

KOLINLAGRING OCH HÅLLBART BIOMASSEUTTAG FRÅN ÅKERMARK – en kombination med skörderester och mellangrödor

Rekommendationerna i denna policy brief riktar sig till beslutsfattare och relevanta myndigheter såsom Jordbruksverket, Naturvårdsverket och Energimyndigheten. Den ska också informera företag, rådgivare och andra intressenter inom jordbruks- och biogasbranschen.

Författare: Thomas Prade, SLU, Alejandro Barrios Latorre, SLU, Lovisa Björnsson, LU, Helena Aronsson, SLU, Maria Viketoft, SLU

Övergången till en hållbar bioekonomi kräver ett effektivt utnyttjande av förnybara resurser och här spelar jordbruksbiomassa en nyckelroll. Skörderester, biprodukter och biomassa från hållbar intensifiering av odlingssystemen kan ersätta fossilbaserade material och bränslen, minska utsläpp av fossil koldioxid och stärka cirkulära värdekedjor. För att frigöra denna potential krävs dock riktade styrmedel som stödjer hållbart biomassaexport, effektiv förädling och marknadsutveckling.

För att säkerställa en hållbar och konkurrenskraftig bioekonomi måste Sverige ha inhemskt producerad biomassa som en central råvara. En inhemsk bioekonomi för livsmedel, foder, bränslen och material ökar energisäkerheten och beredskapen i krisituationer, stärker landsbygden och ger biogen kol som råvara till industrin. Dessutom möjliggörs strängare miljökontroller och bättre spårbarhet. Användningen av

CENTRALA POLICYREKOMMENDATIONER

1. Ekonomiska och marknadsmässiga hinder

- Inför riktade incitament för biomassa. (subventioner, skattefördelar, långsiktiga avtal)
- Skapa nya intäkter via kolkrediter och stärkt data om markkol.

2. Logistiska och tekniska begränsningar

- Investera i decentraliserade system och bättre logistik/komprimering.
- Stöd ny teknik och skonsam skördeteknik.

3. Agronomiska och miljömässiga avvägningar

- Utveckla platsanpassade strategier för växtnäring och markkol.
- Främja återföring av näring (t.ex. rötresten).

4. Regelverk, kunskap och markanvändning

- Anpassa regelverk till bioekonomi- och klimatmål.
- Stärk rådgivning, digitala verktyg och precisionsjordbruk.



Skörderester kan bidra till hållbart biomassaexport från åkermark.
Foto: Viktor Wrangé, SLU

biomassa från skörderester och mellangrödor innebär ingen konkurrens med livsmedels- eller foderproduktion, vilket gör att Sveriges hållbarhetsmål kan upprätthållas.

Hållbara biomassakällor omfattar i detta förslag:

- **Skörderester** – inkluderar exempelvis halm från spannmål och oljeväxter samt blast från t.ex. sockerbetor och potatis.
- **Mellangrödor** – odling av exempelvis oljerättika, honungsört eller rajgräs mellan huvudgrödor har införts som ett verktyg för att öka markens kolinlagring, minska näringsläckaget och ha bevuxen mark året om men odlas inte idag med avsikten att de ska skördas.

Genom att ta tillvara skörderester samt odla och ta tillvara mellangrödor kan Sverige öka sin bioekonomiska tillväxt och samtidigt minska sin miljöpåverkan.

Denna policy brief ger rekommendationer för hur nyttan av jordbruksbiomassa kan maximeras genom odling av mellangrödor, samtidigt som både miljömässig och ekonomisk hållbarhet förbättras. Rekommendationerna är baserade på forskning vid SLU inom området.

Skörderester

Det finns över två miljoner ton skörderester tillgängliga i det svenska jordbrukslandskapet. Energiinnehållet motsvarar cirka 10 TWh per år, vilket är något mer än dagens användning av avverkningsrester från skogsbruket i energisektorn. Jordbrukets skörderester omfattar både s.k. grön och gul biomassa, med olika användningsmöjligheter (Tabell 1). Skörderesterna ingår redan i kol-kretsloppet, antingen som strömaterial i djurstallar eller genom att de lämnas kvar på åkern för att bidra till markens organiska kol. En del

av skörderesterna skulle istället kunna tas tillvara på annat sätt. Möjliga användningsområden är livsmedel och foder, biomaterial, bioenergi, växtnäring och kol via bioraffinaderi- och biogasprocesser.

Det finns en tydlig geografisk variation i tillgången på skörderester, där störst mängder finns i Skåne, Västra Götaland och Östergötland (Figur 1). Spannmålshalm (framför allt från vete och korn) dominerar och utgör över 80 procent i de sydligaste delarna av landet är dock rapshalm och sockerbetsblast också viktiga resurser.

Borttagning av de ovanjordiska skörderesterna påverkar endast i liten grad markens kolnivåer, eftersom rotsystem och kolrika ämnen som utsöndras via rötterna, som blir kvar i marken, ofta utgör en stor del av det stabiliserade kolet.

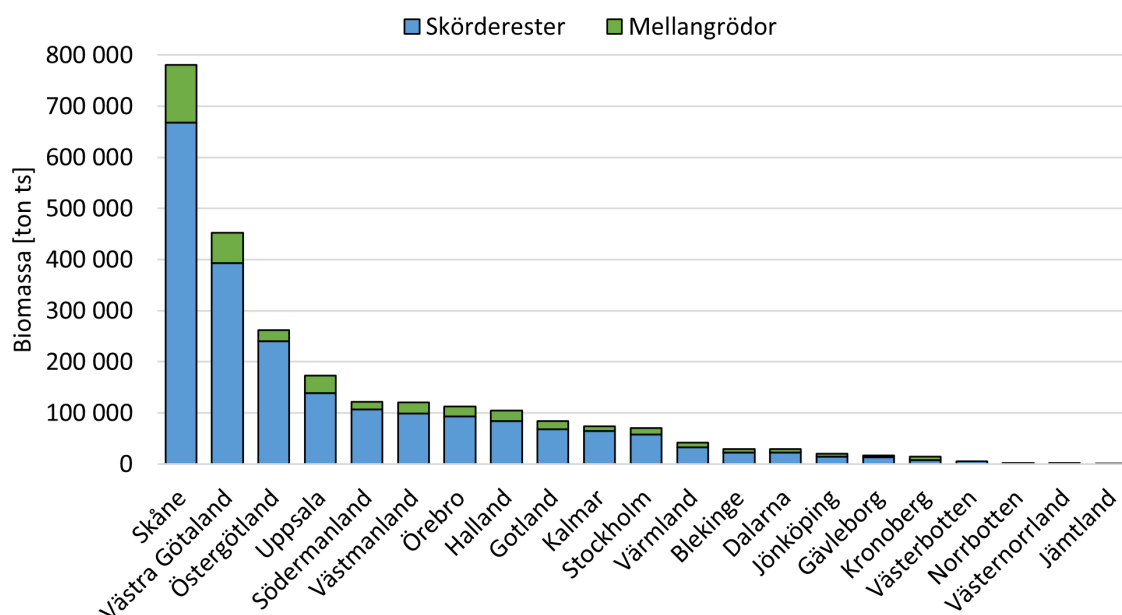
Fördelar med bortförsel och användning av skörderester

Effektivare resursutnyttjande och ökat värdeskapande. Användning av skörderester enligt kaskadprincipen möjliggör att biomassa som annars har lågt eller inget marknadsvärde kan uppgraderas till värdefulla produkter. Genom bioraffinaderier kan samma råvara användas för flera ändamål (t.ex. protein till foder/livsmedel, fibrer till material och restfraktioner till biogas), vilket ökar resurseffektiviteten och den totala samhällsnyttan per hektar jordbruksmark.

Bidrag till klimatomställning och minskade utsläpp. Användning av skörderester för bioenergi (särskilt biogas) och biobaserade material kan ersätta fossila energikällor och fossilintensiva produkter. Detta bidrar till minskade växthusgasutsläpp, både genom substitutionseffekter och genom att växthusgasemissioner kan undvikas, speciellt när kväverika skörderester hanteras kontrollerat i biogassystem istället för att brytas ned okontrollerat i fält.

Tabell 1 Kategorier av skörderester och centrala egenskaper

	GRÖN BIOMASSA	GUL BIOMASSA
Exempel	Sockerbets- och potatisblast, mellangrödor	Halm från spannmål och oljeväxter
Vattenhalt	Högt	Låg–medelhög
Risk för N ₂ O-utsläpp vid nedbrukning	Högt	Låg
Exempel på användning	Gröngödsling, proteinextraktion, biogas	Biogas, förbränning för värme och el, termokemiska metoder för flytande bränsleproduktion
Transport	Endast korta avstånd	Medellånga avstånd, beroende på beredning (t ex balar, briketter, pellets)



Figur 1. Potentialen av skörderester (2 miljoner ton torrsubbans, ts, per år) och från mellangrödor (t.ex. oljerättika) som kan odlas i Sverige (380 000 ton ts per år), fördelat per region. (Källa 1 se referenslistan)

Stärkt cirkularitet och näringsåterföring i jordbrukssystem. När skörderester används i exempelvis biogasproduktion kan näringsämnena återföras till åkermarken via rötresten vid en tidpunkt med växande gröda. Detta stärker cirkulära flöden av kväve, fosfor och kol, minskar behovet av mineralgödsel (upp till 8 procent, (Källa 2 se referenslistan) och bidrar till ett mer resilient och självförsörjande jordbrukssystem.

Odling av mellangrödor

Enligt Jordbruksverket så definieras fäng-, mellan- och täckgrödor enligt följande: "Fånggröda är en mellangröda som odlas mellan huvudgrödor för att ta upp kväve och minska kväveläckage, medan en mellangröda är en bredare term för växtlighet mellan två huvudgrödor med syfte att öka kolinlagring och förbättra markstrukturen, men även ha andra effekter. En täckgröda är en ytterligare generell term, men i praktiken används ofta "mellan- och fånggrödor" för att beskriva växtlighet som odlas för att täcka marken."

Odling av mellangrödor rekommenderas starkt som åtgärd för att öka markens kolinlagring. Som en del av EU:s mål om netto-nollutsläpp ska kolinlagringen i mark och biomassa (LULUCF) öka med 15 procent till 2030 jämfört med genomsnittet 2016–2018. Ett verktyg för att vända den nuvarande minskningen av markkol i åkermark är odling av mellangrödor, så kallad carbon farming.

Enligt Sveriges CAP-plan (2023–2027), där CAP står för Common Agricultural Policy och är EU:s gemensamma jordbrukspolitik, kan både fång- och mellangrödor få stöd och enligt Naturvårdsverket finns potential att odla mellangrödor på cirka 400 000 hektar i Sverige. Mellangrödor konkurrerar inte med produktion av livsmedels- och fodergrödor men stärker snarare odlingssystemet.

Fördelar med odling av mellangrödor

Mellangrödor kan integreras i befintliga växtföljder. Möjligheterna att odla mellangröda bestäms av andelen våretablerade grödor i växtföljden. Till exempel skulle mer än 35 procent av den odlade arealen i Uppsala, Västmanlands, Örebro och Västra Götalands län kunna ha mellangrödor. När oljerättika används som modellgröda kan upp till 380 000 ton biomassa skördas varje år, varav en tredjedel i Skåne (Figur 1).

Mellangrödor bidrar till markkolinlagring.

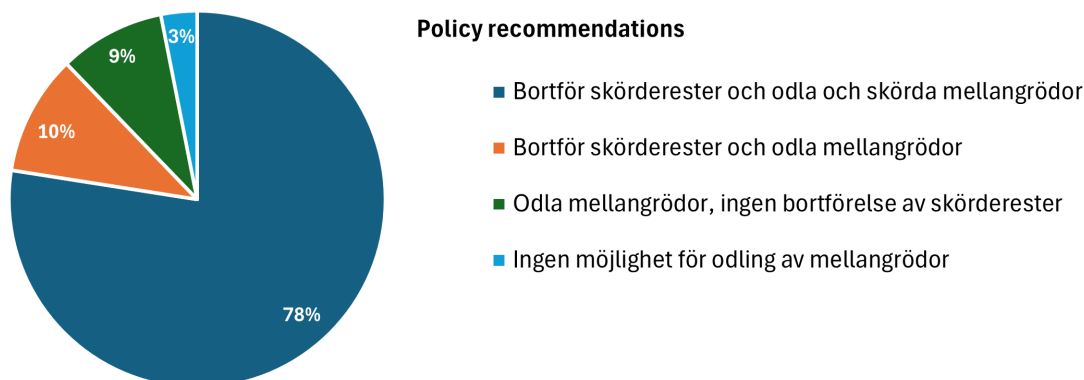
Frekvent odling av mellangrödor kan öka kolinbindningen med i genomsnitt 2 ton/ha i ett 100 års perspektiv, vilket motsvarar cirka 3 procent ökning. En hög markkolsnivå är gynnsam för bördigheten, vattenhållande förmågan och markstrukturen och bidrar därmed till den långsiktiga framtida försörjningsförmågan.

Mellangrödor möjliggör uttag av skörderester utan att markkolet påverkas negativt. På mer än 50 % av åkermarken i Sverige kan mellangrödor motverka de negativa effekterna på markkolet som bortförsl av skörderester orsakar. Andelen ökar till nästan 80 % av arealen om biomassa från både mellangrödor och skörderester används för biogasproduktion under förutsättning att den producerade rötresten återförs till marken. Beroende på jordart, mängd skörderester och befintliga kolhalter kan platsanpassade rekommendationer ges. (Figur 2).

Mellangrödor förbättrar också markhälsa,

minskar kväveförluster och problem med nematoder och ogräs, motverkar erosion genom att undvika bar mark och ökar biodiversiteten i jordbrukslandskapet. Mellangrödor har potential att ge betydande minskningar av kväveläckage, särskilt i områden med lätta jordar med relativt höga läckagevärden (Källa 2 se referenslistan.).

Centrala policyrekommendationer



Figur 2. Figuren visar andelen av åkermark där specifika rekommendationer för bortförande av skörderester och odling av mellangrödor finns beroende på markförhållanden. Beräkningarna utgår från användning av anaerob rötning med återförelse av rötrest, vilket ger i snitt 3,3 ton/ha ökning av markkol (5 %), med stor geografisk variation. För ett mindre antal fält är borttagning av skörderester negativt för markens långsiktiga kolinlagring även om rötresten återförelse. Istället för att bortföra skörderester och odla mellangrödor kan även skörderester lämnas och mellangrödor bortföras.

Genom nedan föreslagna åtgärder kan Sverige öka den ekonomiska lönsamheten vid användning av biomassa samtidigt som miljöhänsyn och markens långsiktiga produktivitet säkerställs.

1. Ekonomiska och marknadsmässiga hinder – och hur de kan övervinnas

Både bortförelse av skörderester och odling av mellangrödor begränsas idag av låg eller osäker lönsamhet. Relativt små biomassamängder per hektar, korta växtperioder och höga kostnader för skörd, hantering och konvertering gör att marknadsvärdet ofta inte täcker insatserna. (Källa 3 se referenslistan.) För mellangrödor är etableringskostnaderna höga och nuvarande CAP-stöd tidsbegränsade till 2027, samtidigt som marknaden för biomassa är outvecklad.

Dessa hinder kan reduceras genom riktade ekonomiska incitament. Subventioner eller skatteincitament för lantbrukare som levererar biomassa till biobaserade industrier (till exempel bioraffinaderier, biogasanläggningar), liksom **prisstöd för klimat- och miljöjänster eller långsiktiga, garanterade avtal** för biobaserade produkter från skörderester samt mellangrödor, kan öka investeringsviljan. Införande av **kolinlagringskrediter** för odlingssystem som ökar markkol till exempel via odling av mellangrödor eller spridning av rötrest, kan dessutom skapa nya intäktströmmar och stärka den ekonomiska kopplingen mellan jordbruk och klimatnytta. **Långliggande fältförsök** kan stödja denna utveckling genom ett förstärkt dataunderlag om markkolseffekter av rötrest vilket saknas idag.

2. Logistiska och tekniska begränsningar – behov av effektivare system

Vissa skörderester såsom blast samt mellangrödor har ofta hög vattenhalt och låg bulkdensitet, vilket leder till höga transportkostnader. Effektiv insamling kräver idag ofta tunga maskiner, vilket ökar risken för markpackning, särskilt på tyngre jordar under fuktiga förhållanden. Vidare saknas erfarenhet från kostnadseffektiva och praktiskt beprövade lösningar för skörd, lagring och transport, särskilt för mellangrödor.

För att möta dessa utmaningar behövs investeringar i effektivare logistiksystem. Decentraliserade anläggningar för hantering och förädling av biomassa (bioraffinaderier) kan minska transport-avstånden, medan utveckling av komprimeringstekniker och **regionala biomassacentra** kan sänka kostnaderna ytterligare. Bidrag eller lån med låg ränta för **investeringar i skördeutrustning med låg markpåverkan**, tillsammans med **riktat stöd till forskning och utveckling av ny teknik** för skörd, lagring och förädling, är avgörande för att möjliggöra storskalig och hållbar användning av biomassa.

3. Agronomiska och miljömässiga avvägningar – från risk till resurs

Bortförelse av skörderester innebär att växtnäring som kväve, fosfor och kalium förs bort från fältet, vilket kan öka behovet av mineralgödsling och därmed både kostnader och miljöpåverkan, samtidigt som växtnäringsläckaget från odlingssystemet kan minska. För mellangrödor, men även sockerbetsblast, innebär den vanligt förekommande nedbrukningen av färs, kväverik biomassa en stor risk för ökade lustgasutsläpp, vilket kan

minska klimatnyttan från kolinbinding från dess ovanjordiska biomassa. Samtidigt kan skörd och bortförsl av mellangrödor och skörderester minska lustgas- och nitratutsläpp, samtidigt som det kan medföra negativa effekter på markkolinlagringen.

Dessa målkonflikter kräver platsanpassade strategier. Riktlinjer för biomassa-uttag och gödslingsstrategier för mellangrödor bör utformas på fältnivå för att balansera markkol, lustgasemissioner, växtnärläckage och råvaruproduktion. **Incitament för användning av rötter** kan bidra till att återföra näringsämnen till åkern och minska beroendet av mineralgödsel. Vidare behövs **forskning och rådgivning kring hållbara gödslingsstrategier**, exempelvis kombinationer av mineral- och organiska gödselmedel, samt **utveckling av odlingsstrategier och teknik som kan möjliggöra tidigare etablering av mellangrödor** för högre biomassaproduktion.

4. Regelverk, kunskap och långsiktig markanvändning

Nuvarande regelverk och stödsystem ger begränsade incitament för att använda skörderester och mellangrödor som resurser i bioekonomin. Regler om tidigaste skördetidpunkt kan leda till för sen skörd under olämpliga markförhållanden. Samtidigt kräver integrering av multifunktionella mellangrödor i växtföljder ökad rådgivning och specialiserad kunskap.

Harmonisering av regelverken är därför central. Reglerna bör anpassas bättre till klimat- och bioekonomimål. Utveckling av **fältpassade rekommendationer** för uttagsnivåer av skörderester, tillsammans med digitala verktyg som stödjer beslut om kolinlagring och biomassauttag, kan stärka en hållbar markanvändning. Slutligen kan **ökad användning av precisionsjordbruk** bidra till att optimera uttag, minska miljörisker och samtidigt öka resurseffektiviteten i användningen av både skörderester och mellangrödor.

FAKTARUTA MELLANGRÖDOR

- Mellangrödor odlas mellan två huvudgrödor för att förbättra markhälsa, öka kolinlagringen, minska växtnärlösluster, sanera mot växtskadegörare och ge andra agroekologiska fördelar.
- Mellangrödor tar upp överskottskväve, skyddar marken mot erosion och ökar markens organiska innehåll.
- Vanliga mellangrödor är; korsblommiga växter (t.ex. oljerättika, senap), gräs (t.ex. rajgräs, råg), örter (t.ex. bovete, honungsört) och baljväxter (t.ex. klöver, vicker, ärt).
- Mellangrödor kan minska nitratläckaget med 30–70 % beroende på art, jordtyp och väderförhållande, öka kolinlagringen samt förbättra markstruktur och biodiversitet.
- Färska växtrester från mellangrödor kan öka risken för lustgasutsläpp under cykler av frysning och upptining genom att tillföra lättnedbrytbart kol och kväve till marken.

Oljerättika är en vanlig mellangröda för biomassa-
produktion. Foto: Thomas Prade SLU



Referenslista

1. Barrios Latorre, S. A., H. Aronsson, L. Björnsson, M. Viketoft and T. Prade (2024). Exploring the benefits of intermediate crops: Is it possible to offset soil organic carbon losses caused by crop residue removal? *Agricultural Systems* 215: 103873. (Källa 1)
<https://doi.org/10.1016/j.agry.2024.103873>

2. Barrios Latorre, S. A., L. Björnsson and T. Prade (2024). Managing Soil Carbon Sequestration: Assessing the Effects of Intermediate Crops, Crop Residue Removal, and Digestate Application on Swedish Arable Land. *GCB Bioenergy* 16(12): e70010. (Källa 2)
<https://doi.org/10.1111/gcbb.70010>

3. Svensson, S.-E., E. Johansson, E. Kreuger and T. Prade (2025). Evaluating intermediate crops for biogas production – effects of nitrogen fertilization and harvest timing on biomass yield, methane output and economic viability. *Biomass and Bioenergy* 192: 107497. (Källa 3)
<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2024.107497>

Barrios Latorre, S. A., O. Ozkiper, H. Aronsson, L. Björnsson and T. Prade. Alternative agricultural management strategies for nitrogen use efficiency: Modelling the integration of intermediate crops and anaerobic digestion in Swedish agroecosystems. Manuscript.

Prade, T., L. Björnsson, M. Lantz and S. Ahlgren (2017). Can domestic production of iLUC-



Höningsört är en vanlig mellangröda för biomasproduktion.
Foto: Thomas Prade SLU

free feedstock from arable land supply Sweden's future demand for biofuels? *Journal of Land Use Science* 12(6): 407–441.

<https://doi.org/10.1080/1747423X.2017.1398280>

Prade, T., T. Kätterer and L. Björnsson (2017). Including a one-year grass ley increases soil organic carbon and decreases greenhouse gas emissions from cereal-dominated rotations – A Swedish farm case study. *Biosystems Engineering* 164: 200–212.
<https://doi.org/10.1016/j.biosystem-seng.2017.10.016>

Björnsson, L. and T. Prade (2021). Sustainable Cereal Straw Management: Use as Feedstock for Emerging Biobased Industries or Cropland Soil Incorporation? *Waste Biomass Valor* 12, 5649–5663 (2021).
<https://doi.org/10.1007/s12649-021-01419-9>

Författare

Thomas Prade,
Institutionen för biosystem och teknologi, SLU,
[ORCID https://orcid.org/0000-0002-2379-1306](https://orcid.org/0000-0002-2379-1306)
Alejandro Barrios Latorre,
Institutionen för biosystem och teknologi, SLU,
[ORCID https://orcid.org/0000-0003-1924-5318](https://orcid.org/0000-0003-1924-5318)
Lovisa Björnsson,
Miljö- och energisystem, Lunds universitet,
[ORCID https://orcid.org/0000-0002-6089-5729](https://orcid.org/0000-0002-6089-5729)
Helena Aronsson,
Institutionen för mark och miljö, SLU,
[ORCID https://orcid.org/0000-0003-2251-0223](https://orcid.org/0000-0003-2251-0223)
Maria Viketoft, Institutionen för ekologi, SLU,
[ORCID https://orcid.org/0000-0001-5289-4649](https://orcid.org/0000-0001-5289-4649)

© Författarna



Institutionen för biosystem och teknologi

Vi utforskar samspelet mellan mark, växter, djur, miljö, klimat och människor i system för hållbar produktion av mat och förnyelsebara råvaror.

🌐 www.slu.se/bt

Kontaktperson

Thomas Prade

Universitetslektor, Institutionen för biosystem och teknologi, Sveriges lantbruksuniversitet,
thomas.prade@slu.se

DOI <https://doi.org/10.54612/a.7aeh4jb0c2>



SCIENCE AND
EDUCATION **FOR
SUSTAINABLE
LIFE**