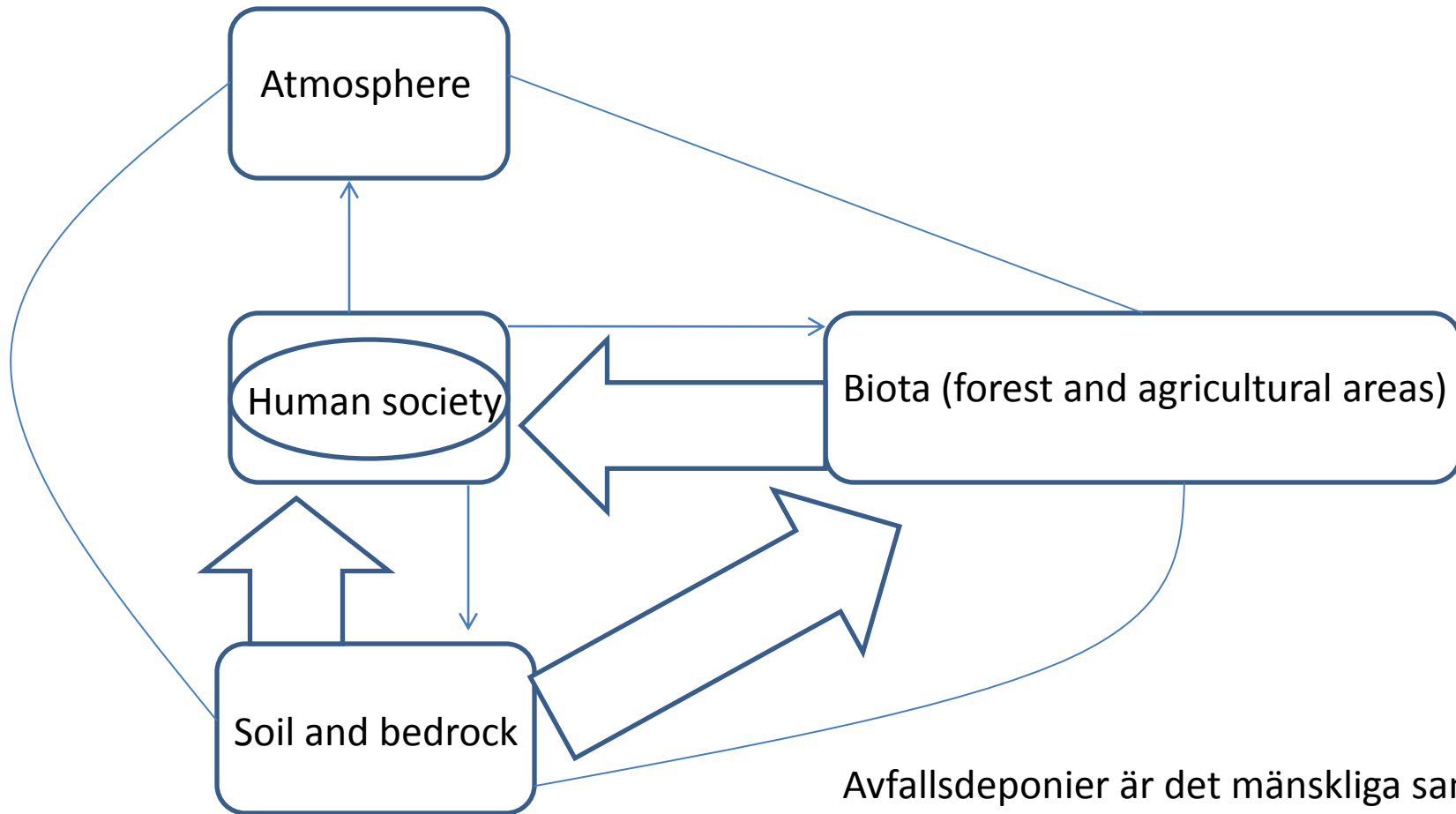


- **AVFALLSDEPONIERNAS SOM KOLSÄNKA – NYE BERÄKNINGAR
FRÅ AVFALLSFORSKNING**
-
-
- **Torleif Bramryd**
-
-
- **Torleif Bramryd, PhD, Assoc. Professor**
- **Department of Environmental Strategy**
- **University of Lund**
- **Campus Helsingborg**
- **PO-Box 882**
- **SE-251 08 Helsingborg**
- **SWEDEN**

Målsättning med en ekologiskt anpassad restprodukthantering

- Återförande av önskvärda ämnen i kretsloppet – optimering av processer
- Frånseparering av icke önskvärda ämnen (ekologiskt filter)
- Energiutvinning
 - Biologisk energiutvinning (biogas/deponigas)
 - Termisk energiutvinning (askan skall vara ren nog att kunna återföres som näring)

Biogeokemiska kretslopp i tätorten



Avfallsdeponier är det mänskliga samhällets motsvarighet till myrmarker samt havs- och sjösediment

Processer som motverkar förhöjda CO₂ koncentrationer i atmosfären

1. Upptag av CO₂ i hav/oceaner, ackumulering i karbonater eller aminosyror
2. Ökad ackumulering av organiskt material i marken (speciellt i skogs- och gräsmarksjordar). De flesta nordliga skogsjordar är nettoackumulatörer av organiskt kol
3. Ökad plantering av träd och skogar
4. Torvackumulering
5. Sedimentering i sjöar och hav
6. Ackumulering av organiskt kol människans samhälle (städer och tätorter)
7. Kulturlager i gamla städer
8. Avfallsdeponier

SÄNKOR FÖR ORGANISKT KOL I TÄTORTER

1. Vegetation (Parker och planteringar)
2. Marken (inkl kulturlager)
3. Byggnader och konstruktioner inkl möbler
4. Konsumtionsprodukter
5. Bibliotek, arkiv, etc
6. Avfallsdeponier

Globala CO₂ koncentrationer

Ökning av den atmosfäriska CO₂ koncentrationen:

280 till mer än 380 ppm idag. Den årliga ökningen är
1.9 ppm/år

Årlig ackumulering av organiskt kol i Världens avfallsdeponier
under 1980-talet: 100×10^6 t/år

Fraktion för långtidsackumulering: 30×10^6 t/år

- Innehållet av fossilt organiskt material i kommunalt avfall i Sverige räknat som torrsvikt är 30-40% (plast, syntet-textilier och konstgummi), etc.
- Innehåll av fossilt material i "torrfraktionen" (RDF) från kommunalt avfall: 50-70%.

Innan förbudet mot deponering av organiskt avfall i Sverige

Årlig deponering av organiskt kol i svenska deponier:

0.75×10^6 t/year

Långlivad fraktion organiskt kol:

0.50×10^6 t/year

Årligt utsläpp av organiskt kol genom avfallsförbränning i Sverige:

0.50×10^6 t/year

(Av denna fraktion skulle 0.30×10^6 t/år långtidsackumulerats.)

BERÄKNING AV LÅNGLIVAT ORGANISKT KOL I AVFALLSDEPONIER

- Kommunalt avfall innehåller normalt 20-25 % organiskt kol
- Ca 150-250 m³ biogas (50-55% CH⁴) kan utvinnas per ton avfall. Detta motsvarar 500 g C per m³ biogas==→ ca 130 x 10³ g C (130 kg) per ton avfall kvarstår i en biocellsdeponi efter ca 15-20 år.
- Av detta utgör lignin ca 40-50 kg och plast + syntetmaterial ca 20-30 kg
- Återstående fraktion om 40-50 kg C kan teoretiskt omvandlas till biogas efter optimering av biogastekniken
- Förlusten av organiskt C genom lakvattnet är endast ca 3-6%.
- Detta medför att ca 70-90 kg C per ton kvarstår i rötresten efter kraftigt optimerad rötning.
- Aktuell siffra för biocellsrötning är troligen kring 130 kg kvarvarande C per ton, och ca 150 kg C per ton vid konventionell (anaerob) deponering

BUDGET FÖR ORGANISKT KOL I NORMAL SKANDINAVISK BIOCELLS-DEPONI

- **Medelstor deponi: ca 100 000 ton hushålls- och lättare industriavfall per år.**
- **100 000 ton x 0,150 ton = 15 000 ton långtidslagrat organiskt kol (motsvarar ca 45 000 ton CO₂).**
- **Denna upplagring av långlivat organiskt kol kan sägas kompensera:**
- **Ca 12 000 – 15 000 personbilars årliga utsläpp av CO₂. (som kör 15 000 km/år och släpper ut 212 g CO₂/km).**
- **eller mängden organiskt kol 65 hektar fullvuxen granskog eller 45 ha lövskog. Eller den årliga tillväxten i 6 800 ha granskog.**
- **Till detta kommer vinsten av att ersätta fossila bränslen med den producerade biogasen.**
- **Hade allt restavfall i Sverige (ca 3 milj ton) behandlats i bioceller hade långtidslagrat kol kompenserat för ca 450 000 personbilars utsläpp. Till detta kommer att producerad biogas ersätter fossila bränslen.**

BIOGASUPPSAMLING

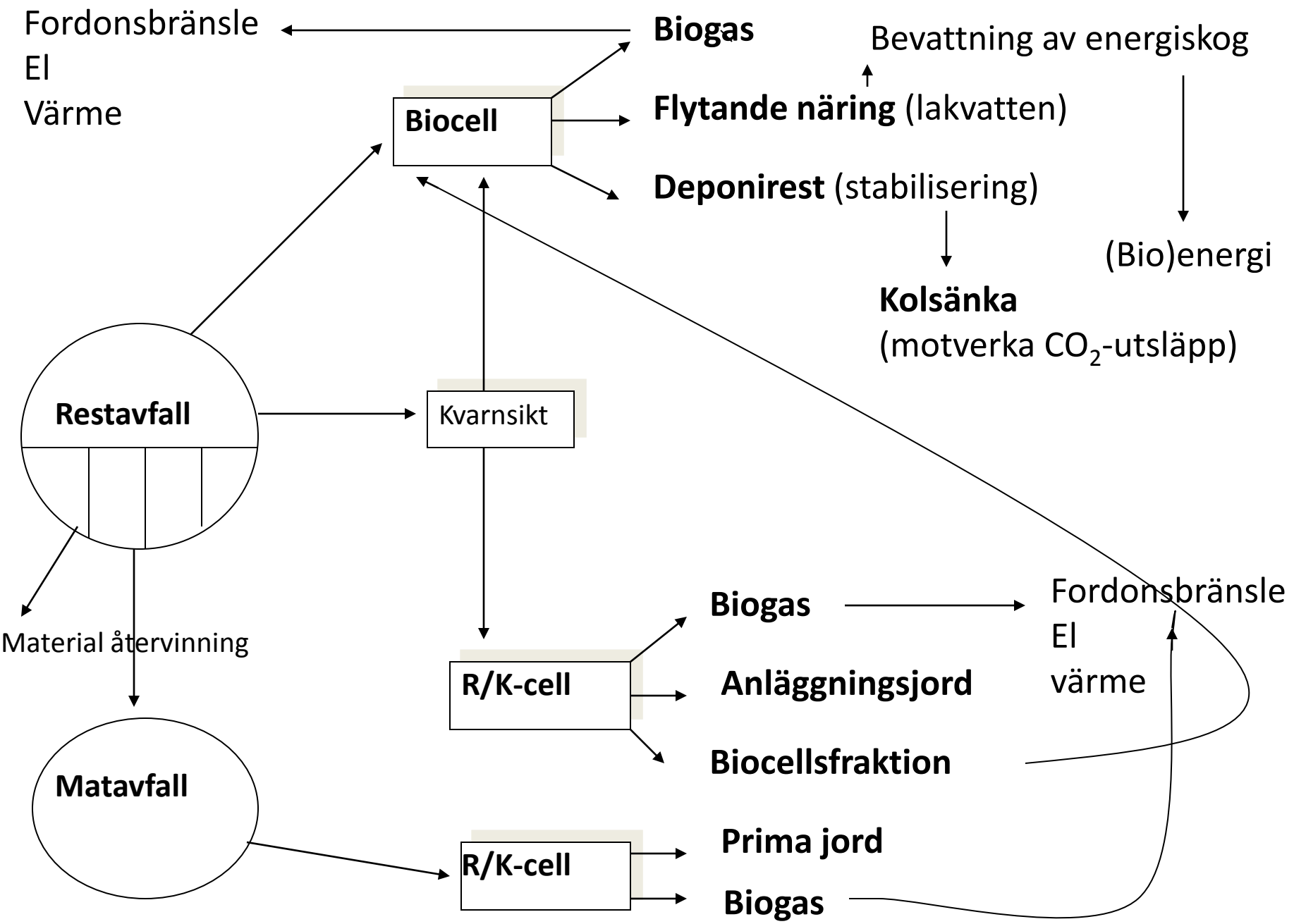
- **Brytpunkt för att deponin skall vara positiv ur "klimatsynvinkel":**
- **60-65 % av deponigasen samlas upp**

- **Erhållen biogasuppsamling från Bioceller (testceller):**
90-95 % av biogasen kunde samlas upp i testförsök i full skala

- **Mätteknik för rutinanalyser behöver tas fram**

- **Gränsvärden behöver sättas upp**

- **Potential för teknikutveckling**



Jordbruksutskottets betänkande

1997/98:JOU07

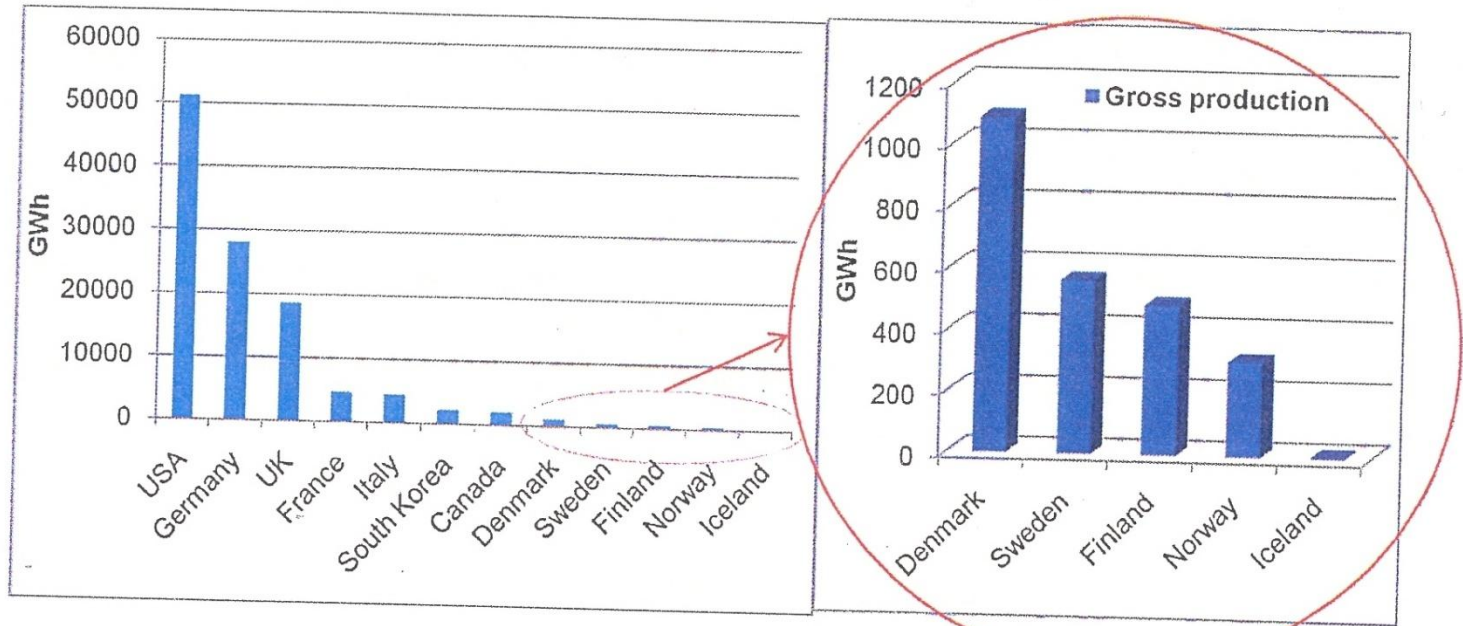
I betänkandet behandlas proposition 1996/97:172 Hantering av uttjänta varor i ett ekologiskt hållbart samhälle – ett ansvar för alla. Vidare behandlas sex motioner väckta med anledning av propositionen. Förslaget innebär bl.a. att regeringen bemyndigas att föreskriva om förbud i vissa fall mot deponering, förbränning och fragmentering av uttjänta elektriska och elektroniska produkter. Farliga fraktioner i rivningsavfall skall kunna identifieras och omhändertas på ett miljömässigt riktigt sätt genom att gällande krav på rivningsanmälan utökas till att avse även rivning av del av byggnad. Genom ett frivilligt åtagande från branschen kommer insamling och materialåtervinning av uttjänt kontorspapper att genomföras. Ett förbud från år 2002 mot deponering av utsorterat brännbart avfall och ett generellt förbud från år 2005 mot deponering av organiskt avfall kommer att införas. Åtgärder kommer att vidtas för att höja miljökraven för deponier. Tillståndsplikt för transportörer av avfall införs. Utskottet tillstyrker med vissa ändringar förslaget till ändring i renhållningslagen. Ändringarna, som föranletts av en motion (kd), innebär att även andra miljömässigt godtagbara förbehandlingsmetoder för elektriskt och elektroniskt avfall än demontering och sortering skall omfattas av förslaget om godkännande och certifiering. När det gäller förslaget om ett generellt förbud mot deponering av organiskt avfall från år 2005 anser utskottet att föreskrifterna om avsteg och undantag från förbudet bör utformas så att forskning om och utveckling av miljömässigt godtagbara behandlingsmetoder för avfallet inte försvåras. Därmed ansluter sig utskottet till vad som anförts i två motioner (m). Utskottet tillstyrker även regeringens förslag till lag om ändring i plan- och bygglagen och ansluter sig i övrigt till regeringens överväganden. Övriga motionsyrkanden avstyrks. Till betänkandet fogas 14 reservationer och ett särskilt yttrande.

Vad gäller det generella förbudet mot deponering av brännbart och organiskt avfall vill utskottet härutöver anföra följande. För att åstadkomma lokala miljöanpassade energisystem och för att ersätta fossila bränslen och drivmedel är det av väsentlig betydelse att kommunerna kan ta till vara den biologiskt lättnedbrytbara delen av avfallet. En sådan hantering bör utgå från naturliga ekologiska processer, som maximalt utnyttjade kan skapa ett effektivt återförande av önskvärda ämnen i ett ekologiskt kretslopp. Oönskade ämnen eller överskott av ämnen kan separeras och återförs till stabil långtidsförvaring, och energi kan utvinnas med hjälp av biologiska processer. Det finns i dag ett flertal metoder, mer eller mindre utvecklade, som syftar till en integrerad och ekologiskt anpassad avfallsbehandling. Som anføres i motionerna Jo6 och Jo7 får ett generellt deponeringsförbud inte leda till en avfallshantering som motverkar denna utveckling. Det är enligt utskottets mening av vikt att reglerna om undantag från det generella deponeringsförbudet utformas så att kommunerna ges möjlighet att utarbeta lokalt och miljömässigt lämpliga lösningar, att forskning om och utveckling av biologiska återvinningsmetoder inte försvåras samt att miljömässigt godtagbara behandlingsmetoder för nyttiggörande av det organiska avfallet underlättas. Vad utskottet här anfört bör med anledning av motionerna Jo6 yrkandena 3 och 4 och Jo7 godkännas av riksdagen. Utskottet delar regeringens uppfattning att det för närvarande inte behövs någon ytterligare reglering för att uppnå en omfattande minskning av det bygg- och rivningsavfall som går till deponering.



LUND UNIVERSITY
Campus Helsingborg

Production of biogas in selected countries and the Nordic region

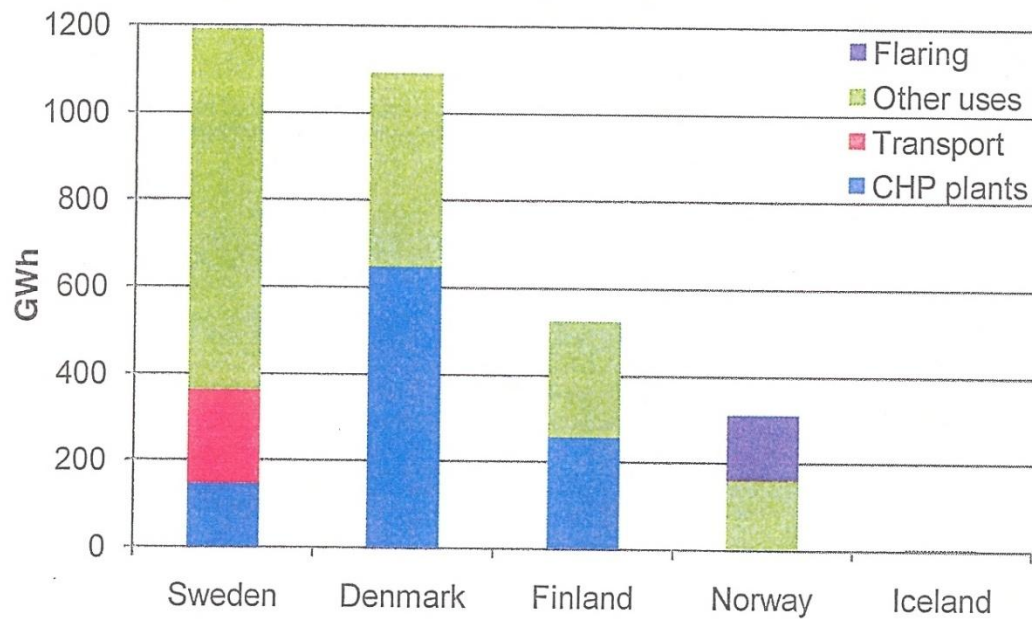


UN Data, December 2009 (data for 2007)



LUND UNIVERSITY
Campus Helsingborg

Consumption of biogas in the Nordic countries



IEA Energy Statistics, 2010 (data for 2008)



KOMBINATION AV BEHANDLINGSMETODER

- 1. Materialåtervinning
- 2. Rötning i stålreaktorer
- 3. Rötning i rötcell/planreaktor (källseparerat matavfall från hushåll)
- 4. Rötning i Biocellsreaktorer (Blandat hushålls- och lättare verksamhetsavfall)
- 5. Kompostering (park- och trädgårdsavfall, matavfall, rötrest, etc)
- 6. Förbränning av rent, obehandlat träflis (askan kan återföras som gödselmedel till skogen).

OLIKA RÖTNINGSMETODER

Biogasutbyte :

Stålreaktorer (snabb process, 3 veckor): 100-150 m³ biogas per ton rötat avfall

Stationära Rötceller: (medelsnabb process, 1-3 år): 150-200 m³ biogas per ton material.

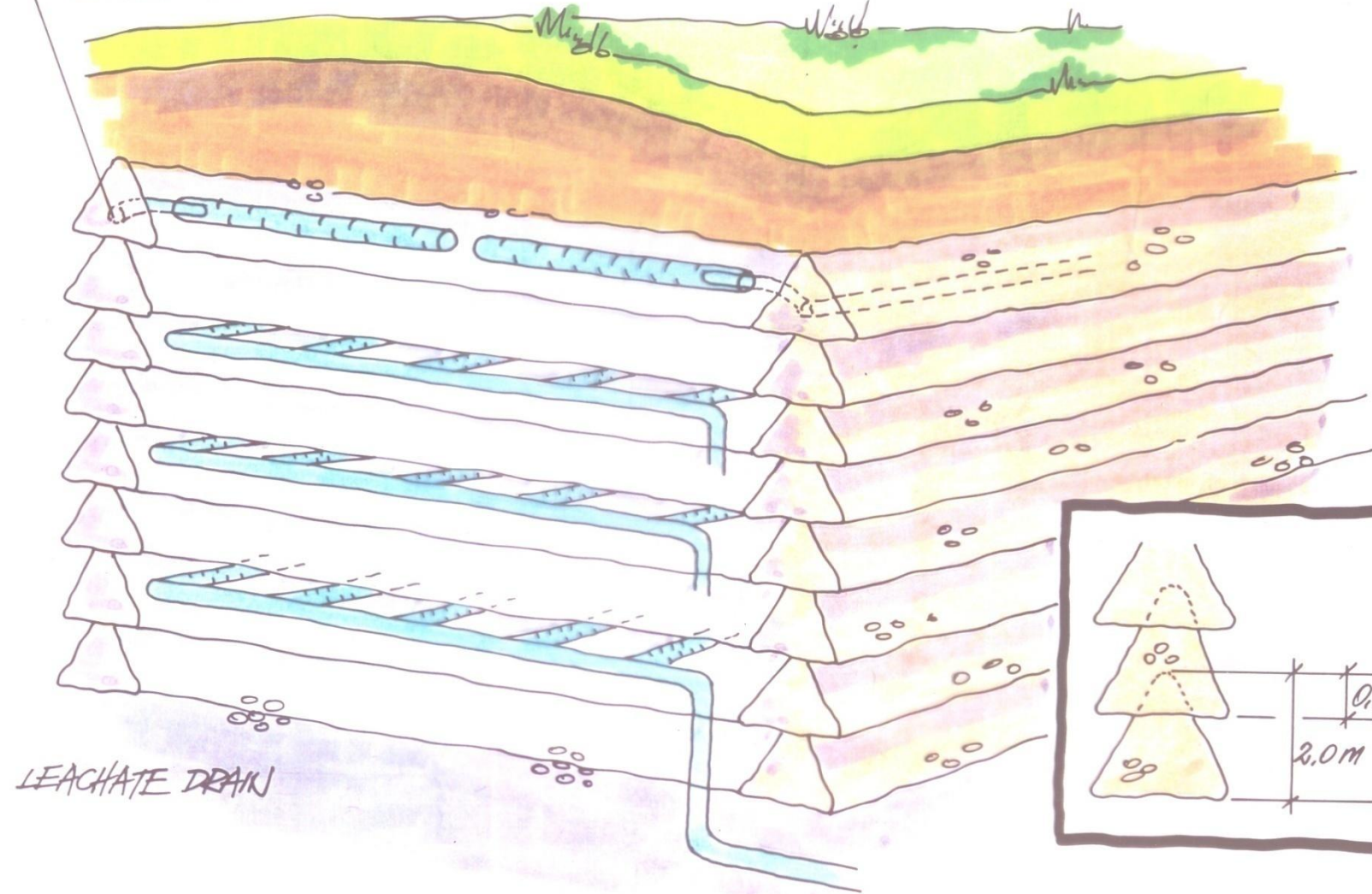
Biocellsreaktorer i deponier: (relativt långsam process, 5-10 år): 200-250 m³ biogas per ton material



LUND UNIVERSITY
Campus Helsingborg

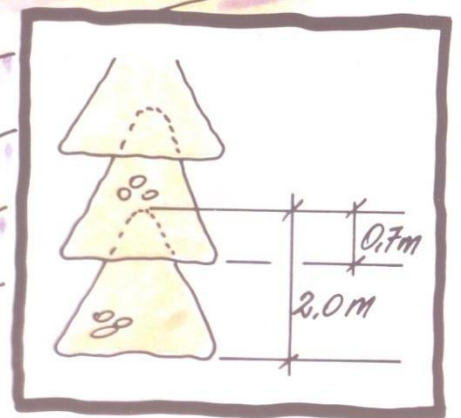


COLLECTION PIPE



LEACHATE DRAIN

COLLECTION PIPE TO FAN AND BOILER

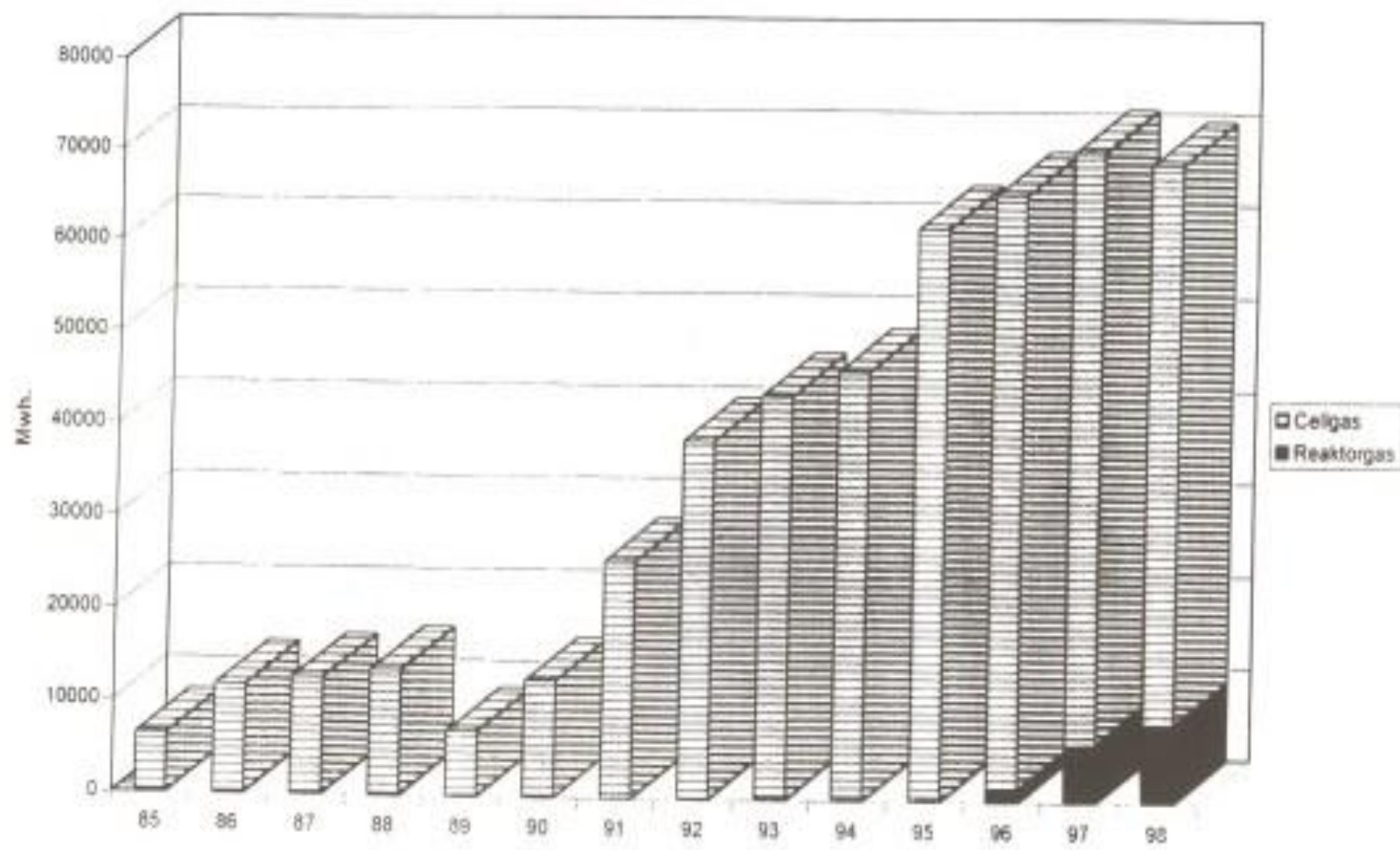




LUND UNIVERSITY
Campus Helsingborg



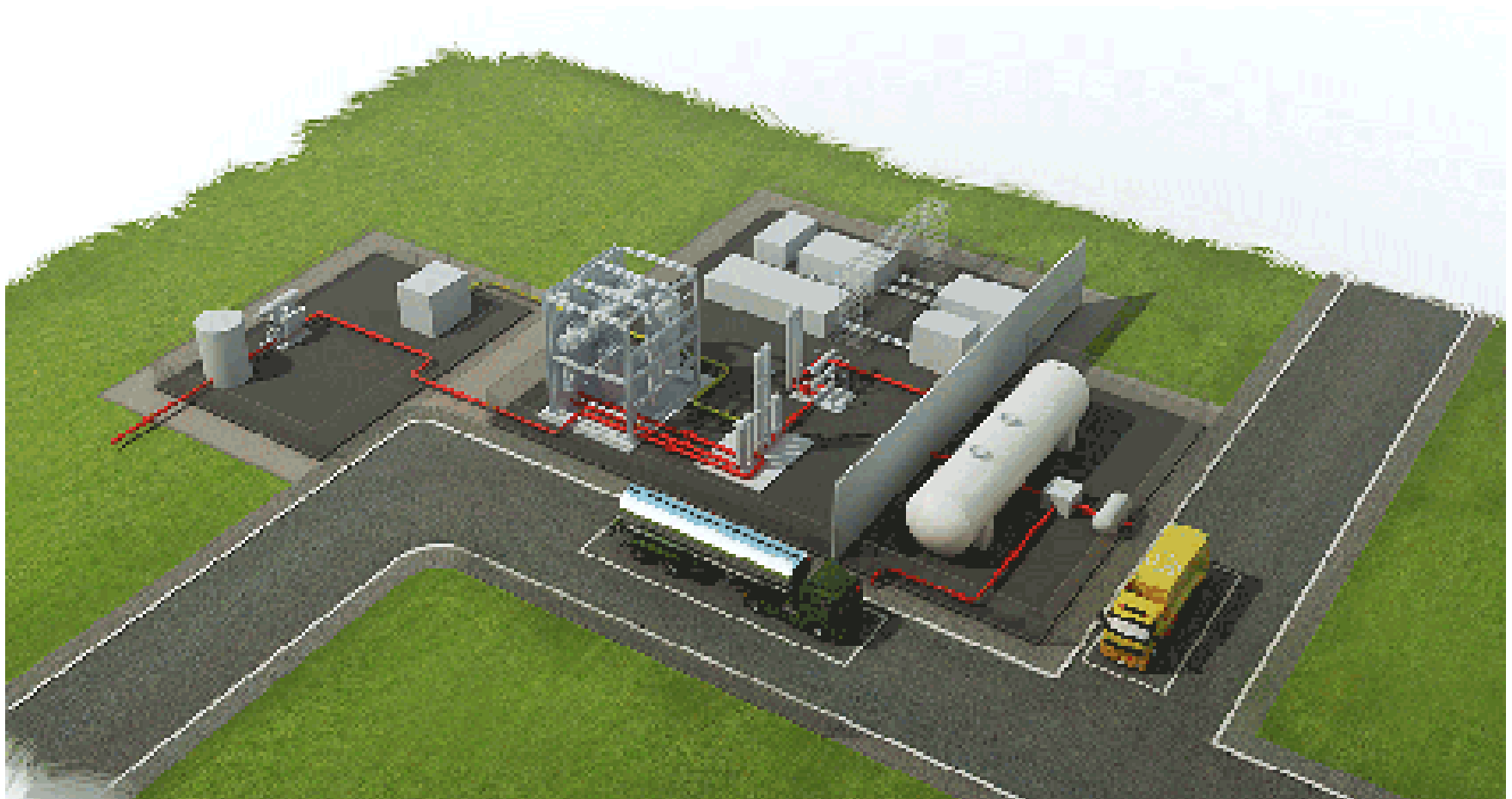
Biogasens utveckling 85 t.o.m. 98.





LUND UNIVERSITY
Campus Helsingborg

Liquified biogas



OPTIMERAD PRODUKTION AV BIOGAS FÖR KOLLEKTIVTRAFIK

- Biogas är förnybart och koldioxidneutralt fordonsbränsle. Ger extra positiva miljöeffekter i form av optimerad avfallsbehandling
- Stor obalans mellan tillgång och efterfrågan. Enbart Skånetrafiken skulle behöva 14 miljö m₃ biogas för att driva alla Skånes bussar med biogas. I hela Sverige produceras endast ca 16 milj m₃ biogas. Således stor brist på biogasarvaror.
- Biogasproduktionen måste öka kraftigt. Även restavfall som idag går till förbränning måste användas för biogasproduktion. Optimering av gasbildningsprocesser önskvärda.
- Samordning av olika trafikslag vad gäller logistik för biogastankning. Linje och vagnplanering för samordnad biogastankning.
- Decentraliserad produktion av biogas önskvärd, alternativt transport via befintliga naturgasnät.

Bus depot in Helsingborg Sweden





Deponicellen (biocellen) som ett led för att återvinna näringsämnen.

- Biocellen/deponicellen fungerar som ett anaerobt filter som fastlägger tungmetaller som stabila metallsulfider, medan näringsämnen fortfarande är lösliga och kan uppsamlas med lakvattnet
- Långlivat organiskt material (huvudsakligen från nedbrytning av lignin) upprätthåller en optimal fukthalt, vilket vidmakthåller en stabil anaerobi. Organiskt material, som papper och trä, är därför viktigt för deponins stabilitet och för att minska uttvättningen av miljögifter
- Tungmetaller bildar långlivade komplex med tungmetaller, vilket minskar utlakningen
- De tungmetaller som på sikt tvättas ut gör detta i mycket låga koncentrationer, vilka ligger under bakgrundsvärderna för de flesta vattendrag och sjöar.

Möjliga vegetationsfilter

- Snabbväxande trädslag (Salix arter, björk, asp, etc)
- Lakvattengödslade högörtängar (olika högproducerande gräs och örter)
- Våtmarksfilter (kärr, dammar, anlagda myrsystem (mossar), etc)
- Kombinerade vegetations- och fiberfilter (filtrerar lakvatten över bäddar med träflis eller sågspån)



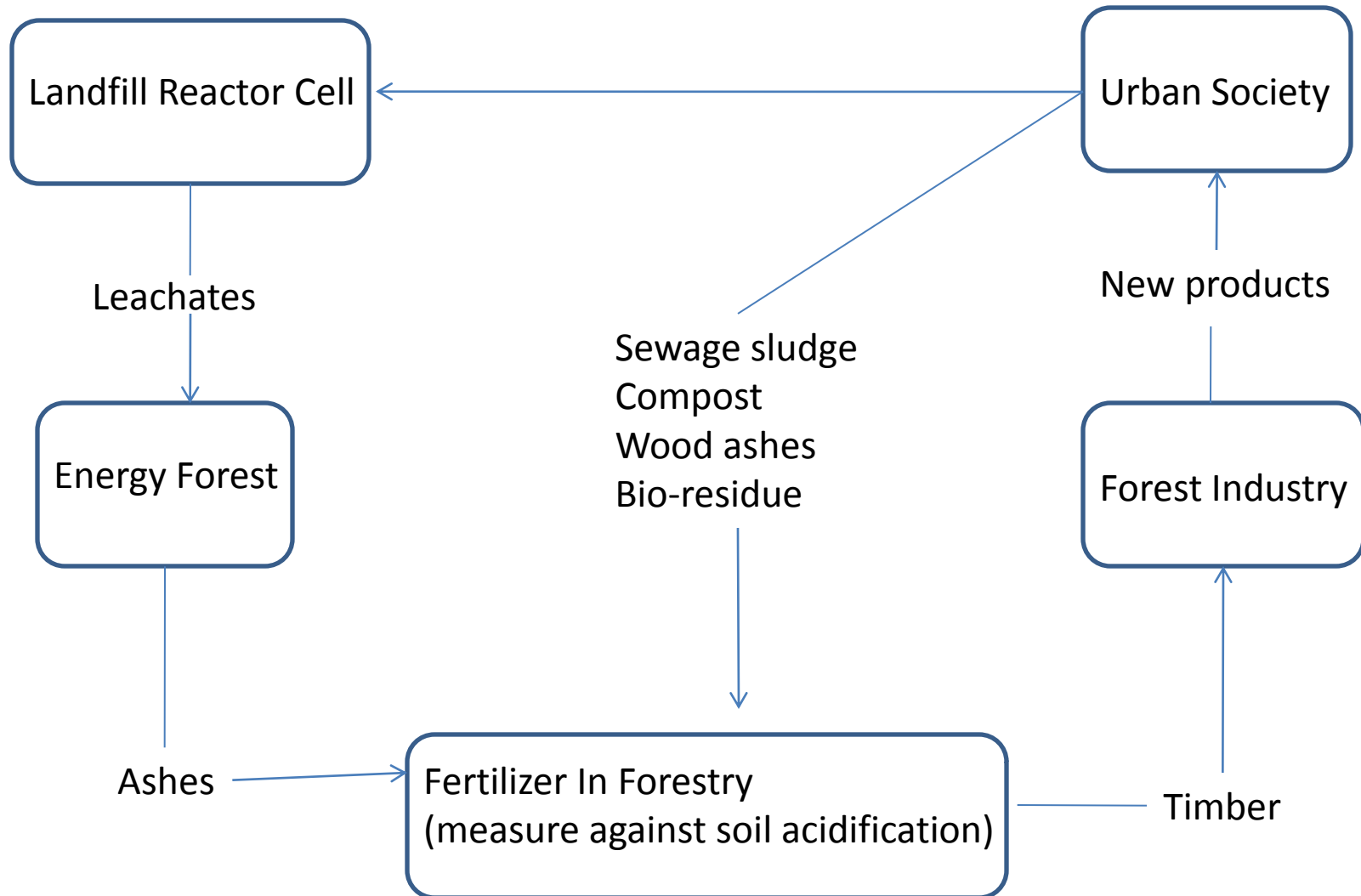




MÅLSÄTTNING MED VEGETATIONSSYSTEMET

- Reducera mängden lakvatten genom avdunstning och evapotranspiration
- Reducera halterna av kväve och andra närsalter i lakvattnet
- Utvinna näringsämnen från lakvattnet och återföra dem i ett ekologiskt kretslopp
- Lakvattnet fungerar som gödselmedel vid framställandet av energiflis
- Skapa en biomassa som binder upp CO₂ från atmosfären

Återvinning av näringsämnen



Slutsatser

- Deponering av restavfall fungerar som en kolsänka och motverkar ökande koldioxidhalter i atmosfären.
- Med modern deponiteknik med optimerade bioceller eller reaktorceller kan över 90 % av den producerade biogasen i deponin uppsamlas och användas
- Deponering är den miljöriktigaste behandlingen av plast, syntetgummi, syntet-textil och andra produkter med fossilt ursprung, när de inte längre kan materialåtervinnas
- En medelstor deponi, som mottar ca 100 000 t kommunalt avfall per, år kan kompensera för det årliga utsläppet av koldioxid från 15-20 000 personbilar
- Bevattning med lakvatten i en vegetationsplantering ökar biomasseproduktionen och ackumulerar organiskt kol i mark och vegetation, motsvarande ca 1 000 personbilars årliga

Slutsatser

- Införandet av ett system med handel med utsläppsrätter av CO₂ är ett sätt att stimulera en effektiv kontroll av diffusa metanutsläpp. Ett sådant system bör ta hänsyn även till långtidslagring av stabilt organiskt kol i deponier
- Gränsvärden för metanutsläpp bör vara baserade på tekniska mätningar på den aktuella deponin.
- Ett förbud mot deponering av organiskt material kan ha negativa effekter på utsläpp av växthusgaser, eftersom det avstannar utvecklingen av ny effektiv uppsamlingsteknik och viljan att investera i effektiv teknik inom redan befintliga deponier. Dessa kan annars läcka metan i många år.

SLUTSATSER FÖR OPTIMERADE DEPONI-CELLER (BIOCELLER)

- Naturliga processer används – låg ekologisk/miljömässig påverkan.
- Över 90 % av bildad biogas kan samlas upp och utnyttjas som bränsle
- Både bioenergi och näringsämnen kan utvinnas. Biogas kan användas för produktion av el, värme och fordonsbränsle och ersätter fossila bränslen.
- En biocell eller reaktor-deponi som tar emot 100 000 ton avfall per år kan upplagra så mycket långlivat organiskt kol som kompenserar för 12-15 000 personbilars årliga utsläpp. Utnyttjande av lakvattnet kompenserar för ytterligare ca 1 000 personbilars utsläpp.
- Anläggningen kan göras flexibel i storlek. Mindre transportbehov.
- Kan utnyttjas som biofilter för att separera näringsämnen från blandade, förorenade fraktioner (utvinning via bevattning av energiskog ed inom deponiområdet.
- Stabilisering och avgiftning av restavfall.
- Låga drifts- och investeringskostnader.

BIOCELLSRÖTNING JÄMFÖRT MED FÖRBRÄNNING

- Med Bioceller i deponier kan näringsämnen från det blandade avfallet separeras och återförs som näring till vegetation.
- Flygaskan från avfallsförbränning klassas som "farligt avfall", och måste stabiliseras och deponeras i separata mono-deponier. Näringsämnena i avfallet förändras därmed kretsloppet.
- Förbränning ger större energiutbyte från avfallet, men med ett kombinerat system med energiutvinning genom biogas och från biomassa producerad efter bevattning med lakvatten, är skillnaden liten.
- Bioceller i deponier kan vara slutna enheter utan emissioner till luft eller vatten.
- Avfallsförbränning ger upphov till miljöbelastande rökgasemissioner samt en lättlakad aska som klassas som farligt avfall. Förbränning av plast kan jämföras med förbränning av olja och ger fossila CO₂ utsläpp.
- Låga investerings- och driftskostnader med bioceller/deponiceller.

TACK

Torleif Bramryd

Miljöstrategi

Lunds universitet, Campus Helsingborg

Box 882

SE-251 08 Helsingborg, SVERIGE

Torleif.bramryd@miljostrat.lu.se