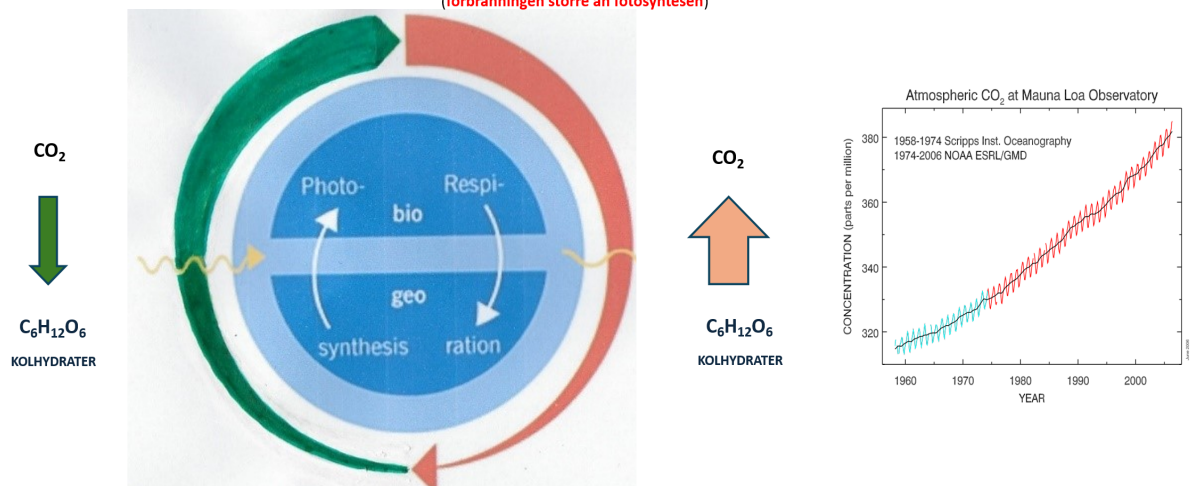


Hur ett Ekologiskt och Biodynamiskt Kretsloppsjordbruk kan bidra till att stoppa den globala uppvärmningen

Introduktion

1. Fotosyntesen binder kol
2. Förbränning och andning frigör kol
3. Klimathotet är en konsekvens av obalans i kretsloppet

(förbränningen större än fotosyntesen)



Artur Granstedt, Olof Thomsson och Lars Jonasson 2024

GtC/Y= Gigaton kol/år

15

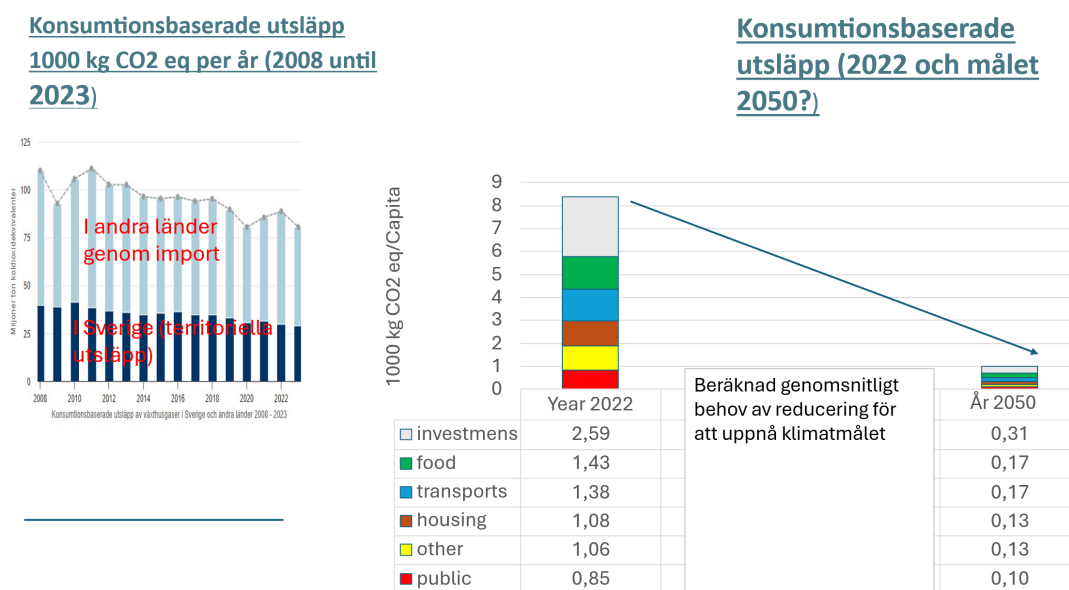
Figur 1. Vi förbrukar mer fossilt lagrad energi (*förbränning* röd färg) än vad som åter binds genom *fotosyntes* (grön färg) av den gröna växtligheten på jorden. De årliga utsläppen av koldioxid är högre (röd pil uppåt) än vad som åter binds (grön pil nedåt). Denna årliga variation framgår av Keeling – kurvan återgiven till höger i bilden .

Halten koldioxid i atmosfären ökar jämte övriga klimatgaser (Figur 1). Klimatet blir allt varmare och hotar livet på jorden och den mänskliga existensen.

Det är bara i det gröna i växten, i jord och skog, tillväxt sker av organisk substans, allt annat är konsumtion. Grundämnet kol utgör grundsubstansen i allt organiskt såväl levande som dött och ingår samtidigt i kretsloppet mellan *fotosyntes* och *förbränning* (Figur 1). Matjorden innehåller dubbelt så mycket kol i form av organisk levande och död substans jämfört med allt kol som finns i form av koldioxid i atmosfären. Markens organiskt bundna kolförråd har byggts upp av växtligheten på jorden genom årmiljoner. Här i Norden har vi yngre jordar som bildats av växtligheten sedan istidens slut för cirka 10 000 år sedan. Före industrialiseringen svarade den soldrivna kolbindningen genom fotosyntesen i och jord- och skogsbruk för samhällets hela energiförsörjning. Med ekologisk teknik måste tillväxt och konsumtion i samhället åter ställas i balans med den tillväxt som baseras på fotosyntesen. Fossilt lagrad

solenergi i form av kol, olja och gas är ändliga resurser vars transformering till klimatgaser hotar oss.

Genom industrialiseringen har även jordbruket gått från att varit en producent som kunnat bidra till att driva samhället med förnybara resurser till att bli en stor förbrukare av ändliga resurser. Genom markförstöring, avskogning och användning av fossil energi för maskiner, konstgödselframställning och övrig kemikalieanvändning har därmed klimatbelastningen även från jordbruket ökat allt mer. Livsmedel är den del av vår konsumtion som numera har den största belastningen på klimatet (Figur 2). Läckage av växtnäring från jordbruket är en väsentlig orsak till övergödningen och bottendöden i Östersjön. Till detta kommer det hot som jordbrukets kemikalieanvändning utgör för biologiska mångfalden. Samtidigt är det just jordbruket, den gröna sektorn, det grönskande livet som kan bli vår räddning. Jord- och skogsbruk har en nyckelroll för vår framtid¹.



Source: Swedish Environmental Protection Agency 2024.
Artur Granstedt, Olof Thomsson och Lars Jonasson 2024

2

Figur 2. Sveriges konsumtionsbaserade utsläpp av växthusgaser inom och utanför landets gränser totalt åren 2008 till 2023 (vänstra diagrammet), och per person (till höger) inom olika konsumtionsområden (investeringar, livsmedel, transporter, boende, övrig konsumtion samt offentlig verksamhet) år 2022 och jämfört med klimatmålet 2050 enligt Naturvårdsverkets beräkningar. Till detta kommer klimatbelastningen från den globala avskogningen som till en betydande del tillhör livsmedelssektorn samt flyget.

Parisavtalet

December 2015 enades en stor del av världens länder om ett globalt klimatavtal, det s.k. Parisavtalet. Avtalet trädde i kraft år 2016. I avtalet fastställs att den globala uppvärmningen ska hållas långt under 2 grader och ansträngningar ska göras för att hålla ökningen under 1,5 grader jämfört med förindustriell nivå.

¹ Granstedt, 2012 och 2017. Morgondagens jordbruk med särskilt avseende på Östersjön. Södertörns högskola och Biodynamiska Forskningsinstitutet- Järna.

Enligt FN:s klimatpanel IPCC räcker det inte att minska utsläppen av växthusgaser om vi ska hindra klimatförändringen. Det som krävs är enligt panelen en "stor nettominskning av koldioxid i atmosfären över en lång period". Det är därför nödvändigt med jordbruksmetoder som innebär att kol återförs från atmosfären och lagras i matjorden. Under FN:s klimatomöte i Paris i december 2015 presenterade värdlandet Frankrike ett nytt element i klimatarbetet - det så kallade fyra promille-initiativet. Genom att under lång tid årligen höja mängden organiskt bundet kol i världens odlingsjordar med fyra promille kan vi börja återföra ur atmosfären en del av den mängd kol som en gång fanns i matjorden. Denna mängd kol, som skall "återbindas" i jorden ur atmosfären, släpptes fri genom jordbrukets industrialisering med avskogning och torrläggning av stora områden för vinnande av mer ny åkermark och nedslitning av markens organiska substans som pågår i Sverige och i andra delar av världen. Jordbruksmetoder som leder till att kol från atmosfären åter lagras organiskt i matjorden introducerades därmed på världstoppmötet som en metod att stoppa klimatförändringarna och samtidigt långsiktigt börja höja jordarnas bördighet och produktionsförmåga. Matjordens produktionsförmåga har avtagit såväl globalt som i slättbygdsområden även här i Norden. Den 1 december 2015 undertecknades initiativet av fler än 100 aktörer från världens länder. Sverige representerades vid undertecknandet av Sveriges konung och Sveriges dåvarande jordbruksminister Sven-Erik Bucht.

Sverige har undertecknat FN:s globala mål för hållbar utveckling. Trots målet i Parisavtalet att begränsa den globala uppvärmningen har de globala utsläppen av koldioxid fortsatt att öka det senaste decenniet och jordens medeltemperatur fortsätter att stiga mot kritiska nivåer.

Gårdsstudier och fältförsök

Åren 2021 till 2023 genomfördes ett forskningsprojekt med namnet "Framtidssäkrat jordbruk" vid Steinerhögskolans Biodynamiska forskningsinstitut i Järna (www.sbf.se)². Det hade särskilt fokus på jordbruket och matens belastning på klimat och miljö och baserades på studier av hela gårdar. Under tre år studerades totalt 30 utvalda s.k. ekologiska kretsloppsgårdar från norr till söder i Sverige och jämfördes med dagens huvudsakligen konventionella livsmedelsproduktion. Gårdarna var så utvalda att de bedömdes utgöra goda exempel för uppfyllande av miljömålen för det framtida jordbruket genom låga utsläpp av klimatgaser, låga överskott av kväve och fosforföreningar (som belastar sjöar och hav) samt genom att inte sprida kemiska bekämpningsmedel i miljön³. För att uppfylla dessa mål krävs att gårdarna tillämpar det som kallas *ekologiskt kretsloppsjordbruk*. *Definition och bakgrund till detta begrepp finns närmare beskrivet i boken Morgondagens jordbruk*⁴. Projektet pågick först två år men förlängdes sedan ett tredje år fram till 2023. Det avslutande tredje året

² Granstedt, A., Thomsson O. och Jonasson, L. 2023. Framtids säkrat jordbruk Hållbart jordbruk och självförsörjning utan import. Utvidgad studie och ekonomiska konsekvenser: beräkning av klimatpåverkan och arealbehov baserat på 30 svenska gårdar med ekologiskt kretsloppsjordbruk. www.sbf.se.

³ Granstedt, A.; Thomsson, O. 2022. Agriculture and Self-Sufficiency in Sweden— Calculation of Climate Impact and Acreage Need Based on Ecological Recycling Agriculture Farms. Sustainability 2022, 14, 5834. http://sbfi.se/public/images/SBRI/Sustainable_Agriculture_and_Self-Sufficiency_in_Sweden.pdf

⁴ Granstedt, 2012. Morgondagens jordbruk. Södertörns högskola.

inkluderade också ekonomiska studier av de då 30 exempelgårdarna, som genomfördes av lantbruksekonom Agr dr Lars Jonasson⁵.

Begreppet *ekologiskt kretsloppsjordbruk* utvecklades i samband med Östersjöprojektet BERAS (Baltic Ecological Recycling Agriculture and Society), som drevs 2003-2006 och 2010-2014, och innebär att jordbruket drivs enligt ekologiska principer så att kretslopp upprätthålles mellan djurhållning och växtodling och att jordbruket är självförsörjande med både foder och gödsel⁶. Djurhållningen och dess gödselproduktion begränsas här till den mängd djur som kan födas av varje gårds egen foderproduktion eller i sambruk med näraliggande gårdar med utbyte av *både* foder och gödsel (benämnt ekologiskt kretsloppsambruk). Som konsekvens av detta uppstår inte det överskott av djurgödsel vars innehåll av kväveföreningar belastar både Östersjön och vårt klimat såsom fallet är på konventionella djurgårdar med mer djur än som kan försörjas med egenproducerat foder.

I ett ekologiskt kretsloppsjordbruk baseras kväveförsörjning på biologisk fixering av kväve ur luften genom en tillräckligt stor andel av s.k. vall-baljväxter i den för all ekologisk odling nödvändiga kvävefixerande vallodlingen. Detta kan kompletteras med andra kvävefixerande grödor i växtföljden som bönor och ärtor.

Långliggande studier av jordbrukssystem med fältexperiment och gårdsstudier

Kretslopp med organisk gödsel och växtföljder med **baljväxt-gräsvallar i växtföljden** => biologisk kvävefixering, mullbildning och organiskt bundet kol i marken



17

Figur 3. A) Klöver-gräsvall 1981 på den biodynamiska gården Skilleby i Järna. På bilden syns en jämförande försöksruta med enbart gräs, för att mäta kvävefixeringen med hjälp av den s.k. differensmetoden, B) Grävd markprofil för att studera rotutvecklingen ned till 90 cm

⁵ Granstedt, A., Thomsson O, and Jonasson L. 2025. Costs, environmental gains, and potential for national self-sufficiency with Ecological Recycling Agriculture in Sweden – calculations based on case studies of 30 farms. *Annals of Agri-bio Research* 30 (1): 158-181.

⁶ Granstedt, A., Schneider, T. Seuri, P. & O. Thomsson, 2008. Ecological Recycling Agriculture to Reduce Nutrient Pollution to the Baltic Sea. *Journal Biological Agriculture and Horticulture*, 26(3), 279–307.

(Granstedt, 1990). C) Vallförsök med provtagningar för att analysera växtnäring och mängden organiskt bundet kol på olika nivåer i marken. D) Diagram som visar resultaten med mängderna uppmätt organiskt kol i olika skikt i marken i flerårig baljväxtvall på Ullberga gård (en av de biodynamiska exempelgårdarna 2020)⁷. Återkommande provtagningar och analyser gjordes av olika skikt i marken ned till ett djup av 90 cm Dessa visade hur den organiska substansen byggdes upp från 92 000 kg C år 2018 till 112 000 kg under sex år, dvs en uppbyggnad på ca 5 000 kg kol per ha och år⁸.

Den fleråriga vallodlingen med blandning av gräs och djuprotade vall-baljväxter är basen för den ekologiska kretsloppsgårdens kväveförsörjning men också minst lika viktig för uppbyggnaden av markens organiska substans och organiskt bundna kolförråd (Figur 3). Som konsekvens av detta är också djurhållningen helt annorlunda än i det övriga jordbruket. Djurhållningen utgöres huvudsakligen av idisslande djur, som kan smälta grovfoder som klöver och gräs, och av detta produceras mjölk, kött och gödsel som möjliggör odling av andra mer "tärande" livsmedelsgrödor. En sådan djurhållning leder också till att tillgängliga ängsarealer utnyttjas för naturbeten. Produktion av kött och ägg från s.k. "enkeltmagade", icke gräsätande djur, blir mer ett komplement för gårdsdriften, att ta tillvara restprodukter från övrig produktion, så som exempelvis inte kvarnduglig brödsäd, överskott av fodersäd, spillsäd och livsmedelsrester. Flera ekologiska odlare har i dag frigående höns i mobila hönsburet och även frigående svin som integrerade delar av växtodlingen. Odlingen av trädgårdsgrödor ingår på många ekologiska kretsloppsgårdar som en del i övriga gårdsdriften antingen som en del i lantbruksväxtföljden eller på en för grönsaksodling mer lämplig jord på en avgränsad del på gården. Trädgårdsodlingen kan då också drivas som ett från den övriga gårdsdriften skilt företag men i ekologiskt sambruk vad gäller odling av fodergrödor och fördelning av gödseln ifrån djurhållningen.

Gårdsstudiernas genomförande och resultat

Klimat- och växtnäringsbalanser beräknades både på gårdsnivå och för själva marken, s.k. mark- eller fältbalanser. Beräkningarna baserades på insamlade data från de 30 gårdarna vad gäller inköpta resurser som gödsel och fodermedel, gårdarnas produktion av vegetabiliska och animaliska produkter, beräkning av mängden producerad återförd stallgödsel från gårdarnas djurhållning samt avsalu (Figur 4). Mängden ur luften, genom fotosyntesen, bundet kol som tillfördes mark och grödor baserades på uppgifterna om skördarnas storlek och provtagningar i fält. Fältprovtagningar gjordes i vallgrödorna gjordes även för beräkning av även det kväve som binds ur luften genom baljväxternas symbiotiska kvävefixering. Organisk substans med kol och kväve och övriga näringsämnen tillförs marken via grödorna, i skörderester och rötter samt återcirkulerad organisk substans via djurens gödsel. Den återförda organiska substansen genomgår en omsättning i marken varav en del frigör näringsämnen som kväve och fosforföreningar som s.k. förfruktsverkan till efterföljande grödor och i storleksordningen en tredjedel blir mera stabil organisk substans i marken. Dessa beräkningar bygger på egna tidigare publicerade långliggande växtföljdsförsök i ekologisk odling på olika platser i landet och utgör tillsammans med övrig refererad forskning

⁷ Granstedt, A. 1990. Fallstudier av kväveförsörjningen i alternativ odling. Dr avhandling i växtnäringslära. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

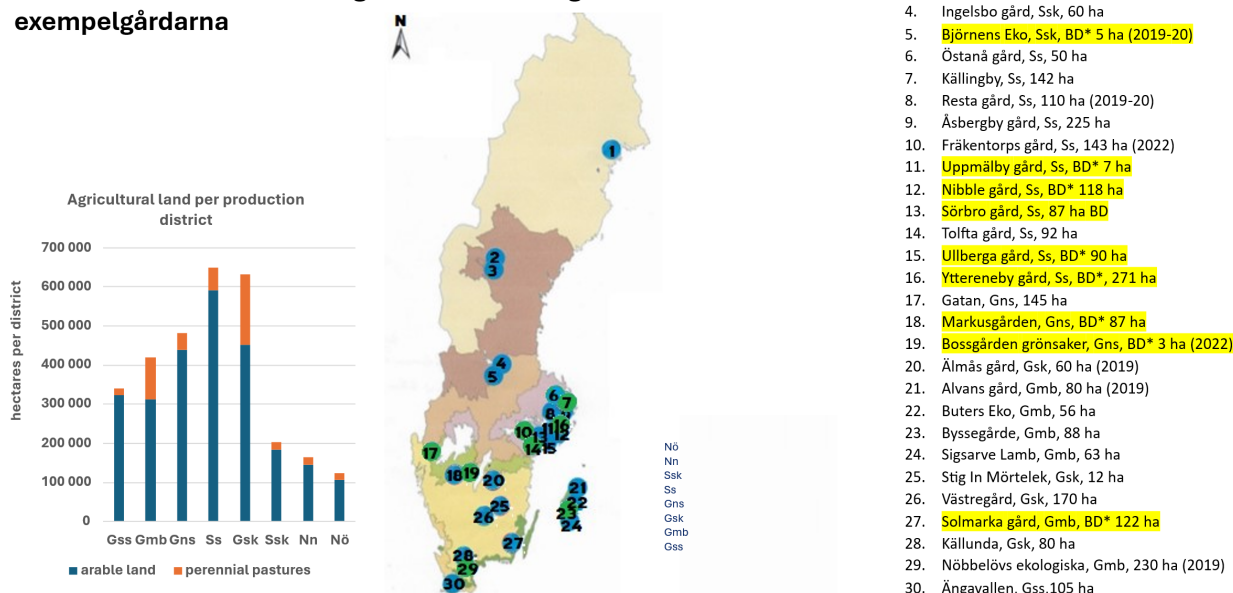
⁸ Wallenhammar, A-C., Edin, E., Omer, Z., Granstedt, A. 2020. Challenges in ley farming systems based on legumes in Sweden. Grasslands Science in Europe, Meeting future demands for grasslands production. European Grasslands Federation, 19-20 October 2020 Helsinki, Finland, online, vol 25, 153-155.

inom området den vetenskapliga grunden för beräkning av uppbyggnaden av organisk substans och kolbindningen i marken på de studerade gårdarna.⁹

Utvalda

Ekologiska kretsloppsjordbruk i Sverige

Produktionsområden i Sverige och lokalisering av de 30 exempelgårdarna



Figur 4. Exempelgårdarnas åkerareal och lokalisering i olika produktionsområden samt områdenas jordbruksareal. Gulmarkerade gårdar drivs biodynamiskt (certifierade med det internationellt använda varumärket Demeter).

För att kunna jämföra dagens jordbruk med det ekologiska kretsloppsjordbruket genomfördes motsvarande beräkningar också för hela det huvudsakligen konventionella svenska jordbruket.

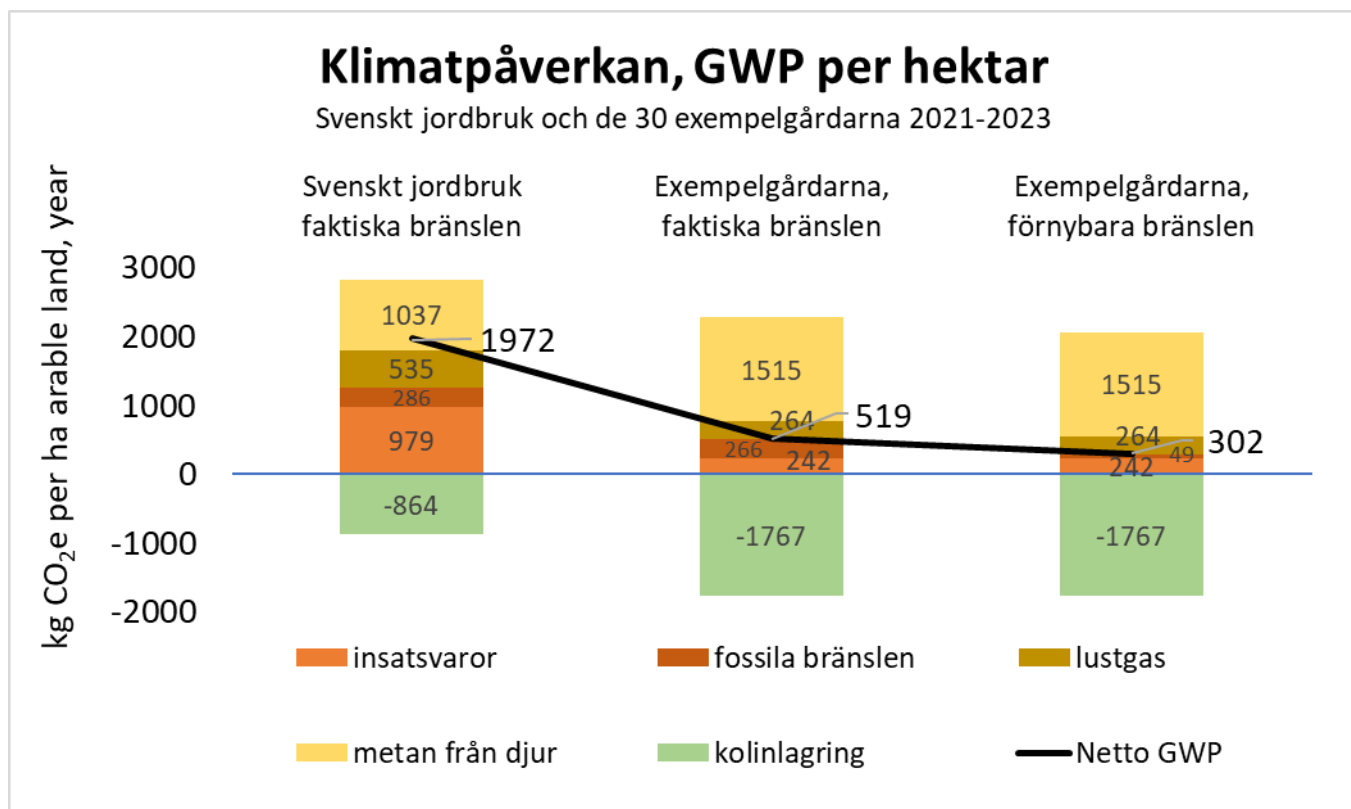
Resultaten från projektet, "Framtids-säkrat jordbruk", visar hur låga eller i vissa fall negativa klimatutsläpp uppnås i ekologiskt kretsloppsjordbruk genom att jordbruket drivs med eget foder och självförsörjning med växtnäring (dvs inga inköp av gödsel och fodermedel vars framställning kräver fossil energi) samt hög andel kvävefixerande vallar¹

Jämförelsen framgår av Figur 5 där också ett scenario beräknats för om samtliga exempelgårdarna också använder förnyelsebara drivmedel av den typ som finns på marknaden. Där framgår att den beräknade genomsnittliga belastningen var 85 % lägre för de 30 exempelgårdarna jämfört med det genomsnittliga svenska jordbruket. Detta visar den potential som föreligger vid en omläggning av hela det svenska jordbruket. Denna skillnad är en konsekvens av för det ekologiska kretsloppsjordbruket mer gynnsamma egenskaper:

1) **75 % högre självförsörjning** jämfört med det mer inköpsberoende genomsnittliga svenska jordbruket och

⁹ Granstedt, A., and GL-Baeckström, G. 2000. Studies of the preceding crop effect of ley in ecological agriculture. American Journal of Alternative Agriculture, vol. 15, no. 2, pages 68–78. Washington University.

2) **105 % högre bindning av kol i form av biomassa** från vallskörderester, rötter och djurgödsel som transformeras till organisk substans i marken jämfört med det genomsnittliga svenska jordbruket.



Figur 5. Den beräknade klimatpåverkan kg CO₂e per ha och år på exempelgårdarna jämfört med det genomsnittliga svenska jordbruket 2021-2023 (Granstedt, Thomsson och Jonasson, 2024).

Kolbindningen genom fotosyntesen och den uppbyggda organiska substansen i vallgrödorna återförs och införlivas i marken dels direkt med rester från skörden som stubb och spill och den stora andelen av växten som består av rötter (ca 25 % av växtens biomassa) och dels indirekt som gödsel via foder till djuren och som efter nedbrukning, sammantaget bygger upp den organiska substansen i marken (Figur 6). *Emissionerna av metangas kompenseras av vallgrödornas bidrag till koluppbyggnad i marken i det ekologiska kretslopps jordbruket räknat i klimatpåverkan.*

Ett framtida alternativ till dagens drivmedel i jordbruket skulle kunna vara användandet av gårdsbaserad biogas för vilket en prototyp byggdes på exempelgården Yttereneby och som finns dokumenterad och utvärderad i en särskild rapport i samband med Östersjöprojektet BERAS.¹⁰

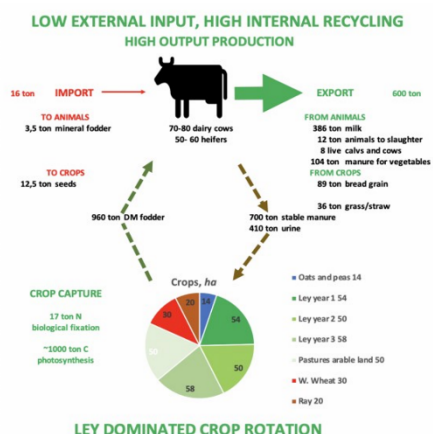
¹⁰ Schäfer, W., Granstedt, A. and Evers, L. 2005, Biogas plant in Järna. In: Granstedt, A., Thomsson, O. and Schneider, T. (Eds.) *Environmental impacts of eco-local food systems - final report from BERAS work package 2*. Ekologiskt lantbruk, no. 46. Sveriges lantbruksuniversitet, Centrum för uthålligt lantbruk, pp. 105-107.

På exempelgårdarna gjordes även växtnärbalanser som visade att kväveöverskottet var 42 % lägre än i det genomsnittliga svenska jordbruket och inga överskott av fosfor.

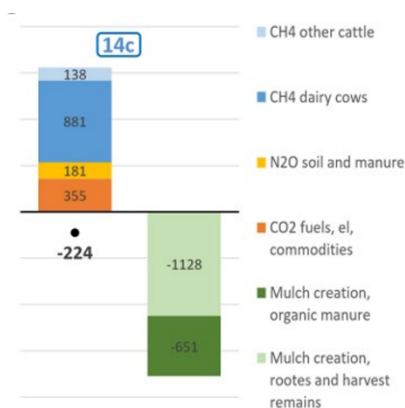
På några av de biodynamiska gårdarna var den beräknade årliga nettobelastningen på klimatet i form av klimatgaser *negativ*. Kolinlagringen räknat i koldioxidekvivalenter var på dessa gårdar högre än de beräknade emissionerna av klimatgaser (figur 6). Beräknade värden för kolinlagringen överensstämmer väl med data från långliggande försök på Skilleby försöksgård. Mullhalterna ökade i varje växtföljdsomlopp (Figur 17 och 18 i boken biodynamisk odling i forskning och försök¹¹).

Flöden av resurser och växtföljd samt klimatbalans på en ERA -gård

Exemplet Yttereneby gård år 2021
275 ha åker och 30 ha naturbeten



Climate balance kg CO₂ e /ha calculated for
Skilleby-Yttereneby farm 2021



Artur Granstedt, Olof Thomsson och Lars Jonasson 2024

19

Figur 6. Yttereneby- Skilleby gård i Järna 2021, en exempelgård i projektet framtids-säkrat jordbruk. Grafiken till vänster beskriver de grödor som odlades, tillförsel av foder, utsäde, upptagning av näringsämnen ur luft och mark, kretslopp med foder till djuren och gödsel tillbaka till marken samt bortförsel med animaliska och vegetabiliska livsmedel. Grafiken till höger beskriver klimatbalansen. Den beräknade uppbyggnaden organisk substans (högra delen) av figuren är här högre än emissionerna av växthusgaser räknat i CO₂e/ha. (Ljusgrönt: mullbildning av skörderester och rötter, mulch creation roots and harvest remains. Mörkgrönt: mullbildning av stallgödsel, mulch creation from organic manure.

Ekologisk kretsloppsjordbruk och biodynamisk odling

Ekologiskt kretsloppsjordbruk och biodynamisk odling har som målsättningen att varje gård så långt som möjligt drivs som en självförsörjande organism med både djurhållning och växtodling (Figur 7). Man har inte fler djur på gården än vad som kan försörjas av det foder som odlas på den egna gården eller på gårdar i en samverkan, med utbyte av både foder och gödsel som om det var en gårdsenhet. Det kallas ekologiskt sambruk. Inköp utifrån av

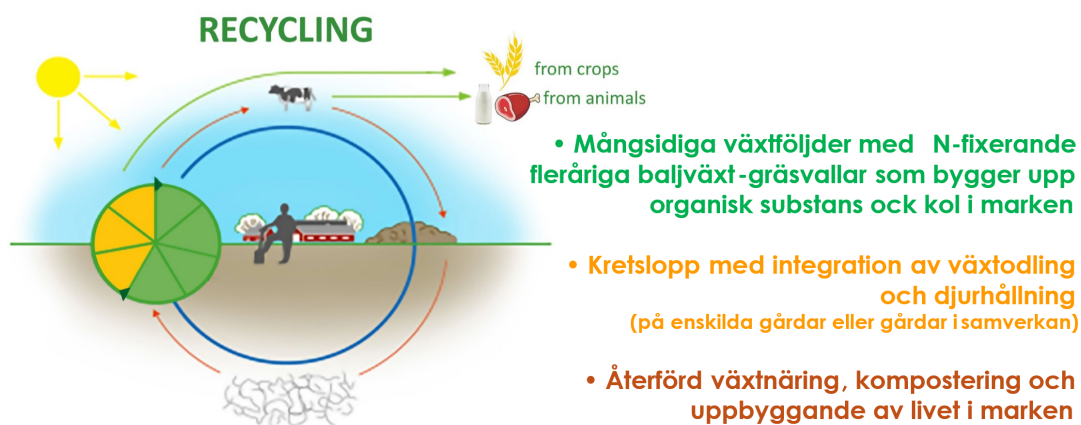
¹¹ Granstedt, A. 2023. Biodynamisk odling i Forskning och Försök. Steinerhögskolans Biodynamiska Forskningsinstitut. SBFi rapport 2.

gödsel eller foder förekommer endast i begränsad utsträckning. Ekologiskt kretsloppsjordbruk och Biodynamisk odling skiljer sig från övrig ekologisk odling som också kan vara mer eller mindre specialiserat med användande av från det konventionella jordbruket inköpta "organiska" gödselmedel. Även djurhållningen kan vara mer specialiserad i övrig ekologisk odling med en hög andel importerade fodermedel även om de uppfyller regelverket för ekologisk odling.

Biodynamisk odling har en egen kontrollmärkning (DEMETER). I biodynamisk odling tillkommer också användandet av särskilda ur växt och djurriket beredda biodynamiska kompost- och fältpreparat⁷. På biodynamiska gårdar användes ofta fast gödsel som komposterar i en s.k. "gödselstuka" i vilka de biodynamiska kompostpreparaten tillsättes¹². Långliggande försök varav det längsta nu pågått i över 45 år visar att biodynamisk odling med kompostering ger större klimatnytta genom högre bildning av organiskt kol i marken jämfört med annan ekologisk odling utan de biodynamiska behandlingarna. Av de 30 gårdarna som ingick i studien var 9 fullt ut biodynamiskt odlade med användning av de biodynamiska preparaten (dessa är markerade med gul färg och BD i listan på gårdarna figur 4).

Ecological Recycling Agriculture (ERA) – Ekologiskt kretsloppsjordbruk Ett av människan gestaltat agroekosystem med både växter och djur

"Gården som organism"



10/02/2025
Source: Granstedt, A. 1992. ... American Journal of Alternative Agriculture, vol. 6, Artur Granstedt

Figur 7. Bilden beskriver schematiskt växtnäringsflödena på en ekologisk alternativt biodynamisk kretsloppsgård med 7-årig växtföljd. Den fleråriga vallodlingen (grönt) fixerar kväve ur luften och bygger upp organisk substans i marken. Djurhållningen baseras huvudsakligen på grovfoder från vallodlingen. På de biodynamiska gårdarna komposterar oftast gödseln innan den används som gödsel till de s.k. tärande grödorna som spannmål

¹² Granstedt, A. 1997. Biodynamiska preparat i lantbruksorganismen. Biodynamisk odling i forskning och försök. Sid 47. www.sbf.se.

och andra växtodlingsgrödor (gult).^{13 14 15}. På en biodynamisk gård tillkommer också användningen av de biodynamiska kompost- och fältpreparaten.

Resultat från långliggande jämförande fältförsök med biodynamisk och ekologisk odling

Resultaten från de genomförda gårdsstudierna kan kompletteras med resultaten från tidigare gjorda jämförande fältförsök i biodynamisk odling. Långliggande försök på dåvarande försöksgården Skilleby, som numera är en del av Yttereneby gård i Järna, visade att kolinlagringen och uppbyggnaden av markens organiska substans, blev signifikant högre genom att den återförda gödseln komposterades och att man använder de, för biodynamisk odling, karakteristiska biodynamiska preparaten. Mullhalterna ökade efter varje växtföljdsomlopp med två år vall år 1991 till år 1995 och i växtföljden med tre år vall och två stråsäd 1995 till år 2000 och 2000 till år 2005¹⁶. Högre mullhalter gynnar också tillväxt och skörd vilket också framgick av försöksresultaten. En närmare beskrivning av dessa och även tidigare gjorda (och nedan omnämnda) långliggande försök finns mer utförligt beskrivna i boken Biodynamisk odling i forskning och försök¹⁷ samt i bilaga 1.

Gödselbehandlingarna samt användning av de biodynamiska fältpreparaten ledde till högre uppbyggnad av den organiska substansen i form av organiskt budet kol (kg kol per ha och år) i följande ordning: Fast kogödsel utan kompostering och gödsel utan biodynamiska preparat, gödsel utan kompostering med preparat, komposterad gödsel utan preparat, med högst mängd för komposterad gödsel med preparat. Detta återges i Figur 8 omräknat till koldioxidekvivalenter med omräkningsfaktor 3,7 för mängden kol. Den fullt genomförda biodynamiska odlingen med kompostering och användning av biodynamiska preparat visade här en 53 % högre uppbyggnad av organiskt bundet kol i matjorden (markskiktet 0-20 cm) jämfört med de obehandlade leden.

Den ökning av den organiska substansen perioden 1991 till 2005 som här påvisades överensstämmer väl med resultat från redan tidigare gjorda långliggande jämförande försök i Sverige. Dels det under 30 år pågående långliggande s.k. K-försöket och dels i det s.k. samarbetsförsöket med Sveriges lantbruksuniversitet 1971-1979 som ledde till den första Svenska doktorsavhandlingen gällande ekologisk odling. Här jämfördes biodynamisk och

¹³ Granstedt, A. 1990. Kväveförsörjningen i alternativ odling. Doktorsavhandling vid institutionen för markvetenskap. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala (Forskning och försöksnämnden för Alternativ odling. Rapport 4).

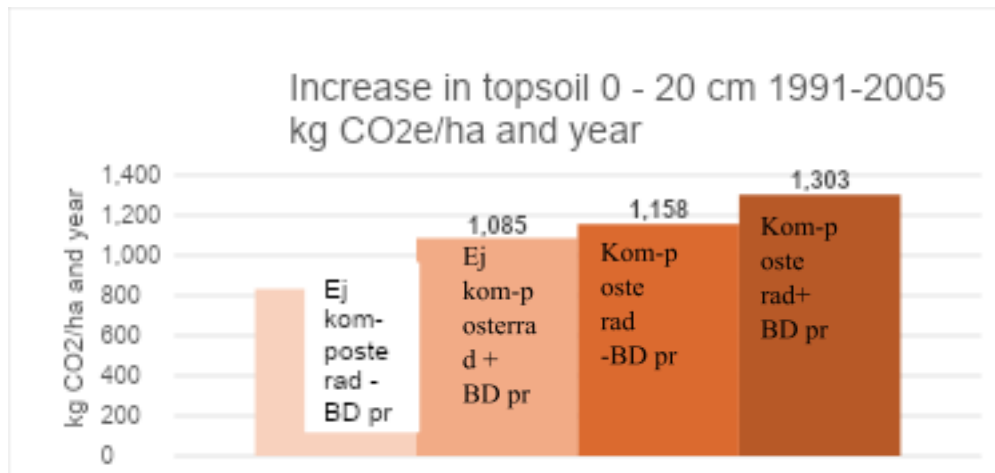
¹⁴ Granstedt, A. 1992. The potential for Swedish farms to eliminate the use of artificial fertilizers. American Journal of Alternative Agriculture, vol. 6, no. 3, 122–131. USA.

¹⁵ Granstedt, A. 1992. Case studies on the flow and supply of nitrogen in alternative farming in Sweden. Biological Agriculture and Horticulture, vol. 9, 15–63.

¹⁶ Granstedt A., L., Kjellenberg, 2017. *Carbon sequestration in long term on farm studies*. IFOAM Conference proceedings. Research Report Innovative research for organic 3.0 - Volume 1: Proceedings of the scientific track at the Organic World Congress 2017, November 9-11 in Delhi, India. *Abstract och figurer se Bilaga 1*.

¹⁷ Granstedt, A. 2023. Biodynamisk odling i Forskning och Försök. Steinerhögskolans Biodynamiska Forskningsinstitut. SBFi rapport 2.

konventionell odling vad gällde skördar, olika kvalitetsegenskaper hos grödorna och i marken (Dlouhý, J. 1981 samt Pettersson, B. 1982).



Figur 8. *Ökningen* av organiskt bundet kol i matjorden beräknat i form av kg koldioxidekvivalenter per ha och år (kg CO₂e/ha and year) beräknat med omräkningsfaktor 3,7 för mängden kol, efter gödsling utan kompostering och utan biodynamiska preparat (-BD pr), utan kompostering men med biodynamiska preparat (+BD pr), med kompostering utan biodynamiska preparat (-BD pr) och kompostering med biodynamiska preparat (+BD pr) i gödsel och fältbehandlings. Skillebyförsöket var gårdanpassat med användande av gårdens egen gödsel.

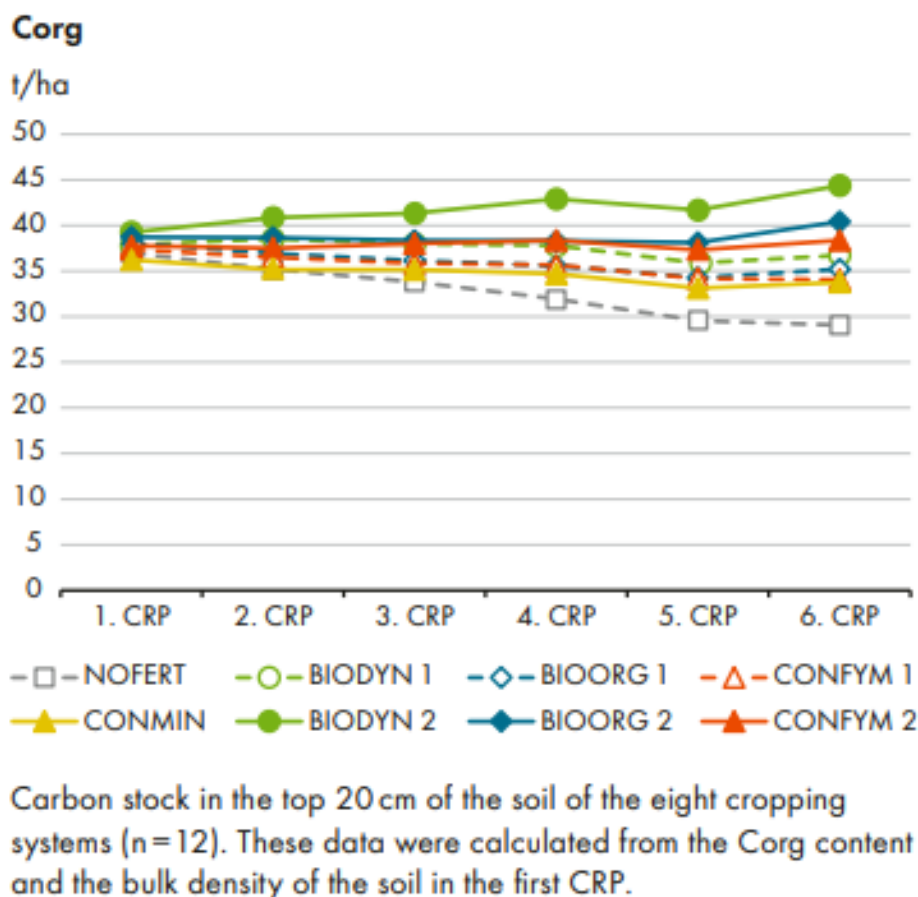
Kolbindningen i marken var i dessa långliggande jämförande försök i Järna 4,9 promille i ekologisk odling och 7,6 promille per år med fullt genomförd biodynamisk odling (kompostering och behandling med biodynamiska preparat). I båda fallen var ökningen högre än de 4 promille som sattes som målsättning vid det globala klimatmötet i Paris 2015 (COOP 21). Långliggande försök visar emellertid att förändringen av mullhalter och markens organiska substans är högst vid början av en omställning vad gäller växtföljder och gödsling.

DOK-försöket i Schweiz , jämförelse mellan konventionell, ekologisk och biodynamisk odling under 45 år

Uppbyggandet av organiskt bundet kol i marken, vid biodynamisk odling, har även studerats i andra forskningsprojekt i Europa. Särskilt välkänt är det långliggande DOK-försöket i Schweiz. Jämförelser har här gjorts mellan biodynamisk (D), organisk (O) och konventionell (K) odling under nu 45 års tid¹⁸ i ett traditionellt fältförsök med enbart studier av växtodlingen med mark, grödor och gödsling utan studier av den djurhållning från vilken gödseln är hämtad och ger därför en ofullständig bild av konsekvenserna av en omläggning av jordbruket. För detta krävs studier av hela jordbrukssystem, hela gårdar som tidigare redovisats. Men för betydelsen av biodynamisk odling är detta försök av stort värde inför en omläggning av jordbruket. Resultaten från detta försök visar signifikant högre organisk

¹⁸ Krause, H.M. , Stehle, B. , Mayer, J., Mayer, M. ,Steffens, M., Mäder, P., Fliessbach, A. 2022. Biological Soil Quality and organic carbon change in Biodynamic , organic and conventional farming systems after 42 years. *Agronomy for Sustainable Development* (2022) 42:117.

substans i matjordsskiktet (0-20cm) i de biodynamiskt behandlade leden, med kompostering och användande av biodynamiska preparat, jämfört med organisk odling utan kompostering och utan användande av biodynamiska preparat (Figur 9). Även emissioner av den starka växthusgasen dikväveoxid från odlingsmarken var lägst i biodynamisk odling.



Figur 10. Resultat från det s.k. DOK i försöket Schweiz år 1978 till 2025 ("Research Institute of Organic Agriculture (FiBL)", grundad 1973). Figuren visar kolförrådet i matjorden (0- 20 cm) i ton (1000 kg) per ha efter varje växtföljdomlopp på sju år i sex omlopp (1978 – 2020) i åtta jämförda odlingssystem (n=12) i två gödslingsnivåer (1 och 2) i DOK-försöket där D står för biodynamisk odling, O organisk odling och K konventionell odling. I det biodynamiskt gödslade behandlingsledet (BIODYN 2) med biodynamiskt komposterad gödsel skedde det en ökning av kolförrådet i matjorden med 12 %, i de organiskt gödslade leden med okomposterad flytgödsel (BIOORG 2 och CONFYM 2) var det ingen signifikant förändring. I det mineraliskt gödslade behandlingsledet (CONMIN)) blev det en minskning med 9 % och i det helt ogödslade (NOFERT) blev det en minskning med 22 % mellan det första och det sjätte växtföljdomloppet. För mer information:

<https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1741-dok-dossier-en.pdf>

I DOK-försöket studerades också andra markbiologiska egenskaper som mängden mikrobiell biomassa och den biologiska aktiviteten i marken som var signifikant högre i de biodynamiskt behandlade behandlingsleden. Resultaten finns återkommande redovisade i mer än 130

vetenskapliga publikationer mellan 1978 och 2020¹⁹. Resultaten har fått en stor spridning under den långa försökstiden genom forskningsinformation²⁰.

Motsvarande resultat har redovisats i flera andra publicerade forskningsstudier och avhandlingar från långliggande försök vid bland annat det biodynamiska forskningsinstitutet i Darmstadt, i Tyskland (Institut für Biologisch Dynamische Forschung). Rotutvecklingen visade sig dessa försök utvecklas starkare i de biodynamiskt behandlade försöksleden. Detta kan ge en förklaring till en högre bildning av organisk substans i marken²¹. Motsvarande forskning med långliggande studier finns även redovisade från USA av forskaren Walter Goldstein²². I boken Biodynamisk odling i forskning och försök, beskrivs dessa resultat vidare med referenser till aktuell forskning hur dessa resultat kan förstås med studier rörande hur fotosyntesen, växternas morfologi och rotutvecklingen kan påverkas.

Praktiska konsekvenser

Gårdsstudier åren 2021-2023 visar att en omläggning av hela jordbruket till det vi kallar för *ett ekologiskt kretsloppsjordbruk med en integrering mellan växtodling och djurhållning och vallodling i växtföljd på all åkermark* skulle vara angeläget. Det skulle bidra till att minska emissionerna av växthusgaser och skulle väsentligt bidra till att minska den globala uppvärmningen från vår konsumtion av livsmedelsprodukter. Minskade utsläpp av klimatgaser uppnås genom

- (1) en högre uppbyggnad av odlingsmarkens organiskt bundna kolförråd jämfört med dagens konventionella jordbruk
- (2) minskade utsläpp av klimatgaser som följd av en högre självförsörjningsgrad i jordbruket med en lägre användning externa resurser som kräver fossil energi jämfört med dagens importkrävande jordbruk och försörjning med livsmedel.

En omläggning till ekologiskt kretsloppsjordbruk minskar också näringsläckaget från jordbruket och stoppar spridningen av kemiska bekämpningsmedel i miljön.

Långliggande gårdsbaserade fältförsök visar också hur de biodynamiska åtgärderna med kompostering och användning av biodynamiska preparat skulle i tillägg bidra ytterligare till att binda kol ur atmosfären och därigenom bidra till att minska den globala uppvärmningen. Detta styrks av motsvarande internationella forskning i Europa och USA.

Omläggningen till ett Ekologiskt kretsloppsjordbruk skulle bidra till att stoppa den globala uppvärmningen

¹⁹ Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois D., Gunst L., Fried, P. & U., Niggli, 2002. *Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming*. Science VOL 296 pp 1592-1597.

²⁰ Fliessbach, A., Krause, H-M., Jarosch, K., Mayer, J., Oberson, A., & Mäder, P. (2024). The DOK trial: A 45-year comparative study of organic and conventional cropping systems. Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick.

²¹ Bachinger, J. 1996. Der Einfluss unterschiedlicher Düngungsarten (mineralisch, organisch, biologisch-dynamisch) auf die zeitliche Dynamik und die räumliche Verteilung von bodenchemischen und mikrobiologischen Parametern der C und N-Dynamik sowie auf Pflanzen- und Wurzelwachstum von Winterroggen. Diss. Univ. Giessen. Schriftenreihe Bd. 7, Inst. F. biol.-dyn. Forschung, Darmstadt.

²² Goldstein W., A., Koepf, H. H., & C. J. Koopmans (2019). *Biodynamic preparations, greater root growth and health, stress resistance, and soil organic matter increases are linked*.

Omläggning till ett ekologiskt kretsloppsjordbruk är en nödvändig del i klimatomställningen

Skall vi klara vår tids utmaning att stoppa den globala utmaning krävs stora årliga utsläppsminskningar inom konsumtionsområden, mat, resor, boende och övrig konsumtion varav utsläppen från livsmedelskedjan från jord till bord är de största och ökande. Till detta kommer övrig konsumtion, offentlig konsumtion samt investeringar. För att rädda klimatet krävs genomgripande förändring av både hur vi odlar och vad vi äter inom loppet av de närmaste åren. En omläggning av hela landets jordbruk skulle också kunna göra oss självförsörjande med baslivsmedel om det sker en anpassning av vår konsumtion motsvarande produktionen i ett sådant jordbruk. Det skulle innebära en kraftigt minskad konsumtion av vitt kött (gris och fågel) och även mindre konsumtion av rött kött (nöt och får) och mjölkprodukter. Denna lägre konsumtion av animalieprodukter skulle enligt scenarierna behöva kompenseras med en ökad konsumtion av trädgårds- och spannmålsprodukter i enlighet med det som benämndes BERAS- dieten²³. Denna diet dokumenterades i Östersjöprojektet BERAS²⁴ och baseras på kostvanorna hos 20 ekologiskt- och miljömedvetna familjer i Järnaregionen i Sörmland.

Det skulle enligt scenarierna i projektet framtidssäkrat jordbruk minska klimatbelastningen från vår livsmedelsförsörjning med mellan 80-90%. En förändring i den storleksordningen är nödvändig inom samtliga sektorer om vi ska kunna stoppa den nu pågående globala uppvärmningen inom de närmaste tjugo åren såsom det framgick av figur 2. Det innebär att vi även skulle klara beredskapsmålet vad gäller vår livsmedelsförsörjning.

De ekonomiska studierna i projektet visade att en svensk livsmedelsförsörjning baserad på ekologiskt kretsloppsjordbruk med dagens politiska regleringar skulle kosta lite mer att producera. Men med föreslagna ändringar i styrmedel och omlagd kost skulle en omläggning kunna ske utan ökade kostnader för konsumenten. De kostnadsökningar som uppstår för enskilda produkter kompenseras av att vegetabilier är billigare än animalier om kosten läggs om så som föreslås.

En omläggning till ett ekologiskt kretsloppsjordbruk skulle även ge en stärkt lokal ekonomi. Mer pengar skulle läggas på arbetskraft och mindre till inköpta förnödenheter vilket gynnar den lokala ekonomin. Det skulle också ge ett jordbruk som är bättre rustat för olika kriser ur ett beredskapsperspektiv. Differentierad moms och förändrat stödssystem, i enlighet med vad som föreslås i rapporten, skulle göra en omställning till ekologiskt kretsloppsjordbruk och därmed en hållbar matförsörjning möjlig. Omställningen skulle även resultera i minimerat överskott av växtnäringsämnen, ökad biologisk mångfald och slopad användning av kemiska bekämpningsmedel.

Bilaga 1 – 3 med

abstracts med några av de figurer från de vetenskapliga publikationer som det hänvisas till och ingått i studien.

²³ Granstedt 2012, 2017. Morgondagens Jordbruk. Södertörns Högskola.

²⁴ Marcus Larsson, 2016. Minskade utsläpp och bibehållen jordbruksproduktion är möjlig. Avhandling KTH. <https://www.kth.se › abe › forskning › dok › minskade-utslapp-och-bibe...>

Bilaga 1.

Rahmann *et al.* (2017) Proceedings of the Scientific Track
 "Innovative Research for Organic Agriculture 3.0",
 Organic World Congress 2017 in New Delhi, India, November 9-11, 2017

Carbon sequestration in long term on farm studies in Organic and Biodynamic Agriculture, Sweden

Artur Granstedt²³, Lars Kjellenberg²⁴

Key words: carbon sequestration, biodynamic agriculture, compost, crop rotation, manure

Abstract

Beginning in 1958, three sets of long-term field trials have been conducted at the Swedish Biodynamic Research Institute in Järna, Sweden. Design of the field trial described in this paper differs from the earlier long-term experiments - it was established on an integrated biodynamic crop and livestock farm. Treatments were based on resources available on the farm; using only manure produced on-farm. The aim was to evaluate long-term effects on quality and yield in crops and quality parameters in soil, by comparing use of composted and not composted manure, with or without the full set of biodynamic preparations. Increase of carbon was calculated to a carbon sequestration averaging 400 kg carbon per ha and year in the topsoil, with the highest value (500 kg) with use of biodynamic treatments and composted manure, compared to 300 kg with use of not composted manure without biodynamic treatments.

Figure 3 - 4

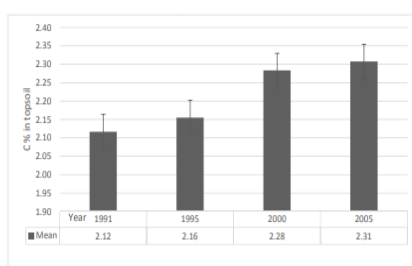


Figure 3. Average total carbon in topsoil, all treatments, in 1991, 1995, 2000 and 2005. General trend concerning total carbon content in the top soil in the 12 different treatments. Error bars indicate standard error (SE).

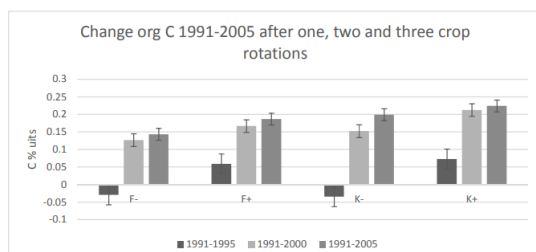


Figure 4. Average increase of total organic carbon content in topsoil in treatments with not composted manure without (NCM-) and with biodynamic (NCM+), and composted manure without (CM-) and with biodynamic (CM+) from 1991 - 1995, 1991-2000 and 1991-2000.

Article

Sustainable Agriculture and Self-Sufficiency in Sweden—Calculation of Climate Impact and Acreage Need Based on Ecological Recycling Agriculture Farms

Artur Granstedt and Olof Thomsson *

Biodynamic Research, Järna International Steiner College, 153 96 Mölnbo, Sweden; artur.granstedt@jdb.se

* Correspondence: olof@tryffelofsweden.se; Tel.: +46-706-652-584

Abstract: A necessary reduction in climate impact and raised interest in the self-sufficiency of food in Sweden serve as the major background for the study. The purpose was to examine whether conversion of Swedish agriculture following principles of Ecological Recycling Agriculture (ERA) could be a realistic alternative. Case studies of 22 ERA farms were performed, and results were presented for five production groups in kg production, carbon sequestration, and nutrient balance per hectare. The farms show climate impact substantially lower than Swedish average agriculture, through 85% lower commodity purchases and 2.3 times larger carbon sequestration due to more ley cropping. Target diets with varying amounts of meat and dairy products were defined and matched with the production and presented in scenarios where the farms' staple food production is upscaled for a Swedish population of 11 million inhabitants. Results are presented in kg of food category produced, hectares of arable land, CO₂ equivalents, and kg of N surplus per capita. The scenario results show that it is possible to achieve at least a 90% decrease in climate impact. It is concluded that it is within range for Sweden to be self-sufficient in staple foods based on the available acreage of arable land by adopting Ecological Recycling Agricultural principles in a similar manner as the studied farms.

Keywords: climate impact; acreage need; nutrient balance; self-sufficiency; food consumption; ley cropping; carbon sequestration; ecological; recycling; agriculture



Citation: Granstedt, A.; Thomsson, O. Sustainable Agriculture and Self-Sufficiency in Sweden—Calculation of Climate Impact and Acreage Need Based on Ecological Recycling Agriculture Farms. *Sustainability* **2022**, *14*, 5834. <https://doi.org/10.3390/su14105834>

Costs, Environmental Gains, and Potential for National Self-Sufficiency with Ecological Recycling Agriculture in Sweden—Calculations Based on Case Studies of 30 Farms

Artur Granstedt, Olof Thomsson * and Lars Jonasson

Biodynamic Research, Järna International Steiner College, Vidarkliniken 1, 153 91 Järna, Sweden

**(e-mail: olof@tryffelofsweden.se; Mobile: +46-70-665-25-84)*

(Received: 18 March 2025; Accepted: 27 May 2025)

ABSTRACT

The need for reduced climate impact in agriculture and an increased interest in self-sufficient food production in Sweden serves as the main background for the study. The study examined if conversion of Swedish agriculture following principles of Ecological Recycling Agriculture (ERA) could be a realistic alternative in addressing both those issues, and what the resulting price for that food would be. Case studies of 30 ERA farms were performed. These farms show substantially lower climate impact compared to the national average, through 75% lower commodity purchases and twice the amount of carbon sequestration in soil thanks to more ley cropping. An alternative diet including less meat and more grain, vegetables and dairy products was defined. Two different methods were used for matching production with consumption. The results are presented in scenarios where different combinations of the farms' staple food production are upscaled for a Swedish population of 10.5 million inhabitants. Results are presented in kg produced, hectares of arable land, CO₂ equivalents, kg of surplus N, and production costs per capita. It is shown that an 80–95% reduction in climate impact is possible, and that it is within range for Sweden to become self-sufficient in staple foods based on the available acreage of arable land by adopting Ecological Recycling Agricultural principles in a manner similar to the studied farms. However, diets need to change in a lacto-vegetarian direction. Production costs would be slightly higher for most products, but consumers' food expenses could be lower if they also change their diet. Possible political instruments are proposed to realize these scenarios.

Key words: climate impact, acreage need, nutrient balance, self-sufficiency, production costs, food consumption, ley cropping, carbon sequestration, organic, agriculture