

VĚDECKÉ SPISY VYSOKÉHO UČENÍ TECHNICKÉHO V BRNĚ

Edice PhD Thesis, sv. 819

ISSN 1213-4198

thesis
?
IS

Ing. Maria Krbalová

**Posuzování vlivu na životní prostředí
při konstrukci výrobních strojů
z pohledu emise
vybraných skleníkových plynů**



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

**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**

ZKRÁCENÁ VERZE PH.D.THESIS

OBOR	Konstrukční a procesní inženýrství
AUTOR PRÁCE	Ing. Maria Krbalová
VEDOUČÍ PRÁCE	doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
OPONENTI	prof. Ing. Hana Pačaiová, Ph.D. prof. Ing. Peter Demeč, CSc.
DATUM OBHAJOBY	30. září 2016

Brno 2016

Klíčová slova:

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

Keywords:

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

Místo uložení práce:

Areálová knihovna Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně
Technická 2896/2, 616 96 Brno

OBSAH

1 ÚVOD	5
2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	5
2.1 SHRnutí STAVU VĚDY A TECHNIKY	6
3 CÍLE DIZERTÁČNÍ PRÁCE	7
4 ZVOLENÉ METODY ŘEŠENÍ DISERTAČNÍ PRÁCE	8
4.1 LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)	8
4.2 ENVIRONMENTÁLNÍ PROHLÁŠENÍ O PRODUKTU (EPD)	8
4.3 SYSTEMOVÝ PŘÍSTUP	8
5 VÝROBNÍ STROJ JAKO SYSTÉM	9
6 ANALÝZA ŽIVOTNÍHO CYKLU VÝROBNÍHO STROJE	9
6.1 ŽIVOTNÍ CYKLUS VÝROBNÍHO STROJE	9
6.2 VLIV KONSTRUKČNÍHO PROCESU NA EKOLOGICKÝ DOPAD VÝROBNÍHO STROJE	9
7 ANALÝZA VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE	11
8 HODNOCENÍ VLIVU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	11
8.1 METODICKÝ POSTUP STANOVENÍ EMISÍ SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ	11
8.2 KONSTRUKČNÍ MATERIÁLY VE STAVBĚ STROJŮ	15
8.3 VÝSLEDNÉ EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ	15
9 ZÁVĚR	17
10 POUŽITÁ LITERATURA	20

1 ÚVOD

V dnešní době probíhají stále intenzivnější diskuse odborné veřejnosti zaměřené na problematiku globálního oteplování a snižování následků klimatických změn. Aktivity věnované změně klimatu se konají pravidelně již od roku 1985, kdy byla pod záštitou OSN přijatá 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

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. 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.

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

2.1 SHRNUÍ 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 [5]. 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) [6]. 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 [7]:

- 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 zmírňující 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 aspektu s jinými (např. technickými či ekonomickými) [8].

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 [9].

Mezi oblasti 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 cíle VaVaI [9]:

- **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 nejoptimálnějšího 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 nejoptimálnější 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 metodu 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. 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 [10].

4.2 ENVIRONMENTÁLNÍ PROHLÁŠENÍ O PRODUKTU (EPD)

Environmentální prohlášení o produktu 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) [12].

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.

4.3 SYSTÉMOVÝ 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.

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. Systémový přístup je možné aplikovat i na hodnocení životního cyklu výrobků [13].

5 VÝROBNÍ STROJ JAKO SYSTÉM

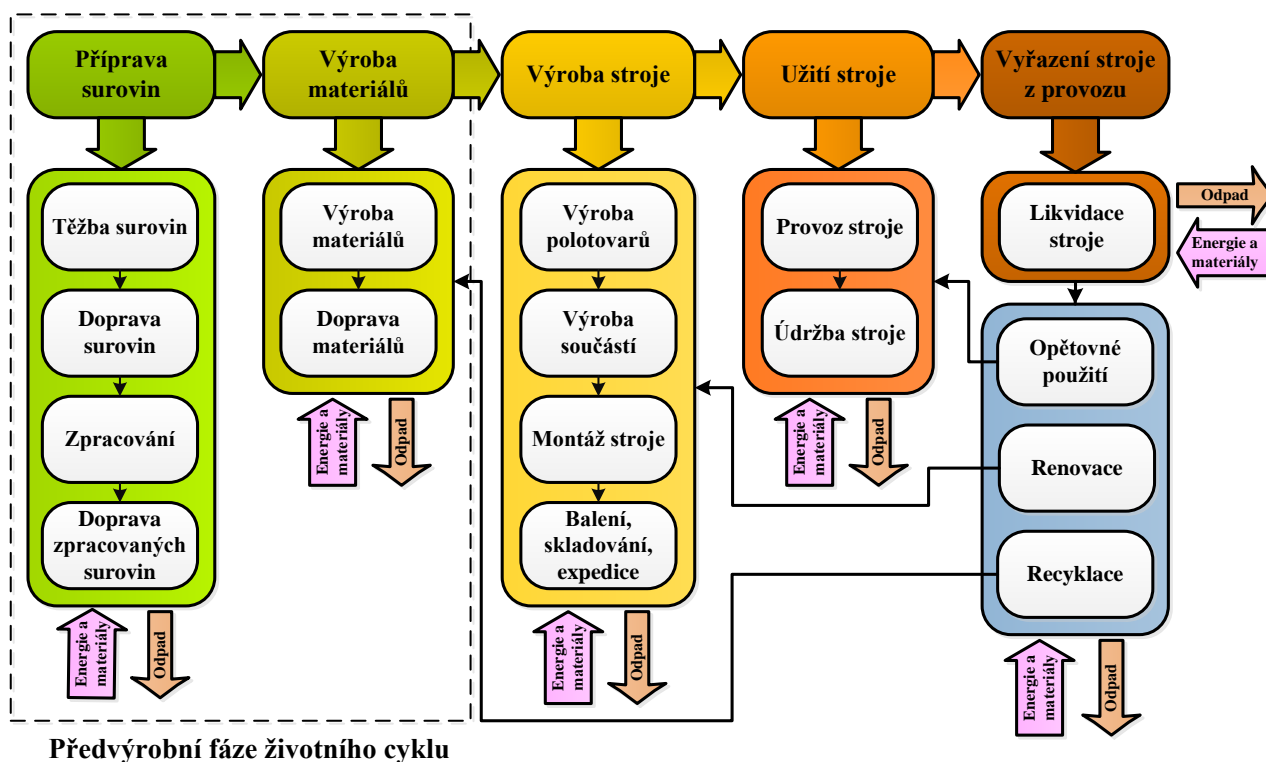
V této kapitole je stroj popsán jako soustava jednodušších prvků. Jsou představeny základní možnosti jeho dělení. Jednou z možností dělení je dělení konstrukčními uzly. Každý konstrukční uzel je vyroben z určitého materiálu, který určuje vlastnosti uzlu a celého stroje. Použitý materiál také značně ovlivňuje ekologický profil 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.

6 ANALÝZA ŽIVOTNÍHO CYKLU VÝROBNÍHO STROJE

6.1 ŽIVOTNÍ CYKLUS VÝROBNÍHO STROJE

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 1 je představen životní cyklus výrobního stroje.



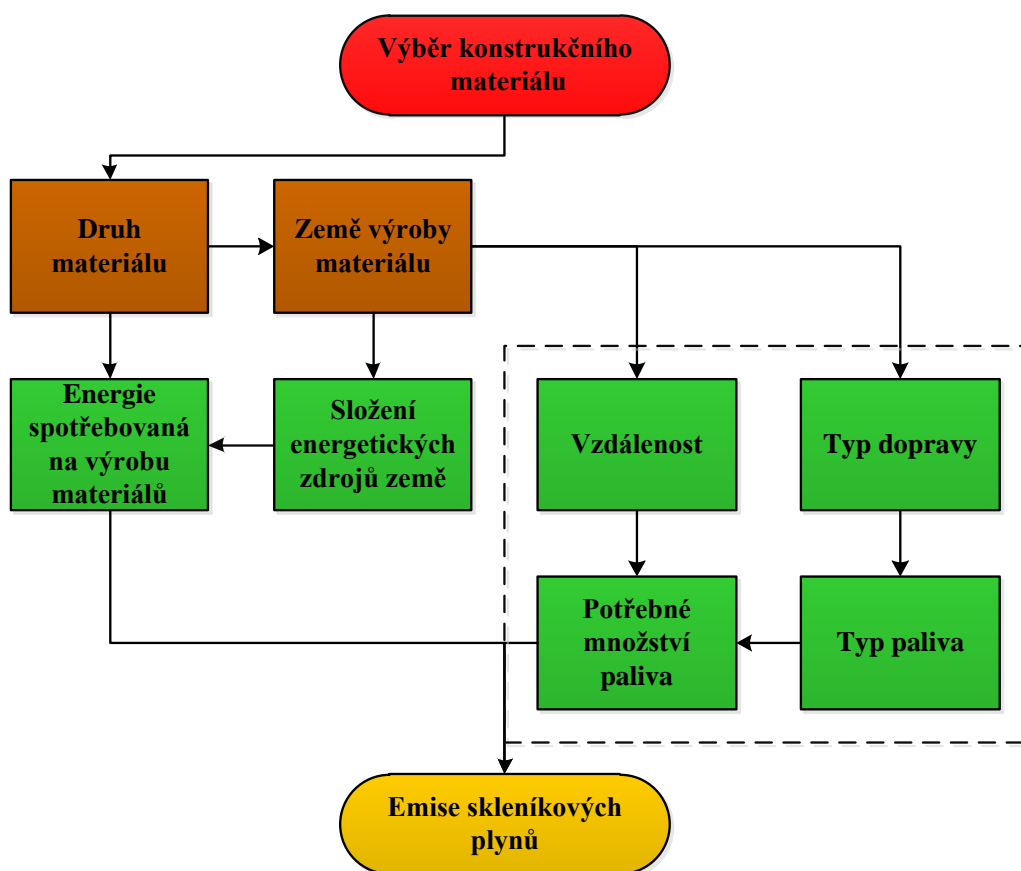
Obr. 1 – Životní cyklus výrobního stroje

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.

Během první fáze konstrukčního procesu probíhá především 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, jenž 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 obrázku 2 je znázorněno schéma vlivu volby konstrukčního materiálu na životní prostředí.



Obr. 2 – 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. Vyroběný 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.

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.

7 ANALÝZA VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE

Elektrická energie je nezbytná téměř pro každou výrobní operaci a je tak i významným zdrojem znečištění životního prostředí v podobě emisí nežádoucích látek. V této kapitole byl proveden popis základních energetických zdrojů a zařízení na výrobu elektrické energie (elektráren). Také byl v kapitole provedeno hodnocení vlivu na životní prostředí použití zdrojů elektrické energie a procesu výroby elektrické energie pomocí základních druhů elektráren.

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.

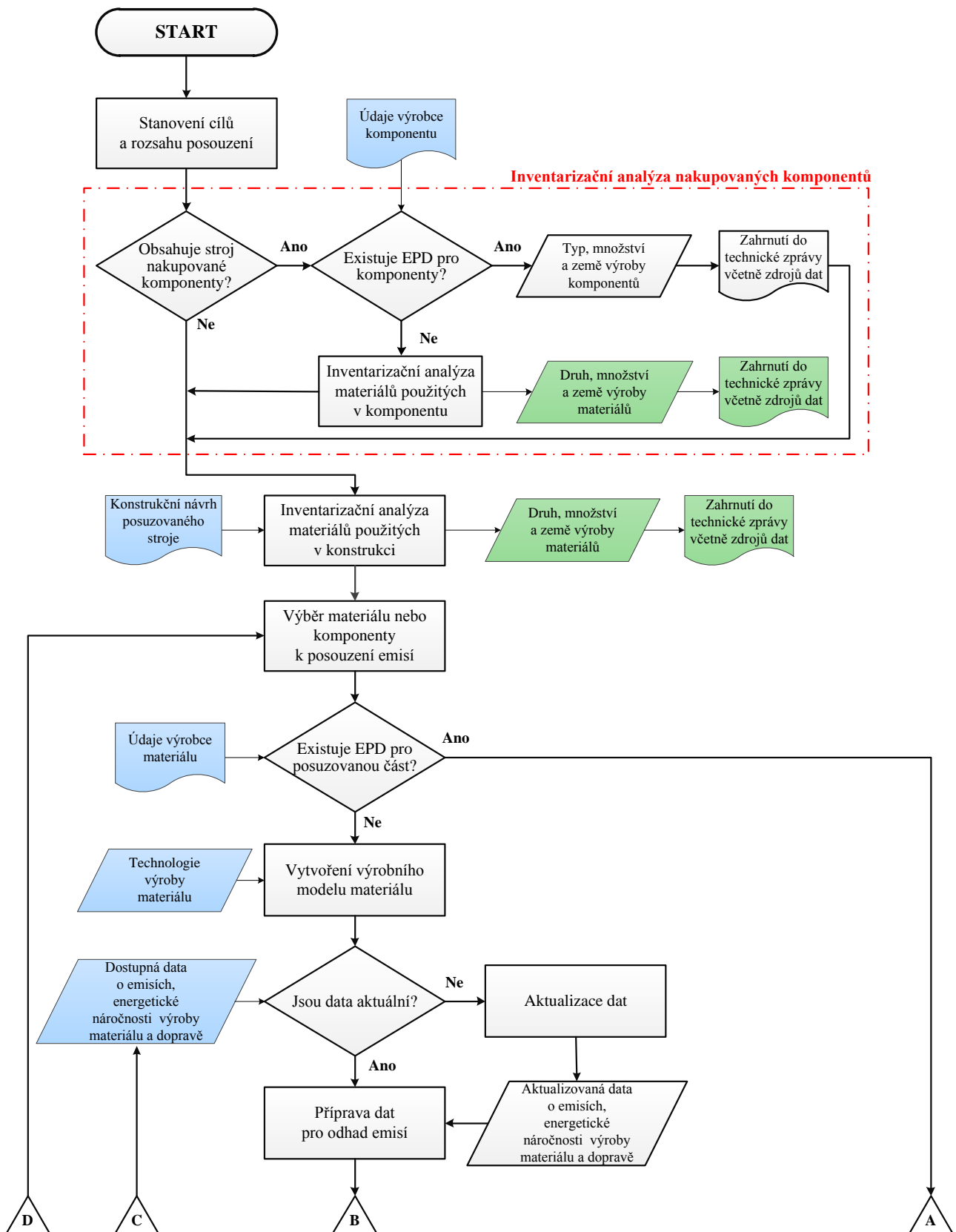
Po vytvoření výrobního modelu a přípravy potřebných údajů se provádí hodnocení emisí skleníkových plynů spojených s výrobním modelem materiálu. Některé zdroje dat již obsahují hodnoty skleníkových plynů emitovaných během výroby materiálů. V tomto případě se údaje o emisích zaznamenají do technické zprávy. 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.

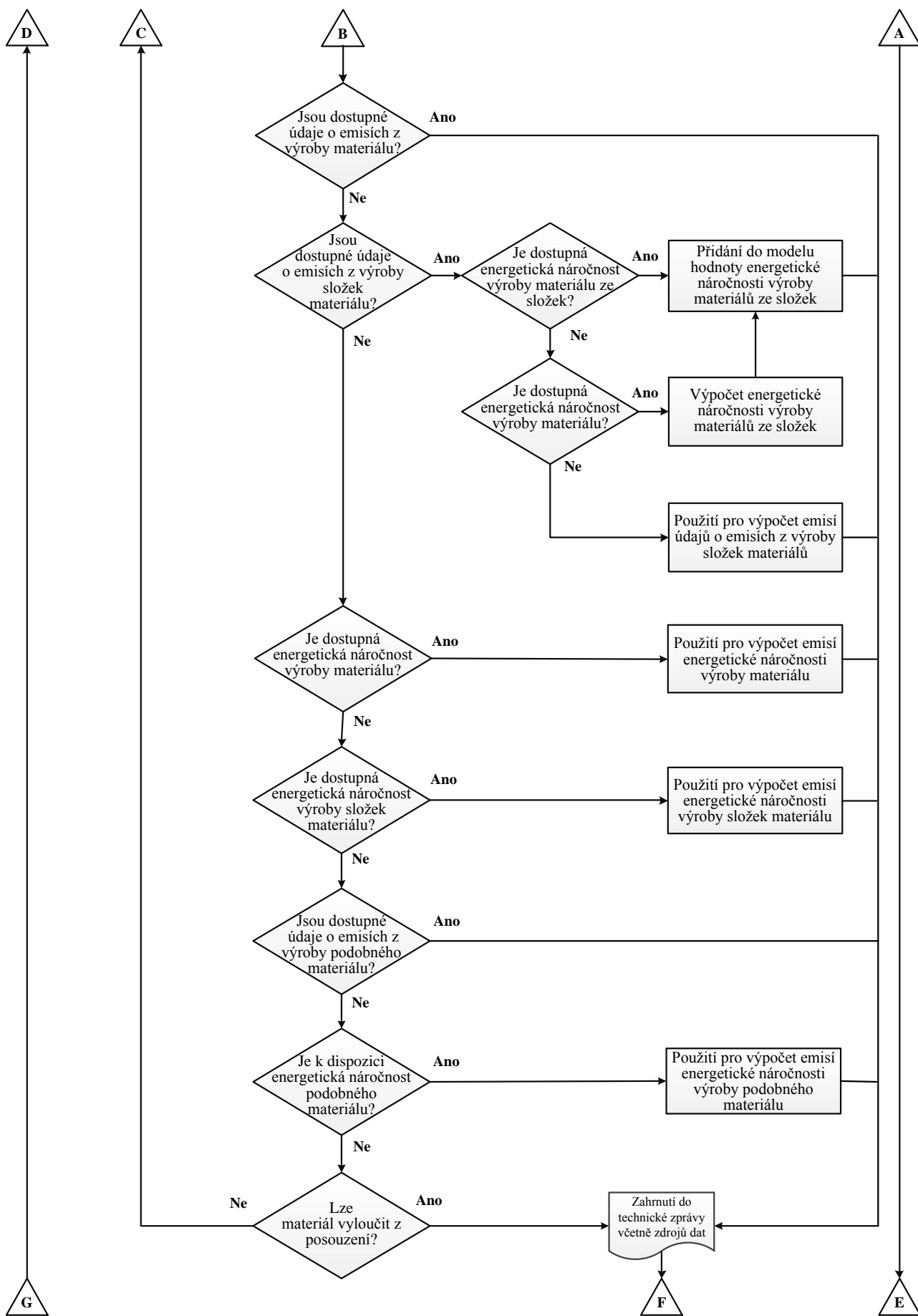
Poslední možností hodnocení emisí skleníkových plynů vyprodukovaných během výroby materiálu je jejich náhrada hodnotou emisí vyprodukovaných výrobou podobného materiálu nebo energetickou náročností jeho výroby. V případě, že není možné pro posuzovaný materiál stanovit emise skleníkových plynů žádným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

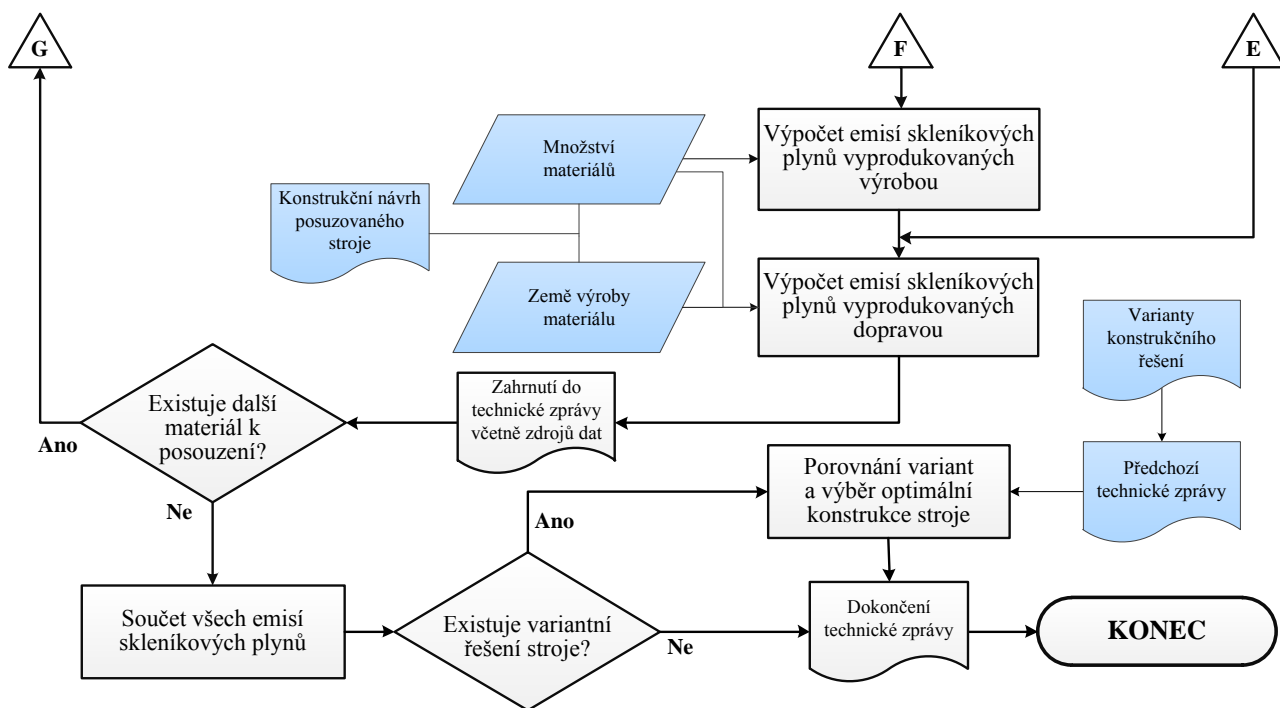
Schéma výše popsaného metodického postupu stanovení odhadu emisí skleníkových plynů spojených s konstrukcí stroje je uvedeno na obrázku 3.



Obr. 3 – Metodický postup odhadu emisí skleníkových plynů



Obr. 3 (pokračování) – Metodický postup odhadu emisí skleníkových plynů



Obr. 3 (pokračování) – Metodický postup odhadu emisí skleníkových plynů

8.2 KONSTRUKČNÍ MATERIÁLY VE STAVBĚ STROJŮ

Na základě vytvořeného metodického postupu a dostupných zdrojů dat byly vytvořeny výrobní modely strojirenských materiálů. Seznam posuzovaných materiálů je stanoven na základě inventarizační analýzy studie životního cyklu obráběcího stroje [14], která je výstupem z projektu FR-TI3/655 „Ecodesign ve stavbě obráběcích strojů“ [10].

Výstupem z hodnocení vytvořených výrobních modelů jsou hodnoty emisí oxidu uhličitého, metanu, oxidu dusného a fluorovaných uhlovodíků (CFC, HCFC, HFC).

8.3 VÝLEDNÉ EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ

Za použití vytvořených výrobních modelů a dostupných zdrojů dat byly získané hodnoty emisí skleníkových plynů, emitovaných během výroby strojirenských materiálů ve vybraných zemích. Za použití zdrojů dat byly také stanoveny emise skleníkových plynů, vyprodukovaných během dopravy materiálů silnicí, lodí a železnicí.

Na základě zjištěných hodnot emisí skleníkových plynů byl vytvořen jednoduchý nástroj umožňující odhad emisí skleníkových plynů, emitovaných při výrobě základních strojirenských materiálů. Vytvořený nástroj také umožňuje hodnocení emisí skleníkových plynů vyprodukovaných během dopravy materiálů různými dopravními prostředky. Uživatelské rozhraní nástroje je uvedeno na obrázcích 4 a 5.

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-butadien 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. 4 – 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. 5 - Uživatelské rozhraní nástroje pro odhad emisí skleníkových plynů spojených s dopravou materiálů

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 vztahených 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:
 - nedostatek dat o zátěži životního prostředí způsobené výrobou strojírenských materiálů,
 - 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:
 - analýza současných technologií výroby komponentů výrobního stroje,
 - emise způsobené ve fázi užití stroje (včetně spotřeby provozních kapalin),
 - 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 strojirenských 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] Vídenská 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] 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>
- [6] 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
- [7] 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>
- [8] 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.
- [9] 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>
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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>

- [13] 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
- [14] TICHÁ, Marie a Jan HARNYCH. Závěrečná zpráva: Studie životního cyklu (LCA) obráběcího stroje. 2013, 43 s.

ŽIVOTOPIS

Jméno Ing. Maria Krbalová
Narozena 20. 08. 1988
Trvalé bydliště Kolejní 2
612 00 Brno
Telefon +420 775 995 320
Email krbalova@fme.vutbr.cz

Vzdělání a další kurzy

2012 – 2016 *Vysoké učení technické v Brně*
Fakulta strojního inženýrství
Obor Konstrukční a procesní inženýrství
typ studia – doktorské

2010 – 2012 *Vysoké učení technické v Brně*
Fakulta strojního inženýrství
Obor Metrologie a řízení jakosti
typ studia - magisterský navazující

2007 – 2010 *Iževská státní technická universita*
Ústav profesionálních překladatelů
Fakulta angličtiny

2005 2010 *Iževská státní technická universita, Iževsk, Rusko*
Fakulta řízení kvality
Obor řízení a expertiza jakosti
typ studia – magisterský

Vzdělávací stáže

01/2014 – 02/2014 *Technická univerzita Chemnitz, Chemnitz, Německo*
Fakulta strojního inženýrství

Pracovní zkušenosti

03/2010 – 08/2010 *Akciová společnost „Rosneft“ („Роснефть“), Iževsk, Rusko*
inženýr odboru materiálně technického zabezpečení

2009 *Iževská státní technická universita, Ústav profesionálních překladatelů, Iževsk, Rusko*
překladatel z ruštiny a angličtiny

Jazykové znalosti

Německý jazyk	začáteční úroveň
Anglický jazyk	vyšší střední úroveň
Český jazyk	pokročilá úroveň
Ruský jazyk	mateřský jazyk

Schopnosti a dovednosti

Řidičský průkaz (skupina B), Boustead Model, MS Word

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.

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.