

# Energia ja kemianteollisuus

## Osa 1: Energialähteet, ilmastonmuutos Kemianteollisuuden prosessit –kurssi

Kimmo Klemola 25.01.2005

Teknillisen kemian laboratorio  
Lappeenrannan teknillinen yliopisto

11/30/2006

Kimmo Klemola

1

## Energia ja kemianteollisuus

- Teollisuus on suuri energian kuluttaja
  - Liikenne ja kuljetus 31 %
  - Teollisuus 34 %
  - Kotitaloudet, lämmitys, maatalous ynm 35 %
- Fossiiliset polttoaineet ja biopolttoaineet ovat myös teollisuuden tärkeitä raaka-aineita
- Suuri merkitys ympäristöasioissa
- Energiantuotannossa on paljon kemianteekniikkaa
  - Fossiilisten, biopolttoaineiden ja ydinpolttoaineen valmistus
  - Palaminen on kemiallinen reaktio, jossa haluttu tuote on vapautuva energia
  - Kemianteekniikalla on merkittävä rooli energiantuotannon haittojen vähentämisessä, esimerkiksi savukaasujen pesu

11/30/2006

Kimmo Klemola

2

## Miksi energia on niin tärkeä?

- Hyvinvointi, talous ja talouskasvu ovat täysin energian varassa
  - Ilman energiaa ei olisi elämää
  - Energia on maailman suurin bisnes
  - Koko länsimainen talous ja talouskasvu ovat perustuneet halvan ja helposti hyödynnettävissä olevan energian saatavuuteen
- Poliittisesti tärkeä asia
  - Energiapolitiittiset ratkaisut ovat kansallisella ja kansainvälisellä tasolla erittäin merkittäviä
  - Suuri merkitys kansainvälisiin suhteisiin.
    - "Eettinen kysymys on myös, saako öljyä omistavat maat pakottaa myymään niiden ainoaa luonnonvara... Yhdysvaltain toimiessa arabimaissa taustalla on aina öljy. Kaikki muu on sotapropagandaa" (akateemikko Pekka Jauho, Helsingin Sanomat 11.01.2003)
    - EU yhä riippuvaisempi Venäjän kaasusta
- Energiantuotannolla ja kulutuksella on ympäristövaikutuksia
- Kestävä kehitys
  - Energian kulutus ja talouskasvu ovat pitkälti toisistaan riippuvaisia. Kestävän kehityksen kannalta ne ovat lähinnä vahingollisia.

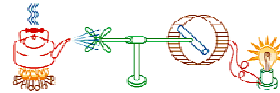
11/30/2006

Kimmo Klemola

3

## Mihin energiaa käytetään?

- Sähköntuotanto
- Lämmitys
- Liikenne ja kuljetus
- Teollisuus ja tuotanto



11/30/2006

Kimmo Klemola

4

## Energialähteet (Suluissa maailman prosenttiosuus vuonna 2000)

- Maailman energiankulutus 200 miljoonaa öljytynnyriekvivalenttia päivässä
- Fossiiliset (84 %)
  - Öljy (39 %)
  - Maakaasu (23 %)
  - Kivihiili (22 %)
- Uusiutuvat (7 %)
- Ydinenergia (9 %)
- Lähes kaikki energiamme on peräisin auringosta
  - Fossiiliset energiavarat
  - uusiutuvat energiavarat (osa)
- Auringosta ei ole peräisin
  - Geotermiinen vulkaaninen energia
  - Vuorovesienergia (kuun vetovoima)
  - Ydinvoima (fissioenergiamme)

11/30/2006

Kimmo Klemola

5

## Fossiiliset energialähteet

- Öljy
- Maakaasu
  - LNG (liquefied natural gas)
  - Maakaasuputki
  - Hydritit (gas to solids)
  - Nesteytys (prosessoidaan nestemäisiksi polttoaineiksi ja kemikaaleiksi kuten metanoli ja ammoniakki)
  - vedyntuotanto
- Kivihiili
- Öljyhiikka ja liuskeöljy
- Turve

Kaikkia edellä olevia voidaan käyttää kemianteollisuuden raaka-aineena

11/30/2006

Kimmo Klemola

6

## Uusiutuvat energianlähteet

- Vesivoima
- Aurinkoenergia
  - Aurinkolämmitys
  - Aurinkokennot (sähköntuotanto)
- Tuulivoima
- Bioenergia
- Merivirrat
- Vuorovesienergia
- Geoterminen energia

11/30/2006

Kimmo Klemola

7

## Vesivoima

- Perustuu veden potentiaalienergian hyväksikäyttöön.
- Aurinko haihduttaa merenpinnalta vesihöyryä, joka sataa vuorille ja ylängöille lopulta valuen taas meriin. Tästä kiertokulusta otetaan energiaa talteen ja muutetaan sähköksi.
- Halpaa ympäristöystävällistä sähköä
- Vapaata vesivoimaa ei enää paljon valjastettavaksi



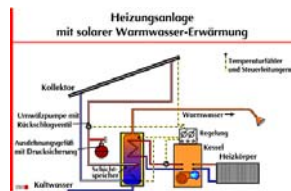
11/30/2006

Kimmo Klemola

8

## Aurinkoenergia

- Aurinkolämmitys
  - Voi olla passiivista, jolloin jo esimerkiksi talon sijoittamisella tuulettomalle etelärinteelle vaikutetaan lämmityksen tarpeeseen. Toisinpäin kuumilla alueilla voidaan vaikuttaa jäähtytstarpeeseen.
  - Aktiivisesti voidaan käyttää vedenlämmittimiä katolla, peilejä lämmönkeräjinä ynn.



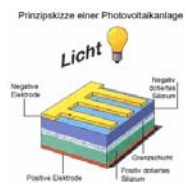
11/30/2006

Kimmo Klemola

9

## Aurinkoenergia

- Aurinkokennot (sähköntuotanto)
  - Ympäristöystävällinen
  - Vielä epätaloudellinen
  - Kennot kalliita



11/30/2006

Kimmo Klemola

10

## Tuulivoima

- Ympäristöystävällinen
- Tuulisähkön hinta jo kilpailukykyistä
- Tuulta ei ole käytettävissä jatkuvasti
- Maisemahaitta?, rakennusluvut, asukkaiden vastustus
- Tuulivoiman kannalta parhaat alueet jo rakennettu
- Voimakas nousu taittumassa
- Vaatii vielä subventioita



11/30/2006

Kimmo Klemola

11

## Bioenergia

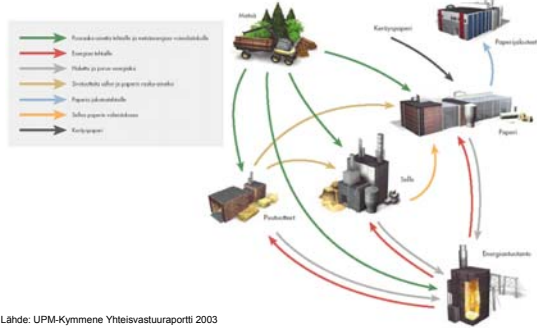
- Puu. Suomi on bioenergian johtava käyttäjä maailmassa.
- Biokaasut (mädätys, kaasutus...)
- Liikennepolttoaineet
  - Etanoli ja sen johdannaiset
    - Viljaetanoli
    - Selluetanoli
    - Etyylitertoutyylietteri (ETBE) ja tertiäärinen amyylityylietteri (TAEE)
  - Metanoli ja sen johdannaiset
    - Synteetikaasun valmistus biomateriaalista ja metanolin valmistus synteetikaasusta
    - Metyylitertoutyylietteri (MTBE) ja tertiäärinen amyylityylietteri (TAME)
  - Biodiesel
    - Kasviöljistä ja elintarviketeijärasvoista vaihtoehtorimalla
    - Synteetikaasun kautta Fischer-Tropsch-synteetillä
  - Biokaasut (metaani)
- Vilja, ruokohelpi ynn.
- Ympäristöystävällisyyden nimissä suositaan
- Ei nettohiilidioksidipäästöjä (ainakaan periaatteessa)
- Ekologinen tai fossiilitase ei välttämättä kuitenkaan hyvä (lannoitus, työkonet, kuljetus ja prosessointi kuluttavat fossiilisia raaka-aineita)
- Eettinen ongelma – kilpailee usein suoraan ruoan tuotannon kanssa.

11/30/2006

Kimmo Klemola

12

## Bioenergia – puunjalostuksen energiavirrat



Lähde: UPM-Kymmene Yhteisvastuuraportti 2003

11/30/2006

Kimmo Klemola

15

## Merivirrat

- Merivirroista otetaan energiaa talteen. Tuulimyllyn tyyppinen sähköntuotanto.
- Ei vielä merkittävää käytännön merkitystä
- Suuri potentiaali



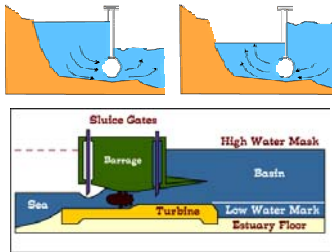
11/30/2006

Kimmo Klemola

14

## Vuorovesienergia

- Kuun aiheuttaman vuorovesi-ilmiön virtauksia käytetään sähköntuotantoon.
- Perustuu keruualtisiin.



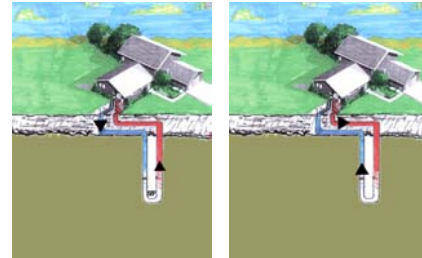
11/30/2006

Kimmo Klemola

15

## Geoterminen energia

- Vulkaaninen energia (Islanti)
- Maalämpö – lämmitys tai jäähdytys, energia lähellä maanpintaa useimmiten peräisin auringonsäteilystä



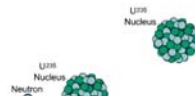
11/30/2006

Kimmo Klemola

16

## Ydinvoima

- Fissio
  - Edullista sähköä
  - Uraania riittää kymmeniksi vuosiksi
  - Uraanintuotanto jo suhteellisen ympäristöystävällistä
  - Uraani ei sinällään vaarallista
  - Fission tuotteet ongelma: loppusijoitus, pitkä puoliintumisaika, korkea aktiivisuus
  - Ydinvoimala on turvallisuusriski
  - Vaarallinen teknologia: väärissä käsissä
  - Ei hiilidioksidipäästöjä



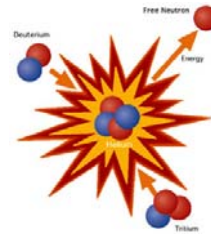
11/30/2006

Kimmo Klemola

17

## Ydinvoima

- Fuusio
  - Suuri potentiaali
  - Vaikeasti hallittava
  - Ei fission tuotteiden kaltaista ympäristö- ja turvallisuusongelmaa
  - Aikaisintaan 2050



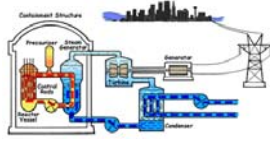
11/30/2006

Kimmo Klemola

18

## Ydinvoima

- Fissioreaktorin toiminta (painevesireaktori)
  - Toimii kuin mikä tahansa turbiinivoimala
  - Reaktorissa paineistettu vesi lämpiää ja luovuttaa energiansa höyrykehittimessä toisiopiiriin vedelle, joka muuttuu höyryksi
  - Höyryturbiini pyörittää generaattoria, joka tuottaa sähköä.



11/30/2006

Kimmo Klemola

19

## Vetytalous

- Viimevuosina on alettu puhua vetytaloudesta tulevaisuuden energiaongelmien ratkaisijana
- Vetytalouteen kuuluu:
  - Hajautettu polttokennoihin ja vetyyn perustuva energiantuotanto
  - Suuret vetyvoimalat
  - Vetyautot
  - Pienet mobiililaitteet kuten kannettavat tietokoneet ja matkapuhelimet
  - Vedyn tuotanto, varastointi ja jakelu
- Tutkimustoiminta on vilkasta
  - Julkista rahaa satsattu paljon
  - Autoteollisuus aktiivinen
  - Toistaiseksi avaruussovellukset ovat jääneet merkittävimmäksi saavutukseksi

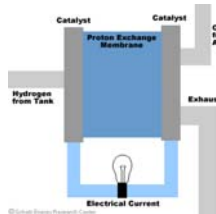
11/30/2006

Kimmo Klemola

20

## Polttokennon toiminta

- Polttokennossa vety hajoaa protoniksi ja elektroniiksi. Protoni kulkee väliaineen, elektrolyytin, läpi, elektroni kiertää virtapiiriin kautta tuottaen sähköä esim. auton sähkömoottorille. Kalvon toisella puolella ne yhdistyvät hapen ja tuottavat vesihöyryä.



11/30/2006

Kimmo Klemola

21

## Vetyauto

- Vetyauton voimanlähteenä voi olla joko vetyä polttava polttomoottori tai polttokenno
- Päästönä vesihöyry
- Polttokennovetyauton hyötysuhde parempi kuin perinteisellä bensiinimoottoriautolla
- "Polttoaine" vety on varastoitava autoon jollain tavalla, esimerkiksi
  - nestemäisenä kryogeenisenä vetyä
  - paineistettuna vetyä
  - metallihydrideinä
  - hiiliinanoputkiin
  - imeytettynä kantajamalliin
  - vetyä sisältävänä nesteenä tai kaasuna, jolloin autossa täytyy olla vetyreformerin vedyn tuottamiseksi
    - metanoli
    - etanoli
    - hiilivedyt
- Kaupallinen toteutus kaukana tulevaisuudessa, mahdollisesti ei koskaan

11/30/2006

Kimmo Klemola

22

## Vetyauton ja vetytalouden ongelmia

- Vety on tuotettava jollain tavalla. Vety on vain energian kantaja kuten
  - paineima
  - vauhtipyörä
- Fossiiliset polttoaineet ovat halvin vedyn lähde. Vedystä noin 96% tuotetaan fossiilisista polttoaineista, lähinnä maakaasusta. Vetytalous kiihdyttäisi varsinkin maakaasun, yhden kemianteollisuuden arvokkaimmista raaka-aineista, loppumista.
- Vedyn tuotanto fossiilisista polttoaineista aiheuttaa merkittäviä hiilidioksidipäästöjä.
- Elektrolyysin avulla vedyn tuotanto ei liene järkevää. Kannattavuus hukkuu hyötysuhdehäviöihin. Esimerkiksi:
  - Maakaasuvoimala tuottaa sähköä
  - Sähköllä valmistetaan vedestä vetyä elektrolyysillä
  - Polttokenno tuottaa vedystä sähköä.
- Periaatteessa elektrolyysi mahdollistaa vedyn valmistuksen tuulivoimalla ja aurinkovoimalla. Sähköä tarvitaan kuitenkin muuhunkin ja on järkevämpää korvata tuuli- ja aurinkovoimalla esimerkiksi hiilivoimaa kuin valmistaa vetyä.
- Ydinvoimaa on ehdotettu elektrolyyttiseen vedyn valmistukseen (Bushin Freedom Car). Ydinvoimalla on kuitenkin ongelmansa, ja myös mahdollinen lisäydinvoima tarvitaan kasvavaan sähkön tarpeeseen.

11/30/2006

Kimmo Klemola

23

## Vetyauton ja vetytalouden ongelmia

- Vety on alkuaineista pienin ja monella tapaa ongelmallinen
  - Sitä on vaikea varastoida, nesteytettyinä noin -250 °C tai suuressa paineessa.
  - Pitempiaikainen varastointi hankalaa, vaatii raskaat säiliöt ja eristykset
  - Vety haurastuttaa metalleja. Säiliöt ja putket vaativat erikoismateriaalit. Esimerkiksi maakaasuverkko ei tule kyseeseen vetyä kuljettaessa.
  - Vety on räjähdysherkkä
- Vety on toistaiseksi liian kallista
- Infrastruktuuri puuttuu
  - Vedyn tuotanto
  - Vetytankkausasemat
  - Vedyn kuljetus
- Vetyautoja ei ole markkinoilla

11/30/2006

Kimmo Klemola

24

## Vetyauton ja vetytalouden ongelmia

- Energiahäviöt tuotannossa, nesteytyksessä, paineistuksessa, kuljetuksessa ja varastoinnissa ovat suuret. Kärjitetysti voidaan sanoa, että vety tulisi tuottaa paikan päällä ja käyttää heti. Tällaisia on site –asemia tulisi olla lyhyin välimatkoin joka puolella.
- Vetyautojen tankkausväli on toistaiseksi liian pieni
- Polttokennot ovat liian kalliita. Hinnan tulisi tippua noin sadasosaan.
- Ideaalinen polttoaineen tulisi olla suhteellisen vaaraton, nestemäinen ympäröivissä olosuhteissa, halpa ja pitkäaikainen varastoitava. Vety ei sitä ole.
- Litrassa bensiiniä on enemmän vetyä kuin litrassa nestemäistä vetyä.
- Vetyä karkaa vääjäämättä ilmakehään, jossa se on vahingollista.

11/30/2006

Kimmo Klemola

25

## Vetyauton ja vetytalouden ongelmia

### ■ Energiasäilytöjä

Bensiini	9000 Wh/L	13500 Wh/kg
LNG	7216 Wh/L	12100 Wh/kg
Propani	6600 Wh/L	13900 Wh/kg
Etanoli	6100 Wh/L	7850 Wh/kg
Nestemäinen H2	2600 Wh/L	39000 Wh/kg
150 bar H2	405 Wh/L	39000 Wh/kg
NTP H2	2,7 Wh/L	39000 Wh/kg

11/30/2006

Kimmo Klemola

26

## Liikenteen energiantuotanto

### ■ Fossiiliset raaka-aineet

- Raakaöljy
  - Bensiini
  - Diesel
  - Muut polttoaineet kuten lentokerosiini
- Maakaasu
  - Gas to liquids (GTL)
    - Fischer-Tropsch –synteesi, jossa hiilivedyt ensin reformoidaan vesihöyryyn kanssa synteetiseksi (CO ja H<sub>2</sub>), jotka puolestaan reagoivat katalyyttisesti hiilivedyiksi, joista voidaan tuottaa esimerkiksi bensiiniä.
  - Gas to hydrogen
    - Maakaasusta tuotetaan vetyä vetyautoihin
  - Nesteytetty maakaasu (LNG)
- Kivihili
  - Coal to liquids (CTL)
    - Nestemäisten polttoaineiden tuottaminen Fischer-Tropsch–synteesillä
  - Coal to hydrogen

11/30/2006

Kimmo Klemola

27

## Liikenteen energiantuotanto

### ■ Sähköautot

- Voimanlähteenä akku ja sähkömoottori
  - Sähköautojen piti lyödä itsensä läpi 2000-luvun alussa, mutta niin ei käynyt.
  - Akkuteknologia on kuitenkin viime vuosina mennyt kaikessa hiljaisuudessa eteenpäin ja kustannuksia on saatu painettua alas.
- ### ■ Hybridiautot
- Hybridiautossa on kaksi tai useampia voimanlähteitä.
  - Käytännössä hybridiautolla tarkoitetaan bensiini- tai dieselmoottorilla varustettua autoa, jossa on lisäksi sähkömoottori.
  - Sähkömoottori saa energian jarrutuksissa latautuvasta akusta. Kaupunkiajossa ajetaan lähinnä sähkömoottorilla, jolloin ei tule päästöjä.
  - Kokonaiskulutus on oleellisesti normaaliautoa pienempi.

11/30/2006

Kimmo Klemola

28

## Liikenteen energiantuotanto

### ■ Biopolttoaineet

- Etanoli ja sen johdannaiset
  - Etanolia voidaan tuottaa esimerkiksi viljasta, maissista (suurin) tai vaikkapa puuperäisestä massasta
  - Etanolista voidaan valmistaa bensiinireetereitä
  - Etanolin fossiilitase on huono. Joidenkin laskelmien mukaan etanolin energia-arvo on pienempi kuin sen valmistamiseen käytettyjen fossiiliraaka-aineiden energia-arvo. Fossiilisia raaka-aineita kuluu mm. lannoitteisiin, sadonkorjuuseen, tsiiaukseen ja kuljetukseen.
- Biodiesel
  - Valmistetaan kasviöljyjen ja metanolin tai etanolin vaihtoesteroinnilla.
  - Voidaan myös valmistaa biosynteetisistä Fischer-Tropsch-synteesillä.
- Biokaasu
- Biometanoli
  - Metanolia voidaan valmistaa biomassasta höyryreformoimalla massa ensin synteetiseksi, josta metanoli valmistetaan.
  - Biometanoli ei ole pitkään aikaan kilpailukykyinen "dinometanolin" kanssa.
  - Metanoli on käyttökelpoinen polttoaine ja soveltuu myös polttokennojen raaka-aineeksi. Onkin alettu puhua tulevasta metanolitoudesta.
- Biopolttoaineet ovat eettinen ongelma, koska ne kilpailevat usein suoraan ruoan tuotannon kanssa.

11/30/2006

Kimmo Klemola

29

## Liikenteen energiantuotanto

### ■ Polttokennot ja vetytalous

- Paljon resursseja satsattu
  - Erittäin paljon mahdollista, ettei tule toteutumaan kuin pienimuotoisena.
- ### ■ Vaihtoehtoisia "polttoaineita"
- Autojen energianlähteeksi on ehdotettu erinäisiä eksoottisia tapoja kuten paineilma.
- ### ■ Polttoainetehokkuus, teknologinen kehitys, lainsäädäntö ja verotus
- Parin viime vuosikymmenen aikana autojen polttoaineen kulutus on noussut johtuen uuden turvateknikan tuomasta painonlisästä ja suuremmista autoista. Autojen polttoaineen kulutusta säätelevä lainsäädäntö on USA:ssa ajanut ihmisiä ostamaan enenemässä määrin säätelyn ulkopuolella olevia massiivisia katumaastureita (SUV).
  - Korkea autovero ja polttoainevero ovat ympäristön kannalta tehokkaita ohjaukeinoja.
  - Dieselaivot kuluttavat bensiinautoja vähemmän
  - Mahdollisten verohelpotusten ymm. tulisi perustua lopputulokseen (päästöt ja kulutus) eikä johonkin teknologiaan (hybridi).

11/30/2006

Kimmo Klemola

30

## Fischer-Tropsch-synteesi

- Fischer-Tropsch-synteesi kehitettiin 2. maailmansodan aikana Saksassa.
- Synteessin kehittämisen tarkoituksena oli turvata Saksan sotakoneiston tarvitsema polttoaineen saanti. Koska synteesillä pystytään valmistamaan hiilestä synteettistä öljyä, oli se hyvä keino Saksalle suurien hiilivarantojen ansiosta polttoaineen saantiin.
- Synteetikaasun tuotanto
  - $C(s) + H_2O(g) \rightarrow CO(g) + H_2(g)$   $\Delta H = 127 \text{ kJ}$
- Fischer-Tropsch -synteesi
  - Fischer-Tropsch synteessissä hiilimonoksidi ja vety reagoivat tuottaen hiilivetyjä ja vettä katalyyttien läsnä ollessa
    - $nCO(g) + 2nH_2(g) \rightarrow C_nH_{2n} + nH_2O(g)$
    - $nCO(g) + (2n + 1)H_2(g) \rightarrow C_nH_{2n+2}(g) + nH_2O(g)$
    - $nCO(g) + 2nH_2(g) \rightarrow C_{n-1}H_{2n-1}CO_2OH(g) + n-1H_2O(g)$

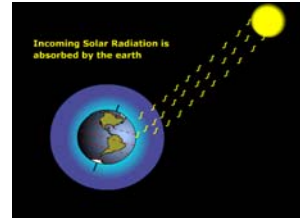
11/30/2006

Kimmo Klemola

31

## Kasvihuoneilmiö

- Tietyt kasvihuonekaasut kuten hiilidioksidi, metaani, typpioksidit ja fluoroyhdisteet vahvistavat kasvihuoneilmiötä.
- Ylivoimaisesti tärkein kasvihuonekaasu on kuitenkin vesihöyry.
- Ihmisen toiminnalla on epäsuora vaikutus myös vesihöyryn määrään. Ilmaston lämmetessä lämpimään ilmaan mahtuu enemmän vesihöyryä.



11/30/2006

Kimmo Klemola

32

## Kioton sopimus

- 1997 Kiotossa sovittiin kasvihuonekaasujen päästöjen rajoittamisesta.
- Suomi sitoutui pudottamaan 2008-2012 päästönsä (lähinnä hiilidioksidi) vuoden 1990 tasolle.
- Venäjän ratifioitua Kioton sopimuksen sen voimaantulo varmistui. Ylivoimaisesti suurin kasvihuonekaasujen tuottaja USA on jättäytynyt Kioton sopimuksen ulkopuolelle.
- Käytännössä hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää pienentämällä fossiilisten polttoaineiden kulutusta. Joudutaan valitsemaan:
  - Energian säästö
  - Siirtyminen uusiutuviin energialähteisiin
  - Ydinvoima
- Yksi tekninen keino on hiilidioksidin pumppaus meriin tai hiipuviin kaasu- tai öljylähteiden onkaloihin (carbon sequestration).

11/30/2006

Kimmo Klemola

33

## CO<sub>2</sub>-vuosipäästöt asukasta kohti vuonna 2004

- Koko maailma 4 tonnia
- Suomi 13 tonnia
- Saksa 10 tonnia
- Kiina 4 tonnia
- USA 20 tonnia

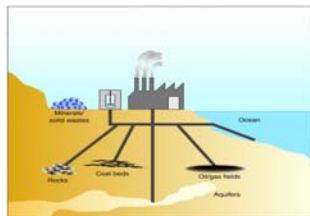
11/30/2006

Kimmo Klemola

34

## Hiilidioksidin talteenotto - Carbon sequestration

- Hiilidioksidi ei pysy ikuisesti onkalloissa.
- Hiilidioksidin dumpaaminen meriin aiheuttaa meriekologialle ympäristöongelman. Hiilidioksidin lisääntyminen ilmakehässä lisää myös meriin liukenevan hiilen määrää.
- Prosessi on kallias ja pienentää energiantuotannon hyötysuhdetta eli lisää fossiilivarojen kulutusta.
- Päästökauppa parantaa hiilidioksidin talteenoton kilpailuasemaa



11/30/2006

Kimmo Klemola

35

## Päästökauppa

- USA:ssa on jonkin verran vapaaehtoisuuteen perustuvaa hiilidioksidin päästökauppaa firmojen välillä.
- EU:n päästökauppa alkoi vuoden 2005 alussa.
- Mukana ovat mm. metsä- metalli- ja sementtiteollisuus sekä energiantuotanto. Merkittävimmät ulkopuoliset ovat liikenne ja kemianteollisuus.
- Päästökaupan tavoite on ohjata päästövähennykset sinne missä ne ovat edullisimpia.
- Päästökaupan ensimmäinen vaihe oli päästöjen ilmaisten laitosten kiintiöiden jako.
- Suomen tavoite on painaa päästöt vuoden 1990 tasolle.

11/30/2006

Kimmo Klemola

36

## Päästökauppa – hyvät puolet

- Tehdään ylipäänsä jotain ilmasto-ongelman edessä.
- Saastuttavan energiantuotannon asema on sitä huonompi mitä kalliimmaksi päästöoikeustonnin hinta tulee.
- Energiankulutuksen vähentäminen sekä energiantuotannon tehostaminen ja suuntaaminen uusiutuviin energialähteisiin saavat porkkanan.

11/30/2006

Kimmo Klemola

37

## Päästökauppa - ongelmia

- Alkujaosta ei saa millään tasapuolista eri maiden ja toimialojen kesken
- Kilpailu vääristyy sekä EU:n sisällä että varsinkin päästökaupan ulkopuolella oleviin maihin nähden.
- Ylimääräinen kustannus, jota kilpailijoilla ei ole.
- Energian, lähinnä sähkön, hinta nousee.
- Syö BKT:ta, työpaikkoja, ostovoimaa ja kilpailukykyä.
- Jalo periaate "saastuttaja maksaa" muuttuu helposti muotoon "saastuttajalle maksetaan". Pelätään, että esim. "Venäjälle joudutaan maksamaan sotakorvaukset toiseen kertaan".
- Systeemi suosii niitä maita, joiden teollisuus ei ole tehnyt paljon mitään päästöjen eteen. Suomen trimmattu teollisuus on jo käyttänyt tehokkaat keinot.
- Päästökauppa saattaa siirtää tuotannon ja investoinnit päästökaupan ulkopuolisiin maihin, joissa ei ole päästörajoituksia. Lopputuloksena voi olla hiilidioksidipäästöjen kasvaminen.
- Energiatehokkuus saattaa kärsiä, jos otetaan käyttöön keinotekoisia, energiaa vaativia ja kalliita menetelmiä kuten hiilidioksidin pumpppaaminen maaperään tai mereen.
- Päästökaupan tulisi olla maailmanlaajuisia ja sen piiriin tulisi kuulua myös esimerkiksi liikenne.

11/30/2006

Kimmo Klemola

38