

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních
věd

***PROCESY TRANSFORMACE
PALIV V ČESKÉ REPUBLICE***

Student: Marić Milica
Vedoucí: Mgr. Ladislav Krejčí

leden, 2017.
Praha

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Marić Milica

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Obor: Ekonomika a řízení energetiky

Název tématu: Procesy transformace paliv v České republice

Pokyny pro vypracování:

- přehled procesů transformace paliv v ČR a jejich rozbor z hlediska dlouhodobého vývoje
- podrobná analýza vysokopecního procesu s ohledem na výrobu vysokopecního plynu
- rozbor a porovnání metodik statistického zpracování průběhu vysokopecního procesu z pohledu Mezinárodní energetické agentury, Eurostatu, ČSÚ a MPO
- návrh metodiky statistického zpracování dat vysokopecního procesu v podmínkách ČR

Seznam odborné literatury:

Publikace Energetické bilance ČR - ČSÚ Praha
IEA publikace, Energetické bilance OECD, Energetická statistika OECD, Energetické bilance non-OECD

Vedoucí diplomové práce: Mgr.Ladislav Krejčí – Český statistický úřad

Platnost zadání: do konce letního semestru akademického roku 2016/2017

Prof. Ing. Jaroslav Knápek, CSc.
vedoucí katedry



Prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 11.2.2016

Poděkování

Chtěla bych poděkovat tímto svému vedoucímu práce panu Mgr. Ladislavu Krejčímu, z Českého statistického úřadu, za cenné připomínky, rady při vypracování diplomové práce a věnovaný čas v pořadí poskytnutí přesných informací. Dovolil mi aby tento diplomovou práci dělala podle vlastních představ, ale, taky, chytře mě vracel na správný směr kdykoliv to bylo za potřebu. Dále, dloužím velkou vděčnost mému brachovi Predragu Božoviću za všechnu pomoc a inspiraci během magisterského studia na ČVUT. Na konec, děkuji Milicy bez jejíž motivace, úsilí a nezlomné vůle bych určitě ne zvládla studium a dokončení diplomové práce.

Acknowledgment

Let me thank to my supervisor Mr. Mgr. Ladislav Krejčí, from Czech Statistical Office, for all valuable comments, advices in preparing the thesis and devoted time in order of providing precise information. He consistently allowed this thesis to be my own work, but streed me in the right direction whenever he thought I needed it. Furthermore, I am very grateful to my brother Predrag Božović for all unselfishly given support and inspiration during my master studies at ČVUT. In the end, many thanks to Milica and for all her motivation, efforts and strong will. Without it finishing of my studies and writing of thesis would be impossible

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci Procesy transformací paliv v České republice vypracovala samostatně s tím, že její výsledky mohou být dále použity podle uvážení vedoucího diplomové práce Mgr. Ladislava Krejčího jako jejího spoluautora. Souhlasím také s případnou publikací výsledků diplomové práce nebo její podstatné části, pokud budu zmíněna jako její spoluautor.

Dne

.....
Bc. Marić Milica

Abstrakt

Táto diplomová práca sa zaoberá problematikou procesů zpracování a zušlechťení paliv v České republice. Kromě drobného rozboru transformačních procesů a jejich výsledných produktů, se práce speciálně zaměřuje na transformační proces při výrobě surového železa. Mým cílem je probrat všechna stadia vysokopecního procesu a nabídnout řešení na současnou problematiku statistického vykazování bilance vysokopecního procesu. Při psaní práce byly použité různé zdroje, abych se dostala ke kvalitním informacím zkoumané problematiky. V úvodní jsem krátce popsala všeobecní význam pojmu energie a poté přistupuji k teoretické části práce. Vždy jsem se zajímala o charakteristiky energetických jevů a pro prohloubení mých znalostí mi velice pomohlo magisterské studium.

V následujících kapitolách se detailně věnují popisu procesů zušlechťení paliv, vzniku vysokopecního plynu a problematice statistického informování o plynu. Obsah kapitolách se dynamicky mění. Začínám popisem vzniku fosilních paliv, dělením paliv, vlastnostmi, chemickém složení a zpracování. V druhé kapitole se zabývám vysokopecním procesem a vytvářením vysokopecního plynu. V třetí části, už přestupuji k popisu statistických metod na zprostředkování dat o vysokopecnímu plynu. Čtvrtý, poslední kapitola se skládá ze souhrnu všech uvedených faktů a konečným závěrem práce jako praktické části práce.

Klíčová slova

Uhlí, ropa, zemní plyn, produkty transformace, vysokopecní proces, vysokopecní plyn, energetická statistika, bilancování vysokopecního plynu

Abstract

This master thesis deals with the processing and fuel refining in the Czech Republic. In addition to the fine analysis of the transformation processes and their resulting products, the work has a special focus on the transformation process in the production of pig iron. The aim is to discuss all stages of blast furnace process and offer solutions to the current problems of statistical reporting of blast furnace process. In process thesis writing, I had used different sources in order of obtaining the most accurate information on a given topic. In the introduction, I briefly described the universal significance of the concept of energy. I've always had an interest in the characteristics of the energy phenomena and my master studies were very helpful in acquiring broader knowledge about it. After the opening speech I am approaching to the theoretical part. The following three chapters properly and in detail describe the processes of fuels' refining, producing of blast furnace gas and statistical issues informed by the gas. Content of chapters changes dynamically. I am starting with description of fossil fuels formation, fuels division, properties, chemical composition and processing. The second chapter is about blast furnace process and production of blast furnace gas. In the third section are described the statistical methods for providing of information about the blast furnace gas. The fourth and final chapter consists of a summary of all mentioned facts and the final conclusion of the work as the practical part.

Keywords

Coke, petroleum, natural gas, transformation products, blast furnace process, blast furnace gas, energy statistics, balance of blast furnace gas

Obsah

Úvod.....	8
Kapitola I.....	10
1. Fosilní paliva.....	10
1.1. Uhlí.....	10
1.1.2. Chemické a fyzické vlastnosti uhlí.....	11
1.1.3. Procesy zpracování uhlí.....	13
1.1.3.1. Karbonizace uhlí.....	13
1.1.3.2. Zplynování uhlí.....	15
1.1.3.3. Zkapalňování uhlí.....	16
1.1.4. Produkty zpracování uhlí.....	16
1.1.4.1. Koks.....	16
1.1.4.2. Koksárenský plyn.....	17
1.1.4.3. Generátorový plyn.....	17
1.1.4.4. Černouhelný dehet.....	18
1.2. Ropa.....	19
1.2.1. Chemické a fyzikální vlastnosti ropy.....	19
1.2.2. Zpracování ropy.....	19
1.2.2.1. Frakční destilace.....	20
1.2.2.2. Pyrolýza.....	21
1.2.2.3. Katalytické reformování.....	21
1.2.2.4. Parní katalytické reformování.....	21
1.2.2.5. Vakuová destilace.....	22
1.2.3. Ropné produkty.....	22
1.2.3.1. Benzín.....	22
1.2.3.2. Plynové (topné) oleje.....	22
1.2.3.3. Petrolej.....	23
1.2.3.4. Mazut.....	23
1.3. Zemní plyn.....	23
1.3.1. Chemické a fyzikální vlastnosti zemního plynu.....	24
1.3.2. Zpracování zemního plynu.....	25
1.3.2.1. Zkapalnění.....	25
1.3.2.2. Parní reformace.....	25
1.3.3. Produkty zpracování zemního plynu.....	26
1.3.3.1. Syntézní plyn.....	26
1.3.3.2. Čpavek (amoniak- NH ₃).....	26
Transformační sektor.....	27
Kapitola II.....	28
2. Výroba železa.....	28
2.1. Historie výroby železa.....	28
2.2. Fyzikální a chemické charakteristiky železa.....	29
2.3. Proces výroby železa.....	29
2.3.1. Vstupní suroviny.....	30
2.3.1.1. Oxidy železa.....	30
2.3.1.2. Koks.....	31
2.3.1.3. Vápenec.....	31
2.4. Vysokopecní proces.....	31
2.4.1. Chod vysoké pece a jeho řízení.....	34

2.4.2. Fysikálně chemické změny surovin.....	34
2.4.2.1. Redukce.....	35
2.4.2.2. Nauhličení a tavení železa.....	37
2.4.2.3. Tvorba strusky.....	37
2.4.2.4. Odsiřování surového železa.....	38
2.4.2.5. Spalování uhlíku.....	38
2.5. Produkty vysokopečního procesu.....	39
2.5.1. Surové železo.....	39
2.5.2. Vysokopeční struska.....	39
2.5.3. Vysokopeční plyn.....	39
Kapitola III.....	41
3. Dějiny statistiky energetiky v ČR.....	41
3.1. Mezinárodní organizace a jejich metodiky.....	42
3.1.1. Mezinárodní energetická agentura – IEA.....	43
3.1.2. EUROSTAT.....	43
3.1.3. Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj- OECD.....	44
3.1.4. Statistický divize OSN (UNSD).....	44
3.2. Mezinárodní metodiky.....	45
3.3. Legislativa a statistické orgány v ČR.....	47
3.3.1. Český statistický úřad (ČSÚ).....	48
3.3.2. Energetický regulační úřad (ERÚ).....	48
3.3.3. Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO).....	49
3.4. Rozdílnost metodik ČR a mezinárodních statistických organizací.....	50
Kapitola IV.....	51
4. Rozbor vysokopečního plynu.....	51
4.1. Energetická hodnota vysokopečního plynu.....	52
4.2. Analýza výroby a spotřeby VP plynu.....	55
ZÁVĚR.....	57
Seznam použité literatury.....	61
Seznam zkratk.....	63
Seznam tabulek.....	64
Seznam grafů.....	64
Seznam obrázků.....	64
Příloha.....	65

Úvod

Na porozumění pojmu energie nejraději používám interpretaci zákona o zachování energie. Jedna se o jeden ze základních fyzikálních zákonů a potvrzuje, že: „Energie se nemůže z ničeho vytvořit ani zničit, ale pouze přeměnit na jiný druh energie“. Důkazů pro uvedenu větu v přírodě můžeme najít hodně. Uhlí jako součástí naší planety Zemí může být nejlepším příkladem. Převážná většina dnešního lidstva každodenně, od rána do večera, různými způsoby používá elektřinu na ulehčení a zlepšení kvality života. Málo z nich vůbec tuší jak kupř. žárovka osvítil místnost v stejném okamžiku klapnutí na přepínač, ale to proto, že každá věda má své zákony, účely a pravidla.

Nejčestnější tvrzení o uhlí je následující: „Uhlí je nejhojnější pravěké (fosilní) palivo“. Z názvu “fosilní” se může odhadnout, jak se vytvořilo uhlí na Zemí. Jedná se o procesy, které probíhaly milion let. Prehistorické rostliny zachycovaly energii Slunce a předávaly ji živým organismům. Obojí (organismy a rostliny) po odumření se deponovali v půdě vytvářející široké vrstvy rozpadlých prvků. Pod vlivem různých procesů v přírodě, pod různou teplotou a tlakem se vytvořily nové formy, které dnes používáme na ohřev, pohon řídicích prostředků, elektřinu apod. Hlavní příčinou projevu uhlí v tuhé formě je to, že se vytvořilo pod zemí bez přítomnosti vzduchu. Jednoduše lze říct, že energie z minulosti je zpracovávána a uchovávána pod zemí po několik milion let. Dnes se tato energie v procesu zpracování a spalování uhlí osvobozuje, mění se na jiné formy a pomáhá k pohodlnému životu. Tak koloběh energie a změna její formy neustále trvá přesně tak, jak vyplývá ze zákonů fyziky. Kromě uhlí první kapitola diplomové práce zahrnuje podrobný popis a zkoumání uprav dalších dvou druhů fosilních paliv. Jejich zpracování, výsledné produkty a dynamika vývoje jejich produkce je na grafech znázorněna.

Cílem práce je, podle zadání, popsat energetické procesy zušlechťování paliv, které jsou produktivní činnosti, jejichž výsledkem je zvýšení, respektive změna užitné hodnoty energetických látek (paliv), které jimi procházejí. Za energetické pochody se v energetické bilanci považují jen ty procesy, ve kterých se bilanční formou kvalifikují na jedné straně vsázka a přímá provozovací spotřeba a na druhé straně výroba (využitelné produkty) a ztráty na vsázce. V těchto procesech dochází zpravidla k podstatným chemickým a fyzikálním změnám vsazených paliv a energie.

V druhé kapitole se zaměřuji na jeden z transformačních procesů v průmyslu, který jako surovinu ploužívá fosilní palivo. Jde o vysokopecní proces. Výsledkem tohoto procesu je výroba několika produktů, z kterých jeden má vlastností paliva tj. energetickou hodnotu dostatečnou na zpětně použití v dalším VP procesu. Každá z kapitol a kvůli specifickému téma obsahuje teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsou obsaženy definice a popis použitých pojmů na základě dostupné a doporučené literatury. Po zhotovení teoretických základů jsem metodami

srovnání a analýzy udělala analýzu důležitou pro odpověď na zadání. Na rozdíl od rozboru technických pojmů v prvních dvou kapitolách se ve třetí kapitole více zaměřuji na energetickou statistiku. Popisuji oficiální statistické metodiky vykazování transformačních procesů a srovnávám pak dvě nejpodstatnější, které jsou používány jednak v Mezinárodní energetické agentuře (Paříž) a jednak v EU – Eurostatu (Luxemburk). V poslední kapitole detailně zkoumám vlastnosti VP plynu. Kromě analýzy jeho výroby a využití v ocelářském průmyslu, navíc jsem udělala srovnání jeho vykazování v energetické statistice podle výše uvedených dvou oficiálních metodik tak, abych mohla v závěru okomentovat výhody a nevýhody každé z nich a dát svůj názor na zadanou problematiku.

Kapitoly začínají krátkým odstavcem, který popisuje její obsah a cíl. Řešení mého úkolu a odpověď na zadání jsem začala generálním rozbohem fosilních paliv, abych v pokračování mohla do detailu probrat konkrétní palivo, jehož vykazování v statistice je potřeba řešit. Jako zdroje na vypracované výpočty a grafy jsem používala oficiální publikace statistických organizací. Přístup k těm datům a datům z českých železáren jsem měla díky vedoucímu práce.

Kapitola I

1. Fosilní paliva

Fosilní paliva jsou nerostné suroviny, které vznikly v dávných dobách (předvěký), a s odstupem času se nám podařilo z nich získat energii (elektřina, teplo, světlo). Vznik se uskutečnil dlouhodobou přeměnou odumřelých rostlin a těl za nepřístupu vzduchu. Řadíme mezi ně především uhlí, ropu a zemní plyn. Pro lepší vyžití potenciální energie, fosilní paliva se zušlechťují s pomocí několika sledovaných a kontrolovaných procesů. Rozsáhlé využívání **fosilních paliv** spustila průmyslová revoluce a vrchol představuje 20. století, kdy se fosilní paliva využívají prakticky ve všech oblastech civilizovaného života. Nevýhodou fosilních paliv je jejich nenávratnost. Proto se v 21. století fosilní paliva částečně nahrazují **obnovitelnými** zdroji energie (sluneční, větrná, vodní apod.). Přesto, fosilní paliva jsou pořád hlavním zdrojem energie a procesy transformace na tepelnou nebo elektrickou energii stále se zlepšují. V první kapitoly budou individuálně popsány všechny formy fosilních paliv a způsoby jejich transformace.

1.1. Uhlí

Podle vědeckých výzkumů se uhlí používalo již asi dva a půl tisíc let. Na ohřev ho používali staré civilizace, i přesto že nevěděli o jeho zásobách pod zemí. Jim byl dostupný ve formě malých, černých kamenů, které sbírali z povrchu. Vývoj těžby a použití podzemních zásob začal v středověku, kdy začaly být otevírány první uhelné doly. Uhlí se těžilo a používalo nejprve pro získávání kovů z rud. Vynalezením parního stroje se začalo používat uhlí ve větších množstvích. Dneska je jeho spotřeba závislá na kvalitě. Kvalita je především stanovena obdobím vzniku - prvohory až třetihory a chemickým složením tj. obsahem uhlíku. V podstatě, je všeobecně přijata dělba uhlí do čtyř skupin:

-**lignit** (hnědé uhlí nejmenší kvality tj., nízké výhřevnosti¹);

-**hnědé uhlí** (lepší výhřevnost než u lignitu; používá se k vytápění domácností, *tříděné uhlí* nebo na výrobu tepla a elektřiny-*energetické uhlí*);

-**černé uhlí** (vysoká hustota, vysoká výhřevnost, používá se na výrobu koksu nebo pro uspokojení

¹ Veličina udávající kolik tepla se uvolní spálením jednoho kilogramu látky (paliva)

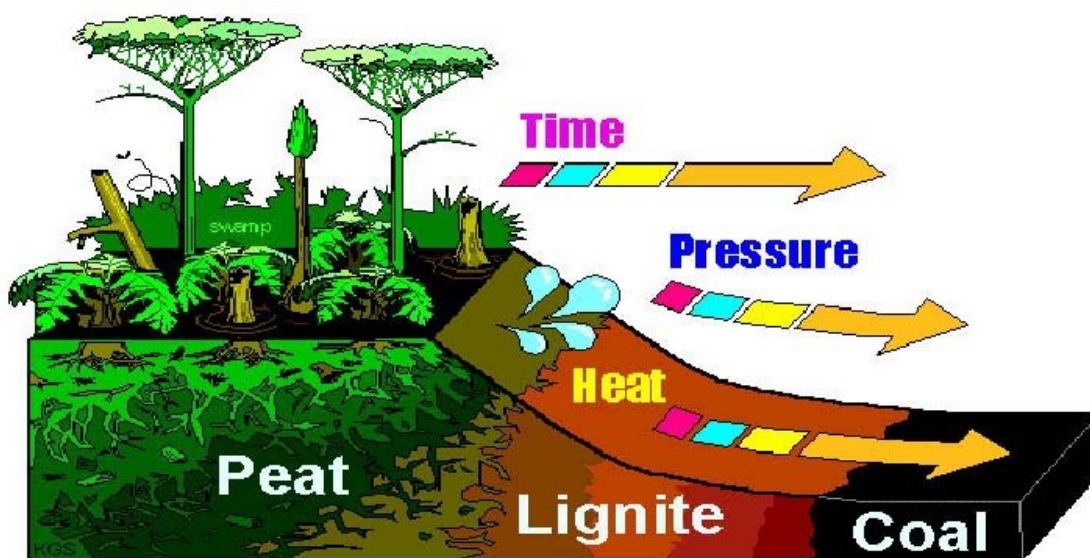
průmyslových energetických požadavků, z tohoto důvodu označujeme černé uhlí koksovatelné, černé uhlí energetické);

-**antracit** (nejkvalitnější, používá se na vytápění a k výrobě chemických hmot).

Navíc, je možné v dělbě se zmínit o rašelině, která je produktem první biochemické etapy při tvorbě uhlí. Složena převážně z vegetace mokřin tj. stromů, trávy, hub a ostatních druhů organických zbytků, jako je hmyz. Obsahuje 53–58% spalitelných látek. Tradičně je používána k vaření a vytápění domů.

<i>Typ uhlí</i>	<i>Doba (v milionech let)</i>	<i>Obsah uhlíku (přibližně, v %)</i>
Lignit	60	65-72
Hnědé u.	100	72-76
Černé u.	300	76-90
Antracit	350	90-95

Tab. 1.1. : Složení vybraných typů uhlí a doba časového výskytu



Obr. 1.1.: Vliv tlaku, času a teploty na vytvoření druhů uhlí

V České republice nejhojnější jsou ložiska černého uhlí s bilančními prozkoumanými zásobami 1,5 mld. tun. Ložiska jsou umístěny v středočeské, mělnické, podkrkonošské a hornoslezské pánvi. Zásoby hnědého uhlí jsou druhé nehojnější v nalezištích Severních Čechách (bilanční zásoby prozkoumané 2.24 mld. tun). Lignitová ložiska jsou v žitavské, vídeňské a českobudějovické pánvi a dohromady disponují s prozkoumanými bilančními zásobami 640 mil tun.

1.1.2. Chemické a fyzické vlastnosti uhlí

Předchozí druhové rozdělení se dále může prohloubit rozбором různých fyzikálních (barva, lesk, pevnost, lom, tvrdost) a chemických charakteristik (směs chemických prvků) uhlí, které nalezneme v přírodě. Všeobecně, uhlí je černá, černo-hnědá nebo hnědá, sedimentární hornina vznikla rozpadem organických látek bez přítomnosti kyslíku za vysokých teplotách a různých tlaků. Z chemických elementů má nejvíce uhlíku, poměrně dost vodíku, málo kyslíku a malé množství

ještě několik prvků (síra, dusík). Kupř., z chemické formule černého uhlí je to vidět $C_{135}H_{96}O_9$ NS. Základní chemické vlastnosti uhlí, jejich vliv na výhřevnost paliva, postupy přeměn a zušlechťování uhlí aby se zvětšilo množství chemické energie v palivech, budou níže popsány.

Kvůli vysokému obsahu uhlíku uhlí je rovněž důležitou surovinou na výrobu anorganických látek. Slouží jako redukovadlo² při mnohých vysokoteplotních procesech. Díky jedinečným chemickým vazbám je hlavním zdrojem energie tj. při rozkladu vazeb se uvolní obrovské množství energie na rozdíl od ostatních látek. Chemické a fyzické vlastnosti uhlí jsou určeny podílem vlhkosti, popelu, uhlíku a prchavých hořlavin v uhelně hmotě. Každou ze zmíněných složek je potřeba hlouběji prozkoumat aby se se líp porozumělo kolísání výhřevnosti a kvality uhlí. Začíná se s vzorkem vykopaného uhlí, který se dává do laboratoří na testování. Zjišťují se hodnoty jednotlivých složek a kvalita uhlí z dané lokality.

Vlhkost³

Značně ovlivňuje kvalitu paliva. Při spálení odvádí teplo ve formě páry. Vlhkost se do uhlí dostává ze vzduchu při těžbě. Taky se v nějakém procentu nachází v samém palivu, umístěna v kapilární struktuře hmoty (hygroskopická vlhkost) nebo mezi organickými směsmi uhlí (vlhkost při rozložení). Co se týče vlhkosti, důležitým je i způsob skladování. Jestli se skladují na neizolované podlaze, kvalita paliva může být zhoršená a taky vyvolat tzv. ztráta koberce.⁴ Odstranění vlhkosti se dělá sušením uhlí při teplotě od 100 do 105 stupňů nebo ohřívání uhlí s toluenem⁵. Na konci, celkové množství vlhkosti se odhaduje rozdílem hmotnosti vzorku uhlí před a po termické a chemické úpravy.

Popel

Popel je nehořlavá složka uhlí, která zůstává (a sbírá se pod rošty kotle) po spálení uhlí. Procento popelu se pohybuje mezi 5 a 40 %⁶. Čím vyšší podíl popelu, tím je horší kvalita. Popel:

- a) zvyšuje manipulační náklady.
- b) postihuje účinnost spalování a účinnost kotle
- c) způsobuje výskyt strusky.

Popel spolu s podílem vlhkostí se nazývá balastem paliva tj. Nepřispívá na zvýšení výhřevnosti.

Prchavé hořlaviny

Pojem označuje prvky uhlí, které se uvolňují při vysoké teplotě. (nad 900 °C) Obvykle jede o metan, kysličník uhelnatý, oxid uhličitý, vodík, síru a dusík. Typický rozsah prchavých hořlavin je od 20 do 35 %. Výška podílu ukazuje množství přítomných plynných paliv. Plynné složky zjednoduší zapalování uhlí, zvyšují délku plamene (což ovlivňuje výběr výšky a objemu peci) a ovlivňují množství požadovaného vzduchu.

Fixní uhlík

Pevný uhlík, jak název říká, je pevné palivo, které zůstává po uvolnění páry a prchavých hořlavin. Skládá se převážně z uhlíku ale má i malé množství vodíku, kyslíku, síry a dusíku (nevypařila část). Pevný uhlík dává hrubý odhad výhřevnosti uhlí, protože rozklad uhlíkových spojení uvolňuje velké množství tepla. Taky, se může odhadnout možná výroba koksu na základě dat o pevném uhlíku. Na závěr lze říct, že kvalita uhlí je přímo závislá na obsahu hořlaviny (C + H) a dále na obsahu uhlíku v hořlavině. Rozdílnost obsahu hořlaviny a uhlíku v jednotlivých druzích je

² Látka, která v chemické reakci oxiduje (její atomy odevzdávají elektrony), též redukční činidlo

³ Voda v plynném stavu (vodní pára)

⁴ Carpet loss

⁵ Aromatický uhlovodík, používá se jako rozpouštědlo barev a laků.

⁶ Hmotnost popele po spalování/původní hmotnost uhlí

patrná z tabulky číslo 1.2.

Druh uhlí	OBSAH v %	
	Hořlavina	Uhlík
LIGNIT	42-57	28-47
HNĚDÉ UHLÍ	56-67	40-58
ČERNÉ UHLÍ	76-95	66-87
ANTRACIT	87-95	80-90

Tab. 1.2 : Složení různých druhů uhlí

1.1.3. Procesy zpracování uhlí

Nositelům převážných charakteristik uhlí je průmyslově velmi používaný a v přírodě široce přítomný prvek **uhlík** (chemické značení **C**). Uhlík je podkladem všech organických sloučenin což znamená i všech živých organismů na naší planetě. Kromě toho lze ho nalézt v řadě anorganických sloučenin. Byl a stále je hlavním prvkem pro udržení energetického průmyslu a široce se používá i v ostatních průmyslech. Výrobky chemického sektoru na bázi uhlíku jsou součástí našeho každodenního života (kupř. plastické zboží, umělá vlákna, léčiva atd.). Mohlo by se poukázat na ještě stovky různých způsobů použití uhlíku při vytváření látek a hmot, které známe a které občas používáme. Z důvodu velké produkční hodnoty je jasné, že se ho v průmyslu snaží dostat čím víc a v co nejlepším stavu. Jak je uvedeno výše, uhlí obsahuje velké množství uhlíků. Jeden je z nejdůležitějších zdrojů uhlíku spolu s ropou a zemním plynem. Správným řízením procesů úpravy z uhlí je možné získat kvalitně suroviny na hutnictví, energetiku a chemický průmysl.

Základem procesů zpracování uhlí je pyrolýza. Při pyrolýze se uhlí termicky rozkládá za nepřítomnosti kyslíku. Přívod tepla do uhelné hmoty může probíhat různě rychle a na rozdílné teplotní úrovni. Po pyrolýze dále se uhlí zušlechťuje nějakým z tří běžných procesů:

- ◆ karbonizace (koksování) uhlí;
- ◆ zplynování uhlí;
- ◆ zkapalňování.

1.1.3.1. Karbonizace uhlí

Karbonizace uhlí (též koksování nebo pyrolýza) je soubor procesů probíhajících při řízeném ohřevu uhlí za nepřístupu vzduchu (anaerobní podmínky), přičemž uhlí ztrácí vlhkost a prchavé hořlaviny. Tradiční metody používají zrna uhlí se zrnitostí do 3 mm, která se zahřívají na teploty okolo 1000°C. Pro koksování není vhodný každý druh uhlí. Takzvané koksovateľné uhlí je černé uhlí, které má vyhodně chemicko-technologické vlastnosti (obsah prchavé hořlaviny, spékavost, atd.). Výroba koksu je stále předmětem inovací. Cílem je co efektivnější použití vznikajícího tepla a vedlejších produktů a snížit množství látek zatěžujících životní prostředí. Hlavním pokrokem procesu bylo zlepšení stavby pecí v kterých probíhá karbonizace.

Před koksováním je potřeba upravit palivo, což znamená sušení, skladování, mletí a míchání surovin do požadovaného poměru. Uhlí které pochází z odlišných lokalit se musí skladovat odděleně, protože každé má své specifické vlastnosti. Po těchto úpravách může proces

karbonizace začít. V závislosti na teplotě pyrolýza⁷ může být:

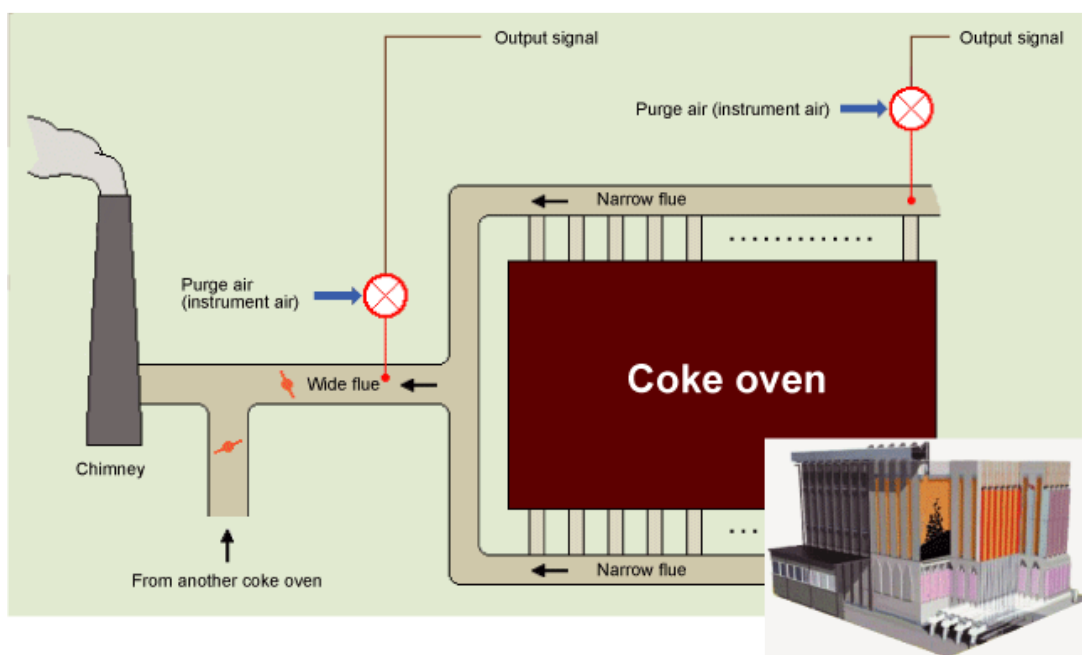
- vysokoteplotní (nad 800°C);
- středněteplotní (500°C-800°C);
- nízkoteplotní (do 500°C).

přičemž jsou konečné produkty odlišných kvalit a použití. Vyšší teploty se používají pro rozklad stabilnějších složení. Pyrolýza označuje termochemický proces, bez přítomnosti vzduchu, při kterém nedochází k spálení látky. Kupř., při pyrolýze metanu (CH_4) o teplotě 1300°C jsou produktem molekuly vodíku a uhlíku.

Samotné koksování probíhá v koksárenské baterii, která se skládá z desítek úzkých komor. Například v TŽ Třinec 72 komor. Komory jsou oddělené vyhřívanými stěnami. Jako palivo se nejčastěji používá vyčištěný koksárenský plyn nebo vysokopecní plyn, případně jejich směsi. Při karbonizaci probíhají složité fyzikálně-chemické reakce (uvolňování nízkomolekulárních plynů a dehtu, štěpení složitějších chemických vazeb, zplastičtění hmoty, aj.) při nichž se uvolňují paroplynové produkty a z uhlí vzniká koks. Po dokončení karbonizace se vroucí koks z komor vytlačuje a hasí. Hašení probíhá nejčastěji vodou (která se díky tomu v množství 1 - 15 % dostává do koksu). V případě suchého chlazení koksu se využívají inertní plyny - N_2 , CO_2 a O_2 .

Během karbonizace z komor se odvádějí uvolněné horké plyny, které se ochlazením nechávají kondenzovat. Z nich se dostává čpavková voda a dehet, které jsou základem dalších chemického zpracování. Procesem karbonizace se snižuje obsah nežádoucích prvků (H, N, S, O) které odvádějí teplo nebo znečišťují okolí při spálení. Důležitým je dostat uhlí lepší kvality (bez vlhkosti a prchavých hořavin) a dostatečné tvrdosti na výrobu železa.

Při nízkoteplotní karbonizaci hnědého uhlí zpracovává se uhlí za teplot do 550 °C . Výsledné produkty této karbonizace jsou polokoks, dehet, karbonizační benzín a karbonizační plyn.



Obr. 1.2.: Koksárenská baterie

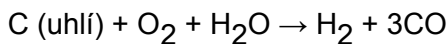
⁷ Pyrolýza je více odborný (chemický) termín pro karbonizaci.

1.1.3.2. Zplynování uhlí

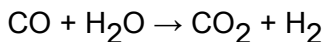
Při procesu zplynování dochází ne jenom k chemickému upravení uhlí ale jde i o změnu hmotného stavu. Z tuhé látky se stává plyn. Je tomu potřeba aby se nahradila paliva která se běžně používají v přirozeně plynném stavu a jejich zásob je méně a méně (kupř. paliva na pohon aut nebo zemní plyn). Navíc, z energetického hlediska jde o efektivnější úpravu než je jenom spalování. V tomto procesu se obvykle používá hnědé uhlí, protože procesem zplynování se překonávají jeho chemické nevýhody a získává se kvalitní produkt.

Zplynování začíná sypáním uhlí do kotle, ohříváním se zvyšuje teplota (900-1000°C) a tlak. Na rozdíl od karbonizace v tento proces se přivodí kyslík (vzduch) a vodní pára. Přidané složky vyvolávají chemickou reakci pod názvem oxidace⁸, při které se uvolňují různé druhy plynů vysoké výhřevnosti. Jede o směs především složenou z H₂, CO, CO₂ a dalších plynů (metan, dusík a ostatní).

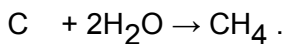
Zjednodušené základní reakce probíhající při zplyňování jsou:



dále



nebo



Zatímco při nedokonalém spalování uhlí vzniká převážně oxid uhelnatý a uhličitý, přidáním vody a kyslíku se výsledná směs plynů obohatí o vodík a má vyšší výhřevnost. U méně kvalitních druhů hnědého uhlí s vysokým obsahem vody někdy není ani potřeba přivádět vodu pro vytvoření páry. Taky, v souvislosti s kvalitou uhlí někdy není potřeba vysokého tlaku pro reakci. Výhřevnost plynů z procesu zplynování kolísá od 7 MJ/m³ (má moc dusíku a oxidu uhličitýho) do 37 MJ/m³ (vysoké procento metanu).

Zplynování může být jednou z nelepších technologií na výrobu molekulárního vodíku který je palivem budoucnosti na pohon aut a turbín. Mimoto, proces je vysoce ekologické výhodný. Těží síru v těkavé formě aby se dál využila v chemickém průmyslu (H₂S). Spálením plynů získaných zplynováním uhlí je úroveň uvolnění SO_x a NO_x do ovzduší mnohem nižší.

V novější době se vyvíjí idea podzemního zplyňování uhlí. Smyslem je současný rozvoj efektivních technologií na výrobu hořlavín a elektrické energie. Proces by se odehrával pod povrchem v oblastech bohatých uhlím. Uhlí by se spalovalo v přítomnosti kontrolovaného přivodu vzduchu. Technologie se nejlíp hodí k zdrojům které je ekonomicky nevýhodně těžít a dopravovat do závodu na úpravu. Výhodou metody je, že by se zplyňování uhlí mohlo obejít bez přítomnosti horníků pod zemí. K ložisku by se přicházelo s vrty vzdálenými od sebe 40 až 50 metrů. Pod zemí bude uhlí zapáleno, čímž začíná proces zplyňování. Části štol budou látky vznikající při zplyňování – například kyslík, oxid uhličitý a vodní páry – vypumpovány pod zemí. Ostatními štolami budou odváděny vznikající produkty, z nichž bude oddělen vodík, metan a oxid uhelnatý, tedy složky použitelné pro výrobu energie či chemických produktů.

⁸ Spojování molekul vody a kyslíku s uhlí.

1.1.3.3. Zkapalňování uhlí

Zkapalňování uhlí je souhrn procesů, kterými se tuhá uhelná hmota přeměňuje na kapalná paliva. Produktem procesu je syntetická ropa, z níž je možno izolovat některé technicky významné karbonské chemikálie (fenoly) a zbývající uhlovodíkový podíl může být přímý zdroj paliv. Při zkapalňování uhlí se zvyšuje podíl vodíku v palivu, čím více vodíku se podaří zachytit organickou hmotou, tím nižší bod varu má vyrobené palivo. Zároveň dochází k oddělení balastních látek (popeloviny, sírné a dusíkaté sloučeniny) a výrobě ekologického paliva.

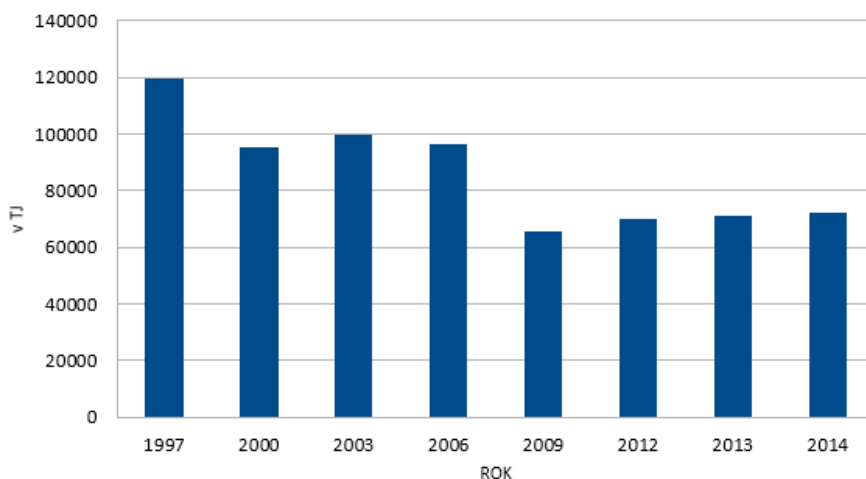
Dva jsou postupy zkapalňování: přímý a nepřímý. *Přímý způsob* se provádí extrakcí nebo hydrogenací. Během extrakce se rozpouští organické podíly uhlí vhodným rozpouštědly (aromaty). Produktem je syntetická ropa tj. směs uhlovodíků obdobná přírodní ropě. Hydrogenace je důležitým technickým procesem např. při výrobě metanolu, syntetických paliv, ztužování tuků atd. Znamená, že se provádí adice vodíku k násobným vazbám, zejména v organických sloučeninách, v přítomnosti katalyzátorů (platiny, niklu, kobaltu nebo thoria). *Nepřímé metody* zahrnují nejprve zplynování na směs oxidu uhelnatého a vodíku, po němž následuje syntéza metanolu a konverze metanolu na benzín.

1.1.4. Produkty zpracování uhlí

1.1.4.1. Koks

Koks je pevný uhlíkatý zbytek odvozený z nízko-popelového, nízko-sírného černého uhlí, ze kterého jsou odstraněny prchavé složky v peci bez přístupu kyslíku při teplotách nad 1000°C. Při tom vzniká také kamenouhelný dehet, čpavek, lehké oleje a svítiplyn. Koks z uhlí je stříbřitě šedý, tvrdý a pórovitý a má výhřevnost od 25 do 30 MJ/kg. Všechny uvedené charakteristiky koks dluží vysokému obsahu uhlíku. Již na začátku jsem se zmínila, že je uhlík dobrým redukovadlem a že se při štěpení molekul uhlíků uvolňuje hodně chemické energie. Koks se používá jako palivo a jako redukční činidlo v průmyslu, kupř. ve vysoké peci při výrobě surového železa. Používá se pro výrobu izolačních materiálů a pro speciální metalurgii. Dále, jako palivo při vytápění a technologická surovina při některých chemických a potravinářských výrobcích,

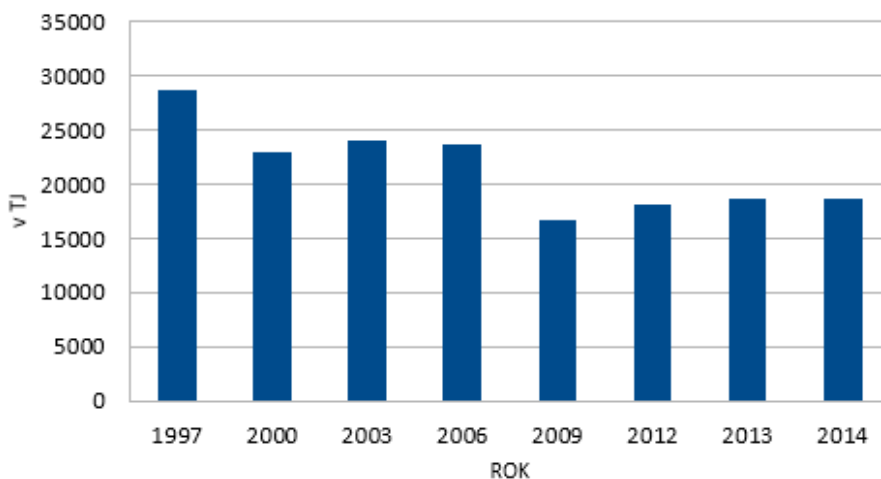
Pro zajímavost ještě jeden příklad použití koksu. Díky své pórovitosti je koks mimořádně dobrým tepelným izolantem. Používá se proto také v americkém kosmickém programu jako jedna ze složek brzdícího štítu kosmických lodí. S koksem se počítá i pro kosmické lodi Orion určené k návratu lidí na Měsíc a k dobytí Marsu.



Graf 1.1.: Vývoj výroby koksu v ČR

1.1.4.2. Koksárenský plyn

Je to směs plynů vznikající při koksování černého uhlí. Pro další využití je nutně ho vyčistit, přičemž se odstraňují např. dehet, benzoyl, sulfan, naftalen a amoniak. Jedná se o hořlavý plyn charakteristického zápachu. Obsahuje molekulární vodík (až 60%), metan a oxid uhelnatý (až 10%). Vzhledem k obsahu oxidu uhelnatého je jedovatý. Kromě použití jako zdroje vodíku také se používá pro spalování. Obdobou koksárenského plynu je svítiplyn⁹, který se získává převážně tlakovým zplyňováním hnědého uhlí kyslíkem a vodní parou.



Graf 1.2.: Vývoj výroby koksárenského plynu v ČR

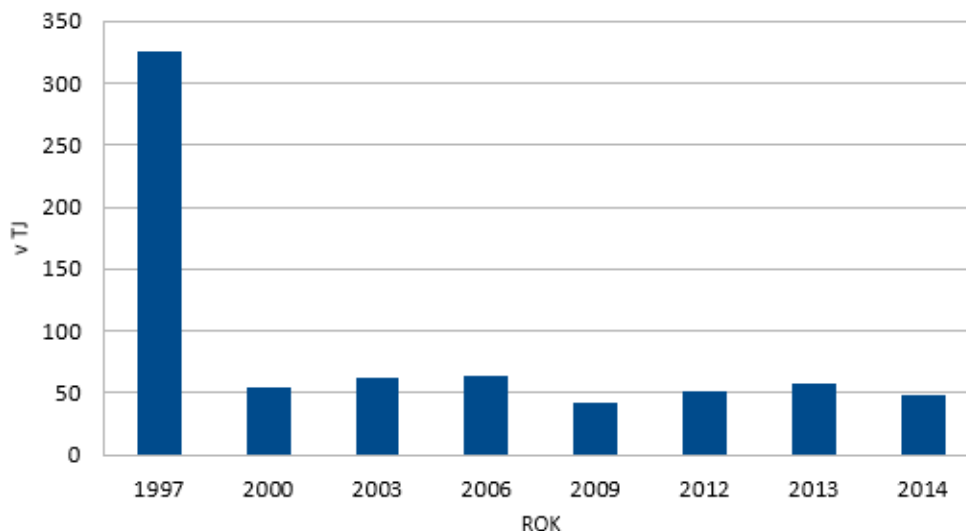
1.1.4.3. Generátorový plyn

Plyn, který se získává v tlakových generátorech při reakci rozžhavených tuhých paliv (uhlí) se vzduchem, vodní párou nebo jejich směsí. Může se ještě najít v literatuře pod názvem syntetický plyn. Slouží jako palivo v průmyslu, především v hutnictví (zejména tehdy, když nebyl k dispozici zemní plyn) a sklářství. Může být použit i jako palivo pro výrobu elektrické energie a tepla (kogenerace – plynové motory určené pro spalování generátorového plynu). Jedním z generátorových plynů je i dřevoplyn¹⁰. Vyráběl se dřevoplynovým generátorem. V automobilovém průmyslu byl využíván především v období druhé světové války. V některých oblastech třetího světa je automobilový pohon na dřevoplyn z generátoru v malé míře používán doposud.

Hlavními spalitelnými složkami generátorového plynu jsou oxid uhelnatý (kolem 28% hmot.), vodík (kolem 12 % hmot.), metan (asi 5 % hmotného podílu) a malá množství dalších plynných uhlovodíků. Kromě dalších nespalitelných látek, jako jsou oxid uhlíčitý (nízký hmot.) a dusík (asi 55 % hmotného podílu). Obvyklá výhřevnost tohoto plynu je 4,6-6,7 MJ/m³. Standardně tímto plynem se dosáhne teplot plamene přes 1000°C.

⁹ Na začátku století se moc používal na rozsvícení ulic a na topení.

¹⁰ Produkt zplyňování biomasy. Během Druhé světové války používán na pohon aut.

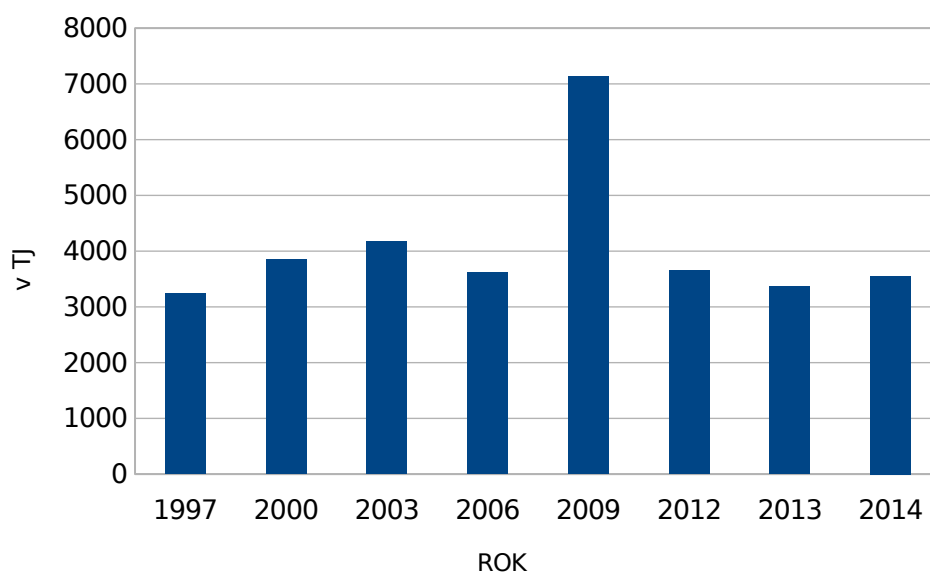


Graf 1.3 :Vývoj výroby generátorového plynu v ČR

Z grafu je vidět značný spád ve výrobě generátorového plyn za poslední dvacet let. To je kvůli modernizace průmyslové výrobě a rozšíření přístupů k zdrojům zemního plynu.

1.1.4.4. Černouhelný dehet

Vzniká jako vedlejší produkt při výrobě koksu z černého uhlí. Je to viskózní, černá kapalina. V průmyslu se široce používá, protože se skládá z asi deset tisíc chemických sloučenin. Často se používá místo ropných produktů – především topných olejů (TŽ Třinec do roku 2013) a dále k získání produktů důležité pro další průmysly. Ve Valašském Meziříčí funguje Deza již od 60. let minulého století. Avšak její historie sahá až do roku 1892, kdy byla v Ostravě zprovozněna první destilace dehtu. Podstata výrobní činnosti společnosti Deza je z chemického bohatství dehtu izolovat jednotlivé chemické látky, které buď využívá k další výrobě nebo přímo prodává svým zákazníkům.



Graf 1.4.: Vývoj výroby černouhelného dehtu v ČR

1.2. Ropa

Ropa byla známa již ve starověku. Asfalt, produkt ropy, byl znám již v dobách prehistorických. Využití a zhodnocení ropy dochází, kdy byly vytvořeny všechny předpoklady pro její těžbu a ekonomické zpracování. Uznávána je organická teorie o vzniku ropy z prehistorických živočišných a rostlinných zbytků. Pod vlivem tepla a tlaku se přeměnily nejprve na kerogen, pak na živice a nakonec na ropu.

Patří do řady důležitých průmyslových surovin. Ropné produkty jsou hlavní pohonnou hmotu využívanou v dopravě: Některé země využívají ropu k výrobě elektrické energie (Japonsko, Irán, USA. Další) Je to základní surovina pro výrobu plastů a velké uplatnění také má ve výrobě léčiv. Vyskytuje se v ložiskách společně se zemním plynem. Při těžbě je buď čerpána, nebo pod tlakem vyvěrá z ložisek ve svrchních vrstvách zemské kůry. Lehčí je než voda, což znamená že je ve vodě nerozpustná. V České republice existuje pár pouze několik nalezišť ropy (Hodonínsko a Břeclavsko).

1.2.1. Chemické a fyzikální vlastnosti ropy

Ropa je kapalina žluté až tmavohnědé barvy, skládající se převážně z uhlovodíků, které jsou doprovázeny pestrou směsí kyslíkatých, dusíkatých a siřných sloučenin. Základní vlastnost je vysoká hořlavost. Je sestavená zejména z uhlovodíků různé molekulové hmotnosti a různé délky jako alkany, izoalkany, cykloalkany a aromáty. Různé struktury těchto uhlovodíků se odráží do různých bodů varu a dalších vlastností. Obvykle, podíl prvků v složení ropy je:

- uhlík - 84 až 87 % hmotnosti
- vodík- 11 až 14 % hm.
- síra- 0,1 až 4 % hm.
- dusík- 0,01 až 1,0 % hm.
- kyslík- 0,05 až 1,0 % hm.

Kromě těchto prvků obsahuje také organicky vázané kovy, zejména vanad a nikl. Většinou platí, že čím je ropa těžší, tj. Čím má větší hustotu, tím větší má obsah hetero atomů¹¹. Sloučeniny s obsahem heteroatomů tvoří další významnou skupinu látek, protože ovlivňují vlastnosti ropných produktů, provoz rafinérských procesů, nebo jsou zdrojem neuhlovodíkových rafinérských produktů, jako je elementární síra. Mezi základní technologické charakteristiky ropy patří její hustota, jenž se stanovuje při teplotě 20 °C. Podle hustoty se ropa dělí na:

1. lehkou – s hustotou 0,61 – 0,85 g/cm³ ;
2. středně těžkou – s hustotou 0,85 – 0,93 g/cm³ ;
3. velmi těžkou – s hustotou 0,93 – 1,05 a víc g/cm³.

1.2.2. Zpracování ropy

Zpracování ropy probíhá v rafineriích nebo petrochemických¹² závodech. Základem

¹¹ Pojem z organické chemie. Definuje atom, který není atom uhlíku nebo atom vodíku

¹² Petrochemie je odvětví chemické technologie která vychází z uhlovodíkových surovin (tradičně z ropy a zemního plynu) a přeměňuje je na jiné látky.

zpracování surové ropy je primární **frakční destilace** a atmosférického tlaku¹³, kterou se ropa rozdělí na jednotlivé skupiny uhlovodíků, které se liší bodem varu (tabulka číslo 1.3).

<i>FRAKCE</i>	<i>DESTILAČNÍ ROZMEZÍ</i>	<i>PRODUKT</i>
<i>plyny</i>	<i>pod 30 °C</i>	<i>topné plyny a zkvalifikované uhlovodíkové plyny</i>
<i>benzin</i>	<i>30 - 200 °C</i>	<i>složky automobilového benzínu</i>
<i>petrolej/kerosin</i>	<i>180 - 270 °C</i>	<i>palivo leteckých motorů</i>
<i>plynový olej</i>	<i>250 - 360 °C</i>	<i>motorová nafta</i>
<i>mazut</i>	<i>destilační zbytek</i>	<i>topný olej, těžký olej, asfalt</i>

Tab. 1.3.: Fáze a produkty frakční destilace

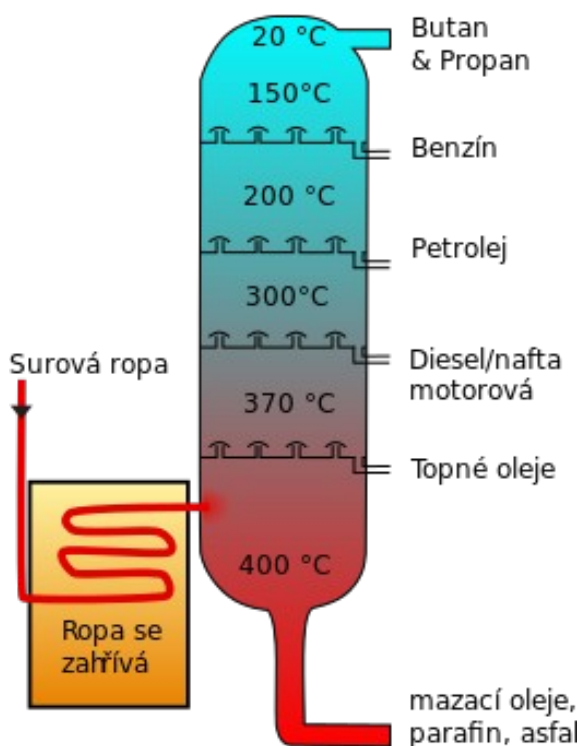
1.2.2.1. Frakční destilace

Destilace je způsob oddělování kapalných látek (nebo kapalných látek od netěkavých) na základě různých bodů varu¹⁴. Uplatňuje se v průmyslu zejména při zpracování ropy ale i v potravinářství při výrobě destilátů. Aby se přistoupilo k atmosférické destilaci, nejdříve se musí provést odsolování ropy. Značná část vody a v ní obsažených solí se odstraní již v místě těžby ropy, aby se do rafinérií nedopravovala voda. Ropa dopravená do rafinérií obsahuje obvykle 0,02 - 0,2 % objemu vody. Anorganické soli se v ropě vyskytují hlavně jako chloridy (NaCl), vápníky a hořčíky. Odvodněná a odsolená ropa se ve výměnících předejde až na teplotu cca 360 °C. Destilace ropy se provádí v atmosférické destilační koloně (věž výšky 50 až 60 metrů) v které tlak nepřekročí 0,15 MPa. Zahříváním ropa se mění do kapalně a plynné fáze. Zde se vytváří pět různých frakcí. Ropné frakce s nízkým bodem varu stoupá vzhůru v koloně a tvoří lehké frakce. Ropná frakce s vyšším bodem varu tvoří těžké frakce. Frakcí při atmosférické destilaci jsou plyny, benzin, střední destilát, motorová nafta a zbytky těžké topné nafty (obrázek číslo 1. 3.). Teplota v destilační koloně však nesmí přesáhnout hodnotu cca 400 °C. Překročení této teploty by způsobilo rozklad molekul a tím znehodnocení suroviny. Právě toto omezení znemožňuje oddělení složek s vyšším bodem varu. Jsou tedy odvedeny ve formě mazutu (zbytek po atmosférické destilaci) k dalšímu zpracování, nebo jsou použity jako palivo.

Kerosin a plynový olej jsou poslední produkty, které jsou z ropy odvozené atmosférické destilací. Aby byly zpracované, frakce těžkých olejů s vyššími body varu jsou k dispozici další procesy, které patří procesům zpracování ropy. Mezi základní petrochemické procesy, kromě frakční destilace, patří pyrolýza, katalytické reformování a katalytické krakování. Těmito procesy se zpracovávají středně a vysoko vroucí produkty destilace ropy a destilační zbytky (mazut apod.). Cílem je příprava pestré palety organických sloučenin, většinou jednoduchých alkanů.

¹³ Může se říct i atmosférická destilace

¹⁴ Bod varu je definován jako teplota, při které je tlak par kapaliny právě roven tlaku okolí. Snížením tlaku okolí je tedy možné snížit bod varu látky.



Obr. 1.3.: Atmosférická destilační kolona

1.2.2.2. Pyrolýza

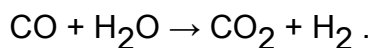
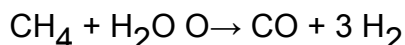
Používá se pro výrobu etylenu z etanu, propanu, primárního benzínu a plynového oleje. Suroviny se po zahřátí v pyrolýzních pecích na 750 až 900 °C rychle ochladí a dělí destilací na jednotlivé složky – etylen, propylen, pyrolýzní benzín a olej. Etylen patří k základní surovině pro výrobu polymerů.

1.2.2.3. Katalytické reformování

Při reformaci vznikají kratší, složitě rozvětvené molekulové řetězce a tak vzniká výkonnější ropná frakce. Uplatňuje se v petrochemickém průmyslu při výrobě benzenu, toluenu a xylenů z primárního benzínu. Surovinou je primární benzín. Vzniklý benzen je zase surovinou pro výrobu řady derivátů. Toluén a xylen mají však jen omezené možnosti použití.

1.2.2.4. Parní katalytické reformování

Metoda, která je nejběžnější a nejlevnější metoda výroby vodíku z metanu. Při teplotách 900 - 1000 °C s využitím katalytických účinků niklu vodní pára reaguje s metanem za vzniku oxidu uhličitého a vodíku, který v reakci vzniká i z oxidu uhelnatého:



Získaný vodík se používá pro průmyslovou výrobu amoniaku, základní suroviny dusíkatých hnojiv, výbušnin a také pro vodíkové palivové články.

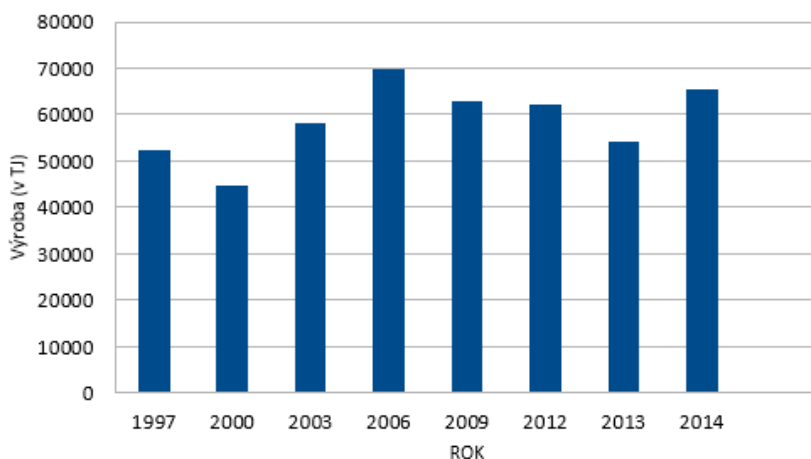
1.2.2.5. Vakuová destilace

Slouží k zpracování mazutu. Ve vakuové destilační koloně je možné z mazutu získat ještě několik frakcí. U vakuové destilace nepřesahuje teplota v aparatuře cca 400 °C. Tlak uvnitř aparatury je ovšem nižší, obvykle v rozsahu 2-10 kPa a tak mohou být frakce rozděleny. Ve srovnání s atmosférickou destilační kolonou má vakuová větší průměr a nižší počet pater. Důvody jsou praktické, je získáván nižší počet frakcí a objem par při sníženém tlaku je větší než při tlaku atmosférickém.

1.2.3. Ropné produkty

1.2.3.1. Benzín

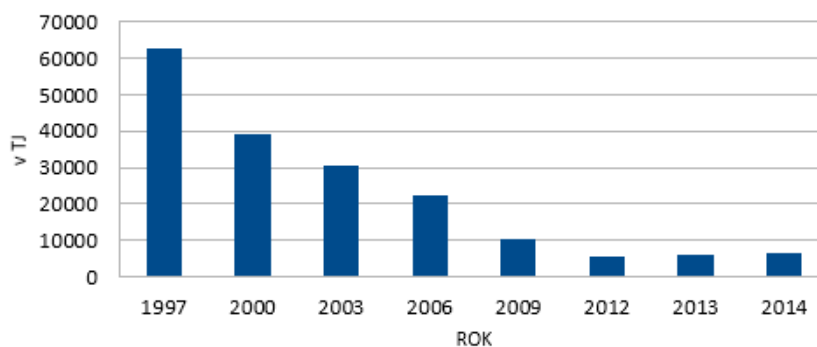
Jedním z nejdůležitějších produktů zpracování ropy. V rámci destilace ropy se tato frakce dělí na tři podskupiny: lehký benzín, střední benzín a těžký benzín. Z lehkého a středního benzínu se obvykle pyrolýzou vyrábí etylén, těžký se pro použití ve spalovacích motorech upravuje reformováním. Směs do spalovacích motorů musí mít vhodné vypařovací vlastnosti a spalovací charakteristiky - viz oktanové číslo. Kromě pohonu motorů se část benzínů používá jako polární rozpouštědla – tzv. technický benzín.



Graf 1.5.: Vývoj výroby benzínu v ČR

1.2.3.2. Plynové (topné) oleje

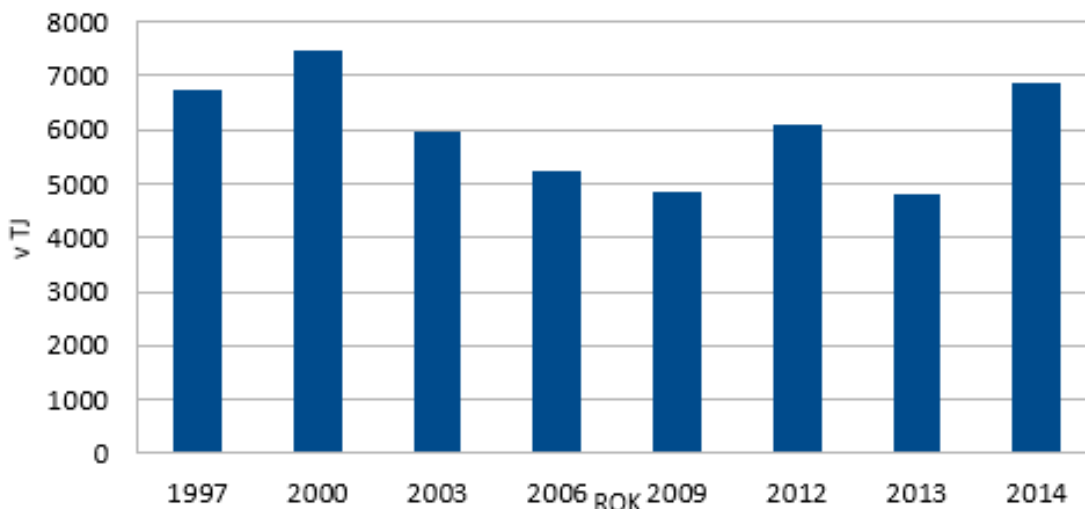
Jsou podobně jako benzíny směsi alkanů, cykloalkanů a aromatických uhlovodíků, mají však vyšší molekulární hmotnost. Liší se podle obsahu síry. Používají se pro výrobu etylenu, propylenu a butenů.



Graf 1.6.: Vývoj výroby topných olejů

1.2.3.3. Petrolej

Je bezbarvá hořlavá uhlovodíková kapalina podobná naftě. Cenným je palivem pro letecké motory, omezeně se využívá pro výrobu etylénu a jiných organických sloučenin. Má výhřevnost 43,1 MJ/kg.



Graf 1.7.: Vývoj výroby petroleje v ČR

1.2.3.4. Mazut

Tvoří v závislosti na zpracovávané ropě až polovinu produktů. Dříve býval hojně využíván jako palivo elektráren a tepláren, vzhledem k obsahu síry ovšem ne příliš kvalitní. Je možné zpracovat ho znovu destilací ve vakuu, díky kterému se sníží bod varu uhlovodíků a oddělí se ještě asi 40 až 60 % olejových frakcí. Ty lze snáze odsířit a používat jako palivo, vyrábí se z nich mazací oleje a parafin. Destilační zbytek vakuové destilace je asfalt, využívaný na povrchy vozovek, podlahy, nátěrové a izolační hmoty. Podobnou, byť daleko časově náročnější cestou vzniká i přírodní asfalt, konečný produkt oxidace ropy, která se přirozenou cestou dostala na zemský povrch. Tyto přírodní výskyty už dnes ztratily průmyslové využití vzhledem k malým zásobám a odlehlosti ložisek, zcela je nahradil umělý asfalt ze zpracování ropy. Výroba mazutu se už dlouho nepoznamenává v energetické statistice, tj. v ČR se mazut nevyrábí.

1.3. Zemní plyn

Zemní plyn je vysoce výhřevná směs složená z plynných uhlovodíků (hlavní složkou je metan- CH₄) a proměnlivého množství ne-uhlovodíkových plynů. Stejně jako i předchozí dvě paliva, vznikl v průběhu několika miliónů let z organických látek, především odumřelých rostlin a těl za vysokého tlaku a absence vzduchu. Vliv má také teplota, obecně platí, že s rostoucí teplotou, tedy s větší hloubkou pod povrchem, se vyskytuje více zemního plynu než ropy, která naopak vzniká za nižších teplot. Kromě toho je ještě jeden způsob tvoření zemního plynu. Prostřednictvím transformace organické hmoty drobnými mikroorganismy. Drobné organismy se běžně vyskytují v oblastech poblíž povrchu země. Tento typ metanu se označuje jako biogení metan.

1.3.1. Chemické a fyzikální vlastnosti zemního plynu

Je to bezbarvá, nezapáchající a hořlavá plynná látka o nízké hustotě. Díky vysokému obsahu metanu se pak zemní plyn řadí mezi velmi výhřevné topné plyny, jejichž spalné teplo se přibližně pohybuje v rozmezí od 33MJ/m³ do 46MJ/m³, přičemž při větším obsahu vyšších uhlovodíků může být spalné teplo ještě vyšší. Příkladem může být směs propanu a butanu (LPG) který je vysoce výhřevný plyn. Používá se zejména pro výrobu tepelné energie. Na rozdíl od předchozích dvou fosilních paliv je hojně používán, protože se považuje za ekologicky přijatelný. Vysoký obsah metanu zabezpečuje nízké množství oxidu uhličitého ve spalinách (až o 50 % méně ve srovnání s tuhými palivy) a při jeho spalování se také uvolňuje jen velmi málo oxidů dusíku.

SLOŽKA	PODÍL
Metan-CH ₄	70-90%
Ethan, propan, butan- C ₃ H ₆ , C ₄ H ₈ , C ₅ H ₁₀	0-20%
Oxid uhličitý- CO ₂	0-8%
Kislík-O ₂	0-0,2%
Dusík-N ₂	0-5%
Sirovodík-H ₂ S	0-5%
Vzácné plyny-Ar, Ne, He	stopy

Tab. 1.4.: Typické složení zemního plynu

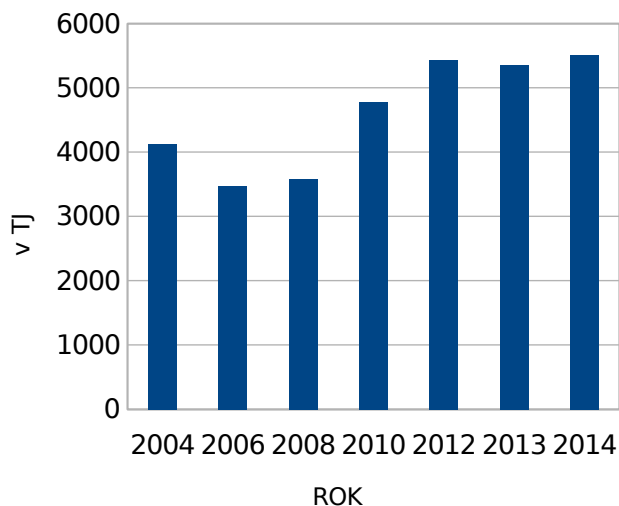
Mimo metanu, zemní plyn obsahuje celou řadu dalších složek jako propan, butan, vyšší uhlovodíky, sirovodík H₂S, CO₂ a další plyny. Podle obsahu a druhu uhlovodíků se zemní plyn dělí na:

- ◆ suché (chudé), které obsahují v podstatě samotný metan;
- ◆ mokré (bohaté) které se od chudých zemních plynů liší vyšším podílem vyšších uhlovodíků (na úkor metanu);
- ◆ kyselé, s vyšším obsahem sulfanu (sirovodíku);
- ◆ zemní plyny s vyšším obsahem nehořlavých plynů tj. inertů¹⁵(zejména dusíku a oxidu uhličitého).

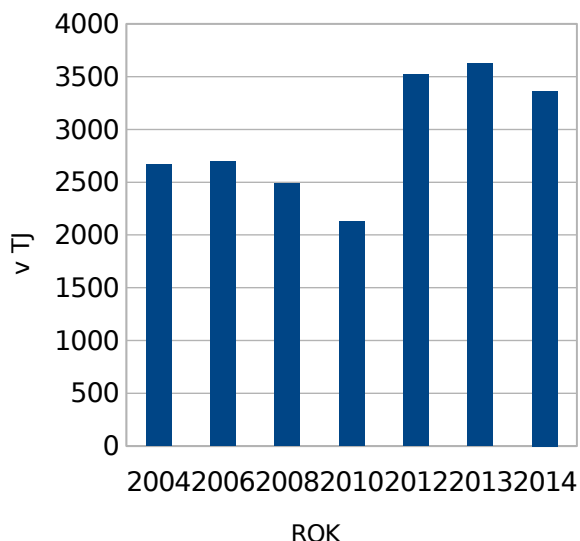
Zemní plyny obsahují pouze nasycené uhlovodíky. Pokud zemní plyn obsahuje uhlovodíky vyšší alkalické řady (C₅ a více), odstraňují se již při úpravě v místě těžby. Jejich směs se nazývá gazolin nebo přírodní benzín. V současné době nejvíce využívaným zemním plynem je tzv. naftový zemní plyn, který vzniká společně s ropou. Pokud se naftový zemní plyn těží společně s ropou, jedná se zpravidla o zemní plyn vlhký. Vedle naftového plynu se dnes využívá i karbonový zemní plyn, který se z bezpečnostních důvodů odtěžuje při těžbě uhlí. Tento plyn je svým složením vždy suchý. Karbonový plyn se vyskytuje v oblastech těžby černého uhlí.

V ČR je evidováno 88 ložisek s bilančními prozkoumanými zásobami 7,5 mld. m³. Těženo je ze 41 ložisek, především z vídeňské a hornoslezské pánve. V přiložených grafech je vidět, že v ČR se těží oba druhy ZP, přičemž je naftový hojnější.

¹⁵ Plyny za daných podmínek nepodléhající chemickým reakcím (kupř. neoxidují za přítomnosti vzduchu)



Graf 1.8. : Výroba ZP- naftového



Graf 1.9. : Výroba ZP- karbonského

1.3.2. Zpracování zemního plynu

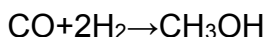
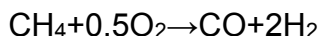
Konečné využití většiny zemního plynu není v chemické výrobě, ale ve spalování pro získání energie (většinou tepla, nyní i elektrárna Počerady). Zemní plyn, který ve většině případů je téměř čistý metan, má dnes obrovský význam pro energetiku, ale je také surovinou chemického průmyslu, hlavně pak ve výrobě syntézního plynu (CO/H₂) a vodíku (Bordochema a.s.). Technologická schéma úpravy a možného zpracování zemního plynu včetně jednotlivých produktů je znázorněno na obrázku číslo 1.4.

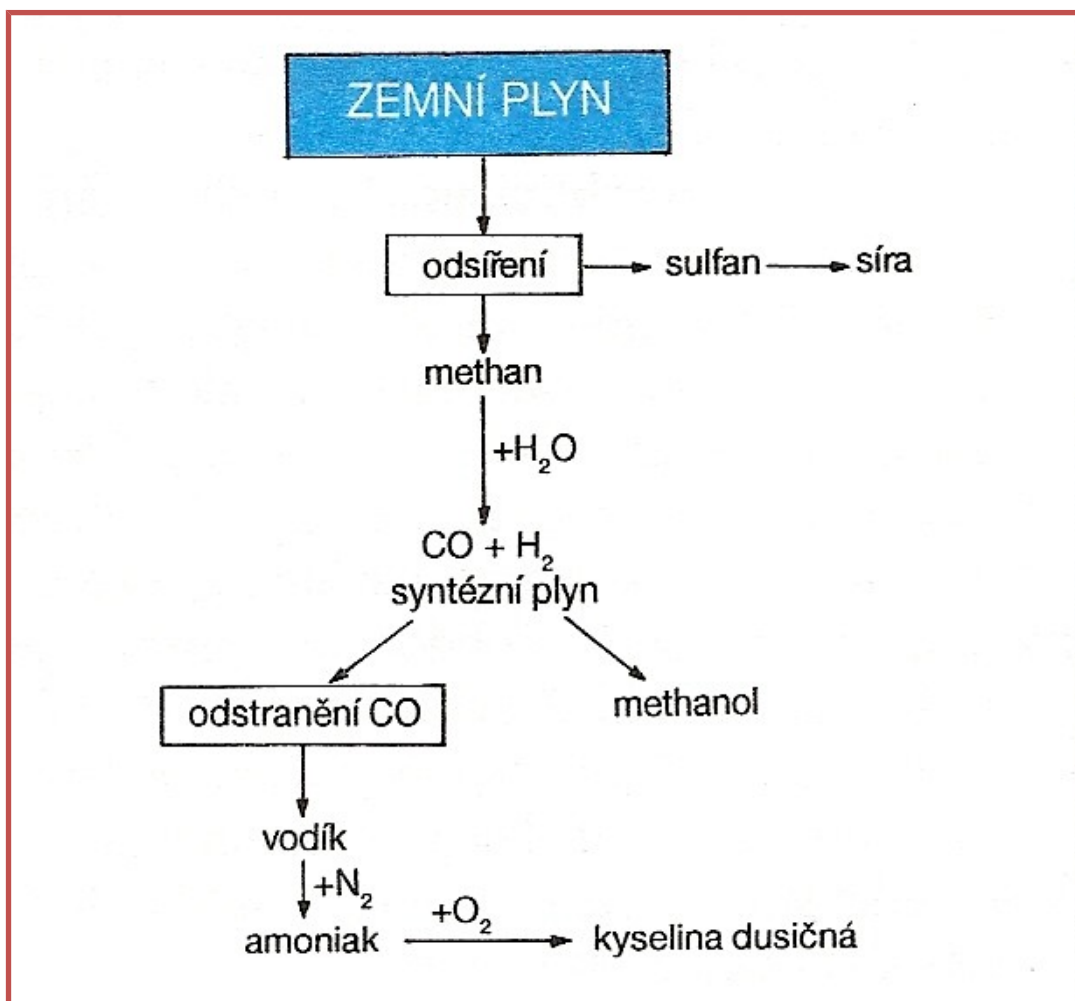
1.3.2.1. Zkapalnění

Před zkapalňováním musí být z plynu odstraněny určité složky, jako prach, kyselé plyny, helium, voda a těžké uhlovodíky, které by mohly způsobit při dalším zpracování potíže. Zemní plyn je pak zkapalněn těsně při atmosférickém tlaku a ochlazován přibližně na teplotu -162°C. Výhodou zkapalněného plynu je, že zaujímá okolo šesti setin objemu zemního plynu ve stavu plynném.

1.3.2.2. Parní reformace

Nejdůležitější úpravou zemního plynu protože umožňuje odsíření a produktem je „čistý“ metan. Provádí se v trubkovém reaktoru, při teplotě 900-1000°C a tlaku 3 až 5 MPa. Probíhá řada reakcí, kde nejdůležitější je tvorba syntézního plynu (směs oxidu uhelnatého a vodíku).





Obr. 1.4.: Zpracování zemního plynu

1.3.3. Produkty zpracování zemního plynu

1.3.3.1. Syntézní plyn

Syntézní plyn je směs skládající se z oxidu uhelnatého, oxidu uhlíčitého a vodíku. Syntézní plyn se vyrábí zplyňováním paliva obsahující uhlík do plynného produktu, který má určitou výhřevnost. Kromě zpracování zemního plynu lze ho vyrobit zplyňováním uhlí ropných produktů. V těchto reakcích, uhlík se spojí s vodou nebo s kyslíkem a dochází ke vzniku oxidu uhlíčitého, oxidu uhelnatého a vodíku. Syntézní plyn se používá jako meziprodukt při průmyslové syntézy amoniaku a hnojiva. Nemůže být spálen přímo, ale je používán jako zdroj paliva.

1.3.3.2. Čpavek (amoniak- NH₃)

Čpavek je bezbarvý, vysoce dráždivý plyn s dusivým zápachem. Není vysoce hořlavý, ale kontejnery amoniaku mohou vybuchnout, pokud jsou vystaveny vysoké teplotě. Většina vyrobeného čpavku je používána v zemědělství jako hnojivo. Amoniak se rovněž používá jako chladicí plyn, na čištění vodních zdrojů, a při výrobě plastů, pesticidů, barviv a textilu atd.

Transformační sektor

Na závěr první kapitoly, která byla odpovědí na úkol popisu transformačních procesů paliv s přehledem výsledných produktů transformací v České republice ještě bych se zmínila o transformačním sektoru který je součástí energetických bilancí. Transformační sektor zahrnuje nejen procesy zušlechťování (transformací) paliv, které jsou předchozích stránkách podrobně probrány, ale i výrobu tepla a energie.

Transformační sektor zahrnuje údaje o množství paliv použitých pro primární nebo sekundární přeměně energie (např. uhlí na elektřinu nebo koksárenského plynu na elektřinu) nebo použitých při transformaci na odvozené energetické produkty (např.: koksovateľné uhlí na koks). Sektor transformace je rozdělen do následujících subsektorů (produkčních činností): elektrárny, kombinovaná výroba tepla a elektřiny, výtopny, závodní elektrárny, závodní kombinovaná výroba tepla a elektřiny, závodní výtopny, černouhelné briketárny, koksovací pece, hnědouhelné/rašelinové briketárny, plynárny, vysoké pece, tepelná čerpadla, olejny.

Na druhou stranu, energetické procesy zušlechťování paliv jsou produktivní činnosti, jejichž výsledkem je zvýšení, respektive změna užitné hodnoty energetických látek (paliv), které jimi procházejí. Za energetické pochody se v energetické bilanci považují jen ty procesy, ve kterých se bilanční formou kvalifikují na jedné straně *vsázka* a na druhé straně *výroba* (využitelné produkty) a ztráty na vsázce. V těchto procesech dochází zpravidla k podstatným chemickým a fyzikálním změnám vsazených paliv a energie. Výkazem EP 8-01 (v příloze DP) se zjišťují data za ukazatele energetické bilance následujících energetických procesů:

- vysokoteplotní karbonizace v koksovnách
- tlakové zplynování uhlí
- výroba kapalných paliv z ropy
- výroba generátorového plynu a energoplynu v průmyslových generátorech
- vysokopecní proces.

Kapitola II

Účelem druhé kapitoly je důkladně popsat proces výroby železa. Kromě samého procesu, postupně rozeberu všechny složky, zařízení a postupy příprav před začátkem vysokopečního procesu, při kterém se se vyrábí železo. Budou jednotlivě vysvětlené všechny složky, zařízení a postupy příprav před začátkem vysokopečního procesu, při kterém se se vyrobí železo. Jeden z vedlejších produktů výše uvedené hutnické práce je vysokopeční plyn. Tento plyn bude hlavním předmětem interpretace v čtvrté kapitole. Proto, je potřeba prozkoumat způsob jeho získávání.

2. Výroba železa

2.1. Historie výroby železa

Železo je základní pro každodenní způsob života kupř. auta, vlaky, stavby, lodě, mosty, to je všechno vyrobeno z železa nebo ze slitiny železa tj. oceli. Ocel je základní pro stroje, které tvoří téměř každý výrobek, který denně užíváme. O železu existují doložené nálezy, podle kterých se používalo už ve starší době kamenné. Protože však ještě několik tisíc let člověk neuměl dosáhnout teplot nutných pro tavbu železných rud, šlo o železo, které se v přírodě nacházelo v ryzí formě (tzv. „meteorické železo“ tj. železo které obsahuje nikl). První železné předměty vyráběné tavbou pozemských železných rud pochází z období 3000 až 2000 let před novým letopočtem z oblasti Egypta, Anatólie (dnešní Turecko), Mezopotámie (území dnešního Iráku) a údolí řeky Indus (dnešní Pákistán). Železo bylo vhodnějším kovem než bronz kvůli vyšší tvrdosti a hojnosti železných rud, i když kvůli vysoké teplotě tavení rud (1300 až 1350 °C) bylo jeho získávání technologicky náročnější. Záhy tak vytlačilo bronz a stalo se nejvýznamnějším používaným kovem, podle něhož byla pojmenována i celá etapa vývoje lidské společnosti – doba železná.

Nicméně, až v 14. století byly vyvinuty pece, které umožnily zároveň i redukci železa i jeho tání tak, aby konečný produkt mohl být odlitý z pece v kapalné formě. Dnešní moderní, velké pece, s jejich velmi vysokou výrobní kapacitou a vynikající spotřebu paliva, jsou výsledkem mnohaletého technického a inženýrského vývoje tohoto metalurgického procesu, který byl nejprve provozován před asi 500 let. Je vidět, že je výroba železa technické umění dávného původu, které se vyvíjelo a dlouhé věky provádělo podle těžce nabývaných zkušeností. Vznikem chemické vědy dostala výroba železa a jeho slitin vědecký podklad.

2.2. Fyzikální a chemické charakteristiky železa

Železo je druhý nejrozšířenější kov a čtvrtý nejrozšířenější prvek v zemské kůře, po kyslíku, křemíku a hliníku. Nevyskytuje se však jako ryzí kov, nýbrž jen v podobě sloučenin. Pokud se ojediněle vyskytne kovové železo, je to železo meteorické. Průměrný obsah železa v zemské kůře je 4,2 % hmot. Co se týče periodické tabulky chemických prvků, nachází se na čtvrtém místě a poznamenán je symbolem **Fe**. Čisté železo je velmi měkké a tvárné. Podobá se svými vlastnostmi mědi, ale již nepatrné množství přímíšenin způsobuje značnou změnu jeho mechanických vlastností

Chemický prvek železo je šedobílý, lesklý, středně tvrdý, feromagnetický kov. Na suchém vzduchu je železo stálé, na vlhkém vzduchu se pokrývá vrstvou hydroxidu. Za vyšších teplotách dobře reaguje s chlorem, fosforem a sírou. Má značnou afinitu¹⁶ ke křemíku a kyslíku. Jemně rozptýlené nebo houbovitě železo je na vzduchu pyroforní.

Velké množství minerálních látek obsahuje železo. Nicméně, jen málo se používají komerčně jako zdroj železa. Minerály, které obsahují významné množství železa, můžou být seskupeny podle jejich chemického složení na oxidy, uhličitany, sulfidy a křemičitany. Průmyslově, nejdůležitější železné rudy jsou:

- **magnetit** (magnetovec) Fe_3O_4 - obsah železa 72 %, vyskytuje se ve Švédsku, Norsku, USA, Severní Africe, u Kutné Hory, v Krušných Horách, na Českomoravské vrchovině
- **hematit** (krevel) Fe_2O_3 - 70 % Fe, vyskytuje se v SAS, Španělsku, Severní Africe, Německu, v Horní Blatné, Hradišti, Narysově
- **limonit** (hnědel) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - obsah Fe v rudě až 63%, naleziště v Švédsku, na Příbramsku, Švédsko, na Příbramsku
- **siderit** (ocelek) FeCO_3 - obsah Fe v rudě až 40%, vyskytuje se v Rusku, Rakousku, SAS, na Příbramsku.
- **pyrit** (markazit) FeS_2 - obsah Fe v rudě až 46% vyskytuje se v Rusku, Kanadě, Austrálii, Indii, Zlaté Hory v Jeseníkách, Hromnice u Plzně.

Z přehledu je zřejmé, že se největší část surovinových zdrojů, které lze použít pro výrobu železa, nachází mezi Berounem a Plzní a na druhé straně, v okolí Příbramska a Kutné Hory. Na výrobu kvalitního železa je potřeba používat rudy, které mají od 70 do 50 procent železa. Rudy, které nesplňují požadavek je potřeba zušlechtit, čím se výroba stává peněžní náročnější.

2.3. Proces výroby železa

Existují dva základní typy podniků na výrobu železa. První je *integrováný hutní podnik*, v kterém se zpracovává železná ruda, vyrábí z ní aglomerát, který spolu s koksem a dalšími přísadami sází do vysoké pece. V ní se vyrobí tekuté surové železa, které je následně zpracováváno na ocel v kyslíkových konvertorech a se dále odlévá na ZPO (zařízení plynulého lití) nebo se z ní odlévají ingoty. Ve světě se touto technologií vyrábí cca 65% ocele z celkové výroby

¹⁶ Schopnost slučovat se chemicky s jinými látkami.

tj. 1,5 miliard tun ročně, zatímco se v Česku cca 90% ocele tímto způsobem produkuje. Jiný druh podniků začíná s výrobou železa v *EOP (elektrických obloukových pecích)*, kde je, jako vsázka je používán ocelový a litinový šrot a další přísady. Pochod v obloukové peci je založen na elektrickém proudu, který prochází přímo ohřivaným materiálem a na něm se tvoří elektrický oblouk, který ho ohřívá. Kvůli rovnoměrnému zatížení napájecí soustavy bývají velké obloukové pece konstruovány vždy jako třífázové, elektrický oblouk je veden ze všech tří fází najednou. Při výrobě oceli se jedná o jeden z největších elektrických spotřebičů vůbec. Vyrobené tekuté železo je odlito na ZPO nebo do formy ingotů. Použití této technologie přináší výrazné úspory – snížení spotřeby energií o cca 70% a emisí skleníkových plynů o cca 80% oproti první technologii. Ve světě se touto cestou vyrábí cca 35%, v ČR cca 10% z výroby oceli. Posledních par let se stále víc ve světovém měřítku do provozu pouštějí elektrické obloukové pece. Sice, existují myšlenky neboť předpovědi, že tyto pece nahradí současnou vysokou pec, ale většina odborníků souhlasí, že je to už přehnané.

Lze se zmínit o ještě jedné kategorii závodů. To jsou ty, které nemají vlastní vysoké pece a zabývají se zkujňováním dováženého surového železa a dalším zpracováním vyrobené oceli. Protože tyto závody potřebují pro ocelárny a ostatní provozy velké množství plynu, musí být bud vybaveny generátorovými plynárnami dostatečné kapacity nebo se připojují na dálkové potrubí s vhodným topným plynem. Je zřejmé, že druh závodu má velký vliv na vlastní vysokopecní provoz. Vysoká pec potřebuje k svému provozu řadu pomocných zařízení.

2.3.1. Vstupní suroviny

Čisté železo se dá připravit jen se značnými obtížemi. Technické čisté železo vyráběné v průmyslu dosahuje čistoty 99,80 až 99,90%. Nejčistější železo je železo připravené v laboratoři a dosahuje čistoty až 99,99%. Čisté železo má dobrou tepelnou a elektrickou vodivost, ale v technické praxi se používá jen k některým zvláštním účelům. Největší význam pro technickou praxi mají slitiny železa s jinými prvky, zejména s uhlíkem. Tyto slitiny (označované souhrnně jako *technické železo*) mají vlastnosti velmi odlišné od čistého železa. Nejznámější druhy technického železa jsou: surové železo, litiny a ocel. Tudiž se tento kapitola zaměřuje na vysvětlení výroby surového železa, v pokračování budu uvedené všechny důležité věci na získání této slitiny. Surové železo obsahuje více než 1,7% (obvykle 3,5 až 4,5%) uhlíku a jiných prvků, hlavně mangan, křemík, fosfor, síru a některé další prvky. Produkuje se téměř výhradně ve vysokých pecích, ze železných rud, s použitím koksu jako paliva a vápence jako struskotvorné přísady. Největší část vyrobeného surového železa se spotřebuje k výrobě oceli.

2.3.1.1. Oxidy železa

Oxidy železa se dodávají do závodu ve formě surové rudy, pelet nebo spolčenců (aglomerátů). *Železná ruda* se těží v povrchových nebo hlubinných dolech a ve vysokých pecích se z ní taví železo, které se spotřebovává na výrobu mnoha věcí. Surová ruda se odstraní ze země a upravuje na kousky, jejichž dimenze se pohybují od 1,5 do 4 cm. Taková modifikace rudy je možná buď s hematitem, nebo magnetitem, protože obsah železa u nich se pohybuje 50% do 70%. Teto kvalitní, železné rudy lze nabíjet přímo do procesu zpracování železa bez jakéhokoli dalšího upravení. Ruda, která zahrnuje nižší obsah železa, musí být zpracovaná nebo zušlechťená aby se zvýšil její podíl železa. *Pelety* jsou vyráběny z min bohatých oxidů železa. Ruda je drcená a rozemletá na prášek, tak ať lze odstranit odpadový materiál pojmenovaný hlušina. Z čistého prášku se dál tavením dělají kuličky, které obsahují 60 až 65% železa. *Spečenec* se vyrábí ze syrové rudy, zůstatků koksu, vápence a mnoha dalších, odpadních látky, které obsahují železo.

-Magnetit má chemické složení Fe_3O_4 , což odpovídá 72,36% železa a 27,64% kyslíku. Má tmavošedou až černou barvu. Ukazuje silně magnetické vlastnosti, že může působit jako přírodní magnet. Magnetické rysy magnetitu jsou důležité, protože dovolují magnetickou separaci magnetitu od hlušin s účelem výroby vysoce kvalitní suroviny. Magnetit se vyskytuje v metamorfovaných a sedimentárních hornin. Jako zdroj železa je důležitý minerál. Taky, někdy, magnetit obsahuje v malých množstvích i titan. Pokud je obsah titanu dosáhne 2-15% nebo více je magnetit je nazývána titan magnetit.

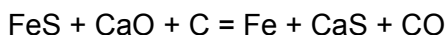
-Hematit má chemické složení Fe_2O_3 , odpovídající 69,94% železa a 30,06% kyslíku. Má šedou, tmavočervenou až jasně červenou barvu. Může být buď zemitě formy, kompaktní nebo krystalické. Je jedním z nejdůležitějších železných minerálů. Má široký výskyt u mnoha druhů hornin a různých je původů. Vyskytuje se v žilných ložisek, metamorfovaných a sedimentárních hornin, a jako produkt zvětrávání magnetitu.

2.3.1.2. Koks

Uhlí je další surovinou požadovanou pro výrobu železa a oceli. Z předchozí kapitoly je známo, že koks má ten nejvyšší podíl uhlíku, který má několik důležitých funkcí v procesu. Hlavní funkce koksu jsou: vyrobit teplo potřebné k tavení, dodat chemická činidla (uhlík a oxid uhelnatý generovaný u trysek) pro redukci železné rudy a podporovat zátěž. Kromě toho, uhlík se dodává, protože se rozpouští v horkém kovu. V chemických reakcích, uhlík spíše pomáhá sublimaci¹⁷ než tání. Koks zachovává svou pevnost při teplotách vyšších než je teplota tání surového železa a strusky. Tak, poskytuje strukturální podporu, která udržuje optimální zátěž materiálů z pádu do krbu. Přítomnost uhlíku vede k tvoření kysličníku uhelnatého. Tento plyn se obvykle používá k předehřívání vzduchu a pro výrobu energie pro provoz dmýchadel. Takto velká část energie se vrací zpátky do provozu. Přebytek plynu je často používán v jiných částech závodu.

2.3.1.3. Vápenec

Vápenec (CaCO_3) je nerost, který vznikl ze schránek mořských živočichů, jenž se usazovaly na mořském dně v dávných dobách. Postupně se přeměňovaly v kámen. Má nejčastěji šedivou barvu. Využívá se hlavně ve stavebnictví jako stavební kámen. V cementárnách se vyrábí z vápence cement, ve vápenkách se pálí vápno, které se přidává do malty na stavbu domů. V hutnickém procesu je jedna z primárních surovin, která pomáhá odstranit nečistoty ze železné rudy a pomáhá vytvořit novou látku, strusku, s nízkým bodem tání a vysokou tekutost. Nečistoty se odstraňují tak, že se uhličitán vápenatý rozloží, přičemž vytváří oxid uhličitý a oxid vápenatý. S rostoucí teplotou oxid vápenatý bude reagovat se sírou ze železa formující roztavenou tekutinu tj. strusku.



Jestli je vápenec znečištěn kyselými látkami obsah CaO je jeho složení je taky nižší. Dal, to znamená, že je nutno přidávat do vsázky větší množství vápence, což je spojeno i s větší spotřebou paliva, potřebného k jeho tavení.

2.4. Vysokopecní proces

Surové železo se vyrábí ve vysokých peci více než 600 let. Vysoká pec je nejdůležitějším agregátem v procesu výroby oceli. Roční výroba surového železa ve vysokých pecích se

¹⁷ Přeměna, při které se pevná látka mění na plyn, aniž by došlo k tání pevné látky (tedy bez průchodu kapalnou fází).

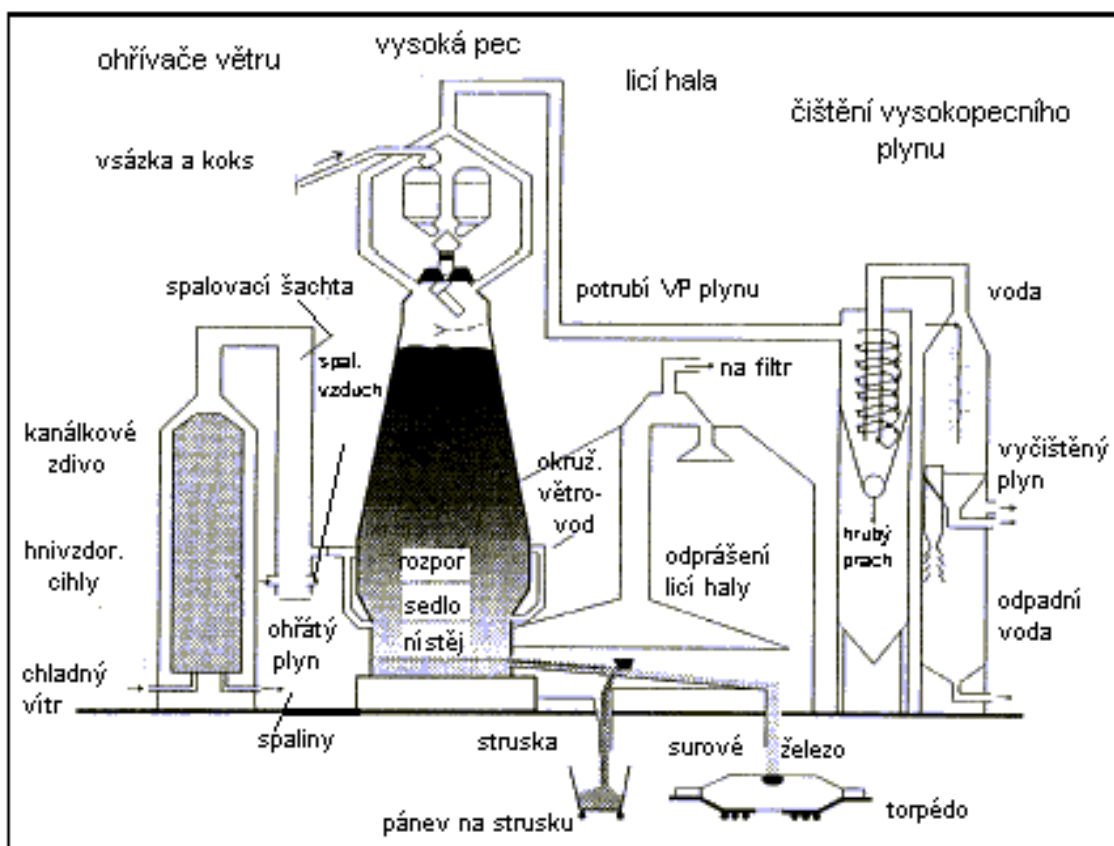
pohybuje v průměru na úrovni 1,1 mld. tun/rok a v jiných agregátech cca 0,06 mld. tun/rok. K ujasnění teorie vysokopecního pochodu mohlo dojít teprve tehdy, když zásadní objevy Lomonosovy položily základy k moderní chemii.

Vysoká pec je obrovský ocelový kontejner, mnoho metrů vysoká a lemovaná s tepelně odolným materiálem. Pevné suroviny (koks, železné rudy a vápenec) jsou přidány z horního otvoru a horký vzduch je vyfoukaný zdola. Vysoká pec je nejteplejší ve spodní části, kde koks hoří. Nejchladnější je v horní části, kde se železo formuje a stéká ke dnu, odkud odtéká ven z pece. Před výfučnými hoří v proudu horkého větru rozžhavený koks a na jeho místo klesají neustále další dávky metalurgického koksu. Vysoká pec je uzavřený systém, pracující nepřetržitě. Na sazebnu vysoké pece se dopravují zavázečím zařízením suroviny potřebné k výrobě surového železa. Jede o materiály obsahující Fe (kusová železná ruda, aglomerát a/nebo pelety), aditiva (struskotvorné přísady jako je vápenec) a redukční činidla (koks) a to plynule vrcholem pecní šachty pomocí zavázečícího systému, který současně zabraňuje úniku vysokopecního plynu. Všechny látky se zavážejí do pece v přesně stanoveném poměru a tvoří základní jednotku pojmenovanou **vysokopecní vsázka**. Vysoká pec je zařízení, které zpracovává velké množství surovin za vysokých teplot, přičemž vznikají výbušné a otravné plyny, tekutý kov a struska. Proto musí být jednotlivé části vysoké pece konstruovány tak, aby byla zaručena jejich nejvyšší provozní bezpečnost a jistota. Vysoká pec může být za provozu namáhána zatížením, jehož velikost nelze přesně odhadnout. Spodní části pece musí být provedeny tak, aby se bránilo styku roztaveného kovu a strusky s chladicí vodou, při kterém by nastal prudký výbuch. Jednotlivé části pece se musí chladit způsobem, který je vhodný vzhledem ke konstrukci pece a tepelným účinkům, jimž je příslušná část pece vystavena. Z těch důvodů se při vysokopecním procesu spotřebuje velké množství chladicí vody k chlazení části, které jsou vystaveny vysokým teplotám. Značně množství vody se spotřebuje také při čištění plynu a granulaci strusky. Vysokopecní pochod musí být stále kontrolován, aby byla zajištěná jeho bezpečnost a nejvyšší hospodárnost. K tomu účelu jsou dnešní vysoké pece vybaveny řadou měřících a kontrolních zařízení a přístrojů.

Účelem vysokopecního procesu je chemicky redukovat a přeměnit oxidy železa do tekutého železa s názvem "surové železo". Suroviny potřebují šest až osm hodin aby spadly do spodní části pece, kde se z nich stávají konečné produkty tj. tekutá struska a tekuté železo. Tyto kapalné produkty jsou odváženy z pece v pravidelných intervalech. Horký vzduch, který se pohání do spodní části pece stoupá k vrcholu v průběhu šesti až osmi sekund, přičemž prochází hodně chemických reakcí. Po spuštění, vysoká pec bude nepřetržitě běžet čtyř až deseti let s jen krátkou odstavením pro plánovanou údržbu. -Vysokou pec je možno rozdělit na 6 teplotních zón.

1. Kychta (sazebna) - v ní dochází k zavážení vsázky a odvádění vysokopecního plynu. Hlavní součásti sazebny jsou: zavázečící zařízení, odvody plynu a plošina sazebny s montážním zařízením. Konstrukce sazebny musí být dokonale těsná a odolávat vysokým teplotám a tepelným změnám. Hlavní funkce sazebny je rovnoměrné rozdělení vysokopecní vsázky po celém vodorovném průřezu vysoké pece a současně umožňovat v nejširších mezích i změnu způsobu zavážení tzv. Řízení chodu vysoké pece shora. Druhým důležitým úkolem sazebny je pravidelné odvádění vysokopecního plynu s nejmenšími ztrátami.
2. Šachta - v šachtě předává horký vysokopecní plyn své teplo pevné vsázce. Teplota vsázky stoupá proti teplotě okolí na cca 950°C a oxidy železa se v této zóně částečně redukuje. Má největší vliv na délku pracovní doby vysoké pece mezi dvěma středními opravami. Vyzdívka šachty je totiž vydána největšímu počtu rušivých vlivů, které zkracují její životnost.

3. Rozpor -připojuje šachtu k sedlu vysoké pece. V této části roste teplota na asi 1250°C. Nastává další redukce oxidů železa a začíná reakce s koksem.
4. Sedlo - reakce koksu se vsázkou pokračuje. Tvoří se tavenina železa a strusky. Spodní část sedla je těsně nad pásmem nejvyšších teplot, takže je vystavena jejímu působení. Na vyzdívku působí kromě toho i horké plyny proudící z nístěje, tekuté železo a prvotní struska, které stékají do nístěje.
5. Výfučny - do pece se zavádí proud horkého vzduchu pomocí většího počtu výfučen (16 až 42). Výfučny jsou umístěny okolo horního obvodu nístěje a jsou propojeny velkou rourou obtočenou okolo pece ve výšce sedla (okružní větrovod). Ve vnitřním prostoru u výfučen může teplota překročit 2000 0 C a oxidy se zcela redukují. Konstrukce výfukové soupravy musí být pevná, při tom však lehká a jednoduchá.
6. Nístěj - shromažďuje tekuté surové železo a strusku. Okolo nístěje jsou umístěny jeden až čtyři otvorů pro vypouštění surového železa a strusky, přičemž jeden nebo dva jsou v kteroukoliv dobu v provozu. V nístěji jsou i otvory pro přívod větru, které se musejí dokonale chladit a udržovat, neboť jím denně protékají obrovská množství železa a strusky. Je to nejvíce namáhaná část vysoké pece. Musí být postavená z nejjakostnějšího žáruvzdorného materiálu. Chlazení musí být velmi intenzivní a provádí se chladničkami nebo vnějším poléváním.



Obr. 2.5.: Detailní příkaz vysoké pece

Šachta, rozpor, sedlo a pás výfučen mají typické chlazení vodou, zatímco se nístěj chladí vodou, olejem nebo vzduchem. Vnitřní objem vysoké pece se pohybuje od 1300 do 6500 m³. Jednotková produkce vysoké pece se pohybuje asi od 0,5 mil.t/rok u malých pecí až po cca 5,5 mil. tun/rok u velkých vysokých pecí.

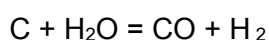
Vyzdívka vysoké pece je vystavena různým vlivům: tepelným, chemickým a fyzikálním. Ve většině případů působí společně všechny. Však, v každé části pece převládá jiný z těchto činitelů a proto musí mít žáruvzdorný materiál v jednotlivých částech vysoké pece různé vlastnosti.

2.4.1. Chod vysoké pece a jeho řízení

Chodem vysoké pece rozumíme souhrn všech fyzikálních a chemických pochodů probíhajících v ní. Maximální výrobnosti vysoké pece při současném zajištění nejvyšší hospodárnosti provozu může být dosaženo jen při rovnoměrném chodu vysoké pece. Proto hlavním úkolem je udržet za všech okolností pravidelný chod vysoké pece. Pravidelným chodem pece rozumíme takový chod, při němž jsou poměry v peci ustálené, vyvážené a všechny pochody probíhají hladce. Za současných surovinových a technologických podmínek i při pečlivém dodržování předepsaných pokynů objevují se v chodu pece větší nebo menší výkyvy. Příčinami výkyvů jsou kolísání chemického složení zpracovávaných surovin a zejména pak nepravidelnosti v ukládání zavážených surovin na sazebně vysoké pece. Vhodným řízením chodu je však možno vliv těchto činitelů podstatně omezit nebo zcela vyloučit. Celý proces probíhá průběžně a odstávky pecí a přerušování výroby nastávají obvykle jednou za 5 až 15 let. Existuje více konstrukčních variant pecí. Snahou je využít co nejefektivněji teplo a odpadní plyny - obojím se předejde hřívání vzduch vháněný do pece i pevná vsázka. Pro vylepšení energetické bilance a zvýšení výkonu pece se výfukami může do ní přivádět i zemní plyn, ropa nebo její deriváty, uhelný prach nebo kyslík. Základní konstrukce vždy využívají jako vyzdívku žáruvzdorný materiál - nejčastěji šamot.

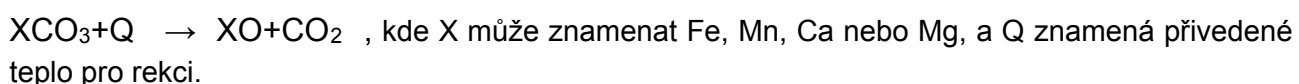
2.4.2. Fyzikálně chemické změny surovin

Materiál zavezený do vysoké pece prodělává tedy při svém průchodu vysokou pecí několik důležitých změn. Začíná se s vypařováním vlhkosti okamžitě po spuštění čerstvé vsázky do vysoké pece, neboť materiál přichází okamžitě do styku s vysokopecním plynem ohřátým na 150-300°C. Případnou vlhkosti (H₂O) při přítomnosti vzduchu během spalování koksu přichází k reakci uhlíku. Tato reakce neprodukuje teplo, jako by bylo v případě vysušené vsázky, ale spíše spotřebovává teplo. Na každou jednotku uhlíku tato reakce produkuje více redukčního plynu než je případ samotného spalování uhlíku ve vzduchu. Kdy uhlík hoří ve vzduchu, produkuje pouze jednu jednotku CO, ale při reakci s H₂O, vytváří jednu jednotku CO a jednu jednotku H₂. Tato chemická reakce se vyjadřuje následující rovnicí:



Aby se neztrácelo teplo je potřeba pečlivě provést fázi vypařování. Některé druhy rud obsahují mimo vlhkost ještě chemicky vázanou vodu k jejímuž uvolnění je potřeba větších teplotách. V závislosti na kvalitě rudy je potřeba dosáhnout od 300 do 600°C. Úplný rozklad hydrátů končí až při teplotách kolem 800°C

Ve vsázkových surovinách jsou obsaženy některé uhličitany. Kromě uhličitany železa (380°) vyskytují se v rudách i uhličitany manganu (560°) a téměř vždy ve vsázce vápence je uhličitany hořečnatý (650°). Každý z nich se rozkládá při různých teplotách, jak je v závorkách uvedeno. Při zahřívání se rozkládají uhličitany na kovové kysličníky a kysličníky uhličitý podle obecně rovnice:

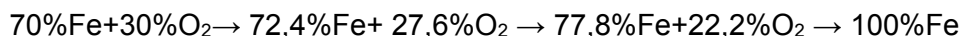
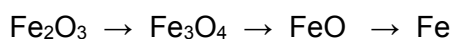


K jejím rozkladům se spotřebuje značné množství tepla. Rozklad uhličitany závisí nejen na

teplotě, ale i na velikosti kusů a na složení a rychlosti proudících plynů. Tak kupř. velké kusy vápence se rozkládají velmi pomalu a někdy přicházejí nerozloženy až před výfučiny, což působí nepříznivě na chod vysoké pece. Proto je potřeba svážet do pece kusy vápence ne větší než 75cm. Dále, do horních částech sazební unikají prchavé látky koks. Koks použitý ve vysoké peci obsahuje jen nepatrné množství těchto látek (max. do 2%). Převážná část uniká již při nevysokých teplotách (teplotách vypařování) a zbytek prchá při teplotě kolem 800°C.

2.4.2.1. Redukce

Železo se vyskytuje v železných rudách hlavně v podobě kysličníků. Aby se získalo železo v podobě kovu, z rud tj. z kysličníků železa se musí odstranit (redukovat) kyslík nějakou látkou, která má ke kyslíku větší afinitu než železo. Tato látka se nazývá *redukovadlem*. Za potřebu výroby surového železa ve vysoké peci hlavní redukční prostředkem je kysličník uhelnatý (v plynech) nebo uhlík (obsažen v palivu). Redukce začíná často již v nejhořejších částech pece. Rychlost a stupeň redukce je závislá na několika činitelích, z nichž hlavní jsou: složení rudy, tlak, rychlost, teplota, složení redukujícího plynu apod. Redukce probíhá postupně, od kysličníků vyšších na nižší a teprve potom na kovové železo. Posloupnost redukce se může přestavit takto:



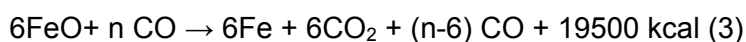
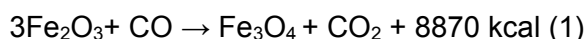
Z uvedeného je zřejmé, že obsah kyslíku v rudě se postupně snižuje s pomocí redukovadel. V závislosti vyberu redukovadla, kysličník uhelnatý nebo uhlík, existují dva postupy předvádění redukce tj. nepřímá a přímá redukce.

a) Nepřímá redukce

Nepřímou výrobou se vyrábí převážná část současné produkce. Chudší rudy a rudy, které nelze přímo ve vysoké peci redukovat (siderit a křemičitanové rudy) se nejprve upravují pražením a dalšími pochod. Teprve poté se používají pro samotnou výrobu surového železa. Vzhledem k energetické náročnosti a environmentální zátěži těchto procesů se od zpracování uhličitanových a křemičitanových rud až na výjimky upouští.

Co se týče samého procesu redukce kysličníkem uhelnatým, začíná někdy již v sazebně vysoké pece, protože vysokopecní plyn je často vyšší teploty, než je nutná k redukcí. Redukce probíhá obvykle na povrchu kusů rudy, protože plyn nemůže dobře proniknout až do jejich vnitřek, zvláště jestli je ruda hustá, málo pórovitá. Při poměrně špatné tepelné vodivosti rudy se vnitřek kusů prohřeje na redukční teplotu až po delší době. Z těchto důvodů se ruda nemůže úplně vyredukovat plynem a redukce se ukončí až v pásmu vysokých teplot uhlíkem z paliva (přímá metoda).

Nepřímá redukce ve vysoké peci probíhá podle těchto rovnic:



Výsledná rovnice je:



Je jasně, že celá reakce exotermická čili tepelné zabarvení reakce bude kladné. Navenek se to

projevuje mírnějším poklesem teploty plynu v pásmu nepřímé redukce.

Aby kysličník uhličitý, vznikající při těchto redukcích, znovu neokysličoval již vyredukované kysličníky, popř. železo, musí vždy být v přebytku. V rovnicích je vyjádřen přebytek obecním koeficientem n . Velikost koeficientu pro různé teploty se dá přibližně stanovit s pomocí rovnovážných diagramů sestavených pro rovnice (2) a (3).

Průběh redukce je nepříznivě ovlivňován přítomností většího množství uhličitánů ve vsázce, neboť při jejich rozkladu vzniká CO_2 , který snižuje koncentraci CO , a tím i redukční schopnost plynu. Redukce nepřímá probíhá v pásmu teplot 230-950°. Při teplotách nad 950° za přítomnosti žhavého uhlíku není kysličník uhličitý schopný existence a proto nemůže probíhat nepřímá redukce.

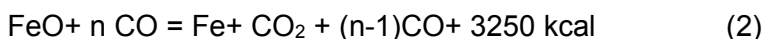
b) Přímá redukce

K přímé výrobě se používají kvalitní rudy s vysokým obsahem železa a malým obsahem nežádoucích příměsí. Typické je použití jiných paliv a redukčních činidel než koksu - proto se souhrn těchto metod obecně nazývá bez koksová metalurgie železa. Jako paliva mohou sloužit lignit, hnědé uhlí, těžké ropné oleje, dehty a zemní plyn.

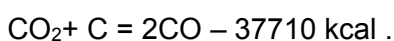
Kdy ruda ve vysoké peci přijde do pásmu teplot nad 950°C, ustává redukce kysličníkem uhelnatým z vysokopecního plynu a nevyredukované kysličníky železa se začínají redukovat tuhým uhlíkem koksu, tj. vyskytuje se přímá redukce podle rovnice:



Podle této rovnice by se zdálo, že se FeO redukuje výhradně přímým stykem se žhavým uhlíkem. Ve skutečnosti se však stýká rozžhavený uhlík koksu s kysličníky železa jen na poměrně malé části povrchu kusů rudy, takže při přímé redukci převládá redukce kysličníkem uhelnatým:



CO_2 který vzniká při této reakci, se však při teplotách nad 950°C redukuje žhavým uhlíkem na kysličník uhelnatý:



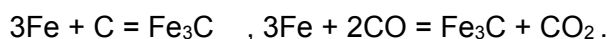
Vzniklý CO znovu reaguje s FeO podle rovnice (2). Pro průběh přímé redukce je nutné, aby kysličník uhličitý přecházel v uhelnatý tak rychle, aby se stačil nahrazovat CO spotřebovaný v redukci. Tato podmínka je vždy splněná při teplotách nad 900°C. Konečný výsledek obou reakcí je stejný, jako kdyby redukce probíhala pouze tuhým uhlíkem. Konečně, z rovnice (1) vyplývá, že přímá redukce je endotermickou a vyžaduje k svému průběhu přívod značného množství tepla.

Na závěr, porovnáme-li přímou a nepřímou redukci, zjistíme, že přímá redukce spotřebuje mnoho tepla, kdežto nepřímá redukce vykazuje dokonce malý přebytek tepla, právě v tom je velká přednost nepřímé redukce. Kladem přímé redukce je nižší spotřeba uhlíku. Její nevýhodou je však ta okolnost, že veškeré množství uhlíku, nutné pro přímou redukci, spotřebuje kyslík rudy. Přímá redukce tedy snižuje množství uhlíku, jež by normálně shořelo před výfučnami a tím snižuje i množství tepla v nístěji vysoké peci. M.A.Pavlov dokázal, že nejehospodárněji pracuje vysoká pec tehdy, probíhá-li redukce vyšších kysličníků železa na nižší výhradně kysličníkem uhelnatým a vyredukuje-li se nepřímě 75-80% kysličníku železnatého na kovové železo. Zbytek tj. 25-20% FeO se má vyredukovat tuhým uhlíkem.

2.4.2.2. Nauhličení a tavení železa

První kovové železo tzv. *železná houba* se objevuje v dolní části šachty při teplotách kolem 700°C. Při teplotách 900 až 1000°C se toto houbovitě železo tvoří již ve značném množství, a v rozporu. Železná houba obsahuje málo uhlíku (obvykle pod 1%). V rozporu pece nastává intenzivnější styk železné houby s uhlíkem. S rostoucím obsahem uhlíku v železe klesá jeho teplota tání, takže v sedle se již začínají objevovat kapičky surového železa a obsahem 3-4% uhlíku. Teplota tání železné houby je kolem 1450°C, tedy příliš vysoká, než aby jí mohlo být v této části pece dosaženo.

Nauhličování probíhá působením kysličníku uhelnatého, který může pronikat do nitra železné houby. Průběh nauhličování se může takto představit:



Kapky nauhličeného železa stékají do nístěje a při stékání se setkávají se žhavým koksem, přičemž se obsah uhlíku v kapkách železa může zvýšit nad 4,3%, ale také snížit, podle toho které prvky se v železe rozpustily. Prvky, které podporují rozpustnost uhlíku v železe, jsou chrom, mangan, vanad a titan a jsou obvykle zastoupeny v menší míře, než prvky které rozpustnost zhoršují tj. křemík, fosfor a síra. Z toho důvodu bývá obsah uhlíku v surovém železe nižší než 4,3%.

Nauhličování nevyžaduje jako část vysokopecního pochodu zvláštní pozornost, protože probíhá samočinně a neleze je prakticky ovlivňovat. Obsah uhlíku v surovém železe se sám upraví podle obsahu ostatních přímíšenin (hlavně manganu a křemíku). Nauhličení je nevítanou složkou při výrobě surového železa, protože zvyšuje obsah uhlíku v něm a při výrobě oceli se pak musí větší část uhlíku pracně a nákladně odstraňovat.

2.4.2.3. Tvorba strusky

Ve vysokopecní vsázce musí být kromě rud a koksu ještě minerální látky tzv. struskotvorné přísady. Jejich hlavní úkol je tvořit s hlušinami rud a popelem koksu taveninu s nižší teplotou tání (strusku), která se dá z vysoké pece snadno vypustit. Nejdůležitější struskotvornou přísadou je vápenec. Struska má nejen odstraňovat hlušiny z vysoké pece, ale má též velký vliv na průběh vysokopecního pochodu a na složení vyrobeného, surového železa.

Tvorba vysokopecní strusky je velmi složitým procesem. Struskotvorné látky, obsažené ve vsázce, klesají postupně vysokou pecí a ohřívají se stále na vyšší teplotu proudem plynu. Za teplotách nad 1000°C začínají měknout hlavní složky hlušin a dochází k jejich těsnějším styku. Při tom nastává slnutí jednotlivých částic a případně vzájemné chemické působení, jehož vlivem se na místech vzájemného styku začíná tvořit struska. Tvorbu strusky je možno rozdělit na dvě fáze, a to na tvorbu tzv. Prvotní strusky a strusky konečné, jejíž složení se definitivně upravuje až v nístěje vysoké pece. Struska tedy tvoří v určitém tepelném rozmezí. Strusková směs začíná měknout při teplotě 1160 až 1200°C a při 1400°C již dosti dobře teče. Tekutost strusky však značně kolísá podle chemického složení.

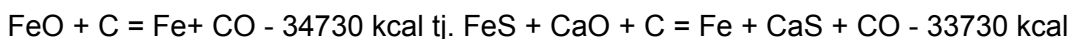
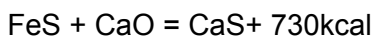
Na průběh vysokopecního pochodu a na složení vyrobeného surového železa mají největší vliv teplota tání hlušin a způsob jejich tavení. Teplota tání hlušin působí na teplotu v dolních částech vysoké pece. Je-li teplota tání nízká, má i vznikající prvotní struska nižší teplotu a způsobuje ohlazování nístěje, tj. spotřebuje část jejího tepla k svému ohřívání. Naproti tomu, těžko tavitelné hlušiny podporují vyšší teploty v nístěji. Způsob tavení hlušin může být různý, hlavně záleží na redukovatelnosti rudy. Jestli je k dispozici více druhů rud s různými vlastnostmi, můžeme

sestavít vsázku tak by vhodnou kombinací rud vznikly podmínky příznivé pro výrobu žádaného druhu surového železa.

Tvoření strusky se může do jisté míry ovlivnit množstvím tepla přiváženého do pece, děje se tak buď zvýšením množství paliva ve vsázce, nebo zvýšením teploty větru. Pravidelný chod vysoké pece vyžaduje, aby se hlavní provozní podmínky co nejméně měnily. Proto musíme i oblast vzniku prvotní strusky udržovat ve stejném pásmu pece. Toto se dosahuje stálostí chemického složení a fyzikálních vlastností vsázky a konstantním množstvím a teplotou větru.

2.4.2.4. Odsiřování surového železa

Síra se dostává do vysoké pece téměř všemi vsázkovými surovinami, ale hlavně v koksu v podobě siřičků a síranů. Tvoří s železem siřič železnatý (FeS), jenž se v tekutém surovém železe rozpouští a působí velmi nepříznivě na jakost surového železa, způsobuje lámavost železa. Proto je potřeba převést co největší množství síry do strusky. Železo ve vysoké peci odsiřují látky, které mají větší příbuznost (afinitu) k síře než železo. To mohou být kysličník vápenatý a manganatý. Siřič manganatý (MnS) se v surovém železe rozpouští jen velmi omezeně s siřič vápenatý (CaS) je v surovém železe vůbec nerozpustný. Principem odsiřování je tedy převedení největšího množství síry na siřič vápenatý nebo manganatý, jež potom přecházejí do vysokopecní strusky. Běžně, odsiřování surových želez a převádění síry do strusky probíhá podle rovnic:

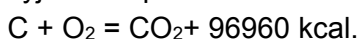


K odsiřování surového železa dochází převážně v nístěje vysoké pece. Stupeň odsiřování tj. poměr množství síry ve strusce k množství síry v surovém železe, závisí na vlastnostech strusky, pracovní teplotě nístěje a množství strusky na jednotku surového železa. Obecně platí, že stupeň odsiřování bude tím vyšší, čím vyšší bude bazicita strusky a teplota nístěje. Taky, obsah síry v surovém železe bude nižší i tehdy bude-li méně síry obsaženo ve vsázce.

2.4.2.5. Spalování uhlíku

Vysokopecní pochod je v celku endotermický, což znamená že k svému průběhu potřebuje značné množství tepla. Největší část tepla se uvolňuje spalováním uhlíku, paliva před výfučnami. Kdy suroviny a koks, umístění do horní části vysoké pece sestoupí ze zásobníku, jsou předeřhřátý horkými plyny vstupujícími z trysek. V důsledku tohoto předeřhřevu, koks se spaluje s velkou intenzitou, když se dostane do spodní části pece, a přichází do kontaktu s ohříváčů větru vzduchu. Nicméně, kvůli vysoké teploty (1650 ° C) a velkého množství uhlíku (C) přítomného v koksu, vytvořený oxid uhličitý (CO₂) není stabilní a ihned reaguje s dalším atomem uhlíku,. Tato reakce vede ke vzniku oxidu uhelnatého (CO). V důsledku toho, spalování uhlíku (koku) ve vysoké peci může být

vyjádřena podle chemické rovnice:



Kysličník uhličitý nemůže však existovat za přítomnosti uhlíku při teplotách nad 1000°C a proto se redukuje ihned na kysličník uhelnatý:



Spalování uhlíku před výfučnami se vyjadřuje úhrnnou rovnicí:



Ještě říct , že vodní pára, která přichází větrem do pece, rozkládá se žhavým uhlíkem koksu podle rovnice: $\text{H}_2\text{O} + \text{C} = \text{H}_2 + \text{CO} - 29730\text{kcal}$

Vysokopecní proces je zjednodušeně popsán a probrán prostřednictvím výše uvedených šest fází. Popis sloužil aby přiblížil způsob a podmínky tvoření několik konečných produktů. Jeden z nich je i vysokopecní plyn na který je tato diplomová práci zvláště zaměřená. V poslední části druhé kapitole budu popsány výslední produkty vysokopecního pochodu.

2.5. Produkty vysokopecního procesu

2.5.1. Surové železo

Struska i surové železo vznikají při tavbě neustále, proto je nutné je z pece pravidelně vypouštět. Vyrobene ve vysoké pece surové železo není chemické čisté. Má poměrně vysoký obsah uhlíku ale i dalších nežádoucích látek - křemíku, síry, fosforu, kyslíku, dusíku a vodíku. Zejména uhlík způsobuje, že surové železo je křehké a nedá se zpracovávat kováním a tažením. Proto se prakticky všechno surové železo dále upravuje tak, aby získalo požadované mechanické, fyzikální a chemické vlastnosti. Po vytečení železa z pece jsou odebrány vzorky a surové železo se dále zpracovává na oceli nebo litinu. Přepravuje se buď v tekutém stavu, nebo ve formě odlitků - tzv. housek.

2.5.2. Vysokopecní struska

Výroba surového železa patří mezi největší zdroje odpadů v hutích. Největším zdrojem odpadu je vysokopecní struska. Při výrobě 1 tuny surového železa vzniká cca 600 kg strusky. Ve světovém hutnictví podstatně méně, vzhledem k vyšším podílům železa ve vysokopecní. Vysokopecní struska je směs vzájemně se rozpouštějících látek (chemických sloučenin), nikoliv chemická sloučenina. Vzniká roztavením hlušiny rud, vápence a popela z koksu. Struska má řadu využití ve stavebním průmyslu. Granulovaná se využívá při výrobě cementu, struskový štěrk jako drcené kamenivo, zpěněná struska a hutní pemza slouží k výrobě lehčených stavebních dílů a je možné vyrábět i strusková vlákna. Struska je po vytečení:

- dopravena do provozu struskového hospodářství, kde se upravuje (granulace) na certifikovaný výrobek nebo
- je dopravena struskovými vozy na skládku, kde je uložena.

Zvyšováním podílu zpracované strusky se podstatně snižuje cena výroby surového železa. Z toho důvodu je ekonomické účelné zpracovávat maximální množství vysokopecní strusky.

2.5.3. Vysokopecní plyn

Posledním významným produktem výroby železa je vysokopecní (kychtový) plyn. Obvykle obsahuje okolo:

- a) 50 - 60% N_2 ;
- b) 10 - 18 % CO_2 ;
- c) 22 - 30 % CO ;
- d) 1 - 8 % H_2 ;
- e) pod 1 % CH_4 .

Vzniká spalováním uhlíku koksu v proudu hořkého větru před výfučnami, redukcí kysličníků železa a některých dalších prvků, rozkladem uhličitánů a vypuzením plynných látek z paliva. Plyn obsahuje dusík protože vítr přináší do vysoké pece mimo kyslík též i dusík a něco vodní páry. Taky, obsahuje nízký obsah síry a kyanidových sloučenin¹⁸ a velké množství prachu ze vsázky. Množství kyanidů může být zvláště vysoké během dmýchání do vysoké pece. To však nastává jen čas od času a proto se do vsázky vkládají přísady pro minimalizaci tvorby kyanidů.

Je jedovatý, výbušný a hořlavý plyn. Proto je potřeba všude tam, kde se používá, přísně dodržovat bezpečnostní předpisy. Je relativně nízké výhřevnosti (2,7 – 4,0 MJ/m³). Vzniká ho však velké množství tj. 1500 - 2400 m³ na 1 tunu surového železa. Po odprašování a obohacení slouží pro předeřívání vzduchu vháněného do vysokých pecí nebo pro výrobu tepla.

Čištění vysokopecního plynu se skládá obvykle z předúpravy (odstranění hrubých částic prachu) a následně probíhá praní s cílem odstranit jemný prach (a s ním i těžké kovy), SO₂ a sloučeniny kyanidu. V některých zařízeních se používá elektrostatické odlučování. Obsah prachu se pohybuje 5,5 – 40 kg/t surového železa, po vyčištění méně než 10 mg/m³. Po vyčištění se vysokopecní plyn často používá jako palivo po obohacení koksárenským nebo zemním plynem, které mají vyšší výhřevnost. Vysokopecní plyn bez obohacení se využívá např. do ohřivačů větru, pokud se použijí moderní hořáky anebo pro ohřev spalovacího vzduchu.

¹⁸ **Kyanidy** jsou soli kyseliny kyanovodíkové. Rozpustné kyanidy jsou prudké jedy (brání přenosu kyslíku z krve do tkání.)

Kapitola III

V předchozích kapitolách šlo spíš o rozbor a popis zpracování paliv a jejich použití v průmyslu. Cílem třetí kapitoly je ujasnit roli statistiky energetiky, popsat mezinárodní a domácí instituce, které se zabývají sběrem a zpracováním dat o palivech a transformačních procesech. Do konce kapitole je potřeba zjistit a porovnat různé metodiky a definice při statistickému zpracování dat o vysokopečném plynu.

3. Dějiny statistiky energetiky v ČR

Statistika energetiky (dříve statistika palivoenergetického hospodářství) vznikla jako nezávislý statistický obor v polovině šedesátých let. Ke vzniku statistiky energetiky přispěla tehdejší nepříznivá situace v zajišťování energetických zdrojů a závislost československého státu na dovozu sovětské ropy. V těch letech začaly se hledat cesty k úsporám energie. K tomu cíli mělo přispět i zmapování energetických zdrojů, jejich přeměn a konečné spotřeby. Spolu s tím vznikl požadavek na sestavování roční energetické bilance státu, která by podala přehled o domácích energetických zdrojích, o jejich transformaci na ušlechtilé energetické nositele a o spotřebě všech druhů energie. Na základě těchto informací se měly dělat plány dalších kroků v energetice. Centralizovaný systém v Československu vyžadoval kontrolu všech plánů (průmysl, obchod, zemědělství atd.) a tomu se musela přizpůsobit i statistika energetiky. Především byly centralizovaně kontrolovány spotřeby energie pomocí měrných spotřeb¹⁹. Kromě kontrolujícího plánu, v statistice vznikal ještě jeden systém, a to jednotlivé roční bilance paliv a energie. Původně to byla pětiletá šetření z let 1955, 1960 a 1965. Šlo o rozsáhlá jednorázová šetření, zaměřená zejména na zhodnocení technologií energetických přeměn (výroba elektřiny a tepla, plynárenství, koksárenství, rafinace ropy aj.).

Od roku 1968 byla sestavována energetická bilance paliv a energie každoročně za celou Československou republiku v orgánech státní statistik, zatímco od roku 1979. bylo poprvé pro zpracování využito výpočetní techniky a členění bilančních výkazů na Českou a Slovenskou republiku. Zhruba ve stejné době, kdy vznikala energetická bilance v Česku, byly položeny metodické základy pro tvorbu energetické bilance i na mezinárodní úrovni, a to v Evropské hospodářské komisi OSN (EHK OSN/UNECE) v Ženevě. Metodika energetické bilance v tomto orgánu a v dalších mezinárodních organizacích ovlivňovala i vznikající energetické bilancování v české státní statistice. Bilanční ukazatelé paliv a energie se postupně staly základem nejen pro budování metodiky energetické bilance na mezinárodní úrovni, ale i pro některé další oblasti související s energetickými bilancemi, jako jsou např. informační systémy o kvalitě životního prostředí.

¹⁹ Všeobecně, indikátor vztahu mezi vstupem a výstupem. V energetice jede o poměr přivedené energetické hodnoty a její hodnoty na konci procesu.

Po politické změně a rozpadu centrálního rozdělovacího systému na počátku 90. let hospodářský systém se postupně restrukturalizoval. Začal privatizační proces ve všech odvětví (výrobních, distribučních a obchodních organizací). Taky, změnil se odbytový proces od výrobce (dovozce) ke spotřebiteli. Rozpadem monopolních výrobních a distribučních organizací zanikla souhrnná evidence o výrobě (těžbě) a dodávkách (prodeji) paliv a energie odběratelům. Došlo k nárůstu výrobců a distributorů energie, od zhruba 12 na přibližně 200 respondentů, kolik bylo zahrnuto šetřením za rok 1993. Zatím ještě nebyl vyřešen problém sběru dat o výrobcích a distributorech tepla a od subjektů spotřeby paliv a energie.

Vzniklá situace vedla k snížení možnosti nahrazení údajů o spotřebě nebo o dodávkách (prodeji) získaných u výrobce nebo prodejce (dovozce). Vzniklé nové výrobní a distribuční subjekty neměly jednotnou evidenci a ani necítily vždy potřebu evidovat odběratele podle odvětví nebo jiných atributů. Aby se na vysoké úrovni udržela funkce statistiky energetiky bylo tedy potřeba transformovat celý systém, a to jak ve zdrojové, tak i ve spotřební části energetické bilance. Statistiku energetiky bylo třeba začít chápat jako průřezovou statistiku, která sleduje tok energie v různých formách (nosičích energie) ve všech odvětvích a i v domácnostech. Přitom k jednotlivým zpravodajským subjektům se přistupuje diferencovaně podle jejich charakteru. V souladu s novou koncepcí statistického zjišťování od roku 1992 byl zaveden nový systém statistiky energetiky, který se postupem let dále vyvíjel. Sběr dat se začal provádět zcela decentralizovaně, zpracování dat podle charakteru zjišťování centralizovaně (zdroje) nebo decentralizovaně (především spotřeba paliv a energie, ukazatelé spojené s výrobou elektřiny a tepla). V průběhu transformačních změn, Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO ČR) vzalo zodpovědnost za reorganizaci a uspořádání státních institucí které by zodpovědně sbíraly, šetřily a vyměňovaly data. Na základě zkušeností bylo dohodnuto mezi MPO ČR a Českým statistickým úřadem (ČSÚ) obecně rozdělení rolí v statistice energetiky, a to tak, že ČSÚ bude provádět šetření s roční periodicitou, analyzující velké soubory respondentů nebo provádět plošná šetření s cílem získat celkové absolutní údaje za ČR, zatímco MPO ČR bude provádět šetření krátkodobá, tj. měsíční a čtvrtletní, s výběrovými soubory respondentů nebo šetření speciální s cílem sledovat trendy jednotlivých ukazatelů. V roce 2005 byly realizována základní úloha. To je sestavení energetické bilance dle mezinárodní metodiky IEA a zároveň se dále pokračovalo v sestavování výkazu dle metodiky ČSÚ. Uplatnění metodiky ČSÚ je důležité z hlediska udělení srovnatelnosti údajů z předchozích roků (dlouhé časové řady). Po nástupu do EU v ČR se statistická data získaná státními orgány začala být široce uplatňovaná v ostatních státních institucích nebo soukromých společnostech. Statistika energetiky se v současné době stává stále důležitějším zdrojem dat, zajišťujícím potřebné údaje pro všechny zainteresované subjekty které hledají řešení ekologických a hospodářských úkolů nebo energetických krizí. Pro kvalitu informací je potřeba prohlubování vzájemné spolupráce mezi statistickým úřadem, ministerstvy a jinými profesními organizacemi, ale i sledování změn v statistice na mezinárodní úrovni.

3.1. Mezinárodní organizace a jejich metodiky

Jak je již uvedeno, metody zpracování výkazu energetické statistiky v ČR jsou ovlivňovány jednáním a dohodnutím organizací v světové úrovni z tohoto oboru. Nejvlivnější a nejdůležitější z nich jsou čtyři, taky předem zmíněné. Níže bude krátce probraná jejich historie založení a principy podle kterých se vedou při sestavování energetických bilancí.

3.1.1. Mezinárodní energetická agentura – IEA

IEA byla založena v roce 1974 za potřeby koordinace a řešení problému nedostatku ropy. Do dneska prevence přerušení zásob ropy, informace o ropném trhu a energetických zdrojů zůstalo hlavním polem působení. Mimoto, IEA se vyvinula a rozšířila. Stala se centrální organizací pro globální sledování energetiky, která poskytuje spolehlivé statistiky a analýzy. Nezabývá se jadernou energetikou. Sdružuje 29 členských zemí (včetně Česka). Kdy byla založena, za nejdůležitější cíle definovala:

1. udržovat a zlepšovat systémy pro zvládnutí přerušení dodávek ropy;
2. na globální úrovni podporovat rozumné energetické politiky, a to prostřednictvím udržování vztahů i se zeměmi které nejsou členem organizace a s ostatními mezinárodními organizacemi;
3. provozovat informační systém na mezinárodním trhu ropy;
4. zlepšení světové dodávky energie a struktury poptávky prostřednictvím rozvoje alternativních zdrojů energie a zvyšování účinnosti užití energie.

Kandidátská země, aby se stala členskou zemí IEA, musí prokázat, že má:

- jako dovozce oleje, zásoby ropy nebo ekvivalentních produktů dostatečně na 90 dnů z průměru dovozu předchozího roku, ke kterým státní vláda má okamžitý přístup pomocí aktivace CEREM²⁰-u;
- program pro snižování spotřeby ropy až o 10%;
- legislativu a organizace nezbytné pro provoz CERMu na národní úrovni;
- legislativu a opatření s cílem zajistit, aby všechny ropné společnosti působící v rámci její jurisdikce oznamovaly potřebné informace.

Jednotlivé mezinárodní organizace (IEA, Eurostat i OSN) sestavují svou energetickou bilanci a tyto bilance jsou v detailech poněkud odlišné (např. rozdílná agregace odvětví v sektoru konečné spotřeby), vstupní data jsou již mnoho let sbírána pomocí pěti ročních energetických dotazníků o které IEA žádá státy:

- Coal Annual Questionnaire;
- Oil Annual Questionnaire;
- Natural Gas Questionnaire;
- Electricity and Heat Annual Questionnaire;
- Renewables Annual Questionnaire.

Sjednocené mezinárodní dotazníky jsou pravidelně ve spolupráci IEA a Eurostatu revidovány. Tyto revize vedou neustále k zařazování nových požadavků, které jsou podkladem pro analýzy, hledání energetických úspor a efektivního využívání energií. K sestavení mezinárodních dotazníků se používají data z výkazů ČSÚ řady EP, data MPO ČR a ERÚ za jednotlivé druhy paliv, elektřinu a teplo. Tato data jsou přepočítána do mezinárodní metodiky.

²⁰ Co-ordinated Emergency Response Measures – rychlý systém reakce na skutečné či hrozící narušení dodávek ropy

3.1.2. EUROSTAT

Eurostat je statistický úřad Evropské unie se sídlem v Lucembursku, jejíž úkolem je poskytovat vysoce kvalitní statistiky pro Evropu. Při plnění svého poslání, Eurostat podporuje následující principy: respekt, důvěru, podporu inovací, orientace na služby a profesionální nezávislost všech členů. Vznikl v prvotní podobě jako statistický orgán evropské integrace založením Evropského společenství uhlí a oceli v roce 1953. Zkratka Eurostat se začala užívat od roku 1959. Úkoly a rozsah dat, zpracovávaných Eurostatem, byly postupně rozšiřovány další evropskou legislativou. Hlavní úlohou Eurostatu je zpracovávat a zveřejňovat srovnatelné statistické informace pro celou EU. Snaží se dostat ke společné harmonizaci statistických pravidel, která zahrnují koncepty, metody, struktury a technické normy. Práce Eurostatu není sbírání údajů. To se provádí v členských státech, prostřednictvím jejich statistických úřadů, které zpracované vnitrostátní údaje posílají do Eurostatu. Role Eurostatu je konsolidovat data a postarat se, aby byly srovnatelná. Srovnatelnost státních dat na evropské úrovni se splňuje použitím harmonizované metodiky na celý soubor dat. Poskytování statistik na evropské úrovni, které umožňují srovnání mezi zeměmi a regiony je klíčovým úkolem. Eurostat je vlastně jediným poskytovatelem statistických údajů na evropské úrovni a vydaná data jsou harmonizována tolik, kolik je to možné. Samozřejmě, že národní statistiky, a jejich způsob analýzy, jsou stále důležité pro vnitrostátní účely ve členských státech Evropské unie, ale taky pro rozhodnutí na evropské úrovni je potřeba přítomnosti orgánu, jaký je EUROSTAT. Eurostat pravidelně zveřejňuje celou řadu důležitých a zajímavých údajů, které vlády, podniky, vzdělávací sektor, novináři a veřejnost mohou využít pro svou práci.

3.1.3. Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj- OECD

Organizace pro evropskou hospodářskou spolupráci (OEEC) byla založena v roce 1948, aby se implementoval Marshallův plán na rekonstrukci států zpusťšených válkou. Tím, že jednotlivé vlády uznávaly vzájemnou závislost svých ekonomik, byla připravena cesta pro novou éru spolupráce, která měla změnit tvář Evropy. Motivované úspěchem a pokrokem své práci na globální scéně, Kanada a USA se připojily členům OEEC. Při podpisu novou úmluvu Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD) se oficiálně představila dne 30. září 1961, kdy tato úmluva vstoupila v platnosti. Dnes je OECD mezivládní organizace 35 ekonomicky nejrozvinutějších států na světě, které přijaly principy demokracie a tržní ekonomiky. OECD koordinuje ekonomickou a sociálně-politickou spolupráci členských zemí, zprostředkovává nové investice, prosazuje liberalizaci mezinárodního obchodu. Cílem OECD je napomáhat k dalšímu ekonomickému rozvoji, potlačení nezaměstnanosti, stabilizaci a rozvoji mezinárodních finančních trhů. Kvůli spolupráce s IEA, OECD vydává periodický, statisticky přehled energetických toků v zemích OECD a na základě kterých děla plány a koordinuje akce v oblastech energetiky.

3.1.4. Statistický divize OSN (UNSD)

UNSD je založená v roce 1947. Je vrcholovou entitu globálního statistického systému a nejvyšším rozhodovacím orgánem pro koordinaci mezinárodní statistické činnosti. Sdružuje statistiky členských zemí z celého světa. Působí v rámci oddělení OSN pro ekonomické a sociální záležitosti (DESA) jako ústřední mechanismus. Za potřeby sekretariátu Organizace spojených národů dodává statistické informace a koordinuje činnosti globálního statistického systému. Statistický divize se zavazuje k rozvoji globálního statistického systému. Divize sestavuje a

rozšiřuje globální statistické údaje, vyvíjí standardy a normy pro statistické činnosti a podporuje úsilí jednotlivých zemí za účelu posílení jejich národních statistických systémů. V této souvislosti je ústředním cílem formulovat International Recommendations for Energy Statistics (IRES)²¹ tj. poskytnout takové normy a pokyny pro orgány národní statistiky, přesně definující příslušné pojmy a definice, klasifikace, zdroje dat a metody sběru údajů. Hlavním účelem IRES je posílení energetické statistiky jako součásti oficiálních statistik tím, že poskytuje doporučení ohledně pojmů a definic, klasifikací, datových zdrojů, metod sestavování údajů, institucionálních opatření, přístupů k politice posuzování kvality dat a metadat. Rozvoj národní energetické statistiky v souladu s IRES činí tyto statistiky více v souladu s jinými oblastmi ekonomické statistiky, jaká je kupř. standardní mezinárodní klasifikace činností a výrobků.

Hlavní funkce statistické divize OSN jsou:

- shromažďování, zpracovávání a šíření statistických informací;
- standardizace statistických metod, klasifikací a definic;
- koordinace mezinárodních statistických programů a aktivit.

Technický program podpory pod vedením USND navrhuje opatření, která je třeba přijmout k posílení energetické statistiky jako oficiální statistiky. Rozvoj energetické statistiky v rámci oficiálních statistik zemí je dlouhodobým cílem, který vyžaduje pečlivé plánování pro vývoj a implementaci. Činnosti vedoucí k dosažení tohoto cíle by měla být přijata na mezinárodní i národní úrovni. Na mezinárodní úrovni, posilování oficiálních statistik energie by bylo dosaženo vývojem současných mezinárodních doporučení pro energetickou statistiku a provedením příslušných implementačních programů. Program implementace například žádá o přípravu Energy Statistics Compilers Manual (ESCM)²² a podobných technických zpráv s cílem zajistit sdílení osvědčených postupů a zlepšení kvality dat. Doporučuje se, aby mezinárodní organizace hrály aktivní roli při provádění IRES a napomáhat zemím v rozvoji při zpracování energetické statistiky. Na splnění tohoto úkolu je dobře připravit vzdělávací materiály a prováděcí pravidelné školící programy, včetně organizace regionálních seminářů a pomoci zemím při sdílení znalostí získaných v tomto procesu.

3.2. Mezinárodní metodiky

Energie má zásadní význam pro sociální a ekonomický rozvoj. Dostupnost a přístup k energii a energetickým zdrojům je důležitá pro snížení chudoby a zlepšení životní úrovně. Nicméně, ve stejné době, s neustále zvyšující poptávkou po energii, projevují se rostoucí obavy ohledně udržitelnosti a spolehlivosti současné výroby, spotřeby a dopadu užívání fosilních paliv na životní prostředí. Za těchto okolností je nutné rozhodovat na základě spolehlivého a včasného monitorování dodávek a využívání energie. Nicméně, taková kontrola je možná pouze v případě vysoce kvalitní energetické statistiky, které jsou systematicky sestavené a efektivně hašené. To zase vyžaduje dostupnost mezinárodně schválených norem a další nezbytné pokyny k zajištění dat, které je možno mezistátně srovnat. Taky, je výhodou existence vhodných mechanismů pro zasílání údajů tvůrcům politik, a to jak na národní i mezinárodní úrovni, jakož i pro společnost obecně.

²¹Mezinárodní doporučení pro statistiky energetiky

²² Manuál o sestavování energetických statistik

Výše zmíněné mezinárodní organizace pracují vzájemně propojené na energetických výkazů podle dohodnutých jednoznačných metodik. Jednoznačnost metodik se týká definování prvků energetické bilance, přesného stanovení a třídění paliv, transformačních procesů, produkty a prezentace zpracovaných dat. V následujících odstavcích budou základy těchto metod interpretované. Všechny specifické koncepty a související terminologie, které jsou pevně začleněny do sestavování a prezentace údajů a které jsou široce akceptované uživateli energetických statistik, nebudou vysvětlovány. Budou probrány jenom nejdůležitější koncepty, terminologie a jejich srovnání s ohledem na ovlivňování výsledků.

Energie ve statistickém kontextu

Ne všechna energie je předmětem statistického pozorování. Energie, která nemá přímý dopad na společnost, není měřena a sledována jako součást energetické statistiky. Nicméně, definování energetických forem, které je potřeba zahrnout do statistiky se mohou mezi zeměmi lišit. S cílem pomoci zemím při zlepšení jejich energetické statistiky, aby se stala víc relevantní a mezinárodně srovnatelná, existují doporučení na mezinárodní úrovni týkající se rozsahu energetických statistik. Tím se navrhuje, jaké druhy energie mají být statisticky sledovány a popisují související pojmy. V této souvislosti je třeba poznamenat, že termín "energetická statistika" je široce používán nejen v statistickém oboru, ale také u tvůrců politik a výzkumných institucí a její význam, v závislosti od zájmové skupiny, se liší od poměrně úzkého pojetí zaměřeného na výrobu a spotřebu několika hlavních energetických produktů do širšího výkladu pro statistiku základní energie, energetické bilance a energetické účty.

-Energetická bilance je způsob vykazování údajů o energii a energetických produktech ve společné jednotce, seskupených podle kategorie: uhlí, ropy, ropných produktů, plyn, biomasa apod. To umožňuje srovnání podílu každého zdroje v zásobování energií země a v každém odvětví hospodářské činnosti. Z energetické bilance je možné analyzovat energetickou účinnost a závislost na dovozu energie. Kromě toho, různé země mohou být porovnávány, pokud jsou vypočteny se stejnou metodikou a v transformačních sektorech lze kontrolovat vstupy / výstupy (což je vhodné pro kontrolu kvality a efektivitu). Obecně, problémy srovnatelnosti energetických zpráv jsou v tom, že se liše v závislosti na metodice bilance, klasifikaci, definicím a prezentaci bilance. To může způsobit spekulace a vést k zmatku uživatelů. Z tohoto důvodu je nezbytné, aby se dohodlo kterým datům důvěřovat při posuzování o uznání právně závazných závazků. V zájmu průhlednosti a srovnatelnosti, je důležité pochopit principy používané k sestavování energetické bilance.

- A) Definice energetického výrobku- termínu "výrobek" se rozumí, stejným způsobem jako v ekonomické statistice tj. vztahuje se na veškeré zboží a služby, které jsou výsledkem výroby. Energetické výrobky jsou podmnožinou produktů. Obecně se doporučuje, aby energetické produkty vztahovaly pouze výrobky výlučně nebo převážně používané jako zdroj energie. Zahrnují formy vhodné k přímému použití (např. elektřina a teplo), ale i energetické produkty, které uvolňují energii při chemické nebo jiné úpravě (včetně spalování). Podle konvence, energetické produkty také zahrnují rašelinu, biomasu a odpad jen tehdy, pokud jsou používány k energetickým účelům.
- B) Volba jednotek- v soustavě SI jednotka energie, tepla a práce je joule (J). Další jednotky zahrnují: kilokalorie (kcal) nebo jeden z jejích násobků, tunu uhelného ekvivalentu (tce)²³, tunu ropného ekvivalentu (toe)²⁴ a kilowatt hodinu (kWh). Vzhledem k tomu, že původní jednotky, ve kterých jsou naměřeny energetické produkty, se liší, množství energetických

²³ 1 tce je přibližně 29GJ

²⁴ 1 toe je přibližně 42GJ

produktů musí být přeměněno na společnou jednotku, která umožní srovnání množství paliva a odhadnout transformační účinnost. Doporučuje se používání jouů jako společné jednotky.

- C) Netto vs. hrubé kalorické hodnoty- hrubá kalorická hodnota nebo spalné teplo měří celkem (maximální) množství tepla, které se vyrábí spalováním, avšak v části tohoto tepla může být skryté teplo ve formě odpařování jakékoliv vody přítomné v palivu před spalováním (vlhkost) nebo vznikající v procesu spalování. Na druhé straně, netto kalorická hodnota paliva vylučuje latentní teplo z celkového množství tepla.
- D) Úroveň specifikace používaných kalorických hodnot - energetické produkty s naprosto stejným chemickým složením obsahují stejný obsah energie. V praxi však existují rozdíly ve složení energetických produktů (kupř. LPG někdy může být čistým metanem, někdy čistým butanem a někdy kombinací obou) a v důsledku toho se jejich kalorická hodnota může měnit. Standardní kalorické hodnoty se vztahují k obsahu energie paliv se specifickými vlastnostmi, které jsou obecně použitelné na všechny okolnosti (různých zemích, různé toky, atd.). Používají se, kdy specifické kalorické hodnoty nejsou k dispozici. Specifické kalorické hodnoty, na druhé straně, jsou založeny na specifičnosti paliva naměřených z původního zdroje dat. Jsou zvláště důležité pro paliva, která se používají pro různé účely, jako například uhlí, které zobrazuje celou řadu kvalit a je vhodný pro různé použití.
- E) Metody stanovení primárního ekvivalentu energie -jsou 2 možnosti pro výpočet primární energie: Částečná substituční metoda (představuje množství energie potřebné v konvenčních tepelných elektrárnách) a Metoda obsah fyzickou energii (používá fyzický energetický obsah v primárním zdroji energie).

Co se týče klasifikace a definic, je důležitým, že existuje společně chápání, co se může zahrnout do nějakých energetických skupin nebo jaké obecně rysy energeticky prvky mají prokázat, aby se seřadily do nějaké skupiny. Například, co má patřit do obnovitelných zdrojů, protože, na rozdíl od IEA, některé členské státy IEA se domnívají, že rašelinu je třeba považovat za obnovitelný zdroj.

Ačkoli IEA a Eurostat mají společný systém sběru dat, existují malé rozdíly v prezentaci výsledných energetických bilancí. Jako příklad problému různých způsobů prezentací dat u energetické statistice bude nejlíp uvést několik prezentačních rozdílů u dvou organizací.

1) Transformační sektor

Eurostat v bilancích ukazuje vstup transformačního procesu odděleně od výstupu transformace. Na druhé straně, IEA tyto údaje nerozděluje, ukazuje vstupy jako záporná čísla a výstupy jsou kladná čísla v stejném řádku. To není velký rozdíl a nesmí způsobit žádné chybné interpretaci dat.

2) Převody jaderné, vodní a větrné energie na elektřinu

Eurostat vykazuje transformaci jaderného paliva pomocí kolon vstupu a výstupu transformací. Pro vodní a větrné se používá řádek "meziprodukt transformace". IEA s jaderným, vodním a větrným pochodem zahází stejným způsobem jako u ostatních transformačních procesů, tj. vstup je záporné číslo a výstup kladné. Opět platí, že to není velký rozdíl.

3) Definice dodávky

Podle Eurostatu se od dodávky mají odečíst zásoby v mezinárodních námořních zásobnících, ale zásoby mezinárodních leteckých zásobníků jsou součástí vnitrostátní konečné spotřebě. Naopak,

IEA s mezinárodními námořními a leteckými zásobami stejné zahází, tj. mají být odečtené z dodávek.

3.3. Legislativa a statistické orgány v ČR

Hlavní zákon, podle kterého se řídí státní statistická služba v ČR, je zákon číslo 89/1995 Sb., o státní statistické službě. Tento zákon obecně upravuje práva a povinnosti účastníků státní statistiky, ať už těch, kdo údaje sbírají nebo těch, kdo údaje poskytují. Zákon definuje i orgány státní statistické služby a to jsou Český statistický úřad (ČSÚ), ministerstva a ostatní vybrané instituce. Jako návazný předpis je každý rok vydávána vyhláška ČSÚ, tzv. Program statistických zjišťování, který určuje, jaké výkazy budou v následujícím roce sbírány, kdo je má posílat, jak často a komu (ČSÚ, ministerstva, atd.). Při zpracování údajů a při jejich využívání jednotlivé instituce dále úzce spolupracují a snaží se využívat veškeré dostupné informační zdroje. V souladu s tím je velmi dobrá spolupráce s Generálním ředitelstvím cel, finančními úřady a Českou obchodní inspekcí.

Zákonem definované základy energetické statistiky a využití údajů jsou následující:

- energetická statistika má obecně za úkol shromažďovat informace o energetickém sektoru a o výrobě a spotřebě paliv a energií v rámci republiky; sledovat jednotlivé energetické komodity tj. tuhá, kapalná, plynná paliva, elektřinu, teplo a také obnovitelné zdroje energie;
- z údajů o palivech a energiích sestavuje souhrnné informace včetně celkové energetické bilance státu;
- informace využívá státní i veřejná správa, podnikatelské subjekty, zájmové organizace, školy a další a slouží i pro plnění informačních povinností vůči mezinárodním orgánům a organizacím — orgány EU, Eurostat, OECD, Mezinárodní energetická agentura IEA, komise OSN UN ECE, Euro Heat and Power a další; pokud jde o mezinárodní organizace, jejich požadavky jsou velmi rozsáhlé a podrobné a ČR je povinna je plnit.

Údaje se využívají pro hodnocení hospodářství i jednotlivých odvětví, pro územní plánování a energetické koncepce území, atd. Například růst spotřeby elektřiny docela dobře ukazuje na růst hospodářství, HDP a dalších ekonomických údajů. Informace o energetice se shromažďují nejen podle statistického zákona, ale i podle dalších zákonů a předpisů (např. energetický zákon, zákon o hospodaření energií apod.). Úlohy a činnosti jednotlivých institucí jsou taky stanovené zákonem. Několik nejvýznamnějších institucí bude popsáno v následujících odstavcích.

3.3.1. Český statistický úřad (ČSÚ)

Český statistický úřad je ústřední orgán státní správy ČR, založen v roce 1969. ČSÚ zabezpečuje získávání a zpracování údajů pro statistické účely a poskytuje statistické informace státním orgánům, orgánům územní samosprávy, veřejnosti a do zahraničí. K tomu stanoví metodiku statistických zjišťování včetně programu statistických zjišťování. Uvedený program přesně vymezuje působnost ČSÚ a dalších rezortů, v jejichž náplni je rovněž statistické zjišťování. Navíc, shromažďuje zahraniční statistické informace, zejména pro účely porovnání úrovně sociálního, ekonomického, demografického a ekologického vývoje státu se zahraničím. Základní role ČSÚ jsou:

- být hlavním koordinačním a metodologickým místem státní statistické služby;

- šetření hlavních indikátorů ekonomiky a průřezová šetření ekonomiky;
- oficiální místo pro kontakt s mezinárodními organizacemi v oblasti statistiky (EUROSTAT, OSN, Mezinárodní energetická agentura IEA, atd.);
- ve statistice ropy a ropných produktů provádí měsíční šetření a výpočty úrovně zásob těchto produktů. Tyto zásoby v ČR musí přesahovat limit 90 dnů;
- v energetické statistice provádí roční průřezová šetření.

Zajímavé je, že ČSÚ publikuje energetickou bilanci v metodice, která byla používána před rokem 1993., čímž je zaručena srovnatelnost časových řad.

3.3.2. Energetický regulační úřad (ERÚ)

ERÚ je ústředním orgánem státní správy a byl zřízen v roce 2001. Podle českého zákona je Energetický regulační úřad dalším ústředním orgánem státní správy, se samostatnou kapitolou státního rozpočtu. Úkolem úřadu je dohled nad energetickým průmyslem České Republiky a to zejména následujícími způsoby:

- regulace cen
- podpora využívání obnovitelných a druhotných zdrojů energie a kombinované výroby elektřiny a tepla
- ochrana zájmů zákazníků a spotřebitelů
- ochrana oprávněných zájmů držitelů licencí
- šetření soutěžních podmínek
- spolupráce s Úřadem na ochranu hospodářské soutěže.
- podpora hospodářské soutěže v energetických odvětvích.

3.3.3. Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO)

Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky je ústředním orgánem státní správy pro státní politiku v oblasti průmyslu, obchodu, surovin a ekonomických vztahů vůči zahraničí. Úloha MPO v statistice je:

- obecně statistika jednotlivých sektorů ekonomiky v gesci MPO (průmysl, stavebnictví, energetika, obchod, atd.);
- zpracování ročního dotazníku IEA, EU, OSN Energy Questionnaire - Renewables and Wastes;
- energetika — standardní šetření v kratších periodách (měsíčně, čtvrtletně), speciální šetření (obnovitelné zdroje, kapalná biopaliva, čerpací stanice pohonných hmot, atd.).

MPO pravidelně provádí šetření energetických dat a publikuje výkazy. Jde o následující pravidelné výkazy: Měsíční výkaz o zdrojích a rozdělení tuhých paliv a vybrané technický-ekonomické ukazatele těžby; Měsíční výkaz o dodávkách elektřiny, tepla, energetických plynů a o palivech užitých na produkci elektřiny a tepla; Roční výkaz o produkci energie z obnovitelných a ostatních zdrojů; Roční výkaz o dodávkách elektřiny, tepla, energetických plynů a o palivech užitých na produkci elektřiny a tepla a ještě další. Výstupy těch výkazů jsou vstupy do zpracování energetické bilance.

Obecně jsou výkazy zaměřeny na zjišťování vyrobené energie nebo získaného paliva a na informace, kde energie a palivo skončilo (sektor ekonomiky, výroba elektřiny nebo tepla, pohon, neenergetické užití). Výkazy jsou většinou bilančního typu od zdrojů po dodávky podle sektorů a

do obvyklých paliv a energií k méně používaným palivům. Výkazy o čerpacích stanicích pohonných hmot jsou zaměřeny na zjišťování množství a sortimentu prodaných pohonných hmot, vlastnickou strukturu sítí, umístění, vybavení a služby čerpacích stanic. Data jsou zpracovávána v komplexním počítačovém systému energetické statistiky, který umožňuje pořízení dat manuálně nebo prostřednictvím elektronického sběru, základní kontroly podle předem definovaných podmínek, opravy a doplnění údajů a vytváří výstupní sestavy podle zadaných parametrů.

Kvalitní informační zdroje a spolupráce s dalšími subjekty jsou důležitou součástí celého informačního systému a bez spolupráce se všemi zainteresovanými subjekty by nebylo možné zpracovávat kvalitní informace. Avšak se při zpracování výkazů objevují problémy v resortní energetické statistice jako následující:

- nedokonalé registry respondentů, neúplné a neaktuální údaje o respondentech
- kvalita výběru reprezentantů odvětví, technologií a úplnost registru pro vyčerpávající šetření
- nesprávné a neúplné údaje ve výkazech
- nesprávné měrné jednotky a nesprávně provedené výpočty ve výkazech
- špatná návratnost výkazů.

3.4. Rozdílnost metodik ČR a mezinárodních statistických organizací

Metodika statistiky energetiky v České Republice se od metodiky uplatněné v IEA, Eurostatem a OSNA poněkud liší. Důležité je, že rozdílnost metodik nemá zásadní vliv na základní ukazatele souhrnné energetické bilance a primární tendence podle obou metodik jsou stejné.

Hlavním rozdílem je způsob vykazování tepelné energie. Podle mezinárodní metodiky, uvádí se pouze tepelná energie, která byla prodaná třetí straně, tj. teplo vyrobeno pro vlastní spotřebu se nevykazuje. Ve srovnání s domácí metodikou, která zjišťuje celkovou výrobu tepla, se rozdílnost metodik projevuje v konečné struktuře energetické bilance. Proto jsou údaje o výrobě tepla a spotřebovaném palivu na tuto výrobu podle mezinárodní metodiky nižší než v bilancích ČR. Naopak, údaj o konečné spotřebě paliv je vyšší podle mezinárodních pravidel a to o spotřebu paliva na výrobu tepla pro vlastní účely.

Rozdílnost se projevuje i v prezentaci dat. Mezinárodní bilance je většinou členěná odlišně od bilance ČR. Kupř. IEA mezi uhly zařazuje i uhelné plyny a uhelné dehty a mezi plyny patří pouze zemní plyn. Obnovitelné energetické zdroje tvoří samostatnou položku. Členění OZE a ropných produktů je mnohem podrobnější než v energetické bilanci Česka. Dále, jaderná energie, která do mezinárodní bilance vstupuje jako primární zdroj, se vypočítává na základě údaje o výrobě elektřiny v jaderných elektrárnách a účinnosti, která je pevně stanovena na 33%, do bilance ČR vstupuje jako prvotní zdroj teplo vyrobené z jaderného paliva.

Ještě jeden rozpor je i v měrných jednotkách souhrnné energetické bilance. IEA z historických důvodů²⁵ používá milion tun ropného ekvivalentu, tj. přepočítává veškerou energii na milion toe, zatímco Eurostat používá energetickou jednotku TJ. V energetické bilanci ČR uhly, ropa a ropné produkty jsou vyjádřeny v tisících tunách, plyny v TJ, zemní plyn v spáleném teple a uhelné plyny ve výhřevnosti. K přepočtu fyzických jednotek na energetické jsou používány průměrné hodnoty výhřevnosti, které se zadávají přímo a na jejich přesnosti je závislá kvalita energetické bilance.

²⁵ Založená k zajištění ropné bezpečnosti

Kapitola IV

Čtvrtá a poslední kapitola diplomové práce má odpovědět na problém statistického zpracování a výkazu údajů o vysokopecním plynu. Na základě údajů Českého statistického úřadu budou prezentované bilance vysokopecního procesu podle metodik dvou mezinárodních organizací (IEA a EUROSTAT). Následně proberu a číselně zdůvodním klady a zápory obou metodik. Na závěr budu prezentovat výsledky vlastní práce v této problematice, tedy řešení statistického ošetření transformačního procesu výroby vysokopecního plynu, které by zároveň podle výsledku mé práce mělo nejlépe odpovídat realitě. Ještě je třeba říct, že jsem měla možnost osobně navštívit dvě české železárny, Acrol Mittal a Třinecké železárny.. S odborníky jsem podrobně prodiskutovala zkoumanou problematiku VP plynu, poslouchala jejich názor na současný stav výroby a bilancování VP plynu a prodiskutovala možná řešení.

4. Rozbor vysokopecního plynu

Procesy výroby oceli obvykle vypouštějí velké objemy speciálních plynů. Tři různé fáze procesu, od uhlí až po oceli, poskytují tři různé druhy plynů: koksárenský plyn, vysokopecní plyn a konvertorový plyn. Udřeni vysoké úrovně výkonu průmyslových procesů a rostoucí náklady na energii (paliva), představují velkou výzvu pro ocelářský průmysl. Plyny vytvořené jako "volný", vedlejší produkt při ocelových výrobních procesech slouží jako atraktivní zdroj energie a volbu pro, z pohledu energetické náročnosti, efektivní výrobu. Kromě ekonomického přínosu, použití těchto plynů jako palivo sníží průmyslové emise CO₂ a šetří přírodní zdroje energie.

<i>Plyn získán během produkci ocele</i>	<i>Koksárenský plyn</i>	<i>Vysokopecní plyn</i>	<i>Konvertorový plyn</i>
ZDROJ	Koksárenská baterie	Vysoka pec	Kyslíkový konvertor
VSTUP	uhlí	Koks a ruda	Surové železo
VÝSTUP	koks	Surové železo	ocel
VODÍK	50-70%	5%	–
METAN	25-30%	–	–
CO	–	20%	60%+
VÝHŘEVNOST MJ/m ³	~15,62	~3,21	~5,86

Tab. 4.1: Složení plynů vyrobených v ocelářském průmyslu

Celkové množství CO a CO₂ plynů činí okolo 40% z celkového objemu VP plynu. Poměr

CO / CO₂ se může měnit ve vysoké peci od 1,25:1,0 do 2,5:1,0 (záleží na kvalitě materiálu ve vsázce, teplotě, objemu vzduchu atd.). Vyšší podíl CO v plynu činí vysokopecní plyn nebezpečným. Výhřevnost dusíku je zanedbatelná, má tak konečnou energetickou hodnotu vysokopecního plynu je závislá na poměru těchto plynů které nastávají v reakci koksů se vzduchem a železnou rudou. Vysokopecní plyn vycházející z pece obsahuje úlety (nečistoty). Nečistoty zahrnují jemné částice koksů a chemických sloučenin, které jsou vytvořeny v důsledku reakcí, které probíhají ve vysoké peci. Znečištěný vysokopecní plyn se čistí v čistírně plynu ve dvou fázích a to primární čištění plynu a sekundární čištění plynu. Čištění je nutné pro další použití plynu (buď v novém VP pochodu nebo při ostatních ocelářských operacích). Přestože má nízkou výhřevnost a složení plynu kolísá, zachycení a vracení vysokopecního plynu zpátky do pece se stalo důležitým z několika důvodů:

1. navýšení nákladů nakupovaných paliv;
2. technické zlepšování procesu čištění plynu;
3. nenáročná technologie spalování vysokopecního plynu jejím teplem se ohřívá vstupní vzduch.

Ještě je třeba připomenout, že se zcela nespotebová ve vysokopecním procesu, ale část plynu je použita i na výrobu tepla a elektřiny ve vedlejších procesech úpravy železa a získávání konečných produktů z oceli. O čem je potřeba se zmínit je, že neexistuje trh na vysokopecní plyn. Zájem ostatních odvětví průmyslu o použití VP plynu jako paliva neexistuje, protože má nízkou výhřevnost. Kromě toho, všechno vyrobené množství se spotřebová v integrovaném hutním podniku a nemůže být palivem v jiných odvětvích průmyslu. Získané množství plynu během jednoho pochodu je obrovské což nahrazuje nedostatek nízké výhřevnosti. Na roční úrovni zpětné použití plynu přináší značné šetření zdrojů, především koksů, jehož výroba je také energeticky náročná. Tím narůstá vedlejší pozitivní dopad použití odplynu jakým je vysokopecní plyn. O ziskovosti je třeba uvést příklad Třineckých železáren které investovaly značné množství času a peněz na vynález a programování zařízení které do získaného vysokopecního plynu přidá potřebné množství ostatních dvou plynů aby se udržela kvalita plynu, tj. konstantní výhřevnost, který se vrací do pece. Prakticky, vysokopecnímu plynu se, přidáváním koksárenského a konvertorového plynu, zlepšuje kvalita (jako paliva) a dodává co nejvíc tepla v novém pochodu pece.

4.1. Energetická hodnota vysokopecního plynu

Stanovení podílu výhřevnosti paliv vstupujících do procesu na výstupní produkty je složitou záležitostí. Procesy transformace (do vysokopecního plynu) a spalování (spalné teplo) se nemůžou oddělit, odehrávají se současně. Taky, určitý podíl uhlíku zůstává zachován v surovém železu, který se další úpravou vyčistí. V ročních dotaznících 1992/1993, členské země IEA poprvé byly požádány hlásit v transformačním sektoru množství všech paliv (např. práškové uhlí, koksárenský plyn, topné oleje a zemní plyn) které vstupují do vysoké pece a množství vystupujících plynů tj. vysokopecního a konvertorového plynu. Poté bylo zapotřebí rozdělit tyto vstupy do složek transformaci a spotřeby. Transformační složka je zobrazena v řádku vysokopecní proces a ve sloupci rozděleného podle závislosti na používaném palivu. Složka spotřeby je uvedeno v sekce průmyslu, řádku železa a oceli (iron&steel), ve sloupci závislosti na používaném palivu. Původně se předpokládalo, že energie dodána do procesu transformace se rovná energii

vycházející (tj. energetická hodnota vsazených paliv se rovná energetické hodnotě produkovaných plynů). Po revize tohoto předpokladu IEA změnila pravidlo. Od roku 1998. se rozhodly převzít transformační účinnost definovanou tak, že by se obsah vstupního uhlíku do vysoké pece měl rovnat výstupu uhlíku (v produktech), což je zhruba ekvivalentní předpokladu transformační efektivity od 100%. Na základě obsahu uhlíku, se má rozdělit i energie vsazeného koksu (a dalších paliv) obsazená ve výstupném VP plynu. Údaje o koksu a uhlí vsazených do vysokých pecí jsou harmonizovány pro všechny země OECD, aby srovnání spotřeby mezi jednotlivými zeměmi bylo smysluplné. Hlavním účinkem revize bylo důvěrně oznámit spotřebu uhlí v průmyslu železa a oceli. Kvůli tomu, vznikl rozdíl mezi výkazy IEA a státních publikačních údajů, které se dodržují ekvivalentnosti vstupní a výstupní energie paliv (viz Tab 4.4.). Vlastně, vstupy do vysokých pecí mohou být determinovány v poměru k výrobě vysokopecního plynu, zatímco některé vstupy jsou označeny jako spotřeba v průmyslu železa a oceli, pokud jsou nižší, než je normálně vystupující vysokopecní plyn. Je třeba poznamenat, že v IEA statistice o spotřebě uhlí, uhelný prach, který se vstříkuje do pece, není zvlášť uveden, ale je zahrnutý v nějaké formě černého uhlí.

Jak je na začátku kapitole zmíněno vysokopecní plyn, vystupující z horní části vysoké pece, obsahuje pět prvků tj. N₂, CO, CO₂, H₂ a něco málo síry. Prvky částečně poházejí z vsazeného koksu, nasátého vzduchu či z kombinací předchozích dvou. Na základě jednotlivých prvků, může být spočítané teplo unášeno spaliny a celkové teplo unášeno VP plynem. Na výpočet lze použít první zákon termodynamiky, kde je **C_p** zkratka za měrnou tepelnou kapacitu²⁶, **m** za hmotnost a **t** označuje teplotu v kelvinech.

Teplo unášeno dusíkem = $m_{N_2} * C_{p_{N_2}} * t$

Teplo unášeno oxidem uhelnatým = $m_{CO} * C_{p_{CO}} * t$

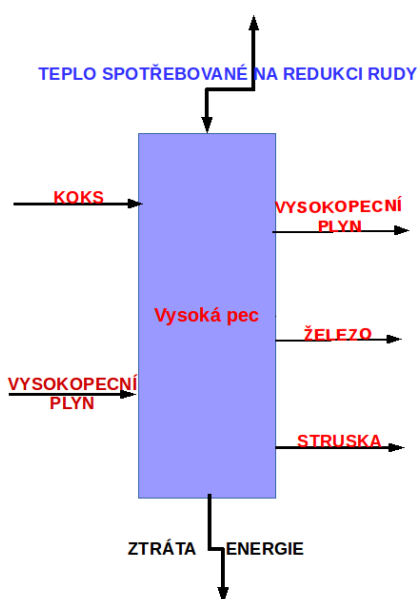
Teplo unášeno oxidem uhličitým = $m_{CO_2} * C_{p_{CO_2}} * t$

Teplo unášeno vodní parou = $m_{H_2O} * C_{p_{H_2O}} * t$

Teplo unášeno vodíkem = $m_{H_2} * C_{p_{H_2}} * t$

Celkový tepelný obsah vysokopecního plynu:

$$Ht = m_{N_2} * C_{p_{N_2}} * t + m_{CO} * C_{p_{CO}} * t + m_{CO_2} * C_{p_{CO_2}} * t + m_{H_2O} * C_{p_{H_2O}} * t + m_{H_2} * C_{p_{H_2}} * t$$



*Obr. 4.1.: Plán energetického toku
vysokopecního procesu*

²⁶ Množství tepelné energie potřebné pro zvýšení teploty látky na jednotku hmotnosti, v J/m³·K.

Na levé straně je vstupní energie v palivech a napravo jsou energetické hodnoty vystupujících produktů. Rozdíl mezi vstupem a výstupem se podílí na teplo spotřebované během chemických reakcí v peci a sálání tepla tj. ztráty. Na levé straně není uveden vápenec a podobné přísady protože jsou energeticky zanedbatelné. Žhavá vystupující struska má potenciál za rekuperace tepla zpátky do procesu ale kvůli náročnosti takové technologie to se neuplatňuje, to teplo se taky ztrácí. Struska absorbuje kolem 10 procent tepla vzniklého v peci, surové železo kolem 5,5% a odplyny tj. vysokopecní plyn kolem 11%. Výhřevnost vysokopecního plynu je důsledkem přítomnosti uhlí v složení, a ne dusíku, kterého v poměru má nejvíc. Kvůli tom lze usuzovat o parametru který popisuje spotřebu koksu nebo ostatních druhů uhlí na výrobu vysokopecního plynu.

V Českých železárnách se nepoužívá zařízení na kontrolu množství vystupujícího vysokopecního plynu ale podle vzorečku se vypočte.

$$V_{VP \text{ PLYN}} = (V_{N_2} * V_{VZDUHU} / V_{N_{2m}}) * 60$$

$V_{VP \text{ PLYN}}$ - výroba vysokopecního plynu, m³ / h

V_{N_2} - objemu N₂ v dmychadlech %, 78

V_{VZDUHU} - objem vysoké pece, m³ / min

$V_{N_{2m}}$ - objem podíl dusíku v VP plynu %, 56,2

Podobný vzoreček se používá ve většině světových ocelářských průmyslů. Podle vzorečku, který je vytvořen aby matematicky popsal realitu, je vidět, že VP plyn energetickou hodnotu získává z uhlíky který se při vysokých teplotách uvolňuje z koksu nebo jiných druhů uhlí. Zatímco kyslík jenom napomáhá tvořit plyn ale nepřidává energetickou hodnotu. Uhlík v zpětně použitém VP plynu je vázaný a pomáhá na ohřívání větru (vzduch spotřebováván na spalování), ale ne pomáhá výrobu dalšího množství VP plynu. Kvůli tom, energie spotřebovaná na výrobu VP plynu je přímo závislá na vsázce uhlí a uvádí se jako procento:

$$(energetická \ hodnota \ vyrobeného \ VP \ plynu / energetická \ .hodnota \ uhly \ ve \ vsázce) * 100$$

Na základě údajů časových řad společnosti Třinecké Železářny (tabulka 4.2.) je vypočten poměr (v procentech) použití koksu a topného oleje (který se používá v období nedostatku koksu) na výrobu vysokopecního plynu. Čísla jsou v tunách, ne v GJ. Celkové množství koksu a celkové množství topného oleje se rozdělilo mezi proces výroby surového železa a proces výroby vysokopecního plynu ve stejném poměru, jako je poměr mezi množstvím uhlíku v surovém železe a množstvím uhlíku ve vysokopecním plynu. Podle výpočtu (tabulka 4.3.) lze dospět k závěru, že pravidelně 89% uhlíku ve vsazeném palivu přispívá na výrobu vysokopecního plynu.

ROK	koks (t)	topný olej (t)	koks-sur.žel.	top.olej-sur.ž.	koks-VPplyn	top.olej-Vpplyn
2010	1033684	52568	105340	5357	928344	47211
2011	998 761	51306	103881	5336	894880	45970
2012	995 889	34898	112502	3942	883387	30956
2013	1017544	24301	106852	2552	910692	21749
2014	767 762	-	80541	-	687221	-
2015	744 208	-	78156	-	666052	-

Tab. 4.2.: Rozdělení vsazených paliv na množství spotřebované k produkci surového železa a na množství spotřebované k produkci vysokopecního plynu

koks/vpplyn %	topny olej/vpplyn %
89,8092647269	89,8093897428
89,5990131773	89,5996569602
88,7033595109	88,7042237378
89,4990290346	89,4983745525
89,5096397061	-
89,4980973061	-

Tab. 4.3.: Poměr vsazeného paliva a vyrobeného vysokopecního plynu

4.2. Analýza výroby a spotřeby VP plynu

Následující tabulky ukazují bilanci vysokopecního procesu, množství výsledných produktů energetického pochodu (mezi které patří VP plyn) a další využití VP plynu v železárně. Musím připomenout, že první bilance ukazuje souhrnnou VP bilanci ocelářského průmyslu České republiky. Druhá bilance je souhrnný příklad ze dvou českých železáren.

Tabulka 4.2. je oficiálním výkazem Českého statistického úřadu pro rok 2014. Podle této bilance veškerý vsazený koks do vysoké pece se přemění na vysokopecní plyn. V koleně „výhřevnost“ je vidět stejnou číslici pro vsazené a vyrobené palivo, což by nemělo být. Zaprvé, ani jeden transformační proces není dokonalý, což znamená, že jsou ztráty tepla v probíhajících procesech určité (sálání tepla a spotřeba). Za druhé, není možná taková přímá přeměna koksu na VP plyn, protože kromě koksu na výrobu plynu je důležitý kyslík z vzduchu. Množství vzduchu se odhaduje podle potřeby výroby surového železa. To znamená, že se nepřivádí přesné množství vzduchu který by v reakci s koksem měl za výsledek celkovou přeměnu na plyn. Ještě je třeba připomenout, jak je v druhé kapitole vysvětlené, že nějaké množství koksu zůstává zachycené v surovém železu. Je víc důvodů, které dokazují, že by se bilancování vysokopecního procesu mělo dělat jinak i kvůli udržení podmínky důvěryhodnosti ve statistické výkazí.

Z tabulky 4.3. je zřejmé, že se produkovaný plyn používá nejen na další VP pochod ale především při dalších zpracování železa na ocel. Poslední řádek ukazuje na přebytkové množství plynu, které může být využito v dalším vysokopecním pohodu. Obvyklé se kolem 60% vyrobeného plynu se používá v dalších procesech železáren. Přebytek od 40% se vrací zpátky do vysoké pece.

Této dvě tabulky, ukazují, že i když jde o transformační proces, jehož hlavním produktem je surové železo, jako vedlejší produkt se jeví vysokopecní plyn v takovém množství a s možností dalšího použití jako paliva, které dovoluje říct, že je statistický a energetický nezanedbatelný zjev.

Název paliva a energie		Fuel and Energy		Stat. číslo paliva	Měrná jednotka	Množství v jednotkách		GJ v %	Výhřevnost kJ/kg
						měrných	GJ		
				Fuel Number	Physical Unit	Amount in		GJ in %	N.c.v. kJ/kg, kJ/m ³
a		b		1	2	3	4	5	6
Vsazené palivo	Koks černouhelný	Input Fuel	Total Coke Oven Coke	110	t	724 441	20 711 755	100,00	28 590
	Hnědouhelný surový dehet		Low-temperature Tar	240	t				
	Topný olej nízkosírný		Fuel Oil (Low Sulphur)	355	t				
	Topný olej vysokosírný		Fuel Oil (High Sulphur)	360	t				
Vsázka celkem		Total Inputs		x	x	x	20 711 755	100,00	x
Využitelné produkty en.pochodu	Vysokopecní plyn	Production	Blast Furnace Gas	120	tis.m ³	6 929 963	20 711 755	100,00	2 989
Využitelné produkty celkem (výroba)		Total Production		x	x	x	20 711 755	100,00	x
Ztráty		Losses		x	x	x		0,00	x
Provozovací spotřeba	Paliva celkem	Working Consumption	Total Fuels	x	x	x		0,00	x
	Teplo dodané odjinud		Heat from Other Sources	750	GJ	x		0,00	x
	Odpadní teplo		Waste Heat	750	GJ	x		0,00	x
	Získané odpadní teplo		Utilized Waste Heat	750	GJ	x		0,00	x
	Teplo celkem		Total Heat	750	GJ	x		0,00	x
	Elektřina		Electricity	710	MWh			0,00	x
CELKEM		TOTAL		x	x	x		0,00	x
Ztráty celkem (vč. provozovací spotřeba)		Total Losses (incl. Working Consump.)		x	x	x		0,00	x
Účinnost energetického pochodu		Energy Process Effectiveness		x	x	x	x	100,00	x

Tab. 4.4: Energetická bilance vysokopecního procesu

		v 10.000 m ³				
		rok	2011	2012	2013	2014
VP PLYN	Zdroje produkce VP plynu	Vysoká pec #1	19303	17673	17721	1722
		Vysoká pec #2	28794	26363	26435	26435
		Vysoká pec #3	33572	66275	66456	66456
		Vysoká pec #4	61125	66275	66456	66456
		Vysoká pec #5	-	-	95995	95993
		Vysoká pec #6	-	-	95991	95993
		celkově	142.794	176.586	369.055	396.055
	Spotřeba VP plynu	kruh sekacího stroje	2629	2628	2630	2630
		pás spékání. Stroje	42048	42049	42050	42050
		vápenka	14107	14106	14108	14108
		konvertor	6571	9820	13143	13145
		válcování oceli	15330	30661	30662	30662
		šachtové pece	-	28251	28252	28252
Přebytek VP plynu		62.109	49.071	238.210	238.208	

Tab. 4.5.: Spotřeba vysokopecního plynu

ZÁVĚR

Kdy se všechno dosud napsané o vysokopecním plynu vezme v úvahu, je možné udělat závěr o potřebných změnách ve statistickém bilancování VP pochodu a to ne jenom v bilancování procesu ale i v oficiálních energetických bilancích IEA a Eurostatu. Niž budou uvedeny oficiální výkazy pro Českou republiku za rok 2014. podle IEA metodiky (stejnou uplatňuje ČSÚ) a metodiky Eurostatu. IEA bilance není tak do detailu rozdělená jako u Eurostatu. Pro to a pro lepší přehlednost bilanci Eurostatu uvedu částečně tj. jenom položky, které jsou významné pro problematiku bilancování VP plynu.

Úkol diplomové práce se týká jen jedné z odlišujících metodik IEA a Eurostatu, uvedených na konci třetí kapitole. Jede o zpracování údajů bilancování vysokopecního procesu. Jak je již zmíněno v tom procesu se jako od-plyn projevuje vysokopecní plyn, nízké energetické hodnoty, ale ve velkém množství. Plyn se neprodává, ale zachycuje a vrací zpátky do procesu jako palivo.

Podle Eurostatu, energetická bilance v její transformační části má formát shodný s komoditní rozvahou, rozdělený mezi vstupy a výstupy. Všechna množství jsou pozitivní v transformační sekce. Kvůli tom je možné jasně vidět množství vsazených paliv a vyrobeného VP plynu (v řádku Transformační výstupy). Potom, v sekci Konečná spotřeba, se stanoví kolik plynu není spotřebované pro vlastní spotřebu (přebytek plynu). Zatímco, v bilanci podle metodiky IEA není vidět VP plyn jako produkt vysokopecního procesu (řádek "Blast furnace"), jenom v konečné spotřebě se může vidět množství VP plynu které není spotřebované na provoz vysokopecního procesu.

Energetická bilance IEA uvádí pouze primární produkce ve vyrobeném řádku. Výroba sekundárních energetických komodit se jeví jako negativní množství v transformační sekci, proti záhlaví příslušné průmyslové transformace. Tak se v jedné transformační sekci sjednocují oba toky, vstupy a výstupy. Toho je dosaženo tím, že se před vstupy dává záporné znaménko.

Srovnáním dvou metodik přicházím na závěr, že údaje o produkci vysokopecního plynu nejsou zanedbatelné a mělo by se je lip bilancovat v oficiálních výkazech. U obou metodiky chybí vykazování částí plynu, která se dává do procesu (transformace) tj. stejné jako je vidět údaj o koksu mělo by být uvedeno data o VP plynu které se zpátečně používá. Důvod, proč tomu tak není je, že se VP plyn považuje za sekundární produkt co je pravda kdy se jedna o konec pochodu a přehled výrobku. Ale, kdy se vyrobený plyn použije na další pohod jede o vsazené palivo a mělo by se vykazovat odděleně v bilancích. Dal, co se týče přehledností toku pochodu, metodika Eurostatu je lepší, protože poskytuje víc, z energetického pohledů významných, informací o vysokopecním procesu.

Řešení které nejlíp vyhovuje reality je bilancování vysokopecního procesu podle metodiky Eurostatu s novinkou bilancování množství VP plynu které se vsází do transformačního procesu. Niž jsou energetické statistické výkazy, pro ČR za rok 2014., podle Eurostatu a IEA. Třetí tabulka ukazuje navrch řešení vykazování VP procesu které je nejbliž popisuje reálný, hmotný tok VP pohodu.

Czech Republic, 2014 (ktoe)	Total (all products)	Solid fossil fuels	Crude oil & petroleum products	Gas	Nuclear heat	Renewable energy	Non- renewable waste	Electricity	Derived heat
+ Primary production	29 069	16 847	261	212	7 843	3 656	250		
+ Primary production receipt									
+ Other sources (recovered products)	144	87	57						
+ Recycled products	11		11						
+ Imports	20 965	2 861	10 858	5 953		275		1 018	0
+ Stock changes	- 305	- 264	- 54	19		- 6			
- Exports	6 375	3 655	2 007	1		290		2 470	2
- Bankers									
- Direct use	54		54						
Gross inland consumption	41 456	15 876	9 072	6 182	7 843	3 635	250	- 1 402	- 1
Transformation input	33 895	15 101	6 007	1 779	7 843	1 099	53	1	2
+ Conventional thermal power stations	13 749	11 360	15	1 256		1 071	45		2
+ Nuclear power stations	7 843				7 843				
+ District heating plants	619	54	4	523		27	8	1	
+ Coke ovens	2 565	2 565							
+ Blast furnaces	632	632							
+ Gas works	490	490							
+ Refineries	7 988		7 988						
+ Patent fuel plants									
+ BKM/PS plants									
+ Charcoal production plants									
+ Coal liquefaction plants									
+ For blended natural gas									
+ Gas-To-Liquids (GTL) plants									
+ Non-specified Transformation Input									
Transformation output	21 177	1 907	7 987	1 445				6 919	2 919
+ Conventional thermal power stations	6 637							4 311	2 326
+ Nuclear power stations	2 628							2 607	21
+ District heating plants	573								573
+ Coke ovens	2 349	1 907		442					
+ Blast furnaces	632	632							
+ Gas works	371			371					
+ Refineries	7 987		7 987						
+ Patent fuel plants									
+ BKM/PS plants									
+ Charcoal production plants									
Exchanges, transfers and rebates						- 368		368	
Consumption of the energy branch	1 793	262	246	199				740	540
Distribution losses	918	34		141				331	411
Available for final consumption	26 048	2 385	8 613	5 508		2 149	197	4 833	2 164
Statistical difference	131	120	22	- 13		2			
Final non-energy consumption	2 902	365	2 423	113					
Final energy consumption	23 016	1 900	6 368	5 407		2 147	197	4 833	2 164
+ Industry	7 481	1 360	295	2 601		453	167	1 978	626
+ Iron and Steel	1 644	925		726		0		211	81
+ Chemical and Petrochemical	1 066	186	1	318		1	3	317	242
+ Non-ferrous metals	64	3		33		0		27	2
+ Non-metallic minerals	1 014	148	11	453		1	164	180	18
+ Transport eEquipment	404	7	1	140		0		209	47
+ Machinery	695	11	5	226		3		356	94
+ Mining and Quarrying	82	0		51		0		30	1
+ Food, Beverages and Tobacco	570	42	4	307		5		127	80
+ Paper, Pulp and Printing	601	33	1	103		296		148	21
+ Wood and Wood products	215	1	4	25		137		41	6
+ Construction	173	1	49	72		3		31	18
+ Textile and Leather	126	2	1	51		0	0	61	10
+ Not elsewhere specified (Industry)	527	2	219	68		5	0	231	2
+ Transport	6 219	1	5 705	61		317		136	
+ Rail	215	1	68					125	
+ Road	5 649		5 302	25		317		6	
+ International aviation	293		293						
+ Domestic aviation	19		19						
+ Domestic navigation	3		3						
+ Pipeline transport	41			36				5	
+ Not elsewhere specified (Transport)									
+ Other sectors	9 316	539	368	2 746		1 377	29	2 719	1 530
+ Commercial and public services	2 799	17	12	988		58	29	1 262	433
+ Residential	5 669	514	4	1 645		1 198		1 215	1 094
+ Agriculture / Forestry	595	8	336	56		122		62	12
+ Fishing	1			0				0	
+ Not elsewhere specified (Other)	253	1	16	56				180	0

Tab. 4.6. : Energetická bilance ČR za rok 2014. podle metodiky EUROSTATu

Czech Republic

2014

SUPPLY AND CONSUMPTION	Coal (kt)						Coal gases (TJ)			Peat (kt)	Natural gas (TJ)
	Coking coal	Other bit. coal / anth.	Subbit. coal	Lignite	Coke /tar	Pat. fuel /BRS	Gas works gas	Coke oven gas	Recovered gases ¹		
Production	4580	4090	-	38177	2737	-	17246	20850	26469	-	9859
From other sources	-	145	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Imports	1781	1427	-	1387	597	148	-	-	-	-	275915
Exports	-2385	-1978	-	-905	-529	-10	-	-	-	-	-45
Intl. marine bunkers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Intl. aviation bunkers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stock changes	-132	-166	-	-329	27	3	-	-	-	-	863
DOMESTIC SUPPLY	3493	3518	-	38324	2932	141	17246	20850	26469	-	287882
Transfers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Statistical differences	-293	205	-	-177	17	-	-	276	289	-	-
TRANSFORMATION	3549	3238	-	34118	2948	-	17157	6391	9904	-	48294
Electricity plants	-	935	-	21521	-	-	-	-	-	-	295
CHP plants	-	2285	-	11957	1	-	17157	6391	9904	-	23050
Heat plants	-	10	-	165	1	-	-	-	-	-	24349
Blast furnaces	-	-	-	-	1856	-	-	-	-	-	-
Gas works	-	-	-	1464	65	-	-	-	-	-	-
Coke/pat. fuel/BRS/PS plants	3580	-	-	-	87	-	-	-	-	-	-
Oil refineries	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Petrochemical plants	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Liquefaction plants	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Other transformation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ENERGY IND. OWN USE	-	4	-	881	-	-	89	3045	1560	-	4387
Fuel mining and extraction	-	-	-	881	-	-	89	-	1543	-	173
Oil refineries	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4214
Elec., CHP and heat plants	-	4	-	-	-	-	-	-	17	-	-
Pumped storage plants	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Other energy ind. own use	-	-	-	-	-	-	-	3045	-	-	-
Losses	-	55	-	4	-	-	-	350	863	-	5672
FINAL CONSUMPTION	-	434	-	2169	899	141	-	11050	14711	-	228429
INDUSTRY	-	336	-	896	378	-	-	11050	13919	-	94484
Iron and steel	-	85	-	15	311	-	-	10940	12832	-	8820
Chemical and petrochemical	-	57	-	514	-	-	-	-	1288	-	13400
Non-ferrous metals	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	1515
Non-metallic minerals	-	175	-	20	46	-	-	70	49	-	22366
Transport equipment	-	-	-	24	-	-	-	-	-	-	6496
Machinery	-	-	-	15	9	-	-	40	-	-	10454
Mining and quarrying	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	3367
Food and tobacco	-	19	-	84	8	-	-	-	-	-	14352
Paper, pulp and print	-	-	-	113	-	-	-	-	-	-	4769
Wood and wood products	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	1147
Construction	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	3333
Textile and leather	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	2370
Non-specified	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	3185
TRANSPORT	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	3823
Domestic aviation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Road	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1146
Rail	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Pipeline transport	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1677
Domestic navigation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Non-specified	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OTHER	-	96	-	1343	26	141	-	-	-	-	127725
Residential	-	92	-	1280	20	141	-	-	-	-	75526
Comm. and public services	-	2	-	43	4	-	-	-	-	-	45944
Agriculture/forestry	-	2	-	20	1	-	-	-	-	-	2627
Fishing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
Non-specified	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2622
NON-ENERGY USE	-	1	-	-	405	-	-	-	792	-	4397
In industry/transf. energy of which: chem./petrochem.	-	1	-	-	405	-	-	-	792	-	4397
In transport	-	-	-	-	405	-	-	-	792	-	4397
In other	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 4.7. : Energetická bilance ČR za rok 2014. podle metodiky IEA

Pro návrh řešení jsem použila údaje Eurostatu (v ktoe) a změny jsem udělala jenom v řádcích které se tykají VP pochodu.

<i>Czech Republic, 2014 (ktoe)</i>	<i>Total (all products)</i>	<i>Solid fossil fuels</i>	<i>Crude oil & petrol. products</i>	<i>Gas</i>	<i>Nuclear heat</i>	<i>Renewable energies</i>	<i>Non-renewable wastes</i>	<i>Electricity</i>	<i>Derived heat</i>
Transformation input									
<i>Blast furnances</i>	925	925							
Transformation output									
<i>Blast furnance</i>				632					
Final energy consumption									
<i>Iron & steel</i>		925		726					

Tab. 4.8.: Návrh řešení bilancování paliv vysokopecního procesu

Hlavní změna by měla být udělaná v sekci Transformační vstup (input). Na základě celkového výzkumu produkce, složení a zpětného užití VP plynu, namísto číslce 632 by mělo být opravdové vsazené množství koksu, které je vidět v koneční spotřebě. Taky, jak je vysvětleno, účinnost přeměny koksu na VP plyn není stoprocentní. Poměr vyrobeného plynu (632 ktoe) a vsazeného koksu (726 ktoe) je 87%, což odpovídá výpočtu efektivity udělaném v sekci 4.1. (na základě údajů českých železáren).

Což je ještě potřeba na závěr napsat je můj pohled na stížnost některých odborníků, že by se v sekci *Transformační vstup* měl být údaj o množství zpětně vsazeného VP plynu. Zpětně použité množství VP plynu (na ohřívání vzduchu) se nemá oznamovat v sekci *Transformační vstup* (což je u obou metodik správně). Plyn zpětně použitý v peci není "transformační sektor", ale "energetický sektor". Tento plyn se používá na ohřev pece a materiálu, ne na samotnou transformaci na jiný produkt. Transformace je změna uhlí na plyn, ale použití plynu při procesu není transformace. Státy to hlásí jako "energetický sektor" nebo "iron & steel", což taky není úplně správně - jelikož v praxi se asi tyto energetické toky prolínají. Informace o zpětně použitém VP plynu je důležitá, měla by se vykazovat odděleně v *Koneční spotřebě*. Řešením je vypracování detailnějších pokynů pro země jako tyto procesy správně evidovat v hlášeních co posílají do mezinárodních statistických úřadů.

Seznam použité literatury

ODBORNÉ ZDORJE

- [1] Šešulka Vilém: ANALÝZA PALIV; Praha:SNL/ALFA 1970., 258s.
- [2] Hubáček J.: CHEMIE UHLÍ; Praha: SNL, 1962., 472s.
- [3] Kural Orham: COAL-Resources, Properties, Utilization, Pollution;
Istanbul:Mining Faculty-Istanbul Technical University Maslak 80626, 1994., 494s., ISBN 978-1-4875-63538-4
- [4] Šebelík, Vladimír: VÝVOJ KOKSÁRENSTVÍ NA ÚZEMÍ ČSSR OD POČÁTKŮ DO ROKU 1975.; Praha: Technicko-ekonomický výzkumný ústav hutního průmyslu, 1979., 182s.
- [5] Tomeczek, Jezy: COAL CUMBUSTION; Malabar ,Krieger Publ. Co., 167s.
- [6] Stracher G., Prakash A., Sokol E.: COAL AND PEAT FIRES- A Global Perspective;
London: ElsevierUK, 2011; 357s., ISBN 978-0-444-52858-2
- [7] Veselý Václav, Mostecký Jiří a kolektiv: PETROCHÉMIA; Bratislava: ALFA, 1989.; 680s.
A 26280 a
- [8] Wiseman Peter: PETROCHEMIE-základy; Praha-SNL, 1988.; 264s.,
- [9] Kameš Josef: FOSILNÍ PALIVA-uhlí, ropa a zemní plyn; Praha,2012.; 227s.
- [10] Makarius Miroslav: VÝROBA SUROVÉHO ŽELEZA-díl I; SNL, Praha 1962.; 270s.
- [11] Makarius Miroslav: VÝROBA SUROVÉHO ŽELEZA-díl II; SNL, Praha 1962.; 254s.
- [12] Vondráček R., Quadrat O.: VÝROBA ŽELEZA-chemická technologie; ČS grafická Unie a.s., Praha 1934.; 656s.
- [13] Houdek František: VÝROBA SUROVÉHO ŽELEZA; SNL, Praha 1956.; 107s., II 156895
- [14] Novospasskij A.F. : SOUČASNÁ VYSOKÁ PEC-část druhá; Ministerstvo hutního průmyslu a rudných dolů 1956.; 121s.
- [15] Brož Ludvík: TEORETICKÉ ZÁKLADY VÝROBY ŽELEZA; Praha 1972., SNL; 390s.
- [16] Rosenqvist Terke: PRINCIPLES OF EXTRACTIVE METALLURGY- second edition; Tapir Academic Press, Trondheim 2004.; 506 s., ISBN 978-8251919227
- [17] Shigaki Nobuyuki, Akiyama Tomohiro, Tsukihashi Fumitaka: EXERGY ANALYSIS OF STEEL PRODUCTION PROCESSES; The Japan Institute of Metals, Tokyo 2012; Materials Transactions. 379.- 384.s., ISBN 978-1-4244-4638-4
- [18] Marshall W. E. : A METHOD OF ESTIMATING BLAST FURNACE PRODUCTION AND COKECONSUPTION; AISI Yearbook, New York 1947; 379 s.
- [19] WORLD ENERGY STATISTICS 2016.; IEA Publications, Paris 2016.; 789s., ISBN 978-92-64-23897-8
- [20] STATISTICKÁ ROČENKA ČR 2014.; Český statistický úřad, Praha 2014.; 813s., ISBN 978-80-250-2580-2

[21] WORLD ENERGY STATISTICS 2016.; IEA Publications, Paris 2016.;789s., ISBN 978-92-64-26147-1

[22] ENERGY STATISTICS MANUAL ; IEA Publications, Paris 2005.;196 s.

[23] ŠÁREK, Jindřich, HANČL, Jar, LVOVÁ,H. : CVÍČENÍ Z VÝROBY SUROVÉHO ŽELEZA-
výpočtová část I.; Ediční středisko vysoké školy banské, Ostrava 1961.; 42s.

INTERNETOVÉ ZDROJE

[24] Čisté technologie výroby uhlí, dostupné na www:

<http://www.fossil.energy.gov/education/energylessons/coal/coal_cct3.html>

[25] Působnost ministerstva [cit. 20.10.2016] ,dostupné na www:

<<http://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/ministerstvo/o-ministerstvu/pusobnost-ministerstva/pusobnost-ministerstva--1926/>>

[26] O úřadu, dostupné na www: <<https://www.eru.cz/cs/o-uradu>>

[27] Misie IEA, dostupné na www: <<https://www.iea.org/about/>>

[28] Statistické udaje pro ČR, dostupné na www :

<https://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=CZECH&product=coal&year=2014>

[29] Vysokopeční provoz železáren, dostupné na www :

<http://www.hornictvi.info/prirucka/zprac/vyspec/vyspec.htm>

[30]Přehled produkce plynu v ocelářském průmyslu, dostupné na www : <https://www.clarke-energy.com/steel-production-gas/>

Seznam zkratek

VP - vysokopecní
ZP - zemní plyn
DP – diplomová práce
TŽ - Třineckých železáren
t - tuna
kg – kilogram
KJ – kilojoule
GJ – gigajoule
MJ – megajoule
TJ – terajoule
kPa – kilo pascal
MPa – mega pascal
toe – tuna ropného ekvivalentu
tce - tunu uhelného ekvivalentu
IEA - Mezinárodní energetická agentura
MPO – Ministerstvo průmyslu a obchodu
ČSÚ - Český statistický úřad

Seznam tabulek

Tab. 1.2. : Složení různých druhů uhlí	13
Tab. 1.3. : Fáze a produkty frakční destilace	20
Tab. 1.4. : Typické složení zemního plynu	24
Tab. 4.1. : Složení plynů vyrobených v ocelářenském průmyslu	51
Tab. 4.2. : Rozdělení vsazených paliv na množství spotřebované k produkci surového železa a na m	54
Tab. 4.3. : Poměr vsazeného paliva a vyrobeného vysokopecního plynu	55
Tab. 4.4. : Energetická bilance vysokopecního procesu	56
Tab. 4.5.: Spotřeba vysokopecního plynu	56
Tab. 4.6. : Energetická bilance ČR za rok 2014. podle metodiky EUROSTATu	58
Tab. 4.7. : Energetická bilance ČR za rok 2014. podle metodiky IEA	59
Tab. 4.8. : Návrh řešení bilancování paliv vysokopecního procesu	60

Seznam grafů

Graf 1.1. : Vývoj výroby koksu v ČR	16
Graf 1.2. : Vývoj výroby koksárenského plynu v ČR	17
Graf 1.3. : Vývoj výroby generátorového plynu v ČR	18
Graf 1.4. : Vývoj výroby černouhelného dehtu v ČR	18
Graf 1.5. : Vývoj výroby benzínu v ČR	22
Graf 1.6. : Vývoj výroby topných olejů	22
Graf 1.7. : Vývoj výroby petroleje v ČR	23
Graf 1.8. : Výroba ZP- naftového	25
Graf 1.9. : Výroba ZP- karbonského	25

Seznam obrázků

Obr. 1.1. : Vliv tlaku, času a teploty na vytvoření druhů uhlí	11
Obr. 1.2. : Koksárenská baterie	14
Obr. 1.3. : Atmosférická destilační kolona	21
Obr. 1.4. : Zpracovávání zemního plynu	26
Obr. 2.5. : Detailní příkaz vysoké peci	33
Obr. 4.1. : Plán energetického toku vysokopecního procesu	53

Příloha

Úloha: EP 8-01
 Tabulka: 01 - Bilance energetického pochodu
 Třídění: 01 - oddíl 036 a 037
 Výběr:
 Pátička:
 Území: Česká republika
 Období: Rok 2010
 Vytvořeno: 20.07.2011 11:13:28
 Kód dopočtu: Předložené výkazy

Název a číslo energetického pochodu: 01 Briketování hnědého uhlí

Název paliva a energie	Statistické číslo paliva	Množství v jednotkách			Výhřevnost kJ/kg kJ/m ³
		naturálních	GJ		
a	1	2	3	4	5
Vsazené palivo					
Hnědé uhlí	200	286819	4267867	100.0	14880
"Vsázka celkem"	x	x	4267867	100.0	x
Využitelné produkty energ. pochodu					
Hnědouhelné brikety	210	144996	3399888	79.7	23448
Ost.tuhá paliva z h.u.	290	16139	340856	8.0	21120
"Využitelné produkty celkem"	x	x	3740744	87.6	x
"Ztráty a bilanční rozdíly"	x	x	527123	12.4	x

Název a číslo energetického pochodu: 02 Vysokoteplotní karbonizace v koksovárnách

Název paliva a energie	Statistické číslo paliva	Množství v jednotkách			Výhřevnost kJ/kg kJ/m ³
		naturálních	GJ		
a	1	2	3	4	5
Vsazené palivo					
Čer.uhlí pro koksování	102	3236805	95113423	98.1	29385
Koks č.u. metal.báňský	11001	2649	75417	0.1	28470
Koks č.u. prach	11004	70053	1737314	1.8	24800
"Vsázka celkem"	x	x	96926154	100.0	x
Využitelné produkty energ. pochodu					
Koks č.u. metal.báňský	11001	915759	26071659	26.9	28470
Koks č.u. metal.hutní	11002	1411883	40144461	41.4	28433
Koks č.u. plynárenský	11003	49362	1287322	1.3	26079
Koks č.u. prach	11004	171439	4201532	4.3	24507
Koksárenský plyn	121	1085905	18313329	18.9	16865
Černouhel.surový dehet	125	97463	3508633	3.6	36000
Benzol z č.u.	140	25753	1090815	1.1	42357
Ostatní produkty	390	2946	24360	0.0	8269
"Využitelné produkty celkem"	x	x	94642111	97.6	x
"Ztráty a bilanční rozdíly"	x	x	2284043	2.4	x

Název a číslo energetického pochodu: 03 Tlakové zplynování uhlí (včetně karbonizace)

Název paliva a energie	Statistické číslo paliva	Množství v jednotkách			Výhřevnost kJ/kg kJ/m ³
		naturálních	GJ		
a	1	2	3	4	5
Vsazené palivo					
Hnědé uhlí	200	1561596	21296590	100.0	13638
"Vsázka celkem"	x	x	21296590	100.0	x
Využitelné produkty energ. pochodu					
Energoplyn	220	1202415	14084877	66.1	11714
Ost.plyn.paliva z h.u.	230	237179	1524803	7.2	6429
Hnědouhel.surový dehet	240	97856	3675470	17.3	37560
Ost.kap.paliva z h.u.	250	12990	521438	2.4	40141
"Využitelné produkty celkem"	x	x	19806588	93.0	x
"Ztráty a bilanční rozdíly"	x	x	1490002	7.0	x

Název a číslo energetického pochodu: 06 Výroba kapalných paliv z ropy (dehtu)

Název paliva a energie	Statistické číslo paliva	Množství v jednotkách			Výhřevnost kJ/kg kJ/m ³
		naturálních	GJ		
a	1	2	3	4	5
Vsazené palivo					
Ropa surová	300	7600272	321933609	93.1	42358
Rafinérské poloproducty	302	97257	3741167	1.1	38467
Ostatní kapalná paliva	395	483380	19963591	5.8	41300
"Vsázka celkem"	x	x	345638367	100.0	x
Využitelné produkty energ. pochodu					
Rafinérský plyn	301	139488	5802687	1.7	41600
Zkapalněný ropný plyn	310	110258	10630777	3.1	96418
Primární benzin	315	866523	38092877	11.0	43961
Motorový benzin	320	1495452	64902596	18.8	43400
Letecký petrolej	330	147074	6368304	1.8	43300
Motorová nafta	345	3295491	140925709	40.8	42763
Topný a ostatní plyn.ol	350	205229	8742758	2.5	42600
Topný olej nízkosir.S<1	355	156311	6201245	1.8	39672
Top.olej vysokosir.S>1	360	102629	4057134	1.2	39532
Ropný koks	385	87664	3287400	1.0	37500
Ostatní produkty	390	428987	16387312	4.7	38200
Ostatní kapalná paliva	395	913306	36349576	10.5	39800
"Využitelné produkty celkem"	x	x	341748375	98.9	x
"Ztráty a bilanční rozdíly"	x	x	3889992	1.1	x

Název a číslo energetického pochodu: 08 Vysokopecní proces

Název paliva a energie	Statistické číslo paliva	Množství v jednotkách			Výhřevnost kJ/kg kJ/m ³
		naturálních	GJ		
a	1	2	3	4	5
Vsazené palivo					
Koks a polokoks č.u.	110	2082035	58620270	94.8	28155
Hnědouhel.surový dehet	240	32732	1178352	1.9	36000
Topný olej nízkosir.S<1	355	26992	1052669	1.7	38999
Top.olej vysokosir.S>1	360	25576	997464	1.6	39000
"Vsázka celkem"	x	x	61848755	100.0	x
Využitelné produkty energ. pochodu					
Vysokopecní plyn	120	6986936	21795040	35.2	3119
"Využitelné produkty celkem"	x	x	21795040	35.2	x
"Ztráty a bilanční rozdíly"	x	x	40053715	64.8	x

Název a číslo energetického pochodu: 09 Výroba generátorového plynu v prům.gen.stanicích

Název paliva a energie	Statistické číslo paliva	Množství v jednotkách			Výhřevnost kJ/kg kJ/m ³
		naturálních	GJ		
a	1	2	3	4	5
Vsazené palivo					
Hnědé uhlí	200	4094	70828	100.0	17300
"Vsázka celkem"	x	x	70828	100.0	x
Využitelné produkty energ. pochodu					
Generátorový plyn	225	7778	45115	63.7	5800
"Využitelné produkty celkem"	x	x	45115	63.7	x
"Ztráty a bilanční rozdíly"	x	x	25713	36.3	x