



Uthållig matförsörjning med hänsyn till näringshushållning och klimat

**Studier av den biodynamiska kretsloppsgården
Fokhol och norskt jordbruk 2014–2017**

*Sustainable food production with regard
to nutrient management and climate*

*Studies concerning the biodynamic recycling agriculture
farm Fokhol and Norwegian agriculture 2014–2017*

Artur Granstedt

artur.granstedt@jdb.se

Nordisk Forskningsring för Biodynamisk Odling

Copyright© Artur Granstedt
ISBN: 978-91-519-4982-6
Nordisk Forskningsrings rapport nummer 45
Foto omslag: Food Evolution – Cartiere e Galera
Sättning, korrektur: Genuine Green – Siri Lundström
Elektronisk version tillgänglig på <http://biodyn.se/>
Tryck/Printed by: Nordisk Forskningsring för Biodynamisk Odling
Järna, Sverige 2020

Sammanfattning

Avsikten med föreliggande studie är att utvärdera hur uthållig matförsörjning är möjlig med hänsyn till näringshushållning och klimat under norska förhållanden. För att utforska detta har näringsbalansberäkningar och en utvärdering av klimatkonsekvenserna genomförts på den 111,6 hektar stora biodynamiska kretsloppsgården Fokhol i Norge, i jämförelse med värdena på nationell nivå för dagens huvudsakligen konventionella norska jordbruk vad gäller växt-näringshushållning och klimatkonsekvenser. Jämförelser har även gjorts med motsvarande värden för en representativ biodynamisk kretsloppsgård i Sverige och det svenska jordbruket, med användande av samma beräkningsmetoder.

Dagens användning av växtnäring i jordbruket är inte uthållig. Överskott av kväve och fosforföreningar drabbar vattendrag, sjöar och hav, såsom tillväxt av växtplankton, alger som senare bryts ned och leder till syrebrist och tilltagande områden med döende havsbottnar. Framställning av mineralgödsel och överskottet av kväve i mark och vatten leder till emissioner också av den starka växthusgasen dikväveoxid.

Denna och andra studier visar en icke hållbar belastning på klimatet av dagens produktion och konsumtion av livsmedel. Totalt uppgår matproduktionens klimatpåverkan till cirka en tredjedel av den totala belastningen av vår konsumtion och den måste reduceras med minst 80 procent inom närmaste årtiondena. Men denna undersökning visar också hur en uthållig matproduktion är möjlig som motsvarar klimatmålet i enlighet med överenskommelsen vid Förenta nationernas klimatkonferens i Paris 2015 (COP21) att inte överskrida 1,5–2 graders global temperaturökning till år 2050.

Som grund för arbetet ligger resultat från det av EU delfinansierade Östersjöprojektet BERAS (*Baltic Ecological Recycling Agriculture and Society*) 2003–2006 och 2010–2014 (www.beras.eu) där konceptet för ett ekologiskt kretsloppsjordbruk utarbetats för hela Östersjöregionen baserat på typgårdar i samtliga de nio Östersjöländerna Sverige, Finland, Estland, Lettland, Litauen, Vitryssland, Tyskland, Polen och Danmark. Målsättningarna för ett ekologiskt kretsloppsjordbruk är att genom väl slutna växt-näringskretslopp med integrering av växtodling och djurhållning minimera förbrukning av ändliga resurser, minska utsläpp av närsalter till omgivande miljö, och minimera utsläpp av klimatgaser. Genom tillämpning av ekologiska odlingsprinciper förhindras samtidigt belastningen på miljön av kemiska bekämpningsmedel, vars användning i dag leder till omfattande skador på den biologiska mångfalden. Kväve-

försörjningen i ett ekologiskt kretsloppsjordbruk baseras på odling av fleråriga vallar med vall-baljväxter i växtföljderna på all odlingsmark.

Arbetet har genomförts i enlighet med ett samarbetsavtal mellan Stiftelsen Fokhol Gård, NORSØK, Artur Granstedt och Förpaktarlaget vid Fokhol gård. Finansiär har varit Stiftelsen Eir. Projektledare har varit Grete Lene Serikstad vid NORSØK som också ansvarat för den litteraturstudie som gett den erforderliga bakgrunden till arbetet vad gäller klimatpåverkan från jordbruket. Stiftelsen Fokhol Gård har representerats av Inger Ivarrud och förpaktarlaget av Rune Myrseth. Driftansvariga Rune Myrseth och Inger Ivarrud har bidragit med data från gårdsdriften och underlag för genomförande av gårdsstudierna.

Ett ekologiskt kretsloppsjordbruk följer den definition och de regler som gäller för ett ekologiskt jordbruk och tillämpar själva grundintentionen för ekologisk odling genom att djuren ingår på alla gårdar eller gårdar i samverkan. och begränsas till antalet så att gården eller gårdarna i samverkan är självförsörjande med foder. Flerårig vallodling på alla gårdar innebär att djurhållningen också huvudsakligen är baserad på grovfoder.

Efter 1995 kan en minskning av jordbrukets växtnäringsöverskott konstateras i de nordiska länderna och Östersjöregionen, vilket kan sättas i samband med ökande arealer ekologisk odling och effektivare styrning av växtnäringsförsörjningen enligt grödornas behov, fånggrödor och kontroll av gårdarnas växtnäringshushållning. Norge är en av de få länder där någon påtaglig minskning inte skett av jordbrukets överskott av kg kväve (N) per arealenhet. Som förklaring till detta anges de svårare odlingsbetingelser som gäller för jordbruket i Norge jämfört med till exempel Sverige vad gäller landskap, klimat och en produktion som vidmakthålls med hjälp av mineralgödsel och hög andel importerade fodermedel.

Den i projektet studerade biodynamiska kretsloppsgården Fokhol åren 2014–2017 visade att en kraftfull minskning av växtnäringsöverskottet är möjlig genom anpassning till de grundläggande ekologiska principer som gäller för ett biodynamiskt kretsloppsjordbruk genom en till den egna foderproduktionen anpassad djurhållning, och självförsörjning med kväve genom odling av fleråriga baljväxtvallar i växtföljden.

Även klimatpåverkan visar sig vara lägre på såväl Fokhol gård som den svenska ekologiska 130 hektar stora referensgården Ullberga, i relation till

det norska respektive det svenska jordbruket, både då man räknar jordbrukets klimatbelastning per arealenhet (39 % respektive 28 % lägre emissioner).

I litteraturstudien som föregick denna redovisning sammanfattades att i de flesta metaanalyser med sammanställning av resultat från många studier rörande klimatgasutsläpp från olika driftsformer, påvisades lägre klimatbelastning från ekologisk odling jämfört med konventionell odling räknat per arealenhet odlingsmark. Utsläppen per producerad mängd livsmedel var däremot i många studier högre från ekologisk odling. De här studerade båda fallstudierna visar däremot låga förluster även i relation till produktionen.

Inköpen av delvis importerade klimatbelastande fodermedel samt mineralgödsel och kemikalier leder sammantaget till betydligt större klimatpåverkan i det huvudsakligen konventionella norska och även svenska jordbruket. Självförsörjningen med foder och växtnäring samt en mindre djurhållning innebär att jordbrukets klimatbelastning blir lägre än i det övriga jordbruket. Även om detta är enskilda fallstudier synes detta vara av principiell natur. Betydande foderinköp sker också på många ekologiska gårdar som därmed inte uppfyller kraven på självförsörjning med foder för ett ekologiskt kretsloppsjordbruk.

Klimatbelastningen är 63 % lägre jämfört med Norges jordbruksproduktion räknat per MegaJoule i livsmedelsprodukter. Dessa klimatbelastande emissioner av metangas från djurens ämnesomsättning samt kväveföreningar från mark, växtrester och gödsel bedöms helt eller delvis kunna kompenseras av den kolbindande mullbildning som påvisats ske i biodynamiska odlingsystem genom vallodling och återförsel av komposterad stallgödsel.

För att uppnå ett fossilfritt jordbruk krävs också att jordbrukets dragkraft baseras på förnyelsebar energi. Biogas, vind och sol är exempel på förnyelsebara energikällor som behöver införas i snabb takt, men även ökad användning av dragdjur som kan försörjas av foder från den egna gården, något som i begränsad utsträckning tillämpas på Fokhol gård.

Gårdens produktion av livsmedel visar sig väl motsvara behovet av livsmedel för cirka 600–700 personer om en kostomläggning sker motsvarande gårdens allsidiga produktion av grovfoderbaserad mjölk- och kött, brödsäd och andra spannmålsprodukter samt rotfrukter, potatis och grönsaker. Någon liten ökning av proteingrödor som mat skulle ytterligare gynna gårdens försörjningsförmåga. Det skulle tillämpas på fler gårdar med likartade förutsätt-

ningar öka Norges självförsörjning med livsmedel baserade på lokala och förnyelsebara resurser.

Ökad odling av grönsaker och rotfrukter bör vara möjligt även på andra platser som ersättning för dagens intensiva produktion av animalieprodukter och därmed minska klimatbelastningen samt öka självförsörjningen med livsmedel som här exemplifierats, även om förutsättningarna kan anses vara särskilt gynnsamma på Fokhol.

Med en omställning av jordbruket till självförsörjning med foder och gödsel, och en till förutsättningarna anpassad allsidig produktion i enlighet med vad som här visats, skulle en betydande minskning av klimatbelastningen uppnås. Som framgått av bakgrundsbeskrivningen till denna rapport är det nödvändigt med en minskning av vår klimatpåverkan med minst 80 % för att uppnå klimatmålet till 2050, och det gäller även inom livsmedelsområdet. Fler studier av detta slag med gårdar under olika betingelser borde vara högsta prioritet för att verifiera de resultat som här framkommit och utgöra en grund för omställning av jordbruket och vår matkonsumtion.

En förändring inom hela jordbruket med gården Fokhol och liknande gårdar som förebilder, skulle innebära att vi kan avvärja också andra hot mot jordens och vår framtid såsom den nu pågående utarmningen av den biologiska mångfalden; utarmningen av jordarnas fruktbarhet och framtida produktionsförmåga i ett globalt perspektiv; övergödningen av sjöar och hav; samt stopp för kortsiktig förbrukning av ändliga naturresurser. Ytterligare dimensioner som inte berörts i denna studie men som sammanhänger med gårdsdriften är odlingens betydelse för våra jordars och våra livsmedels kvalitetsegenskaper, vilka har betydelse för människor, djur och hälsa.

Summary in English

The purpose of this study is to evaluate how a sustainable food supply is possible with regard to nutrient management and climate under Norwegian conditions. To explore this, nutrient balance calculations and an evaluation of the climate impact has been carried out on the biodynamic recycling agriculture farm, Fokhol in Norway, and was compared to the average values for today's mainly conventional Norwegian agriculture, as far as plant nutrient management and climate impacts are concerned. Comparisons have been made with the corresponding values of a representative biodynamic recycling

farm in Sweden and Swedish conventional agriculture, using the same calculation methods.

Today's usage of fertilizers in agriculture is not sustainable. Excess nitrogen and phosphorus compounds affect streams, lakes and the sea causing growth

of phytoplankton and algae etc., that later degrade and lead to oxygen deficiency and increasing areas of dying seabed. Both the production of mineral fertilizers and the surplus of nitrogen in soil and water lead to emissions of the strong greenhouse gas nitrogen dioxide.

This and other studies show a non-sustainable burden on the climate by today's food production and consumption. In total, the climate impact of food production amounts to about one third of the total burden on our consumption and it must be reduced by at least 80% over the next few decades. But this study also shows how sustainable food production is possible, and that corresponds to the climate target in accordance with the agreement at the 2015 United Nations Climate Conference (COP21) not to exceed 1.5–2 degrees global temperature increase to year 2050.

As a basis for the work, we have the results of the EU co-financed Baltic Sea project BERAS 2003–2006 and 2010–2014 (www.beras.eu), where the development of the concept of organic recycling agriculture for the entire Baltic Sea region, based on type farms in all 9 Baltic Countries Sweden, Finland, Estonia, Latvia, Lithuania, Belarus, Germany, Poland and Denmark. The objectives of organic recycling agriculture are to minimize the consumption of finite resources through well closed, plant nutrient cycles and with the integration of plant cultivation and livestock farming, reducing the release of nutrient salts to the local surrounding environment and minimizing emissions of climate gases. By the application of ecological farming principles, we prevent at the same time the burden on the environment of chemical pesticides whose use today lead to extensive damage to biodiversity. Nitrogen supply in an ecological (organic) recycling agriculture is based on the cultivation of several year ley with grassland legume plants in the crop rotation on all arable land.

The work has been carried out in accordance with an agreed cooperation between the Fokhol Farm Foundation, NORSØK, Artur Granstedt and the mortgage group for Fokhol Farm. Funding was carried by the Eir Foundation. Project managers were Grete Lene Serikstad at NORSØK who has also been responsible for the literature study that has given the necessary background to work on the climate impact of agriculture. The Fokhol Farm Foundation has

been represented by Inger Ivarrud and the publisher team by Rune Myrseth. Operations managers Rune Myrseth and Inger Ivarrud have contributed data from the farm business as the basis for the implementation of the farm studies. Organic recycling agriculture follows the definition and rules applicable to organic farming and applies the very basic intention of organic farming by

including animals on all farms or connected farms. Animals are limited to a number that the farm or farms in cooperation can support being self-sufficient with fodder. Having a grass mix ley for several years of the rotation on all farms means that livestock farming is based on green forage.

After 1995, a reduction in agricultural nutrient surpluses can be observed in the Nordic countries and the Baltic Sea region, which can be associated with increasing areas of organic farming and more efficient management of plant nutrient supply to the crops. Norway is one of the few countries where there has been no significant reduction in agricultural surpluses of kg nitrogen (N) per area unit.

The project studied the Fokhol biodynamic recycling farm between 2014 and 2017 and showed that a strong reduction in the plant nutrient surplus is possible by adapting to the basic ecological principles of biodynamic recycling agriculture by the animal husbandry being adapted to its own fodder production, and nitrogen self-sufficiency through the cultivation of perennial legumes in the crop rotation.

Self-sufficiency in fodder and plant nutrition means that the climate burden of agriculture is lower than conventional agriculture, which buys mineral fertilizers and chemicals whose production lead to greenhouse gas emissions and climate-burdening imported fodder.

The climate burden, due to few purchases of external resources and less intensive livestock coverage is 63 % lower compared to Norway's agricultural production calculated per MegaJoule in food products. Climate-burdening emissions of methane gas from the metabolism of the animals and nitrogen compounds from soil, plant residues and manure are compensated in whole or in part by the carbon-binding humus and organic matter formation shown in biodynamic cultivation systems with ley grassland farming and the return of composted manure.

In order to achieve a fossil-free agriculture, agricultural traction power is also required to be based on living animals that can be supplied with fodder from their own farm, which is something that Fokhol farm achieves to a limited extent. In the future, biogas from the farm's own manure can be used as a fuel for adapted tractors and can be a possible option to reduce this part of the climate load.

The farm's production of foodstuffs seems to be well in line with the food needed for around 600–700 people if a dietary conversion takes place corresponding to the farm's comprehensive production of forage-based milk and meat, bread cereals and other cereal products; vegetables, potatoes and vegetables. If this system was scaled up to Norway's entire farming area one could, to a significant extent, make Norway self-sufficient with all its food based on local and renewable resources. By using these assumptions, the climate burden by food production could be reduced by 80 % to 90 %. Such a change is necessary in agriculture and food consumption in order to meet the climate target, as well as corresponding radical changes in other sectors of society.

A change throughout agriculture in Norway using Fokhol farm and similar farms as role models would mean that we can also avert other threats to our future and that of the planet's biosphere such as the current impoverishment of biodiversity, the impoverishment of the fertility of soils and future production capacity in a global perspective, eutrophication lakes and seas, and stop short-term consumption of finite natural resources. Additional dimensions that have not been touched upon in this study but are related to farming operations, are the importance of cultivation for the quality, health, cultural and social values in agriculture and rural areas, as well as how we also take care of our animals.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Summary in English.....	6
1. Inledning	11
2. Bakgrund.....	13
2.1 Ekologiska grundvillkor och resurshushållande jordbruk	13
2.2 Konsumtionens klimatbelastning och mat-produktionens betydelse ..	19
3. Syfte	24
4. Material och metoder	25
4.1 Beräkning av växtnäringsbalanser	25
4.2 Klimatberäkningar.....	28
4.3 Fallstudier med jämförelser mellan odlingssystem	30
4.4 Fokhol gård	33
4.4.1 Gårdsstruktur och inriktning av driften	35
4.5 Datainsamling	38
5. Resultat	39
5.1 Växtnäringsbalansen för norskt jordbruk i jämförelse med Sverige	39
5.2 Växtnäringsbalans på gårdsnivå	40
5.3 Jämförelse kvävebalanserna mellan länder och gårdar	42
5.4 Jordbrukets klimatpåverkan	44
5.5. Produktiviteten	47
6. Diskussion	52
6.1. Växtnäringshushållning.....	52
6.2 Jordbrukets klimatpåverkan	55
6.3 Skillnader biogena utsläpp (utsläpp genom organiska processer) inom gården versus klimatpåverkan från externa resurser	56
6.4. Marken som kolsänka	56
6.5. Dragkraften i jordbruket	58
6.6. Produktionen	59
7. Slutsatser	60
8. Svensk-norsk ordlista	61
Bilaga 1 Fokhol	62
Bilaga 2 Ullberga	63

1. Inledning

Avsikten med föreliggande studie är utvärdera hur uthållig matförsörjning är möjlig med hänsyn till näringshushållning och klimat under norska förhållanden. För att utforska detta har näringsbalansberäkningar och en utvärdering av klimatkonsekvenserna genomförts på den biodynamiska kretsloppsgården Fokhol i Norge. Jämförelser har gjorts med motsvarande värden för en representativ biodynamiska kretsloppsgård i Sverige.

Samtidigt har medelvärdena för dagens huvudsakligen konventionella norska jordbruk sammanställts vad gäller växtnäringshushållning och klimatkonsekvenser, samt även för det svenska jordbruket med användande av samma beräkningsmetoder.

Dagens användning av växtnäring i jordbruket är inte uthållig. Överskott av kväve och fosforföreningar drabbar vattendrag, sjöar och hav i form av tillväxt av växtplankton, alger som senare bryts ned och leder till syrebrist och tilltagande områden med döende havsbottnar. Framställning av mineralgödsel och överskott av kväve i mark och vatten, leder till emissioner också av den starka växthusgasen dikväveoxid.

Denna och andra studier visar en icke hållbar belastning på klimatet av dagens produktion och konsumtion av livsmedel. Totalt uppgår matproduktionens klimatpåverkan till cirka en tredjedel av den totala belastningen av vår konsumtion, och den måste reduceras med minst 80 procent inom de närmaste årtiondena. Men denna undersökning visar också hur en uthållig matproduktion är möjlig, som motsvarar klimatmålet i enlighet med överenskommelsen vid Förenta nationernas klimatkonferens i Paris 2015 (COP21) att ej överskrida 1,5 - 2 graders global temperaturökning till år 2050.

Som grund för arbetet ligger resultat från det av EU delfinansierade Östersjöprojektet BERAS 2003–2006 och 2010–2014 (www.beras.eu) där konceptet för ett ekologiskt kretsloppsjordbruk utarbetats för hela Östersjöregionen baserat på typgårdar i samtliga nio Östersjöländer: Sverige, Finland, Estland, Lettland, Litauen, Vitryssland, Tyskland, Polen och Danmark¹. Målsättningarna för ett ekologiskt kretsloppsjordbruk är att, genom väl slutna växtnäringsskretslopp med integrering av växtodling och djurhållning, minimera förbrukningen av ändliga resurser, minska utsläpp av närsalter till omgivande miljö och minimera utsläpp av klimatgaser. Genom tillämpning av ekologiska odlingsprinciper förhindras samtidigt belastningen på miljön av kemiska bekämpningsmedel, vars användning i dag leder till omfattande skador på den

¹ Granstedt, A., & Seuri, P. (2013). *Conversion to Ecological Recycling Agriculture and Society - Environmental, economic and sociological assessments and scenarios* (COM-REC studies on environmental development 8, BERAS Implementation Reports 3). (A. Granstedt & P. Seuri, Eds.). Södertörns högskola.

biologiska mångfalden. Kväveförsörjning i ett ekologiskt kretsloppsjordbruk baseras på odling av fleråriga vallar med vall-/baljväxter i växtföljderna på all odlingsmark.

Med denna studie blir Norge det tionde landet med en dokumentation av hur ett ekologiskt kretsloppsjordbruk kan möta vår tids utmaningar i form av den ökande globala uppvärmningen, övergödningen av hav och vatten samt det hot mot den biologiska mångfalden som dagens bruksmetoder leder till.

Arbetet har genomförts som en del av projektet *Klimaregnskap for norsk landbruksproduksjon – kunnskapsstatus og vurdering av tiltak. Næringsbalanseberegninger for Fokhol Gård. Hvordan kan kretsløpsprinsipper tilpasses i praktisk gardsdrift og i et bærekraftig kosthold?* Projektet har genomförts i enlighet med ett samarbetsavtal mellan Stiftelsen Fokhol Gård, NORSØK, Artur Granstedt och Förpaktarlaget vid Fokhol gård. Projektet är etablerat på initiativ av Erik Siem, ledare av den norske stiftelsen Eir. Stiftelsen Eir har också finansierat projektet.

Driftansvariga på Fokhol Gård, Rune Myrseth och Inger Ivarrud, har bidragit med data från gården och underlag för genomförande av gårdsstudierna.

Rapportförfattaren Artur Granstedt har genomfört studierna på Fokhol gård med provtagningar, insamling av data samt beräkningar av växtnäringsbalanser och jordbrukets klimatpåverkan.

Den andra delen av projektet har varit en kunskapssammanställning² om effekter av ekologiskt lantbruk på utsläpp och lagring av klimatgaser, utfört av Grete Lene Serikstad vid NORSØK. Här ges också en mera generell bakgrund till förståelse av utsläppen av klimatgaser i jordbruket.

Beräkningar av växtnäringsbalanser har även genomförts som möjliggjort jämförelse med hela det norska jordbruket, samt motsvarande jämförelser med Sverige och en svensk ekologisk-biodynamisk kretsloppsgård, Ullberga utanför Nyköping, ca 10 mil söder om Stockholm.

Beräkningarna av växtnäringsbalanser och jordbrukets klimatpåverkan har genomförts i enlighet med motsvarande svenska studier som användes i Sverige inom rådgivningsprogrammet Greppa näringen², samt det svenska så kallade Joker-projektet³. Beräkningarna av jordbrukets klimatpåverkan följer

² Greppa näringen, Jordbruksverket

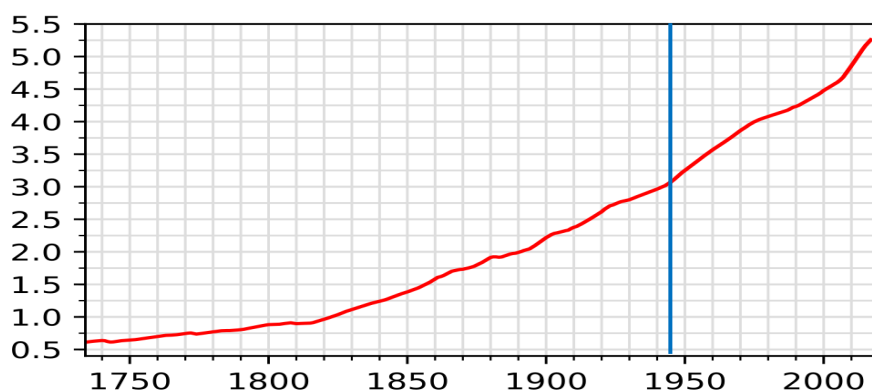
<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/begransadklimatpaverkan>

rekommendationerna från FN:s klimatpanel IPCC⁴. Baserat på resultaten från de gjorda beräkningarna har förslag utarbetats för en anpassning av jordbruket och livsmedelsförsörjningen till principerna för ett ekologiskt kretsloppsjordbruk.

2. Bakgrund

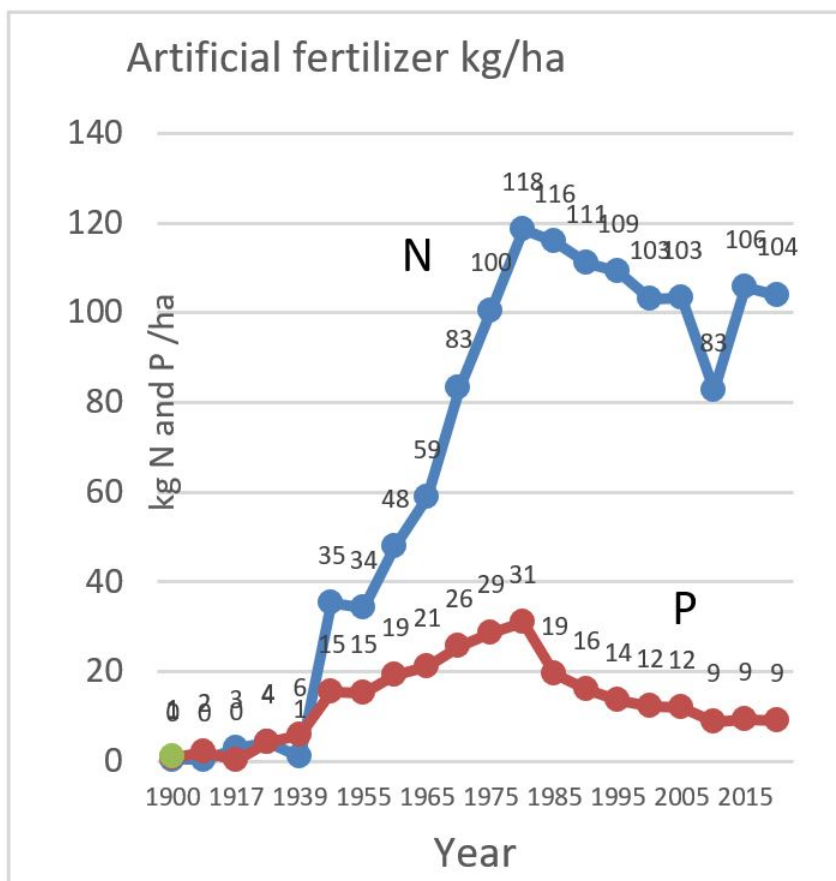
2.1 Ekologiska grundvillkor och resurshushållande jordbruk

Fotosyntesen är den primära energikällan för all verksamhet på jorden. Det är endast den gröna växtligheten som producerar, allt annat är konsumtion. Jord- och skogsbruk var till helt nyligen den resurs som försörjde hela samhället med såväl mat som energi, baserat på förnyelsebara resurser. Befolkningsökningen i början av 1800-talet fram till början av 1900-talet möjliggjordes genom ett språng i jordbrukets utveckling, där man gick från ängskultur med slåtterängar till introduktionen av intensiva växtföljder, i de nordiska länderna med fleråriga vallar innehållande kvävefixerande baljväxter.



Figur 1a. Befolkningsutvecklingen i Norge. Den blå linjen anger när mineralgödseln började att användas. Bearbetning av statistiska uppgifter SSB (Statistisk Sentralbyrå), Norge.

⁴ IPCC (UN Intergovernmental Panel on Climate Change), 2006. *Recommendations for guidelines for national greenhouse inventories*.

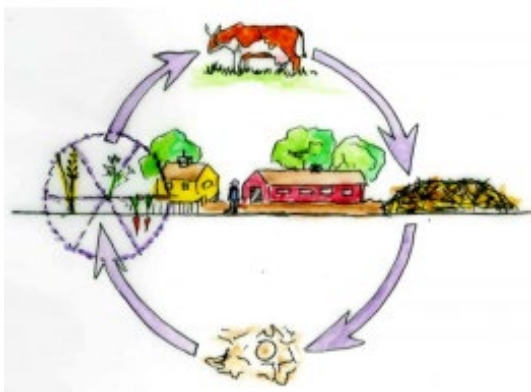


Figur 1b. Användning av kväve och fosfor som gödsel-medel i Norges jordbruk från år 1900. Bearbetning av statistiska uppgifter SSB (Statistisk Sentralbyrå), Norge.

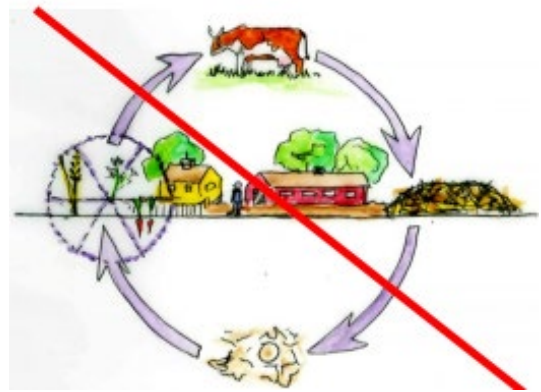
Norges befolkning ökade från en miljon till tre miljoner från 1820 till 1940 (figur 1a) innan konstgödseln introducerades i jordbruket (figur 1b). Mångsidiga växtföljder med vallodling med symbiotiskt kvävefixerande vallbaljväxter, jämte en integrering av växtodling och djurhållning, gjorde detta möjligt.

Motsvarande utveckling kan observeras i Sverige, Danmark och Finland, jämte en för övrigt teknisk utveckling, nya förädlade växtsorter och avelsarbete inom djurhållningen⁵. Djurhållning på alla gårdar med självförsörjning med såväl foder och gödsel var en förutsättning i detta jordbruk, som innebar väl slutna kretslopp av växtnäring mellan grödor, djur och mark, i kombination med växtföljder med baljväxtbaserad, kvävefixerande vallodling. Det var denna agrara struktur som slogs sönder med mineralgödselns införande under 1900-talet (figur 2a och 2b).

⁵ Kjaergaard, T. 1994. The Danish revolution. Cambridge University Press, UK.



Figur 2a. Det kretsloppsbaseade jordbruket, med växtföljder med baljväxtvallar och grovfoderätande djur, klarade av att möta ett ökande behov av livsmedel då befolkningen ökade från en miljon människor i början av 1800-talet, till tre miljoner efter andra världskriget. Denna befolkningsökning skedde tiden före införande av konstgödsel och kemisk bekämpning.



Figur 2b. Införandet av mineralgödsel innebar att det kretsloppsbaseade jordbruket bröts sönder, och vi fick specialiserade konstgödselberoende spannmålsgårdar och specialiserade foderimporterande djurgårdar.

Ekologiskt och biodynamiskt jordbruk bygger på grundläggande ekologiska principer, som förnyelsebar energi med solen som kraftkälla och näringsämnen i kretslopp. Detta innebär att man inte använder industriellt framställda gödselmedel. Växtnäringsförsörjningen grundar sig på största möjliga återcirkulation av växtnäring, växtföljder med djupt rotade fleråriga vallbaljväxter, åtgärder som gynnar det biologiska livet i marken samt biologisk fixering av luftkväve⁶.

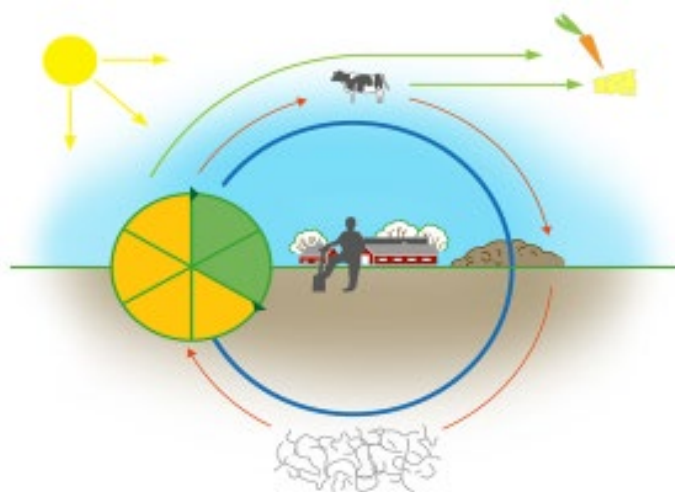
För vår gemensamma framtid så är det angeläget att studera potentialen hos ett sådant jordbruk, för att kunna försörja oss med tillräckligt med närande livsmedel och samtidigt göra oss oberoende av fossila resurser, eliminera livsmedelsförsörjningens belastning på klimatet och samtidigt skona den omgivande miljön. Med en minskad mängd livsmedel till allt fler människor så är det också angeläget att eftersträva kvalitet och näringsvärde i de livsmedel som produceras.

I det av EU delfinansierade forsknings- och utvecklingsprojektet BERAS (*Baltic Ecological Recycling Agriculture and Society*) åren 2003–2006 utvärderades 42 ekologiska kretsloppsbaseade typgårdar, fördelade i samtliga Östersjöländer, i syfte att genom omställning till ett ekologiskt kretslopps-jordbruk kunna rädda Östersjön från övergödning⁷. Ekologiskt kretslopps-jordbruk definierades enligt följande:

⁶ 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.

⁷ Granstedt, A., Schneider, T., Seuri, P., & Thomsson, O. (2008). *Ecological Recycling*

Ecological Recycling Agriculture (ERA)



1. **Diverse crop rotations** – with humus building perennial root deep nitrogen-fixing perennial ley crop (green in the above figure) compensating soil mineralization

Mångsidiga växtföljder med humusupbyggande fleråriga djuprotade kvävefixerande djuprotade vallgrödor som kompenserar för mineraliseringen av markens organiska substans

2. **Integrated animal husbandry** – adapted to the own fodder production on the individual farm or farms collaboration for closed nutrient organic matter and nutrient recycling

Integrerad djurhållning – anpassad till den egna foderproduktionen på den enskilda gården eller gårar i samverkan för sluten recirkulering av organisk substans och växtnäring

3. **Manure management** – recycling on farm scale level with minimum losses of organic matter and nutrients

Stallgödselhantering på gårdsnivå med minsta möjliga förluster av organisk substans och växtnäring

4. **Soil building** – benefit soil organisms in the field, build soil fertility and organic matter

Markbyggande som gynnar markens organismer, markens bördighet och markens organiska substans

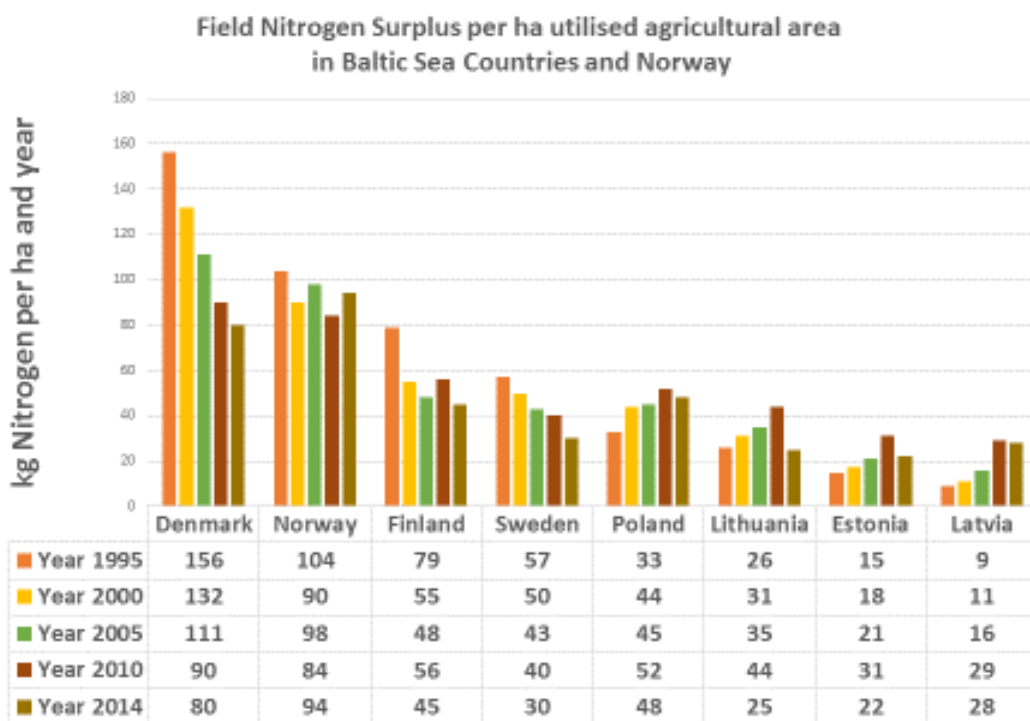
Source: Modified from Granstedt, A. 1992. American Journal of Alternative Agriculture, vol. 6; Granstedt, 2012. Agriculture for the future.

Figur 3. Definition för ekologiskt kretslopps jordbruk (Granstedt, 2018)⁸. Ett ERA-jordbruk följer definitioner och regler som gäller för ekologiskt jordbruk, med skillnaden att djur ingår på alla gårdar – eller på gårdar i samverkan – och att antalet djur begränsas av egna beten och foderproduktion baserad på baljväxt-vallar. Flerårig vallodling på alla gårdar (markerat grönt) innebär att djurhållningen också huvudsakligen är baserad på grovfoder samtidigt som utrymme ges för avsalu-grödor i växtföljden (markerat med gult).

Agriculture to Reduce Nutrient Pollution to the Baltic Sea. Journal Biological Agriculture and Horticulture, 26 (3), 279–307. Retrieved from <http://www.jdb.se/sbfi/files/BAH2009.pdf>
Granstedt, A., & Seuri, P. (2013). *Conversion to Ecological Recycling Agriculture and Society - Environmental, economic and sociological assessments and scenarios* (COMREC studies on environmental development 8, BERAS Implementation Reports 3). (A. Granstedt & P. Seuri, Eds.). Södertörns högskola.

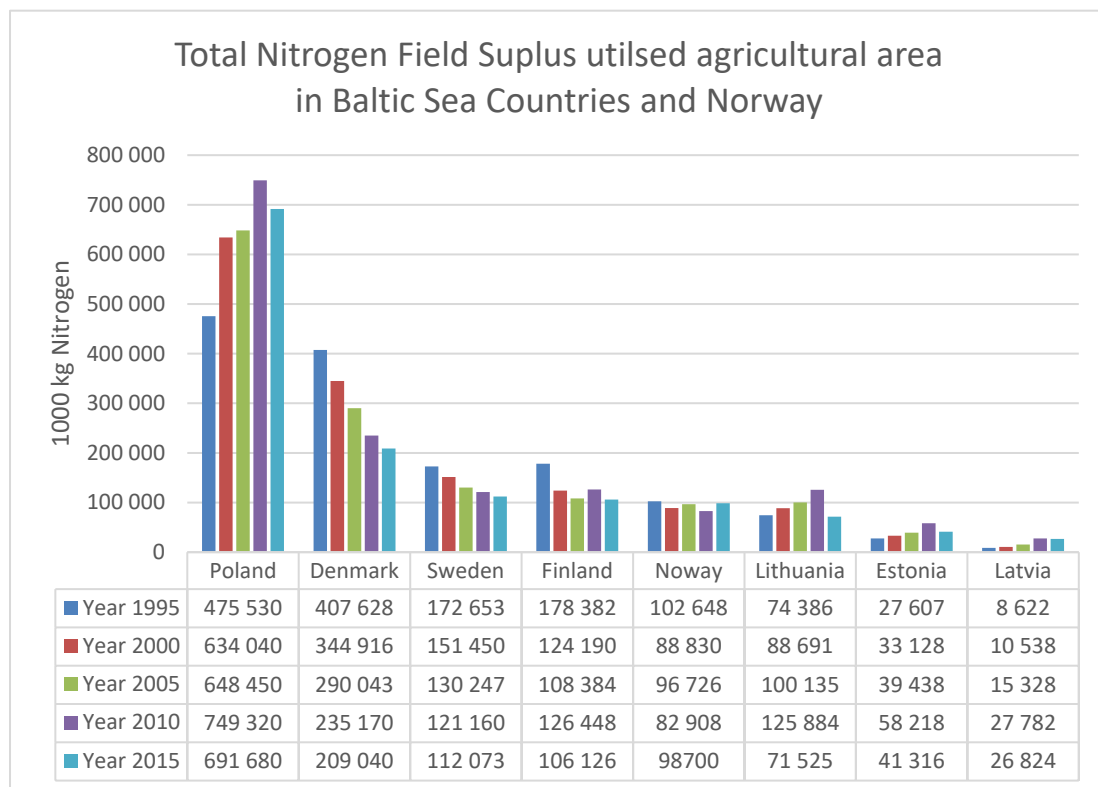
⁸ A. Granstedt 2018. *Morgondagens jordbruk*, Biodynamiska Forskningsinstitutet, Järna.

I det fortsatta projektet, BERAS Implementation år 2010, så arbetades det med själva omställningsprocessen och hela livsmedelskedjan från jord till bord. Här påvisades hur ett ökande antal arealer ekologisk odling, i kombination med övriga miljöförbättrande åtgärder inom såväl jordbruk som samhälle, skulle kunna åstadkomma en betydande minskning av övergödningen i Östersjön. Samtidigt visades hur en genomgripande omställning av kosten, anpassad till principerna för ett ekologiskt kretslopps jordbruk, skulle kunna leda till en minskning av klimatbelastningen i en sådan omfattning som skulle motsvara klimatmålet, med minst 80 % minskade klimatgasemissioner. Ett sådant kretslopps jordbruk som försörjde oss med livsmedel skulle också skona miljön från dagens skadliga användning av kemiska bekämpningsmedel, vilka i dag utgör ett hot mot pollinerande insekter och den biologiska mångfalden.



Figur 4a. Fältbalans/överskott kväve (kg N/hektar och år) åren 1995, 2000, 2005, 2010 och 2014 för EU-länderna runt Östersjön samt Norge. Sammanställning baserat på statistik som publicerats av EU, Eurostat 2019⁹. Fältbalans (tillförsel i form av mineralisk och organisk gödsel, nedfall och biologisk kvävefixering, minus bortförsel av växtnäring genom skörd) är närmare beskrivet i kapitlet "Material och metoder" i figur 8a, och omfattar all jordbruksareal i drift som gödslas, i Norge 985 hektar år 2017 (SSB, Norge, 2018).

⁹ Eurostat, 2019. Agri-environmental indicator – Gross nutrient balance. Retrieved April 4, 2019, from <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu>



Figur 4b. Fältbalanser med totala överskott av kväve (1000 kg N) åren 1995, 2000, 2005, 2010 och 2014 för Östersjöländerna inom EU samt Norge. Sammanställning baserad på statistik som publicerats av EU, Eurostat 2019⁹.

Efter 1995 kan en minskning av jordbrukets växtnäringsöverskott konstateras både per arealenhet (ha) (Figur 4a), och med motsvarande totala minskningar av överskottet framför allt i Danmark, Sverige och Finland (4b). Detta kan sättas i samband med ökande arealer ekologisk odling; miljöstöd och regleringar via EU för effektivare styrning av växtnäringsförsörjningen till grödornas behov; fånggrödor; samt kontroll av gårdarnas växtnäringshushållning genom beräkning av växtnäringsbalanser i särskilt Sverige, Finland och Danmark. Inrättande av vattenvårdsområden och det så kallade Nitratdirektivet inom EU har också haft betydelse.

Två studier har genomförts senaste åren med särskilt fokus på situationen i Polen (Granstedt m.fl.¹⁰). Vaxtnäringsöverskottet har där fortsatt att öka istället för att minska under perioden. Odlingsarealen som avvattnas till Östersjön är här betydligt större än i övriga länder. Det totala överskottet av

¹⁰ Granstedt, A., Johansson, S., Micha, M., & Lekan, M. 2017. *Will Poland Make the Same Mistakes as Sweden? Agriculture and the Baltic Sea with a special focus on Poland* (SBFI-rapport). Järna. [https://doi.org/ISBN 978-91-639-4478-9](https://doi.org/ISBN%20978-91-639-4478-9)

kväveföreningar som belastar Östersjön har därmed fortsatt varit på samma höga nivå och arealerna döende havsbottnar fortsätter att öka.

Bakomliggande orsaker – enligt samma mönster som i övriga länder – har påvisats vara en pågående strukturrationalisering, med djurhållning koncentrerad till vissa regioner. Men även i Polen finns exempel som visar en annan väg för jordbruket med den stora gården Juchowo som drivs biodynamiskt enligt principerna för ekologiskt kretsloppjordbruk (Granstedt m.fl.¹¹). Det är ännu långt kvar för att uppnå målen och omställning behöver ske inom närmaste tiden i en betydande omfattning för att rädda Östersjöns miljö. Överskotten av växtnäring drabbar emellertid inte enbart haven utan också klimatet. Framställningen av mineralgödsel kostar förbrukning av fossila energibärare, och överskotten av kväve leder till ökande emissioner av den starka växthusgasen N₂O¹². Överskotten av gödsel bidrar till stora biogena¹³ utsläpp av växthusgaser.

Norge är också ett av de länder där någon påtaglig minskning inte skett av jordbrukets överskott av kg kväve (N) under den här beskrivna 20-årsperioden, och där kväveöverskottet per arealenhet är högst av de här redovisade nordiska länderna (figur 4a). Orsakerna till detta skulle kunna vara föremål för särskilda studier som undersöker om detta är beroende av de i Norge rådande naturgeografiska betingelserna, eller av brister vad gäller miljö- och jordbrukspolitiska åtgärder. Men även i Norge finns goda exempel på andra vägar för jordbruket och som presenteras i denna rapport.

2.2 Konsumtionens klimatbelastning och matproduktionens betydelse

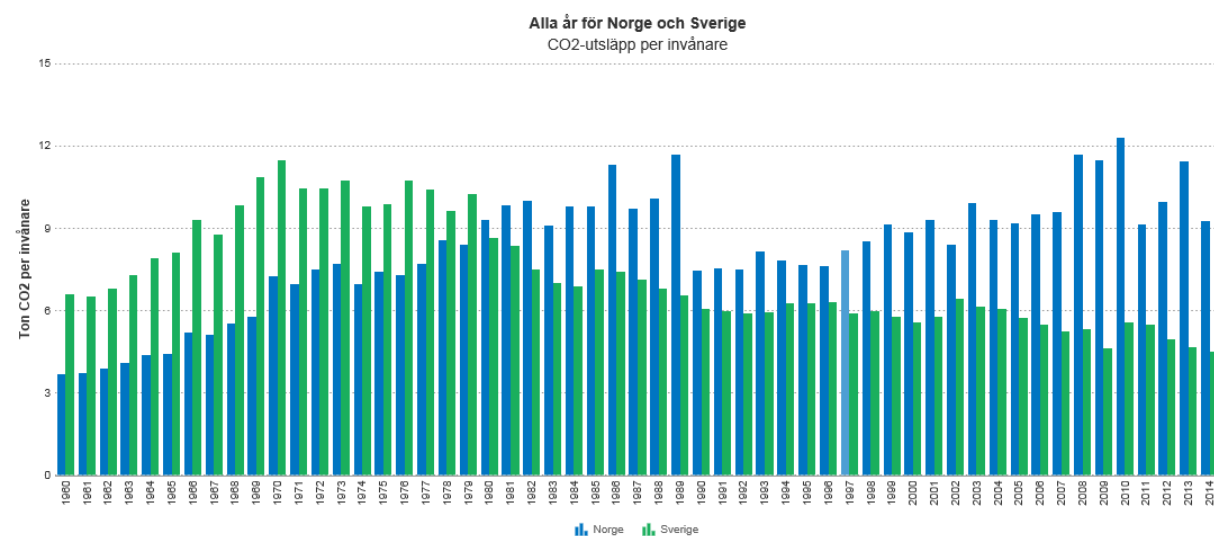
Klimatbelastningen per person från alla mänskliga verksamheter (så kallade antropogena utsläpp) inom respektive land har olika nivå i olika länder. En jämförelse visar att Sverige hade högre utsläpp fram till 1980-talet¹⁴ jämfört med Norge, men numera har Norge högre utsläpp (figur 5a). Globalt måste vi ned på den nivån som ännu råder i många utvecklingsländer för att klara klimatmålet, som t.ex. Indiens utsläpp fram till 2014 (figur 5b).

¹¹ Granstedt, A., Gerber, S., Lekan, M., Szumelda, A. and Johansson, A. 2019. *Organic Food Initiatives in Poland, -A Multidisciplinary Study of Cooperation in Three Regions*. Stiftelsen Biodynamiska Forskningsinstitutet, Järna.

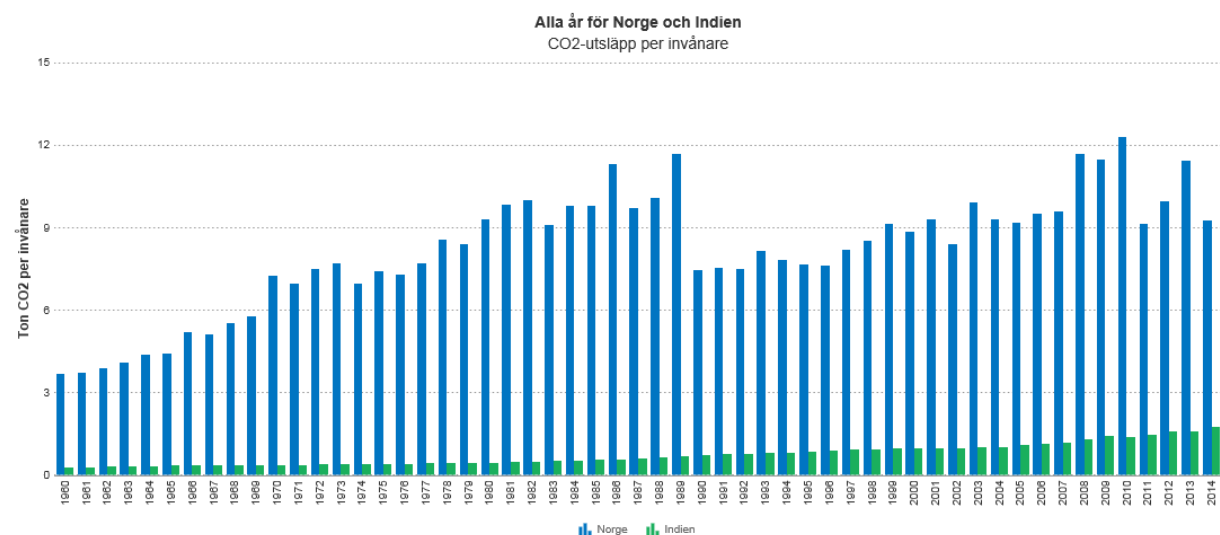
¹² Galloway, N. J., Aber, J. D., Erisman, J. W. 2003. The Nitrogen Cascade, *BioScience*, Volume 53, Issue 4, April 2003, Pages 341–356.

¹³ Definition, se kapitel 6.3.

¹⁴ Källa: World Bank/Carbon Dioxide Information Analysis Center, <https://www.globalis.se/Laender/Norge?indicator=CO2>



Figur 5a. Totala utsläpp av klimatgaser från mänskliga verksamheter (antropogena utsläpp) i Norge jämfört med Sverige, per invånare, räknat i CO₂-ekvivalenter. Källa: World Bank, Carbon Dioxid Information Analysis Center.



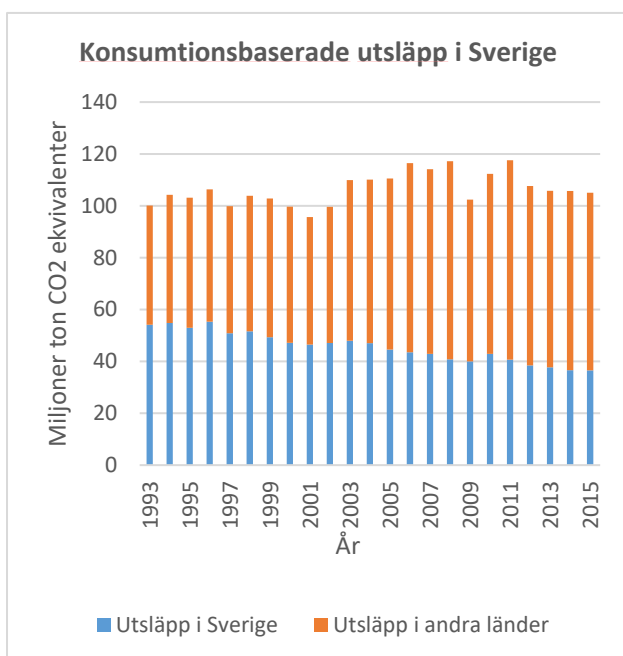
Figur 5b. Totala utsläpp av klimatgaser från mänskliga verksamheter (antropogena utsläpp) i Norge jämfört med Indien från 1960 till 2014, per invånare, räknat i CO₂-ekvivalenter.

Det som här visas är endast de utsläpp som sker från källor inom det aktuella landets gränser, så kallade *territoriella utsläpp*. Dessa territoriella utsläpp kommer från tillverkningsindustrier, uppvärmning, transporter och även klimatgaser som avgår från jordbruket. Dock består invånarnas konsumtion även av förbrukning av varor från andra länder och som gett upphov till

emissioner av växthusgaser där de producerats. Sverige utnyttjar också denna nettoeffekt när hela konsumtionens klimatbelastning redovisas¹⁵. Med nettoeffekt av konsumtionens klimatbelastning avses att både import och export har beaktats i beräkningen. Samtidigt som de inhemska konsumtionsbaserade utsläppen har minskat sedan 1990-talet, så ökade importen för både direkt och indirekt konsumtion vilket lett till att den totala konsumtionsbaserade klimatbelastningen har fortsatt att öka (figur 6). Att redovisa hela konsumtionens klimatbelastning är särskilt viktigt inom livsmedelsområdet i länder som Norge och Sverige, där konsumtionens nettobelastning på klimatet består av en betydande del importerade livsmedel, och där även den inhemska produktionen baseras på importerade produktionsmedel som mineralgödsel, drivmedel och fodermedel. Motsvarande sammanställning som visar konsumtionens hela klimatbelastning saknas ännu i Norge, men belastningsvärdena per person kan antas vara högre än i Sverige. En beräkning för speciellt matkonsumtionens klimatbelastning som också inkluderar de importerade resurserna kommer att publiceras i början av år 2021, enligt det norska Miljødirektoratet¹⁶.

¹⁵ Naturvårdsverket, 2008, *Rapport 5903 · Konsumtionens klimatpåverkan* Rapport SCB och Naturvårdsverket.
<https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-5903-3.pdf> samt Naturvårdsverket 2020: <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-konsumtionsbaserade-utslapp-per-person/>

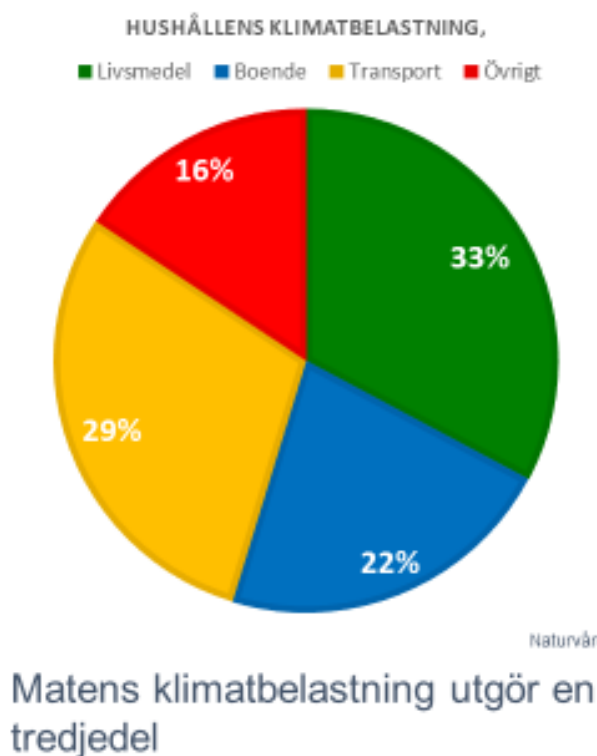
¹⁶ Pers. medd. Solrun Figenschau Skjellum, Seksjonsleder, seksjon for klimakunnskap, Miljødirektoratet i Norge.



Figur 6. Utsläpp av växthusgaser från all svensk konsumtion, summan av utsläpp inom landet samt importerade varor (Naturvårdsverket, 2018). De sammanlagda nettoutsläppen har varit på samma nivå sedan år 1993 och är på cirka 10 ton per person. Matkonsumtionens andel av denna är cirka en tredjedel.¹⁷

Figur 7 visar fördelningen av konsumtionens klimatbelastning och där matkonsumtionens andel uppgår till ca en tredjedel (nettoeffekten med beaktande av import och export) enligt Naturvårdsverket i Sverige. Det är troligt att minst samma förhållande gäller i Norge även om det inte finns siffror ännu på detta. De norska beräkningarna för jordbrukets klimatbelastning omfattar hittills endast de territoriella emissionerna. De inkluderar inte klimatbelastningen för framställning av mineralgödselmedel samt de importerade resurser i form av fodermedel som är av en betydande omfattning i Norge.

¹⁷ Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser--utslapp-av-svensk-konsumtion/>



Figur 7. Källfördelning av den svenske konsumtionens nettobelastning på klimatet 2015 (grön färg motsvarar matens belastning) enligt beräkningar gjorda av Naturvårdsverket (2018).

Fler exempel behövs, och mot denna bakgrund var det särskilt angeläget att komplettera de tidigare gjorda studierna i BERAS-projektet i Östersjö-länderna och Polenstudierna med studier av det norska jordbruket och en gård som under lång tid drivits i enlighet med principerna för ekologiskt kretsloppsjordbruk.

Den här föreliggande redovisningen av de gjorda beräkningarna för gården Fokhol och norskt lantbruk har föregåtts av en litteraturstudie rörande ekologiskt jordbruk och klimatgaser genomförd av forskaren Grete Lene Serikstad¹⁸. Resultaten från denna enskilda fallstudie bör sättas i sammanhang med vad som där framkommit från andra undersökningar.

I den i inledningen omnämnda litteraturstudien som föregått detta arbete (Serikstad, 2018) sammanfattas att i de flesta metaanalyser om klimatgasutsläpp från olika driftsformer har lägre klimatbelastning från ekologisk odling påvisats jämfört med konventionell odling, räknat per hektar odlingsmark. Görs beräkningarna i stället av utsläppen per producerad mängd så blir resultaten sämre med lika stora eller större utsläpp från ekologisk odling. Det anförts att detta beror på lägre skördar.

¹⁸ Serikstad, G.L. 2018. Ökologisk landbruk og klimagasser Metan, lystgas og CO₂. NORSØK rapport, Volym 2, NR 2.

I rapporten beskrivs också den stora skillnaden mellan gårdar och driftsformer som framkommit, samt hur olika odlingsåtgärder inverkar inom respektive jämförda odlingssystem. Biodynamisk odling, så som det är utformat på Fokhol med en balans mellan djurhållning och växtodling, grovfoderbaserad, självförsörjande djurhållning, samt odling av både brödsäd och grönsaker, intar här en särställning och skiljer sig från övrig ekologisk odling där många gårdar också är specialiserade och därmed med mindre skillnader jämfört med konventionell drift.

Valet av Fokhol gård som studie- och jämförelsegård är motiverad av att den är en av få större gårdar i Norge som uppfyller kriterierna för en ekologisk kretsloppsgård (Granstedt & Seuri, 2013), har en allsidig drift, omfattar samtliga typer av baslivsmedel och som drivits enligt samma inriktning under en lång tid. Det kan mot detta val anföras att gården är mindre representativ som jämförelse till det övriga jordbruket då den ligger inom en av Norges mera bördiga odlingsområden och att produktionsresultaten därigenom är mer gynnsamma än vad som kan gälla för andra gårdar. Dessa synpunkter kommer beaktas och kommenteras i samband med resultatredovisningen och den slutliga utvärderingen. Men det bör redan inledningsvis framhållas att det i framtiden är önskvärt med fler gårdsexempel och gårdsstudier av detta slag som här kommer presenteras, för att få en rättvisande bild av ett framtida miljövänligt, resurshushållande och samtidigt produktivt jordbruk.

3. Syfte

Avsikten med föreliggande studie har varit att utvärdera hur kretsloppsprinciperna kan förverkligas praktiskt i jordbruket för att uppnå uthållig matförsörjning.

För att utforska detta har näringsbalansberäkningar och en utvärdering av klimatkonsekvenserna genomförts på den biodynamiska gården Fokhol gård i Norge, och som jämförts med medelvärdena för dagens huvudsakligen konventionella norska jordbruk vad gäller växtnäringshushållning och klimatkonsekvenser. Jämförelser har gjorts med motsvarande värden för en representativ biodynamisk kretsloppsgård i Sverige och det svenska jordbruket med användande av samma beräkningsmetoder som i tidigare studier.

4. Material och metoder

Befintlig jordbruksstatistik har utgjort underlag för att göra växtnäringsbalansberäkningar och klimatberäkningar för hela jordbruket i Norge respektive Sverige, medan insamling av data från gårdsdriften har utgjort underlag för näringsbalanser och klimatberäkningar på respektive gård. Vaxtnäringsbalansberäkningar har genomförts i enlighet med de beräkningsmetoder som tillämpats i tidigare studier i Östersjöprojektet BERAS (Granstedt et al, 2008) som beskrivits under rubriken 2. Bakgrund. Klimatberäkningarna har genomförts i enlighet med "IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories"¹⁹ som tillämpas i Sverige av det svenska jordbrukets rådgivningsprogram: Greppa Näringen²⁰. Beräkningar för biogena emissioner kan omvärderas varefter data framkommer från försök. I denna jämförande studie har det varit väsentligt att strikt använda samma metod så att jämförelserna är stabila även om totalvärdena kan förändras vid ny kunskap.

4.1 Beräkning av växtnäringsbalanser

Det förekommer olika typer av växtnäringsbalanser. Fältbalanser benämnda Gross Nutrient Balances tillämpas inom OECD²¹ och inrapporteras av medlemsländerna till EU och FAO (UN *Food and Agriculture Organization*). Principen för beräkning av fältbalanser (surface balances) framgår av figur 8a. Officiell statistik som baseras på uppgifter om tillförd växtnäring i form av stallgödsel från odlare i respektive länder, kan vara mindre tillförlitlig än de uppgifter som baseras på handelsstatistik och insamlade gårdsdata hämtade från räkenskapsredovisningar på gårdsnivå.

Det är dessa officiella fältbalanser som redovisas i figur 4 för de nordiska länderna, i enlighet med figur 8a. I de här genomförda undersökningarna så är det genomgående gårdsbalanser enligt figur 8b som är presenterade. De är baserade på insamlade gårdsdata och officiell statistik över inköpta produktionsmedel och försålda produkter från jordbruket. Beräkningarna är gjorda i enlighet med det i Sverige använda rådgivningsprogrammet *Greppa näringen*

¹⁹ [2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories](https://www.researchgate.net/publication/401042)<https://www.researchgate.net/publication/401042>

²⁰ Berglund, M., Cederberg, C., Clason, C., Henriksson, M., Törner, L. 2009. *Jordbrukets analyser av exempelgårdar. Delrapport i Joker-projektet*. Eldsberga: Hushållningssällskapet, Halland. Tillgänglig: <http://hs-n.hush.se/attachments/82/2888.pdf> [2019-05-31]

²¹ https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=AEI_NUTRIENTS

och det där tillämpade beräkningsverktyget VERA²². Detta, av Svenska Jordbruksverket licensierade program, har använts även vad gäller använda standardvärden för växtnäringsinnehåll i aktuella produktionsmedel och odlingsprodukter.

Värdena för botanisk sammansättning och skördar baseras på provtagningar av vall-skördar i fält på gården Fokol, vid samtliga skördetillfällen åren 2014–2018, jämte från brukarna insamlade uppgifter. Detta har givit underlag för beräkning av den biologiska kvävefixeringen.

Flöden av växtnäring inom respektive gårdsekosystem har beräknats i enlighet med tidigare av författaren genomförda studier²³. Dessa omfattar omsättningen av växtnäringen hos djuren, emissioner och förluster av ammoniak från djuren, från stallgödsel som lagras på gödselplatta samt kompostering. Baserat på detta har även en uppskattning gjorts av växtproduktionens storlek enligt nämnda gjorda antaganden. De i tidigare studier redovisade effektivitetsmått för växtnäringsutbyte och kretsloppseffektivitet finns här också beräknade i form av hur stor andel av växtnäringen som återcirkulerar inom gården, så kallad *circulation factor* och *primary nutrient balance*, utvecklat av forskaren Pentti Seuri (2013²⁴).

Gården Fokhol har utgjort underlag för den här aktuella studien åren 2014–2017 i jämförelse med det norska jordbruket. Data från året 2018 har i den slutliga redovisningen uteslutits från såväl den nationella som den gårdsbaserade redovisningen till följd av de extrema odlingsbetingelserna detta år, med torka som till vissa delar halverade skörden på nationell nivå.

Som referensgård har den biodynamiska kretsloppsgården Ullberga utanför Nyköping använts och som jämförts med beräknade värden för hela det svenska jordbruket för år 2017. Såväl beräkningarna för det norska jordbruket och det svenska jordbruket har visat god överensstämmelse med

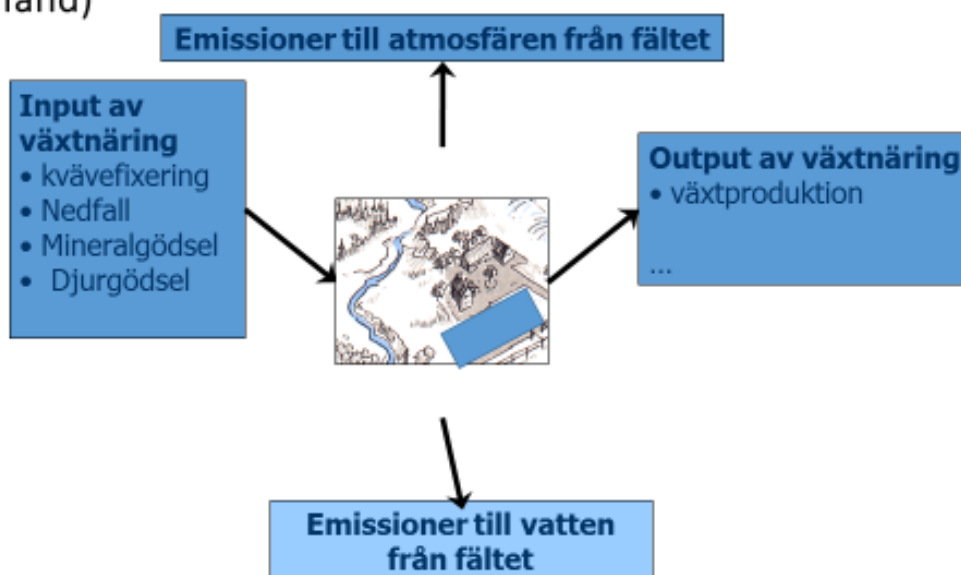
²² Beräkningsverktyget VERA (Växtnäring, Energi, Rådgivning och Analys) <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/vaxtnaring/berakningsverktygetvera.4.2d0b774d14f81f5098821d9c.html>

²³ Granstedt, A. (2000). Increasing the efficiency of plant nutrient recycling within the agricultural system as a way of reducing the load to the environment - Experience from Sweden and Finland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 80(1–2), 169–185. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00141-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00141-9)

²⁴ Seuri, P. 2013. *Primary nutrient balance*. In: *Conversion to ecological recycling agriculture and society: Environmental, economic and sociological assessments and scenarios* (eds A Granstedt and P Seuri) BERAS Implementation Report 3: 21-26.

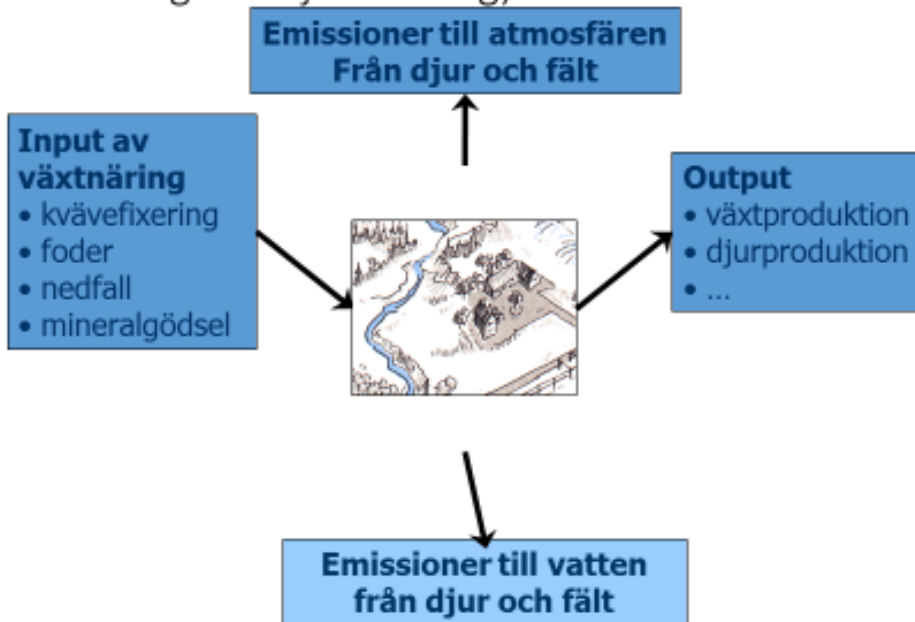
andra gjorda beräkningar, med hänsyn till förekommande skillnader vad gäller val av vad som inräknats som använda resurser i jordbruket. Alla totalvärden har, för att möjliggöra jämförbarhet, omräknats till kilo växtnäringsämnen per hektar; kilo växtnäringsämnen per kilo producerat livsmedel i form av protein; samt mängden producerade livsmedel i form av energi uttryckt i kilojoule (kJ).

Fältbalans (visar balans överskott respektive underskott av växtnäring för odlingsmarken på enskilda fält, gårdar eller beräknade för ett helt land)



Figur 8a. Principen för beräkning av fältbalanser.

Gårdsbalans (inkluderar underskott eller överskott för hela gårdar eller ett helt land för både växtodling och djurhållning)



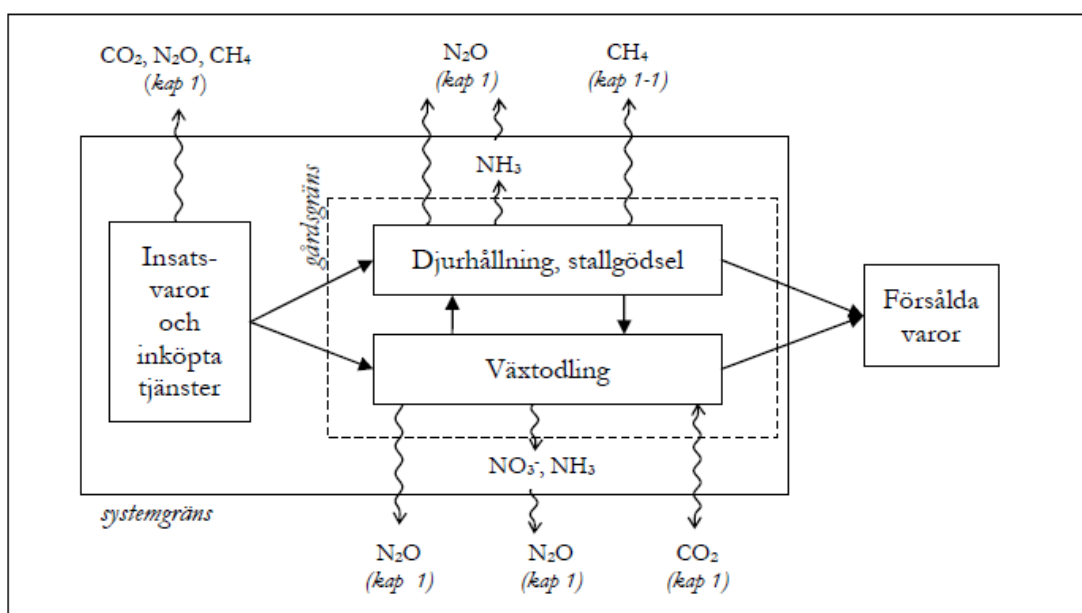
Figur 8b. Principen för beräkning av gårdsbalanser (farm gate balances) för enskilda gårdar, regioner eller på nationell nivå.

4.2 Klimatberäkningar

Syftet med klimatberäkningarna är att bedöma matproduktionens klimatpåverkan på gårdsnivå för den biodynamiska gården Fokhol, jämfört med det genomsnittliga jordbruket i Norge under perioden 2014–2017. Som referens görs en jämförelse med det svenska jordbruket samt med den biodynamiska kretsloppsgården Ullberga i Sörmland, beräknat på exakt samma sätt.

Ingångsvärdena för beräkningarna inbegriper här emissioner av klimatgaser, både från jordbruket (växtodling och djurhållning) och från framställning och transporter av de insatsmedel som användes i jordbruket såsom mineralgödsel och inköpta fodermedel i enlighet med vad som benämns livscykelperspektiv/-analys (LCA) för att beräkna jordbrukets klimatpåver-

kan (Berglund m.fl. 2009²⁵). Metodiken baseras på klimatstudier gällande utsläpp från djurhållning, djurgödsel och växtmaterial samt rekommendationerna för nationell rapportering av klimatutsläpp enligt IPCC 2006²⁶. Insamlade data och beräkningar i enlighet med vad som föreslagits i rapporten, omfattar klimatpåverkan i jordbruksproduktionens olika led fram till dess att växtodlings- och animalieprodukterna lämnar gården (figur 9). Endast de insatsvaror och processer som gäller gårdsdriften och dess produktion ingår. Förbrukning av byggnader och maskiner i jordbruket vars framställning också leder till klimatutsläpp ingår inte i dessa beräkningar.



Figur 9. Systemgränser för de processer som ingår i beräkningen av jordbrukets klimatpåverkan i enlighet med Berglund m.fl. (2009). Raka pilar anger material eller energiflöden, och de vågiga pilarna emissioner av CO₂, N₂O, CH₄, NH₃ och NH₃ i enlighet med vad som redovisas i rapporten.

²⁵ Berglund M, Cederberg, Clason, C., Henriksson, M. och Törner L. 2009. *Jordbrukets klimatpåverkan - underlag för att beräkna växthusgasutsläpp på gårdsnivå och nulägesanalyser av exempelgårdar*. Delrapport i JOKER-projektet. Mars 2009. Hushållningssällskapet Halland.

²⁶ IPCC 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories <https://www.researchgate.net/publication/401042>

Produktionsmetodernas inverkan på markens organiska substans och därmed förbunden bindning eller utsläpp av kolföreningar från marken har inte beaktats då markstudier inte ingått i projektet. Utsläpp av N₂O vid odling av myrmark som redovisas på nationell nivå (Statistisk Sentralbyrå, 2018²⁷) har inberäknats då det inte är betingat av respektive odlingssystem. Uppodling av myrmark som leder till utsläpp av koldioxid har här inte beaktats vare sig för Sverige eller Norge, då det ligger utanför den aktuella jämförelsen med de gällande gårdarna.

Vad gäller hur respektive odlingssystem påverkar den organiska substansen i marken, så är vi i Norge ännu hänvisade till de studier som genomförts i andra länder såsom i Sverige, Tyskland och Schweiz och som har redovisats i den av Grete Lene Serikstad genomförda litteraturstudien²⁸. En jämförande undersökning av marken och den organiska substansen i biodynamisk odling är dock under planering.

Föra att kunna jämföra odlingssystemens miljöpåverkan på gårds- och landsnivå så har värdena för såväl växtnärbalanser och utsläpp av klimatgaser relaterats till arealenheter (hektar odlingsareal) som funktionell enhet. Vad gäller utsläpp av klimatgaser så har utsläppen även relaterats till mängden producerade livsmedelsprodukter i form av omsättbar energi (MJ megajoule) och protein (kg protein) i LCA som funktionella enheter.

4.3 Fallstudier med jämförelser mellan odlingssystem

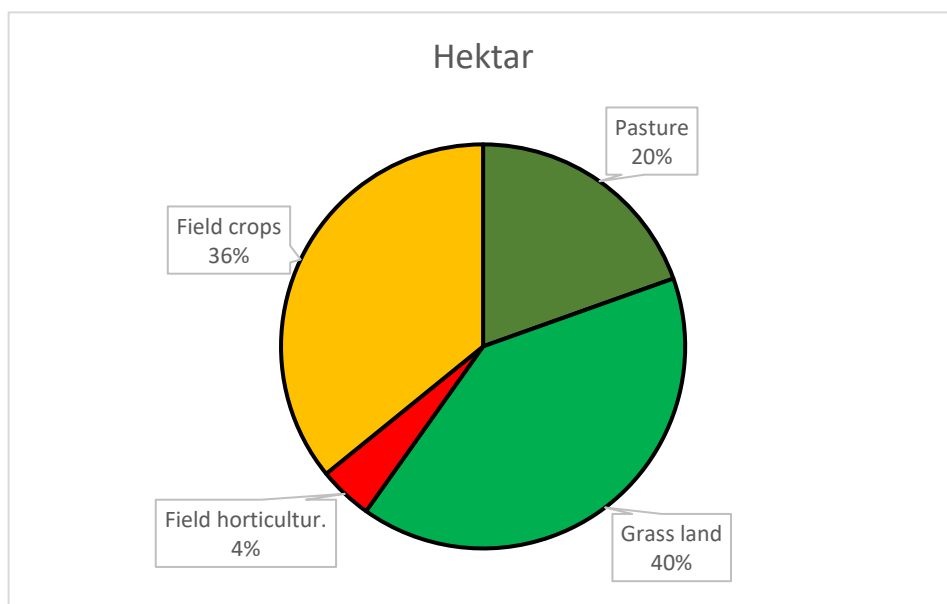
Studierna med växtnärbalanser och klimatbalanser får ses som en fortsättning på de gårdsstudier som tidigare gjorts i Sverige och övriga Östersjöländer. Studierna har genomförts på enskilda gårdar som jämförts med växtnärbalanserna på nationell nivå i respektive land. Sammanställningen av närings- och klimatbalansen för gården Fokhol och det genomsnittliga norska jordbruket åren 2014–2017 jämförs därför också med en av de svenska typgårdarna, Ullberga i Södermanland, samt en aktuell beräkning för det svenska jordbruket för år 2017. Cirkeldiagrammen visar gårdarnas struktur, fördelning mellan grödor och särskilt balansen mellan växtodling och djurhållning.

²⁷ Statistisk Sentralbyrå, Jordbruk och Miljö 2018. Tillstånd och utveckling, SSB Norge

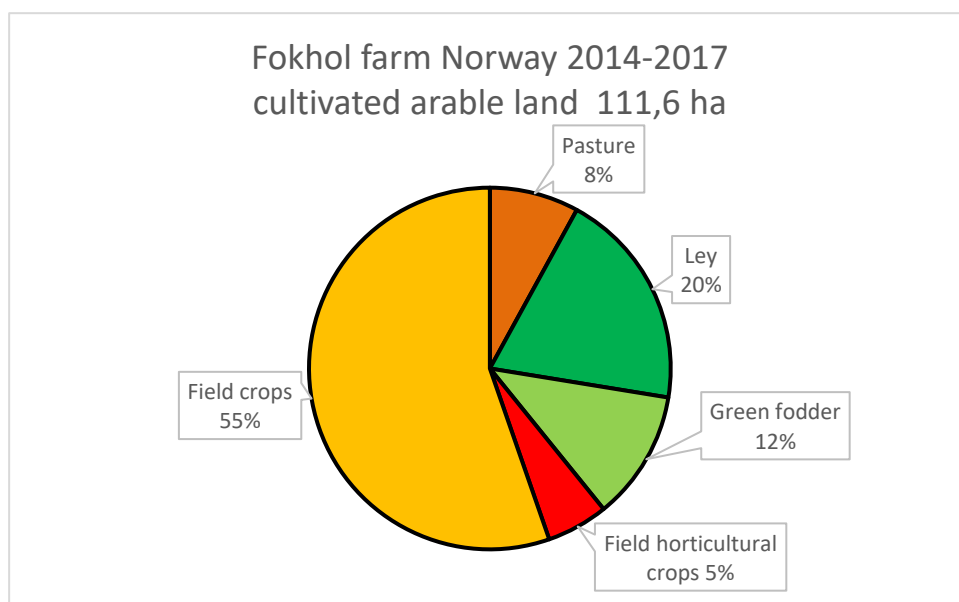
²⁸ Serikstad, Grete Lene, 2018. Ökologisk landbruk og klimagasser, Metan, Lystgas og CO₂, NORSØK, Rapport VOL.3 NR 2.

Både Norge och Sverige har sedan 1950-talet ökat importandelen av såväl livsmedel och fodermedel; jordbrukets produktion och areella fördelning av olika grödor avspeglar numera inte konsumtionsbehovet. Det norska jordbruket producerar behovet av animalieprodukter inom landet, medan det nödvändiga foderbehovet för denna produktion baseras på en betydande import av kraftfoder.

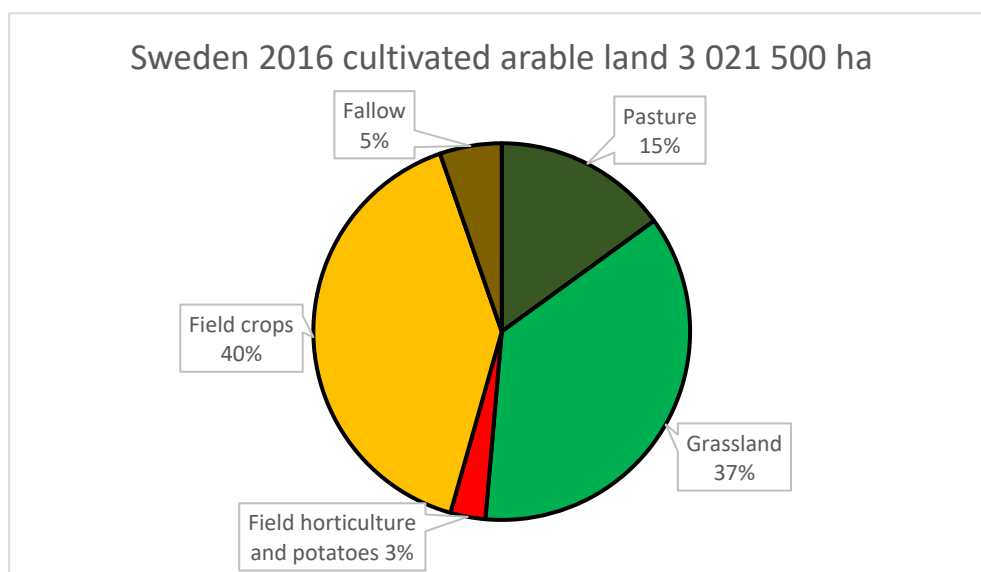
Behovet av grovfoder täcks däremot inom landet, vilket speglas av den i Norge stora andelen vallgrödor, och även en, i förhållande till övriga länder, hög andel kultiverad ängsareal. Fördelningen av lantbruksarealerna med åker och ängsareal i Norge, Fokhol gård, samt i Sverige och Ullberga framgår av figurerna 10a, 10b, 10c och 10d.



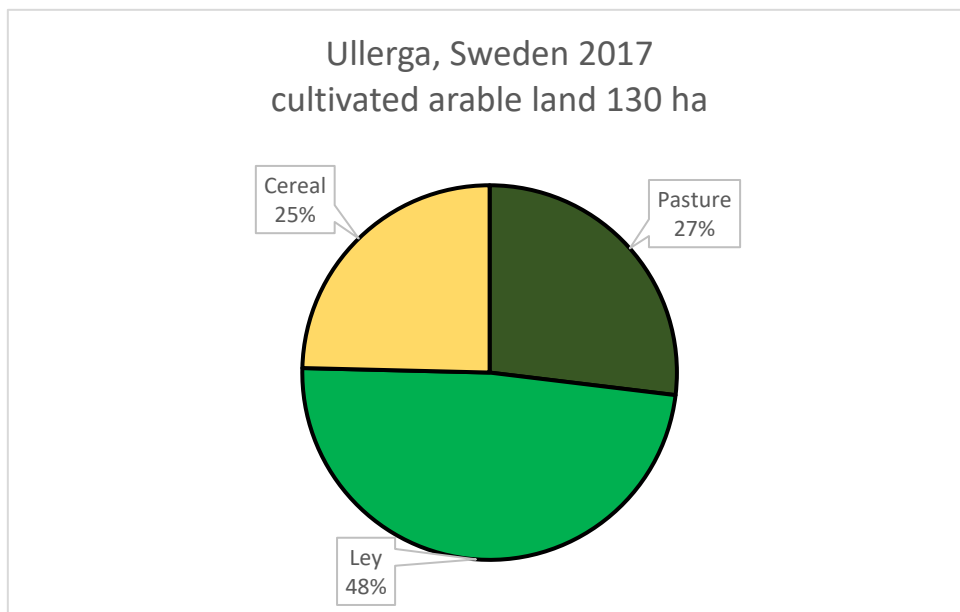
Figur 10a. Fördelningen av lantbruksarealen i Norge år 2017 (995 603 ha) varav 80 % var plöjd areal och resten 20 % kultiverade naturbeten (pasture). Hälften av den plöjda arealen utgjordes av vallgrödor (grasslands) och resterande av åkergrödor, säd och oljeväxter (36%) samt fältmässig grönsaks-, frukt och bäroddling (4%) enligt SSB i Norge år 2018.



Figur 10 b. Fördelningen av lantbruksarealen på Fokhol gård (111,6 ha) varav 92 % är plöjd areal och endast 8 % beten (pasture). En tredjedel av den plöjda åkern (32 % av hela gårdsarealen) utgjordes av vallgrödor (grasslands), fördelat på flerårig vall (ley 20 %) och ettårigt grönfoder grönfoder (green fodder 12 %) och resten var livsmedelsgrödor fördelat på brödsäd och övrig spannmål (field crops 55%), samt fältmässig grönsaksodling (field horticultural crops, 5%).



Figur 10c. Fördelningen av lantbruksarealen i Sverige år 2016 (3 021 tusen ha) varav 85 % var plöjd åker och resten 15 % kultiverade naturbeten (pasture). Närmare hälften (44 %) av den plöjda åkern utgjordes av vallgrödor ("grasslands", 37 % av den totala lantbruksarealen) och resten av åkergrödor såsom säd, oljevaxter mm (36 %) och fältmässig grönsaks-, frukt- och bärödling samt potatis (field horticulture and potatoes 3 %) enligt SCB Sverige 2018.



Figur 10d. Fördelningen av hela lantbruksarealen på Ullberga gård, Sverige (130 hektar) varav 73 % av arealen är plöjd åker och 27 % beten (pasture). Två tredjedelar av den plöjda åkern (48 % av hela gårdsarealen) utgörs av vallgrödor (grasslands) och en tredjedel av livsmedelsgrödor fördelat på huvudsakligen brödsäd (25 % av hela gårdsarealen).

4.4 Fokhol gård

Fokhol gård är belägen i Stange kommun på bördig moränmark inom ett begränsat slättbygdsområde, ca 10 mil norr om Oslo, öster om Norges största sjö Mjøsa, strax söder om Hamar (koordinater [60°38'58"N 11°21'59"Ø](#)) i Innlandet fylke (landskapet syns på framsidebilden). Gården ligger på ungefär samma breddgrad som Bergen och Falun eller Gävle. Landskapet och det geologiska underlaget utgörs av kambrio-silur-avlagringar med varierande inslag av lättvittrad kalksten och lerskiffer, beläget 120 till 225 meter över havet (Mehlum, 2018²⁹).

Variationen är stor mellan höjder och sänkor inom gården och enskilda skiften. Den böljande topografin med också mera organogena jordar var troligtvis tidigare periodvisa vattenfyllda sänkor vilket innebär att inom enskilda skiften varierar värden för pH, växttillgänglig fosfor, kalium och även

²⁹ Mehlum, Lars, 2018. Store Norske lexikon. Hedmark, Geologi.

mullhalter uppmätta som glödförlust³⁰ enligt de markkarteringar som gjorts medels provtagningar i matjorden, 0–20 cm. (Tabell 1a och 1b för år 2000 respektive år 2007 – ett tidsavstånd motsvarande ett växtföljdsomlopp).

Glödförlusterna minus avdrag för lerhalterna visar här på mullhalter mellan 4 % och 9 % med stor variation inom enskilda fält. Fosforvärdena (P-AL³¹ 2 – P-AL 5 mg/100 g jord) och även kaliumvärdena är låga (K-AL³² 4 – K-AL 11 mg/100 g jord), men utan att någon nämnvärd förändring skett mellan de två provtagningstillfällena. Det föreligger en möjlig generell ökning av mullhalterna (som dock inte kan säkerställas statistiskt) vid de två provtagningstillfällena år 2000–2007. Proverna är fördelade över hela gården. Skiftesplanen de fem åren 2014–2018 framgår av tabell 3, samt kartan figur 13 är för år 2017.

Tabell 1a. Markkartering Fokhol år 2000, 0-20 cm.

Markkartering Fokhol år 2000, (Analys: Eurofins Food & Agrotesting)

Prov nr	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	Gl.förl.%
4	6,6	4	9	13	380	9,7
8	6,7	2	8	10	380	9,9
14	6,2	3	7	6	290	9,7
16	6,6	3	7	10	430	11,2
20	6,5	2	4	5	250	5,8
24	6,2	2	8	10	310	9,6
44	7,1	5	6	7	380	7,2
46	6,1	4	11	9	250	7,6
50	6,9	2	6	7	360	8,1
52	6,4	3	8	10	350	9,9
Medelv.	6,53	3	7,4	8,7	338	8,9

³⁰ Analyser utförda av Eurofins Foods & Agroteesting Norway AB 2013, www.eurofins.no Standardmetod för glödförlustbestämning enligt Jordbruksverket 2020 (<http://www.jordbruksverket.se/download/18.23f3563314184096e0d2e49/1381492667348/Metodbeskrivning%20f%C3%B6r%20analyser.pdf>): Jordprov torkas vid 105 ±1°C, därefter glödgas vid 500 ±10 °C, och vägs åter efter att provet svalnat till ca 50 °C. Glödningsförlusten bestäms i procent av torrsubstans.

³¹ P-AL betyder fosfor extraherat med ammoniumlaktat och visar växttillgängligt fosfor i jord (mg P/100g lufttorr jord).

³² K-AL betyder kalium extraherat med ammoniumlaktat och visar växttillgängligt kalium i jord (mg K/100g lufttorr jord)

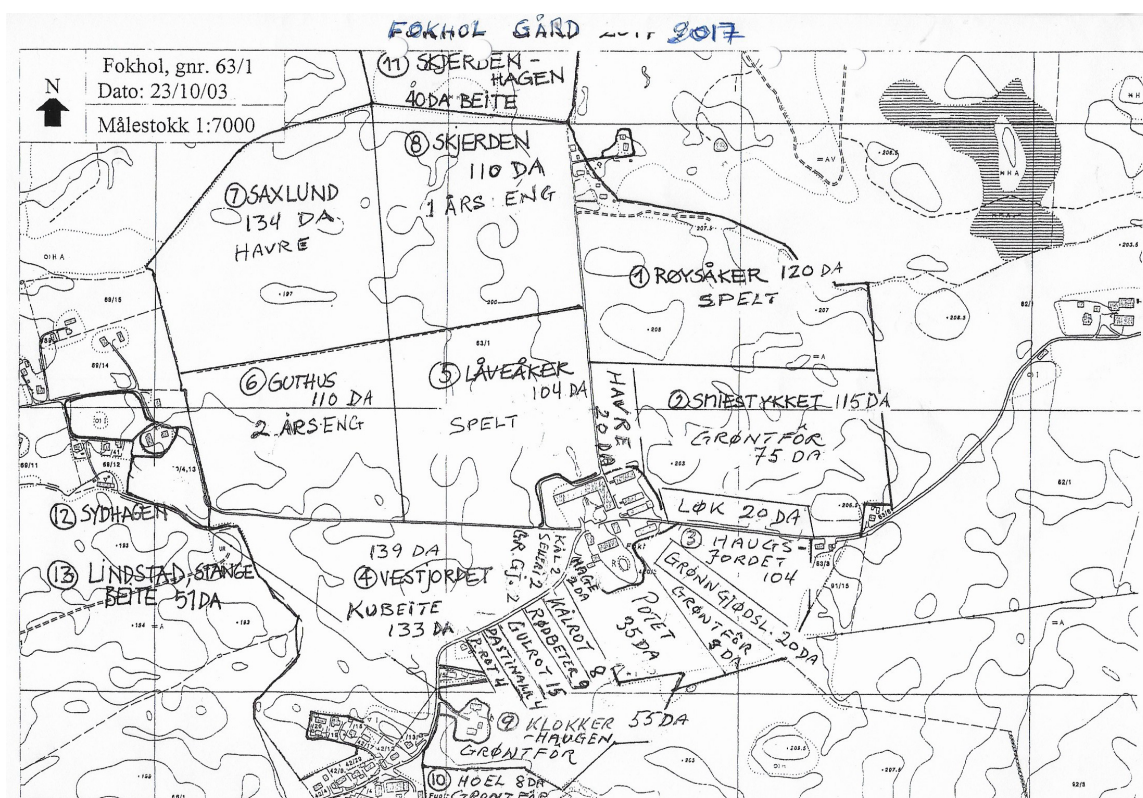
Tabell 1 b. Markkartering Fokhol år 2007, 0-20 cm.

Markkartering Fokhol år 2007 (Eurofins Food & Agrotesting)						
Prov nr	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	Gl.förl.%
4	6,4	3	6	14	390	9,4
8	6,8	3	6	11	571	10
14	6,5	3	8	12	452	10,5
16	6,4	2	7	10	446	10,2
20	6,4	3	6	10	451	11
24	6,5	2	10	12	516	10,5
44	7,7	5	11	11	518	9
46	6,1	4	7	8	270	7,8
50	6,8	2	6	7	427	9,3
52	6,2	2	7	8	332	9,3
Medelv	6,58	2,9	7,4	10,3	437,3	9,7

4.4.1 Gårdsstruktur och inriktning av driften

Gården Fokhol skiljer sig från det genomsnittliga norska jordbruket genom sin inriktning att producera mat för en allsidig matförsörjning med både matgrödor och fodergrödor (figur 14a och 14b), och en djurhållning som endast är baserad på vallgrödor producerad på den egna gården. Jordbruket drivs i enlighet med principerna för ett ekologiskt kemikaliefritt kretsloppsjordbruk, som är självförsörjande med både foder och gödsel samt odlas biodynamiskt med användande av de för biodynamisk odling karakteristiska preparaten vid behandling av gödseln och i fält³³. Skiftena runt gårdscentrum för år 2017 framgår av figur 11 och vilka grödor som odlats på respektive skifte framgår av tabell 2.

³³ <https://www.forbrukerradet.no/merkeoversikten/miljo/demeter-2/>



Figur 11. Skifteskarta Fokhol Gård år 2017 med bruksningscentrum i mitten.

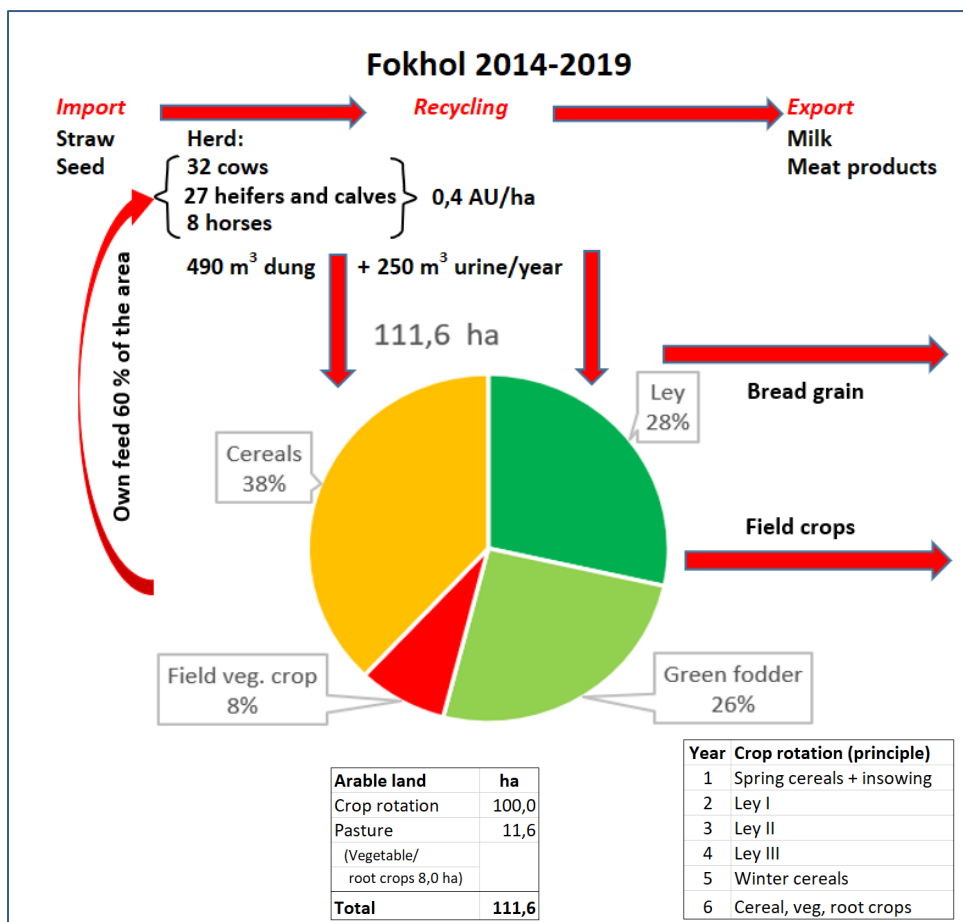
Tabell 2. Skiftesplan med grödor odlade under perioden åren 2014–2019. Odling av grönsaker och rotfrukter odlas årligen på någon del av ett eller flera skiften. Skiftena med grönsaker vandrar runt i växtföljden på de skiften, och de delar av dessa, som är lämpade med hänsyn till förfukter och passande jordar på en sammanlagd årlig areal av 8 ha. **Grönfärgade rutor** anger vallgrödor alternativt grönfoder (GRF) med insädd vall med vallbaljväxter för vinterfoder, alternativt bete på åkermark. **Blå text** anger bete alternativt permanent vall. **Röd text** anger fältgrönsaker (FGR) och potatis (P).

Fokhol skiften med huvudgrödor 2014-2019								
Skifte		Areal	År					
nr	Namn	ha	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	Røjsåker	12,0	GRF/P	Vall I	Vall II	Speltv	GRF ins	vall I
2	Smedstykket	11,5	Speltv	Havre/P	GRF/FGR	GRF	Havre	GRF
3	Hougsjordet	10,3	Havre	Råg	Havre/Ärt	GRF/FGR, P	GFR/FGR, P	Havre/FGR
4	Vestjorden	13,9	Vall I/FGR	Vall II	Vall III/P	Bete	Bete	Bete/FGR
5	Låveåker	10,5	Bete	Bete	Bete	Speltv	GRF	GRF/havre/P
6	Guthus	11,0	Havre	GRF/FGR	Vall I/V.sp.	Vall II	Havre	Vete
7	Saxlund	13,4	Vall II	Havre	GRF	Havre	GRF	GRF
8	Skjerden	11,1	Vete/FGR	Spv/FGR	V.sp.ins	Vall I	Vall II/Vete	Havre
9	Klockarhagen	5,5	Vall IV	Vete	GRF	GRF	GRF	Vete
10	Foghol	0,8	Bete/Grf	Bete/Grf	Bete/Grf	Bete/Grf	Bete/Grf	Vete
11	Skjerdenhagen	4,0	Bete	Bete	Bete	Bete	Bete	Bete
12	Sydhagen	2,3	vall	vall	vall	vall	vall	vall
13	Lindstad Stange	4,9	Bete	Bete	Bete	Bete	Bete	Bete
14	Royshagen	0,4	Bete	Bete	Bete	Bete	Bete	Bete
Areal	åker	100,0						
Areal	bete/vall	11,6						

En sammanfattande gårdsbeskrivning finns i figur 12. Där framgår hur driften är anpassad med växtodling och djurhållning så att gården är självförsörjande med foder till djurhållningen och dess produktion av mjölk och kött, och samtidigt har arealer för växtodlingsprodukter för avsalu i enlighet med den i bakgrunden gjorda beskrivningen för ett ekologiskt eller biodynamiskt kretsloppsjordbruk. Den principiella växtföljden är sexårig, med tre år klövergräsvall, följd av höstsäd, vårsäd och fältgrönsaker, alternativt potatis och insådd i vårsäd eller grönfoder. Dock, vilket framgår av tabell 2, med betydande avvikelser beroende på odlingsförhållandena respektive år: tiden 2014–2019. Foder produceras från 60 % av arealen med beaktande av spill från övrig produktion, medan 40 % av arealen producerar ”avsalugrödor” för humankonsumtion.

Den genomsnittliga djurhållningen beräknades till 0,4 djurenheter per hektar, enligt det svenska Jordbruksverkets rekommendationer för lagring av stallgödsel (Jordbruksverket år 2019³⁴) samt som producent av träck (beräknat till 490 m³ per år) och urin (beräknat till 250m³ per år). Träck och urin återförs till växtodlingen via djurens gödsel i ladugården under större delen av året, och på beten under fyra månader från maj till augusti. Gödsel och en del av urinen uppsamlas under stallperioden med halm som strömedel, lagras på gödselplatta med urinavskiljning och komposteras under minst tre månader före spridningen till odlingen av grönsaker, potatis och brödsäd.

³⁴ <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/vaxtnaring/spridagodselsemedel/nitratkansligaomradeniskaneblekingeochhalland/djurenheternardetgallergodsel.4.4b00b7db11efe58e66b80003248.html>



Figur 12. Inköp, produktion, recirkulering och avsalu av livsmedelsgrödor på den biodynamiska kretsloppsgården Fokhol åren 2014–2019. Cirkeldiagrammet anger att ca 60 % av arealen och bortrens går till den självförsörjande djurhållningen med 0,4 djurenheter (AU, animal units)/hektar som producerar mjölk (milk) och kött (meat). Övrig areal producerar brödsäd (bread grain) och fältmässigt odlade grönsaksprodukter och potatis (field crops). Vall-andelen för vinterfoder är i cirkeldiagrammet angivet mörkgrönt, beten ljusgrönt, fältgrönsaker rött och spannmål gult.

4.5 Datainsamling

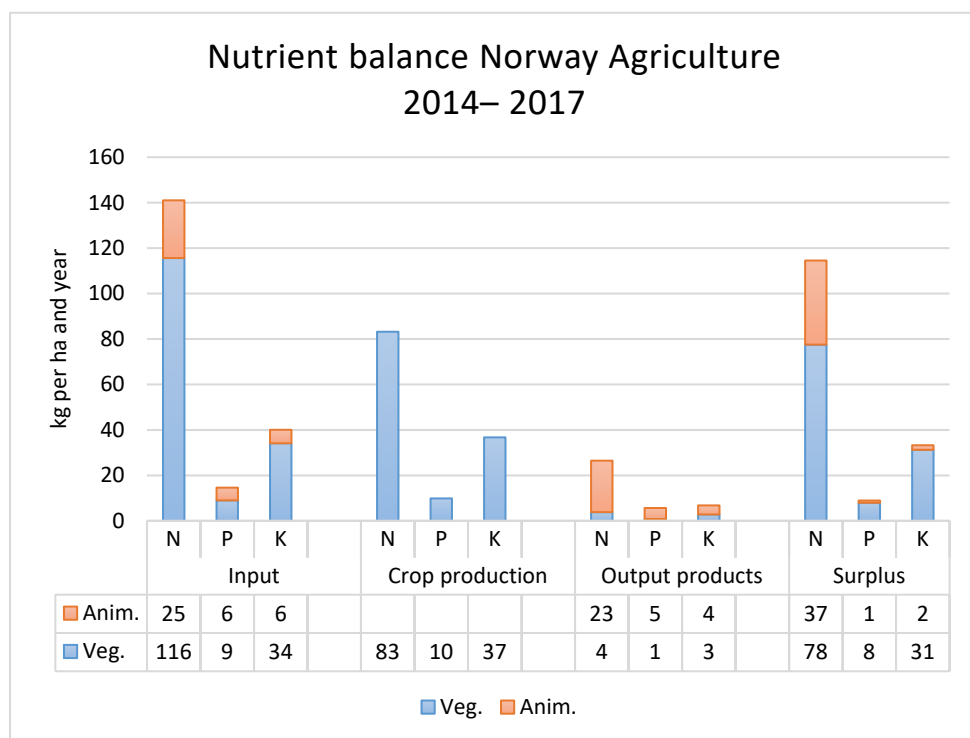
Under försökstiden åren 2014 till 2018, har data från gårdsdriften på Fokhol insamlats årligen i nära samverkan med gårdens brukare Rune Myrseth och Inger Ivarrud. År 2019 omfattade inventering av förekommande grödor, bearbetning av resultat och sammanställning av föreliggande rapport. För beräkning av biologisk kvävefixering och för bestämningar av botanisk sammansättning samt mängd biomassa, har provtagningar av vallgrödor gjorts i fält i anknytning till respektive skördetillfällen. Som underlag för beräkningar har data från åren 2014 till 2017 använts. Motsvarande arbete har gjorts på den svenska jämförelsegården Ullberga i Sverige i samverkan med brukarna Cecilé Jongers och Job Michelsen.

5. Resultat

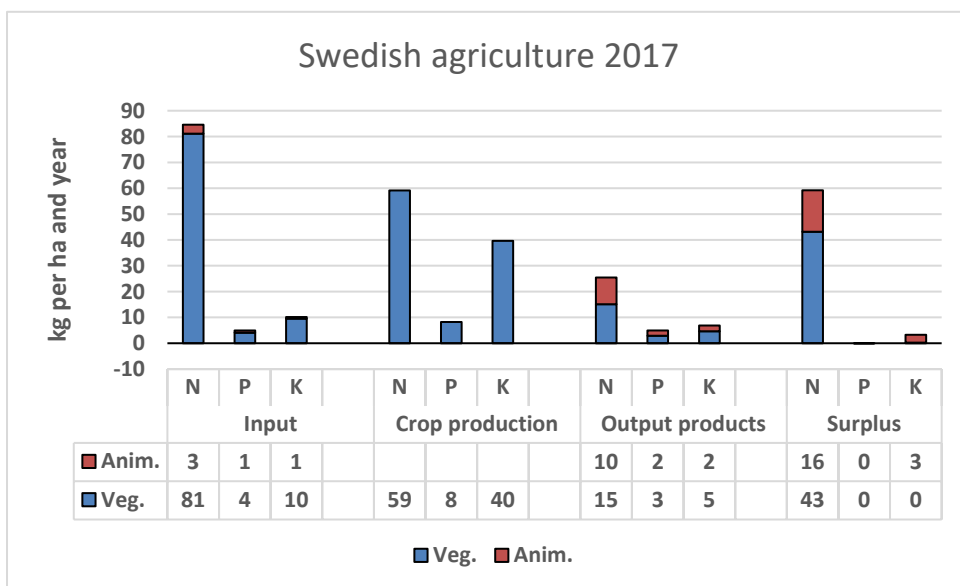
5.1 Växtnäringsbalansen för norskt jordbruk i jämförelse med Sverige

Växtnäringsbalansen, i form av total tillförsel och bortförsel av kväve, fosfor och kalium i kg per hektar (farm gate balance), har beräknats enligt samma principer för Norge och Sverige (figur 13 och 14). Norge har 50 % högre användning av mineralgödselkväve och högre import av fodermedel jämfört med Sverige, och kväveöverskottet är mer än dubbelt så högt som i Sverige, räknat per hektar lantbruksareal.

Norskt jordbruk tillför (input) även mer fosfor i överskott i förhållande till bortförseln (output) i livsmedelsprodukter, och har därmed också ett högre fosforöverskott i jordbruket jämfört med Sverige. De kompletta växtnäringsbalanserna och de gjorda beräkningarna av växtnäringsflödena finns redovisade i bilaga 1.



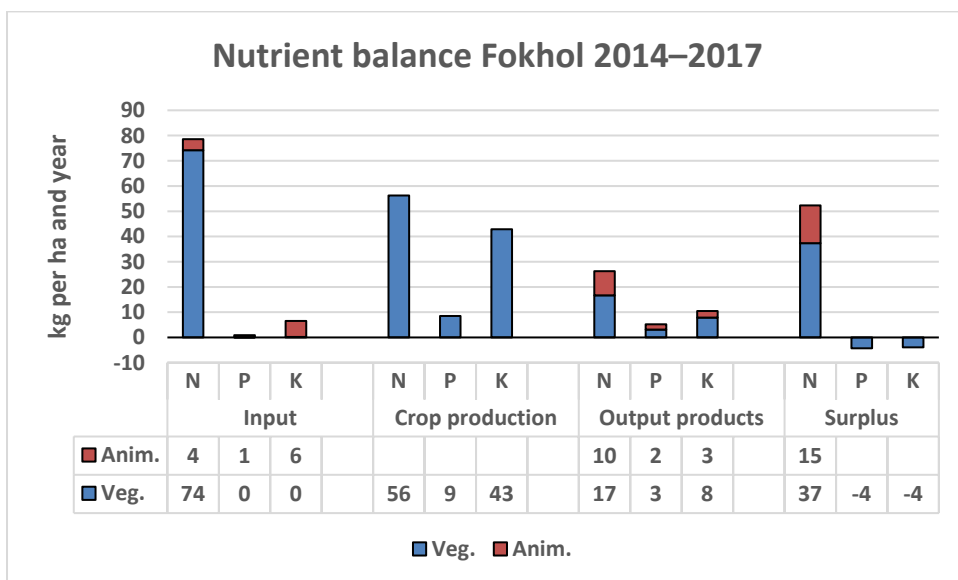
Figur 13. Växtnäringsbalansen för norskt jordbruk baserat på hela lantbruksarealen 995 000 hektar uttryckt i kg kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) per hektar och år i tillförsel (Input), i skördade vegetabilier (Crop production), i avsaluprodukter (Output products) och i överskott (Surplus) för åren 2014–2017.



Figur 14. Växtnäringsbalans för svenskt jordbruk 2017, uttryckt i kg kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) per hektar i tillförsel (Input), skördade vegetabilier beräknat på hela den kultiverade lantbruksarealen 3 021 000 hektar inklusive beten (Crop production), i avsaluprodukter (Output products) och i överskott (Surplus).

5.2 Växtnäringsbalans på gårdsnivå

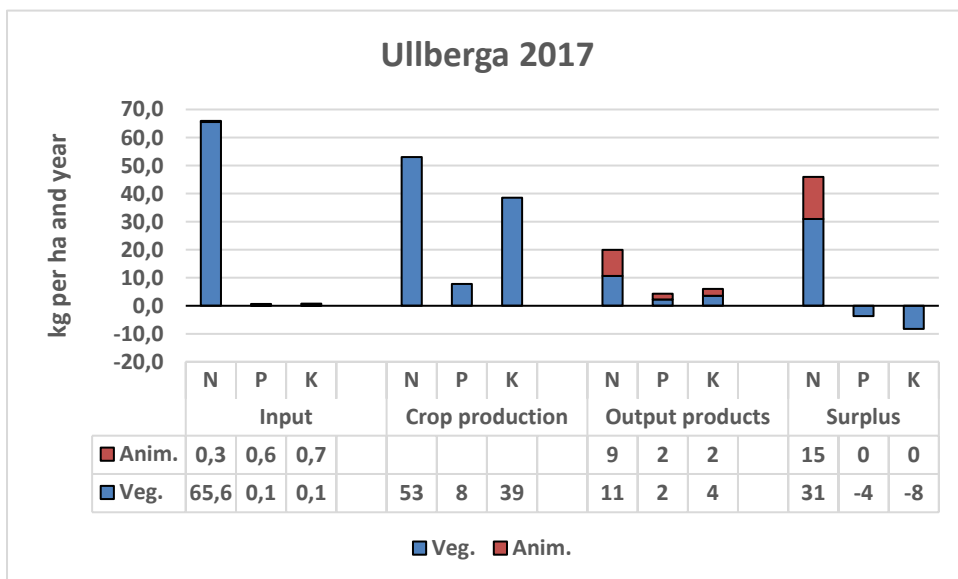
Växtnäringsbalanser har beräknats för gården Fokhol i perioden 2014–2017 och för den biodynamiska svenska jämförelsegården Ullberga för, det för gården väl representativa året, 2017. Balansen för tillförsel, växtproduktionen och avsaluprodukter och förluster av kväve presenteras i figurerna 15 och 16. Av kväveöverskottet beräknas 15 kg N/hektar bestå av ammoniakförluster, medan resterande kan antas utgöra förluster genom urlakning, denitrifikation och immobilisering i form av bildning av organisk substans i marken i samband med vallodlingen.



Figur 15. Växtnäringsbalans för Fokhol gård 2014–2017, kg kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) per hektar och år i tillförsel (Input), i skördade vegetabilier (Crop production), i avsalu-produkter (Output products) och i överskott (Surplus).

Växtnäringsbalansen för Fokhol för 2014 till 2017 visar en kalkylerad växtproduktion motsvarande 52 kg kväve (N) per hektar och år. Detta är samma nivå som det genomsnittliga svenska jordbruket, men 27 kg lägre än den kalkylerade produktionen i norska jordbruket när de domineras av helskördegrödor i form av vallar. Balansen, som i dessa beräkningar inkluderar tillförsel av kväve genom biologisk kvävefixering, visar ett kväveöverskott på 53 kg kväve (N) per ha. Detta var 53 % lägre än i det genomsnittliga norska jordbruket, där tillförsel sker genom biologisk kvävefixering och handelsgödsel. På Fokhol var det inget fosforöverskott, såsom fallet var med övrigt norskt jordbruk.

Växtnäringsbalansen visar ett underskott av fosfor på 4 kg, samt kalium på över 4 kg per hektar eller över 8 kg om man räknar med en urlakning på 4 kg kalium (K) per hektar. Exporten av fosfor i vegetabilier och animalieprodukter kompenseras endast till viss del av mineralfoder, kompletterande halm som köps in som strömedel till ladugården, samt utsäde.

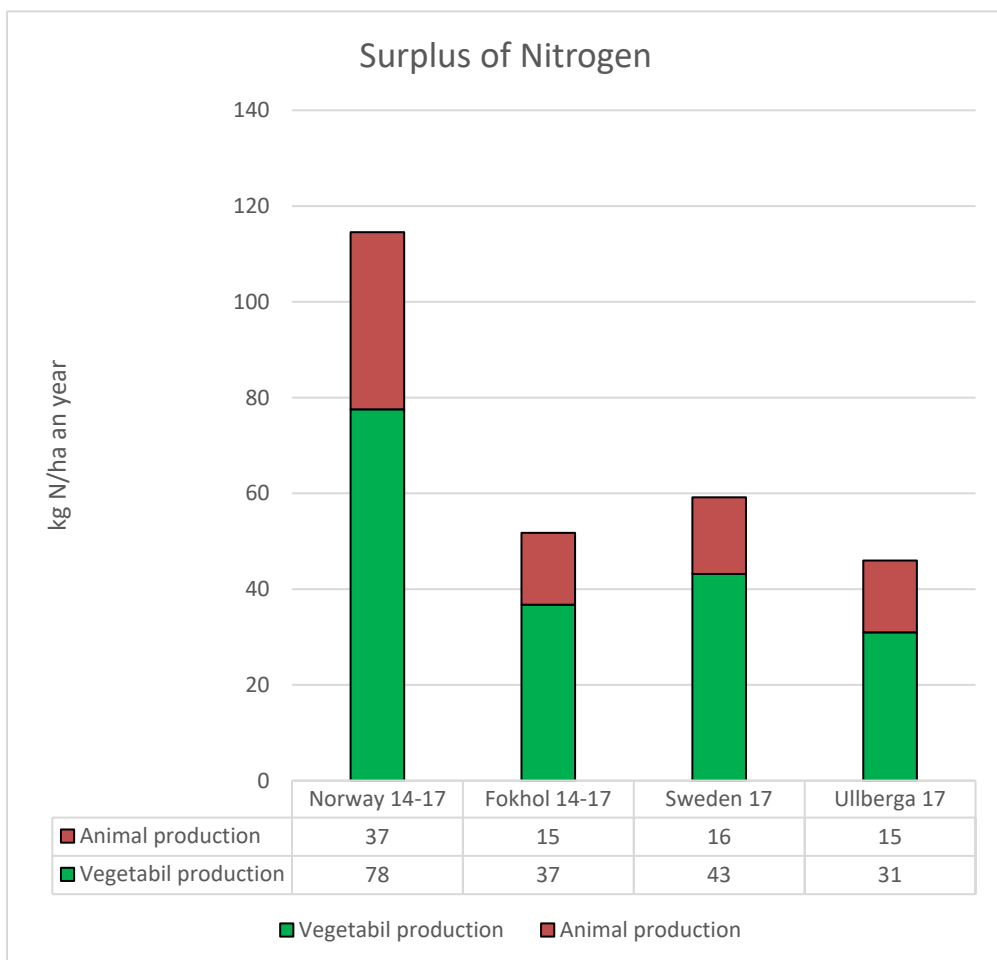


Figur 16. Växtnäringsbalans för Ullberga, Nyköping år 2017, i kg kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) per hektar och år i tillförsel (Input), i skördade vegetabilier (Crop production), i avsaluprodukter (Output products) och i överskott (Surplus).

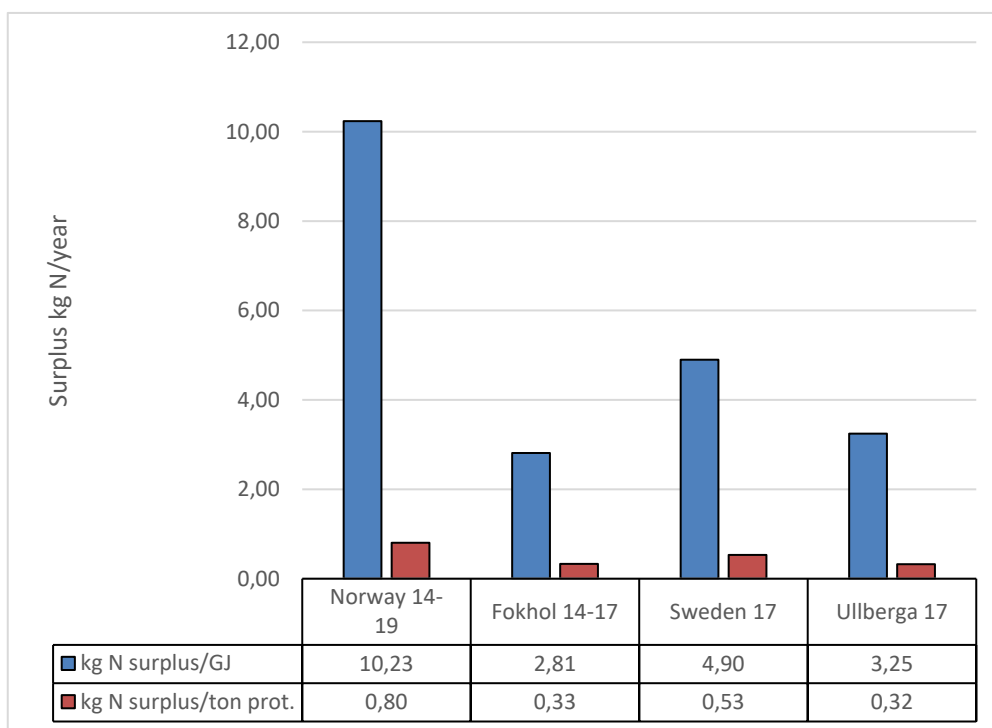
Den beräknade produktionen på Ullberga motsvarade 53 kg kväve per hektar och kväveöverskottet var 46 kg per ha. Gården är liksom Fokhol ett så kallat blandjordbruk med både växtodling och djurhållning och helt självförsörjande med foder. Växtodlingens andel av arealen är dock mindre (25 % av arealen med spannmål) jämfört med Fokhol (60 % av odlingsarealen med spannmål och fältmässig grönsaks- och potatisodling). Tillförseln till gården med utsäde och minerialfoder är mindre än på Fokhol och det årliga underskottet av fosfor och kalium uppgick till 4 respektive 9 kg per hektar och år.

5.3 Jämförelse kvävebalanserna mellan länder och gårdar

I figur 17 jämförs kväveöverskottet fördelat på förluster från djurhållningen och överskott från marken i det genomsnittliga, huvudsakligen konventionella, jordbruket i respektive länder, samt de studerade biodynamiska kretsloppsgårdarna. En beräkning har även gjorts av kväveöverskotten i relation till livsmedelsproduktionen i form av energi (kJ) och protein (kg protein) och som uppvisar lägre överskott än det genomsnittliga jordbruket i respektive länder.



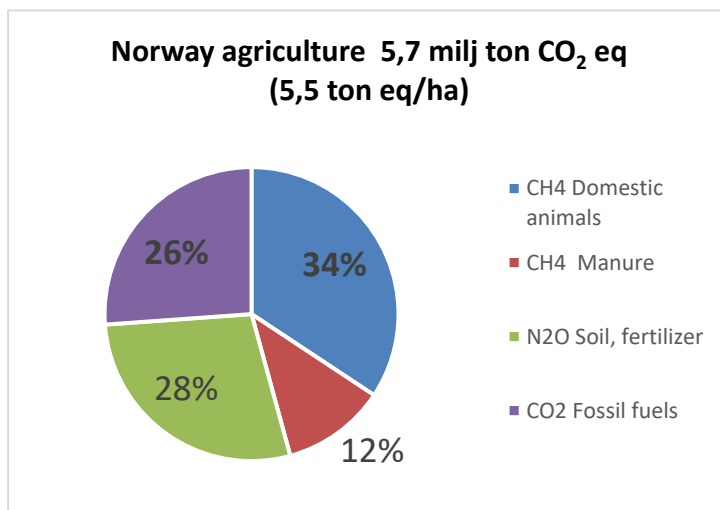
Figur 17. Beräknade kväveöverskott i kg kväve (N) per hektar och år för Norges jordbruk och Fokhol för åren 2014–2017, samt Sveriges jordbruk och Ullberga år 2017.



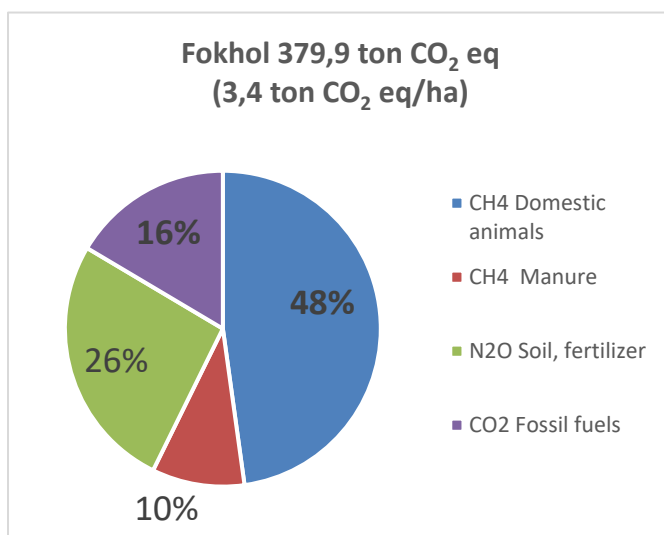
Figur 18. Beräknade kväveöverskott i kg kväve (N) per producerad mängd livsmedelsprodukter räknat i energi (GJ) och protein (kg) för Norges jordbruk och Fokhol för åren 2014–2017, samt för Sveriges jordbruk och Ullberga år 2017.

5.4 Jordbrukets klimatpåverkan

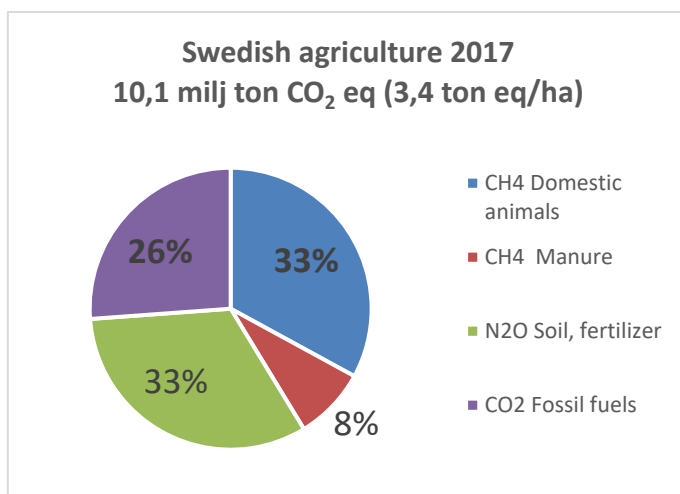
Beräknad klimatpåverkan i form av metangas (CH₄), lustgas (N₂O) och koldioxid (CO₂) från djurhållningens ämnesomsättning, från djurens gödsel, gödselanvändning (mineralisk och organisk) samt användningen av fossil energi – både i form av produktionsmedel samt som drivmedel – är presenterade i figurerna 19– 21.



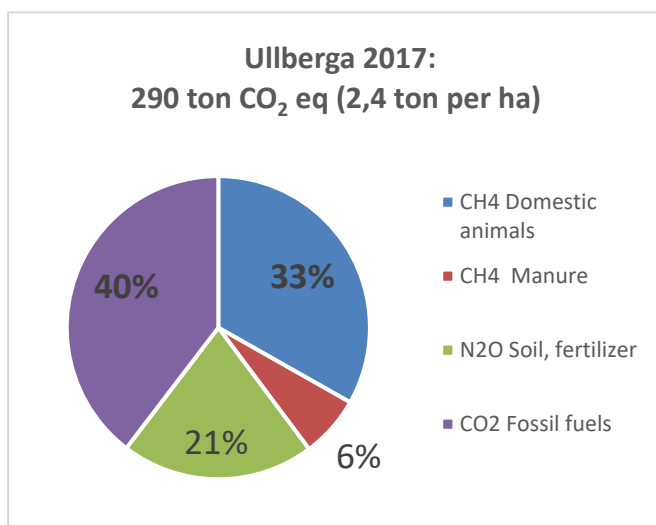
Figur 19. Klimatbelastningen av den norska jordbruksproduktionen per år – inklusive framställning av gödselmedel och användning av energibärare, men utan beaktande av förslitning av byggnader, maskiner och markanvändning nationellt och i andra länder.



Figur 20. Klimatbelastningen av jordbruksproduktionen på Fokhol gård – inklusive framställning av gödselmedel och användning av energibärare, men utan beaktande av förslitning av byggnader, maskiner och markanvändning.



Figur 21. Klimatbelastningen av den svenska jordbruksproduktionen per år – inklusive framställning av gödselmedel och användning av energibärare, men utan beaktande av förslitning av byggnader, maskiner och förändrad markanvändning nationellt och i andra länder.



Figur 22. Klimatbelastningen av jordbruksproduktionen på Ullberga – inklusive framställning av gödselmedel och användning av energibärare, men utan beaktande av förslitning av byggnader, maskiner och markanvändning.

Den sammanlagda beräknade klimatpåverkan i form av metangas (CH₄), lustgas (N₂O) och koldioxid (CO₂) i form av koldioxidekvivalenter (CO₂eq) för Norges jordbruk, gården Fokhol i Norge, Sveriges jordbruk och gården Ullberga i Sverige, presenteras i figurerna 23–25. Klimatpåverkan per hektar och relaterat

till mängden livsmedelsprodukter i form av energi och protein är här lägre för de båda gårdsexemplen jämfört med respektive land. Avgörande för emissionens storlek är djurhållningens omfattning som är hög i Norge jämfört med Sverige. Detta leder till motsvarande högre emissioner per arealenhet av metangas och övriga biogena emissioner från djur och gödsel. Därutöver är det insatsen av externa resurser, i form av mineralgödsel och import av fodermedel, som har en avgörande effekt.

Bortser man från de biogena förlusterna av klimatgaser från de idisslande djuren (ruminants, se kapitel 6.3) så är emissionerna klimatgaser 2 417 kg CO₂ eq per hektar i norskt jordbruk, jämfört med 895 kg eq per hektar på Fokhol. Detta är 63 % lägre än motsvarande genomsnitt för norskt jordbruk. Emissionerna av klimatgaser i svenskt jordbruk, exklusive emissionerna från idisslare, är 1 553 kg CO₂ eq per hektar, jämfört med referensgården Ullberga med 584 kg eq per hektar. Detta är 62 % lägre än motsvarande genomsnitt för svenskt jordbruk.

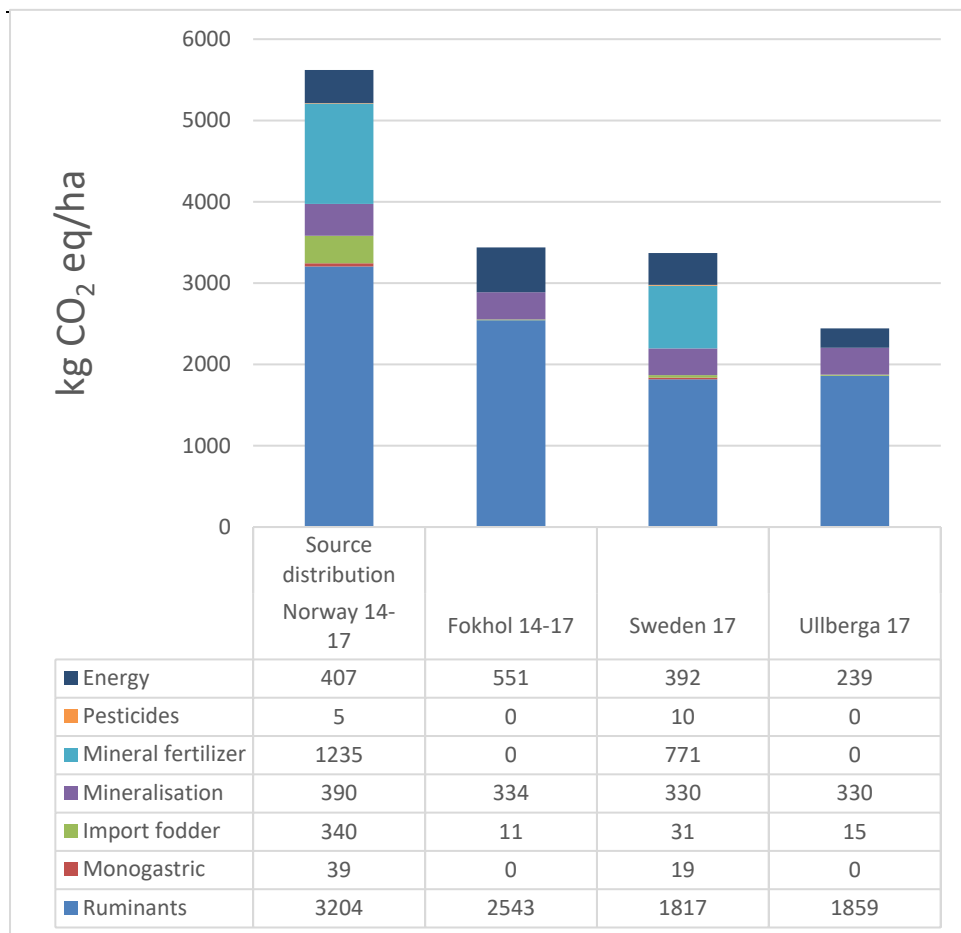
5.5. Produktiviteten

Vad som produceras skiljer sig mellan de olika länderna och gårdarna. Produktionens storlek kan mätas i de kvantiteter som produceras i form av de olika produkterna, men också i den mängd växtnäringsämnen som ingår i jordbruksprodukterna. Ett grovt mått på produktionens storlek är också mängden näringsämnen i form av energi och protein. Sedan kan såväl energi som protein skilja sig i biologiskt värde. Sådana jämförelser ligger emellertid utanför denna studie.

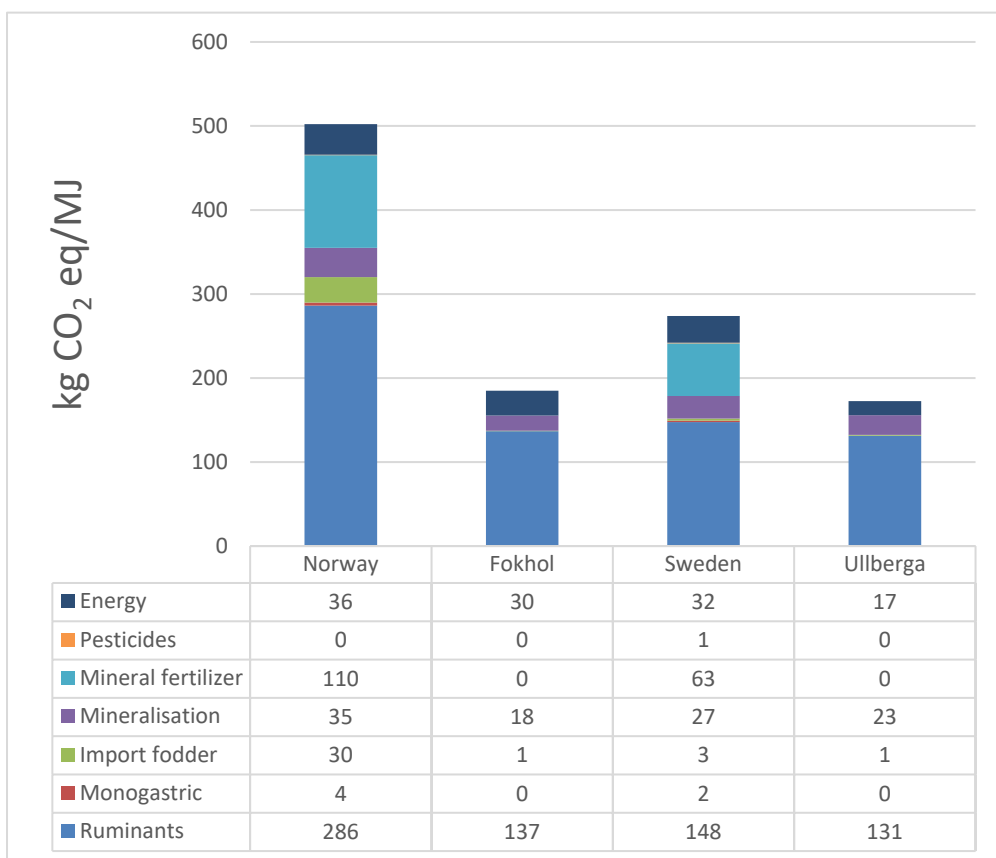
Omräkning till mängden energi och protein i de olika produkterna gör det möjligt att göra jämförelser. En redovisning av dessa beräkningar framgår av figurerna 26 och 27, där en uppdelning har gjorts i animalie- och livsmedelsproduktionens storlek räknat per hektar. Produktionen på Fokhol med sin allsidiga produktion av både animalie- och vegetabiliska produkter, med brödsäd och en omfattande odling av grönsaker och rotfrukter, är högre per arealenhet än det genomsnittliga norska jordbruket.

En sammanställning i tabell 3 visar antalet konsumenter som skulle kunna försörjas av de enskilda produkterna från gården, samt räknat på mängden energi respektive protein från gårdsproduktionen. Utöver brödsäd odlas även havre. Mängden av enskilda produkter för en ekologiskt anpassad konsument

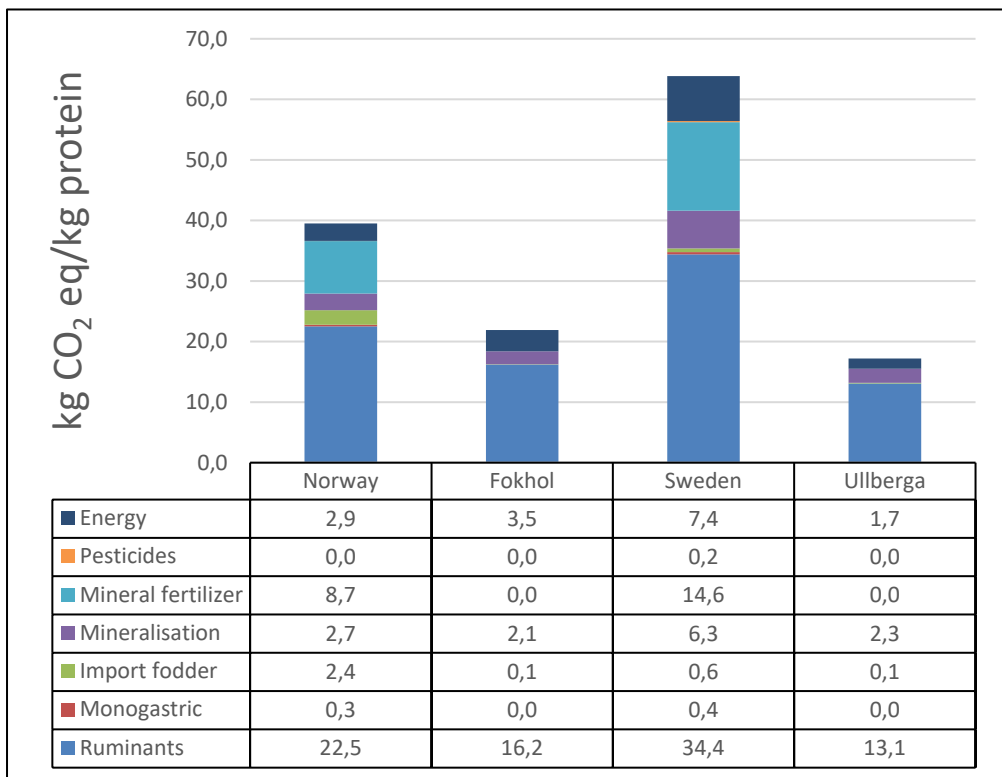
är hämtad från den konsumentstudie som gjordes i Östersjöprojektet BERAS (Granstedt m fl 2005) och även redovisat i boken *Morgondagens jordbruk* (Granstedt, 2018).



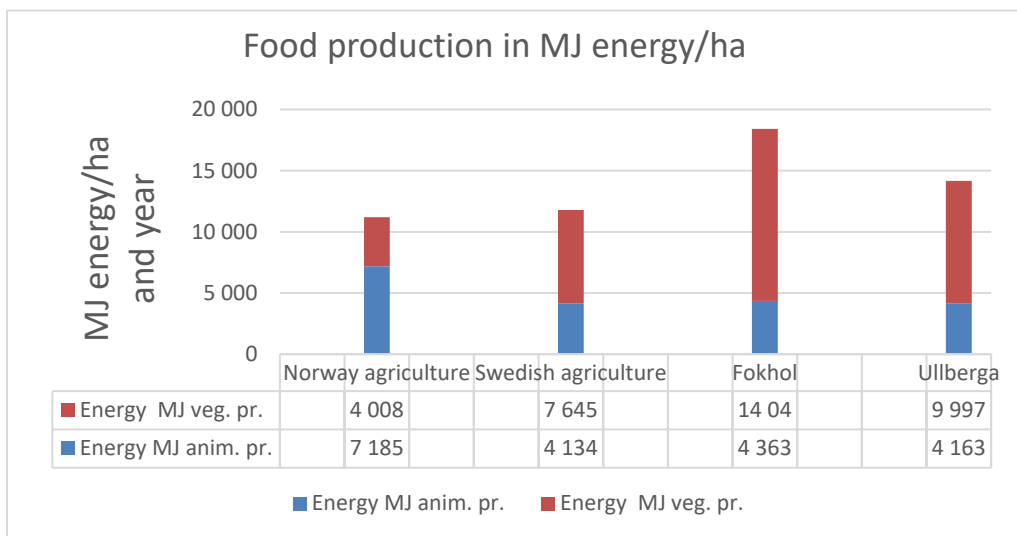
Figur 23. Klimatbelastningen räknat per arealenhet, kg CO₂ eq/hektar av jordbruksproduktionen i norskt jordbruk (summa 5 621), på Fokhol gård (summa 3 438), i svenskt jordbruk (summa 3 378) och på Ullberga gård (summa 2 443).



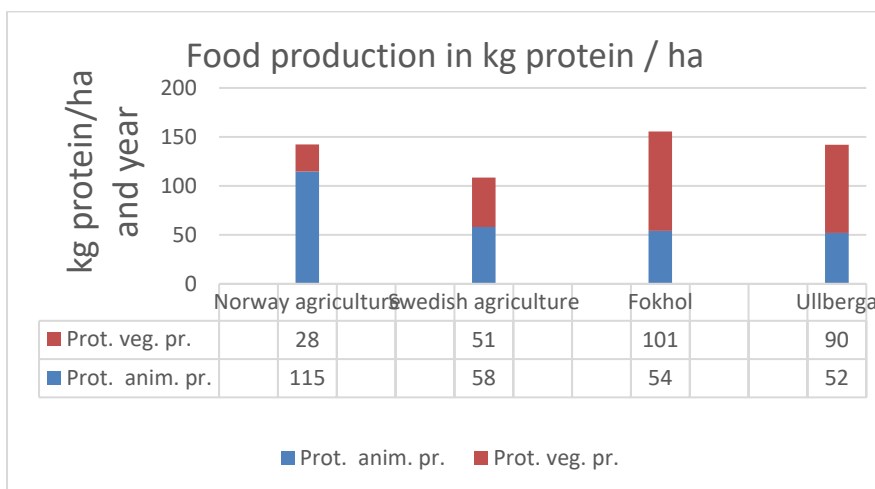
Figur 24. Klimatbelastningen i relation mängden omsättbar energi i livsmedelsprodukter från jordbruket, kg CO₂ eq/MJ (megajoule) av jordbruksproduktionen i norskt jordbruk (summa 502), på Fokhol (summa 185), i svenskt jordbruk (summa 274) och på Ullberga gård (summa 173).



Figur 25. Klimatbelastningen i relation mängden protein livsmedelsprodukter från jordbruket, kg CO₂ eq/kg protein i livsmedelsprodukter av jordbruksproduktionen i norskt jordbruk (summa 39,5), på Fokhol (summa 21,9), i svenskt jordbruk (summa 63,8) och på Ullberga (summa 17,2).



Figur 26. Jordbruksproduktionen beräknad som energi (MegaJoule) per hektar i animalieprodukter (mjölk och kött) och vegetabilieprodukter (brödsäd, grönsaker, rotfrukter med mera) i Norges jordbruk (2014–2017), i Sveriges jordbruk (2017), på Fokhol (2014–2017) och på Ullberga (2017).



Figur 27. Jordbruksproduktionen beräknad som energi (MJ) per hektar i animalieprodukter (mjölk och kött) och vegetabilieprodukter (brödsäd, grönsaker, rotfrukter med mera) i Norges jordbruk (2014–2017), i Sveriges jordbruk (2017), på Fokhol (2014–2017) och på Ullberga (2017).

Tabell 3 visar genomsnittlig produktion av livsmedelsprodukter på Fokhol (production), mängden mat per person vid ekologisk konsumtion (Eco food consumption) enligt Järna ECO redovisat i BERAS-projektet³⁵. Här framgår i sista kolumnen det antal personer (amount consumer) som skulle kunna försörjas med mat av respektive produkt.

Tabell 3. Food production kg, ECO (organic) consumption per capita and possible amount of consumer.

	Fokhol production	Eco food consumption	Amount Consumer
Bread grain	38 000	112	339
Field crops (Root crops, cabbage etc)	97 675	130	751
Milk	148 716	199	747
Meat	11 289	25	452
Potatoes	47 000	54	870
Food production in energy MJ	2 054 500	2 822	728
Food production in protein kg	17 360 231	26 931	644

³⁵ Granstedt, A., Thomsson, O., Seuri, O. & Kuisma, M. 2005. Food basket Scenarios. In: Environmental Impacts of Eco-Local Food Systems – final report from BERAS Work Package 2. (A. Granstedt, O. Thomsson & T. Schneider, eds.). Ekologiskt Lantbruk NR 46 CUL, SLU.

6. Diskussion

6.1. Växtnäringshushållning

Växtnäringsbalanserna återspeglar de principiella skillnaderna mellan det norska jordbruket och ekologiskt kretsloppsjordbruk, som i denna studie representeras av Fokhol gård. Fokus i det norska jordbruket är att producera animalieprodukter för landets konsumtion, men med självförsörjning vad gäller grovfoder (vallgrödor och beten), samt en stor andel importerade fodermedel i form av fodersäd, oljesäd, sojaprotein och palmolja.

Spannmålsodling för humankonsumtion sker endast i begränsad utsträckning inom de mindre arealerna slättbygd i södra Norge. Detta återspeglas av arealfördelningen med 60 % gräsmark, jämfört med Sverige som har 52% gräsmarker, och framför allt i jämförelse med gården Fokhol där endast 28% av arealen är ängsmark och flerårig vallodling.

Den norska självförsörjningsgraden för livsmedelsprodukter år 2017 var, enligt Norske Helsodirektoratet, 50 % inklusive fisk och 43 % för enbart jordbruksprodukter. Animaliproduktion är emellertid baserad på en väsentlig del importerade fodermedel. Utöver importen av foder tillförs mer mineralgödsel än i Sverige per arealenhet. Av de här redo-visade nordiska länderna har Norge det högsta växtnäringsöverskottet per hektar enligt EU-statistiken, redovisad i figur 4 i bakgrundsbeskrivningen. Denna sammanställning utgörs av fältbalanser som rapporteras av EU (Eurostat) och är baserad på uppgifter från respektive medlems-, eller till EU associerat, land.

Som framgått av metodbeskrivningen så beaktas i fältbalanser endast den mängd växtnäring som tillförs enskilda fält (biologisk kvävefixering, nedfall, utsäden och tillförda organiska- och mineraliska gödselmedel), minus bortförsel av växtnäring med skörden i enlighet med figur 8a. Begränsning till enbart de enskilda fälten i jordbruket innebär att förekommande förluster från djurens gödsel före utspridning inte beaktas. Insamlade data för tillförsel och bortförsel sammanställs på nationella nivåer, och rapporteras till EU som sammanställer dessa, både för medlemsstaterna samt associerade länder (figur 4).

För att beräkna de fullständiga överskotten av växtnäring som presenteras i denna gårdsstudie krävs gårdsbalanser i enlighet med figur 8b. Dessa är base-

rade på skillnaderna mellan all tillförsel till respektive gård (biologisk kvävefixering, nedfall, inköpta utsäden, foder- och gödselmedel) och bortförsel från respektive gård (växtodlings- och djurprodukter). Metodiken är densamma för beräkningarna på nationell nivå baserat på officiell statistik, och allt omräknas per arealhet för att kunna göra jämförelser.

Kväveöverskottet på Nationell nivå är betydligt lägre i Sverige, både vad gäller fältbalanser och de mera fullständiga gårdsbalanserna. Detta sammanhänger med den redan påvisade större minskningen av växtnäringsöverskottet som skett i Sverige jämfört med till exempel Norge. Minskningen kan tillskrivas det omfattande arbetet med växtnäringsbalanser inom rådgivningsprogrammet *Greppa näringen* i Sverige samt den kraftigt ökande arealen ekologisk odling. Arealen ekologisk odling som inte använder mineralgödselkväve ökade i Sverige från 2,7 % av lantbruksarealen 1995 till 17 % år 2015 (Granstedt, 2018) och är nu närmare 20 %. Motsvarande utveckling i Norge var en ökning från 0,5 % till 5 % av odlingsarealen från 1995 till år 2015 (SSB, Norge 2018).

Kväveöverskottet på gårdsnivå på Fokhol under perioden 2014–2017 var 55 % lägre än medelvärdet för Norges jordbruk (figurerna 13, 15 och 17). För den svenska referensgården Ullberga var kväveöverskottet jämfört med det svenska jordbruket 22 % lägre. Den mindre skillnaden sammanhänger med den ovan nämnda minskning som skett av kväveöverskottet på nationell nivå i Sverige. Detta är skillnader som påverkas i den mån det sker en förändring av nullhalterna i respektive odlingssystem. Vid en ökning av markens organiska substans sker en immobilisering (orörlighet) av kväve, medan det motsatta händer vid minskad mängd organisk substans då kväve istället frigörs.

Kväveöverskottet var också lägre på Fokhol jämfört det norska jordbruket, räknat i förhållande till mängden producerade livsmedel, här räknat per GigaJoule energi och per ton protein i producerade livsmedelsprodukter (figur 18). I Östersjöprojektet BERAS visades att med en ökad djurhållning, och därmed ökande inköp av fodermedel, ökar överskottet av växtnäring även på ekologiska gårdar³⁶. Dessa ekologiska gårdar uppfyller då inte kriterierna för det som här kallas ekologiskt kretsloppsjordbruk.

³⁶ Granstedt, A. 2013. Results of plant nutrient balances on the studied ERA and BIC farms. In: *Conversion to Ecological Recycling Agriculture and Society - Environmental, economic and sociological assessments and scenarios* (COMREC studies on environmental development 8, BERAS Implementation Reports 3). (A. Granstedt & P. Seuri, Eds.). Huddinge: Södertörns högskola. ERA = Ecological

Vad gäller mineralämnesförsörjningen så föreligger det ett årligt underskott av både fosfor och kalium på både Fokhol och den svenska gården Ullberga. Erfarenheten från långliggande försök visar att det inte behöver resultera i sjunkande mängder växttillgänglig näring i marken (Granstedt, 2009)³⁷ ³⁸. Växttillgänglig näring har i långliggande gårdsförsök ökat med tiden. Det har tolkats som resultat av djupa rotsystem i vallgrödor, markkemiska och biologiska processer som gynnats av odlingssystemet, och en pågående upptransport och anrikning i matjorden via grödor och stallgödsel. Ej heller på Fokhol har någon minskning kunnat påvisas i de återkommande markkarteringar som genomförts (tabell 1a och 1b).

Inriktningen av självförsörjning med foder och en betydande del av arealen med livsmedelsgrödor skiljer också gården Fokhol, liksom övriga ekologiska och biodynamiska kretsloppsgårdar, från det övriga ekologiska jordbruket i såväl Norge som i Sverige, där en mer specialiserad djurhållning eller växtodling förekommer. Studier som jämför ekologisk och konventionell odling blir misvisande om man ej beaktar i vilken grad de ekologiska gårdarna uppfyller krav för ett ekologiskt kretslopps jordbruk.

Recycle Agriculture. BIC = BERAS Implementation Centre.

³⁷ Granstedt, A. och Gunnarsson, A. 2019. Avslutande utvärdering av ett unikt långliggande jämförande odlingssystemsförsök med ekologisk och konventionell odling i Önnestad Skåne <http://sbfi.se/public/index.php/sv/16-aktuellt/75-avslutande-utvardering>

³⁸ Granstedt, A. 2009. Mineralämnesförsörjning i biodynamisk odling. <http://sbfi.se/>

6.2 Jordbrukets klimatpåverkan

I litteraturstudien som föregick denna redovisning sammanfattades att i de flesta metaanalyser med sammanställning av resultat från flera studier rörande klimatgasutsläpp från olika driftsformer, påvisades lägre klimatbelastning från ekologisk odling jämfört med konventionell odling, räknat per

hektar odlingsmark. Utsläppen per producerad mängd var däremot i många studier högre från ekologisk odling. I rapporten beskrivs också de stora skillnader mellan gårdar och driftsformer som framkommit, samt hur olika odlingsåtgärder inverkar inom respektive jämförda odlingssystem.

Biodynamisk odling – så som det är utformat på Fokhol och även den svenska gården Ullberga – intar här en särställning, med en balans mellan djurhållning och växtodling, grovfoderbaserad, självförsörjande djurhållning samt odling av både brödsäd och grönsaker. Det biodynamiska skiljer sig från övrig ekologisk odling, där många gårdar också är specialiserade och därmed visar mindre skillnader jämfört med konventionell drift, både vad gäller näringsläckage och klimatpåverkan.

Klimatpåverkan visar sig vara lägre på såväl Fokhol gård som den svenska ekologiska referenskreloppsgården Ullberga, i relation till det norska respektive det svenska jordbruket då man räknar jordbrukets klimatbelastning per arealenhet (39 % respektive 28 % lägre emissioner). Det gäller även relaterat till mängden livsmedel räknat i form av energi (63 % respektive 37 % lägre emissioner), och när man räknar produktionen i mängden protein (45 % respektive 73%). Den lägre djurhållningen och högre andel vegetabiliegödor bidrar till lägre klimatpåverkan i förhållande till produktionen, jämfört med det genomsnittliga norska och svenska jordbruket.

Den lägre klimatbelastningen är liksom de lägre förlusterna av växtnäring en direkt konsekvens av den höga självförsörjningsgraden med låga inköp av externa resurser samt en betydligt lägre djurhållning, anpassad till den egna foderproduktionen. Denna skillnad är av principiell natur och överensstämmer väl med resultaten från Östersjöprojektet BERAS³⁹.

³⁹ Thomsson, O. 2005. Ecological Recycling Agriculture. In: Environmental Impacts of Eco-Local Food Systems – final report from BERAS Work Package 2. (A. Granstedt, O. Thomsson & T. Schneider, eds.). Ekologiskt Lantbruk NR 46 CUL, SLU.

6.3 Skillnader biogena utsläpp (utsläpp genom organiska processer) inom gården versus klimatpåverkan från externa resurser

Det råder en principiell skillnad mellan de emissioner av koldioxid och även metangas som orsakas av industriellt framtagna råvaror och resurser, jämfört med de här redovisade biogena emissionerna genom organiska processer från djur (ruminant), grödor och mark (figur 19 och 20). Metangasen i atmosfären bryts ned inom loppet av 8–10 år (IPCC 2013)⁴⁰. Slutprodukten blir koldioxid och vatten, som för de biogena utsläppen är en del av det biologiska kretsloppet. För Fokhol utgör metan ca 58 % av emissionerna av klimatgaserna räknat i koldioxidekvivalenter. Vid konstanta emissioner av metangas bidrar utsläppen inte längre till den globala uppvärmningen, och vid en minskning så är dess klimatpåverkan kylande (Röös, 2019⁴¹). Vid en lägre produktion av mjölk och kött, och en motsvarande mindre konsumtion anpassad till produktionen på Fokhol, så skulle det bidra till en minskning av emissionerna av metangas jämfört med dagens genomsnittliga utsläpp i det norska jordbruket. Den atmosfäriska koncentrationen av metan stabiliserade sig under perioden 2000–2010, för att därefter åter börja öka (Earth System Research Laboratory, 2020)⁴².

Beaktas enbart de fossila utsläppen visar beräkningarna att klimatbelastningen är 63 % och 62 % lägre för Fokhol och referensgården Ullberga, jämfört med de beräknade nationella belastningarna i respektive land.

6.4. Marken som kolsänka

Vallodlingen, och därmed förbunden nedbrukning⁴³ av vallskörderester (inklusive rotbiomassa), och stallgödsel leder till bindning av kol i marken i form organisk substans i marken. Vid vallskördar på i genomsnitt 5,2 ton per hektar, leder återförda skördereser och rötter samt från djuren återförd stallgödsel till en mullbildning motsvarande 3,4 ton ton koldioxidekvivalenter

⁴⁰ IPCC AR5 WG 1: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_all_final.pdf

⁴¹ Röös, 2019. Kor och klimat. EPOK, Centrum för ekologisk produktion och konsumtion. Sveriges Lantbruksuniversitet.

⁴² https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends_ch4/

⁴³ Man bukar ned vallen genom plöjning eller annat nedbrukningsredskap.

per hektar, enligt de klimatstudier som görs på Ullberga i Sverige (Granstedt, 2020)⁴⁴. Detta nybildade mullförråd bryts ned relativt snabbt i början. Långsiktigt sker en ökning av mullförrådet vid en kontinuerlig organisk gödsling och vallodling som är väldokumenterad i långliggande försök (Johnston and Poulton, 2018)⁴⁵. Långliggande jämförande odlingsförsök har visat en gynn-sam inverkan på mullbildningen i form av organiskt kol i marken som följd av de specifika åtgärderna i biodynamisk odling (Granstedt & Kjellenberg, 2018⁴⁶).

Denna kolbindning i form av ökad humushalt i marken, har i långliggande försök på Skilleby vid användning av komposterad gödsel, uppgått till mellan 1,6 ton och 1,9 ton koldioxidekvivalenter per hektar i matjorden. Dessa försök och resultat från de svenska långliggande jämförande bördighetsförsöken, visar att mullbildningen pågår även i alven beroende på hur djupt rötterna tränger ned i marken (Kätterer, 2019)⁴⁷. Markens struktur och porvolym under ytjorden är därvid av stor betydelse för rötternas genomträngning och den mullbildning som det leder till djupare ned i marken. Emissionerna av klimatgaser från djurhållningen bedöms kompenseras helt eller delvis av mullbildningen i marken. Det finns stort behov av fortsatt forskning inom detta område, och gårdar som under lång tid drivits ekologiskt och biody-namiskt utgör en stor tillgång för fördjupade markstudier.

⁴⁴ Granstedt, A. 2020. Vallodlingen och de idisslande djurens klimatpåverkan och dess betydelse som kolsänka i ett ekologiskt och biodynamiska jordbruk. Manuskript under publicering.

⁴⁵ Johnston, A. E., & Poulton, P. R. (2018). The importance of long-term experiments in agriculture: their management to ensure continued crop production and soil fertility; the Rothamsted experience. *European Journal of Soil Science*, 69(1), 113–125. <https://doi.org/10.1111/ejss.12521>

⁴⁶ Granstedt, A., & Kjellenberg, L. (2017). Carbon sequestration in long-term on-farm studies in Organic and Biodynamic Agriculture, Sweden. In: G. Rahmann, C. Andres, A. K. Yadav, R. Ardakani, H. B. Babalad, N. Devakumar, H. Willer (Eds.), *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* (pp. 200–204). Braunschweig: Thünen Report 54 - Volume 1.

⁴⁷ Kätter, T. 2019. Vall och rätt gödsling gör åkern till en kolsänka. Växtpressen. Yara.

6.5. Dragkraften i jordbruket

Emissionerna av koldioxid kopplat till drivmedelförbrukningen är högre på Fokhol än på referensgården Ullberga, vilket får anses vara rimligt med hänsyn till den stora andelen fältmässig grönsaksodling. Detta trots att en del fältarbeten görs med hjälp av gårdens hästar som dragkraft. En framtidsvision för ett fossilfritt jordbruk är att använda förnyelsebara bränslen. Miljöbränslen som erbjuds på marknaden baserade på oljeväxter kommer från konventionella odlingar med användning av mineralkväve samt kemisk bekämpning. Gårdsbaserad biogasproduktion har provats och utvärderats på den biodynamiska gården Yttereneby i Järna i Sverige, där en prototypanläggning

byggdes av Biodynamiska forskningsinstitutet i Järna. Biogasproduktionen baserades här på fastgödsel som efter rötningsprocessen efterkomposterades⁴⁸. Nettoproduktionen av biogas som energibärare motsvarade gårdens drivmedelbehov i denna undersökning.

Biogas kan vara ett alternativ för förverkligande av ett jordbruk utan fossil energi, under förutsättning att resurser ges till fortsatt teknikutveckling och en omfattande produktion av biogasanläggningar samt traktorer som ställs om för gasdrift. Som nämns även i litteraturstudien kan biogasproduktion i en välskött anläggning bidra till minskade emissioner av metangas. I denna studie har inte miljökostnaden för maskiner och utrustning beaktats. Ur ett strikt ekologiskt perspektiv är användning av dragdjur det minst klimatbelastande alternativet såsom i viss utsträckning tillämpas på Fokhol, speciellt i samband med den fältmässiga grönsaksodlingen. Särskilda studier av detta vore önskvärt.

Det kan också tilläggas att stora förhoppningar finns vad gäller eldriven dragkraft och maskiner baserad på sol och vind som förnyelsebara energikällor. Lokalproducerad vätgas kan visa sig vara en möjlig energibärare i framtiden i samband med detta.

⁴⁸ Biogas plant in Järna, Schäfer, Winfried; Granstedt, Artur and Evers, Lars (2005) Biogas plant in Järna. In: Granstedt, Artur; Thomsson, Olof and Schneider, Thomas (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.

6.6. Produktionen

Produktionen av livsmedel på gården Fokhol är god, här räknat i form av energi och protein i animalie- och vegetabilieprodukter (figur 26 och 27). Detta kan till viss del bedömas vara ett resultat av de särskilt goda odlingsbetingelserna på Fokhol. Men det är också ett resultat av driftens utformning så som det framgått av gårdsbeskrivningen, med till odlingsbetingelserna välanpassad, flexibel växtföljd, djurhållning på eget foder där skördeteknik spelar stor roll, näringshushållande kretslopp med komposterad biodynamisk gödsel som gynnar markens bördighetsegenskaper och en välorganiserad, stor arbetsinsats. En bidragande orsak till gårdens produktivitet är odlingen av grönsaker, potatis och rotfrukter. Ökad sådan odling som tillämpas på Fokhol bör kunna vara möjlig på många platser i Norge, även om det kan hävdas att förutsättningarna är särskilt gynnsamma på Fokol,

Produktionen visar sig väl motsvara behovet av livsmedel för 600–700 personer (728 personer beräknat på mängden omsättbar energi och 644 om man beaktar proteinbehovet per person), om man tänker sig en kostomläggning motsvarande gårdens allsidiga produktion av grovfoderbaserad mjölk och kött, brödsäd och andra spannmålsprodukter samt rotfrukter, potatis och grönsaker (tabell 3). Denna form av ekologiskt anpassad kosthållning dokumenterades i BERAS-projektet (hänvisning i tabelltexten) och som också finns närmare beskrivet i boken *Morgondagens jordbruk* (Granstedt, 2018⁴⁹). Det innebär en minskning av köttkonsumtionen med ca 80 %. Kött från ensidig och storskalig produktion av slaktsvin och fjäderfä baserat på spannmål och koncentrerade importerade fodermedel ingår inte i en sådan kosthållning.

Konsumtion av kött och mjölk i ett sådant ekologiskt kretsloppsscenario grundar sig på vad som kan produceras på den i växtföljden nödvändiga vallarealen samt naturbeten. Någon liten ökning av proteingrödor som mat skulle ytterligare gynna gårdens försörjningsförmåga. Den mindre köttkonsumtionen kompenseras av motsvarande större mängd vegetabilier som grönsaker och rotfrukter. Detta skulle, anpassat till andra delar av Norges odlingsareal, kunna öka Norges självförsörjning med livsmedel baserade på lokala och förnyelsebara resurser. Målsättningen bör vara att minska belastningen av klimatgaser med minst 80 % inom alla sektorer i samhället.

⁴⁹ Granstedt, A. (2012) 2018. *Morgondagens jordbruk*, Matkassen sid 87–93, (Södertörns högskola), Stiftelsen Biodynamiska Forskningsinstitutet, Järna.

7. Slutsatser

Dagens jordbruk med en stor djurhållning baserad på inköp av delvis importerade klimatbelastande fodermedel, samt växtodling baserad på mineralgödsel och kemikalier, leder sammantaget till höga växtnäringsöverskott som belastar omgivande miljö och stor negativ klimatpåverkan som inte är uthållig. Självförsörjningen med foder och växtnäring på enskilda gårdar – eller gårdar i samverkan såsom det tillämpas på de två studiegårdarna Fokhol i Norge och Ullberga i Sverige – leder till en lägre närings- och klimatbelastning jämfördd med jordbruket på nationell nivå i respektive land. Detta förstärks av en lägre djurhållning än i dagens konventionella jordbruk. Skillnaden mellan ekologiskt kretsloppsjordbruk och övrigt jordbruk är av principiell natur.

Gården Fokhol, studerad under fem år 2014–2018, visar den potential som finns att klara klimatmålet inom livsmedelsområdet genom en omställning av jordbruket till en allsidig produktion av brödsäd, potatis, trädgårdsprodukter och en grovfoderbaserad djurhållning med både mjölk och kött. Klimatpotentialen möjliggörs inom ramarna för de ekologiska grundvillkor som gäller för en framtida, uthållig matförsörjning, genom en för odlingsplatsen anpassad växtföljd, balans mellan tärande och mulluppbbyggande vall-baljväxter och en till denna anpassad konsumtion.

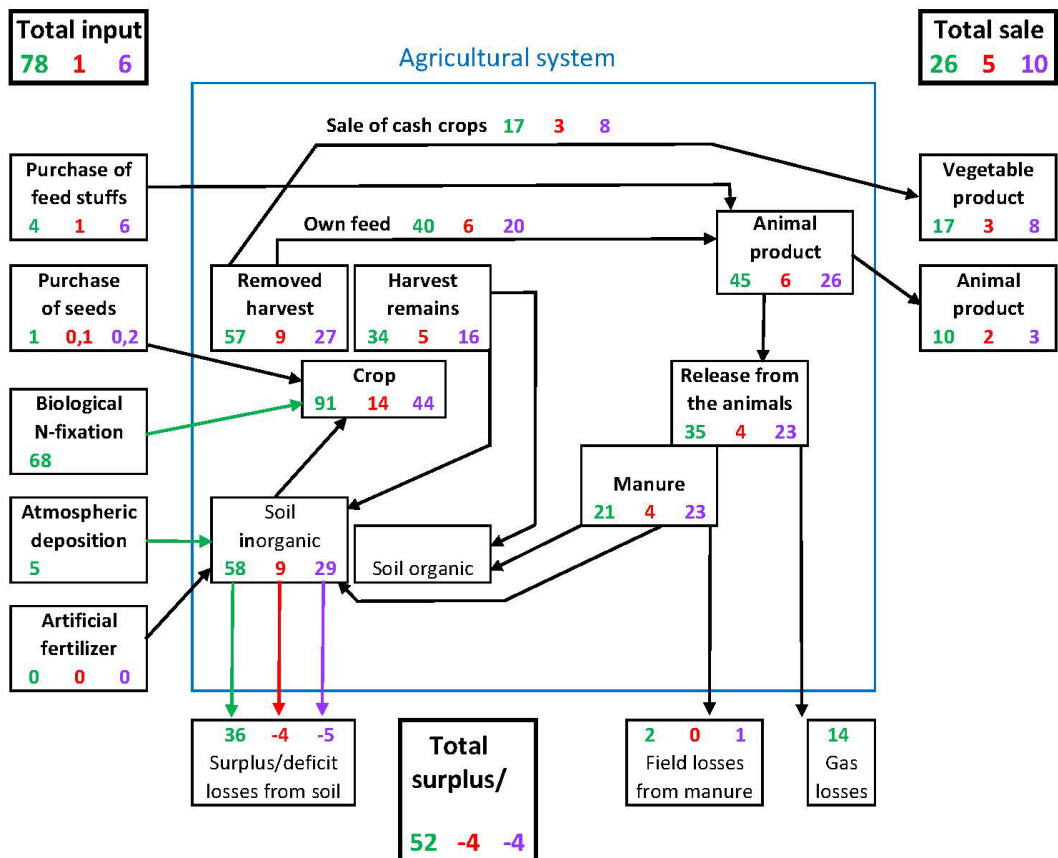
En förändring inom hela jordbruket med gården Fokhol och liknande gårdar som förebilder skulle innebära att vi kan avvärja också andra hot mot jorden och vår framtid, som den nu pågående utarmningen av den biologiska mångfalden, utarmningen av jordarnas fruktbarhet och framtida produktionsförmåga i ett globalt perspektiv, övergödningen av sjöar och hav och stopp för kortsiktig förbrukning av ändliga naturresurser. Ytterligare dimensioner som inte berörts i denna studie men som sammanhänger med gårdsdriften är odlingens betydelse för våra livsmedels närings- och hälsokvalitet, kulturella och sociala värden i jordbruket och på landsbygden, samt djurvälståndet.

8. Svensk-norsk ordlista

Svensk	Norsk
Alven	Undergrunnsjord
Ämnesomsättning	Fordøyelse
Ändliga resurser	Ikke-fornybare ressurser
Avsalugrödor	Salgsprodukter, eg. til menneskemat
Baljväxt	Belgvekst
Bete	Beite
Brödsäd	Matkorn
Dikväveoxid	Lystgass
Hektar, ha	1 hektar = 10 dekar
Kväve	Nitrogen
Ladugård	Låve
Lettland	Latvia
Odla	Dyrke
Skörd	Avling
Syfte	Formål
Syrebrist	Oksygenmangel
Träck	Møkk
Uthållig	Bærekraftig
Vall	Eng
Vallgrödor	Engvekster (gras og kløver)

Bilaga 1

Flow balance of N/P/K kg ha⁻¹ in the agricultural ecosystem Fokhol 2014-2017 (111,8 ha)



Calculation factors	N	P	K
Store losses from manure	0,4	0	0
Field losses from manure	0,1	0,1	0,1
Fodder/animal production	4,6	3	10
Harvest remain	0,6	0,6	0,6
Balances¹			
	N		
Farmgate balance	52,1		
Field balance	38,1		
Primary nutrient Balance	19,1		
Circulation factor (C)			
Field balance efficiency (F=Y/P+S)			
CxF			

Efficiency¹

Given data	N	P	K
Purchase to animal prod.	4	1	6
Purchase seeds	1	0	0
Biological N-fixation	68	0	0
Atmospheric deposition	5	0	0
Artificial fertilizer	0	0	0
Crop export	17	3	8
Export of animal prod	10	2	3
Calculated data			
Own feed	40	6	20
Harvest remains	34	5	16

¹ Primary nutrient balance and efficiency calculated according Seuri, P. 2013.

P: Primary nutrient if imported from outside of farm to the crop production including the manure based on imported fodder

S: Secundare nutrient produced within the farm and put into the crop production

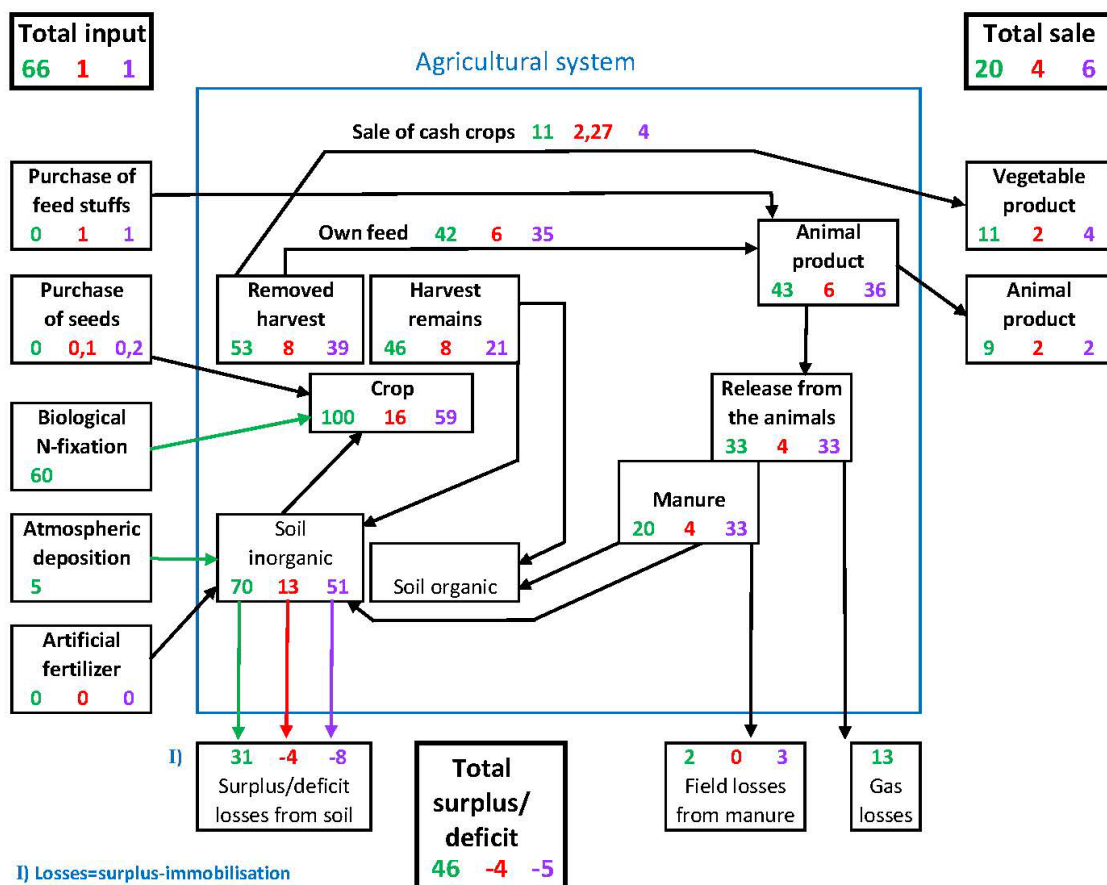
Y: Crop production to sell and for own fodder

Y = 0,81

A. Granstedt 2020-03-08

Bilaga 2

Flow balance of N/P/K kg ha⁻¹ in the agricultural ecosystem Ullberga 2017 (119 ha)



Calculation factors	N	P	K
Store losses from manure	0,4	0	0
Field losses from manure	0,1	0,05	0,1
Fodder/animal production	4,6	3	10
Harvest remain	0,8	0,91	1,1
Balances¹			
	N		
Farmgate balance	46		
Field balance	33		
Primary nutrient Balance	12,7		
Circulation factor (C)		1,31	
Field balance efficiency (F=Y/P+S)		0,62	
CxF		0,81	

Given data	N	P	K
Purchase to animal prod.	0,3	1	1
Purchase seeds	0	0	0
Biological N-fixation	60	0	0
Atmospheric deposition	5	0	0
Crop export	11	2,27	4
Export of veg prod	11	2	4
Export of animal prod	9	2	2
Calculated data			
Own feed	42	6	35
Harvest remains	46	8	21

¹ Primary nutrient balance and efficiency calculated according Seuri, P. 2013.

P: Primary nutrient if imported from outside of farm to the crop production including the manure based on imported fodder

S: Secundare nutrient produced within the farm and put into the crop production

Y: Crop production to sell and for own fodder

$$Y = 0,81$$

A. Granstedt 2020-03-08