.biom.cz/sborniky/sb98PrPetr/sb98PrPetr_vana.html
- [144] MALIŠ, JAN. METODY SNIŽOVÁNÍ EMISÍ OXIDU UHLIČITÉHO. Brno, 2007. 73 s. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/xmlui/bitstream/handle/11012/11376/DP_Mali%C5%A1.pdf?sequence=2. DIPLOMOVÁ PRÁCE. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ, ÚSTAV PROCESNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ. Vedoucí práce doc. Ing. LADISLAV BÉBAR, CSc.
- [145] STRAKA, František: Alternativní energetické zdroje a měrné emise CO₂. Biom.cz [online]. 2010-01-11 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/alternativni-energeticke-zdroje-a-merne-emise-co2>>. ISSN: 1801-2655.

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRÁTEK

BRO	Biologicky rozložitelný odpad
CE	Conformité européenne
CCS	Carbon capture and storage (systém zachytávání a ukládání oxidu uhličitého)
CECIMO	Comité Européen de Coopération des Industries de la Machine-Outil (Evropská asociace výrobců obráběcích strojů)
CFC	Chlorofluorocarbon (chlor-fluorované uhlovodíky)
ČSN	Česká technická norma
ČR	Česká republika
EPD	Environmental Product Declaration (Environmentální prohlášení o produktu)
EMS	Environmental Management Systém (Systém environmentálního managementu)
EN	Evropská norma
ES	Evropské společenství
ETS	Emission Trading Systém (Systém obchodování s emisemi)
EU	Evropská unie
HBFC	Bromodifluoromethane (bromdifluormethan)
HCFC	Chlorodifluoromethane (chlordifluormethan)
HFC	Difluoromethane (fluoruhlodík)
HDPE	High-density polyethylene (polyethylen s vysokou hustotou)
ISO	International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)
LCA	Life Cycle Assessment (Hodnocení životního cyklu)
LCI	Life Cycle Inventory (Inventarizační analýza životního cyklu)
LCIA	Life Cycle Impact Assessment (Posuzování dopadů životního cyklu)
LLG	Litina s lupínkovým grafitem
LLDPE	Linear low-density polyethylene (lineární polyethylen s nízkou hustotou)
LDPE	Low-density polyethylene (polyethylen s nízkou hustotou)
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
MŠMT	Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy
NBR	Nitrile butadiene rubber (nitril-butadien kaučuk)
NMVOC	Non-methane volatile organic compounds (nemethanové těkavé organické sloučeniny)
OSN	United nations (Organizace spojených národů)
PET	Polyethylene terephthalate (Polyethylentereftalát)
PFC	Perfluorinated compound (zcela fluorované uhlovodíky)
RF	Ruská federace

PM	Particulate matter (prachové částice)
PP	Polypropylene (polypropylen)
PE	Polyethylene (polyetylen)
PCR	Product Category Rules (Pravidla produktové kategorie)
PVC	Polyvinyl chloride (polyvinilchlorid)
SBR	Styrene-butadiene rubber (styren butadienový kaučuk)
SRI	Samoregulační iniciativa
SAS	Systémová analýzy a syntéza
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry (Společnost pro environmentální toxikologii a chemii)
THC	Tetrahydrocannabinol (Tetrahydrocannabinol)
TDI	Toluene diisocyanate (Toluendiisokyanát)
UV-B	Ultraviolet B (ultrafialové záření B)
UV-C	Ultraviolet C (ultrafialové záření C)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Rámcová úmluva Organizace spojených národů o změně klimatu)
USA	United States of America (Spojené státy americké)
UNEP	United Nations Environment Programme (Program Organizace spojených národů pro životní prostředí)
VDW	Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken (Svaz německých výrobců obráběcích strojů)
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (Německá strojírenská federace)
VAVAI	Systém výzkumu, experimentálního vývoje a inovací
VŠCHT	Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
VTE	Vlastní environmentální tvrzení

12 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Projekce 80 % snížení domácích emisí skleníkových plynů v EU (100 % = 1990)	16
Obr. 2 – Dekarbonizační scénáře EU – Rozsah podílu paliv na primární spotřebě energie v roce 2030 a v roce 2050 v porovnání s rokem 2005 (v %)	17
Obr. 3 - Grafické znázornění životního cyklu výrobku dle ISO 14040	24
Obr. 4 – Rámec posuzování životního cyklu podle ISO 14040	26
Obr. 5 - Znázornění LCI	27
Obr. 6 – Struktura emisí skleníkových plynů v ČR v roce 2013	34
Obr. 7 – Vliv jednotlivých druhů skleníkových plynů na skleníkový efekt	35
Obr. 8 – Značení environmentálního prohlášení o produktu	40
Obr. 9 – Etapy vypracování environmentálního prohlášení	42
Obr. 10 – Metodické možnosti pro environmentální prohlášení a programy typu III	43
Obr. 11 – Stavební struktura stroje	51
Obr. 12 – Orgánová struktura stroje	51
Obr. 13 - Základní dělení technických materiálů využívaných ve strojírenství	54
Obr. 14 – Životní cyklus výrobního stroje	60
Obr. 15 – Konstrukční proces výrobního stroje	62
Obr. 16 – Vliv volby parametrů a funkcí stroje na životní prostředí	63
Obr. 17 – Vliv volby materiálu, použitých v konstrukci stroje, na životní prostředí	63
Obr. 18 – Dílčí složky fází předvýrobní etapy životního cyklu výrobního stroje	67
Obr. 19 – Analýza vlivu na životní prostředí strojů a zařízení	68
Obr. 20 – Analýza vlivu na životní prostředí pracovních prostor	69
Obr. 21 – Analýza vlivu na životní prostředí ropného paliva	70
Obr. 22 – Analýza vlivu na životní prostředí elektrické energie	71
Obr. 23 – Zdroje elektrické energie	72
Obr. 24 – Metodický postup odhadu emisí skleníkových plynů	78
Obr. 25 – Grafické znázornění výrobního modelu nelegované oceli a jeho vliv na životní prostředí	85
Obr. 26 – Grafické znázornění výrobního modelu mědi a jeho vliv na životní prostředí	87
Obr. 27 – Grafické znázornění výrobního modelu mosazi a jeho vliv na životní prostředí	88
Obr. 28 – Grafické znázornění výrobního modelu cínového bronzu a jeho vliv na životní prostředí	89
Obr. 29 – Grafické znázornění výrobního modelu slitiny AlSi12 a jeho vliv na životní prostředí	91
Obr. 30 – Grafické znázornění výrobního modelu slitiny 5182 a jeho vliv na životní prostředí	92
Obr. 31 – Grafické znázornění výrobního modelu slitiny AA1200 a jeho vliv na životní	

prostředí	93
Obr. 32 – Grafické znázornění výrobního modelu acetonu a jeho vliv na životní prostředí	94
Obr. 33 – Grafické znázornění výrobního modelu NBR a jeho vliv na životní prostředí	95
Obr. 34 – Grafické znázornění výrobního modelu nylonu a jeho vliv na životní prostředí	96
Obr. 35 – Grafické znázornění výrobního modelu PE a jeho vliv na životní prostředí	97
Obr. 36 – Grafické znázornění výrobního modelu PP a jeho vliv na životní prostředí	98
Obr. 37 – Grafické znázornění výrobního modelu PVC a jeho vliv na životní prostředí	99
Obr. 38 – Grafické znázornění výrobního modelu minerálního mazacího tuku a jeho vliv na životní prostředí	100
Obr. 39 – Grafické znázornění výrobního modelu silikonu a jeho vliv na životní prostředí	102
Obr. 40 – Grafické znázornění výrobního modelu epoxidového lepidla a jeho vliv na životní prostředí	103
Obr. 41 – Grafické znázornění výrobního modelu epoxidového laku a jeho vliv na životní prostředí	105
Obr. 42 – Grafické znázornění výrobního modelu polyuretanového laku a jeho vliv na životní prostředí	107
Obr. 43 - Grafické znázornění výrobního modelu silikonu a jeho vliv na životní prostředí	109
Obr. 44 - Grafické znázornění výrobního modelu polyuretanového tužidla a jeho vliv na životní prostředí	111
Obr. 45 – Uživatelské rozhraní nástroje pro odhad emisí skleníkových plynů spojených s výrobou materiálů	117
Obr. 46 - Uživatelské rozhraní nástroje pro odhad emisí skleníkových plynů spojených s dopravou materiálů	118

13 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 – Nejvýznamnější skleníkové plyny	35
Tab. 2 – Grafické znázornění základních systémových atributů a jejich aplikace na hodnocení životního cyklu	49
Tab. 3 – Součásti stavební struktury stroje	51
Tab. 4 – Součásti orgánové struktury stroje	51
Tab. 5 – Prvky funkční struktury stroje	52
Tab. 6 – Popis konstrukčních uzlů výrobních strojů	52
Tab. 7 – Výhřevnost a energetické využití jednotlivých druhů paliv	74
Tab. 8 – Účinnost jednotlivých typů elektráren	74
Tab. 9 – Emise CO ₂ pro výrobu 1 MWh pro různé druhy paliva	75
Tab. 10 – Emise z výroby 1 MWh elektrické energie v jednotlivých zemích	75
Tab. 11 – Označení a popis použitých výrobních operací Boustead Model 6.0	82
Tab. 12 – Popis a chemické složení zvolených značek oceli	83
Tab. 13 – Emise skleníkových plynů emitované výrobou strojírenských materiálů ve vybraných zemích	112
Tab. 14 – Emise skleníkových plynů vyprodukovaných dopravou materiálů	115

14 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Základní popis zdrojů elektrické energie	139
Příloha B: Základní popis elektráren, jejich fungování a vlivu na životní prostředí	143
Příloha C: Skladby energetických zdrojů některých zemí	150
Příloha D: Výpočet množství paliva potřebného pro výrobu 1 MWh elektrické energie	154
Příloha E: Výpočet emisí oxidu uhličitého vyprodukovaných na 1 MWh elektrické energie	156
Příloha F: emise skleníkových plynů vyprodukovaných výrobou materiálů použitých v konstrukci stroje	160

15 SEZNAM VLASTNÍCH PUBLIKACÍ

- [1] ISKANDIROVA, M.; BLECHA, P. Srovnání požadavků EU a Ruské federace na bezpečnost strojních zařízení. *Journal of Safety Research and Applications (JOSRA)*, 2013, roč. 2013, č. 2, s. 1-10. ISSN: 1803- 3687.
- [2] ISKANDIROVA, M.; BLECHA, P.; HOLUB, M.; BRADÁČ, F. Eco- design of Mechatronic Systems. In *Mechatronics 2013 Recent Technological and Scientific Advances*. 1. Springer International Publishing Switzerland: Spinger, 2013. s. 65-72. ISBN: 978-3-319-02293- 2.
- [3] KRBAL, M.; BAXANT, P.; ŠKODA, J.; SUMEC, S.; PAVELKA, T.; ISKANDIROVA, M. Ekologická zátěž světelných zdrojů. In *Kurz osvětlovací techniky XXX*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2013. s. 235-238. ISBN: 978-80-248-3173- 2.
- [4] KRBAL, M.; ŠKODA, J.; ISKANDIROVA, M.; BAXANT, P.; PAVELKA, T.; SUMEC, S.; ŠTĚPÁNEK, J. Ekodesign komponentů pro světelnou techniku. In *Kurz osvětlovací techniky XXXI*. Ostrava: VŠB - Technická universita Ostrava, 2014. s. 246-250. ISBN: 978-80-248-3553- 2.
- [5] KRBALOVÁ, M.; BLECHA, P.; HOLUB, M.; DUDAREV, I. Assessing the impact of mechatronic systems on the environment. In *Proceedings of the 16th International Conference on Mechatronics – Mechatronika 2014*. 1. Brno: Brno University of Technology, 2014. s. 706-710. ISBN: 978-80-214-4817- 9.
- [6] KRBAL, M.; BAXANT, P.; ŠKODA, J.; SUMEC, S.; ISKANDIROVA, M. Database systems for a unified description of the parameters of luminaires and light sources. In *Published by MEE Világítástechnikai Társaság H-1042. Budapest, Árpád út 67. I. / 6. Hungary Publisher/Felelős Kiadó: Nagy János*. 1. Budapest, Hungary: MEE Világítástechnikai Társaság, 2014. s. 149-154. ISBN: 978-963-9299-21- 4.
- [7] KRBAL, M.; KRBALOVÁ, M.; BAXANT, P.; ŠKODA, J.; SUMEC, S. Světelné zdroje a ekologie. *Světlo*, 2014, roč. 17, č. 2, s. 48-51. ISSN: 1212- 0812.
- [8] KRBAL, M.; BAXANT, P.; ŠKODA, J.; KRBALOVÁ, M.; SUMEC, S. Komplexní dopady světelných zdrojů na životní prostředí. In *Technika osvětlování XXVI*, Plzeň 2014. Plzeň: 2014.
- [9] KRBALOVÁ, M.; BLECHA, P. SYSTEM APPROACH TO DETERMINATION OF RESULTING GREEN HOUSE GAS EMISSIONS OF ENGINEERING PRODUCT. *MM Science Journal*, 2015, roč. 2015, č. December, s. 772-777. ISSN: 1805- 0476.

PŘÍLOHA A

ZÁKLADNÍ POPIS ZDROJŮ ELEKTRICKÉ ENERGIE

A1 Neobnovitelné zdroje energie

Mezi neobnovitelné zdroje energie řadíme fosilní paliva a radioaktivní kovy. Fosilní paliva jsou nerostné suroviny vzniklé v dávných dobách za nepřístupu vzduchu z odumřelých rostlin a organismů. Energie z nich se získává jejich spalováním a je to je nejstarší, nejrozšířenější a nejjednodušší způsob získávání energie. Nejvíce se ke spalování používá černé a hnědé uhlí, méně často zemní plyn a ropa.

Radioaktivní kovy slouží k získávání energie pomocí reakce štěpení nebo fúzí. Nejčastěji používanými prvky jsou uran, plutonium a thorium.

Uhlí [109]

Uhlí jsou hořlavou horninou, složenou převážně z uhlíku, vodíku a kyslíku a vzniklou z organické hmoty, tvořené pravěkými suchozemskými rostlinami. Podle kvality uhlí se dá dělit na lignit (nejméně kvalitní), hnědé uhlí, černé uhlí a antracit (nejkvalitnější). Uhlí se získává dolováním z povrchových nebo hlubinných dolů a slouží jako palivo pro získávání energie jeho spalováním v uhelných elektrárnách.

V současné době se uhlí počítají za jeden z nejméně ekologických zdrojů energie. Jeho spalováním totiž vzniká velké množství škodlivých látek, mezi které patří nejdříve oxid siřičitý, halogeny, pevné částice a těžké kovy (Cu, Fe, Mn, Li, Cr, Co, V, Ni, Zn, As, Cd, Hg, Pb, Sn a další). Další skupinu tvoří oxid uhelnatý a oxidy dusíku. Dále další významnou kapitolou je tvorba oxidu uhličitého. V moderní době existují technologie, které umožňují snížit emise oxidu siřičitého, oxidu uhelnatého a oxidů dusíku. Zatím avšak neexistuje metoda, která by mohla zabránit uniku oxidu uhličitého, a tak i dokonalé spalování je stejně zdrojem emisí oxidu uhličitého a vodní páry. Mezi další možnosti zpracování uhlí patří koksování nebo zplynování.

Zemní plyn [110]

Zemní plyn je plynné fosilní palivo, které až z 90 % je tvořeno metanem a vodíkem. Právě díky vysokému podílu metanu zemní plyn při spalování neuvolňuje do ovzduší takové velké množství oxidu uhličitého, jako ostatní fosilní paliva a je tak často řazen mezi ekologické zdroje energie. Spalování zemního plynu se charakterizuje uvolňováním i menšího množství oxidů dusíku a tvořením menšího množství sazí.

Zemní plyn vzniká třemi různými způsoby: společně s ropou nebo uhlím, anorganickou cestou, bakteriálním rozkladem organické hmoty. Těží se plyn navrtáním horniny přes vertikální, horizontální nebo ukloněné vrty. Samotný postup vrtání je závislý na druhu ložiska, v němž se plyn nachází. Těžený zemní plyn se podle složení dělí na suchý (chudý), vlhký (bohatý), kyselý a s vyšším obsahem inertů (oxidu uhličitého a dusíku).

V tabulce A1-1 jsou uvedeny emise vybraných plynů při spalování některých fosilních paliv.

Tab. A1-1 - Emise vybraných plynů při spalování fosilních paliv [111]

Fosilní palivo	Emise (kg/GJ)		
	SO ₂	CO ₂	NO _x
Hnědé uhlí	1,0	95,6	0,219
Černé uhlí	0,4	92,7	0,25
Zemní plyn	0,0	56,3	0,17

Ropa [112]

Ropa je olejovitá hořlavá kapalina tvořená směsí uhlovodíků, vznikla z organické hmoty, za jejíž hlavní zdroj lze považovat mořský plankton. Ropa se nachází v svrchních vrstvách zemní kůry v hloubce až 8 km pod zemským povrchem spolu se zemním plynem a slanou vodou. V současné době těžby ropy probíhá pomocí ropných vrtů.

Ropa je nenahraditelným zdrojem energie, avšak k výrobě elektřiny se ropné produkty používají většinou jen chudší země. Spalování ropy probíhá v ropných elektrárnách, a vznikají při tom prakticky stejné škodlivé látky jak při spalování uhlí, s výjimkou popílku. Dále ropa se také používá k výrobě plastů a jako palivo pro dopravu.

Roponosné horniny (břidlice, písky) [113][114]

Roponosné písky jsou sedimentární horniny složené především z jílu, písku, vody a bitumenu (1 až 20 %). Tyto písky vznikají buď alterací ropy podzemní vodou, nebo její bakteriálním rozkladem. Písky se většinou tvoří v menších hloubkách pod zemním povrchem, proto se jejich těžba provádí v povrchových dolech.

Roponosné břidlice jsou sedimentární horniny, vzniklé z mořských organických sedimentů za působením tlaku a teploty, proto se jim ještě říká vápenaté jílovce. Břidlice mají vysoký obsah organické hmoty kerogenu, která se využívá k získávání ropy nebo plyných uhlovodíků.

Roponosné horniny patří mezi nekonvenční zdroje energie a počítá se, že v budoucnu budou mít větší význam, než mají v současné době.

Uran, plutonium a thorium [115][116]

Uran je radioaktivní kov stříbřitě bílé barvy a slouží jako palivo pro jaderné elektrárny. V přírodě se uran vyskytuje v různých rudách, ale nejčastěji pouze v malých koncentracích. Je směsí izotopů ^{238}U a ^{235}U a zanedbatelného množství ^{234}U . Uran se také nachází v uhlí a mořské vodě.

Jako palivo v jaderných elektrárnách se používá převážně uran obohacený (přírodní uran se zvýšeným obsahem izotopu ^{235}U). K výrobě energie dochází prostřednictvím štěpného procesu, kdy přeměnou vazebné energie jader uranu vzniká teplo. Teplo se pak využívá k výrobě vysokotlaké páry, která pohání turbínu a vyrábí elektrickou energii.

Plutonium je silně radioaktivní a velmi toxický kov, který je stejně jako uran využitelný jako jaderné palivo. Na rozdíl od uranu plutonium téměř nevyskytuje v přírodě, ale umělé se vyrábí v jaderných reaktorech bombardováním uranu. Pro účely výroby energie v elektrárnách se používá směs ^{239}Pu a ^{240}Pu , avšak tyto reaktory nejsou moc populární kvůli toxicitě plutonia.

Thorium je těž radioaktivní kov, ale jeho radioaktivita je poměrně slabá. Tento kov vyskytuje v poměrně velkém množství v zemské kůře, v menším množství ve slané vodě a jen vzácně ve formě minerálu thorianitu. V oblasti energetiky se thorium považuje za potenciální zdroj štěpného materiálu, který může být přeměněn na ^{233}U .

A2 Bioplyn [117]

Bioplyn je plyn vyprodukovaný anaerobní digescí (kontrolovaná mikrobiální přeměna bez přístupu vzduchu) organických materiálů. Bioplyn se vyrábí v bioplynových stanicích a materiálem pro výrobu slouží bioodpady a kaly z čistíren odpadních vod, živočišná a cíleně pěstovaná rostlinná biomasa, vedlejší zemědělské produkty. Bakterie jsou schopny rozložit pouze organickou složku vstupních surovin, proto kromě bioplynu během anaerobní digesce vzniká také digestát. Výsledný bioplyn se skládá z metanu (50 až 75 %), který je nositelem energie, oxidu uhličitého (25 až 50 %)

a dalších příměsí. Bioplyn může být přeměněn na tepelnou, mechanickou nebo elektrickou energii. Pro výrobu elektřiny se používá kogenerační jednotka, která zároveň s elektrickou energií vyrábí teplo, jenž v tomto případě je vedlejším produktem.

A3 Odpad a skládkový plyn [118]

Odpad patří mezi druhotné zdroje energie. Spalování odpadů umožňuje jeho hygienické odstranění a energetické využití. Vzhledem k tomu, že odpad vzniká pořád, je možné ho přirovnat k nevyčerpatelným zdrojům energie a nahradit jim tak fosilní paliva. Tento krok umožňuje šetření neobnovitelných zdrojů a snížení emisí škodlivých látek.

Pro získání energie se používá směšného komunálního odpadu, jenž už není možné materiálově využít jinak. Kromě toho je také možné spalovat zbytkový směšný komunální odpad a nebezpečný odpad z průmyslu a zdravotnictví. Spalování odpadů probíhá ve spalovnách odpadů, kde tepelná energie odpadů se pomocí parních turbín přemění na elektrickou a předá se do rozvodné sítě. Z nespáleného zbytku je také možné vyseparovat železné a neželezné kovy.

Skládkový plyn je v podstatě bioplyn, který vzniká na skládkách samovolně anaerobním rozkladem. Složení plynu zaleží na složení odpadů, z něhož vzniká. Jeho základními složkami stejně jakou bioplynu jsou metan a oxid uhličitý, může ale obsahovat také kyslík, argon, amoniak, halogenvodíky a jiné. Vzniklý plyn se skládky odsává pomocí speciálního odsávacího zařízení, které spolu se sběrným potrubím tvoří odplyňovací systém. Skládkový plyn, stejně jako bioplyn, se využívá k výrobě elektrické energie a tepla.

A4 Vodík [119]

Vodík je plynný chemický prvek, ze kterého je tvořena převážná část hmoty ve vesmíru. Existují celkem tři izotopy vodíku. Nejčastějším je lehký vodík bez neutronu, dále pak je vodík s jedním neutronem se nazývá deuterium a radioaktivní vodík se dvěma neutrony se nazývá tritium. K výrobě energie se používá vodík bez neutronu. Existuje několik způsobů získávání vodíku a to jsou zplyňování uhlí, reforming zemního plynu a parciální oxidace ropných frakcí. V současné době dominuje první způsob.

Jako zdroj energie se vodík počítá za palivo budoucnosti. Při jeho spalování s kyslíkem se uvolňuje velké množství energie a nevznikají žádné emise kromě vody a vodní páry, jedinými produkty jsou tedy voda a teplo, které lze využít dalším technologickým procesům. Další způsob získání energie z vodíku je použití palivových článků, které umožňují přímou přeměnu vodíku na elektrickou energii. Kromě toho je možné vodík a další lehká jádra využít k procesu opačnému ke štěpení. Tedy k jaderné syntéze, při které řízenou fúzí vznikají jádra těžší a zbytková tepelná energie. Tento proces je účinnější než jaderné štěpení uranu nebo thoria, navíc štěpného materiálu je dostatek. V současné době nejsou reaktory na tomto principu dostupné, existuje pouze několik experimentálních verzí.

A5 Metanol [120]

Metanol je nejjednodušší alkohol, je bezbarvý, s alkoholickou vůní, hořlavý, silně jedovatý a neomezeně se mísí s vodou. V přírodě vodík vyskytuje pouze v malém množství a to během rozkladu organických látek působením mikroorganismů, ale poměrně rychle oxiduje na vodu a oxid uhličitý. Průmyslově se metanol vyrábí katalytickou hydrogenací oxidu uhelnatého z vodního plynu (směsi vodíku a oxidu uhelnatého). V energetice se metanol používá pro výrobu energie pomocí palivových článků, které stlačený vodík používají.

A6 Obnovitelné zdroje energie

Biomasa [121]

Biomasa je hmotou organického původu, ze které se skládají těla všech rostlin, bakterií a živočichů. V případě energetického využití se nejčastěji jedná o dřevo a dřevní odpad, slámu a odpad ze zemědělství. Biomasa se počítá za obnovitelný zdroj energie, jelikož energie z ní získaná má prapůvod ve slunečním záření.

Biomasa může být „mokrý“ nebo „suchý“, stejně jako způsoby jejího zpracování je možné rozdělit na „suchý“ (např. spalování) a „mokrý“ (např. metanové kvašení). Mezi další možnost získání elektrické energie z biomasy patří zplyňování.

PŘÍLOHA B

ZÁKLADNÍ POPIS ELEKTRÁREN, JEJÍCH FUNGOVÁNÍ A VLIVU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

B1 Tepelné elektrárny

Tepelná elektrárna je zařízení sloužící k výrobě elektrické energie spalováním fosilních paliv nebo také biomasy. Princip její fungování je založen na přeměně tepelné energie na elektrickou za pomoci pohánění parní turbíny parogenerátoru.

Uhelná elektrárna [122]

Uhelná elektrárna je celosvětově nejrozšířenějším druhem zařízení na výrobu elektrické energie. Zdrojem tepla v elektrárně je uhlí, které se rozmele na prášek a společně s předehřátým vzduchem se spálí v kotli. Uvolněné teplo ohřívá vodu, která koluje v trubkách, umístěných uvnitř kotle. Voda se následně přeměňuje v páru, která pohání parní turbínu spojenou s parogenerátorem, který pomocí elektromagnetické indukce přeměňuje mechanickou energii na elektrickou.

Výkon uhelných elektráren se většinou pohybuje v rozmezích stovek MW až jednotek GW, v závislosti na počtu bloků. U největších elektráren (Guodian Beilun Power Station a Jiaxing Power Station v Chině, Elektrárna Bełchatów v Polsku) ale výkon může dosahovat i 5 GW.

Stavba uhelné elektrárny, jako jakékoliv jiné, je významným zásahem do ekosystému. Pro výstavbu je třeba užitná plocha, zpravidla o velikosti minimálně několika ha (v závislosti na technologii a výkonu elektrárny) na seizmicky stabilním místě s pokud možno rovným terénem. Je to první ekologický faktor, který se spočívá v zabránění úrodné půdy, která již nemůže být nadále využívána pro zemědělské účely, a její navrácení do původního stavu je velmi nákladným a časově náročným procesem.

Samotná stavba zabírá poměrně velkou plochu, která musí být zpevněná (vybetonovaná nebo vyasfaltovaná). Součástí areálu je i mezisklad uhlí, do kterých je uhlí transportováno z místa těžby a dále distribuováno prostřednictvím nakladačů a pásových dopravníků k mlýnům, které mechanicky přemění uhlí na prach. Tento prach společně s předehřátým vzduchem vstupuje do kotle, kde hořením odevzdají teplo výměníku s uzavřeným okruhem s vodou a vodní párou. Vodní pára o vysokém tlaku a teplotě vstupuje do parní turbíny, kde přeměňuje svoji energii na rotační pohyb, který je v synchronním generátoru přeměněn na elektrickou energii. Z výstupu turbíny je pára přiváděna do kondenzátoru, kde se snižuje její teplota a tlak a vzniklý kondenzát opět vstupuje do kotle. energii předanou v kondenzátoru je třeba za pomoci terciárního okruhu odevzdat do okolí. Tady může vzniknout další ekologický faktor v podobě ovlivnění lokálního klimatu, protože tímto způsobem se až 60 % uvolněné tepelné energie z uhlí dostává do okolí a díky komínovému efektu stoupajícího uvolněného tepla dochází k ovlivnění i vyšších vrstev atmosféry.

Největší ekologický vliv uhelné elektrárny se spočívá ve vypouštění spalin z kotle. Samotné uhlí obsahuje přirozeně velké množství síry a těžkých kovů. Těžké kovy s výjimkou rtuti a kadmia se usazují v pevném popílku, který je nutné uskladňovat. Plynná část spalin prochází přes filtry. Nejprve jimi jsou elektrostatische odpuzovače pevných částic (popílku), poté spaliny procházejí přes tzv. mokré filtry (pračky), kde se reakcí síry, nejčastěji s vápnem, vytváří síran vápenatý, který má své další technologické využití. Oxid uhelnatý a oxidy dusíku jsou pokud možno přes katalyzátory rozkládány a do okolního prostředí uniká pouze oxid uhličitý a vodní pára. V současné době není také možné žádným způsobem odstranit vypouštění par rtuti do okolí. Z tohoto důvodu jsou uhelné elektrárny považovány za jeden z nejvýznamnějších zdrojů této extrémně toxické látky.

Kvůli zajištění dostatečného tahu a rozptýlu spalin komíny uhelných elektráren mohou dosahovat výšky 300 m. Proto může kvůli uvolněné síře a následným kyselým dešťům docházet k vysychání horských lesů.

Převážná část uhelných elektráren je také využívána jako tzv. teplárny, kdy je část odpadního tepla využita pro ohřev vody. Využití teplé vody nebo páry je avšak závislé na ročním období a denním cyklu, proto určitá část odpadního tepla se vypouští do okolí. S přepravou teplé vody nebo páry je spojena výstavba rozsáhlých a někdy i několik desítek km vzdálených vodovodů a parovodů. Může tak docházet k lokálním únikům. Navíc pro jejich výstavbu je potřeba velké množství energeticky náročně získatelného hliníku, minerálních a skelných izolačních vat a ocelových potrubí.

V uhelných elektrárnách se spalují uhlí, častěji hnědé, občas i lignit nebo uhlí černé.

Hnědé uhlí se těží v povrchových dolech, čím dochází ke vzniku tzv. měsíční krajiny. Další negativní vliv spočívá ve změně toku podzemních vod a jejich kontaminaci. Hnědé uhlí v povrchových dolech je těženo rypadly a pomocí pásových dopravníků a nákladních vozů je přepravováno do areálu elektrárny.

Spalováním uhlí dochází k uvolňování emisí oxidu uhličitého, které přispívají ke změnám klimatu. Z tohoto pohledu tvoří uhelné elektrárny energetické zdroje s nejvyšší mírou ekologické zátěže. Vyčíslit sekundární náklady při změně klimatu a uvádění vytěžených dolů do původního stavu je značně problematické, proto z dnešního pohledu nelze komplexně popsat vliv těchto elektráren na životní prostředí.

Elektrárna na spalování zemního plynu [123][124]

Elektrárna vyrábějící elektrickou energii ze zemního plynu stejně jako elektrárna tepelná patří mezi elektrárny tepelné. Princip její činnosti je ale založen na přeměně chemické energie plynu na energii elektrickou. Zemní plyn se spaluje přímo ve spalovací turbíně, kam se přivádí se vzduchem. Dochází tak k přeměně chemické energie na tepelnou. Hořící plyn produkuje spaliny, které kvůli vysokým teplotám expandují a vyvolávají v uzavřené plynové turbíně narůst tlaku. Tlakem pohaněné spaliny otáčejí turbínu, která uvádí do pohybu generátor napojený na společném hřídeli. Generátor následně pomocí elektromagnetické indukce přeměňuje mechanickou energii na elektrickou. Výhodnou je možnost vyrábět elektrickou energii a využívat žhavých spalin pro ohřev teplé užitkové vody nebo další technologické procesy.

Výkon takové elektrárny může být od několika desítek nebo desítek MW (16 MW u Wilga Park Power Station a 203 MW u Hallett Power Station, Australia) do jednotek GW (2500 MW u Black Point Power Station, Hong Kong).

Plynové elektrárny většinou bývají menších výkonů v porovnání s uhelnými nebo jadernými, tomu odpovídá i kompaktnost stavby.

Spalovací turbína plynové elektrárny a její lopatky jsou vyráběny ze speciálních keramických kompozitů, které jsou velmi energeticky náročné na výrobu a mají poměrně krátkou životnost, z čeho vyplývá určitá ekologická zátěž.

Plynné emise z elektrárny při optimálním spalování jsou tvořeny především oxidem uhličitým a vodní párou s minimem oxidů dusíku. Z tohoto pohledu elektrárny na spalování zemního plynu jsou ekologičtější než elektrárny spalující uhlí.

Zhodnotit všechny ekologické aspekty dopravy paliva – zemního plynu je velmi obtížné. Do hodnocení je nutné zapracovat výstavbu všech předávacích stanic a plynovodů, které mohou mít nepříznivý vliv na životní prostředí po celé své délce.

Zemní plyn stejně jako uhlí je fosilním palivem. Jeho spalování přispívá k vypouštění skleníkových plynů a k podpoře změny klimatu. Čerpání a skladování plynu také nese velké riziko jeho uniku do ovzduší. Plynu doprovázející ropu je většinou nižší kvality a nevyužívá se. Nejčastěji se likviduje hořením přímo v místě těžby, během kterého dochází k znečišťování ovzduší, jelikož hoření neprobíhá za vysokých teplot.

Elektrárna na spalování ropy [125][126][127]

Elektrárna na spalování ropy patří, stejně jako výše uvedené elektrárny, mezi tepelné. Princip její činnosti je stejně jako u elektrárny na spalování zemního plynu založen na přeměně chemické energie na elektrickou. Ropa se přivádí do kotle, kde se spaluje s přeměnou chemické energie na energii tepelnou. Tento proces vede k ohřívání vody, která koluje v trubkách, umístěných kolem kotle. Voda se následně přeměňuje v páru, která expanduje v úzkých trubkách a tak vzniká vysoký tlak. Tento tlak pohání parní turbínu a způsobuje její otáčení. Tímto způsobem se tepelná energie přeměňuje na mechanickou. Přes hřídel parní turbína otáčí generátorem, který pomocí elektromagnetické indukce přeměňuje mechanickou energii na elektrickou.

Největší elektrárnou na spalování ropy je Riyadh crude oil-fired power plant v Saúdské Arábii s výkonem 3000 MW.

Většinou se ropa získává z vrtů, které mohou být umístěny jak na pevnině tak i moři. V případě těžby na pevnině je nezbytné vytvořit síť dopravních cest, kterými se do místa vrtání dopraví vrtné soupravy i těžební technika. Pro dopravu ropy je nutná síť potrubí, kterými se vytěžená ropa odvádí do zásobníku a následně do sběrných stanic. Ropa může být přepravována i speciálními dopravními prostředky.

Těžba ropy na pevnině je doprovázena poškozováním původní krajiny způsobeným prokládáním husté sítě cest, elektrického vedení a potrubí a instalaci těžebního zařízení. Během těžby dochází často vlivem nepříznivých účinků a přírodních událostí k poškozování těžebního zařízení a znečištění okolního prostředí. K uniku ropy může dojít i během její přepravy jak po souši tak i při využití vodních dopravních cest. Následkem je otrávení životního prostředí, přičemž havárie na ropných plošinách v moři vedou k velmi rozsáhlým zamořením. Například 1 t ropy je schopna znečistit až 12 km² vodní hladiny. Při těžbě v moři i za normálních podmínek uniká do moře velké množství ropy.

Dalším důležitým ekologickým problémem je likvidace starých vrtných plošin.

B2 Elektrárna na spalování biomasy [128][128][129]

Pro získání energie z biomasy je nejčastěji využíváno technologických procesů založených na chemických přeměnách – zplyňování, pyrolýze, nebo na biologických procesech – anaerobní digesci, kompostování a kvašení.

Při spalování biomasy vzniká teplo, které slouží pro ohřev TUV nebo další technologické procesy. Spalování nejčastěji probíhá ve spalovacích motorech, méně často, zvláště u vyšších výkonů, ve spalovacích turbínách. S motory a turbínami je spojen generátor elektrické energie. Při zplyňování a pyrolýze vzniká tzv. výhřevný generátorový plyn, který obsahující výhřevné (H₂, CO, CH₄ a jiné), doprovodné (CO₂, H₂O, N₂) a znečišťující složky (prach, dehet, sloučeniny síry a chlóru a další). Získaný plyn se využívá k topným účelům a pro kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla. Tento způsob pomáhá pokryt spotřebu energie potřebné pro vlastní provoz bioplynové stanice. Při použití anaerobní fermentace v uzavřených reaktorech vzniká bioplyn, který se také používá k výrobě elektrické energie a tepla, při aerobní – pouze teplo. Na rozdíl od termochemických procesů přeměny biomasy (spalování, zplyňování, pyrolýza) nevzniká při biochemických procesech (aerobní a anaerobní fermentace) popel a dehet, jenom energetický výstup a fermentovaný substrát, které může být použit dál k zemědělským účelům.

Pro výstavbu zařízení na zpracování biomasy platí stejné ekologické aspekty jako pro tepelné elektrárny. Stanice na zpracování biomasy jsou většinou menší, než elektrárny na spalování fosilních paliv.

B3 Větrná elektrárna [130]

Větrná elektrárna představuje sestavu rotoru (vrtule), gondoly (hlavy elektrárny obsahující převodovou skříň, spojku, elektrický generátor a náboj větrné turbíny), stožáru (dutého sloupu, kterým je vedeno elektrické vedení, řídicí signály) a základu (nejčastěji velké betonové desky). Elektrárna slouží k výrobě elektrické energie pomocí energie větru. Aerodynamické síly působí na rotor, rotor pohání elektrický generátor, který převádí energii rotačního pohybu na elektrickou.

Výkon větrných elektráren se většinou pohybuje od 200 W (do cca 4 kW – pro domácnost) do 7,8 MW (větrná farma Roscoe v USA).

U větrných elektráren je využíváno dvou principů využití energie větru. První a starší způsob je brzdňý. Využívá předání energie rotačnímu listu zpomalením proudnic větru. Druhý princip je aerodynamický, kdy se rotačního pohybu docílíje obtékáním listu vrtule elektrárny proudnicí větru.

Pro dosažení trvalých a na okolním terénu neměnných větrných podmínek, je rotor elektrárny umístěn do velké výšky se středem otáčení přes 100 m nad zemí. V gondole elektrárny je umístěn generátor, dnes nejčastěji asynchronní vícepólový. Tím je možné vynechat hlučnou převodovou část. Konzola je realizována tubusem. Kromě těchto částí je nutné, aby elektrárna měla pevné a hluboké základy a vybudovanou infrastrukturu příjezdových komunikací, velín a transformační stanice. V místě musejí být vhodné podmínky pro připojení do elektrické sítě.

Technologicky nejnáročnější částí elektrárny je samotný rotor, jehož realizace se provádí ve velkých dlouhých hangárech. Technologicky je to náročný proces jak na materiál i na přesnost. Profil listu je nejčastěji dutý, odlehčený. Do ekologických vlivů je nutné započítat samotnou výrobu, vysokou spotřebu energie, osvětlení, materiál výrobu generátoru, transformátoru, řídicí elektroniku. Elektrárna zabírá zemědělskou půdu, ničí ráz krajiny, může zabíjet táhnoucí ptáky, vytváří stroboskopický efekt. Při rozběhu za teplot okolo 0 °C mohou způsobit odletující kusy ledu zranění.

B4 Vodní elektrárna [131][132]

Obvykle vodní elektrárna je tvořena přehradní hrází (přehrada, která zadržuje vodu) a strojovnou, která se skládá z vodní turbíny a alternátoru. Ve vodní elektrárně elektrickou energii vyrábí tzv. turbogenerátor, který je tvořen turbínou spojenou hřídelí s generátorem. Voda roztáčí turbínu, která pohání generátor. Tímto způsobem je mechanická energie proudící vody přeměněna na elektrickou energii.

Základní typy těchto elektráren jsou:

- průtočné,
- akumulární,
- přečerpávací elektrárny,
- přílivové elektrárny.

Průtočné elektrárny využívají k výrobě elektrické energie přirozený průtok řeky. Jelikož průtok není možné nějak ovlivnit, při jeho převýšení přebytečné množství vody se odvádí bez využití. Průtočné elektrárny využívají buď soustředěnou padající vodu po vzednutí hladiny jezu (jezové elektrárny) nebo vodu, odváděnou k turbíně potrubími a kanály (derivační elektrárny). Turbína přeměňuje potenciální energii vody na elektrickou.

Přečerpávající vodní elektrárna je tvořena soustavou dvou vodních nádrží, umístěných ve výškově rozdílných polohách a spojených tlakovým potrubím. V dolní části je umístěna turbína s generátorem. Voda z horní nádrže se vypouští do dolní přes turbínu, která přeměňuje potenciální energii vody na elektrickou. V případě minimální spotřeby voda z dolní nádrže se přečerpává do horní, spotřebovává se přitom energie z elektrorozvodné sítě.

Elektrárna přílivová k získání elektrické energie využívá periodické změny výšky hladiny moře, tedy přílivů a odlivů.

Stavba vodní elektrárny využívá železobetonových základů a přivaděčů vody. Je výrazným zásahem do životního prostředí, jelikož se takřka vždy staví přímo v korytě řeky. Na ekosystém má výrazný dopad především stavba hráze (betonové nebo sypané). Vyčíslení celkové zátěže stavby je v podstatě nemožné, jelikož i po dostavbě může trvat i několik desítek let, než ekosystém v okolí se vrátí k původní rovnováze.

Základní strojní vybavení elektrárny se dělí na přívodní a odvodní potrubí, česla, uzávěry a přivaděče. Nejdůležitější součástí je samotná turbína, která v závislosti na výkonu, spádu nebo průtoku je v Kaplanově, Francisově nebo Peltonově provedení. Výroba turbíny je velmi technologicky náročný proces od samotné výroby materiálu po mechanické tvarování, vyvážení a dopracování hotové turbíny. S turbínou je vždy spojen generátor elektrické energie. Mezi další potřebné strojní součásti patří například axiální nebo radiální ložiska, která jsou opět velmi náročná a z ekologického pohledu významná na výrobu. Výstup z generátoru je z důvodu snížení přenosových ztrát transformován na vyšší napěťové úrovni. Takže teoreticky je možné do vlivu na ekologii uvažovat výstavbu, provoz a vliv na krajinu celé trasy přenosného i distribučního vedení až do místa odběru.

Vodní elektrárny jsou všeobecně hodnoceny z pohledu ekologické zátěže při výstavě a provozu jako jedny z nejméně zatěžujících. Během provozu elektrárna nevytváří prakticky žádné emise, ani nedochází k vypouštění toxických látek. Kromě případného, i když velmi málo pravděpodobného, rizika při protržení hráze, nehrozí u těchto zdrojů žádné zvýšené bezpečnostní riziko. Jeze mohou být použity jako protipovodňová bariéra nebo sloužit k vytváření vodních ploch pro chování ryb nebo rekreační účely.

B5 Fotovoltaická elektrárna [133]

Fotovoltaická elektrárna je díky propagaci obnovitelných zdrojů v posledních letech jedním z nejpobulárnějších obnovitelných zdrojů elektrické energie. Fotovoltaické panely přímo převádí sluneční energii na elektrickou, kterou je poté možné pomocí měničů konvertovat na potřebné parametry a pouštět do sítě.

Pod pojmem „sluneční elektrárna“ jsou myšleny dva naprosto rozdílné typy. Fotovoltaická elektrárna umožňuje přímo konverzi energie světla ze Slunce na elektrickou energii. Naopak sluneční tepelná elektrárna přeměňuje záření ze Slunce na teplo a to je využito k tvorbě páry s výrobou totožnou, jaká je například u uhelné elektrárny.

Klasická fotovoltaická elektrárna vypadá jako ekologicky šetrné zařízení. Avšak při instalaci na poli nebo louce zabírají velké prostranství zemědělské půdy, která při neobdělávání zarůstá a negraduje. Z pohledu pocitového je fotovoltaická elektrárna prvkem, který silně narušuje krajinný ráz.

Samotná výroba fotovoltaických panelů je velmi technologicky, ekologicky a energeticky náročná. Základem panelu jsou tenké asi 0,5 mm tlusté články z monokrystalického nebo polykrystalického křemíku. Výroba tohoto materiálu je náročná na čistou vodu a energii. Křemík se vyrábí z křemenného písku, nicméně výsledkem je potřeba dosáhnout velmi vysoké čistoty. Dále z křemíku se vyrábí monokrystal, nejčastěji Czochralského metodou tažením. Je to opět proces

náročný jak na energii (musí dojít k roztavení křemíku), tak i na čas (tažení je velmi pomalé). Nakonec se vyrobený monokrystal řeže na plátky pomocí laserů a dochází k vytvoření povrchové struktury a PN přechodu. Jednotlivé články se navzájem propojují stříbrnými pásky. Jako mechanický rám je používán profilovaný hliník. Jeho výroba je energeticky náročná a má velmi negativní vliv na životní prostředí.

Po skončení technického života elektráren použité panely jsou určeny k recyklaci. Panely sice neobsahují žádné toxické látky, avšak s nimi je nutné zacházet jako s toxickým odpadem a jejich recyklaci ponechat profesionálním firmám.

Problémy fotovoltaických panelů jsou prozatím vysoké výrobní náklady, nízká životnost – účinnost článku s časem klesá, závislost na slunci. Hlavním problémem ale je nízká účinnost přeměny světelné energie na světlo, která se pohybuje mezi 10 až 15 %. Prototypové panely dosahují účinnosti až 35 %, nicméně jsou zase vyrobeny z drahých a toxických materiálů na bázi kadmia.

B6 Jaderná elektrárna [134]

Jaderné elektrárny patří mezi moderní a relativně bezpečné elektrické zdroje. Na světě fungují okolo 400 jaderných reaktorů. Převážně jsou využívány tlakovodní systémy a na druhém místě jsou systémy varné.

Klasická jaderná elektrárna funguje podle stejného principu jako elektrárna tepelná, avšak potřebná tepelná energie se vyrábí štěpením štěpného materiálu. V současnosti je jako štěpný materiál používán U^{235} , nicméně prototypově pracují i reaktory schopné štěpit thorium. Zásoby uranu jsou při dnešní spotřebě odhadovány na zhruba 250 let. Elektrárna je svým principem a konstrukcí podobná uhelné. Pro její výstavbu je nezbytný poměrně velký prostor. Rozdíl je především v bezpečnosti provozu. Jaderné elektrárny zpravidla používají oddělené okruhy s teplonosným médiem, kterým je voda a vodní pára. Namísto kotle používá elektrárna reaktorovou nádobu, kde jsou umístěny palivové, regulační a kompenzační tyče, jejichž vhodnou manipulací je možné výkon reaktoru bezpečně řídit. Nevznikají zde žádné emise, nicméně je nutné zabezpečit bezpečné uložení vyhořelého paliva, které je vysoce aktivní a zůstává aktivním po dobu několik desítek tisíc let. Z hlediska ekologické zátěže nepředstavuje jaderný odpad přímé riziko, pouze pokud by došlo k úniku, budou ekologické dopady mimořádné.

Zbylá část energetického okruhu elektrárny je totožná s uhelnou, včetně problematiky odpadního tepla a spotřeby vody. Během manipulace s radioaktivními materiály vzniká nízkoaktivní odpad (oděvy, rukavice, pomůcky, apod.), který je v elektrárně skladován a následně spalován. Spaliny z tohoto procesu jsou filtrovány, monitorovány a vypouštěny do okolí.

Jak již bylo zmíněno, palivem je U^{235} . V reaktorech se používá ve formě tablet oxidu U^{235} v koncentraci od 3 do 5 %, zbytek tvoří oxid U^{238} . Samotná těžba uranu je jednou z nejsložitějších těžeb. Uran se zpravidla těží v hlubinných dolech. Proto je třeba zabezpečit zabránění úniku toxických látek do podzemních vod. Vytěženou rudu je nutné chemicky upravit na diuranát amonný (žlutý koláč), což představuje další výraznou chemickou zátěž. Přírodní uran obsahuje pouze okolo 0,6 % radioizotopu 235, který je potřeba zvýšit až na 5 %. Toto obohacení je energeticky velmi náročným procesem, vyžaduje také znečištění velkého množství vody.

Jaderné elektrárny jsou jednou z mála současných možností, jak vyrábět potřebné množství elektrické energie bez značného negativního vlivu na životní prostředí. Avšak je nutné se počítat s velmi nákladnou výstavbou samotné elektrárny a zátěží při těžbě a zpracování paliva. Dalším rizikem je únik vyhořelého paliva do životního prostředí, zneužití jaderných komponentů nebo vzniku jaderných nehod.

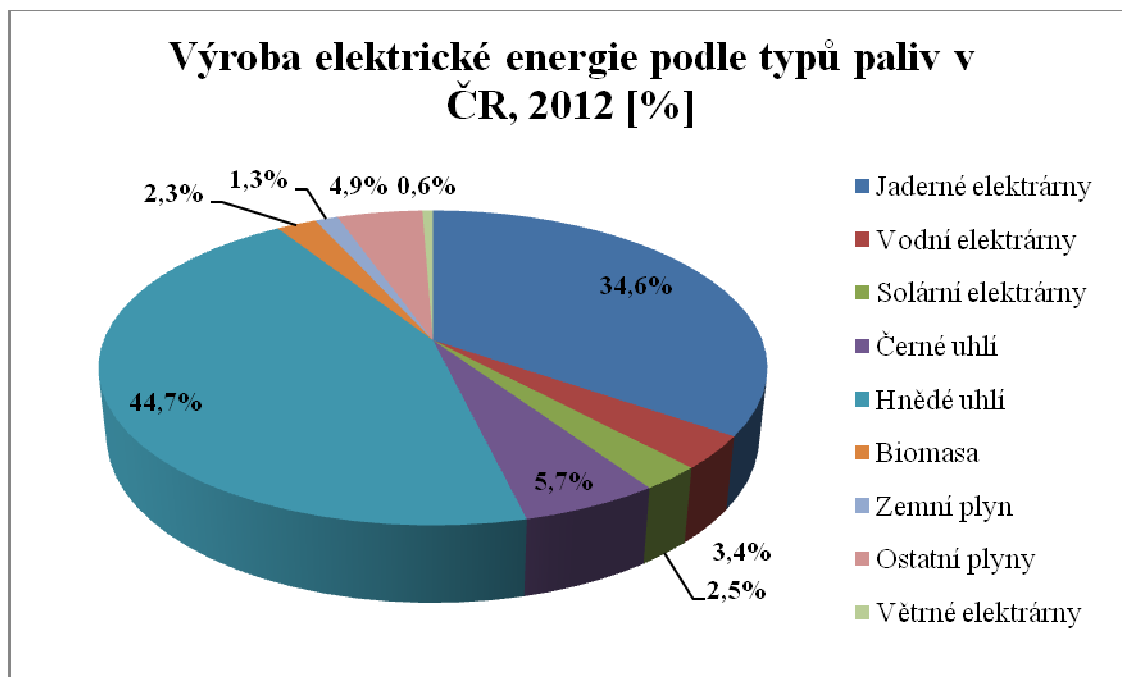
B7 Geotermální elektrárna [135]

Geotermální elektrárna je elektrárna, která využívá k výrobě elektrické energie tepelnou energii zemského jádra, jež vzniká rozpadem radioaktivních látek a vlivem slapových sil. Příkladem projevu této energie může být například gejzír nebo horké prameny. Tento druh elektráren se používá pouze v geotermálně aktivních oblastech, například na Islandu nebo Novém Zélandu.

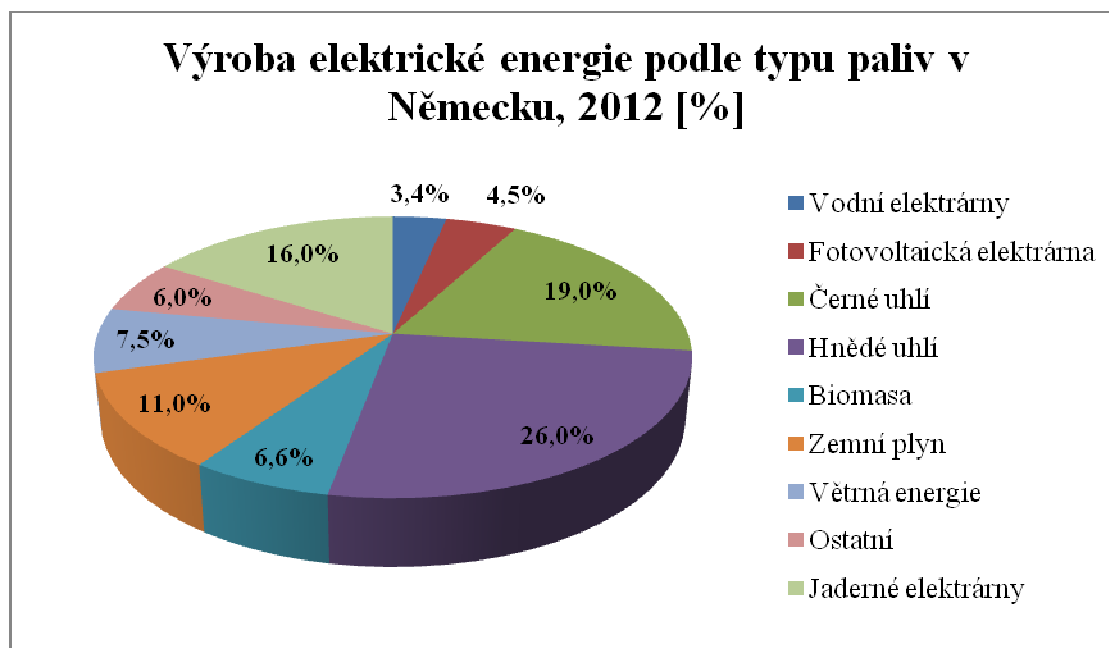
Princip fungování elektrárny spočívá v čerpání chladné vody pomocí trubek do hloubky několika stovek metrů, kde se ohřeje teplem jádra planety Země. V současné době existují tři druhy geotermálních elektráren. První je na suchou páru, využívá pouze vřelé páry o teplotě nad 235 °C, která otáčí turbínami generátoru. Druhý je na mokrou páru a využívá vřelou vodu o teplotě nad 182 °C a zvýšeném tlaku. Turbíny pohání pára, vznikla čerpáním vody z geotermálních rezervoárů na povrch. Poslední druh využívá vody o teplotě nižší než u dvou předešlých druhů. Při použití tohoto druhu zahřívá vřelá voda tekutinu s výrazně nižším bodem varu, ta se mění v páru a pohání turbíny generátoru.

Geotermální elektrárny patří mezi elektrárny využívající k výrobě elektrické energie obnovitelný zdroj energie. Jejich výkon je poměrně stabilní. Tento druh výroby je poměrně ekologický, avšak i tady, stejně jako u výše popsaných elektráren, je třeba se počítat se zátěží, způsobenou výrobou a likvidací potřebného zařízení.

PŘÍLOHA C
SKLADBY ENERGETICKÝCH ZDROJŮ NĚKTERÝCH ZEMÍ

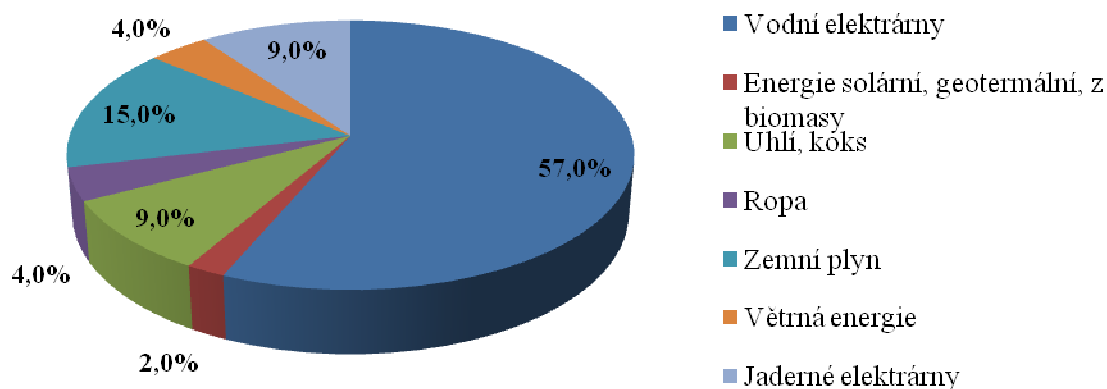


Obr. C1 - Výroba elektrické energie podle typu paliv v ČR, 2012 [%] [136]



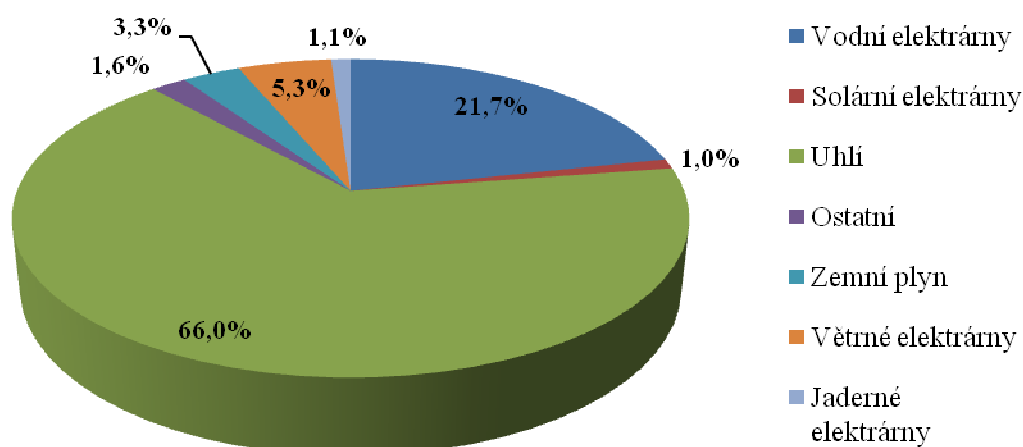
Obr. C2 - Výroba elektrické energie podle typu paliv v Německu, 2012, [%] [137]

Výroba elektrické energie podle typu paliv v Kanadě, 2012 [%]

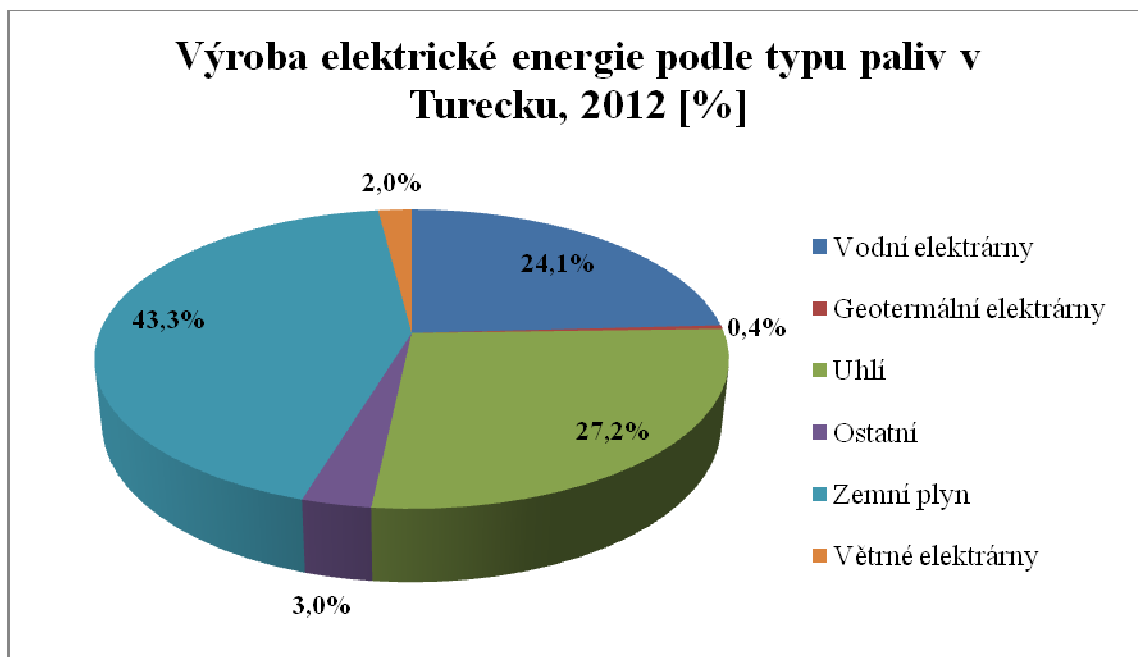


Obr. C3 - Výroba elektrické energie podle typu paliv v Kanadě, 2012, [%] [138]

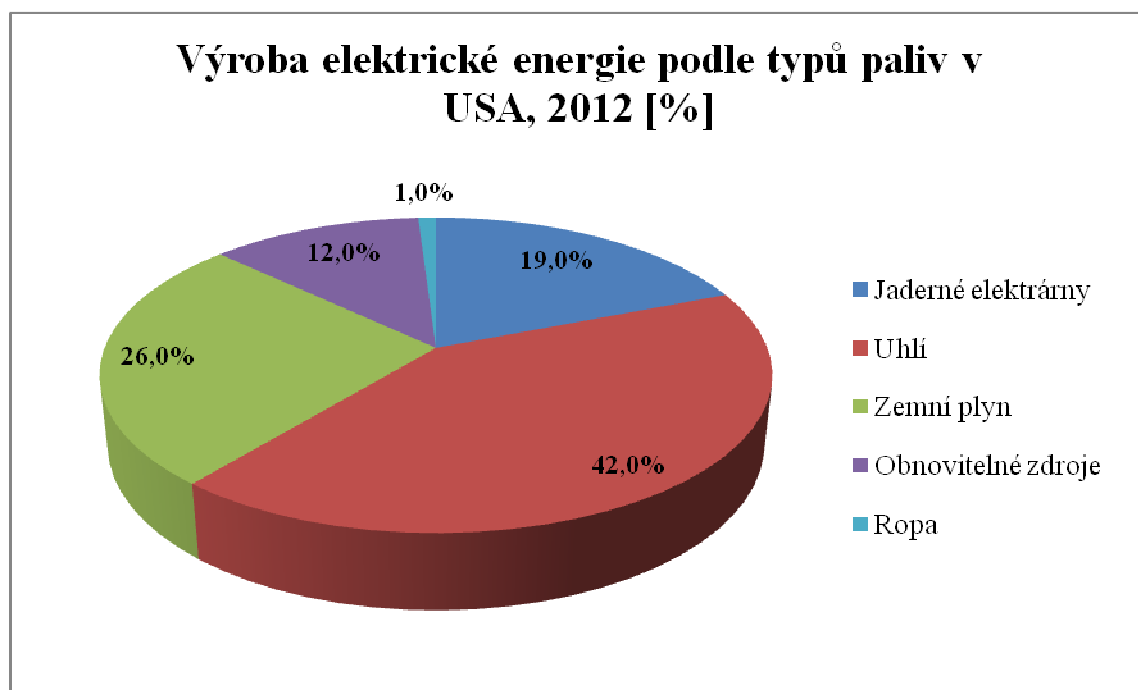
Výroba elektrické energie podle typu paliv v Číně, 2012 [%]



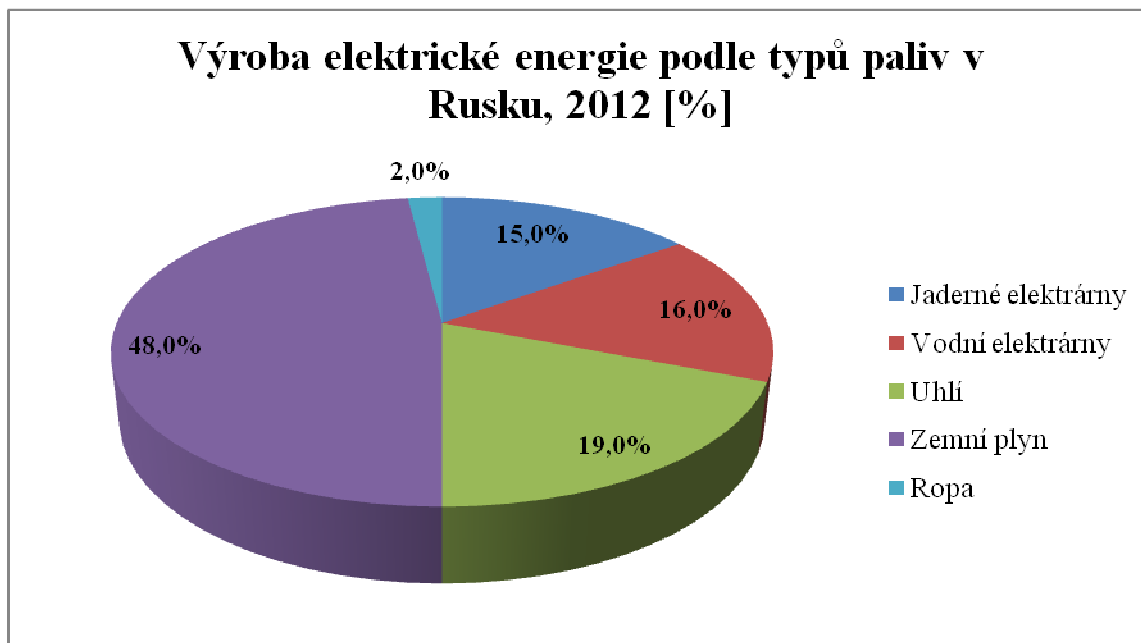
Obr. C4 - Výroba elektrické energie podle typu paliv v Číně, 2012, [%] [139]



Obr. C5 - Výroba elektrické energie podle typu paliv v Turecku, 2012, [%] [140]



Obr. C6 - Výroba elektrické energie podle typu paliv v USA, 2012, [%] [141]



Obr. C7 - Výroba elektrické energie podle typu paliv v Rusku, 2012, [%] [142]

PŘÍLOHA D

VÝPOČET MNOŽSTVÍ PALIVA POTŘEBNÉHO PRO VÝROBU 1 MWh ELEKTRICKÉ ENERGIE

Vztah pro převod joule na watt:

$$J = W \cdot s \Rightarrow$$

$$h = 3600 \cdot s \Rightarrow$$

$$3600 \cdot J = W \cdot 3600 \cdot s \Rightarrow$$

$$3600 \cdot J = W \cdot h / \cdot 1000 \Rightarrow$$

$$1000 \cdot 3600 \cdot J = kW \cdot h \Rightarrow$$

$$\mathbf{3,6 MJ = kWh (1)}$$

D1 Černé uhlí

Výhřevnost: 21 – 31 MJ/kg (zvoleno 26 MJ/kg).

Pomocí vztahu (1) se převádí výhřevnost z MJ/kg na MWh/t $\Rightarrow 26/3,6 = 7,22 \text{ kWh/kg} = 7220 \text{ kWh/t} = 7,22 \text{ MWh/t}$.

Maximální účinnost tepelné elektrárny na spalování uhlí je 45 % (reálná hodnota se pohybuje mezi 35 až 40 %, zvolena hodnota 40 %) $\Rightarrow (7,22 \cdot 40)/100 = \mathbf{2,88 \text{ MWh (množství elektrické energie vyrobené spalováním 1 tuny černých uhlí)}$.

$\Rightarrow 1/2,88 = \mathbf{0,35 \text{ t (množství černých uhlí potřebné pro výrobu 1 MWh elektrické energie)}$.

D2 Hnědé uhlí

Výhřevnost: 10 – 17 MJ/kg (zvolena hodnota 13 MJ/kg)

Pomocí vztahu (1) se převádí výhřevnost z MJ/kg na MWh/t $\Rightarrow 13/3,6 = 3,61 \text{ kWh/kg} = 3610 \text{ kWh/t} = 3,61 \text{ MWh/t}$.

Maximální účinnost tepelné elektrárny na spalování uhlí je 45 % (reálná hodnota se pohybuje mezi 35 až 40 %, zvolena hodnota 40 %) $\Rightarrow (3,61 \cdot 40)/100 = \mathbf{1,44 \text{ MWh (množství elektrické energie vyrobené spalováním 1 tuny hnědých uhlí)}$.

$\Rightarrow 1/1,44 = \mathbf{0,69 \text{ t (množství hnědých uhlí potřebné pro výrobu 1 MWh elektrické energie)}$.

D3 Zemní plyn (v plynné podobě)

Výhřevnost: 16 – 34 MJ/m³ (zvolena hodnota 25 MJ/m³).

Pomocí vztahu (1) se převádí výhřevnost z MJ/m³ na MWh/1000 m³ $\Rightarrow 25/3,6 = 6,94 \text{ kWh/m}^3 = 6,94 \text{ MWh/1000 m}^3$.

- přímé spalování

Účinnost tepelné elektrárny na spalování zemního plynu je kolem 40 % (zvoleno 40 %) $\Rightarrow (6,94 \cdot 40)/100 = \mathbf{2,78 \text{ MWh (množství elektrické energie vyrobené přímým spalováním 1000 m}^3 \text{ zemního plynu)}$.

$\Rightarrow 1/2,78 = \mathbf{0,36 \cdot 1000 \text{ m}^3 \text{ (množství zemního plynu potřebné pro výrobu 1 MWh elektrické energie)}$.

- spalování v paroplynové turbíně

Účinnost tepelné elektrárny na spalování zemního plynu se pohybuje v rozmezí od 52 do 60 % (zvoleno 56 %) $\Rightarrow (6,94 \cdot 56)/100 = \mathbf{3,89 \text{ MWh (množství elektrické energie vyrobené spalováním 1000 m}^3 \text{ zemního plynu)}$.

$\Rightarrow 1/3,89 = 0,26 \cdot 1000 \text{ m}^3$ (*množství zemního plynu potřebné pro výrobu 1 MWh elektrické energie*).

D4 Ropa

Výhřevnost: 40 – 45 MJ/kg (zvoleno 43 MJ/kg).

Pomocí vztahu (1) se převádí výhřevnost z MJ/kg na MWh/t $\Rightarrow 43/3,6 = 11,94 \text{ kWh/kg} = 11940 \text{ kWh/t} = 11,94 \text{ MWh/t}$.

Účinnost tepelné elektrárny na spalování ropy je 30 až 45 % (zvoleno 38 %) $\Rightarrow (11,94 \cdot 38)/100 = 4,54 \text{ MWh}$ (*množství elektrické energie vyrobené spalováním 1 tuny ropy*).

$\Rightarrow 1/4,54 = 0,22 \text{ t}$ (*množství ropy potřebné pro výrobu 1 MWh elektrické energie*).

D5 Biomasa

Výhřevnost: 15 – 19 MJ/kg (zvoleno 17 MJ/kg).

Pomocí vztahu (1) se převádí výhřevnost z MJ/kg na MWh/t $\Rightarrow 17/3,6 = 4,72 \text{ kWh/kg} = 4720 \text{ kWh/t} = 4,72 \text{ MWh/t}$.

Účinnost tepelné elektrárny na spalování biomasy je 30 až 40 % (zvoleno 35 %) $\Rightarrow (4,72 \cdot 35)/100 = 1,65 \text{ MWh}$ (*množství elektrické energie vyrobené spalováním 1 tuny biomasy*).

$\Rightarrow 1/1,65 = 0,60 \text{ t}$ (*množství biomasy potřebné pro výrobu 1 MWh elektrické energie*).

D6 Koks

Výhřevnost: 27 – 30 MJ/kg (zvoleno 28 MJ/kg).

Pomocí vztahu (1) se převádí výhřevnost z MJ/kg na MWh/t $\Rightarrow 28/3,6 = 7,77 \text{ kWh/kg} = 7770 \text{ kWh/t} = 7,77 \text{ MWh/t}$.

Účinnost tepelné elektrárny na spalování koksu je 30 až 40 % (zvoleno 35 %) $\Rightarrow (7,77 \cdot 35)/100 = 2,75 \text{ MWh}$ (*množství elektrické energie vyrobené spalováním 1 tuny koksu*).

$\Rightarrow 1/2,75 = 0,36 \text{ t}$ (*množství koksu potřebné pro výrobu 1 MWh elektrické energie*).

PŘÍLOHA E

VÝPOČET EMISÍ OXIDU UHLÍČITÉHO VYPRODUKOVANÝCH NA 1 MWh ELEKTRICKÉ ENERGIE

E1 Černé uhlí

Spalování 1 tuny černého uhlí produkuje 2,25 t CO₂ [143].

Množství černého uhlí potřebné pro výrobu 1 MWh elektrické energie – 0,35 t => $(2,25 \cdot 0,35) / 1 = 0,79 \text{ t}$ (*množství CO₂ vyprodukované při výrobě 1 MWh elektrické energie spalováním černého uhlí*).

E2 Hnědé uhlí

Spalování 1 tuny černého uhlí produkuje 1,34 t CO₂ [143].

Množství hnědého uhlí potřebné pro výrobu 1 MWh elektrické energie – 0,69 t => $(1,34 \cdot 0,69) / 1 = 0,92 \text{ t}$ (*množství CO₂ vyprodukované při výrobě 1 MWh elektrické energie spalováním hnědého uhlí*).

E3 Zemní plyn

Spalování 1000 m³ zemního plynu produkuje 1,98 t CO₂ [143].

- přímé spalování

Množství zemního plynu potřebné pro výrobu 1 MWh elektrické energie – 359,7 m³ => $(1,98 \cdot 359,7) / 1000 = 0,71 \text{ t}$ (*množství CO₂ vyprodukované při výrobě 1 MWh elektrické energie přímým spalováním zemního plynu*).

- spalování v paroplynové turbíně

Množství zemního plynu potřebné pro výrobu 1 MWh elektrické energie – 257,1 m³ => $(1,98 \cdot 257,1) / 1000 = 0,51 \text{ t}$ (*množství CO₂ vyprodukované při výrobě 1 MWh elektrické energie spalováním zemního plynu v paroplynové turbíně*).

E4 Ropa

Spalování 1 tuny ropy produkuje 3,15 t CO₂ [144].

Množství ropy potřebné pro výrobu 1 MWh elektrické energie – 0,22 t => $(3,15 \cdot 0,22) / 1 = 0,69 \text{ t}$ (*množství CO₂ vyprodukované při výrobě 1 MWh elektrické energie spalováním ropy*).

E5 Biomasa

Teoretická měrná emise CO₂ při spalování biomasy je 98,4 g/MJ [145].

Pomocí vztahu (1) se převede MJ na kWh => $98,4 \cdot 3,6 = 354,2 \text{ g CO}_2/\text{kWh} = 354,2 \text{ kg CO}_2/\text{MWh} = 0,35 \text{ t CO}_2/\text{MWh}$.

Účinnost tepelné elektrárny na spalování biomasy je 30 až 40 % (zvoleno 35 %) => $(0,35 \cdot 100) / 35 = 1,0 \text{ t}$ (*množství CO₂ vyprodukované při výrobě 1 MWh elektrické energie spalováním biomasy*).

Množství biomasy potřebné pro výrobu 1 MWh elektrické energie je 0,6 t. Množství CO₂ vyprodukované při výrobě 1 MWh elektrické spalováním biomasy je 1,0 t => $1 / 0,6 = 1,67 \text{ t}$ (*množství CO₂ vyprodukované spalováním 1 t biomasy*).

E6 Koks

Teoretická měrná emise CO₂ při spalování koksu je 106 až 108 kg CO₂/GJ [145].

Pomocí vztahu (1) se převedou emise CO₂/MWh => (3,6·107)/1 = **0,38 t (množství CO₂ vyprodukované spalováním 1 t koksu)**.

Množství koksu potřebné pro výrobu 1 MWh elektrické energie je 0,36 t => (1·0,38)/0,36 = **1,05 t (množství CO₂ vyprodukované spalováním 1t koksu)**.

Pomocí získaných údajů a obrázků C1 až C7 byly vypočítány emise jednotlivých států na 1 MWh a emise na výrobu 1 t oceli, litiny a polymerbetonu.

Tab. E6-1 – Emise CO₂ při zohlednění skladby zdrojů elektrické energie pro ČR

Zdroje energie	Celkem, GWh	%	GWh	MWh	t CO ₂ /1 MWh	t CO ₂ , 2012
Černé uhlí	87573	5,7	4991,661	4991661	0,79	3943412,19
Hnědé uhlí	87573	44,7	39145,13	39145131	0,92	36013520,52
Biomasa	87573	2,3	2014,179	2014179	1	2014179
Zemní plyn	87573	1,3	1138,449	1138449	0,61	694453,89
Ostatní plyny	87573	4,9	4291,077	4291077	0	0
Větrná energie	87573	0,6	525,438	525438	0	0
Jaderná energie	87573	34,6	30300,26	30300258	0	0
Vodní energie	87573	3,4	2977,482	2977482	0	0
Solární energie	87573	2,5	2189,325	2189325	0	0
Celkem		100		87573000		42665565,6
t CO₂/MWh	t CO₂/t oceli		t CO₂/t litiny		t CO₂/t polymerbetonu	
0,49	2,99		3,79		1,09	

Tab. E6-2 – Emise CO₂ při zohlednění skladby zdrojů elektrické energie pro Německo

Zdroje energie	Celkem, GWh	%	GWh	MWh	t CO ₂ /1 MWh	t CO ₂ , 2012
Černé uhlí	617600	19	117344	117344000	0,79	92701760
Hnědé uhlí	617600	26	160576	160576000	0,92	147729920
Biomasa	617600	6,6	40761,6	40761600	1	40761600
Zemní plyn	617600	11	67936	67936000	0,61	41440960
Větrná energie	617600	7,5	46320	46320000	0	0
Jaderná energie	617600	16	98816	98816000	0	0
Vodní energie	617600	3,4	20998,4	20998400	0	0
Solární energie	617600	4,5	27792	27792000	0	0
Ostatní	617600	6	37056	37056000	0	
Celkem		100		617600000		322634240
t CO₂/MWh	t CO₂/t oceli		t CO₂/t litiny		t CO₂/t polymerbetonu	
0,52	3,20		4,06		1,16	

Tab. E6-3 – Emise CO₂ při zohlednění skladby zdrojů elektrické energie pro Kanadu

Zdroje energie	Celkem, GWh	%	GWh	MWh	t CO ₂ /1 MWh	t CO ₂ , 2012
Uhlí, koks	610200	9	54918	54918000	0,7	38442600
Ropa	610200	4	24408	24408000	0,69	16841520

Solární a geotermální energie, biomasa	610200	2	12204	12204000	1	12204000
Zemní plyn	610200	15	91530	91530000	0,61	55833300
Větrná energie	610200	4	24408	24408000	0	0
Jaderná energie	610200	9	54918	54918000	0	0
Vodní energie	610200	57	347814	347814000	0	0
Celkem		100		610200000		123321420
t CO ₂ /MWh	t CO ₂ , ocel		t CO ₂ /t litiny		t CO ₂ /t polymerbetonu	
0,20	1,24		1,57		0,45	

Tab. E6-4 – Emise CO₂ při zohlednění skladby zdrojů elektrické energie pro Čínu

Zdroje energie	Celkem, GWh	%	GWh	MWh	t CO ₂ /1 MWh	t CO ₂ , 2012
Uhlí	4937000	66	3258420	3,26·10 ⁹	0,855	2785949100
Zemní plyn	4937000	3,3	162921	162921000	0,61	99381810
Větrná energie	4937000	5,3	261661	261661000	0	0
Jaderná energie	4937000	1,1	54307	54307000	0	0
Vodní energie	4937000	21,7	1071329	1,07·10 ⁹	0	0
Solární energie	4937000	1	49370	49370000	0	0
Ostatní	4937000	1,6	78992	78992000	0	0
Celkem		100		4,94·10⁹		2885330910
t CO ₂ /MWh	t CO ₂ , ocel		t CO ₂ /t litiny		t CO ₂ /t polymerbetonu	
0,58	3,59		4,55		1,30	

Tab. E6-5 - Emise CO₂ při zohlednění skladby zdrojů elektrické energie pro Turecko

Zdroje energie	Celkem, GWh	%	GWh	MWh	t CO ₂ /1 MWh	t CO ₂ , 2012
Uhlí	617600	27,2	167987,2	167987200	0,855	143629056
Zemní plyn	617600	43,3	267420,8	267420800	0,61	163126688
Větrná energie	617600	2	12352	12352000	0	0
Vodní energie	617600	24,1	148841,6	148841600	0	0
Geotermální energie	617600	0,4	2470,4	2470400	0	0
Ostatní	617600	3	18528	18528000	0	0
Celkem		100		617600000		306755744
t CO ₂ /MWh	t CO ₂ , ocel		t CO ₂ /t litiny		t CO ₂ /t polymerbetonu	
0,50	3,05		3,86		1,11	

Tab. E6-6 - Emise CO₂ při zohlednění skladby zdrojů elektrické energie pro USA

Zdroje energie	Celkem, GWh	%	GWh	MWh	t CO ₂ /1 MWh	t CO ₂ , 2012
Uhlí	4256100	42	1787562	1,79·10 ⁹	0,855	1528365510
Ropa	4256100	1	42561	42561000	0,69	29367090
Solární a geotermální energie, biomasa	4256100	1	42561	42561000	1	42561000

Zemní plyn	4256100	26	1106586	$1,11 \cdot 10^9$	0,61	675017460
Větrná energie	4256100	3	127683	127683000	0	0
Jaderná energie	4256100	19	808659	808659000	0	0
Vodní energie	4256100	8	340488	340488000	0	0
Celkem		100		$4,26 \cdot 10^9$		2275311060
t CO₂/MWh	t CO₂, ocel		t CO₂/t litiny		t CO₂/t polymerbetonu	
0,54	3,28		4,16		1,19	

Tab. E6-7 – Emise CO₂ při zohlednění skladby zdrojů elektrické energie pro Rusko

Zdroje energie	Celkem, GWh	%	GWh	MWh	t CO₂/1 MWh	t CO₂, 2012
Uhlí	1066400	19	202616	202616000	0,855	173236680
Ropa	1066400	2	21328	21328000	0,69	14716320
Zemní plyn	1066400	48	511872	511872000	0,61	312241920
Jaderná energie	1066400	15	159960	159960000	0	0
Vodní energie	1066400	16	170624	170624000	0	0
Celkem		100		$1,07 \cdot 10^9$		500194920
t CO₂/MWh	t CO₂, ocel		t CO₂/t litiny		t CO₂/t polymerbetonu	
0,47	2,88		3,65		1,05	

PŘÍLOHA F

EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ VYPRODUKOVANÝCH VÝROBOU MATERIÁLŮ POUŽITÝCH V KONSTRUKCI STROJE

Země výroby materiálů	Výsledné emise skleníkových plynů (kg)			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC, HCFC
Česká republika	52740,61	20,50	0,30	0,0033
Německo	50510,2	22,06	0,26	0,0033
Ruská Federace	51195,98	44,69	0,25	0,0033
Čína	54262,20	20,85	0,32	0,0033
USA	51800,38	26,80	0,28	0,0033
Kanada	49874,48	22,10	0,26	0,0033
Turecko	51723,16	54,38	0,26	0,0033