

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Ústav pro životní prostředí

Ekologie a ochrana prostředí

Bakalářská práce

**Metody a perspektiva odstraňování oxidu uhličitého z emisí
zdrojů v ČR**

*Methods and prospects of CCS from emissions of energy sources in Czech
republic*

Jan Pulkrábek

školitel: RNDr. Rudolf Přibil, Csc.

Červen 2010

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů, a že předložená tištěná verze bakalářské práce je totožná s elektronickou verzí vloženou do SIS.

Jan Pulkrábek

Abstrakt

S přibývajícím frekvencí výskytu problémů způsobených globální změnou klimatu se vědecká obec snaží najít možná řešení omezení emisí skleníkových plynů do atmosféry. Za jedno z možných řešení tohoto problému se považuje systém na separaci, transport a dlouhodobé ukládání CO₂, anglicky zvaný CCS z Carbon Capture and Storage. Tato práce je literární rešerší problematiky CCS s cílem zjistit možné využití CCS v ČR. Je zde základně popsán systém CCS, dále je brán zřetel na možná rizika pro životní prostředí s ním spojená a na závěr jsou shrnuty perspektivy nasazení této technologie v ČR.

With increasing frequency of problems caused by global climate change, the scientific community trying to find possible solutions to reduce greenhouse gas emissions into the atmosphere. One of the possible solutions of this problem is considered the system of separation, transportation and long-term storage of CO₂, called CCS - Carbon Capture and Storage. This work is a literature review issues of CCS in order to determine the possible use of CCS in the Czech republic. There is a basic system description of CCS, the possible environmental risks associated with it, and finally summarize of the prospects of deployment CCS technology in Czech republic.

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu panu RNDr. Rudolfu Přibilovi, Csc. za jeho pomoc a konzultace při přípravě i korektuře této práce. Dále bych také poděkoval panu Vítu Hladíkovi z České geologické služby za poskytnutí nových dat a map k posouzení proveditelnosti CCS systémů v ČR.

Obsah

1. Úvod.....	5
2. Popis CCS a jeho částí.....	5
2.1. Separace CO ₂	6
2.1.1. Separace po spálení paliva se vzduchem.....	6
2.1.2. Zplynování paliva, rozklad na CO ₂ a H ₂ , který je spálen.....	7
2.1.3. Spalování paliva se separovaným O ₂ ze vzduchu.....	7
2.2. Transport CO ₂	8
2.3. Ukládání CO ₂	8
2.3.1. Ukládání v geologických strukturách.....	8
2.3.2. Ukládání v oceánech a mořích.....	8
2.3.3. Převod na chemické sloučeniny a využití v průmyslu.....	9
3. Dopady CCS na životní prostředí.....	9
3.1. Vliv CCS na atmosféru.....	9
3.1.1. Bilance emisí CO ₂	10
3.1.2. Bilance SO ₂ , NO _x , PM _{2,5} , NH ₃	10
3.2. Energetická a celková bilance.....	11
3.3. Rizika CCS.....	12
3.3.1. Rizika geologického uskladnění.....	12
3.3.2. Rizika uskladnění v mořích a oceánech.....	12
3.3.3. Možné nehody a katastrofy CO ₂	13
4. CCS a jeho perspektivy v ČR.....	13
4.1. Emise CO ₂ v ČR.....	13
4.1.1. Legislativa a úmluvy o snižování emisí CO ₂ v ČR.....	13
4.1.2. Stávající emise a jejich trendy.....	14
4.1.3. Zdroje emisí v ČR.....	15
4.2. Skladování CO ₂ v ČR.....	16
4.2.1. Hmotnost skladovaného CO ₂	17
4.2.2. Možné úložiště CO ₂ v ČR.....	17
4.2.3. Srovnání s úložišti jaderného odpadu.....	18
4.3. Dopady CCS v ČR.....	19
4.3.1. Dopady na životní prostředí a rizika v ČR.....	19

4.3.2. Ekonomické dopady.....	20
5. Závěr.....	20
6. Seznam použité literatury a zdrojů.....	21
7. Přílohy.....	24
7.1. Tabulka P1 - Souhrnná tabulka emisí GHG v ČR za rok 2008.....	24
7.2. Graf P1 - srovnání celkových nákladů na snížení emisí podle energetických scénářů v případě vysokého cíle a vlivu CCS.....	25
7.2. Graf P2 - celkové náklady na snižování emisí podle energetických scénářů ...	26
8. Seznam zkratk.....	27

1. Úvod

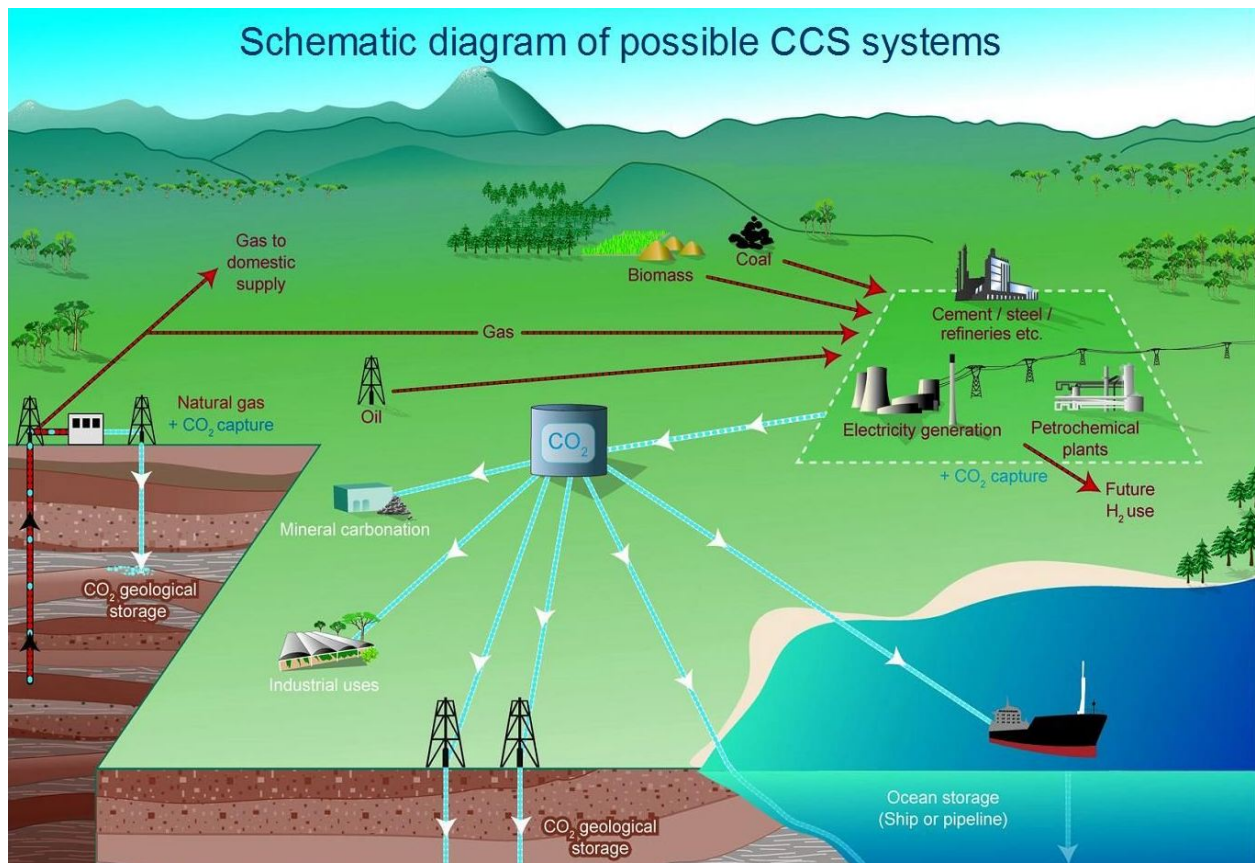
S postupným zpřesňováním vědeckých poznatků o globální změně klimatu a obecným rozšiřováním tohoto tématu do veřejných kruhů začíná problematika skleníkových plynů (dále jen GHG - z anglického greenhouse gas) zajímat čím dál větší část vědecké obce, ale i laické veřejnosti, pro kterou se „ekologické smýšlení“ stává součástí běžného života. Společně s průnikem do laické veřejnosti jde zájem vědecké obce a politických představitelů o možné řešení vzniklé globální změny klimatu, která je s největší pravděpodobností způsobena antropogenní činností. Ta je zprostředkována zejména využíváním fosilních paliv, které zvyšují koncentrace skleníkových plynů, zvláště pak CO₂, v atmosféře (*IPCC, 2007*).

Tato práce by měla být literární rešerší popisující jeden z možných způsobů řešení, jak snížit antropogenní přírůstek CO₂ do atmosféry. Práce bude pojednávat o systému pro zachytávání a uskladňování CO₂ (dále jen CCS z anglického Carbon Capture and Storage) a jeho možných perspektivách a rizicích použití v České republice.

2. Popis CCS a jeho částí

CCS je vícesložkový systém, jehož primární funkcí je snížení množství do atmosféry vypouštěných emisí CO₂ z bodových zdrojů tím, že CO₂ bude z emisí separován a transportován k vhodným lokacím, v nichž bude dlouhodobě uložen mimo atmosféru. Nejčastěji se s jeho využitím počítá u velkých bodových zdrojů, spalujících fosilní paliva, ale například i u velkých spaloven biomasy, cementáren atd.

Aplikace CCS by u výše zmíněných zdrojů měla dosáhnout snížení množství vypouštěných emisí CO₂ do atmosféry o 80-90% v porovnání se zdrojem bez CCS (*IPCC, 2005*). *IPCC (2005)* předpokládá, že CCS by mohl snížit roční objem vypouštěného CO₂ o 2,6-4,9 Gt CO₂ v roce 2020 a 4,7-37,5 Gt CO₂ v roce 2050, což odpovídá 9-12 % pro rok 2020 a 21-45 % pro rok 2050. Rozsah zahrnuje šest možných scénářů vývoje globálních emisí CO₂ a také technologické limity aplikace CO₂. Z těchto čísel je zřejmé, že vědci spatřují v technologii CCS značný potenciál. V současné době již na území Evropské unie existují první realizované projekty využití CCS v reálných podmínkách, např. energetického koncernu *Vattenfall (2009)*.



Obrázek 1: Schématické znázornění možného CCS systému. Zdroj: IPCC, 2005, IPCC Special Report on Carbon dioxide Capture and Storage

2.1. Separace CO₂

Prvním krokem v systému CCS je separace CO₂ ze vzniklých spalin. Všechny níže popsané základní metody jsou již dnes reálné a technologicky zvládnutelné. Dosud však nebyly aplikovány v reálných podmínkách zdrojů s výkonem větším než 500 MW (IPCC, 2005). V budoucnu tedy může být rozvoj těchto technologií limitujícím faktorem pro celý systém, což potvrzuje i nezávislá studie firmy *McKinesy&company* (2008).

2.1.1. Separace po spálení paliva se vzduchem

Anglickým termínem „Post-combustion“. Jedná se o technologii, která separuje CO₂ po spálení paliva za standardních používaných podmínek. Separace probíhá v dodatečném zařízení, které zpracovává veškeré spaliny, což je velice náročné na objem (IPCC, 2005). V praxi je možno použít tento způsob i pro stávající zdroje, např. tepelné elektrárny, ale toto řešení by znamenalo postavení zařízení, které by bylo obdobně složité jako samotná elektrárna. Primární nárůst energie na separaci je tedy

nejvyšší v samotném odstranění a kompresi CO₂, neboť proud vycházející z kotle nemá dostatečnou koncentraci CO₂ (Bartošík & Mastný, 2009).

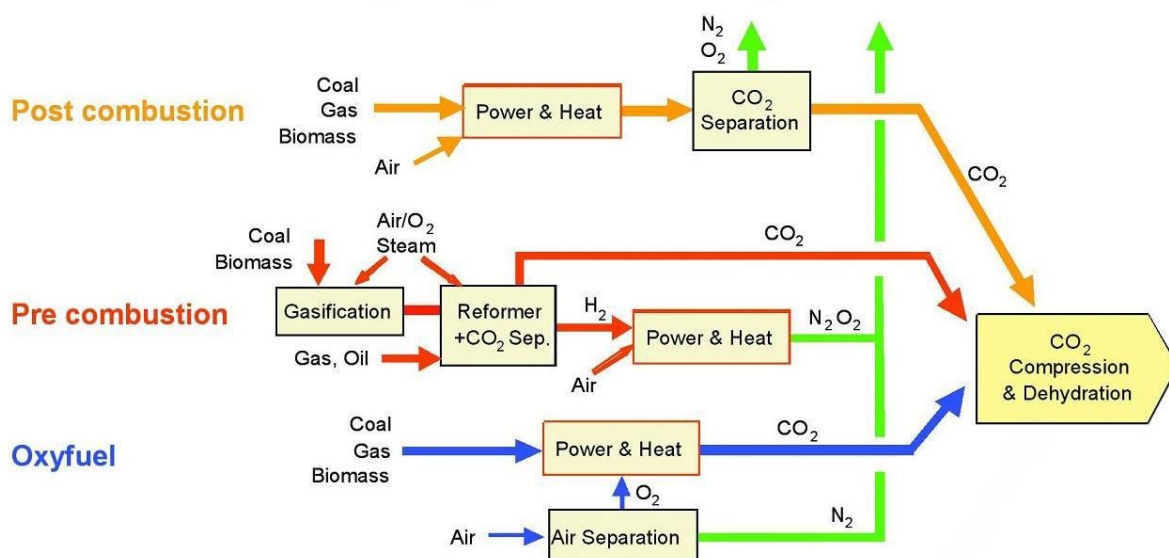
2.1.2. Zplynování paliva, rozklad na CO₂ a H₂, který je spálen

Anglickým termínem „Pre-combustion“. Jedná se o zplynování paliva na syngas, který je pak v reaktoru přeměněn za přístupu páry na směs CO₂ a H₂. CO₂ je následně separován a vodík je použit jako čisté palivo. Tato metoda má velkou perspektivu, je ovšem potřeba tuto metodu vylepšit pro použití ve velkých zdrojích. Nelze ji také jednoduše použít ve stávajících zdrojích, je tedy vhodná pouze pro nově postavené. (Bartošík & Mastný, 2009)

2.1.3. Spalování paliva se separovaným O₂ ze vzduchu

Anglickým termínem „Oxyfuel combustion“. Základním krokem této metody je separace kyslíku na vstupu do kotle. Při spálení paliva s čistým kyslíkem pak vznikají spaliny s velmi vysokou koncentrací CO₂, což usnadňuje následnou separaci. Tato metoda je energeticky velice náročná na samotnou separaci kyslíku. Je ji možno použít i u stávajících zařízení, pro dosažení optimálních výsledků je však třeba tuto technologii implementovat do nového zařízení (Bartošík & Mastný, 2009).

Overview of CO₂ capture processes and systems



Obrázek 2: Základní metody separace CO₂ z energetických zdrojů. Zdroj: IPCC, 2005, IPCC Special Report on Carbon dioxide Capture and Storage

2.2. Transport CO₂

Po separaci následuje fáze transportu na místo skladování. Zjednodušeně lze uvést, že ekonomicky rentabilní jsou pouze dvě možnosti transportu.

- Transport v plynné fázi potrubím - již dnešní zkušenosti dovolují běžný transport CO₂ i ve větších objemech. Transport bude prováděn pod tlakem 10-80 MPa (IPCC, 2005). Využití je jak pro kratší, tak pro velké vzdálenosti.
- Transport v kapalně fázi lodí - přichází v úvahu na extrémně dlouhé vzdálenosti. V současné době existují značné zkušenosti s LPG a LNG.

2.3. Ukládání CO₂

Poslední částí CCS systému je samotné dlouhodobé uložení s minimálním podílem 99% uloženého CO₂ po 1000 letech (ECCP, 2006). Optimální hloubka uložení je větší než 800-1000 m pod povrchem, kde se hustota CO₂ podobá kapalině (IPCC, 2005).

2.3.1. Ukládání v geologických strukturách

- Hlubinné podzemní vodní rezervoáry - hlubinné porézní horniny, které jsou prosyceny vodou. Obsahují značnou koncentraci solí a jsou většinou nevyužitelné.
- Vytěžené ložiska ropy a zemního plynu - Tyto struktury jsou velice vhodné pro ukládání CO₂. V některých ložiscích může být využito CO₂ pro EOR (enhanced oil recovery). Tlakem plynu dochází k vytěžení zásob, které nebyly jinak dosažitelné.
- Vytěžené doly - vhodné geologické struktury vytěžených dolů. Obdobně jako EOR mohou být lokality použity pro ECBM (enhanced coal bed methane), což je získávání methanu z hlubinných struktur podobným způsobem jako v EOR.

2.3.2. Ukládání v oceánech a mořích

Oceán je pro lidstvo dlouhodobým místem skladování odpadu, které lze využít i pro skladování CO₂. Rizika spojená s ukládáním CO₂ do oceánů a moří však zatím nejsou dostatečně prozkoumána. Základní metody ukládání do oceánů jsou:

- Rozpouštění v hloubkách pod 1000 m.
- Vytváření jezer v hloubkách větších než 3000 m, kde je hustota CO₂ větší než hustota vody.
- Reakce s CaCO₃ na HCO₃⁻.

2.3.3. Převod na chemické sloučeniny a využití v průmyslu

Primárně se jedná o uchování CO₂ v uhličitanové formě. Reakce probíhá například s CaO a MgO. Tato možnost uchování CO₂ je sice nejstálejší, ovšem za dnešních znalostí energeticky velmi náročná pro nasazení v měřítku CCS. Podle *IPCC (2005)* má ve srovnání elektrárna vybavená takovýmto systémem o 60-180 % větší spotřebu energie na vyrobenou kWh než referenční elektrárna bez CCS. Nesmíme také zapomínat na těžbu CaO a MgO, která by byla masivní.

Poslední možností je využití CO₂ v průmyslu, ovšem roční kapacita cca 120 Mt globálně využitého CO₂ oproti emisím 13 446 Mt ročně je pro masové nasazení malá (*IPCC, 2005*).

3. Dopady CCS na životní prostředí

Předchozí kapitola se zabývala jen stručným popisem stavby a funkce CCS, kdežto tato by měla alespoň nastínit základní vztahy a vliv technologie CCS na životní prostředí pro pochopení všech možných rizik vyplývajících pro implementaci v ČR.

Z hlediska uvažovaného rozsahu technologie CCS je už nyní evidentní, že ovlivnění životního prostředí, kladným i záporným způsobem, bude značné. Spousta autorů, např. *Petr Nejedlý (2008)*, ale i samotné IPCC nebo ECCP připouští, že tyto dopady nejsou dostatečně zmapovány a bude třeba se jimi zabývat. Společnost *McKinesy&company (2008)* dokonce vidí v odstranění pochybností o rizicích CCS Achillovu patu celého systému.

3.1. Vliv CCS na atmosféru

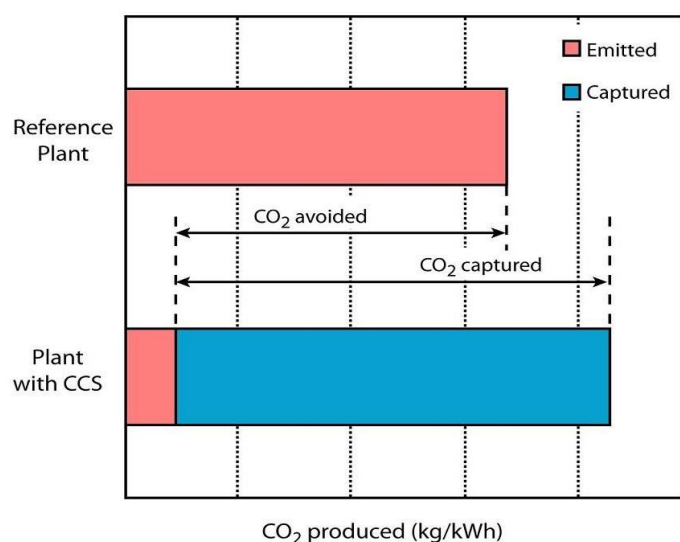
Primárním cílem CCS je snižování antropogenního vlivu na atmosféru a klima jako takové prostřednictvím snižování emisí CO₂ z velkých energetických zdrojů. Dalším nezanedbatelným efektem by podle *IPCC (2005)* mělo být snížení dalších

znečišťujících látek a plynů do ovzduší.

3.1.1. Bilance emisí CO₂

Primárním smyslem celého navrhovaného použití systémů CSS je snížení emisí antropogenního CO₂. Globální emise CO₂ v roce 2006 činily 28,962 Gt CO₂ (IEA, 2009). Přibližně 60% těchto emisí je způsobeno velkými bodovými zdroji s emisemi většími než 0,1 Mt CO₂ rok⁻¹ (IPCC, 2005), které by z velké části bylo možné osadit technologií CSS. Samozřejmě se předpokládá, že k dosažení cíle stabilizace koncentrace CO₂ v atmosféře na 450-750 ppm (IPCC, 2005), bude potřeba využít více různých přístupů.

Budoucí roční emise CO₂ se odhadují na 29-44 Gt CO₂ v roce 2020 a 23-84 Gt CO₂ s perspektivou systémů CCS snížit emise o 2,6 -4,9 Gt CO₂ v roce 2020 a 4,7-37,5 Gt CO₂ v roce 2050, což odpovídá 9-12 % pro rok 2020 a 21-45 % pro rok 2050 (IPCC, 2005).



Typizovaná elektrárna osazená CCS má o 80-90% menší emise CO₂ oproti stejné elektrárně bez CCS. Tuto situaci znázorňuje graf 1. Je třeba si povšimnout, že technologií CCS osazená elektrárna spotřebuje o 10-40% energie více než elektrárna bez CCS při stejném výkonu. Tato energie je potřeba na separaci a kompresi CO₂ (IPCC, 2005).

Graf 1: Srovnání referenční elektrárny bez a se systémem CCS.

Zdroj: IPCC, 2005, IPCC Special Report on Carbon dioxide Capture and Storage

Pro českou republiku je vzhledem k velkému podílu energií vytvořených z fosilních paliv předpokládáné snížení emisí o více než 20% (Koornneef et al., 2010) k roku 2030.

3.1.2. Bilance SO₂, NO_x, PM_{2,5}, NH₃

Pro sektor výroby elektřiny a tepla z fosilních paliv se předpokládá dopad technologie CCS na emise ostatních sledovaných plynů. Na základě známých okolností se pro území EU předpokládá, že při plošné aplikaci CCS dojde ke snížení nebo zachování emisí SO₂, NO_x, PM_{2,5}, NH₃ na jednotku vstupní energie (EC, 2008b).

Vzhledem ke zvýšení vstupní energie potřebné pro vytvoření stejného výkonu u systémů CCS se však může pro kombinace některých technologií a paliv vyskytnout nárůst těchto polutantů, zvláště NO_x (Koornneef et al., 2010).

Pro EU se tedy při zavedení technologie CCS předpokládá snížení emisí SO₂ v sektoru výroby tepla a elektřiny o 27-41% oproti modelu bez využití CCS, za stejných podmínek také změnu v rozsahu +15% až -20% pro NO_x, snížení emisí NH₃ o 13% a PM o 31% (Koornneef et al., 2010). Veskrze lze tedy předpokládat pozitivní vliv CCS na kvalitu ovzduší.

V ČR dojde ke výraznému snížení celkových emisí SO₂ přes 20%, ovšem pro některé modely s nárůstem emisí NO_x až o 10%. Tento jev je pravděpodobný vzhledem k spalování hnědého uhlí. S nasazením CCS bude třeba lépe odstraňovat SO₂ ze spalin, avšak vzhledem ke zvýšené hmotnosti spalovaného paliva pro zachování stejného výkonu dojde k navýšení emisí NO_x.

3.2. Energetická a celková bilance

Pokud budeme uvažovat sílící nebo stagnující spotřebu energie pro EU a masivní rozšíření CCS systémů v sektoru výroby elektřiny a tepla, musíme také zvažovat celkový dopad na bilanci energie a uhlíku.

Je zřejmé, že vzhledem ke zvýšené náročnosti na vstupní energii při zachování stejného výkonu bude potřeba zvýšit vstupní hmotnost paliva. S tímto nárůstem můžeme spekulovat o celkovém zvýšení nepřímých emisí CO₂ při těžbě, zpracování a dopravě těchto paliv na místo využití, ale také zvýšeného množství elektrárenského popílku atd. Takto bychom mohli pokračovat dále, např. ovlivnění bilance při stavbě CCS, ukládání, únicích, haváriích atd. V budoucnu bude třeba velmi dobře spočítat celkový dopad implementace. Použití CCS má smysl pouze v případě, kdy v celkovém součtu dojde k snížení antropogenně vypouštěného CO₂ a dalších skleníkových plynů do atmosféry v takové míře, aby toto řešení bylo logicky a ekonomicky obhajitelné a dlouhodobě udržitelné.

V poslední době se také vyskytují kritické práce poukazující na nejednoznačnost důkazu, že globální změnu klimatu způsobuje zvýšení hladiny GHG v atmosféře. Florides & Christodoulides (2009) ve své práci tento fakt, na kterém stojí celá snaha o snížení emisí CO₂, značně nabourávají a poukazují na chyby v historické i současné

interpretaci vztahu koncentrace CO₂ a teploty atmosféry.

V případě, kdy začne realizace uskladňování v minerálech typu CaCO₃ také dojde k masivní těžbě těchto minerálů, což může velmi ovlivnit krajinu. Také bude potřeba vybudovat nová potrubí pro transport CO₂, které jistě ke kráse krajině také mnoho nepřidají. Je tedy jasné, že nepřímé dopady na životní prostředí budou značné.

3.3. Rizika CCS

S každým velkým projektem jsou spojena i rizika, která mohou nastat. U systémů CCS jde primárně o rizika při uskladnění a transportu.

3.3.1. Rizika geologického uskladnění

Jedná se o rizika lokálního i globálního významu. Globálními rozumíme únik plynu ve větším objemu zpět do atmosféry. Lokálními hledisky se rozumí zejména rizika spojená s průnikem uskladněného CO₂ pod povrchem do okolních struktur a na povrch. Vzhledem k značnému tlaku, pod kterým bude CO₂ skladován, je pravděpodobné, že udržet integritu úložiště bude složité. Rovněž bude nutné zajistit dlouhodobé uskladnění, a to po dobu více než 1000 let. IPCC (2005) předpovídá, že po 100 i 1000 letech zůstane v správně udržovaném stanovišti 99% uskladněného plynu. Tato hypotéza však není experimentálně potvrzena.

Největším rizikem je možnost úniku CO₂ ze stanoviště, jeho ovlivnění podzemních a povrchových vod (Newmark et al., 2009), ovlivnění ekosystému v půdě a těsně pod povrchem, případně rizika spojená s únikem CO₂ přímo k povrchu ve vyšších koncentracích, kdy se CO₂ stává smrtícím plynem (ECCP, 2006). Všechny tyto scénáře jsou reálné. Zatím nejsou tato rizika prostudována podrobně a i vědecké porozumění procesů, které taková lidská aktivita může vyvolat, je malé.

3.3.2. Rizika uskladnění v mořích a oceánech

Rizika spojená s tímto uskladněním se přímo nedotýkají ČR. Jsou primárně spojena s ovlivněním koncentrace rozpuštěného CO₂ a tím chemismu vody ve značně velkých objemech vody v různých hloubkách (IPCC, 2005). Byť i malé ovlivnění chemismu vody může mít na hlubinné ekosystémy, které nejsou zdaleka prozkoumány, katastrofální důsledky. Navíc i přes snahu rozpouštět CO₂ ve velkých objemech vody a nebo jej

izolovat v určitých strukturách a hloubkách může dojít po dlouhých časových obdobích k procesům, které velkou část množství CO₂ uvolní zpět do atmosféry.

3.3.3. Možné nehody a katastrofy CO₂

Riziko havárií, ke kterým může dojít při transportu a manipulaci s velkými objemy CO₂, je převážně spojeno s nehodami a úniky v krátkých časových intervalech. Tyto nehody mohou mít značný dopad na ekosystémy, ale i zdraví člověka.

Příkladem katastrofy úniku CO₂ je roku 1986 jezero Nyos v Kamerunu. Únik 1,6 Mt CO₂ zde vytvořil mrak, rozšiřující se do okolí rychlostí až 100 km/h. Podle dostupných zdrojů bylo v okolí 20 km od jezera udušeno údajně až 1700 lidí a 3500 hospodářských zvířat (*San Diego State University, 2006*).

4. CCS a jeho perspektivy v ČR

Česká republika patří mezi státy s nejnepříznivějšími hodnotami emisí 11,83 t CO₂ per capita (světový průměr 4,38 t CO₂) a 1,58 kg CO₂ / USD (světový průměr 0,73 kg) za rok 2007. ČR je členem EU, která se zavázala ke snížení emisí GHG o 20% oproti roku 1990 (*EC, 2008a*). Vzhledem k vysokému podílu 63 % emisí CO₂ z velkých bodových zdrojů (více než 500 kt CO₂ ročně) (*Hladík et al., 2008*) je CCS jedna z nejpravděpodobnějších technologií pro dosažení dalších politických cílů v redukci emisí CO₂.

4.1. Emise CO₂ v ČR

Pro základní analýzu možností CO₂ je potřeba se detailněji podívat na emise CO₂ v ČR, jednotlivé sektory a zdroje, které se na nich podílejí, a také legislativní rámec a mezinárodní úmluvy, které by měla ČR splnit.

4.1.1. Legislativa a úmluvy o snižování emisí CO₂ v ČR

Z hlediska legislativy celé Evropské unie je stěžejní zejména závazek snížení emisí GHG do roku 2020 o 20 % a o 50 % do roku 2050 proti roku 1990 (*EC, 2008a*). CCS systémy by v tomto procesu měly sehrát významnou roli, stejně jako zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie nebo energetické úspory. EU se dlouhodobě snaží být

leaderem v politice udržitelného rozvoje a zmírnění antropogenních dopadů na globální změnu klimatu. O skutečném přínosu těchto razantních opatření na celkové světové emise lze jen spekulovat, obzvláště v případě, kdy největší producenti CO₂ Čína a USA (IEA, 2009) na podobné dohody nepřistoupí. V takovém případě může být celé toto půl století trvajících snažení zmařeno během několika let.

International Energy Agency (IEA, 2008) předpokládá, že masivní implementace CCS technologií v reálném provozu započne okolo roku 2030, především pro nově budované zdroje. Dle IPCC (2005) je totiž u stávajících zdrojů dodatečné dobudování systémů CCS ekonomicky nákladné a také nedostatečně efektivní oproti nárůstu primární energie.

Základním legislativním krokem bylo usnesení vlády ČR 187/2004 - „Národní program na zmírnění dopadů změny klimatu v ČR“. Podle něj by emise CO₂ měly klesnout ve srovnání s rokem 2000 o 30% do roku 2020. Česká republika se také zavázala naplnit úmluvy tzv. Kjótského protokolu a podle současných dat se jí tento závazek daří plnit. Předpokládá se také, že během druhé poloviny roku 2010 bude vytvořena nová Politika ochrany klimatu v České republice (MŽP, 2010).

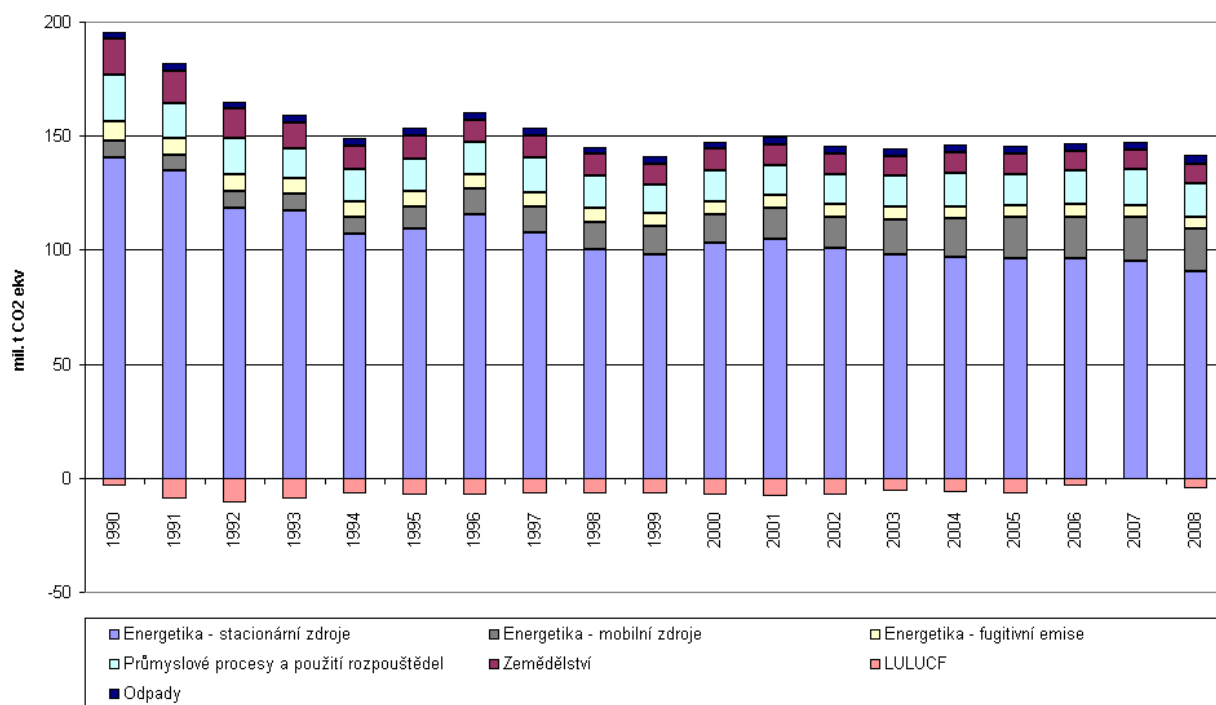
Česká republika tedy plní Evropské směrnice a snaží se v problematice změny klimatu nezaostat za zbytkem Evropy.

4.1.2. Stávající emise a jejich trendy

Celkové emise GHG pro českou republiku v roce 2008 dosáhly 136,6 Mt ekvivalentu CO₂, z toho 115,8 Mt CO₂ (CHMI, 2010), což představuje cca 0,4 % světových emisí. Celkový souhrn je možné nalézt v příloze 7.1. Je zřejmé, že největší podíl na emisích CO₂ má sektor energií, a to 93 %. Z tohoto sektoru tvoří největší díl výroba elektřiny a tepla, což jsou zdroje možné pro použití CCS.

Vývoj hmotnosti emisí a jejich sektorové složení zachycuje graf 2. Jak je zřejmé, v roce 2008 se podařilo ČR dosáhnout snížení emisí GHG o 27,9 % oproti roku 1990 (CHMI, 2010). Tento příznivý trend splňuje národní cíle České republiky, stejně jako Kjótský protokol.

Do budoucna se plánuje další snižování těchto emisí podle evropských směrnic, která vejdu v platnost. Jedním z prvků, které mají docílit snížení, je EU Emission Trading System (EU ETS), v České republice znám jako „povolenky na CO₂“.



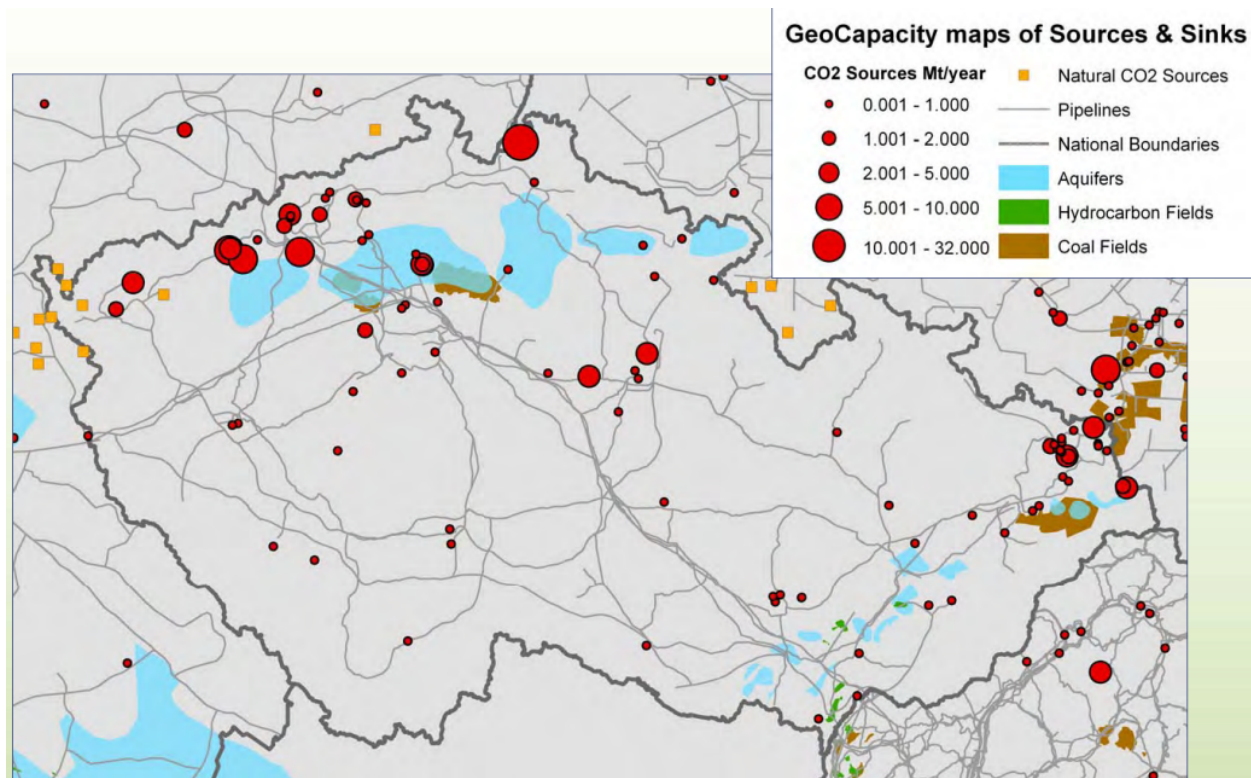
Graf 2: Vývoj emisí GHG v české republice pro jednotlivé sektory od roku 1990 do 2008 v Mt CO₂ ekvivalentu. Sloupce představují jednotlivé roky a barvy jednotlivé sektory dle legendy. Zdroj: CHMI, 2010

4.1.3. Zdroje emisí v ČR

Pokud se lépe podíváme na složení sektorů vypouštějících CO₂ v největší míře, jedná se u nás především o bodové nemobilní zdroje, a to poměrem 76 % v roce 2004. Pokud se podíváme na velikost zdrojů, zdroje s emisemi většími než 100 000 t CO₂ ročně tvoří 71,7 % z celkových emisí ČR a 93,8 % emisí z bodových nemobilních zdrojů. V ČR se tedy o nasazení CCS systémů uvažuje, jelikož by mohly významně snížit právě emise z těchto velkých bodových zdrojů, zvláště pak v sektoru výroby elektřiny a tepla, které tvoří 53,9 % celkových emisí CO₂.

Pokud se podíváme na jednotlivé velké zdroje, je zde celkem 87 takovýchto zdrojů s emisemi více než 100 000 t CO₂ ročně. Z toho 19 elektráren, 31 zařízení na výrobu tepla, 12 zařízení pro výrobu energie využitelné v průmyslu¹, 8 metalurgických závodů, 10 zařízení na výrobu cementu a vápna, 3 rafinerie a 4 další zařízení. 22 z výše zmíněných má emise větší než 1 Mt CO₂ ročně a 18 v rozmezí 500 - 1000 kt CO₂ ročně. (Hladík et al., 2008). Rozložení těchto zdrojů v ČR znázorňuje obrázek 3.

¹ Vodní pára atd.



Obrázek 3: Mapa velkých zdrojů emisí CO₂ s emisemi většími než 0,001 Mt CO₂ ročně pro ČR a blízké okolí s naznačenými možnými geologickými úložišti. Zdroj: Česká geologická služba, 2009.

Z mapy jasně vyplývá, že největší koncentrace těchto zdrojů se nachází v severozápadní a severovýchodní části republiky, kde se vyskytují zdroje hnědého nebo černého uhlí.

Zdroje, u kterých by se dal předpokládat pilotní provoz CCS systému v České republice jsou zejména linka na výrobu NH₃ v Chemopetrol Litvínov a dále elektrárna ve Vřesové patřící Sokolovské uhelné a.s. Oba tyto zdroje obsahují velký podíl CO₂ v odpadních plynech (Hladík et al., 2008).

4.2. Skladování CO₂ v ČR

Vzhledem k tomu, že Česká republika nemá přímý přístup k mořskému pobřeží, předpokládá se pro ČR využití geologických úložišť. Česká republika patří z geologického hlediska do Českého masivu ve své západní a do systému Karpat ve východní části. Můžeme zde nalézt několik lokalit se sedimenty, které představují potenciální vhodné struktury pro CCS (Misař et al, 1983) stejně jako některá vytěžená ložiska uhlí, ropy a zemního plynu. V ČR jsou podle České geologické služby využitelné všechny typy skladování CO₂ a to v hlubokých rezervoárech slané vody, vytěžených ložiscích ropy a zemního plynu a vytěžených hlubinných dolech.

4.2.1. Hmotnost skladovaného CO₂

Pokud bychom se zajímali o množství CO₂, které by přicházelo v úvahu, v maximálním možném případě by mohlo dojít na veškeré zdroje s emisemi CO₂ většími než 100 kt CO₂ ročně, což představuje 83 Mt CO₂ ročně (Hladík et al., 2008). Je pravděpodobné, že vzhledem k trendu posledních let toto číslo mírně klesne, ovšem ne výrazným způsobem. Pokud však uvažujeme o zvýšených nárocích CCS systémů na vstup paliva, tento trend se pravděpodobně vyrovná.

Pokud bychom se snažili vyjádřit toto množství v objemu, jedná se o $1,88 \times 10^{12}$ molů CO₂, což za tlaku 10 MPa a teploty 10 °C představuje 442 mil. m³ plynu. Tento objem je značný a jen těžko si lze představit, kolik finančních a jiných zdrojů by ukládání takovýchto objemů stálo, zvláště při zmíněném tlaku 10 MPa, který je již velký a únik plynu by byl značně nebezpečný.

4.2.2. Možné úložiště CO₂ v ČR

V ČR se nacházejí všechny tři typy možných úložišť CO₂ v geologických strukturách. Zobrazení těchto úložišť je zobrazeno na obrázku 3.

Největší do objemu jsou hlubinné slané zásobníky vody, anglicky aquifers. Potenciálně je v ČR 22 takovýchto vhodných lokalit, 17 leží v Karpatské části ČR a 5 v sedimentech Českého masivu (Hladík et al., 2008).

Karpatské struktury jsou lépe prozkoumané díky těžbě ropy a zemního plynu v těchto lokalitách. Jedná se o menší struktury v karpatských nížinných sedimentech (Vlkoš - Lobodice, Mušov, Drnholec, Ivan, Vlasatice) a ve flyšových strukturách (Korycany, Osvětimany-Stupava, Zdounky, Bařice, Rusava, Kozlovice-Lhotka, Frýdlant nad Ostravicí, Vyšní Lhoty - Morávka, Mikulov, Nosislav - Nikolčice, Kobeřice, Kobylí).

Naopak rozsáhlejší jsou vodní zásobníky v sedimentech Českého masivu (Žatec, Roudnice, Mnichovo Hradiště, Nová Paka, Police). Tyto možná úložiště jsou vhodná zejména svou polohou v blízkosti největších zdrojů CO₂ v severozápadních Čechách.

Další variantou je využití zdrojů ropy a zemního plynu, z velké části vytěžených. Převážná většina těchto potenciálních úložišť se opět nachází na jižní Moravě. Z celkových cca 40 zdrojů je vhodných pro využití CCS šest, Lubna - Kostelany, Ždánice, Dambořice - Uhřice, Žarošice, Hrušky a Poddvorov . U

některých z těchto se uvažuje o možném začlenění EOR (enhanced oil recovery). Jedná se o technologii, kdy vtačovaný CO₂ tlakem působí na ložisko ropy a umožňuje jeho dotěžení (Hladík et al., 2008).

Posledním možným úložištěm v ČR jsou hlubinné doly na severní Moravě. Tyto doly by podle výzkumů České geologické služby mohly sloužit k období EOR, a to k ECBM (enhanced coal bed methane) pro získávání methanu z nevytěžených dolů. V úvahu také připadají uhelné formace v Čechách - Slaný, Peruc, Mělník - Benátky.

Celkové kapacity odhadovaných objemů nalezneme v *tabulce 1*. Je značné, že před rokem 2008 se teoreticky počítalo s větším objemem, než byl zjištěn v nových odhadech v roce 2008.

Kapacita úložišť CO ₂ v ČR v Mt CO ₂		
	Standardizovaný odhad 2008	Původně zaneseno v databázi GeoCapacity
Kapacita vodních rezervoárů	766	2863
Kapacita nalezišť ropy a plynu	33	33
Kapacita uhelných struktur	54	54
Celková kapacita	853	2950

Tabulka 1: Kapacita jednotlivých možných úložišť CO₂ v ČR v Mt CO₂. Zdroj: EU GeoCapacity, 2008

Dle *tabulky 1* zjistíme, že kapacity pro skladování CO₂ za předpokladu využití všech možných struktur, který je velmi nepravděpodobný, by kapacity v ČR stačily na pouhých 10 let provozu CCS systému. Zbylý plyn by se musel převážet jinam, pravděpodobně do úložišť v Severním moři.

4.2.3. Srovnání s úložišti jaderného odpadu

Při srovnání úložiště CO₂ a skladiště vyhořelého jaderného paliva jsem došel k jednoznačnému závěru, že mnohem více nebezpečné je první zmíněné.

Zatímco jaderný odpad se po několika poločasech rozpadu stává výrazně méně nebezpečný, tedy v horizontu tisíce let z velké části neškodným, CO₂ napumpovaný do geologických struktur v tlacích okolo 10 MPa zůstává beze změny. Při srovnání objemu pro produkci stejného množství energie je jasné, že zajištění stability pro několik velmi pevných a bezpečných kontejnerů s pevnou látkou je podstatně snadnější než zajištění několika stovek megatun CO₂ v nesrovnatelně větším objemu. Případné geologické jevy, jako zemětřesení, poruchy, zlomy atd. mohou uvolnit CO₂ zpět do

atmosféry a způsobit nejen zmar snahy o jeho izolaci, ale také značné lokální riziko takto uniklého CO₂.

4.3. Dopady CCS v ČR

Dopady případné implementace CCS systémů v ČR nejen na životní prostředí budou značné. Jednotlivé rizika jsou zmíněna v sekci 3.3., proto se omezíme jen na stručné shrnutí.

4.3.1. Dopady na životní prostředí a rizika v ČR

Primárním pozitivním vlivem by měl být přínos ve snížení emisí GHG v globálním měřítku. Celkové emise ČR však tvoří pouze 0,4 % globálních emisí, tudíž příspěvek České republiky k této snaze bude nepatrný. Sekundárním pozitivním vlivem je předpokládané zlepšení kvality ovzduší díky snížení emisí SO₂, NO_x a jiných polutantů do ovzduší.

Negativních vlivů najdeme více: Se snížením účinnosti zdrojů energií dojde ke zvýšené spotřebě paliv, což povede k rozsáhlejší těžbě, větším vlivům dopravy těchto materiálů, zpracování atd. Prolomení limitů pro těžbu hnědého uhlí by bylo prakticky nevyhnutelné. Samotný proces odstranění CO₂ bude značně energeticky nákladný, v případě oxyfuel combustion i nebezpečný, vzhledem k možnému kontaktu čistého kyslíku v obrovských objemech s jemně namletým uhelným palivem. Nezapomínejme také na zvýšenou produkci pevných odpadů ze spalování.

Při transportu CO₂ pravděpodobně k závažným haváriím nedojde. Naproti tomu geologické skladování přináší velkou řadu pochybností. Skladování obrovských objemů plynu pod značným tlakem po dlouhou dobu více než 1000 let v ne příliš prozkoumaných strukturách, které mohou být navíc narušeny zlomy a dalšími geologickými jevy, je neprozkoumané. Případný únik by snížil celkovou účinnost CCS systémů a mohl způsobit značné lokální škody či katastrofy. Geologické skladování navíc může výraznou měrou ovlivnit chemismus půdního vzduchu a vody, ale také hornin a minerálů. Dopady na ekosystémy a organismy náchylné ke změně pH by mohly být značné.

Rizika spojená s CCS systémy jsou v dnešní době nedostatečně prozkoumaná a konkrétní aplikace podobného rozsahu, jaký je zamýšlen, zatím neexistují.

4.3.2. Ekonomické dopady

Ekonomické dopady CCS na ČR sice nejsou otázkou ochrany životního prostředí, ale pomáhají utvářet názor na použití této technologie v ČR.

Nezávislá studie firmy *McKinesy&company (2008)* poukazuje při výše zmíněných legislativních opatřeních na značnou ekonomickou nevýhodnost nejenom CCS systémů, ale samotného spalování uhlí jako primárního zdroje energie. CCS systémy jsou ekonomicky obhajitelné, ovšem jen za předpokladu, že budou eliminována všechna v kapitole 4.3.1. zmíněná rizika.

V příloze 7.2. a 7.3. nalezneme zjištěné závěry a doporučení pro ČR. Pro stanovené cíle na snížení emisí CO₂ tato studie doporučuje přechod k vyššímu využívání jaderné energie, popřípadě postupné změny energetického mixu v kombinaci s úsporami a vyšší efektivitou využívání energií.

5. Závěr

Podrobným posouzením systému CCS a zkoumáním jeho možného praktického využití v ČR se mi podařilo naplnit cíl této práce, který jsem vytyčil v úvodu.

Technologie CCS je za současného vědeckého poznání značně kontroverzním projektem. Kladný vliv na globální klima nedokáže vyvážit rizika a nejistoty s ním spojené. Logickým pohledem energetické účinnosti zjistíme, že se jedná o navýšení spotřeby fosilních paliv, jež nejsou nevyčerpatelné, na výrobu stejného množství energie.

Samotná premisa o změně klimatu, která je podle IPCC vyvolána antropogenním zvýšením koncentrací GHG v atmosféře, není plně doložená a značná skupina vědců poukazuje na to, že závislost koncentrace CO₂ a teploty atmosféry není prokazatelně v přímé souvislosti. Systémy CCS, stejně jako jiné možné „zelené“ alternativy ke stávajícím zdrojům energie, jsou v ČR značně ekonomicky nevýhodné a za stávajících podmínek i rizikové pro životní prostředí. Odhadované kapacity úložišť CO₂ navíc nevystačí pro dlouhodobý provoz CCS bez závislosti na dalších státech. Pokud by se v budoucnosti prokázal přímý vliv zvýšení koncentrací GHG na globální změnu klimatu, lepší variantou pro jejich snížení se jeví cesta kombinace postupné změny energetického mixu, úspor a jaderných reaktorů, nehledě na jejich možný vývoj.

6. Seznam použité literatury a zdrojů

BARTOŠÍK & MASTNÝ, 2009: Carbon dioxide capture technologies. - Proceedings of the 10th international scientific conference electric power engineering 2009, s. 242-245.

CDIAC 2010: Historical CO₂ Records from the Law Dome DE08. - The Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC), U.S. Department of Energy (DOE), online: <http://cdiac.ornl.gov/trends/co2/lawdome.html>, cit. 25.5.2010.

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2007: Klimatická změna na počátku 21. století a její předpokládaný další vývoj. - Praha, online: <http://www.chmi.cz/cc/start.html>, cit. 25.5.2010.

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2010: National greenhouse gas inventory report of the Czech republic, NIR. - Český hydrometeorologický ústav, Praha, online: http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/5270.php, cit. 17.5.2010.

EC, 2008a: 20 20 by 2020. - European Commission, online: http://ec.europa.eu/index_en.htm, cit. 17.5.2010.

EC, 2008b: Commission Staff Working Document - Accompanying Document to the Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the Geological Storage of Carbon Dioxide. - European Commission, online: http://ec.europa.eu/index_en.htm, cit. 17.5.2010.

ECCP, 2006: Report of Working Group 3: Carbon Capture and Geological Storage (CCS). - European Climate Change Programme, online: <http://ec.europa.eu/environment/climat/eccp.htm>, cit. 8.3.2010.

ESLR, 2010: Full Mauna Loa CO₂ record. - U.S. Department of Commerce, National Oceanic & Atmospheric Administration, NOAA Research, online: http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/#mlo_full, cit. 25.5.2010.

EU GEOCAPACITY, 2006: Assessing European Capacity for Geological Storage of Carbon Dioxide. - Geological Survey of Denmark and Greenland, Voldgade, Denmark, online: <http://www.geology.cz/geocapacity/publications>, cit. 18.5.2010.

FLORIDES GA & CHRISTODOULIDES P., 2009: Global warming and carbon dioxide through sciences. - Environment international, Volume 35, Issue 2, s. 390-401.

HLADÍK et al., 2008: CO₂ emissions and geological storage possibilities in the Czech Republic. - Slovak Geological Magazine 2008, Bratislava, s. 29 - 41.

IEA, 2009: CO₂ Emissions from Fuel Combustion. - International Energy Agency, Paris, France, online: <http://www.iea.org/co2highlights/>, cit. 26.3.2010.

IPCC, 2000: Emissions Scenarios. - Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, online: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.htm, cit. 20.4.2010.

IPCC, 2005: Special Report on carbon dioxide capture and storage. - Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, online: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.htm, cit. 20.4.2010.

IPCC, 2007: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. - Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, online: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html, cit. 13.4.2010.

KOORNNEEF J. et al., 2010: The impact of CO₂ capture in the power and heat sector on the emission of SO₂, NO_x, particulate matter, volatile organic compounds and NH₃ in the European Union. - ATMOSPHERIC ENVIRONMENT, Volume 44, Issue 11, s. 1369-1385.

MCKINSEY&COMPANY, 2008: Náklady a potenciál snižování emisí skleníkových plynů v České republice. - McKinsey & Company, Praha, online: www.mckinsey.com/locations/prague/work/probonoccreport/Report_czech_version.pdf ,cit. 13.3.2010.

MÍSAŘ et al., 1983: Geologie ČSSR I - Český masiv. - Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 324 stran.

MŽP, 2008: Národní program na zmírnění dopadů změny klimatu v ČR. - Ministerstvo životního prostředí, Praha, online: http://www.mzp.cz/cz/narodni_program_zmirneni_dopadu, cit. 17.5.2010.

MŽP, 2010: Národní program na zmírnění dopadů změny klimatu v ČR - informace. - Ministerstvo životního prostředí, Praha, online: http://www.mzp.cz/cz/narodni_program_zmirnovani_dopadu_zmeny_klimatu, cit. 17.5.2010.

NÁTR L., 2006: Země jako skleník: Proč se bát CO₂?. - Academica, Praha : s. 51-52.

NEJEDLÝ P., 2008: Nacpeme uhlík znovu pod zem a zachráníme lidstvo?. - online: <http://nejedly.blog.idnes.cz/c/63462/Nacpeme-uhlik-znovu-pod-zem-a-zachranime-lidstvo.html>, cit. 17.5.2010.

NEWMARK et al., 2009: Water Challenges for Geologic Carbon Capture and Sequestration. - Journal Environmental Management, Volume 45, Number 4, s. 651-661.

ODENBERGER M. & JOHANSSON F., 2010: Pathways for the European electricity supply system to 2050-The role of CCS to meet stringent CO₂ reduction targets. - International journal of greenhouse gas control, Volume: 4, Issue: 2, s. 327-340.

QUIROZ E., 2008: Temperature and CO₂ Correlations Found in Ice Core Records. - Massachusetts Institute of Technology, USA, online: http://web.mit.edu/angles2008/angles_Emmanuel_Quiroz.html, cit. 21.4.2010.

SAN DIEGO STATE UNIVERSITY, 2006: Lake Nyos (1986). - San Diego State University, USA, online:
http://www.geology.sdsu.edu/how_volcanoes_work/Nyos.html, cit. 17.5.2010.

UNEP/GRID - ARENDAL, 2005: Vital Climate Change Graphic. - GRID-Arendal, Norway ,online:
<http://www.grida.no/publications/vg/climate2/>, cit. 20.5.2010.

VATTENFALL, 2009: Carbon Capture and Storage. - Vattenfall AB, Stockholm, online:
<http://www.vattenfall.com/en/carbon-capture-and-storage.htm> , cit. 2.5.2010.

7. Přílohy

7.1. Tabulka P1 - Souhrnná tabulka emisí GHG v ČR za rok 2008

SUMMARY 2 SUMMARY REPORT FOR CO₂ EQUIVALENT EMISSIONS
(Sheet 1 of 1)

Inventory 2008
Submission 2010 v1.1
CZECH REPUBLIC

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂ ⁽¹⁾	CH ₄	N ₂ O	HFCs ⁽²⁾	PFCs ⁽²⁾	SF ₆ ⁽²⁾	Total
	CO ₂ equivalent (Gg)						
Total (Net Emissions)⁽³⁾	115 798,53	11 686,78	7 811,32	1 262,45	27,48	47,04	136 633,61
1. Energy	107 855,94	5 620,74	1 146,78				114 623,45
A. Fuel Combustion (Sectoral Approach)	107 855,82	527,36	1 146,78				109 529,96
1. Energy Industries	62 000,97	24,16	291,64				62 316,76
2. Manufacturing Industries and Construction	15 993,67	37,74	65,84				16 097,25
3. Transport	18 007,79	30,34	692,67				18 730,81
4. Other Sectors	10 707,80	433,40	72,39				11 213,60
5. Other	1 145,60	1,71	24,23				1 171,54
B. Fugitive Emissions from Fuels	0,12	5 093,37	NA,NE,NO				5 093,50
1. Solid Fuels	NA,NE	4 459,33	NA,NO				4 459,33
2. Oil and Natural Gas	0,12	634,04	NA,NE,NO				634,16
2. Industrial Processes	12 156,99	94,64	756,13	1 262,45	27,48	47,04	14 344,74
A. Mineral Products	4 117,65	4,16	NA				4 121,81
B. Chemical Industry	616,13	23,77	756,13	NA	NA	NA	1 396,03
C. Metal Production	7 423,21	66,71	NA	NA,NO	NA,NO	NA,NO	7 489,92
D. Other Production	NA						NA
E. Production of Halocarbons and SF ₆				NA,NO	NA,NO	NO	NA,NO
F. Consumption of Halocarbons and SF ₆ ⁽²⁾				1 262,45	27,48	47,04	1 336,98
G. Other	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3. Solvent and Other Product Use	282,77		232,50				515,27
4. Agriculture		2 883,39	5 440,53				8 323,92
A. Enteric Fermentation		2 411,55					2 411,55
B. Manure Management		471,83	337,86				809,69
C. Rice Cultivation		NO					NO
D. Agricultural Soils ⁽³⁾		NA,NE	5 102,68				5 102,68
E. Prescribed Burning of Savannas		NO	NO				NO
F. Field Burning of Agricultural Residues		NO	NO				NO
G. Other		NA	NA				NA
5. Land Use, Land-Use Change and Forestry⁽¹⁾	-4 943,10	143,63	21,18				-4 778,28
A. Forest Land	-4 840,68	143,63	14,58				-4 682,47
B. Cropland	165,09	NO	6,60				171,69
C. Grassland	-384,39	NO	NO				-384,39
D. Wetlands	22,26	NA,NO	NA,NO				22,26
E. Settlements	94,62	NA,NO	NA,NO				94,62
F. Other Land	NO	NA,NO	NA,NO				NA,NO
G. Other	NE	NE	NE				NE
6. Waste	445,93	2 944,39	214,19				3 604,51
A. Solid Waste Disposal on Land	NA,NO	2 430,14					2 430,14
B. Waste-water Handling		514,24	203,97				718,21
C. Waste Incineration	445,93	0,00	10,23				456,16
D. Other	NA	NA	NA				NA
7. Other (as specified in Summary 1.A)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Memo Items:⁽⁴⁾							
International Bunkers	1 105,60	3,83	47,37				1 156,80
Aviation	1 105,60	3,83	47,37				1 156,80
Marine	NA,NO	NA,NO	NA,NO				NA,NO
Multilateral Operations	NO	NO	NO				NO
CO₂ Emissions from Biomass	8 566,13						8 566,13
Total CO ₂ Equivalent Emissions without Land Use, Land-Use Change and Forestry							141 411,89
Total CO ₂ Equivalent Emissions with Land Use, Land-Use Change and Forestry							136 633,61

(1) For CO₂ from Land Use, Land-use Change and Forestry the net emissions/removals are to be reported. For the purposes of reporting, the signs for removals are always negative (-) and for emissions positive (+).

(2) Actual emissions should be included in the national totals. If no actual emissions were reported, potential emissions should be included.

(3) Parties which previously reported CO₂ from soils in the Agriculture sector should note this in the NIR.

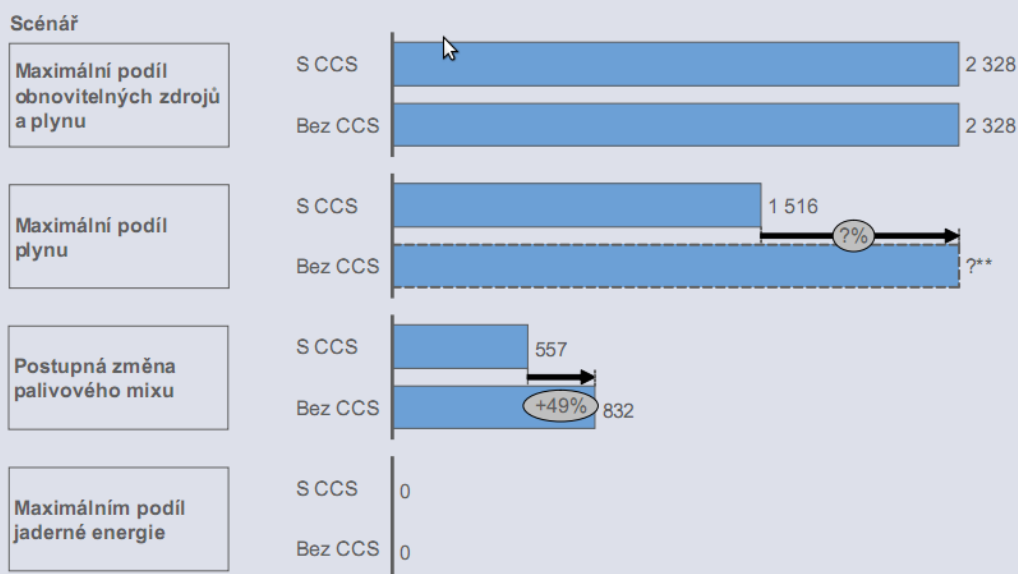
(4) See footnote 8 to table Summary 1.A.

Zdroj: Český hydrometeorologický ústav, 2010 (http://www.chmi.cz/cc/nis/nis_ta.cz.html)

7.2. Graf P1 - srovnání celkových nákladů na snížení emisí podle energetických scénářů v případě vysokého cíle a vlivu CCS

Obrázek 26: Srovnání celkových nákladů na snížení emisí podle energetických scénářů v případě vysokého cíle pro snížení a bez technologie CCS

Náklady* na snížení emisí v ČR o 47 Mt do roku 2030 (vysoký cíl snížení)
V milionech EUR/rok



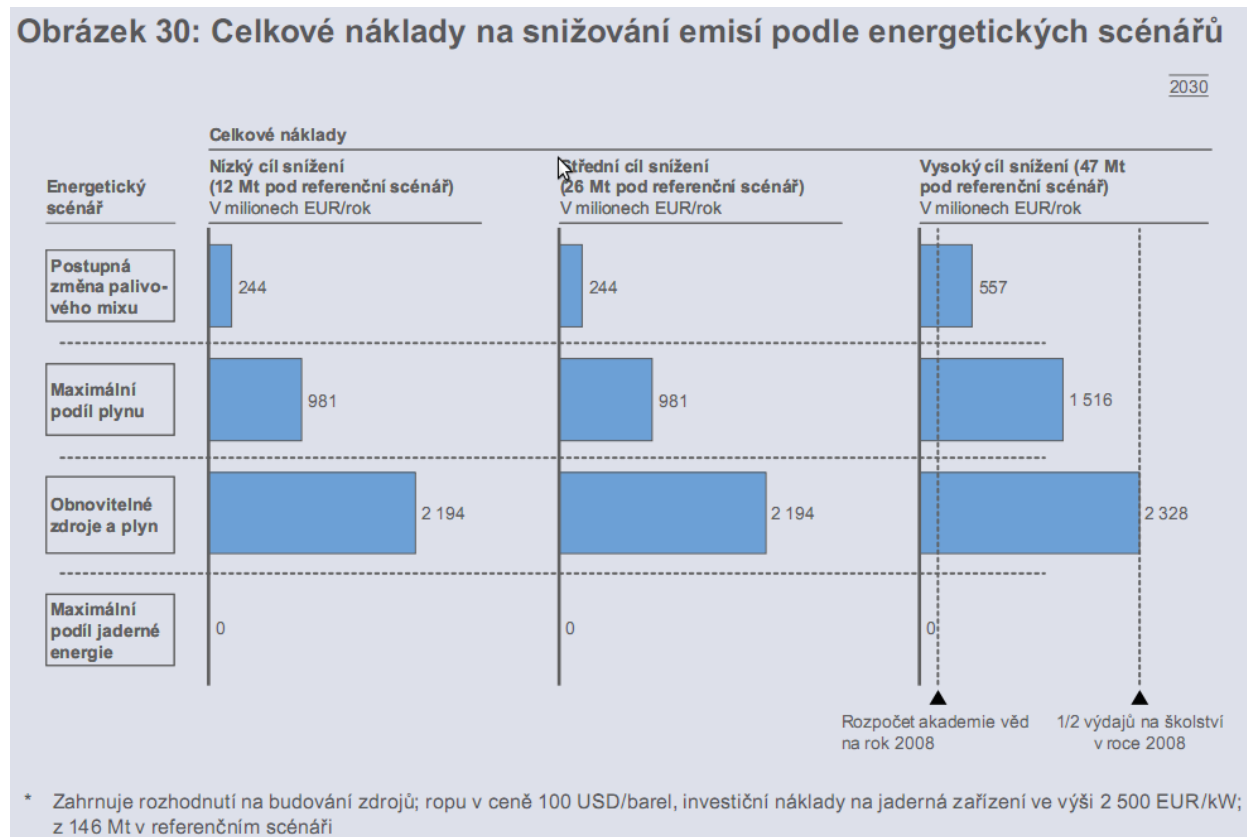
* Celkové náklady všech opatření na snižování emisí s čistými náklady

** Cíl pro snížení nebyl splněn (maximální dostupné snížení 42,5 Mt emisí CO₂)

Zdroj: McKinsey & company - Náklady a potenciál snižování emisí skleníkových plynů v České republice, 2008

7.2. Graf P2 - celkové náklady na snižování emisí podle energetických scénářů

Obrázek 30: Celkové náklady na snižování emisí podle energetických scénářů



Zdroj: McKinsey & company - Náklady a potenciál snižování emisí skleníkových plynů v České republice, 2008

8. Seznam zkratek

CCS	Carbon capture and storage - systém pro zachytávání, transport a dlouhodobé uskladnění CO ₂ mimo atmosféru
EC	European Commission - Evropská komise
ECBM	Enhanced coal bed methane - získávání methanu z důlních děl pomocí CO ₂
ECCP	European Climate Change Programme
EOR	Enhanced oil recovery - získávání ropy a zemního plynu z vytěžených nalezišť pomocí CO ₂
EU	Evropská unie
GHG	Greenhouse gas - skleníkový plyn
CHMI	Český hydrometeorologický ústav
IEA	International Energy Agency - Mezinárodní energetická agentura
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change - Mezivládní panel pro změny klimatu
LNG	Liquefied Natural Gas - zkapalněný zemní plyn
LPG	Liquefied Petroleum Gas - zkapalněný ropný plyn
MŽP	Ministerstvo životního prostředí