



# Bioenergi & kretslopp stad/land

– en samsyn

**Boverket Naturvårdsverket**



# Bioenergi och kretslopp stad/land – en samsyn

SÖKORD:

Samhällsplanering, miljömål, bioenergi, biobränslen, kretslopp, energiförsörjning, förnyelsebara energikällor, kommunal planering, kväverening, energiomställning, energiskogar, energigräs, bevattning, avloppsvatten, vattenrening, landskapsbild, lönsamhet, ekonomi, exempel, SAMS-projektet

© BOVERKET OCH NATURVÅRDSVERKET 2000

BOKEN KAN BESTÄLLAS FRÅN:

Boverket  
Publikationsservice  
Box 534, 371 23 Karlskrona  
Fax 0455-819 27  
publikationsservice@boverket.se  
www.boverket.se

Naturvårdsverket  
Kundtjänst  
106 48 Stockholm  
Tel 08-698 12 00  
Fax 08-698 15 15  
kundtjanst@environ.se  
www.miljobokhandeln.com  
www.environ.se

Boverket  
ISBN: 91-7147-625-3

Naturvårdsverket  
Best.nr: 5099  
ISBN: 91-620-5099-0  
ISSN: 0282-7298

Svanenmärkt trycksak  Licensnummer 341 145

UPPLAGA: 400 ex.

TRYCK: Boverket, 2000-12

OMSLAG: AB Typoform

OMSLAGSBILD: Peter Svensson, VA-verket i Enköping

GRAFISK FORM, INLAGA: Jefferson Communication AB

LAYOUT: Boverket

# Förord

Allt fler människor i världen är överens om att vi måste uppnå en hållbar utveckling. Hållbar utveckling är ett brett begrepp som omfattar såväl ekologiska som sociala och ekonomiska aspekter. Men vad menar vi egentligen – hur kan det konkretiseras och hur kan vi veta att vi verkligen rör oss i rätt riktning? Den här rapporten *Bioenergi och kretslopp stad/land – en samsyn* vill inspirera och stimulera kommuner att utnyttja den kommunala fysiska planeringens möjligheter att bereda vägen för en ökad användning av bioenergi som energikälla.

*Bioenergi och kretslopp stad/land- en samsyn* är redovisning av en fördjupningsstudie knuten till temastudien om *Miljöinriktad fysisk planering* (redovisad i en separat rapport) inom ett idé- och metodutvecklingsprojekt som under tre år har drivits av Boverket och Naturvårdsverket i samverkan med flera svenska kommuner och regionala myndigheter. Projektet heter *Samhällsplanering med miljömål i Sverige (SAMS)* och avslutades i september 2000. SAMS har medfinansierats av EU:s miljöfond LIFE och Sida. Sweco/FFNS har deltagit som konsult. Fallstudier har genomförts av kommunerna Burlöv, Helsingborg, Trollhättan, Stockholm, Borlänge, Falun och Storuman samt av Regionplane- och trafikkontoret i Stockholm med stöd av respektive länsstyrelse i Skåne, Västra Götalands, Stockholms, Dalarnas och Västerbottens län. Inom ramen för SAMS har studier också genomförts i samverkan med de sydafrikanska kommunerna Port Elizabeth och Kimberley.

En ledstjärna för att arbeta med miljömål i planeringen är att sträva efter ett nära samarbete mellan miljöexperter och planerare i planeringsprocessen.

Detta samspel har varit en grundtanke i projektets organisation och arbetssätt. Miljöexperter och planerare på olika nivåer har samverkat i såväl formellt ansvarig styrgrupp och projektledning från Boverket och Naturvårdsverket, i referensgrupp samt i samtliga delstudier.

Denna rapport har författats av Anders Lind, Naturvårdsverket, Pål Börjesson, Lunds universitet och Sara Olsson, Luleå universitet.

I förstudien har kunskaper nyttjats från tidigare forskning om odling av bioenergi. Ett samarbete i denna fråga har skett med Miljö- och energisystem vid Institutionen för teknik och samhälle, Lunds universitet. Värdefull information om långvarig forskning och fullskaleprojekt har inhämtats från VBB-VIAK, Malmö (Kenth Hasselgren).

Erfarenheterna från projektet SAMS har sammanställts i rapporterna *Planera med miljömål! En vägvisare* och *Planera med miljömål! En idékatalog*. *En vägvisare* är en teoretisk, övergripande beskrivning av arbetet och lärdomarna i projektet och kompletteras av *En idékatalog* som tar fasta på konkreta exempel på hur planering kan bidra till en hållbar samhällsutveckling. Projektets övriga delstudier redovisas utförligt i separata publikationer samt på Internet, adress [www.environ.se/sams](http://www.environ.se/sams). En översikt över samtliga projektrapporter finns slutet av denna rapport.

Karlskrona och Stockholm i september 2000

*Boverket och Naturvårdsverket*



# Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	7
Summary .....	9
SAMS – Samhällsplanering med miljömål i Sverige .....	11
Fallstudier i kommuner och regioner .....	11
Tre teman inom SAMS .....	11
Ytterligare studier .....	12
1. Inledning .....	13
2. Bakgrund och omvärldsanalys .....	15
2.1 Klimatet förändras .....	16
2.2 Svenska miljömål .....	16
3. Omställning för uthållig energitillförsel – förnybara energikällor .....	18
3.1 Energi förr och nu .....	18
3.2 Förnyelsebar energi .....	18
3.3 Bioenergi .....	19
4. Kan multifunktionella lösningar vara en del i energiomställningen? .....	21
4.1 Den kommunala planeringsprocessens möjligheter att styra mark- och vattenanvändningen .....	21
4.2 Synergieffekter och systemtänkande .....	22
4.3 Multifunktionella energiodlingar .....	23
5. Bevattnings av energiskog med förbehandlat avloppsvatten – exempel från Kågeröd, Svalövs kommun .....	24
5.1 Fler projekt .....	25

6. En multifunktionell lösning – exempel från Enköping .....	26
6.1 Miljökrav om kväverening .....	26
6.2 Kväverening i Enköping .....	26
7. Krav och förutsättningar för odling av energigrödor .....	30
7.1 Principer för Salixodling .....	30
7.2 Faktorer som påverkar Salixodling .....	31
7.3 Förutsättningar för energigräsodling .....	32
8. Energi- och resurseffektivitet vid produktion och användning av biobränslen .....	34
9. Multifunktionella energiodlingar .....	38
9.1 Minskat näringsläckage och erosion .....	39
9.2 Ökad markbördighet och kolinlagring .....	40
9.3 Marksanering .....	42
9.4 Allmänna synpunkter angående slamgödsling på jordbruksmark .....	42
9.5 Rening av avloppsvatten, lakvatten och slam .....	44
9.6 Andra tänkbara synergieffekter .....	46
9.7 Sysselsättningseffekter .....	47
10. Ekonomi .....	48
10.1 Företagsekonomisk lönsamhet – konventionella energiodlingar .....	48
10.2 Företagsekonomisk lönsamhet – multifunktionella energiodlingar .....	50
10.3 Miljöekonomisk lönsamhet – multifunktionella energiodlingar .....	52
10.4 Sammanfattande samhällsekonomisk bedömning .....	53
11. Landskapsbild .....	57
Referenser och lästips .....	59
Rapportlista .....	61
Bilaga 1. Sammanfattning av Klimatkommitténs betänkande .....	67

# Sammanfattning

Många av dagens miljöproblem beror på vårt sätt att använda mark- och vattenområden. Synen på vad som är bästa markanvändning i känsliga områden som hav, kust, vattendrag, fjäll och odlingslandskapet är en nyckelfråga som kan komma att styra de praktiska tillgångarna av förnybara energikällor såsom bioenergi, vattenkraft, vindkraft och solenergi. För att lyckas med detta måste kvalificerat planeringsunderlag tas fram och frågeställningarna bör analyseras tillsammans med berörda parter.

Sverige står inför en omfattande energiomställning, vilket, förutom besparingsåtgärder, till viss del medför byte av energisystem och en kraftig minskning av fossila energislag. Därtill kommer den framtida avvecklingen av kärnkraften. I ett hållbart samhälle blir det viktigt att samordna flera funktioner och nyttja synergieffekter och systemtänkande. Det finns möjlighet att uppnå synergieffekter då olika sektoriella krav riktas mot samma landskapsrum, även om alla anspråk inte kan uppnås samtidigt. Vissa landskapsrum/områden kan t ex samtidigt ha betydelse för den biologiska mångfalden, nyttjas som buffertzoner för att hindra växtnäringssläckage, vara klimatförbättrande i det öppna landskapet samtidigt som de kan utgöra betydelsefulla länkar till kulturellt värdefulla rester av skogs-, ängs- och beteslandskapet.

Studien visar att det är viktigt att kommunerna har en hög planeringsberedskap inför en ökad etablering av bioenergi. I annat fall kan exploateringsin-

tressen motverka kommunala ambitioner och betydande potentiella ekonomiska och miljömässiga vinster gå förlorade. Utnyttjandet av biobränslen i stället för fossila bränslen har av miljöskäl främst motiverats med fördelar i samband med användning av energi genom minskade nettoemissioner av t ex koldioxid. Förutom att biobränslen medför miljöfördelar vid användning, kan produktionen av biobränslen också generera lokala miljövinster. En miljömässigt anpassad odling av fleråriga energigrödor (t ex energiskog och energigräs) baserad på optimal design, lokalisering och skötsel innebär t. ex. att jordbrukets miljöbelastning i form av näringsläckage, erosion och växthusgaser kan minska. Med utvalda kloner av Salix kan kadmiumhalten i åkermark reduceras. Vid förbränning återfinns huvuddelen av kadmiumet i askan, vilket kan renas så att kadmium koncentreras i en askrest. Försök pågår också med att sänka nitrathalten i grundvatten genom bevattning och upptag i Salixodling. Odlingar av energigrödor kan dessutom nyttjas för rening av avlopps- och lakvatten, samt omhändertagande av restprodukter. Ur ett kommunalt perspektiv är dessa alternativa lösningar oftast mycket kostnadseffektiva.

I ett hållbart samhälle blir det viktigt att samordna flera funktioner och nyttja synergieffekter och systemtänkande i multifunktionella lösningar. I framtiden blir det därför nödvändigt för kommunerna att planera för kretsloppslösningar och övergripande systemlösningar för avfalls-, energi- och VA-försörjning samt rening av diffusa utsläpp från



exempelvis jord- och skogsbruk. I översiktsplaneringen kan kommunen ange viljeinriktningar om förnybar energiproduktion och ge en grund för att ta ställning till olika intressenters projekt.

Energiskog kan dessutom användas som skyddsplantering mot störande verksamheter, t. ex. industrier, vägar m.m. som hinder för snödrev längs med utsatta vägar.

Biobränslen kan påverka landskapsbilden både positivt och negativt. Där det öppna landskapet bör bevaras kan energigräs väljas, som är lågväxande och inte förändrar landskapet i samma grad som Salix. Energigräs ger dock ca halva energiutbytet jämfört med Salix.

För bioenergi kan marktillgången vara en begränsningsfaktor. Omvandlingen av solenergi till utnyttjningsbar energi är mycket låg för bioenergi, <1 %, vilket leder till ett stort markbehov.

Potentialen för bioenergi från biomassa primärt odlad för energiändamål bestäms av tillgänglig mark och produktiviteten. Uppskattningar av båda dessa faktorer i framtiden är mycket besvärlig på global nivå. Till exempel beror tillgången på mark av i vilken grad man lyckas återföra skadade och utarmade marker, s. k. degraded land, till produktion och hur efterfrågan på livsmedelsprodukter ser ut i framtiden. Produktiviteten beror bland annat på hur växtförädlingsarbetet fortskrider och i vilken mån marken utarmas så att produktionen minskar.

Exempel på multifunktionella energiodlingar redovisas i studien. Ett exempel är från Enköpings kommun där samhällets tidigare negativa utsläpp av närsalter nu nyttjas för produktion av energiskog. Eftersom energiodlingar ger motsvarande minskad miljöbelastning som ett kvävesteg vid stadens reningsverk, har kommunen undgått krav på utbyggnad av kväverening vid reningsverket.

# Summary

Many of today's environmental problems result from the way in which we use our land and water areas. The view of what constitutes the best use of land in sensitive areas such as the sea, the coast, water-courses, mountain regions and the agricultural landscape is a key issue which may control practical access to renewable energy sources in the future such as bio-energy, hydropower, wind power and solar power. To succeed in this, we need to produce a qualified basis for planning and questions arising should be analysed with all parties concerned.

Sweden is on the threshold of extensive changes in the field of energy which, apart from measures to save money, will involve, to a large extent, changing energy systems and a steep reduction in the consumption of fossil energy. We should add to this the phasing out of nuclear energy in the future. In a sustainable society, it will be important to co-ordinate several functions and make use of synergy effects and a systematic approach. It is possible to achieve synergy effects when different sectoral demands are focused on the same landscape space, even if it is not possible to achieve everything at the same time. Some landscapes /areas can, for instance, be important for biological diversity, be used as buffer zones to prevent the leakage of nutrients, contribute to improving the climate in the open landscape at the same time as they can act as important links to culturally significant remains of forest, meadow and grazing land.

This study shows that it is important for municipalities to maintain a high level of planning readiness for increased establishment of bioenergy. If this is not the case, exploitation interests could work against the municipality's plans with the resulting loss of significant potential economic and environmental gains. The use of bioenergy instead of fossil fuels has mainly been justified for environmental reasons, citing the benefits in the consumption of energy through reduced net emissions of carbon dioxide for instance. Apart from biofuels being environmentally beneficial when used, the production of biofuels can also generate local environmental gains. The environmentally compatible cultivation of perennial energy crops (such as energy forest and energy grass) based on optimum design, localisation and care, would mean that the negative environmental impact of agriculture in the form of the leakage of nutrients, erosion and greenhouse gases could be reduced. Energy forests can also be used to reduce cadmium in the soil. The cultivation of energy crops could also be used for the purification of wastewater and leachate as well as the handling of waste products. From the point of view of the municipalities, these alternative solutions are often very cost effective. In a sustainable society, it will be important to co-ordinate several functions and make use of synergy effects and systematic approaches in multifunctional solutions. In the future, it will often be necessary for municipalities to plan for eco-cycle solutions and general systematic solutions for waste-, energy- and water- and sewage-supplies along with

the purification of diffuse emissions from, for example, agriculture and forestry.

Energy forest can also be used as protective planting to screen off disturbing operations such as industrial plants, roads etc. as a barrier to prevent snowdrifts along exposed stretches of road and as a soil-purifying agent for moderate quantities of diffuse emissions. Selected clones of *Salix* can reduce the content of cadmium in arable land. After burning, the greater part of the cadmium can be found in the ash which can be cleaned so that the cadmium is concentrated in the waste ash. Trials are underway to reduce the nitrate content in groundwater by watering and absorption in a *Salix* cultivation.

Biofuels can affect the appearance of the landscape in both a positive and negative way. Where an open landscape should be preserved, energy grass can be chosen which is low growing and does not change the landscape as much as *Salix*. Energy grass, however, provides only about half the energy exchange in comparison with *Salix*.

The availability of land can present a limiting factor for energy fuels. The conversion of solar energy to viable energy is very low for bioenergy, < 1 per cent, which requires a large area of land.

The potential for bioenergy from biopulp primarily cultivated for energy purposes is dictated by the availability of land and productivity. Estimates of both these factors in the future are very difficult on a global level. For example, the availability of land depends on to what extent damaged and impoverished land, known as degraded land, can be renovated for production as well as on how the demand for food products develops in the future. Productivity depends on how developmental work on

crops progresses and the extent to which land is degraded so that production falls.

An interesting example of multifunctional energy cultivation is presented in the study. The example is from Enköping municipality where the previously negative emissions of nutrient salts, nitrogen in particular, are now used in the production of energy forest. Since the environmental load is reduced by an amount equivalent to building a nitrogen extension on the town's purification plant, the municipality has also avoided demands for an expansion of the nitrogen purification process at the plant.

# SAMS – Samhällsplanering med miljömål i Sverige

SAMS-projektet har syftat till att utveckla metoder för att behandla miljömål i samhällsplaneringen, med tonvikt på den kommunala översiktsplaneringen. Genom fallstudier och konkreta exempel har projektet visat hur den fysiska planeringen kan bidra till att nå beslutade miljömål och formulera lokala mål för hållbar samhällsutveckling från miljösynpunkt. Grundtanken om ett kontinuerligt samarbete mellan miljövärdsexpertis och planerare genom hela planeringsprocessen har format arbetsorganisation och arbetsätt på såväl central och regional som lokal nivå.

## Fallstudier i kommuner och regioner

Inom SAMS har bedrivits åtta fallstudier runt om i Sverige. Gemensamt för dem alla är att metodutvecklingen har kopplats till pågående planarbete. Medverkande kommuner och deras nyckelfrågor har varit:

- **Burlöv:** En god livsmiljö genom minskad miljöpåverkan från trafiken.
- **Helsingborg:** Förbättrade villkor för cykel- och kollektivtrafik för att motverka bilismens miljöpåverkan.
- **Trollhättan:** Lokal anpassning av det nationella miljö kvalitetsmålet *God bebyggd miljö*.
- **Stockholm:**
  - Biologisk mångfald i Nationalstadsparken.
  - Bedömning av miljökonsekvenser vid fördjupning av översiktsplanen.

- **Falun+Borlänge:** Planeringsanpassade miljömål och indikatorer för jord- och skogsbruk.
- **Storuman:** Scenarier för hållbar utveckling i en mycket glest bebyggd kommun.

Den regionala planeringsnivån representeras av:

- **Regionplane- och trafikkontoret i Stockholms län:** Strategisk miljöbedömning i regionplanering.

## Tre teman inom SAMS

Som komplement till fallstudierna har särskilt viktiga frågeställningar studerats i tre temastudier.

### ● Miljömål och fysiska strukturer

Temastudien behandlar hur miljömål och indikatorer kan användas i den fysiska planeringen med särskild inriktning på hur olika fysiska strukturer svarar mot målen.

I anslutning till denna temastudie har två fördjupningsstudier genomförts. Den ena handlar om strategier för regional vattenförsörjning och den andra behandlar sambandet stad-land med fokus på miljöanpassad energiförsörjning.

### ● Strategisk miljöbedömning (SMB)

Temastudien behandlar användningen av miljömål och indikatorer i SMB i den fysiska planeringen, främst kommunal översiktsplanering och regional fysisk planering.

- **Geografiska informationssystem (GIS)**

Temastudien behandlar hur GIS som analysverktyg kan användas för att bättre åskådliggöra och hantera planeringsanpassade miljömål och indikatorer i fysisk planering.

En fördjupningsstudie om GIS-baserade kartor som verktyg för att förbättra diskussioner och samråd i planeringen har genomförts inom temastudien.

### **Ytterligare studier**

Inom ramen för SAMS har även studier utförts i samarbete med planerare och miljövårdare i två sydafrikanska kommuner, Port Elizabeth och Kimberley.

Resultaten från SAMS redovisas i de två sammanfattande rapporterna *Planera med miljömål! En vägvisare* och *Planera med miljömål! En idékatalog*, samt i slutrapporter från respektive fall-, tema- och fördjupningsstudie. Dessutom har några exempel på hållbarhetsfrågornas behandling i kommunala översiktsplaner analyserats i en särskild delstudie, samt resultatet av ett antal expertuppdrag publicerats.

# 1. Inledning

Målsättningen för den svenska energipolitiken redovisas i proposition 1996/97:84 *En uthållig energiförsörjning*. Energipolitikens mål är att på kort och lång sikt trygga tillgången på el och annan energi på konkurrenskraftiga villkor. Landets elförsörjning ska tryggas genom ett energisystem som grundas på varaktiga, helst inhemska och förnybara energikällor samt en effektiv energianvändning. Kärnkraften ska ersättas med effektivisering av elanvändningen, övergång till förnybara energislag samt miljömässigt acceptabel produktionsteknik. Användningen av fossila bränslen bör hållas på en låg nivå. Nationalälvarna och de övriga älvsträckor som riksdagen har undantagit från utbyggnad skyddas även fortsättningsvis. När elvärme ska minskas kan olika typer av lösningar bli aktuella. I vissa fall är det lämpligast att vidta åtgärder på byggnader eller anläggningar. I andra fall är övergång till förnybara energikällor eller anslutning till fjärrvärme den effektivaste lösningen. Detta innebär att det är av stor vikt att se över möjligheterna att producera biobränsle lokalt/regionalt.

I *miljöproposition 1997/98:145*, som riksdagen antog våren 1999, poängteras att den hållbara samhällsutvecklingen i grunden handlar om tre övergripande mål. Dessa mål, som riktar sig till alla samhällssektorer är:

- skyddet av miljön,
- hållbar försörjning,
- en effektiv användning av energi och andra naturresurser.

I aktuell fördjupningsstudie har arbetet inriktats på att identifiera behov av och möjligheter att öka den lokala produktionen av biobränsle samt att främja miljöhänsyn i planering när det gäller dessa frågor. En viktig frågeställning som diskuteras i fördjupningsstudien är hur multifunktionella energiodlingar kan generera olika miljönyttor.

Fördjupningsstudien har bl a analyserat möjligheterna att verka för en hållbar samhällsutveckling som ökar lokal/regional produktion av biobränslen. Studien har sökt exempel på synergieffekter vid nyttjande av samhällets och jordbrukets överskott av bl. a. närsalter, som i nuläget ofta utgör stor miljöbelastning på mark och vatten. I fördjupningsstudien har inriktningen varit att arbeta med energiodlingar som genererar flerfaldig miljönytta, vilka i studien benämns multifunktionella energiodlingar.

Ekonomiska beräkningar och samhällsekonomiska bedömningar vid odling av energigrödor har utförts av PhD Pål Börjesson, Miljö- och energisystem, Institutionen för teknik och samhälle, Lunds Universitet. Värdefull information om långvarig forskning och fullskaleprojekt har inhämtats från VBB VIAK, Malmö (Kenth Hasselgren). Bilderna från Enköping har erhållits av Enköpings kommun och Agroidé (Olle Ryegård). Ett examensarbete om multifunktionella energiodlingar pågår vid Naturvårdsverket (Sara Olsson, Luleå Universitet).

Studien har samarbetat med fallstudiekommunerna Falun och Borlänge, bl. a. har ytor för energiskogs-

odling, stad/landperspektivet, olika kartverk från blockkartor till satellitbilder diskuterats. Studien har tillsammans med EKOS (Högskolan i Dalarna) på Naturresurscentrum i Vassbo anordnat ett seminarium med deltagare från SLU i Uppsala, Lunds Universitet, Vägverket, länsstyrelsen i Dalarna samt representanter från Falu och Borlänge kommuner (miljöansvariga, planerare och systemansvariga). Vid besök i Enköping har system med multifunktionella energiodlingar diskuterats med ansvariga inom kommunen (politiker, systemansvariga för avlopps- och energiförsörjning, planerare och miljöansvariga).

## 2. Bakgrund och omvärldsanalys

Halterna av växthusgaser i atmosfären har ökat kraftigt de senaste 100 åren. Om inga omfattande åtgärder vidtas de närmsta tiotal åren bedöms halterna öka till en nivå som ger allvarliga klimatförändringar. Klimatfrågan är en global miljöfråga som kräver ett gemensamt internationellt åtagande för att åstadkomma nödvändig förändring. I huvudsak är problemet vår användning av fossila bränslen. Vi har på många sätt byggt fast oss i en infrastruktur för boende, arbete, transporter och energitillförsel som medför ett beroende av fossila bränslen för lång tid framöver. Detta gör att det finns en stor tröghet i att vända utvecklingen till en minskning av fossilbränsleanvändningen.

Växthuseffekten betraktas i dag som det största miljöproblemet. Den främsta orsaken är att koldioxid ansamlas i atmosfären vid förbränning av de fossila bränslena kol, olja, bensen, diesel och fossilgas. Den förestående avvecklingen av kärnkraft som energikälla medför krav på energieffektivisering och ersättningsbehov. Det är en stor utmaning att dels radikalt minska användningen av fossila bränslen, dels avveckla kärnkraften.

Sedan industrialismens genombrott har halten koldioxid i atmosfären ökat med 30 % och jordens medeltemperatur har ökat med ca en halv grad sedan 1900-talets början. Om temperaturen fortsätter att stiga medför det med största sannolikhet allvarliga klimatförändringar. För att komma till rätta med problemet har bl a FN:s klimatkonvention och Sveriges regering satt som mål att utsläppen av växthusgaser

år 2000 inte ska överstiga utsläppen 1990. Från och med i år ska koldioxidutsläppen minska. Hittills har Sverige dock inte lyckats uppnå målen. I Klimatkommitténs betänkande (SOU 2000:23) anges att utsläppen av växthusgaser i Sverige, enligt Klimatkonventionens definitioner, var 70,8 miljoner ton koldioxidekvivalenter år 1990. Motsvarande utsläpp var 75,1 miljoner ton år 1998. De samlade utsläppen av växthusgaser har därmed ökat med cirka 6 %. Koldioxidutsläppen har ökat under 1990-talet med ca 3 %. Koldioxidutsläppen utgör cirka 80 % av de totala utsläppen av växthusgaser i Sverige, räknat som koldioxidekvivalenter.

Medan de fossila bränslena kol, olja, bensen, diesel och fossilgas vid förbränning släpper ut stora mängder koldioxid är utsläppen för biobränslen i praktiken noll. Samma mängd som släpps ut vid förbränningen tas upp igen av den uppväxande biomassan.

Andra miljöproblem som kan lindras eller hjälpas av en omställning till bioenergi är försurning och övergödning. Försurningen orsakas främst av utsläpp av svaveldioxid och dessa är en bråkdel vid förbränning av biobränslen jämfört med olja och kol. Och den mängd svavel som var bundet i biomassan tas i princip upp igen av återväxande energi-gröda.

Kväve är ett näringsämne som tas upp i biomassan. Men de mängder kväveföreningar som släpps ut idag gör att växtligheten blir övergödd i de södra delarna av Sverige. Detta bidrar till försurningen och de



mängder kväve som inte kan tas upp av växtligheten lakas ut och göder sjöar och vattendrag.

## 2. 1 Klimatet förändras

Utsläpp av växthusgaser förväntas leda till märkbara klimatförändringar. Forskningsnätverket SWECLIM (Swedish Regional Climate Modelling Programme) har sedan 1997 studerat kopplingen mellan den globala klimatutvecklingen och klimatet i Sverige. Arbetet finansieras av MISTRA och SMHI och utförs vid Rosbycentret, SMHIs forskningsavdelning och av forskningsgrupper vid Stockholms och Göteborgs universitet. Se vidare på webbsida: [www.smhi.se/sgn0106/rossby/start.htm](http://www.smhi.se/sgn0106/rossby/start.htm).

Resultat från SWECLIMs första fas illustrerar hur Sveriges framtida klimat kan se ut. De ger möjlighet för myndigheter, näringsliv, forskare och beslutsfattare att göra effektstudier och börja arbeta fram strategier för att kunna handskas med klimatförändringar. Det kan röra sig om att minimera negativa följder av ett förändrat klimat och att dra bästa nytta av eventuella positiva följder.

Utsläpp av växthusgaser förväntas leda till märkbara klimatförändringar. Datormodeller visar att jorden kan bli 1–4 grader varmare under de närmaste 100 åren. SWECLIM anger att viss osäkerhet föreligger. Man vet inte exakt hur stora de framtida utsläppen blir och en osäkerhet finns beträffande modellernas noggrannhet på detaljnivå. Forskning fortsätter för att modellerna korrekt ska beskriva de återkopplingsmekanismer som finns i klimatets utveckling.

Med en fortsatt negativ utveckling av klimatet förväntas bl. a. vegetation och utbredning av ekosystem förskjutas norrut. Exempelvis kan lövträd breda ut sig mot norr på barrträdens bekostnad. Hög känslighet för en klimatförändring har **skogen, fjällen** och **Östersjön**. Detta kan också komma att med-

föra ökad påfrestning på befintlig infrastruktur som dammar, vägar och gator, byggnader, markförlagda ledningar, hamnar, elledningar etc.

## 2.2 Svenska miljömål

I regeringens av riksdagen antagen proposition 1997/98:145: *Svenska miljömål. Miljöpolitik för ett hållbart Sverige* anges som övergripande mål för det miljöpolitiska arbetet att till nästa generation kunna lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen i Sverige är lösta. Med en generation menas här 25 år. Vidare fastslås att Sverige internationellt ska vara en pådrivande kraft och ett föregångsland för hållbar utveckling. I ett globalt perspektiv behöver resursanvändningen effektiviseras. Beräkningar visar att resursanvändningen i vår del av världen behöver effektiviseras avsevärt om jordens ekosystem ska kunna bära en ökad världsbefolkning och samtidigt lämna utrymme för en standardökning i världens utvecklingsländer. Som ett möjligt mål för den nödvändiga minskningen har inom FN-systemet lanserats begreppet faktor 10, som innebär att i-ländernas resursanvändning i ett generationsperspektiv grovt räknat behöver bli tio gånger effektivare.

I propositionen anges nationella miljökvalitetsmål för hållbar utveckling. Här bedöms att den översyn som gjorts av de befintliga miljömålen tydligt visar på behovet av ett nytt sätt att arbeta med miljömål.

Nedan redovisas de miljömål i propositionen, som bedöms relevanta för denna studie – i studien har miljökvalitetsmålen 1, 3, 4, 5, 6, 11 och 15 hög relevans, men frågor kring mål 2, 9, och 12 är också relevanta:

1. Frisk luft
2. Grundvatten av god kvalitet
3. Levande sjöar och vattendrag
4. Myllrande våtmarker
5. Hav i balans samt levande kust och skärgård

- 6. Ingen övergödning
- 9. Ett rikt odlingslandskap
- 11. God bebyggd miljö
- 12. Giftfri miljö
- 15. Begränsad klimatpåverkan

Mål 15 är det mål som har allra högst relevans för denna studie. Eftersom resursbrist och följlaktigen effektiv resursanvändning är en mycket viktig drivkraft för omställning till en långsiktigt hållbar utveckling utgör effektiv markanvändning ett viktigt planeringskriterium. För att kommande generationer skall ges möjlighet till acceptabelt handlingsutrymme med avseende på nyttjande av naturresurser i vid bemärkelse är planering för en långsiktigt hållbar och effektiv markanvändning synnerligen viktig. Markanvändningen påverkar också flertalet av ovannämnda miljö kvalitetsmål.

### 2.2.1 Klimatmålet

*Riksdagens miljö kvalitetsmål:* Halten av växthusgaser i atmosfären skall i enlighet med FN:s ramkonvention för klimatförändringar stabiliseras på en nivå som innebär att människans påverkan på klimatsystemet inte blir farlig. Målet skall uppnås på ett sådant sätt och i sådan takt att den biologiska mångfalden bevaras, livsmedelsproduktionen säkerställs och andra mål för hållbar utveckling inte äventyras. Sverige har tillsammans med andra länder ett ansvar för att detta globala mål kan uppnås (miljö kvalitetsmål 15).

*Detta miljömål innebär:* att åtgärdsarbetet inriktas på att halten av koldioxid i atmosfären stabiliseras på en halt lägre än 550 ppm samt att halterna av övriga växthusgaser i atmosfären inte ökar. Målets uppfyllande är till avgörande del beroende av insatser i alla länder.

### 2.2.2 Klimatdelegationen

Klimatdelegationen har redovisat *Energiläget år 2050*, Naturvårdsverkets rapport 4894, med två framtidsvisioner: den ena kallas för postmaterialistisk och den andra för materialistisk, den senare med en högre materiell konsumtion. Eftersom hotet om en förstärkt växthuseffekt av många betraktas som ett av de potentiellt sett allvarligaste globala miljöproblemen har detta lett till omfattande internationella förhandlingar. De flesta av världens länder har skrivit under FN:s klimatkonvention. Klimatkonventionens långsiktiga målsättning är att halterna av koldioxid (och andra växthusgaser) i atmosfären ska stabiliseras på en nivå som inte medför en "farlig" mänsklig påverkan på klimatsystemet. Vad som utgör en farlig nivå, är enligt rapporten mer en politisk än en vetenskaplig fråga. Det råder i dag ingen enighet om vilken nivå vi bör stabilisera halterna på. I rapporten redovisas hur Sveriges energisystem skulle kunna se ut om man på global nivå väljer att stabilisera halterna av CO<sub>2</sub> på 400 ppm eller 500 ppm. Båda dessa nivåer skulle kunna vara förenliga med en ökning av den globala medeltemperaturen med 2 °C, en förändring som av Stockholm Environment Institut betraktas som en högrisknivå. En stabilisering av koldioxidhalterna på dessa nivåer, skulle medföra kraftiga begränsningar av koldioxidutsläppen i Sverige, 75 % respektive 50 % till år 2050 (givet att alla länder får lika stora utsläppsrättigheter per capita och att jordens befolkning är 10 miljarder människor och att Sveriges befolkning är 10 miljoner).

En sammanfattning av Klimatdelegationens betänkande: *Förslag till Svensk Klimatstrategi* (SOU 2000:23) finns i Bilaga 1.

## 3. Omställning för uthållig energitillförsel – förnybara energikällor

Synen på vad som är bästa markanvändning i känsliga områden som hav, kust, vattendrag, fjäll och odlingslandskap är en nyckelfråga som kommer att styra de praktiska tillgångarna av förnybara energikällor som bioenergi, vattenkraft, vindkraft och solenergi. Frågeställningarna måste analyseras tillsammans med alla berörda parter och bra planeringsunderlag måste tas fram på såväl nationell, regional som lokal nivå.

### 3.1 Energi förr och nu

Historiskt sett har energislagen växlat över tiden. Långt in på 1800-talet var ved den viktigaste energikällan för både värme och ljus i staden. Efter 1700-talets vedbrist introducerades så småningom kol, gas och fotogen på den svenska marknaden. I mitten av 1900-talet ersattes dessa i sin tur av el och olja. Oljan vann snabbt marknadsandelar eftersom det befintliga energisystemet, som var byggt för kolanvändning, inte behövde någon betydande omställning. Dessutom kom oljan utan konkurrens att användas på den nya, snabbt växande bilbränslemarknaden.

Oljekrisen i början av 1970-talet ledde till att den svenska energipolitiken inriktades på att minska Sveriges oljeberoende. Elenergi ersatte oljan och producerades genom kärnkraft och vattenkraft.

Sverige är starkt importberoende när det gäller energi: tre fjärdedelar av alla bränslen tas in från utlandet. Hälften av all el genereras med importerat uran. De importerade bränslena bidrar till de glo-

bala miljöproblemen genom sina restprodukter och de är dessutom ändliga resurser.

För hushållens del har energianvändningen ökat, samtidigt som omvandlingsförlusterna i konsumentledet har minskat. Detta främst till följd av en övergång från olja till el och fjärrvärme och som resultat av effektivare förbränning i värmepannorna. Hushållens höga energiförbrukning gör att de står för nästan hälften av alla utsläpp. Detta beror främst på transporter med bil, uppvärmningen av bostäder, livsmedelskonsumtionen och varukonsumtionen, med tillhörande avfall.

Idag har Europa 13 % av jordens befolkning men förbrukar 40 % av dess energiresurser. De nordiska länderna förbrukar mest per person i Europa. Sverige ligger på fjärde plats efter Finland, Island och Norge.

### 3.2 Förnyelsebar energi

För att Sveriges energisystem ska bli mer kretsloppsanpassat måste vi använda mer av de förnyelsebara energislagen. Vatten- och vindkraft tillsammans med bio- och solenergi bör i framtiden täcka en större del av det svenska energibehovet. Dessa fyra energislag utgjorde 1997, tillsammans med avfallsbränslen, drygt 52 % av Sveriges totala energiproduktion och resten utgörs av icke förnyelsebara energislag så som kärnkraft och olja. De två sektorerna inom förnyelsebar energi som är stora redan idag är vattenkraft och bränsle från skogsmark och skogsindustri.

Bioenergin har en lång tradition i Sverige och har, med dagens miljötankande, återfått en starkare ställning på marknaden. Det var under 80-talet utvecklingen tog fart på allvar. Idag försörjer biobränslen oss svenskar med en knapp femtedel av den energi vi använder. Men så här långt är det främst avverkningsrester och biprodukter från skogsindustrin som nyttjas. Eftersom hela tre fjärdedelar av Sveriges konsumtion av bränslen importeras, finns det en stor potential för produktion av inhemska bränslen. En inhemsk produktion kan leda till kortare transporter och mindre miljöbelastning. Förutom miljöaspekterna kan man dessutom peka på tillgången, tryggheten i energiförsörjningen och de arbetstillfällena som branschen kan tillföra som positiva effekter av att använda lokalt producerade biobränslen.

Att elda biobränslen innebär att samma ämnen som togs bort från miljön förs tillbaka. Ny råvara växer hela tiden upp. Rätt hanterad är det en resurs som inte tar slut. Uttag av biobränsle i skogen hjälper träden att klara det höga kvävenedfallet i södra Sverige som i stor utsträckning kommer från de fossila bränslena.

### 3.3 Bioenergi

Sverige har internationellt sett en god tillgång på bioenergi. Användningen av bioenergi, främst biobränslen från skogen, har vuxit starkt under den senaste 20-årsperioden och svarade 1996 för 84 TWh/år, vilket motsvarar 13–18 % av landets totala energiförsörjning beroende på beräkningsmetod (Energi-myndigheten, 1999). Man kan skilja på åtminstone två typer av bioenergi, nämligen avfall och biprodukter samt biomassa som odlats med egentligt syfte att utvinna energi. För den första typen av resurser begränsas tillgången av flödet av primärprodukten (t. ex. avverkad mängd stamvirke) och möjligheten att utnyttja restprodukterna utan att förstöra förutsättningarna för långsiktig produktion av primärprodukten och den biologiska mångfalden.

Utvinning av vissa former av bioenergi kan komma i konflikt med skogsindustrins behov vad gäller gallringsvirke och spån. Samtidigt erhålls bioenergi i form av restprodukter vid utvinning av skogsråvara för skogsindustrin, vilket kan medföra samordningsvinster. Det är önskvärt att skogen även vid ett ökat biobränsleuttag fortsätter att fungera som en nettosänka för koldioxid. Det är därför angeläget att klargöra effekterna av skogsgödning och bränsleuttag på kolbalansen i skogen. Möjligheten att genom skogsskötselåtgärder säkerställa en hög skogsproduktion för att få skogsråvara inklusive bränslen och samtidigt optimera kolbindningen i mark och biomassa bör också studeras.

Till de viktigare biobränslena hör skavverkningsrester som grenar och toppar (GROT) från avverkningsytorna. Det finns en betydande kunskap om de ekologiska konsekvenserna av ökat uttag av biomassa från skogen. Denna kunskap antyder att en stor skogsbränslesatsning kan göras inom ramen för en god miljö och uthållighet, dvs med bibehållen produktionsförmåga och biologisk mångfald. Om användningen av skogsbränsle leder till en alltför effektiv "städning" i skogarna kan detta hamna i konflikt med bevarandet av den biologiska mångfalden. Forslar man bort sådana rester och eldar upp dem så för man också bort stora mängder näringsämnen och biologiskt material från skogsmarken, med ökad risk för markförsurning. Om skogens produktionsförmåga skall kunna bevaras och försurningen motverkas måste i vart fall askan från skogsbränslet återföras till skogen. Ett stort antal växt- och djurarter är beroende av att ris, lövsly, död ved, gamla träd m.m. åtminstone till en del får vara kvar i skogen.

Övergång till biobränslen genom ökad småskalig vedeldning kan betyda hälsoproblem. Sådana kan dock undvikas genom begränsningar av vedeldning i tät bebyggelse och genom förbättring av förbränningstekniken. Det är angeläget med ytterligare kun-

skap om hur skogsbränslesystemet ska utformas för att ge minsta negativa miljöpåverkan, största möjliga miljönytta samt bästa resursanvändning.

Det finns en stor potential för ökad produktion av bioenergi på jordbruksmark. Potentialens storlek påverkas av behovet att använda marken för andra ändamål som produktion av mat och olika industri råvaror. Den kan också påverkas av vilken produktionsintensitet som väljs för odlingen. Valet kan stå mellan konventionellt monokulturellt jordbruk och mer småskaligt jordbruk med blandade brukningsformer. I båda dessa fall bedöms det finnas en potential för ökad produktion av bioenergi. Jordbruket har en viktig roll när det gäller möjligheterna att nå flera av de svenska miljö kvalitetsmålen och viktiga funktioner i ett framtida uthålligt samhälle.

I Naturvårdsverkets systemstudie *Det framtida jordbruket*, Naturvårdsverket rapport 4755 inom projektet *Sverige år 2021* redovisas att svenskt jordbruk kan nå långt i miljöanpassning och uthållighet till år 2021. Beräkningar i olika scenarier användes som underlag till en målbild för år 2021. Denna innebär en stor förändring av jordbruksproduktionen med en väsentlig andel bioenergi. I dag används knappt 1 % av den odlade jordbruksmarken för detta ändamål. I den samlade målbilden blev resultatet ca. 380 000 ha energiskog, motsvarande cirka 14 % av hela åkerarealen samt ca 270 000 ha vall för energi, motsvarande ca 10 %. Målbilden ger alltså totalt ca 650 000 ha, motsvarande ca 24 % av åkerarealen. Detta bedömdes, förutom att bidra till en hållbar energiförsörjning, leda till flera miljöförbättringar – bl. a. målet om lågt växtnärläckage och ett vidmakthållet odlingslandskap med rik biologisk mångfald. Förändringen baseras bl.a. på en bedömning att livsmedelspriserna sjunker medan energipriserna väntas stiga till följd av bl. a. den ökade europeiska integrationen. I takt med den allmänna avregleringen med minskade bidrag kan den

enskilde lantbrukaren förväntas bli alltmer benägen att odla energigrödor på bekostnad av andelen åkermark som producerar livsmedel.

Störst produktivitet erhålles i södra och mellersta Sverige för energiskog och i norra Sverige för energigräs, främst rörfen. Med energiskog menas normalt Salix, vilket är en pilart. Produktiviteten för Salix är idag ca 40 MWh/ha, år och bedöms kunna öka till 75 MWh/ha, år genom förbättrade odlingsmetoder och växtmaterial (Börjesson, doktorsavhandling, 1998). Det innebär att man för att odla 10 TWh/år skulle behöva 130 000 ha i framtiden. I Sverige har inom SAME-projektet den teoretiska potentialen uppskattats till mer än 180 TWh/år medan den praktiska potentialen med hänsyn till tekniska, ekonomiska och miljömässiga begränsningar bedömdes ligga mellan 90–140 TWh/år. SAME-projektet redovisas i rapporten: *Hållbar energiframtid? Långsiktiga miljömål med systemlösningar för el och värme*, Naturvårdsverket Rapport 4965.

## 4. Kan multifunktionella lösningar vara en del i energiomställningen?

### 4.1 Den kommunala planeringsprocessens möjligheter att styra mark- och vattenanvändningen

Sverige står inför en omfattande energiomställning, vilket till stor del medför byte av energisystem och en kraftig minskning av fossila energislag. Vid förändring av energiförsörjningen kan odling av energi-grödor utgöra en del av omställningen. Om fossila bränslen ersätts med biobränslen ökas generellt inte atmosfärens koldioxidbörda. Man behöver inte heller befara att på sikt bli utan bränsle. Rätt använt skulle t. ex. Salix kunna vara ett bra alternativ till spannmål.

Kommunernas och den fysiska planeringens roll när det gäller att leva upp till och omsätta miljöpolitiska mål betonas i dag. Kommunerna fungerar som förvaltare av det lokala territoriet och är motiverade att känna ansvar för att vidmakthålla och utveckla detta på ett sätt som är långsiktigt hållbart. Möjligheterna att minska påfrestningarna på naturmiljön, hushålla med naturgivna resurser och förebygga att det uppstår problem i miljön ligger i dels hur olika aktörer förmår att ställa om sitt beteende, dels hur samhället förmår att anpassa den redan byggda miljön och nya exploateringsföretag till de gränser som naturen långsiktigt sätter.

Hittills har kommunerna inte haft någon större roll i de areella näringarnas utveckling förutom indirekt genom sitt ansvar för att ge landsbygdsborna erforderlig del i service och omsorg samt att värna om

kommuninvånarnas rekreationsmöjligheter och t. ex. verka för bevarande av kulturlandskapet. Med de nya anspråk som följer av bl. a. miljöpropositionen 1997/98:145, *Svenska miljömål – miljöpolitik för ett hållbart Sverige*, *Boverkets vision 2009* och *Naturvårdsverkets 2021-studier* blir bilden en annan. Anspråken riktas mot begränsade delar av landskapet som behöver skyddas eller utvecklas för att kunna fylla nya funktioner, som att uppfylla miljömålen. Detta innebär att: (1) planera för en optimal markanvändning (inklusive områden för riksintressen), (2) använda mindre av fossila bränslen, (3) förhindra läckage av närsalter, (4) nyttja restresurser, (5) främja invånarnas livsmiljö etc. Kommunernas möjlighet att med enbart fysisk planering direkt påverka areella näringar på privatägd mark är begränsad. I den fysiska planeringen har kommunen dock en möjlighet att göra översiktliga rumsliga bedömningar av bl. a. kommunens ambitioner vad gäller energiproduktion, -distribution och -konsumtion och avvägningar med andra mark- och vattenanvändningsintressen.

Översiktsplanen styr visserligen inte produktionen av biobränsle, men genom att ange en lämplig bebyggelseutveckling kan den påverka möjligheterna till fjärrvärmeutbyggnad och därmed konsumtion av biobränsle för uppvärmning och elproduktion. I översiktsplanen kan bl. a. anges viljeinriktningar om förnybar energiproduktion och om var sådan energi bäst skulle kunna produceras i kommunen.

Denna studie ger exempel på hur kommuner genom planering skulle kunna uppnå värdefulla synergieffekter i sitt miljöarbete i riktning mot ekologisk hållbar utveckling i samhället. Kommuner kan inte i någon större omfattning styra användningen av mark som inte tillhör kommunen annat än genom dialog och information. För odling av energigrödor på privat mark är ersättningsfrågan därför viktig. För båda parter är det fördelaktigt med långa kontraktstidsperioder.

Den fysiska planeringens främsta roll blir i det här sammanhanget att identifiera de områden som mot bakgrund av en samlad anspråksbild och konfliktanalys är lämpliga för alternativa användningssätt. I planeringssammanhang gäller ofta att planarbetet är viktigare än själva planen i sig. Det krävs ett stort engagemang från kommunerna och från alla andra parter som berörs i den fysiska planeringen (jämför exemplet från Enköping).

Översiktsplanen är ett viktigt planeringsinstrument i den fysiska planeringen och har som huvuduppgift att med hjälp av de fysiskt-rumsliga medlen skapa en struktur som främjar ett bärkraftigt samhälle.

Det är på den kommunala nivån, i den lokala politiken, som centralt givna direktiv och mål för olika samhällssektorer möter den lokala befolkningens och de lokala aktörernas olika önskemål och preferenser. I den fysiska planeringen görs många av de avvägningar mellan olika intressen och mål som långsiktigt avgör vilka ingrepp i miljön som ska tillåtas och hur resurserna ska hanteras. Ramarna för framtida verksamheter läggs fast i fysiska planer för hur samhällsplaneringen på det lokala planet ska hanteras. Den strategiska planeringen som i dag bedrivs är framför allt inriktad på den stora infrastrukturen i form av motorvägar, järnvägar, flygfält samt stora bebyggelseområden och inte på miljön.

Jord- och skogsbrukspolitiken är dessutom i allt väsentligt en statlig angelägenhet. Den kommunala planeringen fungerar därför inte som ett instrument att reglera de areella näringarnas utnyttjande av mark, vatten och biologisk produktionsförmåga.

Värdet med fysisk planering är att ge en så stabil och varaktig grund som möjligt för de olika aktörer som uppträder på "spelplanen" för att investeringar som görs – av privatpersoner, företag och offentliga sektorn – så långt som möjligt ska kunna kalkyleras så att utbytet blir det avsedda. Man ska veta vilka risker det är man tar.

Översiktsplanen är ett instrument för att skapa överblick, sätta in olika projekt eller förslag till lösningar på problem i sitt sammanhang och ge möjlighet att belysa olika aspekter på kommunens fortsatta utveckling (enl PBL). Den antagna planen blir härigenom såväl ett uttryck för kommunens avsikter som en grund för detaljplanering och för att kommunen ska kunna ta ställning till olika entreprenörers projekt och förslag till ändrad markanvändning.

#### **4.2 Synergieffekter och systemtänkande**

I ett hållbart samhälle blir det viktigt att samordna flera funktioner och nyttja synergieffekter och systemtänkande. Det finns möjlighet att uppnå synergieffekter då olika sektoriella krav riktas mot samma landskapsrum, även om alla anspråk kanske inte kan tillgodoses samtidigt. Vissa områden kan t. ex. samtidigt ha betydelse för att gynna den biologiska mångfalden, nyttjas som buffertzoner för att förhindra växtnärläcksage, vara klimatförbättrande i det öppna landskapet samtidigt som de utgör betydelsefulla länkar till kulturellt värdefulla rester av skogs-, ängs- och beteslandskapet. Det blir i framtiden nödvändigt för kommunerna att planera för kretsloppslösningar och övergripande systemlösningar för avfalls-, energi- och VA-försörjning,

transporter m.m. Avverkade energigrödor är volyminösa samt dyra att transportera och bör därför odlas lokalt. Avstånd mellan odling och mottagande kraftvärmeverk bör inte vara längre än ca 6–8 mil. Lokala odlingar av energigrödor och tillhörande verksamheter kan därför vara sysselsättningskapande lokalt och i många regioner.

Genom att nyttja närsalter och vatten i kretslopp för produktion av energigrödor kan även specifika miljöproblem åtgärdas. Exempelvis skulle produktion av energigrödor kunna kombineras med miljöskydd t ex genom att nyttja spill- och dagvatten, yt- och dräneringsvatten från jord- och skogsbruket. Med lämplig utformning av odlingsytor för energigrödor skulle dessa i många fall även kunna fungera som skyddsplantering och avgränsning mot störande verksamheter såsom industrier, vägar, motorbanor, skjutbanor, idrottsanläggningar mm. Det har också visat sig att Salix fungerar som markrenare främst med avseende på kadmium och salixodling skulle därför kunna vara en åtgärd för att rena vissa diffusa mark- och grundvattenföroreningar, exempelvis lågt förorenat trafikdagvatten och grundvatten med förhöjda nitrathalter. I fall då biobränslet innehåller föroreningar måste krav ställas på rökgasrening vid förbränning samt krav på hur stoft från filter och aska skall hanteras. Frågor om trafikdagvatten bör utredas av Vägverket i dess roll som sektoryndighet.

Biobränslena är ett av de mest ytkrävande av de förnyelsebara energislagen. För att försörja ett bostadsområde med 9 000 invånare med värme behövs 1 000 ha energiskog där varje ha Salix ger 55 MWh. Om man ökar och effektiviserar återvinningen av restprodukter från skogsindustrin kan behovet av särskilda energiskogsarealer minskas.

De senaste årens avveckling av jordbruksmark, med plantering av skog och igenväxning, har rönt starkt

motstånd från de som vill behålla ett öppet landskap. Salixodlingar är ett öppnare alternativ än att plantera med granskog i och med att de skördas vart 4–5:e år och inte blir lika mörk. Men ytterligare ett alternativ finns i form av att fortsätta med vallgrödor och låta dem gå till energiproduktion.

Också i frågan om rening av spillvatten och dagvatten är översiktsplaneringen viktig. Även i denna fråga kan energigrödor vara en lösning. Salix och energigräs kan användas som vegetationsfilter för omhändertagande av restprodukter och reningen är både effektiv och billig jämfört med konventionella reningsmetoder. Ett hektar Salix kan rena avloppsvatten från ca 30 personer och samtidigt producera 75 000 kWh bioenergi. Den energin motsvarar ungefär hälften av den totala energin för uppvärmning av tio hushåll. Ett hushåll med tre personer skulle teoretiskt kunna få hälften av sitt vämebehov tillgodosett genom återanvändning av värme ur eget spillvatten. Ekonomiska beräkningar visar att avloppsvatten kan transporteras relativt långa sträckor, 5–10 km, till låga kostnader och att åkermarken alltså inte behöver ligga i direkt anslutning till reningsverket.

### **4.3 Multifunktionella energiodlingar**

Utveckling och tillämpning av sk multifunktionella energiodlingar är för närvarande i en utvecklingsfas. Eftersom sådana lösningar kan generera flerfaldig miljönytta bör det vara av intresse för kommuner, företag, markägare etc att vid sitt arbete i riktning mot ett hållbart samhälle nyttja multifunktionella energiodlingar. Nedan ges två exempel på sådana tillämpningar, dels från Skåne med resultat från Kågeröd i Svalövs kommun, dels från Enköpings kommun i Mälardalen.



## 5. Bevattning av energiskog med förbehandlat avloppsvatten – exempel från Kågeröd, Svalövs kommun

Under de senaste tio åren har det planterats ca 16 000 ha energiskog i Sverige, varav ca 3 000 ha i Skåne. Flera länder i Europa, och även USA, är i färd med att bygga upp kompetens kring odling av energiskog.

Svalövs kommun tog 1997 i drift en fullskalanläggning för bevattning av energiskog med avloppsvatten. Vid reningsverket i Kågeröd tillförs en 13 ha Salixodling biologiskt renat avloppsvatten under sommarhalvåret. Hela den producerade avloppsvattenmängden från Kågeröds samhälle (ca 1 500 invånare) tas härigenom tillvara inom odlingen under växtperioden. Under resten av året sker kemisk fällning i befintligt fällningssteg. På sikt kommer eventuellt avloppsvatten att lagras under vinterperioden och användas inom en utvidgad energiskogsodling. Den övergripande målsättningen är att dels tillgodose odlingens behov av vatten och näring i resursbesparande syfte, dels nyttja den naturliga reningskapaciteten i energiskogsodlingen avseende avskiljning av näringsämnen kväve och fosfor samt efterbehandling av avloppsvattnet.

Fullskalanläggningen dimensionerades med hjälp av resultat från ett fältförsök vid reningsverket 1992–97 med det primära syftet att utvärdera alternativ till konventionell utbyggnad av reningsverket för kvävereduktion. I början av 1990-talet startade också diskussioner om i vilken grad VA-systemen generellt är kretsloppsanpassade och vilka eventuella systemförändringar som skulle kunna göras. Detta ledde till att fältstudien breddades till att omfatta även resurs- och nyttoaspekten.

Uppföljning av fältstudien skedde med avseende på främst effekterna av naturlig rening i mark-växtsystemet, tillväxt av biomassa för tre kommersiella Salixkloner samt upptag i växten, ackumulation i marken och påverkan på grundvattnet av avloppsvattnets närings- och metallinnehåll.

Resultaten har publicerats i *Bevattning av energiskog med biologiskt behandlat avloppsvatten*, Svenska Vatten- och Avloppsföreningen, VA-Forskningsrapport 1999-05. Nedan redovisas några resultat från rapporten:

- Optimalt avloppsbevattning Salix producerade 7–12 ton TS stamved/ha/år beroende på Salixklon. Obevattnat och ogödslat referensbestånd gav 2–3 ton TS/ha/år. (TS = torrsbstans)
- Avskiljningen av kväve var högre i mark-växtsystemet än vad som normalt kan uppnås med konventionell teknik. Reduktion av fosfor och organiskt material (BOD) var i nivå med konventionell biologisk-kemisk rening.
- Bevattning med avloppsvatten upp till en mängd av ca 12 mm/dygn i medeltal under perioden maj-oktober – motsvarande ca tre gånger avdunstningen från bestånden – medförde ingen eller ringa påverkan på grundvattenkvaliteten.
- Förhållandet kväve, fosfor och kalium (NPK) i påfört biologiskt behandlat avloppsvatten var jämförbart med NPK-förhållandet i skördad stamved.

En övergripande slutsats som drogs från den fleråriga studien var att dimensionering med hänsyn till optimal tillväxt torde kunna inrymma en viss överkapacitet i mark-växt-systemet med avseende på avskiljning av kväve, fosfor och BOD. En tillämpning med dessa förutsättningar kan betraktas som ren återvinning av avloppsvatten där resurserna i det förbehandlade avloppsvattnet ersätter motsvarande mängder handelsgödsel och alternativa vattenresurser som är nödvändiga för en uthållig produktion av biomassa.

### 5.1 Fler projekt

Erfarenheterna och resultaten från fullskaleanläggningen i Kågeröd har hittills efter tre års drift visat att energiskogsbevattning med delbehandlat avloppsvatten kan vara ett alternativ till konventionell närsaltavskiljning. Lösningen är ett exempel på en multifunktionell energiodling med kretslopp stad/land och uttag av bioenergi.

Förutom anläggningen i Kågeröd, finns liknande anläggningar i drift i Kvidinge (Åstorps kommun) och Bromölla (Bromölla kommun). Och flera kommuner planerar mark-växt-system med energiskog.

Erfarenheter från Kågeröd har bl a medverkat till att FAIR – EUs agro-industriella utvecklingsprogram – finansierat ett fyraårigt projekt med avloppsgödsel odling av biomassa. Deltagande länder är – förutom Sverige – England, Frankrike och Grekland. Projektet påbörjades 1998.

Kommunerna Svalöv, Åstorp och Bromölla samarbetar inom ett under 1999 startat projekt där de hygieniska aspekterna kring spridning av avloppsvatten i energiskogsodling studeras. Avloppsvatten, grundvatten, vegetation och fåltvilt analyseras med avseende på eventuellt förekommande specifika patogener och indikatororganismer. I arbetsgruppen ingår, förutom kommunerna, Smittskyddsinstitutet och

Statens Veterinärmedicinska Anstalt samt VBB VIAK, Malmö. Studien, vilken finansierats av VA-Forsk, Kretsloppsmiljarden och kommunerna, planeras att pågå under två år med slutrapport vid årsskiftet 2000/2001.

## 6. En multifunktionell lösning – exempel från Enköping

### 6.1 Miljökrav om kväverening

Östersjön och västerhavet är två ovärderliga resurser för Sverige och andra länder. Men övergödning, alg-blomningar och syrebrist är fenomen som hotar dessa tillgångar. En gemensam faktor i sammanhanget är tillförseln av kväve. Kvävet når havet via vattendrag från bl. a. jordbruksmark samt från avloppsreningsverk och industrier. Naturvårdsverket har på regeringens uppdrag kartlagt hur stora mängder kväve som tillförs haven och vilka de huvudsakliga källorna är (*Kväve från land till hav*, Naturvårdsverkets Rapport 4735). Variationen i kustens känslighet för kväve beskrivs liksom vilka åtgärder som krävs för att åtminstone halvera tillförseln av kväve från mänskliga aktiviteter.

I proposition *En god livsmiljö* (prop. 1990/91:90) anges en generell kravnivå om 50 % kvävereduktion vid prövning av avloppsreningsverk. I särskilt känsliga områden skall högre kvävereduktion eftersträvas. Krav i propositionen omfattade endast kustnära avloppsreningsverk. EG-rådets direktiv från 1991 om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse (91/271/EGG) har införlivats i svensk lagstiftning genom Naturvårdsverkets föreskrifter SNFS 1994:7. Dessa föreskrifter omfattar även inlandsverk vars belastning vid kusten motsvarar minst 10 000 personekvivalenter. Föreskrifternas kvävekrav gäller havs- och kustområdet från norska gränsen till och med Norrtälje kommun.

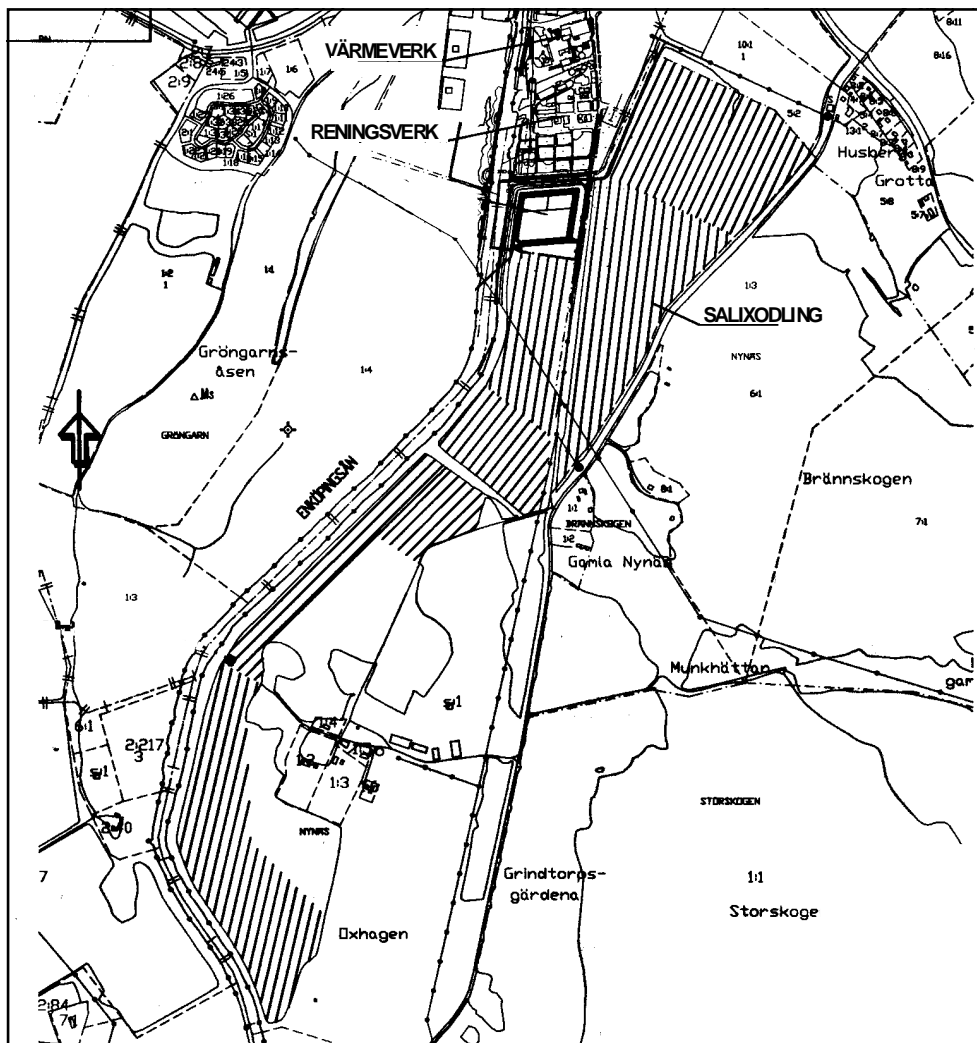
### 6.2 Kväverening i Enköping

Enköpings kommun hade genom EG-direktivet ett krav på kvävereduktion vid centralortens reningsverk. Kostnaden för att bygga ut reningsverket för traditionell kväverening hade kostnadsberäknats till ca 30 miljoner kronor. Enköpings kraftvärmeverk hade under ett antal år stöttat några jordbrukare för fullskaleförsök med Salixodling på jordbruksmark. Med erfarenheter från dessa försök väcktes tanken på att kombinera kväverening och odling av energi-grödor. Plocka bort hälften av kvävet till Mälaren, men se till att vi slipper bygga ut för traditionell kvävereduktion! Det var uppdraget från VA-verket i Enköping till konsulten. Det var upplagt för att lösa flera problem samtidigt:

- Kraftvärmeverket behövde mer bioenergi.
- Deponiskatt skulle införas på bottenaska och slam.
- Enköpings reningsverk ligger mitt emellan kraftvärmeverket och ett av kommunens största lantbruk.
- Gemensam recipient är Enköpingsån som flyter förbi dessa anläggningar på sin väg mot Mälaren.

Konsulten har fungerat som länk mellan avloppsverket, kraftvärmeverket och lantbrukarna. Genom samarbetet har man nu fått fram 60 GWh lokalt producerad energi genom att gödsla energiskog med tre olika sorters lokala näringsämnen:

- Aska och avloppsslam.
- Slam från enskilda avlopp och mindre reningsverk.



**Figur 1.** Enköpings avloppsreningsverk, kraftvärmeverk samt lantgård med odling av bioenergi.

- Näringsrikt vatten från reningsverket, främst kväverikt rejektvatten från slamavvattningen.

Gödslingen med en blandning av bottenaska från kraftvärmeverket och slam från reningsverket har redan kommit igång. Under året ska 1 600 ton aska blandas med lika mycket slam och läggas ut på ca 300 ha närbelägen energiskog. Blandningen är enligt uppgift ett utmärkt gödselmedel som innehåller grödans hela behov av fosfor, kväve, kalium och mikronäringsämnen.

Nu fortsätter samarbetet, som bl a ska göra att re-

ningsverket slipper investera för 30 miljoner i konventionell kväverening vid reningsverket. I Enköping talar man om kretsloppsanpassad krävereduktion. I dag släpper reningsverket ut ca 120 ton kväve om året i Enköpingsån. Men högst 42–45 ton kväve får nå Östersjön, enligt villkor från länsstyrelsen. Om kväveutsläppet från reningsverket minskas till ca 60 ton per år och resten avgår på vägen genom Mälaren, s.k. retention, räknar kommunen att med god marginal nå det av länsstyrelsen uppsatta villkoret. För att nå detta mål fordras alltså en minskning av det nuvarande utsläppet från reningsverket med närmare 60 ton kväve per år, enligt följande:

## Från resurs till energi



**Figur 2.** Kretslopp stad/land ger 60 GWh.

- 30 ton ska man få bort genom att gödsla 80 ha energiskogsodling på en gård alldeles intill reningsverket med näringsrikt dekantat- och rejektivatten från slambehandlingen.
- 20 ton kväve tar man hand om genom att 16 000 ton slam från enskilda avlopp och mindre reningsverk ska användas på lokala energiskogsodlingar istället för att transporteras in till reningsverket i staden. Härigenom slipper man dessutom ca 1 200 slamtransporter per år genom Enköping (transportmil med bil minskar med ca 1 000 mil per år).
- 10 ton räknar man med att kunna vinna genom interna åtgärder inom reningsverket.

### 6.2.1 Dekantat- och rejektivatten

Med en mer formell inställning hos länsstyrelsen hade inte projektet kunnat förverkligas. Då hade man byggt traditionell kväverening. Dekantat- och rejektivatten är vatten med hög kvävehalt, som avskiljs från slam vid avvattning. Detta vatten pumpades tidigare tillbaka till ingående vatten. Nu pumpas det i stället till en mellanlagringsanläggning på 30 000 m<sup>3</sup> utanför reningsverket. Sedan ska det kväverika vattnet tillsammans med 175 000 m<sup>3</sup> utgående vatten från reningsverket bevattna 80 ha energiskog under vegetationsperioden. Man kommer att bygga ett bevattningssystem med lågspridare.

I samarbete med Lantbruksuniversitet i Uppsala (SLU) ska man studera hur effektiv kvävereningen blir med denna metod. SLU ska dessutom inom ramen för ett större projekt undersöka hur upptag av

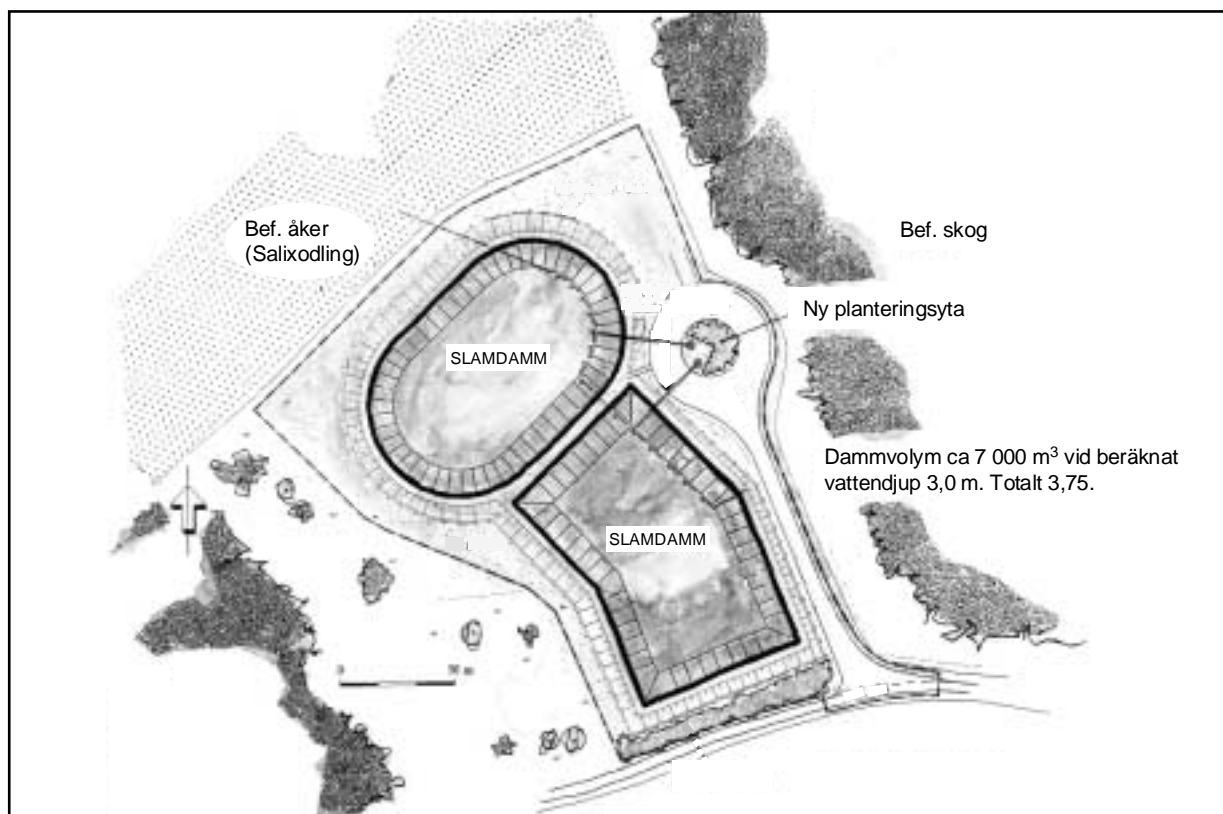
kadmium via växande Salix påverkar miljön, dvs hur den jordbruksmark som för närvarande nyttjas för energiodling avlastas alternativt belastas av kadmium.

### 6.2.2 Slamdammarna vid tre lantbruk

Vid tre lantbruk har man byggt parallella lagringsdammarna för slam från enskilda avlopp och kransverk. Genom att slammet mellanlagras ett helt år i parvisa dammar uppnås hygienkraven från Smittskyddsinstitutet och Statens veterinäranstalt. Normalt är tumregeln att slam lagras minst sex månader. Slammet ska spridas i växande energiskog på våren efter skörd. Dammarnas täthet kommer att kontrolleras.

### 6.2.3 Lantbrukare och kommunen vinnare

Lantbrukarna är enligt uppgift mycket nöjda med sina nya ”gröna jobb”. De får betalt av kommunen för att lagra och sprida slammet och kan behålla sina marker öppna utan att plantera skog. I stället för att slam läggs på deponi till en kostnad av 250 kronor per ton i avfallsskatt, betalar avloppsverket lantbrukarna för att de lagrar och sprider slammet. Enköpings reningsverk producerar 3 000 ton slam om året. Dessutom produceras 16 000 ton slam från enskilda avlopp och kransverk. Reningsverket hyr marken för lagringsdammarna och för spridning av slammet av lantbrukarna. Hyran baseras på arrendepriiset, och kontraktet är på 15 år, liksom tillståndet från länsstyrelsen. Avloppsreningsverket tjänar nästan en halv miljon per år på projektet.



**Figur 3.** Dammar för lagring av slam från enskilda avlopp och kransverk.

#### 6.2.4 Projektets miljövinster

Det finns många miljövinster med projektet, exempelvis:

- Kväveutsläppet till Enköpingsån halveras från 120 till närmare 60 ton.
- Användningen av handelsgödsel kan i hög grad ersättas:
  - med dekantat- och rejektvatten från slamprocessen samt del av utgående vatten från stadens reningsverk. Energiskogens behov av fosfor, kväve, kalium och mikronäringsämnen täcks till 100%. Grundgödsling sker med aska och avloppsslam.
  - med slam från enskilda avlopp och kransverk får man effekter enligt ovan, utom för kväve där täckningen beräknas till 50%.
- 1 200 transporter med slambilar genom Enköping försvinner helt.
- 1 000 minskade transportmil med bil\*.
- Transporter av biobränsle minskar avsevärt när

man får fram mer lokalt producerad energiskogsflis.

- Åkermarken torde på sikt kunna renas från främst kadmium.

---

\* Förutom minskad förbrukning av bränsle och minskad trafikbelastning genom staden med bl. a. buller, slitage etc, minskar också luftutsläppen enligt följande:

Kolväten	660 kg/år
Koldioxid	1 700 kg/år
Kväveoxider	10 100 kg/år
Partiklar	290 kg/år

Källa: EMU-modellen, Vägverkets datafiler 1998: genomsnittsvärden för tunga fordon.

## 7. Krav och förutsättningar för odling av energigrödor

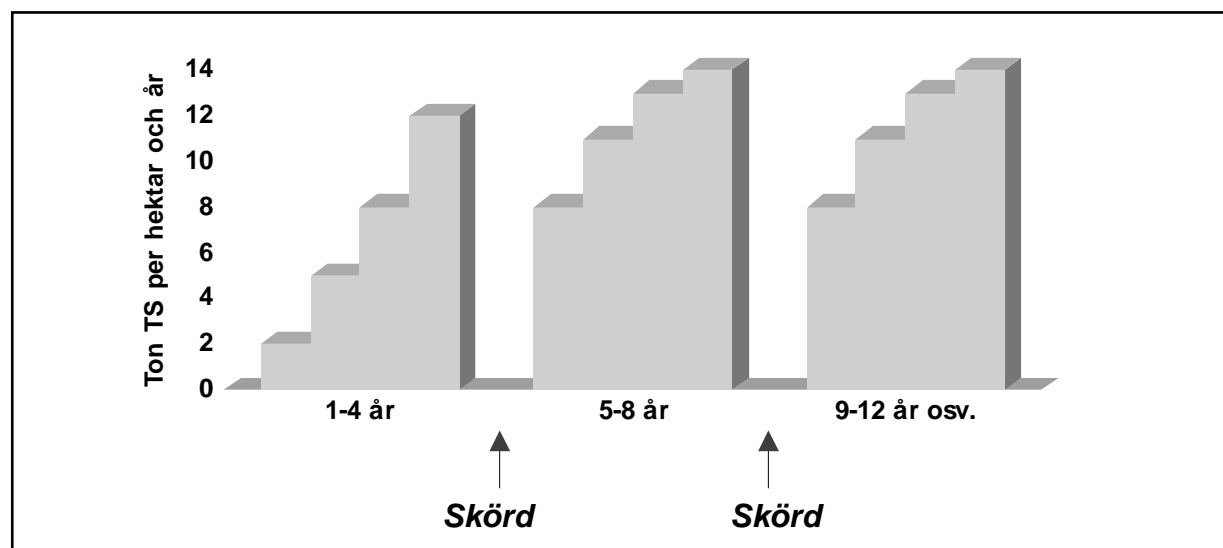
Nya odlingsystem med fleråriga energigrödor som energiskog (Salix) och energigräs (rörflen) skiljer sig till viss del från traditionella odlingsystem med ettåriga livsmedelsgrödor som spannmål och oljeväxter. Här ges en kort översikt över vilka krav och förutsättningar som gäller för odling av fleråriga energigrödor i Sverige.

### 7.1 Principer för Salixodling

Principen för Salixodling bygger på växtens förmåga att skjuta stubbskott efter återkommande skördar. Vid etablering planterar man under våren sticklingar, eller cirka 20 cm långa och 1–2 cm tjocka pinnar från ettåriga skott, som sedan utvecklar rot- och skottsystem under sommaren. Efter cirka 4 år anses odlingen skördemogen, dvs när den årliga tillväxten inte längre ökar utan börjar plana ut. Stammarna är

cirka 5–6 meter höga när de skördas. En Salix-odling bedöms kunna skördas upprepade gånger i cirka 25 år innan nyplantering är aktuell.

Salixodling kräver olika typer av specialmaskiner, t. ex. vid plantering, gödsling samt vid skörd. Därför behöver lantbrukaren normalt anlita speciella maskinstationer för att utföra dessa moment. En annan variant är att överlåta skötsel och skörd till en entreprenör som också sörjer för avsättningen av Salixflisen, s k kontraktsodling. Vid skörd kan energiskogen flisas direkt eller skördas som helskott vilka sedan flisas vid t. ex. värmeverket. Skörd sker vintertid då värmeverken är i störst behov av energi, då marken oftast är frusen och har bra bärighet samt då energiskogen fällt sina blad vilket medför ökad torrsubstanshalt och energivärde, minskad askhalt



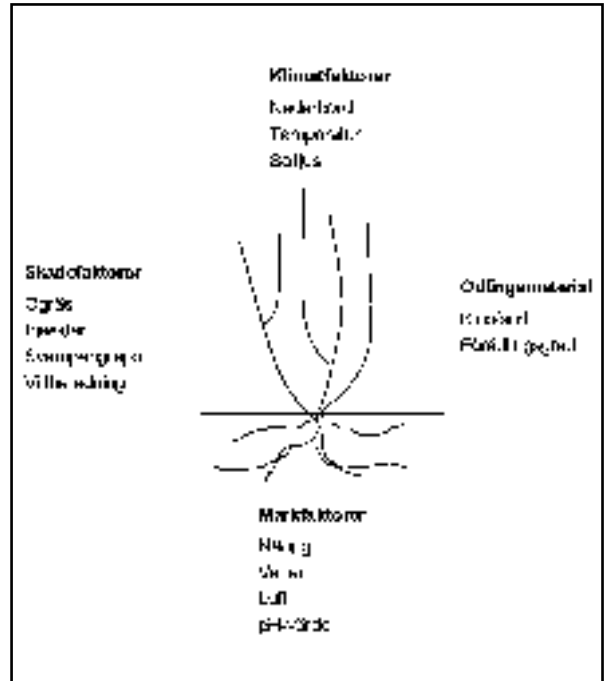
**Figur 4.** Schematisk bild över produktionen i en Salixodling. (Baserat på L. Sennerby-Forsse och H. Johansson, 1989).

samt att större delen av näringsämnena cirkulerar tillbaka till åkerjorden. En fördel med helskottsskörd är att energiskogen då kan lagras en viss tid utan att nedbrytningsprocesserna tar fart. Vid direktflisning bör däremot Salixflisen användas relativt omgående då materialet annars ganska fort börjar brytas ned av svampar och andra mikroorganismer. En fördel med direktflisning jämfört med dagens system med helskottsskörd är lägre totalkostnad för skörd, flisning och transport.

En likhet mellan odling av energiskog och t. ex. spannmål är att gödsling också krävs vid energiskogsodling. Gödselgivorna i energiskogsodling är dock lägre då en större andel näring återcirkulerar inom odlingen genom bladfällningen på hösten och att endast stamveden skördas under vinterhalvåret. Tillförseln av växtnäring i en Salixodling baseras därför huvudsakligen på den mängd som bortförs med stamveden, dvs en mindre andel av det totala växtnäringsupptaget då större delen av näringen återfinns i bladbiomassan.

## 7.2 Faktorer som påverkar Salixodling

Ett stort antal faktorer påverkar produktionen i ett Salixbestånd (se Figur 5). Salixodling ställer i stort sett samma krav på marken som en vanlig jordbruksgröda, men Salixväxterna kan ha en fördel av våtare förhållanden. Vattenhållande jordar som t. ex. mjåla- och lerjordar kan därför ge hög avkastning, men också lättare jordar som sand- och mojordar om nederbörden är tillräcklig. Rötterna ska kunna tränga fram i jorden och gå på djupet och det ska finnas tillräckligt med vatten, näring och luft. Värdet på pH bör ligga kring 6,0 för att Salixplantorna ska trivas, dvs. ungefär motsvarande för andra jordbruksgrödor. Det går därför inte att odla Salix på t. ex. gammal skogsmark där barrskog vuxit då pH värdet i dessa marker är alldeles för lågt liksom näringsinnehållet. Det är viktigt att marken är fri från ogräs när Salix planteras eftersom Salixplanterna



**Figur 5.** Exempel på faktorer som påverkar produktionen i en Salixodling (efter L. Sennerby-Forsse och H. Johansson, 1989).

har svårt att konkurrera med ogräs under inledande etableringsår.

Klimatfaktorer som kan leda till produktionssänkningar i Salixodling är framför allt vattenbrist och frost. Vattenbehovet i en Salixodling kan uppgå till cirka 500 mm per hektar och år vilket kan jämföras med nederbörden under vegetationsperioden som varierar mellan cirka 700 mm i sydvästra Sverige och 350 i östra Sverige. På lätta jordar med begränsad vattenhållande förmåga i östra Sverige finns således risk för vattenbrist vid odling av Salix och därmed hämmad produktion. Dessa platser är således mindre lämpliga för Salixodling om inte vatten kan tillföras på annat sätt, t. ex. genom avloppsbevattning eller liknande.

När det gäller temperatur är klimatet söder om Dalälven lämpligt för odling av Salix idag. Förädling pågår dock där t. ex. sibiriska Salixkloner korsas in vilket leder till betydligt frosthärdiga kloner. Dessa



kloner, vilka bedöms komma ut på marknaden inom några år, bör kunna odlas även i norra Sverige. Det är dock framför allt inte de låga vintertemperaturerna utan froster under vår, sommar och höst som åstadkommer frostsador. Frostena kan därför också vara ett problem på vissa lokaler i södra Sverige, t. ex. sydsvenska höglandet. Dessutom har topografin betydelse då kall luft kan ansamlas i låglänta områden och sänkor i landskapet där frostrisken ökar. Det är framför allt nyplanterade och nyskördade Salixodlingar som är känsligast.

Skadeinsekter och sjukdomar, framför allt svampangrepp, kan också medföra produktionsnedsättningar i Salixodling. Dessa problem motverkas främst genom växtförädling där resistent kloner tas fram. Det är inte aktuellt med kemisk bekämpning i energiskogsodlingar då detta är praktiskt svårt att genomföra och därmed dyrt. I vissa fall kan också viltbetesskador förekomma i Salixodlingar, t. ex. i kanter utmed skogsområden. Dessa skador är dock oftast marginella vid normala viltstammar.

### 7.3 Förutsättningar för energigräsodling

Bland de gräs man har provat att odla i Sverige för energiändamål är rörflen det som har visat sig ha bäst förutsättningar, främst tack vare hög avkastning och lång livslängd. En rörfleodling beräknas kunna vara i cirka 10 år innan den behöver förnyas. Skörd sker en gång per år och då lämpligast under vårvintern då gräset har bättre förbränningsegenskaper, t.ex. lägre askhalt, än vid sommarskörd. Kostnaden för rörflen i ett system med vårvinterskörd är dessutom betydligt lägre än i ett system med konventionell sommarskörd. Skördetidpunkten i detta system överensstämmer då också betydligt bättre med värmeverkens energibehov. Bortförselein av näringsämnen blir betydligt lägre när rörflen skördas under vårvintern än under sommaren eftersom en större andel näringsämnen har hunnit återcirkulera till marken under vinterhalvåret, vilket i sin tur leder till lägre gödslingsbehov. Vid odling och skörd av rörflen kan konventionella vallmaskiner inom jordbruket användas.

**Tabell 1. Jämförelse mellan odling av rörflen och Salix.**

RÖRFLEN	SALIX
Väletablerad kunskap om gräsodling finns.	Ny kunskap om odling krävs.
Befintliga vallmaskiner kan utnyttjas.	Nya specialmaskiner krävs.
Jordbrukaren kan i huvudsak sköta odlingen själv.	Speciella entreprenörer behöver anlitas.
Odlingen påverkar inte landskapsbilden.	Odlingen kan påverka landskapsbilden både positivt och negativt.
Kan odlas i större delen av landet och på olika marktyper.	Klimat och marktyp begränsar odlingsmöjligheterna något då t ex odling i norrland och östra Sverige är mindre lämpligt med dagens sorter.
Kan användas i multifunktionella odlingar, t ex för vattenrening och erosionskontroll.	Kan användas i multifunktionella odlingar, t ex för vattenrening och erosionskontroll.
Viss risk för förbränningstekniska problem, t ex sintring av aska.	Mindre risk för förbränningstekniska problem.
Något mindre effektiva bränslehanteringssystem.	Effektiva bränslehanteringssystem möjliga.
Påverkar inte eventuella täckdikessystem.	Kan påverka eventuella täckdikessystem negativt.
Produktionskostnad kring 130 kronor per MWh.	Produktionskostnad kring 115 kronor per MWh.
Skördenivåer kring 6 ton TS per hektar och år.	Skördenivåer kring 8-12 ton TS per hektar och år.
Energibalans (energiskörd / energiinsats) kring 11.	Energibalans (energiskörd / energiinsats) kring 23.

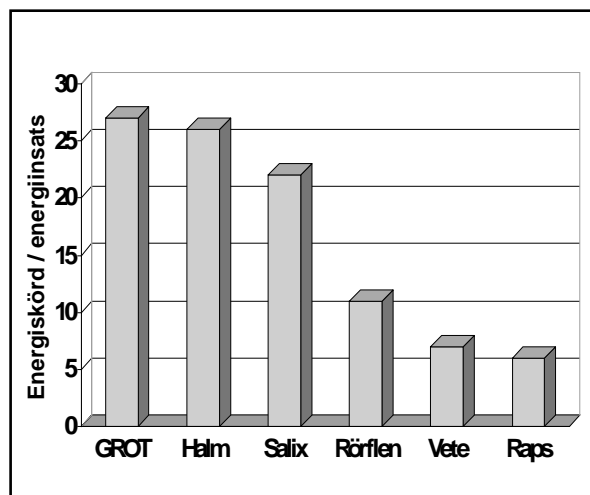
Rörflen kan odlas framgångsrikt i hela landet och på de flesta marktyper. Rörflen trivs även under mycket fuktiga markförhållanden. Ändå verkar inte rörflen begränsas av torra förhållanden mer än andra gräs. Rörflen kan därför vara en lämpligare energigröda än Salix på vissa platser. Det finns också andra fördelar med rörflensodling jämfört med Salixodling (se Tabell 1). Genomförda studier tyder på att man idag kan räkna med praktiska skördenivåer vid vårvinterskörd kring cirka 6 ton torr-

substanshalt per hektar och år. Sommarskörd ger något högre skördar eftersom förlusterna av biomassa i form av blad etc. är lägre. En nackdel med rörflensodling jämfört med Salixodling är således lägre biomasseskördar och därmed lägre effektivitet i åkermarksutnyttjandet. Dessutom har rörflensodling en något lägre energibalans än Salixodling samt en något högre produktionskostnad per producerad energienhet (se följande avsnitt).

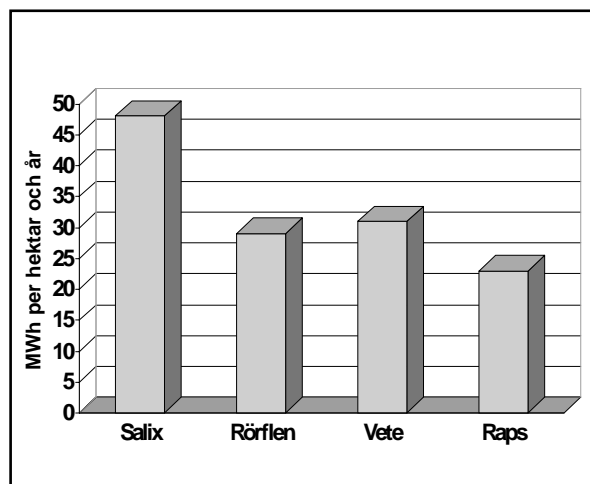
## 8. Energi- och resurseffektivitet vid produktion och användning av bibränslen

Ur resurssynpunkt bör odling av energigrödor vara så effektiv som möjligt, dvs. (a) energiskörden bör kraftigt överstiga energiinsatsen vid odling och skörd (den s. k. energibalansen) samt (b) energiskörden per hektar bör vara så hög som möjligt för att på effektivaste sätt utnyttja åkermarken som är en begränsad resurs. Energiinsatsen kan delas in i två olika kategorier, dels direkt energianvändning i form av drivmedel för traktorer och lastbilar, dels indirekt energianvändning i form av gödselmedel, bekämpningsmedel, utsäde och maskiner. Restprodukter från jord- och skogsbruk som halm och avverkningsrester (eller GROT dvs GRenar Och Toppar) har generellt en bättre energibalans än odlade grödor, framför allt tack vare att energiinsatsen vid uttag av restprodukter är lägre än energiinsatsen vid odling av grödor (se Figur 6). Fleråriga grödor har generellt bättre energibalans än ettåriga grödor, främst tack vare mindre jordbearbetning och gödselgivor. Salix är den energigröda som normalt ger det högsta energiutbytet, eller nettoenergiskörd (energiskörd – energiinsats) per hektar och år (se Figur 7).

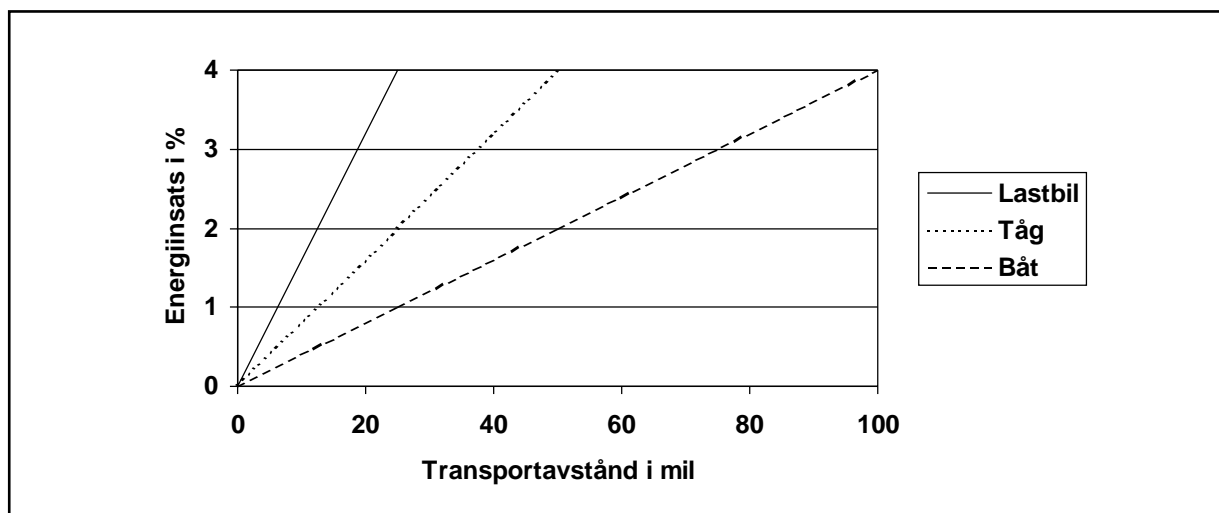
Transport av bibränslen tros ofta konsumera mycket energi och därmed kraftigt försämra energibalansen. Så är dock inte fallet. I Figur 8 visas energiförbrukningen vid transport av Salixflis beroende av transportavstånd och vilka transportmedel som används. I dag transporteras skogsflis (eller GROT) i genomsnitt cirka 7–8 mil. En ökad satsning på Salix som komplement till skogsbränsle bedöms medföra förkortade transportavstånd, cirka



**Figur 6.** Energibalans, dvs energiskörd/energiinsats, för några olika restprodukter och grödor som kan användas för energiändamål (för vete och raps är halm inkluderat).



**Figur 7.** Energiutbyte, dvs energiskörd – energiinsats, per hektar och år för några olika grödor som kan användas för energiändamål (för vete och raps är halm inkluderat).



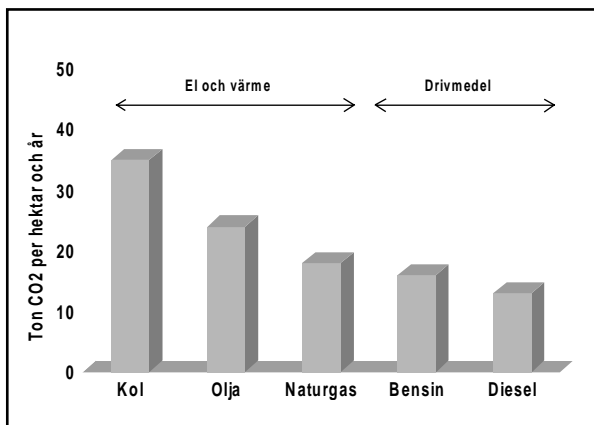
**Figur 8.** Energiåtgång vid transport av Salixflis med hjälp av lastbil, tåg eller båt, uttryckt som procent av flisens energiinnehåll, som funktion av transportavstånd.

3–4 mil, eftersom dessa odlingar normalt ligger närmare värmeverken. Som framgår av Figur 8 medför transport av Salix med hjälp av lastbil 5 mil en dieselförbrukning motsvarande cirka 1 % av flisens energiinnehåll medan transport 10 mil motsvarar en förbrukning om cirka 2 %. Om båt används kan Salixflis transporteras cirka 50 mil innan energiåtgången uppgår till motsvarande 2 % av flisens energiinnehåll. Energiinsatsen vid odling av Salix (och uttag av t ex GROT) uppgår enligt figur 6 till cirka 4–5 % av flisens energiinnehåll (då detta motsvarar en energibalans om 20–25), dvs av den totala energiinsatsen inklusive transport med lastbil cirka 5 mil motsvarar 5–6 % av flisens energiinnehåll. Som jämförelse beräknas den hjälpenergi som krävs vid utvinning, transport, raffinering och distribution av oljeprodukter uppgå till närmare 10 %.

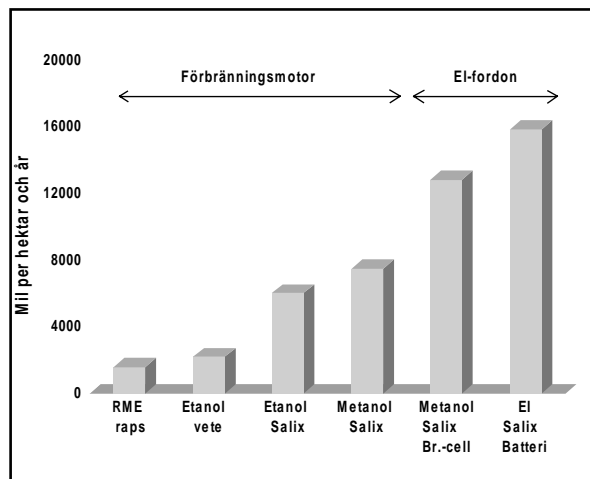
Biomassan som produceras i energiodlingar kan användas för olika energiändamål och förädlas på olika sätt, t. ex. till värme, el eller drivmedel. Energiskog och energigräs kan användas direkt vid förbränning för värmeproduktion eller kombinerad el- och värmeproduktion, eller förädlas på teknisk väg via förgasning till metanol som kan användas som drivmedel. Salix kan också förädlas till etanol på biolo-

gisk väg via jäsning med hjälp av mikroorganismer. Vid all omvandling sker energiförluster men dessa är betydligt lägre om fasta biobränslen som Salix och rörligen ersätter fossila bränslen som kol, olja och naturgas i el- och värmeproduktion. Verkningsgraden i stora pannor i t. ex. fjärrvärmeverk förändras obetydligt om t. ex. flis används i stället för olja. Energiförlusterna uppgår normalt till cirka 10–15 % i dessa fall när olja eller flis används som bränsle.

Om energigrödor förädlas till flytande drivmedel ökar energiförlusterna. När metanol produceras från Salix beräknas energiförlusterna uppgå till cirka 40–50 % och när etanol produceras uppgår förlusterna till oftast mer än 50 %. Ur effektivitetssynpunkt är det därför lämpligast att i första hand utnyttja biobränslen för el- och värmeproduktion i andra hand för tillverkning av flytande drivmedel. En ökad användning av biobränslen motiveras främst av att utsläppen av koldioxid minskar när dessa ersätter fossila bränslen. Ett mått på effektiviteten i utnyttjandet av biobränslen kan därför vara hur mycket koldioxid som reduceras när ett hektar Salix utnyttjas för olika energiändamål och ersätter olika bränslen. I Figur 9 redovisas en sådan jämförelse där energiförlusterna i hela bränslekedjan från odling/



**Figur 9.** Reduktion av koldioxid när ett hektar Salix används för olika energiändamål och ersätter olika fossila bränslen.



**Figur 10.** Transporttjänst från ett hektar energiodling, uttryckt som personbilsmil per år, beroende av vilken energigröda som väljs, vilken energibärare som denna förädlas till samt vilken omvandlingsteknik som används i fordonet (data från B. Johansson, 1996).

utvinning/brytning via omvandling till slutlig användning inkluderas.

När också andra värderingsgrunder än energieffektivitet och koldioxidreduktion vägs in kan det vara motiverat att utnyttja energigrödor också för drivmedelsproduktion. Användningen av etanol och metanol i stället för bensin och diesel medför t. ex. att utsläppen av kväveoxider, kolväten och partiklar minskar betydligt. I tätorter där många människor är exponerade för bilavgaser kan därför en ökad användning av alkoholer som drivmedel medföra betydande miljö- och hälsovinster. Liknande, eller större miljövinster kan dock också fås vid en ökad användning av gas som drivmedel, exempelvis fossil naturgas eller biogas respektive el.

När hela bränslekedjan beaktas för olika biodrivmedel finner man stora skillnader i effektivitet. Detta beror på (1) energibalans och energiutbyte vid odling, (2) energiförluster vid förädling till flytande bränsle, samt (3) vilken omvandlingsteknik som används vid slutlig användning i fordonen. Ett sätt

att jämföra effektiviteten mellan olika biodrivmedelskedjor är att uttrycka vilken transporttjänst man kan få från ett hektar energiodling (se Figur 10). Resultaten i Figur 10 visar att såväl valet av energigröda som valet av omvandlingsteknik i fordonet har stor betydelse för hur effektivt drivmedelssystemet är. Produktion av alkoholer från Salix medför att åkermarken utnyttjas 3–5 gånger mer effektivt än när vete och raps odlas och omvandlas till etanol respektive rapsmetylester (RME). En ersättning av de traditionella förbränningsmotorerna med nya, betydligt effektivare omvandlingstekniker som bränsleceller eller elbilar medför också en väsentligt ökad effektivitet. En bränslecell producerar el från metanol via vätgas ombord på fordonet. Elbilar med batteri måste däremot laddas med elektricitet som här antagits ha producerats från Salix i en kraftvärmeanläggning. Samproduktion av el och värme medför betydligt lägre energiförluster än separat elproduktion (cirka 15 % förluster jämfört med 55 % förluster när modern biobränsleteknik används). Figur 10 inkluderar inte eventuella biprodukter som genereras vid produktion av bio-

drivmedel. I vissa produktionskedjor (t. ex. vid framställning av RME och etanol) får man biprodukter som kan användas för olika ändamål, exempelvis för uppvärmning, vilket leder till att energibalansen förbättras något.

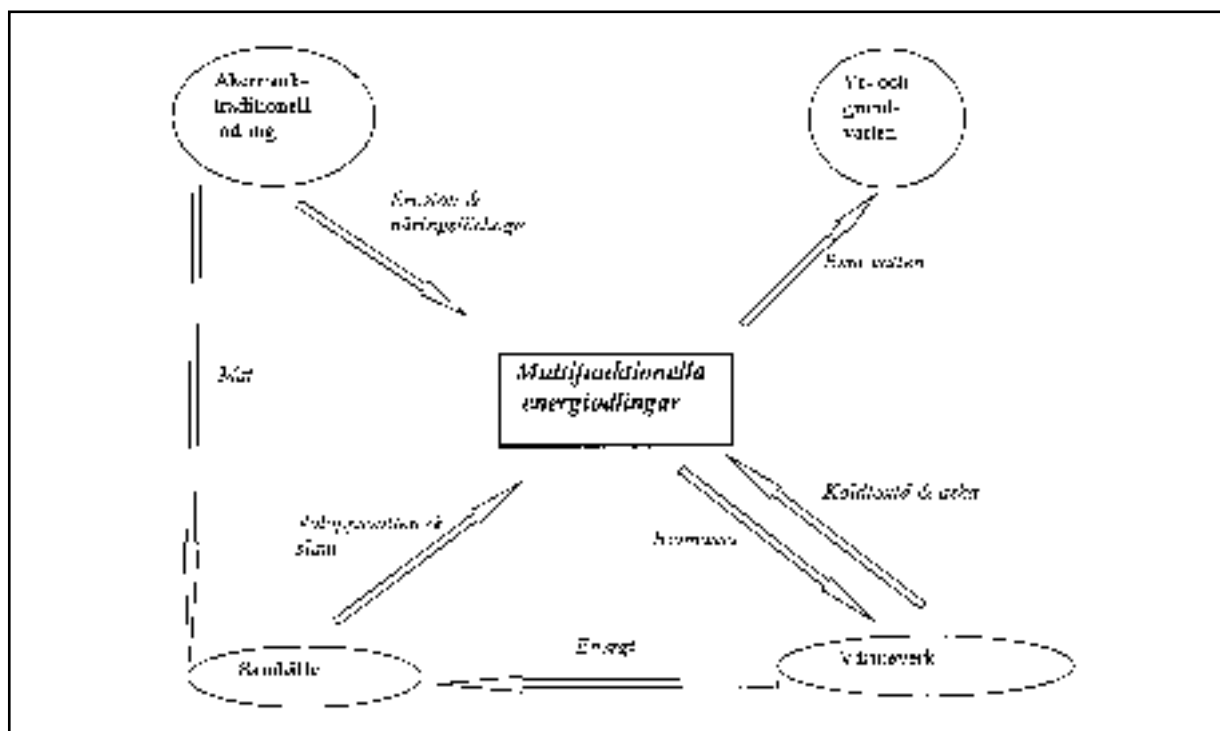
Som framgår av figur 10 kan ett hektar Salix förse cirka 4–5 bilar med drivmedel när etanol eller metanol produceras, då den årliga körsträckan för en bil antas vara cirka 1 500 mil. Ett hektar rapsodling kan däremot bara förse en bil med drivmedel per år. Genom att utnyttja ny fordonsteknik som bränsleceller och elbilar kan ett hektar Salix förse upp till 10 bilar med drivmedel per år. Genom att välja den mest effektiva biodrivmedelskedjan och omvandlingstekniken kan således resursanvändningen minska med en faktor 10.

## 9. Multifunktionella energiodlingar

Utnyttjandet av biobränslen i stället för fossila bränslen har av miljöskäl främst motiverats med fördelar i samband med användning av energi. Minskade nettoemissioner av t. ex. koldioxid har i Sverige värderats genom bl. a. koldioxidskatt på fossila bränslen. Förutom att biobränslen medför miljöfördelar vid användning, kan produktionen av biobränslen också generera miljövinster. En miljömässigt anpassad odling av fleråriga energigrödor (t. ex. energiskog och energigräs) baserad på optimal design, lokalisering och skötsel innebär t. ex. att jordbrukets miljöbelastning i form av näringsläckage, erosion och växthusgaser kan minska (se Figur 11). En-

ergiskog kan också utnyttjas för att minska halten tungmetaller i åkermark. Dessutom kan odlingar av energigrödor utnyttjas för att minska samhällets påverkan på miljön. Odlingar av energigrödor kan t. ex. användas för rening av avlopps- och lakvatten, samt omhändertagande av olika restprodukter. I detta avsnitt ges en översiktlig beskrivning av hur fleråriga energiodlingar kan utnyttjas på olika sätt för att vinna olika typer av synergieffekter.

En negativ effekt vid odling av energiskog på täckdikad åkermark är att det finns stor risk för att rötterna växer in i dräneringsrören, vilket leder till att



Figur 11. Exempel på hur multifunktionella energiodlingar kan generera olika miljönyttor.

dräneringssystemet behöver restaureras efter att odlingen avbrutits. Denna effekt måste således beaktas vid planering av energiskogsodlingar. Av Sveriges totala åkermark är dock endast cirka en tredjedel systemtäckdikad, dvs större andelen åkermark saknar täckdikessystem och där kan energiskog odlas utan problem. Energiskog bör också kunna anläggas på åkermark med äldre täckdikessystem som i huvudsak tjänat ut sin funktion. En Salixodlings varaktighet antas vara cirka 25 år, dvs motsvarande ett täckdikessystems ungefärliga livslängd. Om fleråriga energigrödor ska odlas på åkermark med nytt täckdikessystem kan det vara lämpligt att välja energigräs före energiskog.

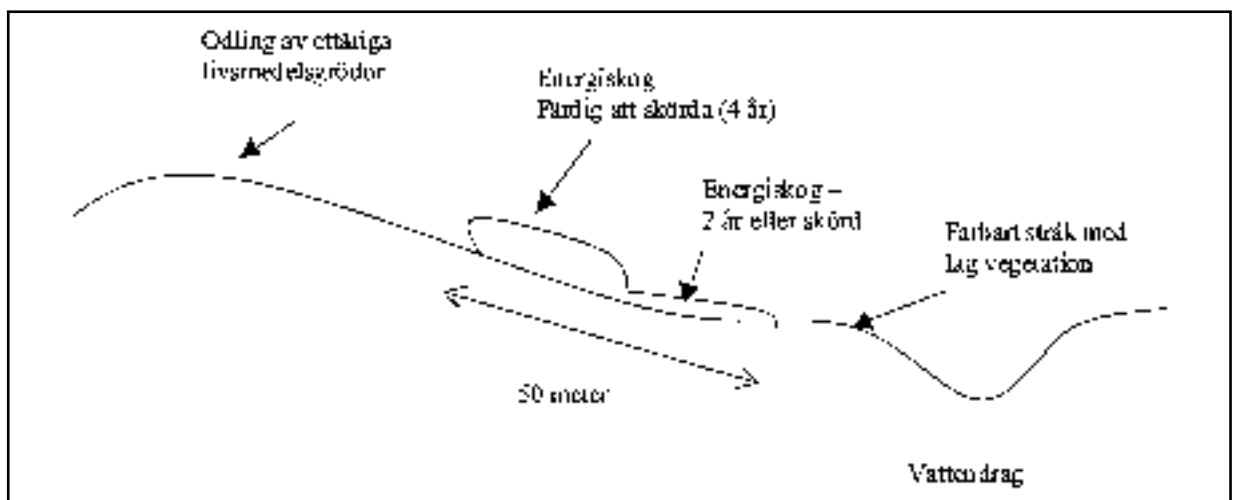
Energiskog blir 5 till 6 meter hög innan den skördas vilket medför att dessa odlingar påverkar landskapsbilden. Beroende på hur omgivningarna ser ut och hur odlingarna utformas bedöms energiskogsodlingar kunna ge både en positiv och negativ påverkan på landskapsbilden.

### 9.1 Minskat näringsläckage och erosion

Näringsläckaget från åkermark kan minska på flera olika sätt genom en ökad odling av energigrödor.

Ett sätt är genom att permanenta skyddszoner med fleråriga energigrödor anläggs utmed vattendrag där näringsbelastat yt- och markvatten från omgivande livsmedelsodlingar renas. Dessutom medför en övergång från ettåriga odlingssystem till fleråriga att näringsläckaget generellt minskar. Orsakerna till detta är framför allt lägre gödselgivor, längre växtsäsong, att marken är bevuxen året om och att Salix och energigräs har mer omfattande rotsystem än ettåriga grödor. En uppskattning är att kväveläckaget i genomsnitt halveras när fleråriga grödor ersätter ettåriga, vilket under svenska förhållanden motsvara cirka 10 kg kväve (N) per hektar och år.

Kväveretentionen i skyddszoner med Salix och energigräs uppskattas till i genomsnitt 70 kg N per hektar och år, förutsatt att fältet saknar täckdikning och att läckaget uppgår till minst 15 kg N per hektar och år (dvs. framför allt i mellersta och södra Sverige). Skyddszonernas bredd antas vara 50 meter där vardera halva bredden skördas vid olika tidpunkter för att kontinuerligt bibehålla ett högt näringsupptag (se Figur 12). Fosforretentionen i dessa skyddszoner uppskattas till i genomsnitt 1,5 kg P per hektar och år på ler- och siltjordar, oberoende av om fältet är täckdikad eller ej. Kväveläckage



**Figur 12.** Principskiss över lokalisering av energiskog som skyddszon mellan vattendrag och intensivt odlad åkermark med ettåriga grödor.



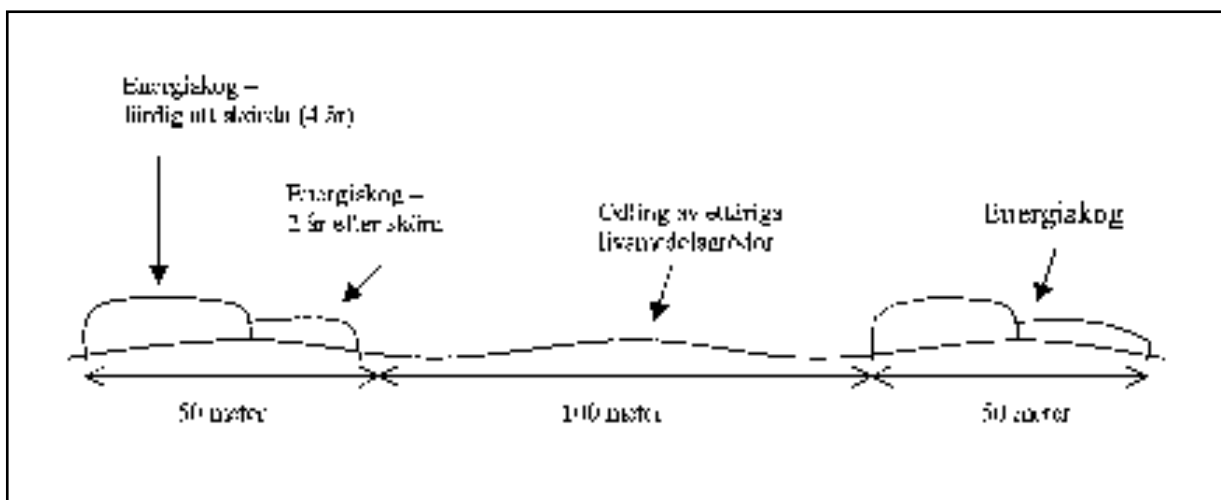
sker framför allt via dräneringsvatten medan fosforläckage framför allt sker via ytavrinning och erosion. En faktor som avgör möjligheterna att utnyttja fleråriga energiodlingar som skyddszoner är förekomsten av öppna vattendrag i jordbrukslandskapet, vilka har minskat kraftigt under de senaste decennierna. En grov uppskattning är att i genomsnitt 3–4 % av Sveriges åkermark skulle vara möjlig att utnyttja som skyddsodlingar mot näringsläckage idag.

Antalet fält och förekomst av åkerholmar och andra områden med permanent vegetation har drastiskt minskat i det svenska jordbrukslandskapet, vilket medfört att såväl vind- som vattenerosion ökat. Ett större inslag av fleråriga odlingar av energigrödor kan vara ett sätt att motverka denna trend och medföra att erosionen minskar. Genom att anlägga vegetationszoner likt den som illustreras i Figur 12 kan ränilserosion förhindras i känsliga områden, t. ex. i kuperade områden med ler- och siltjordar. I dessa situationer är energigräs något effektivare än *Salix* tack vare högre marktäckningsgrad. *Salix*-odlingar kan också utnyttjas som lähågn mot vinderosion i utsatta områden, framför allt på lättare sandjordar i Skåne, Blekinge och Halland. *Salix* bör då anläggas i cirka 50 meter breda lähågn med 100

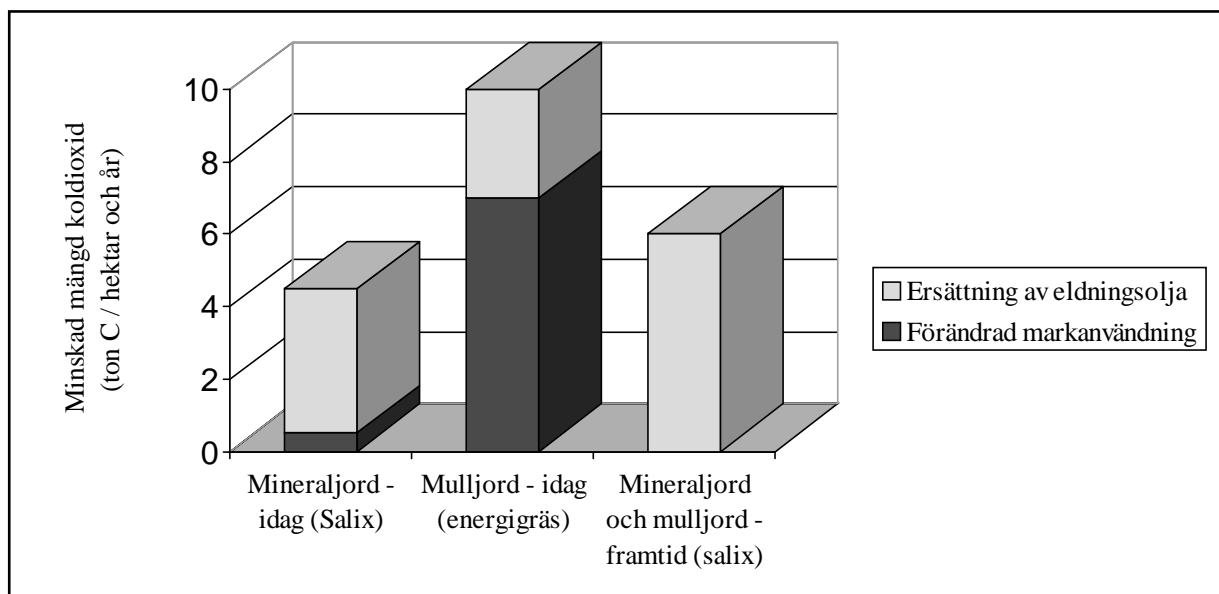
meters mellanrum där vardera halva bredden av lähågnen skördas vid olika tidpunkter för att kontinuerligt bibehålla en god läeffekt (se Figur 13). I detta fall uppskattas skördarna i omgivande odlingar av livsmedelsgrödor bli cirka 10 % högre per år.

## 9.2 Ökad markbördighet och kolinlagring

Modern odlingsteknik med intensiv markbearbetning och ett större inslag av ettåriga grödor i växtföljden har inneburit humusförluster och sänkt markbördighet i svensk åkerjord. Detta har i sin tur medfört att skördenivåerna idag är cirka 10–20 % lägre än de skulle varit om markbördigheten varit oförändrad sedan mitten av 1900-talet. Genom att öka andelen fleråriga grödor i växtföljden kan denna negativa trend motverkas, tack vare att en ökad tillförsel av organiskt material till jorden (blad, rötter osv.) i kombination med minskad jordbearbetning som stimulerar nedbrytning av det organiska materialet, jämfört med odling av ettåriga grödor. Odling av *Salix* eller energigräs i stället för ettåriga grödor bedöms medföra en ökad humushalt om 0,5–1 procentenheter efter 25 års odling, vilket leder till att skördarna ökar med cirka 5 %.



**Figur 13.** Principskiss över lokalisering av energiskog som lähågn mellan odlingar med ettåriga grödor i områden utsatta för vinderosion.



**Figur 14.** Reduktion av koldioxid genom förändrad markanvändning då fleråriga energigrödor ersätter ettåriga livsmedelsgrödor samt genom att fossila bränslen ersätts med Salix (mineraljord samt mineraljord och mulljord i framtiden) eller energigräs (mulljord).

En ökad humushalt i åkermark medför samtidigt att kollagret i marken ökar, dvs man får en netto-reduktion av koldioxid och minskar därmed växthus-effekten. Uttryckt per hektar och år uppskattas cirka 0,5 ton kol lagras in i åkermark när energiskog och energigräs odlas i stället för ettåriga grödor. Denna inbindning av kol kan jämföras med den koldioxid-reduktion som fås när Salixflis från ett hektar och år ersätter eldningsolja för värmeproduktion, vilken uppgår till cirka 4 ton kol. Kolinlagringen i åkermark motsvarar således drygt 10 % av reduktionen som fås vid ersättning av fossila bränslen, dvs. den totala koldioxidreduktionen som fås när Salix odlas istället för ettåriga grödor och ersätter eldningsolja blir cirka 4,5 ton kol per hektar och år (se Figur 14).

En ännu större reduktion av koldioxid fås genom förändrad markanvändning på mulljordar. Av Sveriges totala åkermark består cirka 9 % av mulljordar, dvs gamla torvjordar som dikats och börjat odlas. När dessa används för odling av ettåriga grödor sker en intensiv markbearbetning vilket leder till att tor-

ven snabbt bryts ner till koldioxid. När t. ex. potatis odlas kan bortodlingen av torv uppgå till 2 cm per år vilket leder till stora koldioxidutsläpp. När fleråriga grödor som t ex energigräs odlas minskar bortodlingen betydligt eftersom markbearbetningen minskar. Koldioxidutsläppen kan i dessa fall minska med upp till 7 ton kol per hektar och år (se Figur 14). Denna reduktion av koldioxid kan således vara betydligt högre än den reduktion som fås när Salix ersätter eldningsolja. Salix är en mindre lämplig gröda än energigräs på torvjordar då ogräsproblem lättare uppstår samt pH-värdet i jorden ofta är för lågt.

När det gäller såväl ökad kolinlagring i mineraljordar som minskad bortodling av mulljordar vid odling av fleråriga energigrödor avtar dessa processer med tiden. I mineraljordar inställer sig en ny jämvikt efter några decennier där tillförsel och nedbrytning av organiskt material balanserar varandra, dvs kolinlagringen fortgår inte kontinuerligt i all evighet. När det gäller mulljordar sker en viss bortodling trots att fleråriga grödor odlas, dvs beroende

på hur tjockt torvlagret är kommer detta att så småningom försvinna. En uppskattning är att detta normalt kommer att ske efter 50 till 100 år. I ett långsiktigt perspektiv är därför ersättning av fossila bränslen den viktigaste åtgärden för att minska utsläppen av koldioxid (se Figur 14). I framtiden förväntas också biomasseskördarna öka tack vare förädling och förbättrad odlingsteknik vilket leder till ökad koldioxidreduktion per hektar när t. ex. Salix ersätter fossila bränslen.

### 9.3 Marksanering

Salix kan utnyttjas för att sanera förorenad jord då det har visat sig att vissa Salixsorter (kloner) är mycket effektiva på att plocka upp tungmetaller, t. ex. kadmium och zink. Kadmiumupptaget kan vara 35 till 70 gånger högre än i energigräs och halm. Dessa Salixkloner koncentrerar kadmium i stammarna. Variationen i tungmetallupptag mellan olika Salixkloner är dock stor då det också finns Salixkloner som koncentrerar tungmetaller i rötterna. Detta kan vara att föredra om man har kraftigt förorenad jord som är svår att sanera och därför vill konservera tungmetallerna i jorden.

Kadmium ackumuleras årligen i svensk åkermark motsvarande cirka 0,25 % av åkermarkens totalhalt, vilket bl. a. medfört att en signifikant andel av vete-skörden i södra Sveriges jordbruksområden har halter över, eller nära WHO/FAOs gränsvärden. Genom att odla Salixkloner med högt kadmiumupptag på dessa jordar kan huvuddelen av den växttillgängliga fraktionen av kadmium (normalt cirka 35 % av totalhalten) föras bort inom 25–35 år. Denna uppskattning tar då hänsyn till att en viss omfördelning av kadmium i åkermarken kan ske, då djupgående rötter kan ta upp en mindre mängd kadmium från djupare jordlager som sedan tillförs matjorden via bladfällningen. Detta medför samtidigt att framför allt mark med höga kadmiumhalter i matjorden på grund av mänsklig påverkan kan vara lämplig

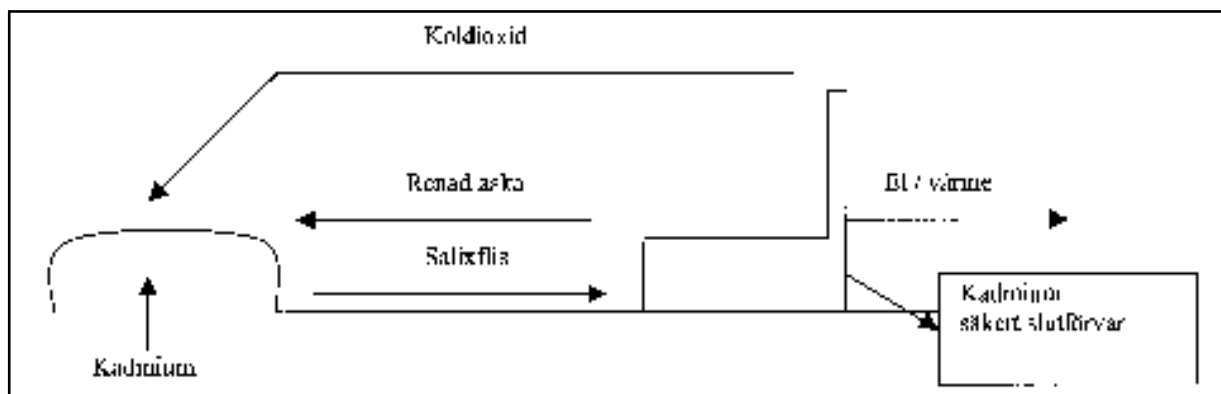
för marksanering med hjälp av Salix. Vissa marker har höga kadmiumhalter både i matjord och i djupare jordlager (alven) och då kan källan vara kadmiumrik berggrund, t. ex. alunskiffer. I dessa fall kan det vara lämpligast att odla Salixkloner med lågt kadmiumupptag.

Efter att kadmium koncentrerats i Salixflisen kan sedan kadmium separeras ur flygaska när Salixflisen förbränns. Teknik att separera tungmetaller ur flygaska håller på att utvecklas i olika länder, t. ex. i Sverige och Österrike. Av kostnadsskäl bedöms det vara lämpligast att utnyttja större förbränningsanläggningar med kombinerad utbränning av askans kolinnehåll och slutförbränning i avgaspanna där kadmium avskiljs i spärrfilter efter nedkylning. Kadmiumhalten bedöms med denna reningsmetod minska med mer än 90 %, dvs. den kvarvarande askfraktionen är så pass ren att den går att återföra till jordbruksmarken som gödselmedel. Flygaskfraktionen där kadmium koncentrerats kan sedan tas omhand i t. ex. en kontrollerad deponi för slutförvaring (se figur 15).

### 9.4 Allmänna synpunkter angående slamgödsling på jordbruksmark

Slam från kommunala avloppsreningsverk innehåller det mesta av den fosfor som fanns i det orenade vattnet. Fosfor är en icke förnybar resurs och en resurs om vilken vi vet säkert att den inte kommer att kunna ersättas av något annat ämne när tillgången börjar bli knapp om något århundrade. Ett viktigt villkor för ett uthålligt samhälle är därför att fosfor i avloppsvatten och andra restprodukter måste återföras till odlingsystemen. I Miljömålskommitténs slutbetänkande: *Framtidens miljö – allas vårt ansvar (SOU 2000:52)* finns ett förslag till ett nationellt mål för hushållning med fosfor. Förslaget lyder:

*”Senast år 2010 ingår minst 75 procent av fosfor från avfall och avlopp i kretslopp och kan*



**Figur 15.** Tekniskt/biologiskt saneringssystem för kadmiumförorenad mark med hjälp av Salixodling och avancerad rökgasreningsteknologi.

återförs till jordbruksmark utan risk för hälsa och miljö.”

Ambitionen – i Sverige och många andra länder – har varit att slammet skall användas i jordbruket så att fosfor tas tillvara. Slammet innehåller förutom fosfor andra beståndsdelar såsom biologiskt material, mikronäringsämnen, kväveföreningar samt ämnen som inte bör föras till jordbruksmark. Där finns alla grundämnen i det periodiska systemet och ett i princip obegränsat antal kemiska föreningar. Metaller utgör ett särskilt problem eftersom de genom sin beständighet kan förorena jordbruksmarken för alltid. Även de naturfrämmande ämnen som slammet också innehåller ger anledning till oro. De kan visserligen inte förorena marken på samma definitiva sätt som metallerna eftersom de inte är beständiga i absolut mening, men vissa av dem är synnerligen långlivade i miljön. Miljö kvalitetsmålet ”Giftfri miljö” som antagits av riksdagen (prop. 1997/98:145) har formulerats på följande sätt:

”Miljön ska vara fri från ämnen och metaller som skapats i eller utvunnits av samhället och som kan hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden.

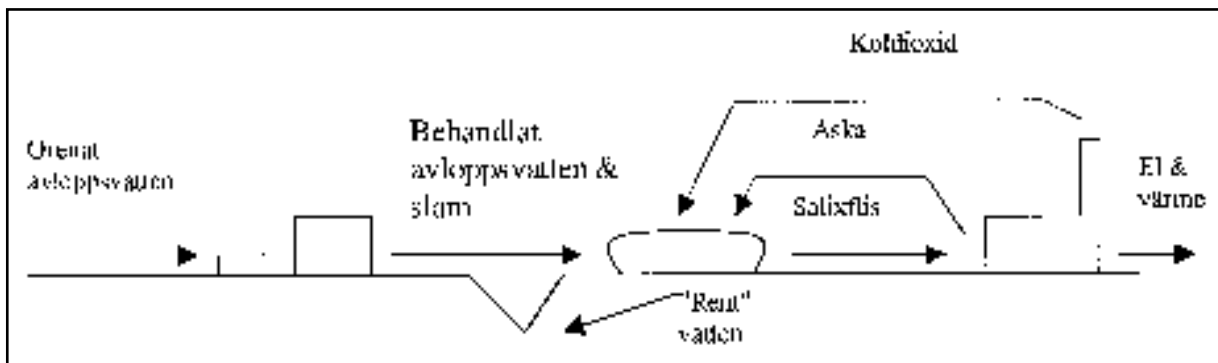
Miljö kvalitetsmålet innebär:

- Halterna av ämnen som förekommer naturligt i miljön är nära bakgrundsnivåerna.

- Halterna av naturfrämmande ämnen i miljö är nära noll.”

Naturvårdsverket har initierat ett omfattande program för att mäta metaller i praktiskt taget hela det periodiska systemet i slam från 50 reningsverk och dessutom andra tillförselvägar; handelsgödsel och luftnedfall. Man skall vidare mäta halterna i grödor och i mark på 25 platser i landet. Resultat från undersökningarna kommer att avrapporteras under våren 2001. Undersökningarna bekostas av Naturvårdsverket, Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen (VAV) och Lantbrukarnas Riksförbund (LRF).

Resultaten av dessa undersökningar kan medföra att det behövs gränsvärden för ytterligare metaller. I *Kemikalieutredningens betänkande: Varor utan faror – förslag till genomförande av nya riktlinjer inom kemikaliepolitiken (SOU 2000:53)* anges att gränsvärden för fler metaller behövs. De förordningar som regeringen och Naturvårdsverket utfärdat, och som enligt tidigare beslut delvis skärptes från årsskiftet 1999/00, gör att endast omkring hälften av slammet kan användas i jordbruket. Användningen är för närvarande mindre än så, eftersom LRF 1999 rekommenderade sina medlemmar att tills vidare inte ta emot slam.



**Figur 16.** Exempel på samverkan mellan en kommuns reningsverk och värmeverk genom avloppsbevattnad energiskog.

Några särskilda rekommendationer för slamgödning av energiskog har inte utfärdats. Men vid energiskogsodling på jordbruksmark bör samma krav gälla som för jordbruksgrödor. Detta gäller särskilt om marken i ett senare skede efter energiskogsodlingen kan komma att användas till odling av jordbruksgrödor. Salix är effektiv på att ta upp kadmium (referens Eriksson J. Och Ledin S.). Eventuellt kan Salix också nyttjas för att ta upp zink, men zinkupptaget är betydligt lägre än upptaget av kadmium. Däremot är upptaget av nickel, koppar, krom och bly lågt, dvs. Salix bedöms inte vara användbart för att rena mark från dessa tungmetaller (referens D. Ridell-Black).

## 9.5 Rening av avloppsvatten, lakvatten och slam

Storskaliga försök pågår i Sverige där fleråriga energiodlingar utnyttjas för rening av avloppsvatten, t. ex. i Enköping, Bromölla och Svalöv. Dessutom utnyttjas energiodlingar för att omhänderta lakvatten från avfallsdeponier och slam från reningsverk. De främsta orsakerna till det ökade intresset för att utnyttja Salix och energigräs som vegetationsfilter för att omhänderta restprodukter, är att reningen är effektiv och billig jämfört med konventionella reningsmetoder.

Övergödning av våra kusthav har ökat intresset för biologiska reningssystem som komplement till kon-

ventionella reningsverk, då utsläppen av framför allt kväve kan minska. Reningseffektiviteten i avloppsbevattnad energiskog ligger normalt kring 75–95 % med avseende på kväve (N) och fosfor (P), då Salix har ett stort vattenupptag, ett väl utvecklat rotsystem samt en lång vegetationsperiod. Näringsinnehållet i avloppsvatten överensstämmer mycket bra med energiskogens behov. En tillförsel om cirka 600 mm avloppsvatten per hektar och år (dvs. ungefär lika mycket som nederbördsmängden i Sverige under ett år) tillgodoser vattenbehovet samt behovet av kväve (cirka 125 kg N), fosfor (cirka 25 kg P), samt kalium (cirka 75 kg K). Avloppsvattnet bör således inte renas på fosfor innan det utnyttjas för bevattning utan endast genomgå mekanisk och biologisk rening i det befintliga reningsverket. Skördenivån är cirka 50 % högre i avloppsbevattnad energiskog än i en konventionell odling som gödslas med enbart konstgödsel.

Ur resurssynpunkt är avloppsbevattnad energiskog fördelaktig på flera sätt. Ett hektar Salix kan rena avloppsvatten från cirka 30 personer och samtidigt producera cirka 75 000 kWh bioenergi. Trettio personer motsvarar cirka 10 hushåll som vardera har ett uppvärmningsbehov om cirka 15 000 kWh per år, vilket ger ett totalt uppvärmningsbehov om cirka 150 000 kWh. Cirka halva uppvärmningsbehovet i ett hushåll kan således teoretiskt tillgodoses av Salix som producerats med hjälp av solljus och hushållets

FUNKTION	INTRESSENT
* Rening av dagvatten från asfalterade vägar	Vägverket
* Lähägn mot snödrev och annan avskärmning utmed utsatta vägvassnitt	Vägverket
* Ökat jaktvärde avseende fåltvilt, t. ex. fåltfågel	Markägare
* Dölja förfulande inslag i landskapet, t. ex. industrianläggningar, grustäcker, deponier, etc.	Företag, kommun m. fl.
* Ökad tillgång av pollen på våren	Biodlare
* ?	?

**Tabell 2.** Exempel på några andra tänkbara multifunktionella användningsområden för fleråriga energiodlingar.

avloppsvatten. Näringsämnen i avloppsvattnet återanvänds på detta sätt och återförs i kretsloppet.

En förutsättning för att kompletterande rening med hjälp av energiskog ska vara praktiskt genomförbar är att lämplig åkermark finns att tillgå. Åkermarksbehovet uppgår till cirka 300 hektar för ett samhälle med 10 000 invånare. Ekonomiska beräkningar visar att avloppsvatten kan transporteras relativt långa sträckor (cirka 5–10 km) till låga kostnader, dvs åkermarken behöver inte ligga i direkt anslutning till reningsverket. Detta åkermarksbehov utgår från att lagringsdammar byggs för att lagra vinterhalvårets avloppsvatten till växtsäsongen. Ett billigare alternativ är att rena endast avloppsvatten som producerats under sommarhalvåret med hjälp av energiskog och utnyttja konventionell rening (inklusive fosforfällning) vintertid. Kvävereningen blir därmed hälften så stor men det blir också arealbehovet. En osäkerhet som fortfarande finns kvar och som kräver fortsatt forskning är avseende de hygieniska aspekterna kring avloppsbehandling med energiskog.

Före det pågående slamstoppet återvanns cirka 35 % av det kommunala avloppsslammet i Sverige, framför allt inom jordbruket, medan 65 % deponerades i första hand på grund av för höga metallhalter (eller misstanke därom). Erfarenheter från flera studier där

slam utnyttjas som gödsel i Salixodlingar visar att tillväxten är jämförbar med handelsgödselade odlingar.

Av dagens 300 kommunala avfallsdeponier i drift i Sverige tillämpar cirka 10 lokal lakvattenbehandling med hjälp av vegetationsfilter bestående av bl. a. Salix och gräs. Genom att lokalt omhänderta lakvatten från avfallsdeponier i vegetationsfilter, i stället för att leda det till avloppsreningsverk, minskar risken för kontaminering av slam. Energigrödor, framför allt Salix, har hög avdunstning vilket reducerar mängden lakvatten och därmed minskar risken för läckage till omgivningen. I äldre avfallsdeponier är oftast det största miljöproblemet kväveläckage, men även om t. ex. halterna av tungmetaller är höga kan dessa reduceras med hjälp av Salix (se figur 15). Arealbehovet energiskog för en genomsnittlig deponi ligger oftast kring 3–5 hektar och vid lakvattenbehandling krävs alltid att lagringsdammar byggs.

Ett alltmer uppmärksammat problem är diffusa utsläpp från gamla, nedlagda deponier. Antalet äldre nedlagda deponier i Sverige uppskattas till cirka 4 000 stycken. Om krav kommer att ställas att även dessa ska utrustas med lakvattenrening kan vegetationsfilter med Salix och energigräs vara ett kostnadseffektivt alternativ. Nedbrytningsfasen i deponier kan pågå upp till cirka 100 år, dvs det är under så här lång tid lakvattenbehandling kan behövas.

## 9.6 Andra tänkbara synergieffekter

De olika typer av multifunktionella energiodlingar som beskrivits ovan har oftast testats i mer eller mindre omfattande försöksverksamhet i Sverige eller utomlands. Det finns dock andra tänkbara synergieffekter som bör kunna fås vid odling av fleråriga energigrödor genom att dessa lokaliseras, designas och sköts på ett speciellt sätt (se tabell 2). Ett exempel är att nyttja energiodlingar för rening av dagvatten från vägar och dylikt. Vägverket har

t. ex. under senare år satsat mycket på att omhänderta dagvatten från nyanlagda vägar i dammar och våtmarker. Som ett komplement till dessa bör fleråriga energiodlingar kunna vara intressanta att utnyttja. Exempelvis skulle måttligt förorenat dagvatten kunna infiltreras i Salixodlingar som renar vattnet genom att plocka upp såväl näringsämnen som kadmium. På detta sätt kan kadmium föras bort och tas omhand i samband med förbränning med avancerad rökgasteknologi (se tabell 2). En nackdel med omhändertagande av dagvatten i endast dammar är att gifter och näringsämnen (t. ex. fosfor) ackumuleras i sedimenten över stora ytor och att ingen bortförsel sker genom biomasseskörd, som är fallet när t. ex. Salix utnyttjas som vegetationsfilter.

Ett annat användningsområde för Salixodlingar är att anlägga dessa som stråk utmed vägavsnitt som ofta utsätts för snödrev. Vägverket har testat detta koncept bl. a. utmed Europaväg 6 i Skåne (vid Borgeby, Lund) med bra resultat. Låhäggen bör då placeras en bit från vägen för att inte riskera skymd sikt.

Salixodlingars skymmande egenskaper kan också utnyttjas positivt för att dölja fula byggnationer och anläggningar. Exempel är att dölja industriområden och dylikt så att dessa inte ses från bostadsområden, vägar etc. Salix kan också anläggas kring avfallsdeponier för att dölja dessa, förutom för att rena deras lakvatten. Andra exempel är grustag, gruvavfallsupplag, ställverk m. m.

Ett ökat inslag av Salix i intensivt odlade, öppna jordbruksområden med liten andel permanent vegetation medför att djurlivet inom området ökar. Detta gäller framför allt förekomsten av olika fågelarter. Till exempel kan förekomsten av fältfågel som fasan kraftigt öka. Detta fenomen utnyttjas bl. a. i England där Salix planteras för att öka jaktvärdet av

marken. Med ett ökat intresse för jakt bör denna synergieffekt kunna få en stor betydelse för total ekonomin för odlingen då t. ex. högre jaktarrande kan tas ut av markägaren. En uppskattning är att ett inslag om 10–20 % energiskog i det öppna jordbrukslandskapet är optimalt ur faunasynpunkt, framför allt om olika delområden skördas vid olika tidpunkter.

Biodlingar gynnas också av Salixodlingar. Hanplantor av Salix blommar tidigt på våren då tillgången på annan pollen är begränsad, dvs. dessa odlingar kan dra till sig stora mängder pollinerande insekter som bin och humlor. Av de Salixkloner som säljs idag utgörs ungefär vardera hälften av han-, respektive honplantor.

Förutom en ökning av fåglar och insekter kan den biologiska mångfalden i marken (både flora och fauna) öka något när fleråriga grödor ersätter ettåriga tack vare en ökad förnatillförsel, minskad jordbearbetning och en minskad användning av kemiska bekämpningsmedel. Sett över ett större geografiskt område, t. ex. en region innehållande många olika landskapstyper, behöver dock inte en ökad biodiversitet i det öppna jordbrukslandskapet medföra att den totala diversiteten inom regionen ökar. De flesta däggdjur, insekter m. m. som förekommer i energiodlingar är t. ex. ofta vanligt förekommande inom andra biotoper utanför jordbrukslandskapet.

## 9.7 Sysselsättningseffekter

En ökad användning av inhemsk bioenergi i stället för t. ex. importerad olja bedöms medföra ökad sysselsättning. Positiva sysselsättningseffekter (inklusive direkta effekter och indirekta effekter från t. ex. investeringar i produktionsmaskineri) kan fås i såväl produktionsledet som i omvandlings-/användarledet. Den största sysselsättningseffekten i produktionsledet uppvisar avverkningsrester från skogen med cirka 300 årsarbetstillfällen per TWh bränsle.

Produktion av Salix beräknas medföra cirka hälften så många årsarbetstillfällen, eller cirka 150 stycken per TWh. Orsaken till denna skillnad är att Salixproduktion antas ersätta annan produktion, framför allt odling av spannmål, vilket medför att den ökade sysselsättningen i detta fallet begränsas till tillkommande hantering och transporter. När det gäller skogsbränslen ger också själva framtagningen, eller uttaget, en positiv sysselsättningseffekt eftersom alternativet är att låta hyggesresterna ligga kvar i skogen.

Sysselsättningseffekterna i omvandlings-/användarledet beräknas uppgå till mellan 200–300 årsarbetstillfällen per TWh bränsle, beroende av vilken energibärare som produceras (pellets, drivmedel, el etc). För alla dessa fall antas olja eller oljeprodukter ersättas dvs. hänsyn har tagits till att sysselsättningen inom denna bransch minskar. Till dessa primära sysselsättningseffekter kommer slutligen en sekundäreffekt genom ökad kapitalomsättning tack vare de primärt skapade arbetstillfällena. Denna se-

kundäreffekt beräknas motsvara cirka 200 årsarbetstillfällen per TWh bränsle. Den totala sysselsättningseffekten beräknas således uppgå till cirka 600 årsarbetstillfällen per TWh Salix. För att producera 1 TWh Salix krävs cirka 20 000 hektar åkermark, som motsvarar knappt 1 % av Sveriges åkerareal. Om t. ex. 10 % av Sveriges åkerareal skulle utnyttjas för Salixodling medför detta drygt 8 000 nya arbetstillfällen.



## 10. Ekonomi

Lönsamheten i energiodlingar kan beräknas på ett flertal olika sätt. Ett sätt är att studera den företags-ekonomiska lönsamheten för t. ex. konventionell Salixodling utifrån jordbrukarens perspektiv. Dessa företagsekonomiska beräkningar kan sedan utökas och kompletteras med förändrade direkta kostnader när odlingarna utnyttjas för att nå olika synergieffekter, dvs. multifunktionella odlingar. Förändrade direkta kostnader kan gälla såväl jordbrukaren (t. ex. förändrade odlingskostnader) som kommunen (t. ex. förändrade avfallsbehandlingskostnader). Multifunktionella odlingar kan också generera samhällsekonomiska vinster som inte kan uttryckas i direkta kostnader, utan måste värderas på ett indirekt sätt. I följande avsnitt görs ett försök att visa på hur såväl de direkta kostnaderna som miljökostnaderna kan se ut för fleråriga energiodlingar med eller utan synergieffekter.

### 10.1 Företagsekonomisk lönsamhet – konventionella energiodlingar

Lönsamheten i konventionell Salixodling beror av ett flertal olika faktorer. En viktig faktor är skördenivån. Vid låg skördenivå är det inte ekonomiskt intressant att odla Salix i konventionell odling. En studie visar att skördenivån bör överstiga 8 ton torrs substanshalt (ts) per hektar och år för att få lönsamhet i odlingen. Helst bör skördenivåerna ligga kring 12 ton ts. I många av de odlingar som finns idag i Sverige (cirka 20 000 hektar) ligger skördenivåerna betydligt under 12 ton ts. En orsak till detta är att under de första fyra åren då odlingen etablerar sig är skördenivån cirka 25 % lägre per år än de

följande skördarna under odlingens varaktighet (cirka 25 år). En annan orsak är att skötseln ofta är eftersatt på grund av bristande kunskap från jordbrukarens sida då Salix är en ny gröda samt att Salix odlas på fel jordar. Skördenivåerna bedöms därför kunna öka betydligt i framtiden genom ökad kunskap men också tack vare att nya, mer högavkastande Salixsorter börjar säljas. Genom växtförädling beräknas de sorter som kommer ut på marknaden om några år kunna ge upp till 40 % högre skördar än de sorter som används i dag.

Förutom skördenivån är också priset på Salixbränslet en viktig faktor för lönsamheten. Vid kalkylberäkningar antas oftast priset ligga kring 115 kronor per MWh. Som jämförelse ligger idag priset för skogsflis, vilket är ett likvärdigt bränsle, kring 110 kronor per MWh. Det råder dock en stark prispress på inhemska biobränslen idag från den ökade importen av träbränsle, bl. a. returträbränsle. Om priset på Salixbränsle sjunker under 100 kronor per MWh beräknas lönsamheten för jordbrukaren försvinna.

Kostnaderna för Salixodling kan delas upp i ett flertal olika poster. Beräkningar visar att kostnaderna i samband med skörd, fälttransport, transport till värmeverk och förmedling svara för cirka 60 % av kostnaderna (se Tabell 3). Etablering, gödning, tillsyn, administration och avveckling svarar för cirka 40 %. Dessa kostnader är exklusive markersättning som i genomsnitt uppgår till cirka 400 kronor per hektar i norra Sverige respektive 1 600 kronor per hektar i södra Sverige, med en lokal variation utgående från

**Tabell 3.** Kostnadernas fördelning i konventionell Salixodling (exklusive markersättning d v s vinst för odlaren).<sup>1</sup>

	KRONOR PER HEKTAR OCH ÅR	% AV TOTALA KOSTNADEN
Etablering	797	19
Gödsling	763	18
Skörd	828	20
Fälttransport	517	12
Transport till värmeverk	743	18
Förmedling	394	9
Tillsyn & administration	120	3
Avveckling	59	1
Summa	4 221	100

<sup>1</sup> Räntefaktorn är 6 % och odlingsperioden 24 år.

Källa: Håkan Rosenqvist (1997). Salixodling – Kalkylmetoder och lönsamhet. Doktorsavhandling, Inst. för Skog-Industri-Marknads Studier (SIMS), Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

åkermarkens bördighetsklass, arrondering, dräneringsförhållanden etc. En faktor som skiljer odling av Salix från t. ex. spannmål är likviditet. Odling av Salix kan innebära negativ likviditet de första tio åren då relativt höga etableringskostnader fås de första åren medan intäkter från flisförsäljning kommer under senare år. För att kompensera för detta utgår idag ett statligt etableringsstöd för Salixodling om 5 000 kronor per hektar. Detta motsvarar knappt halva etableringskostnaden fram till första skörd. På detta sätt förkortas den tid negativ likviditet råder, men stödet har relativt liten betydelse för lönsamheten sett ur hela odlingens varaktighet.

Produktionskostnaden för rörflen är något lägre än för Salix uttryckt per hektar. Uttryckt per producerad energienhet är dock kostnaden högre, cirka 130 kronor per MWh, eftersom skördenivån är lägre i en rörflensodling än i en Salixodling. Likviditeten de inledande åren är dock bättre i en rörflensodling eftersom etableringskostnaden är betydligt lägre än i en Salixodling.

Som framgår av Tabell 3 beräknas transportkostnad till värmeverk utgöra cirka 20 % av totalkostnaden för Salix. Transportavståndet antas i detta

fall vara 3 mil vilket kan anses vara rimligt eftersom tätorter ofta ligger i jordbruksdominerade områden. Om transportavståndet ökar till det dubbla, dvs. 6 mil, medför detta att transportkostnaden ökar cirka 25 % och den totala kostnaden cirka 4 %. Varje mil längre transportavstånd ökar den totala kostnaden med motsvarande cirka 1,5 kronor per MWh. Transportkostnaden är något högre för rörflen än för Salix, dvs. transportavståndet har något större betydelse för totalalkylen för rörflen än för Salix.

I en kostnadsjämförelse med spannmål har Salix svårt att konkurrera på de bästa spannmålsjordarna och med gällande jordbruksstöd inom EUs jordbrukspolitik (CAP). Därför odlas idag Salix framför allt på jordbruksmark som inte får utnyttjas för livsmedelsproduktion, s. k. obligatorisk set-aside areal. På medelgoda och sämre spannmålsjordar kan det dock i vissa fall vara lönsamt att odla Salix på annat än denna areal. ”Set-aside areal” får användas för träda men också för odling av t. ex. energi-grödor. Genom att utnyttja denna areal för Salixodling i stället för träda ökar jordbrukarens intäkter genom att han får, förutom trädesbidrag, också intäkter från försäljning av Salixflis. Hur stor andel som ska tas ur livsmedelsproduktion ändras från år

till år beroende av gällande världsmarknadsöverskott/underskott av spannmål. Under de senaste åren har andelen ”set-aside areal” varierat från några procent upp till 15 % av gårdens åkerareal, dvs dessa skiftande förutsättningar gör lantbrukarna ovilliga att binda upp en för stor andel av åkermarken i Salixodling. Idag odlas Salix på mindre än 1 % av Sveriges åkerareal.

En annan osäkerhet för jordbrukaren är att stöden till de olika livsmedelsgrödorna inklusive träda (och därmed energigrödorna) varierar från år till år inom CAP. Detta medför att jordbrukarna vill kunna välja från år till år den gröda som ger högst ekonomisk avkastning inklusive stöd, dvs. ha maximal flexibilitet. Detta leder till minskad vilja att binda upp jorden i fleråriga energiodlingar. En långsiktig och stabil jordbrukspolitik inom EU är därför avgörande för att stimulera en ökad konventionell odling av Salix.

Det finns vissa situationer då lantbrukare trots dessa hinder finner det motiverat att odla Salix även på goda spannmålsjordar och utanför den obligatoriska ”set-aside arealen”. Ett exempel är då markägaren inte själv vill bruka marken utan alternativet är att arrendera ut marken. I detta fall kan det vara mera lönsamt att anlägga Salix och låta en entreprenör sköta odlingen, s. k. kontraktsodling, än att arrendera ut marken. Arbetsbehovet är betydligt lägre i en Salixodling än i en spannmålsodling. Det årliga arbetsbehovet är cirka 1–2 timmar per hektar i en Salixodling efter etableringsfasen jämfört med cirka 10 timmar per hektar i en spannmålsodling. Studier har visat att en vanlig kategori Salixodlare är äldre jordbrukare som närmar sig pensionsåldern. För denna kategori kan en övergång till mindre arbetsintensiva odlingssystem som Salixodling vara en lämplig strategi att successivt trappa av arbetsinsatsen i jordbruket. En annan kategori för vilka mindre arbetsintensiva odlingssystem är fördelak-

tiga är deltidjordbrukare, eller stora markägare som genom Salixodling kan minska personalstyrkan för att minska lönekostnader.

Ett annat sätt att öka lönsamheten i fleråriga energiodlingar är att utnyttja de potentiella synergieffekter som kan genereras i samband med odlingen och som beskrivits ovan. I nästa avsnitt redovisas hur de direkta kostnaderna för energiodling kan komma att förändras när dessa multifunktionella egenskaper utnyttjas.

## **10.2 Företagsekonomisk lönsamhet – multifunktionella energiodlingar**

Odlingskostnaderna för jordbrukaren kan minska när restprodukter som avloppsvatten och slam utnyttjas som gödselmedel i fleråriga energiodlingar eftersom behovet av handelsgödselmedel försvinner eller minskar i kombination med att skördarna ökar (se Tabell 4). Kommunen kan också minska sina kostnader genom billigare behandling av avloppsvatten och slam i vegetationsfilter än behandling på teknisk väg respektive deponering. Dessa multifunktionella energiodlingar medför således en ”win-win” situation, där såväl jordbrukaren som kommunen minskar sina kostnader. Jämför exemplet från Enköping.

Kostnaden för kväverening på teknisk väg i konventionella reningsverk varierar mellan cirka 70 till 180 kronor per kg kväve (N). Motsvarande kostnad i vegetationsfilter med Salix uppgår till cirka 55 till 95 kronor per kg N, dvs. kvävereningskostnaden är i genomsnitt cirka 50 kronor lägre per kg N i vegetationsfilter. I detta fall antas vegetationsfilter utnyttjas endast för sommarhalvårets avloppsvattenproduktion, dvs. utökad kväverening sker endast under halva året. Konventionell rening med fosforfällning antas då ske under vinterhalvåret. Om hela årsproduktionen av avloppsvatten ska renas på kväve med hjälp av vegetationsfilter krävs lagringsdammar

**Tabell 4.** Förändrade kostnader för jordbrukaren respektive kommunen vid utnyttjande av multifunktionella energiodlingar.<sup>1</sup>

MILJÖVINST	FÖRÄNDRAD ODLINGSKOSTNAD		FÖRÄNDRAD RESTPRODUKTKOSTNAD	
	Kronor per hektar och år	% av total odlingskostnad	Kronor per hektar och år	% av total odlingskostnad
Rening av avloppsvatten				
- Endast sommarhalvår	- 1 300	- 30 %	- 5 000	- 120 %
- Hela året	- 1 300	- 30 %	- 2 000	- 45 %
Lakvattenrening	- 1 300	- 30 %	-2 000	- 45 %
Slamåtervinning <sup>2</sup>	- 760	-20 %	- 580	- 15 %
Minskad jorderosion	- 1 200	- 28 %	-	-
Minskat näringsläckage	+ 300	+ 7 %	-	-
Kadmiumsänkning	-	-	+ 10	+ <1 %
Ökad markbördighet	- 65	- 2 %	-	-

<sup>1</sup> Ökad kostnad för odling respektive omhändertagande av restprodukter anges med (+), medan minskade kostnader anges med (-). Total odlingskostnad är exklusive markersättning till odlaren (se Tabell 3).

<sup>2</sup> Se även avsnitt 9.4.

vilket medför att vinsten med denna reningsteknik minskar till motsvarande cirka 20 kronor per kg N.

Med ökad storlek på tätorten ökar avståndet till omgivande åkermark där vegetationsfilter kan anläggas. Detta medför längre matarledningar och ökade kostnader. En grov uppskattning är att för tätorter upp till cirka 50 000 invånare krävs matarledningar som är maximalt 5 km långa (vilket kostnadsberäkningarna ovan baseras på). För större tätorter bedöms matarledningar upp till 10 km krävas vilket minskar vinsten med kväverening i vegetationsfilter (exklusive dammar) till cirka 35 kronor per kg N, jämfört med rening på teknisk väg. I riktigt stora städer bedöms endast en del av avloppsvattnet kunna behandlas i vegetationsfilter till en lägre kostnad än i tekniska kväveringssteg.

Kostnaden för lakvattenbehandling i vegetationsfilter med fleråriga energigrödor uppskattas bli cirka 20 kronor lägre per kg N än i konventionella reningsverk, då dammar för vinterlagring av lakvatten här krävs.

När det gäller behandlingskostnaden för slam minskar denna idag för kommunens del tack vare utebliven deponikostnad. En uppskattning är att denna vinst uppgår till motsvarande cirka 580 kronor per ton torrsbstans (ts) slam baserat på genomsnittliga, faktiska kostnader för investering och skötsel av deponi. Hänsyn har tagits till att extra kostnader för slamspridning på åkermark tillkommer.

När energiodlingar utnyttjas som buffertzoner utmed vattendrag bedöms odlingskostnaderna öka

något jämfört med konventionella odlingar. Anledningen är att odlingar i buffertzoner antas vara mindre (maximalt några hektar stora) än konventionella odlingar (oftast tiotals hektar) vilket leder till något ökade skördekostnader.

Genom att utnyttja Salix som lähagn i områden utsatta för vinderosion och fleråriga grödor i allmänhet som vegetationszoner i områden utsatta för vattenerosion beräknas skördeökningar om upp till cirka 10 % fås i omgivande odlingar av livsmedelsgrödor. Värdet av dessa skördeökningar överstiger de något ökade skördekostnader som fås på grund av att mindre arealer skördas vid varje tillfälle än vid konventionell energiodling.

Värdet av ökad markbördighet tack vare odling av fleråriga grödor baseras också på ökade skördar av livsmedelsgrödor. Eftersom dessa skördeökningar kan tillgodoräknas först efter cirka 25 år när energiskogsodlingen avvecklats reduceras dock nuvärdet av denna synergieffekt.

Vid sanering av kadmiumförorenad mark med hjälp av Salix fås extra kostnader vid förbränning av Salix-flisen i samband med att kadmium ska separeras ur flygaskan. Denna kostnad varierar bl. a. beroende av vilken teknik som används och anläggningens storlek. I större anläggningar med kombinerad utbränning av askans kolinnehåll och slutförbränning i avgaspanna där kadmium avskiljs i spärrfilter efter nedkylning, är kostnaden cirka 65 kronor per ton aska. I mindre anläggningar kan kostnaderna uppgå till cirka 370 kronor per ton aska. Av kostnadsskäl bör därför större anläggningar utnyttjas för kadmiumrening.

Dessutom tillkommer kostnader för stabilisering (t. ex. granulering) och spridning av askan som uppgår till cirka 250 kronor per ton aska. Av ekologiska, spridningstekniska och arbetshygieniska skäl bör as-

kan stabiliseras före spridning. Den totala kostnaden för att rena, stabilisera och sprida askan uppgår således till cirka 350 kronor per ton när rening sker i större förbränningsanläggningar. Denna kostnad är dock endast något högre än askans värde som gödselmedel som uppgår till cirka 300 kronor per ton. Detta gödselmedelsvärde kan tillgodoräknas eftersom askan återförs till åkermarken och inte behöver deponeras. Ett hektar Salix genererar cirka 200 kg aska utslaget per år vid förbränning, dvs. en nettokostnad om 50 kronor per ton aska motsvarar 10 kronor per hektar.

### **10.3 Miljöekonomisk lönsamhet – multifunktionella energiodlingar**

Flera av de positiva miljöeffekter som multifunktionella energiodlingar kan generera avspeglar sig inte som intäkter i företagsekonomiska kalkyler. Exempel är minskade diffusa utsläpp av näringsämnen och koldioxid från åkermark samt minskade halter av kadmium. För att kunna få en total samhällsekonomisk värdering krävs därför att dessa värderas ekonomiskt. Att ekonomiskt värdera miljöeffekter är vanskligt och kan ifrågasättas då denna värdering bl. a. alltid innehåller stora osäkerheter och varierar utifrån vilken värderingsmetod som används. Trots dessa osäkerheter är det viktigt att försöka beräkna de totala samhällsekonomiska effekterna av olika markanvändningssystem för att göra en rättvis jämförelse möjlig.

Ett sätt att värdera multifunktionella energiodlingars synergieffekter är att beräkna alternativkostnaden för att nå samma miljövinster. Ett exempel är att värdera det minskade kväveläckaget som fås när Salixodlingar används som buffertzoner utmed vattendrag utifrån kostnaden för att anlägga dammar med motsvarande reningseffekt. Denna metod bedöms medföra lägre osäkerhet i beräkningarna än t. ex. beräkningar av miljöskadestandarderna för olika utsläpp.

**Tabell 5. Miljöekonomiska vinster med multifunktionella energiodlingar.<sup>1</sup>**

MILJÖVINST	KRONOR PER HEKTAR OCH ÅR	% AV TOTAL ODLINGSKOSTNAD
Minskat näringsläckage genom skyddszon utmed vattendrag	3 000	70 %
Ökad kolinlagring i mineraljord	650	15 %
Minskad koldioxidavgång från mulljord (energigräs)	800	20 %
Kadmiumsanering	180	5 %

<sup>1</sup> Total odlingskostnad är exklusive markersättning till odlaren (se Tabell 3).

Värdet av den koldioxidreduktion som fås genom ökad kolinbindning i åkerjord när fleråriga energigrödor ersätter ettåriga livsmedelsgrödor har beräknats till cirka 650 kronor per hektar och år (se Tabell 5). Denna uppskattning baseras på en alternativkostnad för koldioxidreduktion som motsvarar gällande koldioxidskatt på fossila bränslen som används utanför industrin (cirka 36 öre per kg koldioxid). Denna kostnad kan ses som en genomsnittlig kostnad för koldioxidreduktion då kostnaden för koldioxidreduktion varierar stort beroende av vilka utsläppsmål som ska nås, vilken teknik som används etc. Värdet av minskade koldioxidutsläpp från mulljordar tack vare förändrad markanvändning uppskattas till 800 kronor per hektar och år, dvs. obetydligt högre än kolinbindning i mineraljord trots att koldioxidreduktionen uppskattas vara mer än 10 gånger större. Anledningen är att reduktionen från mulljordar inte specifikt beror av att energigrödor ersätter ettåriga livsmedelsgrödor utan att man slutar odla dessa grödor vilket medför minskar jordbearbetning. Alternativkostnaden antas därför i detta fall maximalt kunna motsvara markersättningen till jordbrukaren eftersom marken teoretiskt skulle kunna lagras i träda för att uppnå samma miljövinster.

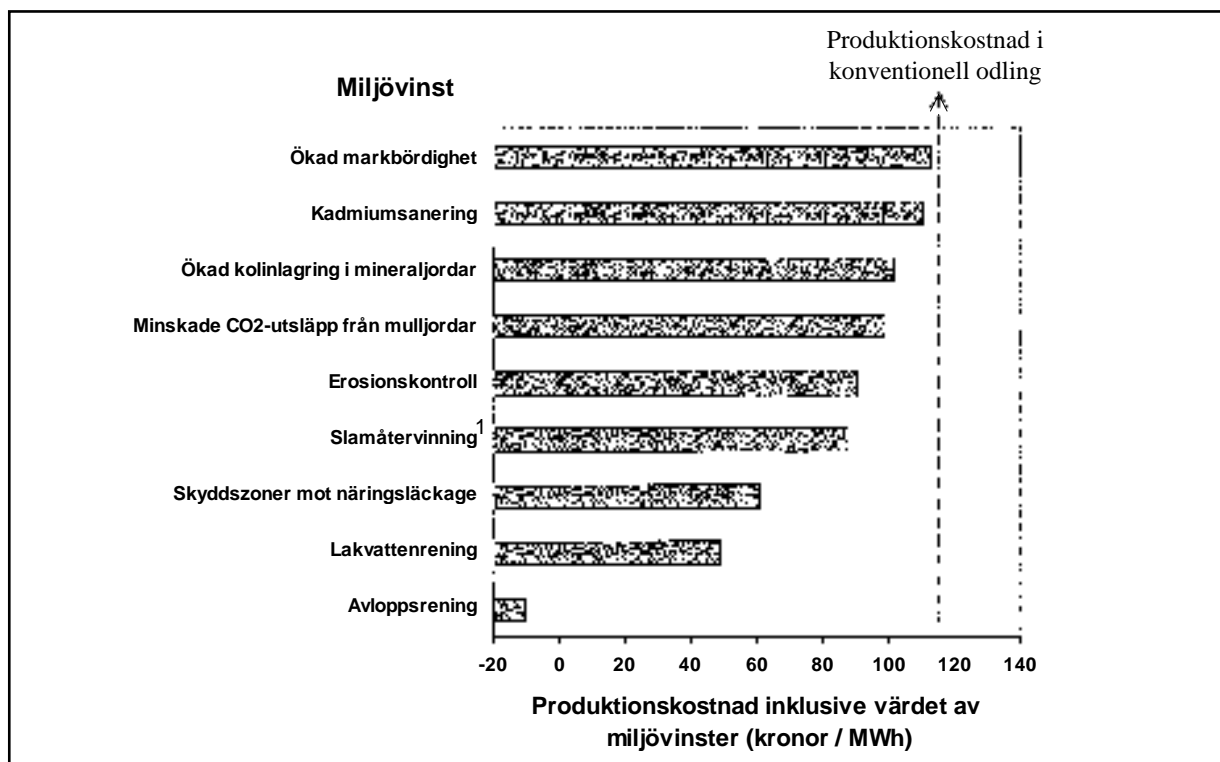
Värdet av det minskade näringsläckage som fås då energiodlingar utnyttjas som buffertzoner utmed vat-

tendrag har beräknats till cirka 3 000 kronor per hektar och år, baseras på alternativkostnaden för att uppnå samma miljövinster med hjälp av anlagda våtmarker. Denna åtgärd är i jämförelse med många andra åtgärder en kostnadseffektiv metod för att reducera näringsläckage från åkermark varför den är vanligt förekommande i Sverige i dag. Kostnaden för kväverening i anlagda våtmarker beräknas vanligen variera mellan 20 till 60 kronor per kg kväve.

När det gäller sanering av kadmiumförorenad mark med hjälp av Salix bedöms inga andra praktiska alternativa metoder finnas i dag. Värdet av denna sanering har därför baserats på nuvarande miljöavgift för kadmium i handelsgödsel (30 kronor per gram kadmium), vilket resulterar i ett värde motsvarande 180 kronor per hektar och år. Detta värde kan synas vara lågt och i framtiden kan värdet av kadmiumsanering komma att bli betydligt högre om ackumuleringen i åkermark fortsätter och riskerna ökar för att utsatta områden undantas för livsmedelsproduktion.

#### **10.4 Sammanfattande samhällsekonomisk bedömning**

I Figur 17 redovisas de samhällsekonomiska vinsterna med multifunktionella energiodlingar genom



**Figur 17.** Produktionskostnad för Salix i olika multifunktionella odlingar när värdet av den extra miljövinsten inkluderats i jämförelse med produktionskostnad i konventionell Salixodling (inklusive markersättning). På mulljordar antas energigräs odlas. <sup>1</sup> Se även avsnitt 9.4.

att direkta kostnader och miljökostnader summeras och därefter jämförs med kostnaderna för konventionella energiodlingar. Som framgår av Figur 17 har rening av avloppsvatten i vegetationsfilter störst ekonomiskt värde. För mindre tätorter kan värdet av denna rening ungefär motsvara produktionskostnaden för Salix. Ett något lägre värde har rening av lakvatten i vegetationsfilter (och avloppsvattenrening inklusive lagringsdammar) samt minskat kväveläckage genom skyddszoner, motsvarande cirka halva produktionskostnaden. Värdet av slamåtervinning och minskad erosion motsvarar ungefär 20 % av produktionskostnaden. Värdet av övriga miljövinster motsvarar cirka 15 ner till 2 % av produktionskostnaden för Salix.

Som framgår av detta avsnitt finns en stor potential för att utnyttja fleråriga energiodlingar för att minska miljöbelastningen från dagens konventionella jord-

bruksproduktion och från dagens omhändertagande av samhällets restprodukter som avloppsvatten, lakvatten och slam. Andelen åkermark som potentiellt kan utnyttjas för rening av avloppsvatten uppskattas kunna uppgå till maximalt cirka 3,5 % av Sveriges totala åkermark. Motsvarande andel för energiodlingar som skyddszoner mot näringsläckage, lähågn mot vinderosion och vegetationszoner mot vattenerosion uppskattas till cirka 3 %, 0,5 % respektive 1 %. Återvinning av slam kan maximalt komma att ske på cirka 5 % av den totala åkermarken. Vissa miljövinster kan fås på samma odlingsplats medan andra är specifika för en viss jordart, lokalisering i odlingslandskapet eller geografiskt område. Miljövinsten vid odling av energigrödor varierar således mellan olika regioner och beror bl. a. av geologiska och geografiska förhållanden (t. ex. jordart, nederbörd, vind etc), medan de befolkningsmässiga förhållandena styr mängden restprodukter

(avloppsvatten, slam etc.) som kan recirkulera till energiodlingar. Därför måste möjligheterna för att erhålla de olika miljövinster analyseras regionalt alternativt lokalt.

En storskalig satsning på fleråriga energigrödor som Salix och energigräs kan leda till en väsentligt förbättrad miljösituation i Sverige. Om t. ex. energigrödor odlas på 30 % av Sveriges åkermark samt utnyttjas som skyddszoner mot näringsläckage där det är möjligt, bedöms jordbrukets totala läckage av fosfor och kväve till vattendrag kunna reduceras med omkring 15 till 25 %. Samtidigt skulle jordbrukets totala emissioner av växthusgaser (både från fossila bränslen och markanvändning) minska i motsvarande omfattning, tack vare förändrad markanvändning. Genom att i stor skala utnyttja energiodlingar som vegetationsfilter för rening av avlopps- och lakvatten som komplement till konventionella reningsverk uppskattas utsläppen av kväve från dagens reningsverk kunna minska med upp till 40 %. Dessutom kan växtnäring motsvarande 2–3 % och 15–20 % av dagens kväve-, respektive fosforanvändning i form av handelsgödsel tas tillvara då avloppsslam som idag deponeras återvinns i energiodlingar. Cirka 5 ton kadmium kan avlastas åkermarken årligen med hjälp av Salixodlingar, vilket motsvarar fem gånger den årliga tillförseln. För miljö kvalitetsmål 9 Ett rikt odlingslandskap har Jordbruksverket föreslagit som delmål för åkermarkens tillstånd att ”Tillförsel av kadmium till åkermarken bör inte vara större än bortförseln”. Dessutom kan vind- och vattenerosionen minska på 40 000 respektive 140 000 hektar, vilket motsvarar 1,5 % respektive 5 % av Sveriges totala åkermark.

Förutom dessa lokala miljövinster medför produktionen av energigrödor att globala miljövinster fås då fossila bränslen ersätts. Om 30 % av Sveriges åkermark är tillgänglig för energiproduktion kan cirka 40 TWh biomassa produceras årligen om fler-

åriga energigrödor väljs (framför allt Salix). När denna biomassa utnyttjas för att ersätta fossila bränslen inom el- och värmeproduktion, vilket ger en större reduktion än när fossila drivmedel ersätts, kan Sveriges totala koldioxidutsläpp reduceras med cirka 15–20 %.

Varaktigheten av en förändrad miljöpåverkan bedöms här kunna uppgå till minst 25 år, dvs. så länge en Salixodling antas vara. Förutsättningarna för att längre in i framtiden utnyttja energiodlingar som skyddszoner och vegetationsfilter beror bl. a. av hur jordbrukets produktionsmetoder samt belastningen av antropogena föroreningar och restprodukter kommer att förändras. Vissa miljövinster som reducerad vind- och vattenerosion varar dock så länge som energigrödorna odlas. Varaktigheten av ökad kolinlagring i mineraljord och kadmiumavlastning bestäms framför allt av markfysikaliska och markkemiska förutsättningar, medan varaktigheten av minskad koldioxidavgång från organogena jordar begränsas av mäktigheten av torvlagret. Dessa miljövinster återkommer dock igen med liknande varaktighet på nya odlingsplatser när energiodlingarna flyttas.

När det ekonomiska värdet av olika miljövinster vid energiodlingar inkluderas kan nettokostnaderna för stora kvantiteter energigrödor mer än halveras, vilket medför ökad konkurrenskraft gentemot fossila bränslen. En halverad produktionskostnad för t. ex. Salix motsvarar cirka 60 SEK per MWh, vilket ungefär är jämförbart med dagens pris för fossilt kol exklusive skatter. Priset för andra fossila bränslen som naturgas och eldningsolja är högre än för kol, när skatter exkluderas.

De ekonomiska incitamenten för att utnyttja en energiodlings potentiella miljövinster kommer sannolikt också att påverka hur, och i vilken omfattning, fleråriga energigrödor kommer att odlas. För



såväl jordbrukaren som kommunen framstår det som ekonomiskt fördelaktigt att utnyttja energiodlingar i närhet till tätorter för rening av avloppsvatten, jämfört med konventionell energiskogsodling respektive reningsteknik. Det finns också ett ekonomiskt incitament för jordbrukaren att utnyttja energiodlingar mot vind- och vattenerosion samt för att öka markbördigheten.

Odling av fleråriga energigrödor i skyddszoner eller på mulljordar medför dock ökade kostnader respektive ingen extra vinst för jordbrukaren, medan dessa odlingar medför en vinst för samhället genom minskat näringsläckage respektive minskad koldioxidavgång. Från samhällets sida framstår det därför som kostnadseffektivt att stimulera anläggandet av energiodlingar som skyddszoner utmed vattendrag för att reducera näringsläckage och oönskad eutrofiering, samt styra om bruksformerna på mulljordar för att reducera avgången av koldioxid. Slutligen är information till olika berörda aktörer om potentiella miljövinster vid odling av fleråriga energigrödor sannolikt också en viktig faktor för i vilken omfattning dessa kommer att utnyttjas.

# 11. Landskapsbild

Landskapsbild är ett sammantaget begrepp för det visuella intryck landskapet ger. Salixodlingar som är omfattande kan medföra förändringar i landskapets karaktär. Men med hjälp av vissa principer kan allt för stora ingrepp i landskapsbilden undvikas. Beträktelseavstånd, odlingens storlek och fördelning i landskapsrummet är viktiga att beakta. Landskapets överblickbarhet och möjlighet till utblickar är betydelsefulla. För att skydda värdefulla miljöer bör energiodlingar lokaliseras så att de underordnar sig omgivningens huvudkaraktär.

En uppvuxen energiskog skärmar av det bakomliggande landskapet så att helheten blir svår att uppfatta. För att minska denna skärmeffekt bör avståndet mellan betraktare och skogskant vara så stort som möjligt. Om avståndet är mindre än tre gånger energiskogens höjd, dvs. ca 15–20 meter, upplevs odlingen som trängande och landskapets överblickbarhet minskar.

I de fall där energiskogsodlingen kan förläggas i anslutning till högre vegetation eller nedanför en kulle utnyttjas dessa element som kuliss. På detta sätt påverkas inte horisonten och störningarna i landskapsbilden blir inte så stora. Energiskogsodlingar kan med fördel placeras i landskapets lågpunkter så att överblickbarheten bevaras.

Hur landskapets helhetskaraktär förändras beror till stor del på förhållandet mellan Salixodlingens storlek och det omgivande landskapsrummets dimensioner. Vill man minska intrycket av energiskogs-

odlingar bör man välja storlek och antal som är anpassade till landskapets skala. Samma areal kan ha helt olika effekt beroende på om den placeras i ett halvöppet skogslandskap eller ute på slättbygden. Generellt kan sägas att ju öppnare landskapet är desto större bör odlingarna vara. Många små odlingar i ett slättlandskap ger ett uppsplittrat intryck. I skogrika trakter måste öppen mark bibehållas mellan odlingarna för att landskapet inte ska upplevas som förmörkat eller slutet.

I kulturhistoriskt intressanta områden eller i miljöer där det rör sig ett större antal människor kan särskild hänsyn vara nödvändig. Omgivningar till gravhögar och slottsmiljöer är exempel på områden där Salixodlingar helt bör undvikas. Vid odlingar i närheten av tätorter och i nära anslutning till bebyggelse på landet bör kontakten med närliggande natur och möjligheten till utblickar över landskapet beaktas, så att odlingen inte ger en känsla av instängdhet och avskärmning.

I vissa utsatta lägen på slätter kan en väl planerad odling vara ett bra tillskott som t. ex. vindskydd och ge lä åt bebyggelse och förhindra jordflykt och andra negativa effekter av starka vindar. Dess skärmeffekt kan dessutom utnyttjas för att dölja eller dämpa intrycket av industriella anläggningar som, genom sin skala och kontrast gentemot omgivningen, förfular landskapsbilden.

Strandängar är ofta lämpliga för Salixodlingar ur vatten- och näringssynpunkt och näringsläckage från

angränsande åkrar tas till vara av energiskogen i stället för att övergöda sjöar och vattendrag. Men överblickbarheten och utblickarna över sjöar och vattendrag är viktiga för landskapsbilden.

Inom områden av värde för naturvården och friluftslivet och kulturmiljön bör lokalisering av energiskog undvikas. Det är ofta natursköna områden som avviker från sin omgivning och energiskog skulle kunna förändra växt- och djurliv men också helhetskaraktären på omgivande landskap. En energiskog är dessutom alltid likåldrig och gallras inte, varför den kan ge ett ogenomträngligt intryck. Tillgängligheten blir starkt begränsad så länge odlingen består och bidrar, liksom all annan odling på jordbruksmark, inte till utökade rekreativsmöjligheter.

(Källa: *Energiskog i landskapet*, 1993 Närings- och teknikutvecklingsverket, NUTEK).

## Referenser och lästips

- Aronsson, P. (2000). Nitrogen Retention i Vegetation Filters of Short-Rotation Willow Coppice, Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Aronsson, P. och Perttu, K. (1994). Willow Vegetation Filters for Municipal Wastewaters and Sludges. Avd. för Skoglig Intensivodling, Inst. för Ekologi och Miljövård, Rapport 50, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Boverket. (1994). Sverige 2009 – Förslag till vision. Boverket rapport 1994:14.
- Börjesson, P. (1994). Energianalyser av biobränsleproduktion i svenskt jord- och skogsbruk – idag och kring 2015. Institutionen för miljö- och energisystem, Rapport 17, Lunds Universitet, Lund.
- Börjesson, P. (1997). Miljöeffekter vid odling av energigrödor – identifiering, kvantifiering och ekonomisk värdering. Vattenfall Utveckling AB, Projekt Bioenergi, Rapport 1997/4, Stockholm. Kan beställas från Vattenfall Support AB, Dokument-service.
- Börjesson, P. (1998). Biomass in a Sustainable Energy System. Institutionen för miljö- och energisystem, Doktorsavhandling, Lunds Universitet, Lund.
- Danfors, B (1992). Salixodling – Maskiner, arbetsmetoder och ekonomi. Jordbrukstekniska institutet, Meddelande 436, Uppsala.
- EG-rådet (1991). Direktiv om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse (91/271/EGG).
- Eriksson, J. och Ledin, S. (1995). Effekter av långvarig Salixodling på kadmiuminnehållet i jorden – pilotstudie. Vattenfall UB 1995/6, Stockholm.
- Geber, U. och Tuveesson, M. (1993). Vallväxters egenskaper som producenter av energi- och fiberåvara och som biologisk renare av näringsrika vatten. Institutionen för växtodlingslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Växtodling 43, Uppsala.
- Gustavsson, L, Börjesson, P. Johansson, B. Svenningsson, P. och Johansson, T.B. (1994). Användning av biobränslen för att minska koldioxidutsläppen i Sverige. Bilaga i Rapport från Klimatdelegationen, Statens Offentliga Utredningar 1994:138, Fritzes, Stockholm.
- Hadders, G. (1994). Våras det för rörflen? Närings- och teknikutvecklingsverket (NUTEK), R 1994:55, Stockholm.
- Hasselgren, K (1995). Kadmiumhalt i Salixodlingar efter behandling med kommunala restprodukter. Vattenfall Utveckling AB, Projekt Bioenergi, Rapport 1995/1, Stockholm. Kan beställas från Vattenfall Support AB, Dokument-service.
- Johansson, B. (1996). Transportation fuels from Swedish biomass – environmental and cost aspects. Transportation Research and Development, Vol. 1, pp. 47-62.

- Kemikalieutredningen, SOU 2000:53, Varor utan faror – förslag till genomförande av nya riktlinjer inom kemikaliepolitiken.
- Klimatdelegationen (1998). Energiläget år 2050. Naturvårdsverket rapport 4894.
- Klimatkommittén, SOU 2000:23. Förslag till svensk klimatstrategi.
- Lewan, L., Måsbäck, S. och Wärneryd, O. (1985). Läplanteringar – ett gemensamt intresse för privata markägare och kommuner. Informationssektariatet, Lunds Universitet, Lund.
- Miljöproposition 1997/98:145. Svenska miljömål. Miljöpolitik för ett hållbart Sverige.
- Miljömålskommittén, SOU 2000:52, Framtidens miljö – allas vårt ansvar.
- Naturvårdsverket (1997). Det framtida jordbruket. Slutrapport från systemstudien för ett miljöanpassat och uthålligt jordbruk. Naturvårdsverkets framtidsstudie 2021. Naturvårdsverket rapport 4755.
- Naturvårdsverket (1997). Kväve från land till hav, huvudrapport. Naturvårdsverket rapport 4735.
- Naturvårdsverkets författningssamling (1994). Kunngörelse med föreskrifter om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse. SNFS 1994:7 MS:75.
- Närings- och Teknikutvecklingsverket, NUTEK, (1993). Energiskog i landskapet – råd och anvisningar för lokalisering. Stockholm.
- Proposition 1996/97:84. En uthållig energiförsörjning.
- Ridell-Black, D. (1994). Heavy metal uptake by fast growing willow species. In "Willow vegetation filters for municipal wastewater and sludges". eds. P. Aronsson and K. Perttu. Report 50, Dept. of Ecology and Environmental Research, Swedish University of Agricultural Science, Uppsala.
- SAME (1999). Hållbar energiframtid? Långsiktiga miljömål med systemlösningar för el och värme. (Energimyndigheten, Fjärrvärmeföreningen, Kraftverksföreningen, Naturvårdsverket.) Naturvårdsverket rapport 4965.
- Sennerby-Forsse, L. och Johansson, H. (1989). Energiskog – Handbok i praktisk odling. Sveriges Lantbruksuniversitet, Speciella Skrifter 38, Uppsala.
- Sjösvärd, L. (1995). Spridningstekniker för slam i Salixodlingar. Vattenfall Utveckling AB, Projekt Bioenergi, Rapport 1995/2, Stockholm. Kan beställas från Vattenfall Support AB, Dokumentservice.
- Stridsberg, S. (1998). Biobränslenas sysselsättnings-effekter. Vattenfall Utveckling AB, Projekt Uthålliga Energilösningar, Rapport 1998/1, Stockholm.
- Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen (VAV), VA-Forsk (1999). Bevattning av energiskog med biologiskt behandlat avloppsvatten. VA - Forsk-rapport 1999-05.
- Westermarck, M och Gromulski, J. (1996). Termisk kadmiumrening av trädbränsleaskor. Närings- och Teknikutvecklingsverket, NUTEK, Rapport 1996:30, Stockholm.
- Åbyhammar, T. Fahlin, M. och Holmroos, S. (1993). Kadmium i biobränslesystemet. Vattenfall Utveckling AB, Projekt Bioenergi, Rapport 1993/13, Stockholm. Kan beställas från Vattenfall Support AB, Dokumentservice.

# Rapportlista

## Rapporter på svenska

1. Bioenergi och kretslopp stad/land – en samsyn. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-625-3, Naturvårdsverket 91-620-5099-0.
2. Eggimann, B. 2000. Fysisk planering med strategisk miljöbedömning (SMB) för hållbarhet. En teoretisk diskussion och förslag till SMB-process med Stockholms stad som modell. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-583-4, Naturvårdsverket 530-620-5041-9.
3. Exempelsamling temastudie GIS. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). Se SAMS hemsida på Internet: [www.environ.se/sams](http://www.environ.se/sams).
4. Falkheden, L och Malbert, B. 2000. Fysiska strukturer för hållbar utveckling i medelstora och små städer och tätorter. En kunskapssammanställning. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS), Chalmers tekniska högskola, Arkitektursektionen, Tema Byggd miljö och Hållbar utveckling. Se SAMS hemsida på Internet: [www.environ.se/sams](http://www.environ.se/sams)
5. För en bärkraftig samhällsutveckling – miljömål och indikatorer i fysisk planering. 1997. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN 91-7147-368-8.
6. GIS och miljömål i fysisk planering. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-619-9, Naturvårdsverket 91-620-5093-1.
7. Hållbara strukturer. 1999. Regionplane- och trafikkontoret. Promemoria 15:99. ISSN 1402-134X, RTN 9710-0189. Medfinansierad av Boverket och Naturvårdsverket (SAMS).
8. Idédiskussion kring SMB i planering. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-626-1, Naturvårdsverket 91-620-5100-8.
9. Indikatorer i fysisk planering, En kunskapsöversikt. 1999. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-493-5, Naturvårdsverket 91-620-4930-5.
10. Lerman, P. 2000. Fysisk planering arena för samspel: miljömål, miljökvalitetsnormer, indikatorer konsekvensanalyser. Se SAMS hemsida på Internet: [www.environ.se/sams](http://www.environ.se/sams).
11. Lewan, L. Ekologiska fotavtryck och biokapacitet – verktyg för planering och uppföljning av hållbar utveckling i ett internationellt perspektiv. Rapport till SAMS-projektet, Boverket och Naturvårdsverket (SAMS), Miljövetenskapligt centrum, Lunds universitet, april 2000. ISBN Boverket 91-7147-647-4, Naturvårdsverket 91-620-5123-7.

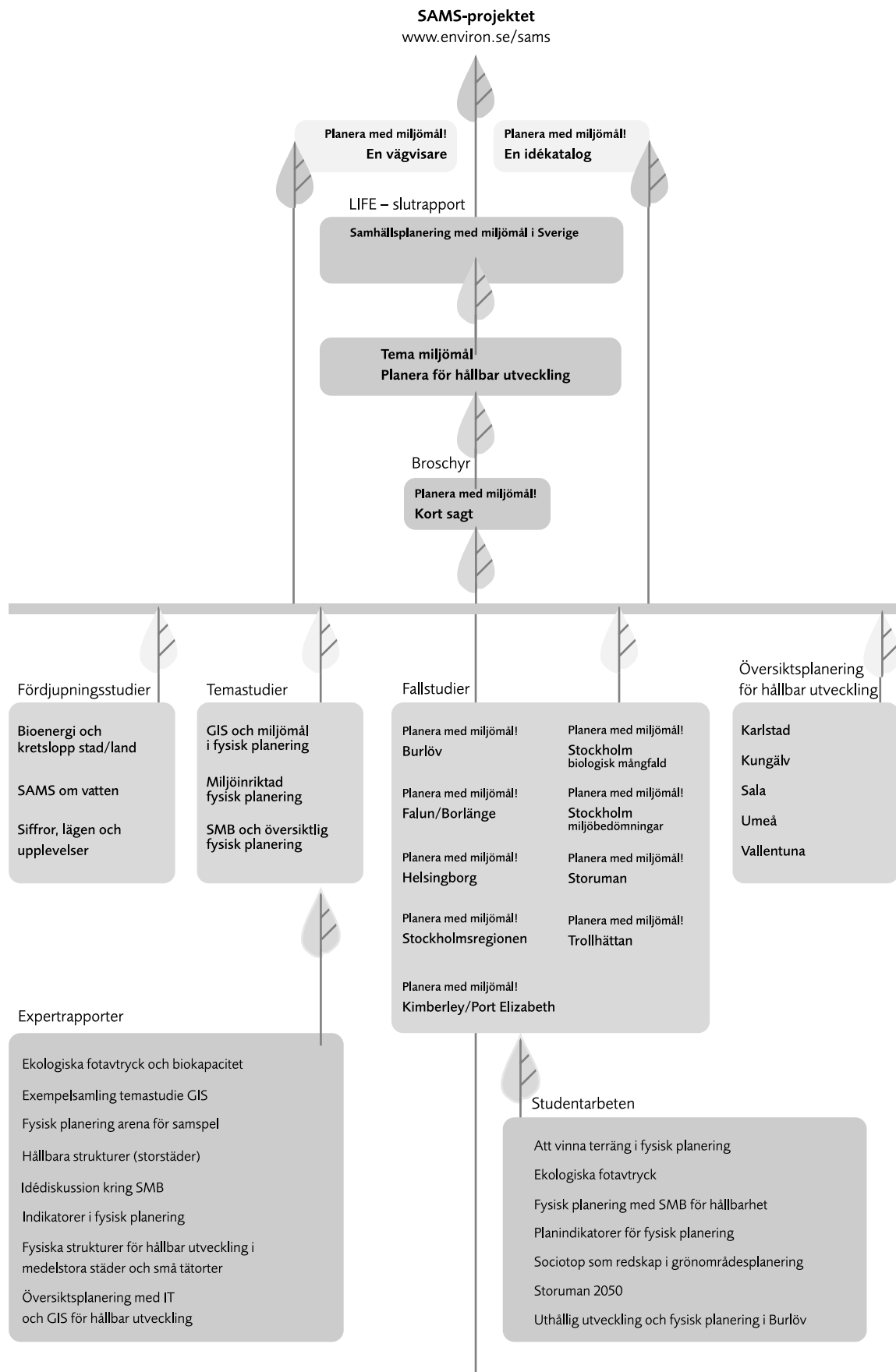
12. Miljöinriktad fysisk planering. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-621-0, Naturvårdsverket 91-620-5095-8.
13. Miljömål och indikatorer i fysisk planering – Port Elizabeth och Kimberley i Sydafrika, Delrapport 1. 1998. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-484-6, Naturvårdsverket 91-620-4922-4.
14. Nordiskt projekt om SMB för planer och program. Bilaga till rapporten SMB och översiktlig fysisk planering. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). Se SAMS hemsida på Internet: [www.viron.se/sams](http://www.viron.se/sams).
15. Planera med miljömål! En idékatalog. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-618-0, Naturvårdsverket 91-620-5092-3.
16. Planera med miljömål! En vägvisare. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-617-2, Naturvårdsverket 91-620-5091-5.
17. Planera med miljömål! Fallstudie Burlöv, livsmiljöprojektet . 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-627-X, Naturvårdsverket 91-620-5101-6.
18. Planera med miljömål! Fallstudie Falun/Borlänge, skogs- och odlingslandskapet. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-632-6, Naturvårdsverket 91-620-5106-7.
19. Planera med miljömål! Fallstudie Helsingborg, tillgänglighet till miljöanpassade transportsystem. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-628-8, Naturvårdsverket 91-620-5102-4.
20. Planera med miljömål! Fallstudie Storuman, scenarier för hållbar utveckling. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-633-4, Naturvårdsverket 91-620-5107-5.
21. Planera med miljömål! Fallstudie Stockholm, biologisk mångfald i fysisk planering. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-630-X, Naturvårdsverket 91-620-5104-0.
22. Planera med miljömål! Fallstudie Stockholm, miljöbedömningar i fysisk planering. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-631-8, Naturvårdsverket 91-620-5105-9.
23. Planera med miljömål! Fallstudie Stockholmsregionen, miljöbedömning av Regionplan 2000. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-634-2, Naturvårdsverket 91-620-5108-3.
24. Planera med miljömål! Fallstudie Trollhättan, god bebyggd miljö. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-629-6, Naturvårdsverket 91-620-5103-2.
25. Planera med miljömål! Kort sagt. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). Boverket nr 7147-644-X, ISBN Naturvårdsverket 91-620-8007-5.
26. Samhällsplanering med miljömål i Sverige, Lägesredovisning 1. 1998. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-489-7, Naturvårdsverket 91-620-4927-5..

27. Samhällsplanering med miljömål i Sverige, Lägesredovisning 2. 1998. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-491-9, Naturvårdsverket 91-620-4928-3.
28. Samhällsplanering med miljömål i Sverige, Lägesredovisning 3. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). 1999. ISBN Boverket 91-7147-555-9, Naturvårdsverket 91-620-4928-3.
29. Samhällsplanering med miljömål i Sverige, Interrimrapport och Lägesredovisning 4. 2000. Boverket och Naturvårdsverket. ISBN Boverket 9147-7147-581-8, Naturvårdsverket 91-620-5032-X.
30. Samhällsplanering med miljömål i Sverige, slutredovisning. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-646-6, Naturvårdsverket 91-620-5122-9.
31. Sams om vatten – samhällsplanering för en långsiktigt hållbar vattenförsörjning. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-623-7, Naturvårdsverket 91-620-5097-4.
32. SAMS - SMB, vad finns inom olika sektorer ? En genomgång av olika rapporter mm. Bilaga till rapporten SMB och översiktlig fysisk planering. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). Se SAMS hemsida på Internet: [www.environ.se/sams](http://www.environ.se/sams).
33. Siffror, lägen och upplevelser – idéskisser för användning av GIS i samhällsplanering. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-624-5, Naturvårdsverket 91-620-5098-2.
34. SMB och översiktlig fysisk planering. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-622-9, Naturvårdsverket 91-620-5096-6.
35. Tema miljömål: Planera för hållbar utveckling. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket ISBN 91-7147-643-1, Naturvårdsverket 91-620-8006-7.
36. Översiktplanering för hållbar utveckling – exempel från 5 kommuner. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-620-2, Naturvårdsverket 91-620-5094-X.
37. Översiktsplanering med IT och GIS för hållbar utveckling – rapport från tre seminariedagar våren 1999. 2000. Boverket och Naturvårdsverket (SAMS). ISBN Boverket 91-7147-577-X, Naturvårdsverket 91-620-5025-7.



## Rapporter på engelska

1. Environmental Indicators in Community Planning – A presentation of the Literature. 1999. The Board of Regional Planning and Urban Transportation, The National Board of Housing, Building and Planning and The Swedish Environmental Protection Agency (SAMS). ISBN NBHBP 91-7147-558-3, SEPA 91-620-5011-7.
2. Environmental Objectives and Indicators in Port Elizabeth and Kimberley, South Africa, progress report 1. 1998. The National Board of Housing, Building and Planning and The Swedish Environmental Protection Agency (SAMS). ISBN NBHBP 91-7147-463-3, SEPA 91-620-4923-2.
3. Environmental Objectives and Indicators in Spatial Planning and Strategic Environmental Assessments (SEA), Progress report no 1. 1998. The National Board of Housing, Building and Planning and The Swedish Environmental Protection Agency (SAMS). ISBN NBHBP 91-7147-490-0, SEPA 91-620-8011-7.
4. Environmental Objectives and Indicators in Spatial Planning and Strategic Environmental Assessments (SEA). Interimreport and Progress report no 4. 2000. The National Board of Housing, Building and Planning and The Swedish Environmental Protection Agency (SAMS). ISBN NBHBP 91-7147-582-6, SEPA 91-620-5033-8.
5. Environmental Objectives and Indicators in Spatial Planning and SEA, Kimberley and Port Elisabeth, South Africa. Final report. 1999. The National Board of Housing, Building and Planning and The Swedish Environmental Protection Agency (SAMS). ISBN NBHBP 91-7147-565-6, SEPA 91-620-5014-1.
6. Planning with environmental objectives! A guide. 2000. The National Board of Housing, Building and Planning and The Swedish Environmental Protection Agency (SAMS). ISBN NBHBP 91-7147-650-4, SEPA 91-620-5124-5.
7. Planning with environmental objectives! In short. 2000. Planning for sustainable development. 2000. The National Board of Housing, Building and Planning and The Swedish Environmental Protection Agency (SAMS). NBHBP No 7147-651-2, ISBN SEPA 91-620-8009-1.
8. Theme environmental objectives: Planning for sustainable development. 2000. The National Board of Housing, Building and Planning and The Swedish Environmental Protection Agency (SAMS). ISBN NBHBP 91-7147-649-0, SEPA 91-620-8008-3.
9. The Use of Indicators in Spatial Planning – A Situation Report. 1999. The National Board of Housing, Building and Planning and The Swedish Environmental Protection Agency (SAMS). ISBN NBHBP 91-7147-559-1, SEPA 91-620-5010-9.
10. Towards Sustainable Development – Environmental Objectives and Indicators in Spatial Planning. 1998. The National Board of Housing, Building and Planning and The Swedish Environmental Protection Agency (SAMS). ISBN NBHBP 91-7147-464-1, ISBN SEPA 91-620-4905-4.



---

## Sammanfattning av Klimatkommitténs (M 1998:06) betänkande

*med tonvikt på inrättande av Klimatråd, informationsinsatser och lokala klimatprogram (KLIMP)*

### Allmänt

Kommittén har i sitt betänkande lämnat förslag till *svensk klimatstrategi* som omfattar förslag till mål samt *ett handlingsprogram* för att nå målen. De överväganden som ligger till grund för strategin understryker *behovet av internationell samverkan, behovet av ett långsiktigt tänkande samt samband med och avgränsning mot andra politikområden*. Ett genomförande av strategin berör hela samhället. Det är därför nödvändigt att bli behandla sambandet med andra politikområden. Kommittén anser att klimatpolitiska överväganden ska ingå som en naturlig del i samband med att förslag utarbetas inom de politikområden som är av betydelse för ett genomförande av klimatpolitiken.

*Handlingsprogrammet* innehåller åtgärder, styrmedel samt planer och organisation för genomförandet. Strategin avser tiden fram till år 2050. Handlingsprogrammet sträcker sig fram till år 2010. Sambanden mellan olika politikområden blir också tydlig genom att kommitténs förslag berör flera myndigheter inom olika samhällssektorer. Kommittén föreslår att informativa, administrativa och ekonomiska styrmedel ska användas för att nå de föreslagna målen. I handlingsprogrammet ingår åtgärder på såväl kort som lång sikt för att uppnå målen. För att genomföra handlingsprogrammet föreslår kommittén en konstruktion med *ett baspaket* av åtgärder som kan beslutas och till stor del införas omgående och *ett tilläggs paket* med åtgärder som ska genomföras längre fram.

*Baspaketet* består av informationsinsatser, åtgärder och utredningar. Baspaketets åtgärder kan beslutas omgående och kommitténs förslag till finansiering gäller för åtgärder i baspaketet fram till och med år 2004. I *tilläggs paketet* finns åtgärder och styrmedel som möjliggör ytterligare utsläppsminskningar utöver baspaketet men som erfordrar ytterligare överväganden. De styrmedel som staten forfogar över kan enligt Klimatkommittén indelas i tre kategorier; -administrativa styrmedel dvs regleringar, påbud och förbud, -ekonomiska styrmedel samt -informativa styrmedel bli forskning och utveckling samt information.

Kommitténs förslag syftar till att engagera hela samhället vid ett genomförande av klimatpolitiken. Förslagen bygger dels på att olika informationsinsatser ska genomföras, dels att åtgärder ska vidtas inom alla sektorer för att minska utsläppen av växthusgaser. Man anser att ökad kunskap och ökad medvetenhet är avgörande för att skapa en delaktighet som underlättar nödvändiga omställningar.

### **Förslag till Klimatråd**

Kommittén föreslår att samordning inom regeringskansliet förstärks och att *ett särskilt Klimatråd* på myndighetsnivå inrättas. Rådet bör vara rådgivande och utgöra ett stöd för Naturvårdsverket i deras nuvarande myndighetsuppgifter avseende de frågor som rör genomförandet av klimatpolitiken och efterföljande rapportering. Rådet bör därvid medverka till att ta fram underlag för en samlad utvärdering för att säkerställa genomförande av klimatpolitiken. Till rådet bör ett mindre kansli knytas. Följande myndigheter bör ingå i rådet: Naturvårdsverket, Boverket, Statens energimyndighet, NUTEK, Banverket, Luftfartsverket, Sjöfartsverket, Vägverket, SIKÅ, Konsumentverket, Statens Jordbruksverk, Sida och Skogsvårdsorganisationen, dvs Skogsstyrelsen och Skogsvårdsstyrelsen.

### **Förslag till informationsinsatser**

Kommittén anser att det är *angeläget att pröva informationsinsatser* som ett medel för att åstadkomma ett engagemang på alla nivåer i samhället. Det är väsentligt att såväl medborgare som företag får information om hur användningen av fossila bränslen kan nedbringas. Information är också väsentlig i dialogen mellan riksdagen och medborgarna.

Regeringen bör skyndsamt utforma information till medborgarna och samhället i stort om växthuseffekten enligt klimatkonventionens krav (artikel 6). Informationen bör utformas i bred samverkan med myndigheter, näringsliv, fackliga organisationer, kommuner och frivilliga organisationer i syfte att höja medvetandet om klimatproblemet. Statens utgifter uppskattas till 300 miljoner kr och kampanjen bör genomföras under perioden 2001-2003.

Informationsinsatserna bör därför genomföras på alla nivåer och i samverkan med t ex folkbildnings- och branschorganisationer. Syftet är att höja kunskapen och öka medvetenheten så att en delaktighet kan åstadkommas för att kunna genomföra nödvändiga åtgärder och omställningar.

I det baspaket av åtgärder som kommittén föreslår är informationsinsatser av stor vikt. Dessa informationsinsatser har tre huvudsyften. De första är att tydliggöra allvaret i klimatproblemet och att informera olika aktörer i samhället om vilka åtgärder som de kan vidta för att minska utsläppen av koldioxid och andra växthusgaser. Det tredje syftet är att informationen ska ge en tydlig signal om att den skärpning av klimatpolitiken som nu inleds även fortsättningsvis kommer att gälla och kan komma att skärpas ytterligare. De åtgärder och de informationsinsatser som föreslås i baspaketet ska ses som ett första steg i klimatpolitiken och förhoppningen är att dessa åtgärder ska underlätta den anpassningsprocess som är nödvändig på längre sikt.

Genom att ge enskilda och företag tidiga signaler om kommande förändringar så ger man dem därmed ökad möjlighet och flexibilitet att själva välja när och hur de ska sätta in egna åtgärder. Kommittén föreslår därför att en massiv informationsinsats också är nödvändig för att skapa förståelse för de förändringar av styrmedel som erfordras.

### **Stöd till lokala klimatprogram (KLIMP)**

Klimatkommittén bedömer att det är särskilt viktigt att klimatfrågan i högre utsträckning uppmärksammas på alla samhällsnivåer för att mål på kort och lång sikt ska kunna nås. Staten bör i ökad utsträckning *stödja lokala projekt* som syftar till att minska utsläpp av växthusgaser och/eller effektivisera energianvändningen. Det är också viktigt att allmänhet, företag och organisationer samverkar i detta arbete. Kommittén föreslår därför att stöd för lokala klimatprogram (KLIMP) bör utformas med syfte att hitta kostnadseffektiva åtgärder för att reducera

växthusgasutsläppen och minska energianvändningen. Det fortsatta arbetet på den regionala och lokala nivån bör stödjas bl a genom statliga bidrag till klimatpolitiska program, så att åtgärder kan genomföras utifrån lokala förutsättningar.

En myndighet bör ansvara för fördelning av medel till programmen. Medel ska fördelas med hänsyn till projektens relativa kostnadseffektivitet. Projekt inom klimatprogrammen bör ha tydliga mål, vilket underlättar uppföljning och utvärdering. Programmets inriktning beskrivs i kapitel 9 och avsnitt 13.1.1. Statens utgifter föreslås till 600 miljoner kronor per år under en 4-års period.

### Övrigt

Regeringen bör genomföra en samlad utvärdering av de olika utredningarna om miljööverenskommelser, som bedrivs inom Näringsdepartementet, Miljövårdsberedningen och Naturvårdsverket för att åstadkomma en utveckling.

Kommittén föreslår dessutom att regeringen ger *särskilda uppdrag* till följande myndigheter: Statens energimyndighet, NUTEK, Naturvårdsverket, Boverket, Konsumentverket, Skogsstyrelsen, Vägverket, Luftfartsverket, Sjöfartsverket, Banverket, SIKÄ. Kommittén inleder de föreslagna uppdragsbeskrivningarna med samma text till samtliga myndigheter. Den likalydande inledningstexten är: ”*Myndigheten ska för de åtgärder som innehåller informationsinsatser samordna insatser med berörda myndigheter.*” Kommittén föreslår alltså att samtliga angivna myndigheter skall arbeta med informationsinsatser. För Statens energimyndighet föreslås även följande: ”Statens energimyndighet bör ges i uppdrag att i samråd med branschföreningar och Svenska Kommunförbundet sprida information om system för *energieffektiv upphandling* för industrier och näringsliv.” Konsumentverket föreslås att i samarbete med Naturvårdsverket få i uppdrag att utforma ett *informationsmaterial* som konkret beskriver vad hushåll själva kan göra för att minska utsläppen av växthusgaser.

I kommitténs förslag till regeringsuppdrag för Naturvårdsverket föreslås bl a att ökade resurser avsätts för klimatforskning. Naturvårdsverket bör ges i uppdrag att i samverkan med de grundforskningsråd och myndigheter som har relevans för svensk klimatforskning arbeta fram en plan för hur ökade resurser bäst disponeras för att stärka svensk klimatforskning. Planen bör innefatta såväl naturvetenskaplig, samhällsvetenskaplig som humanistisk forskning.

Kommittén föreslår även att regeringen lämnar uppdrag till särskilda utredningar mm. Man föreslår bl a tilläggsdirektiv till utredningen om *översyn av miljöbalken* angående miljöbalkens förenlighet dels med flexibla mekanismer dels med miljööverenskommelser.

Kommittén lämnar förslag till åtgärder på *regional och lokal nivå* för att minska utsläpp av växthusgaser. Exempel på dessa är regional resp kommunal samhällsplanering, strategi för regional miljö (STRAM), Agenda 21, kommunal energiplanering, kommunal energirådgivning och regionala energikontor.

Vad finns det för behov och möjligheter att öka den lokala produktionen av biobränslen och vad har planeringen för roll i denna fråga?

## Bioenergi och kretslopp stad/land – en samsyn

beskriver hur odling och användning av biobränslen kan tillgodose flera miljömål och pekar på vikten av en hög planeringsberedskap i kommunerna.

Studien är genomförd inom ramen för ett idé- och metodutvecklingsprojekt, SAMS - Samhällsplanering med miljömål i Sverige, som drivits av Boverket och Naturvårdsverket i samverkan med flera kommuner och regionala myndigheter. Ett nära samarbete mellan miljöexperter och planerare genom hela planeringsprocessen har varit en grundtanke i projektet. Denna studie har utförts av experter vid verken.

De samlade erfarenheterna från SAMS sammanfattas i rapporterna *Planera med miljömål! En vägvisare* samt *Planera med miljömål! En idékatalog*.