Artur Granstedt

Mölnbo den 20 juli 2015

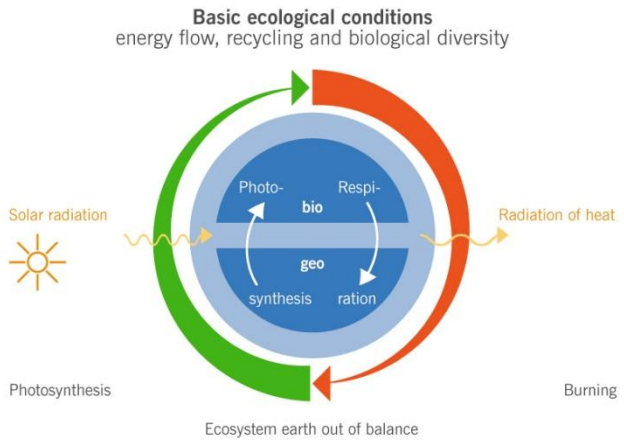
Ekologiskt kretsloppsjordbruk och klimat

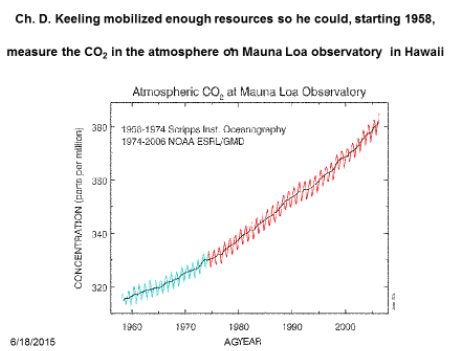
Jordbruket och maten som hot och möjlighet för att kunna stoppa den globala uppvärmningen

Inledning

Grundproblemet – Den globala obalansen mellan fotosyntes och förbränning

Det är endast genom fotosyntesen i de gröna ljusabsorberande växterna klimatbalansen kan återställas. De gröna växterna, på åkrar och ängar samt våra gröna skogar binder åter kolet ur atmosfären i form av koldioxid och bygger så upp energirika organiska substanser och avger syre. Allt annat är konsumtion, förbränning och andning som förbrukar syre och avger koldioxid till atmosfären. Vår tids stora hot, klimat hotet beror på att vi konsumerar, förbränner mer resurser än vad som åter byggs upp i primärproduktionen av producenterna, de gröna växterna (Figur 1). Gentemot denna bakgrund är det särskilt allvarligt att just jordbruket självt, som binder den solenergi som vi daglig tar in med får föda också har blivit allt mer beroende av den fossila energin (s.k. hjälpenergi) och som följd av denna rådande obalans, bidrar till den årliga ökningen av växthusskapande koldioxid i atmosfären. Produktionsmedel som konstgödsel, bekämpningsmedel och maskinanvändning bidrar till detta plus emissioner av starka växthusgaser som dikväveoxid och metangas. Det organiskt bundna kolförrådet i form av växtlighet, skogar och mark och själva matjordslagret med dess kolförråd förbrukas och som innebär att själva kapaciteten att binda kol ur atmosfären utarmas. Vi brukar och förbrukar den gröna jord som vi alla skall leva av och klimatet fortsätter att bli varmare. Vi närmar oss det avgörande klimatmötet i Paris och fortfarande är inte jordbruket och maten högst på agendan som det borde. I de följande avsnitten skall vi klargöra omfattningen och bakgrunden till jordbrukets belastning på klimatet och hur vi åter kan få ett jordbruk som bidar till att återskapa kolbalansen mellan jorden och atmosfären och stoppa den nu pågående globala uppvärmningen med dess förödande konsekvenser för oss människor på jorden.





Figur 1a. Kopplingen mellan det levande och icke levande hos jordens ekosystem. Solljus når Jorden som högvärdig kortvågig strålningsenergi och driver de biologiska processerna. Genom energi- upptagande fotosyntes flyttas materia över från den icke levande (abiotiska) världens enkla oor-ganiska ämnen (geo) till den levande världens (bio) komplexa energirika (bio) organiska ämnen. Genom energigivande andning återförs materia från den levande världen tillbaka till den organiska världen. Lågvärdig långvågig värme avges åter ut i världsrymden. Den s.k. entropin minskar och ordningen ökar vid den förstnämnda processen (fotosyntesen), medan nedbrytningen av organisk substans (andningen) leder till att entropin, oordningen ökar och restsubstanser frigörs. I dag överväger den sistnämnda processen till följd av förbrukningen av lagrad fossil solenergi men även genom avskogning och markförstöring (modifierad efter Hubendick, 1985[1]).

Figur 1b. Den ökande koncentrationen koldioxid i atmosfären framgår av den s.k. Keelingkurvan är uppkallad efter dess upptäckare. Sicksacklinjen visar variationerna till följd av växtlighetens dominans på norra halvklotet med tillväxt och koldioxid- assimilation vår och sommar. När växtligheten dör och organisk substans bryts ner på hösten och vintern ökar koldioxidhalten på nytt. Kurvan åskådliggör hur det avges mer koldioxid till atmosfären än vad växtligheten förmår binda.

Den ekologiska grunden för allt högre liv på jorden

Cirka en procent av den flödande energin från solen som når växttäcket binds genom fotosyntesen. Solljuset tas upp av de gröna växternas klorofyll. Solenergin binds av växterna i form av energirika organiska substanser, som ger näring åt andra levande varelser samtidigt som det livgivande syret bildas. Växterna utgör basen för alla näringskedjor. De utjämnar vattenflöden, de skyddar matjord och de döda växt- resterna omvandlas så småningom själva till matjord och näring till nya växter.

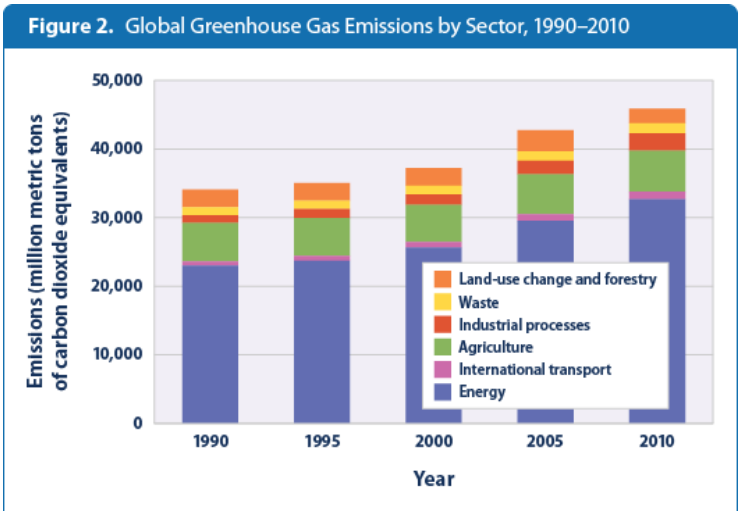
Grundförutsättningen för fotosyntesen är vatten. Den absorberade energin spjälkar vatten i syre och väte. Det är vätet som sedan reagerar med koldioxiden och bildar kolhydraterna, medan det från vattnet spjälkade syret avges till luften.

Vid andning och förbränning bryts ämnena återigen ned i sina grund-beståndsdelar, syret binds åter med vätet i kolhydraterna och bildar vatten. Koldioxid avges åter till luften och energi frigörs, men nu som långvågig värme som åter strålar ut i världsrymden. Fotosyntes och andning är de två grundläggande processer som gör livet möjligt.

Nuläget

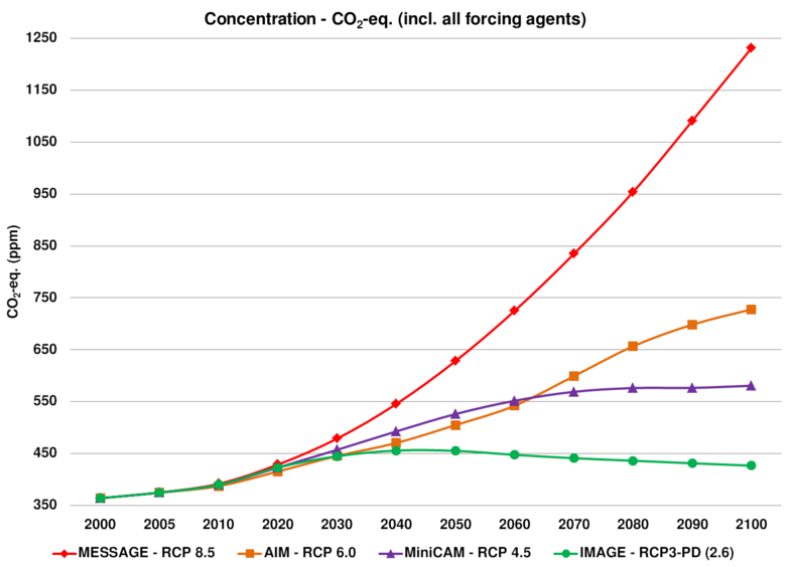
Ännu idag, 23 år efter den första världskonferensen i Rio, saknas de övernationella och bindande överenskommelser som skulle bryta trenderna mot allt mer tilltagande kortsiktig förbrukning av jordens resurser och fortsatt tilltagande och svårreparabla skadorna på vår

miljö. Grundfelet är att vi förbrukar mer än vad jorden i kraft av den gröna växtligheten förmår att återskapa. Figur 2 visar hur emissioner av växthusgaser hittills fortsatt att öka. Scenarierna från FNs klimatpanel (ICCP) som offentliggjordes 2014 visar att den globala medeltemperaturen ökar i intervallet 3,2–5,4 grader mot slutet av detta sekel om utsläppen fortsätter att stiga i dagens takt (figur 2). Samtidigt visar scenarierna att det med kraftiga utsläppsreduktioner av klimatgaser fortfarande är möjligt att begränsa temperaturökningen till under två grader. Detta förutsätter radikala och omgående genomgripande förändringar i vår livsstil och vår konsumtion, inte minst inom jordbruket och vår matkonsumtion. Ännu saknas de politiska och enskilda beslut och deras förverkligande, som skulle krävas för att återställa balansen mellan vår förbrukning av organisk substans och den återuppbyggnad som endast kan ske genom fotosyntesen samt kraftfull minskning av utsläppen av övriga klimatgaser för vilka jordbruket också har ett ansvar. Detta trots den kunskap som idag finns om de förödande konsekvenserna av dagens kortsiktiga resursförbrukning och även de möjliga lösningar som finns.



Figur 2. Emissionerna av växthusgaser till atmosfären fortsätter att öka med globala konsekvenser för klimatet. Den senaste 10-årsperioden år 2000–2010 ökade emissionerna och nettobelastningen mer än någonsin tidigare [1]

[1] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. Climate change 2014: Mitigation of climate change. Working Group III contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press. www.ipcc.ch/report/ar5/wg3.



Figur 2. Exempel på möjliga utvecklingsbanor för nettoutsläpp av koldioxid vid olika RCP:er angivet som ppm CO2 ekvivalenter[2]

RCP8,5 – fortsatt höga utsläpp av koldioxid

RCP 6 – koldioxidutsläppen ökar fram till 2060

RCP4,5 – koldioxidutsläppen ökar fram till 2040

RCP2,6 – koldioxidutsläppen kulminerar omkring år 2020

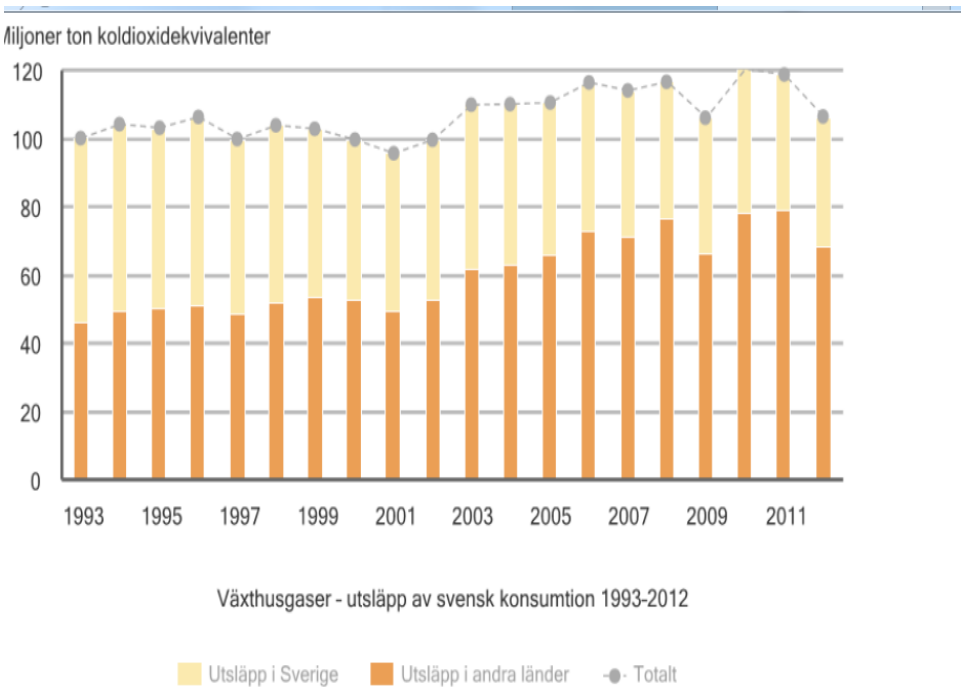
Fortsatta nettoutsläpp av växthusgaser kommer att orsaka fortsatt uppvärmning och förändringar i alla delar av klimatsystemet. För att sannolikt kunna undvika att överskrida två graders temperaturökning krävs, enligt IPCC senaste bedömning (Scenario RCP 3), att brytpunkten med en minskning, istället för fortsatt ökning, måste inträffa inom detta årtionde och att föreslagna åtgärder startar nu. Dagens globala nettoutsläpp behöver minska med 80 % till 2050 jämfört med dagens nivåer samt vara kring noll 2100 i de nuvarande industriländerna. Detta bör enligt EU gälla för alla länder i den industrialiserade delen av världen medan betinget är lägre för de delar av världen vars utsläpp av växthusgaser ligger på en lägre nivå. EUs beslutade ”Climat Action”[3], kommer att presenteras vid FNs klimatkonferens nu i november i Paris 2015[4]. Då om inte förr är det nödvändigt att lyfta fram de största källorna till den globala klimatförändringen, jordbruket och maten, klimatkonsekvenserna av matens väg från jord till bord och de genomgripande förändringar som här måste ske.

[2]IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. Climate change 2014: Mitigation of climate change. Working Group III contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press. www.ipcc.ch/report/ar5/wg3.

[3]http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm

[4] http://newsroom.unfccc.int/

Diagram miljoner ton koldioxidekvivalenter



Figur 3. Utsläpp av växthusgaser från Svensk konsumtion ökade med 17 % mellan 1993 och 2011 (Naturvårdsverket april 2015). [5]

Konsumtionens klimatbelastning

Man måste skilja mellan Sveriges klimatbelastning och konsumtionens totala klimatbelastning som inkluderar utsläpp även i andra länder. Klimatbelastningen från vår konsumtion fortsätter att öka och uppgick till 12 ton koldioxidekvivalenter per person och år räknat på tidsperioden 2008–2013 (figur 3). Under de senaste 20 åren har andelen utsläpp som sker i andra länder orsakad av vår svenska konsumtion ökat med 50 %. Under samma period har våra inhemska utsläpp orsakade av konsumtion minskat med 30 %. Den svenska minskningen av emissioner av växthusgaser sker alltså till priset av ännu större emissioner av växthusgaser i andra länder från vilka vi köper våra konsumtionsvaror och våra produktionsmedel. Detta gäller till en betydande del för jordbruket och vår konsumtion av livsmedel. I det sammanhanget bör vi observera att 40 % av den svenska inhemska elenergianvändningen baseras på kärnkraft som ej belastar klimatet men som innebär ett betydande risktagande vad gäller strålningssäkerhet och hot av andra slag. Beaktas även den globala avskogningen för vilken vi också har ett ansvar så uppgår vår klimatbelastning till närmare 14 ton per capita varav maten enligt mina beräkningar står för drygt 40 %. Det är denna totala belastning

[5] Naturvårdsverket: http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser--utslapp-av-svensk-konsumtion/

inklusive matkedjan som skulle behöva minska med cirka 80 % till 2050 för att uppnå det s.k. tvågraders målet både här och i andra industriländer.

Balansen mellan primärproduktion och konsumtion är avgörande

Primärproduktionen med hjälp av fotosyntesen är grunden för all verksamhet på jorden (figur 1). Den fotosyntesbaserade jordbruks- och skogsproduktionen drev fram till helt nyligen hela samhället. Jordbruksproduktionen svarade inte bara för matförsörjningen utan också för mycket annat, kommunikationssystemen med ox- och hästartransporter osv. Vid de förödande krigen var det jordbruket som ficka betala priset. All förnödenheter kom från jordbruket, tom krutet med vilket man laddade kanonerna bestod av från stallgödsel utvunnet salpeter. De gröna växande skogarna bidrog med virke för skeppsbyggeri, värme och framställning av träkol för järnmalmsutvinningen. Historien visar kulturers uppgång när man genom kulturåtgärder lyckats öka den primära produktionen till mänsklig nytta och deras sönderfall när uttagen blev större än tillväxten.

Rovdriften på skogar och överutnyttjande av markresurserna har tagit sig olika former genom historien och också lett till de stora folkförflyttningar och exploatering av nya områden i världen. Sammanbrotten för stora riken som Mesopotanien och Romarrikets sammanföll också med ekologiska katastrofer som följd av skövlade skogsområden, överbetning och markerosion, företeelser som fortsätter in i våra dagar[6]. Man räknar med att i storleksordningen 40 % av de ursprungliga matjordlagren försvunnit på jorden. I boken morgondagens jordbruk visas jag hur vår egen nordiska mångtusenåriga jordbrukskultur stod inför sitt sammanbrott i slutet av 1700-talet[7]. Skogarna var utarmade och odlingsmarken gav allt sämre skördar medan människoantalet som skulle försörjas ökade. Invånarantalet var då uppe i 2 millioner och markresurserna var redan överutnyttjade samtidigt som antalet invånare i landet fortsatte att öka.

Kretslopp med baljväxtvallar och de grovfoderätande djuren stoppade svälten

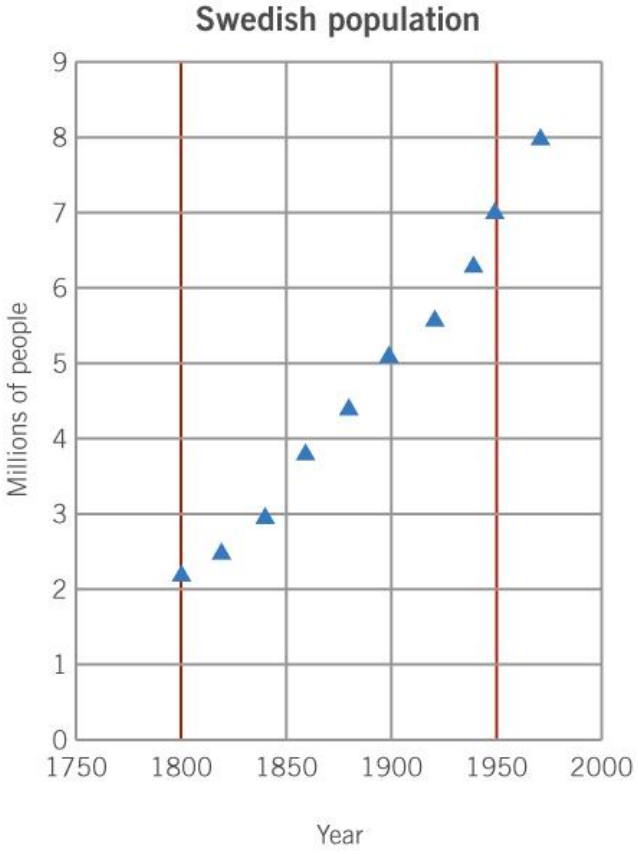
Kortsiktigt ledde förhållandena till en betydande utvandring, huvudsakligen till Amerika. Men det som löste själva försörjningskrisen var att man lärde sig hur jordbrukets bärkraft kunde höjas baserat på de lokala och förnyelsebara resurser.

Allt förändrades i grunden när det gamla slåtterjordbruket ersattes av växtföljdsjordbruket med baljväxtvallar. Vallodling med klöver eller andra baljväxter ger ett nettotillskott till uppbyggnaden av markens humusförråd, dels genom den efter vallskörden kvarlämnade stora rotbiomassan och skörderester och dels den via djurhållningen som gödsel återförda biomassan. En sådd vall med kvävefixerande baljväxter som klöver eller lusern ger i storleksordningen tre gånger så stor skörd som den man får av en huvudsakligen gräsbevuxen ängsmark. I det tidigare slåtterjordbruket var man helt hänvisad till naturängens produktionsförmåga för att kunna samla tillräckligt i ladorna till djurens foderförsörjning under den långa vintern.

Växtföljder utvecklades med balans mellan de närande, humusuppbyggande baljväxtvallarna

[6] Furuhagen, H. 1978. Bröd och Skådespel, Nordstets förlag
[7] Granstedt, A. 2012. Morgondagens jordbruk. Södertörns högskola. BERAS rapport 2.

och de tärande grödorna som brödsäd och rotfrukter på åkern. Allt större vallskördar gav allt mer foder till djuren, mer kött och mjölk och mer gödsel till åkern vars bördighet nu ökade och som i sin tur gav allt större skördar av fodergrödor, brödsäd och rotfrukter. Rikligt med naturgödsel var också en förutsättning för den för folkförsörjningen så värdefulla potatisodlingen som ökade under 1800-talet. Ärter och bönor i växtföljden ökade både foderkvalliten och bidrog ytterligare till kväve- försörjningen. Folkförsörjningen blev räddad och vi blev till och med exportör av livsmedel mot slutet av 1800-talet. Mellan åren 1800 och 1950 ökade Sveriges befolkning från 2,3 till 7 miljoner människor – en 300-procentig befolkningsökning på 150 år (Figur 4). Matproduktionen räckte till alla så att det blev över i en tid utan varken konstgödsel eller kemiska bekämpningsmedel en bra bit in på 1900 talet. Denna gröna agrara revolution började med den s.k. nya tiden i södra Europa och det var på de stora godsen det började även här Sverige när teknikutbytet ökade mellan länderna. Vårt grannland Danmark var steget före oss redan under 1700-talet och blev det stora jordbrukslandet med införande t av växelbruk och anlagda vallar med sådda blandningar av gräs och vall-baljväxter som klöver och lusern [8]. Vallodling med baljväxter kommer slutligen även till Finland som innan dessa drabbades av stora hungerkatastrofer. Men det tog sin tid i början. Ännu i tidigt 1800 tal beskrivs torkning och uttröskning och efterföljande rensning av klöverfrö besvärligt och klöverfrö importerades till en början.



Figur 4. Sveriges befolkning ökade från 2,3 miljoner till 7 miljoner mellan år 1800 och 1950 innan storskalig användning av konstgödsel och kemisk bekämpning infördes i jordbruket

[8] Kjærgaard, Thorkild, 1991, *Den danske Revolution 1500–1800: En økohistorisk tolkning*, Köpenhamn, 440 s.

Det dröjde också innan man inom naturvetenskapen helt förstod sammanhanget, det var mot slutet av 1800-talet som man inom lantbruksvetenskapen fick belägg för att mikroorganismer, vilka levde i symbios med baljväxter, hade en viktig funktion för att binda luftens kväve. Härigenom förklarades varför klöver, ärtor, bönor, lupiner och andra baljväxter, som användes i växelbruket, genom gröngödsling kunde öka jordens bördighet. Denna nya bakteriologiska kunskap bekräftade härmed den agrara omvälvning, som genomfördes kring förra sekelskiftet i norra delen av Europa[9]. Fram till dess var det en erfarenhetsbaserad kunskap. Redan den romerska diktaren Virgilius lovordade för 2000 år sedan baljväxterna bördighetsbefrämjande egenskaper och denna kunskap fanns säkert ännu långt tidigare.

Denna agrara revolution med växelbruk och baljväxtvallar pågick samtidigt som en också i övrigt betydande teknikutveckling, som först etablerades på de stora godsen och herrgårdarna under 1800-talet. Kronprinsen Karl Johan (senare kung Karl den XIII) instiftade 1813 den Kungliga Svenska Lantbruksakademien med syftet ”att uti landets egen naturs förmåga söka grunden till landets självbestånd”. Vartefter trängde kunskaperna fram till småbruken, inte minst genom förkämpar som lantbrukspionjären Rösjö som med insamlade medel startade den första lantbruksskolan för småbrukare, skrev lantbrukets bok i flera band och reste runt i hela landet och bokstavligt predikade framtidslantbruket i kyrkorna. (”lantbrukets apostel”). I början av 1900-talet hade den gamla ängsmarken nästan helt försvunnit och ersatts av kulturbeten och slåttervallar på åkern. Ängsmark för slåtter upphörde nästan helt. De återstående ängsmarkerna fick mer karaktär av tillskottsmark för beten åt ungdjur och kalvar under sommaren samt för fårbeten. Naturbetesmarkerna är också fortsatt en betydande resurs för mer extensiv nötköttsproduktion.

Figur 5. Förstaårsvall med en blandning av rödklöver och gräs samt en försöksruta med enbart gräs på Skilleby försöksgård i Järna. Vall med en blandning av klöver och gräs ger en mångdubbelt högre skörd än enbart gräs utan någon kvävefixering. Kvävefixeringen i klövervallen uppgick här till ca 200 kg per ha och år. För att en ren gräsvall skall ge

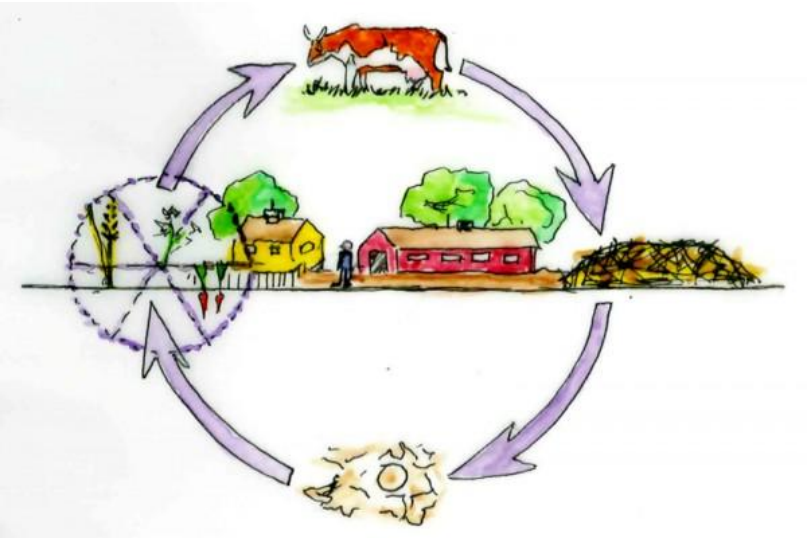
[9] Mårald, E. 2005- Framsteg eller undergång, Agrarvetenskapen och diskussionen om ett varaktigt jordbruk under 1800-talet. I: Ulf Jansson och Erland Mårald Ed. Odlingssystem och uthålligt jordbruk under 400 år. Skogs- och lantbrukshistoriska meddelanden nr 33. Supplement till Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift.

samma skörd (7 ton torrsubstans per ha) krävs 200 kg kväve per ha i form av konstgödsel) Foto: Artur Granstedt.

Figur 6. Förstaårsvall med en blandning av röd-klöver och gräs på Skilleby försöksgård i Järna[24]. En grävd markprofil gör det möjligt att studera rotutvecklingen i matjorden (0–20 cm) och ner i den underliggande alven samt de små knölar (s.k. noduler, den uppförstorade bilden till vänster) i vilka de kvävefixerande bakterierna finns. Symbiosen innebär att växten tillför bakterierna energirik näring i utbyte mot det ammoniumkväve som växten tillgodogör sig. Energin kommer från solen vars ljusenergi absorberas av bladens kväverika klorofyll. Genom fotosyntesen bildas de energirika kolhydrater, som baljväxtbakterierna utnyttjar för den energikrävande kvävebindningen. Vi har här ett viktigt exempel på de ömsesidigt betingade naturprocesser som gör livet möjligt. Foto: Artur Granstedt

Figur 7. Det råder ett samband mellan klöverandelen och kvävefixeringens storlek vid olika vallskördenivåer (Granstedt, 1990)

En förutsättning för det här beskrivna jordbruket var, att varje gård hade så mycket djur som man själv hade foder till. Det allra mesta som odlades var då som nu djurfoder, med den skillnaden att då var djuren jämt fördelade och anpassade till fodertillgången på alla gårdar. Det innebar att då kom gödseln med alla viktiga näringsämnen tillbaka till marken på varje gård i ett ständigt kretslopp inom respektive växtföljdsomlopp. Djurhållningen denna tid bestod också huvudsakligen av grovfoderätande nötkreatur samt hästar för dragkraften. Även städernas hästar försörjdes av foder från jordbruket. Som mest var det 700 000 hästar i Sverige. Ännu i slutet av 1940-talet upptog vallodlingen med baljväxter (klöver eller lusern) ca 40 procent av arealen i Sverige och ingick som en nödvändig del i växtföljden på var gård. En omväxlande växtföljd med den närande klövervallen, fodergrödor, brödsäd och rotfrukter, vilken var integrerad med djurhållningen, gjorde det möjligt att uppnå en hög produktion med de sorter och den teknik som då användes (*figur 8*). Utöver att försörja en befolkning på sju miljoner människor med mat, försörjde jordbruket 500 000 hästar med foder. Dessa svarade ännu på 1950-talet för den huvudsakliga dragkraften i jordbruket.



Figur 8. Växtföljden med kvävesamlande baljväxter i vallarna och en till den egna

foderproduktionen anpassad djurhållning var grundförutsättningar för det självförsörjande jordbruk som närde Sveriges befolkning med mat fram till slutet av 1940 talet. Varje gård anpassade sin djurhållning så fodertillgången räckte under den långa vinterperioden. Djurens gödsel tillfördes de mest näringskrävande grödorna i växtföljden. Lilla cirkeln till vänster antyder fördelning av grödor i ett flerårigt växtföljdsomlopp och den stora cikeln beskriver flödena av växtnäring mellan grödor, djur, gödsel och mark inom gårdsorganismen. (Bild ritad av Ida-Johanna Karlander enligt förebild av Artur Granstedt).

Fram till 1940 talet var inköpen av externa resurser som gödselmedel, drivmedel och maskiner ännu blygsamma. All import begränsades av de båda världskrigen och det handlade om självförsörjning med lokala och förnyelsebara resurser. Traktoranvändning hade visserligen introducerats tidigt i början av 1900 talet men kom i gång på allvar först efter krigsslutet 1945. Det dröjde också innan konstgödseln gjorde sitt genombrott, 1930 användes exempelvis i genomsnitt endast 3 kg kväve per ha. Hittills hade endast tillförsel av mineralgödsel som kalium och fosfor förekommit på vissa jordar. De symbiotiskt kväsamlande vallbaljväxterna som rödklöver och lusern har djupt utvecklade rotsystem, har hög näringsupptagande förmåga och gynnar vittring och frigörning av mineraler genom biologisk aktivitet och bidrar i växtföljden också till upptransport och anrikning i matjorden av näringsämnen från djupare markskikt. Detta ger en god en god förklaring till hur ekologiskt kretsloppsjordbruk kan drivas under långa tidsrymder utan mineralgödsling på mineraljordar förutsatt att genom effektiva kretslopp nettobortförseln av mineralämnen som fosfor, kalium, kalcium, magnesium och spårämnen kan hållas på låg nivå. Aldrig, vare sig tidigare eller senare, har vi i Sverige haft ett så högproduktivt jordbruk baserat på huvudsakligen egna och förnyelsebara resurser. Förhållandena var här likartade de som vi finner i övriga Europa före industrialiseringen av jordbruket. Jordbruket och senare de lokala produktionsföreningarna svarade också för en betydande del av förädlingen av livsmedel baserad på lokala resurser. I storleksordningen en fjärdedel av befolkningen var sysselsatta i jordbruket ännu år 1950. Det finns all anledning att lära av historien, då vi nu måste övergå till ett allt mer fossilfritt samhället, men vidareutvecklat med dagens teknik och kunnande.

Brutna kretslopp – det fossildrivna jordbrukets framväxt

Fram till mitten av 1900- talet var både växtodling och djurhållning anpassad till den egna foderodlingen på alla gårdar. En större del av växtnäringen gick runt i kretslopp mellan mark, grödor, djur och tillbaka till marken, där själva drivkraften till allt detta var den flödande energikällan, solen. Solenergin och fotosyntesen gav den nödvändiga energin för att fixera kvävet ur luften på cell och molekylärnivå och även bidra till vittringen av mineraler i marken.

För livet på jorden är kvävet i växttillgänglig form med nödvändighet en begränsad resurs. Redan begränsade förhöjda utsläpp i miljön orsakar, som många av oss vet, problem. Luftens huvudbeståndsdel med 78 % kväve, är det helt otillgängligt för växtligheten utan att tillräckligt mycket energi tillförs för att spränga den hårda molekylära bindningen så att vi får det som kallas för reaktivt kväve. Utsläpp av reaktivt kväve i form av dikväveoxid (N_2O, s.k. lustgas) och vattenlösligt nitratkväve (NO_3)har trots begränsade mängder blivit en av vår tids allra största hot mot miljön[10]. Dikväveoxid (lustgas) genom dess starka växthuseffekt med 298 gånger större

[10] Galloway, J. N.; Aber, J. D.; Erisman, J. N. W.; Seitzinger, S. P.; Howarth, R. W.; Cowling, E. B.; Cosby, B. J. (2003). "The Nitrogen Cascade". *BioScience* **53** (4): 341

klimatpåverkan än koldioxid, mätt över 100 år , enligt den senaste klimatrapporten från IPCC (koldioxid ekvivalenter enligt IPCC för 100 år[11]). Vattelösligt kväve i forma av nitrat är jämte också fosfor som också användes som konstgödsel i jordbruket är den väsentliga orsaken till övergödning, algblomning och bottendöd i sjöar och hav. Att göra kväve tillgänglig där det behövs men ej mer än vad ekosystemen tål är en av de levande ekosystemens viktigaste självreglerande funktioner och bör också vara vägledande för för hur vi använder kvävet i jordbruket både för miljön och för oss människor. Även om Liebig (1803-1873) introducerade mineralämnesteorin under slutet av 1800 talet dröjde det fram till mitten av 1900 talet innan mineralgödsel började användas i större omfattning. Naturliga fyndigheter av anrikad salpeter och rester av fågelspillning (Guano) förbrukades snabbt och var en begränsad tillgång fram till att man lärde sig tekniken att syntetiskt binda luftens kväve till de kemiska föreningar (vattenlösligt nitrat och ammoniumkväve) som växterna kan utnyttja.

Den första kemiska bindningen av luftkväve till nitratkväve skedde genom den år 1903 uppfunna så kallade Birkelandsprocessen där luftkvävet oxiderades i en elektrisk ljusbåge. Detta krävde stor mängd elektrisk energi och drev på utvecklingen av vattenkraftsanvändningen. Redan tidigt pågick en intensiv debatt för och emot användningen av konstgödselkväve. Genombrottet kom efter andra världskriget med den av Haber Bosh (1868 – 1934) utvecklade metoden att använda fossil energi i form av metangas för att genom högt tryck kemiskt binda samman vätgas och luftkväve till ammoniak. Ammoniak som lätt kan omvandlas till andra kväveföreningar är en utgångssubstans för nästan all handelsgödsel. Ammoniaksyntesen bidrog också till en omfattande kemisk-teknisk industri i Tyskland i början av förra seklet och ammoniak blev en användbar källa för framställning av ammunition och sprängämnen inför första världskriget och betydande tragik[12] . Framställning av mineralgödselkväve kostar fossil energi. Energibehovet har minskat vartefter men är fortfarande på en hög nivå plus att det i samband med oxideringen av ammoniak till nitratkväve bildas den starka växthusgasen dikväveoxid, även kallad lustgas (N_2O). Ett viktat medelvärde för europeiska gödselmedel var enligt Berglund med fler (2009) är 6,8 kg CO2 ekv. per kg kväve för ammoniumnitrat och 10,9 kg CO2 ekv, för kalksalpeter per kg kväve[13] .

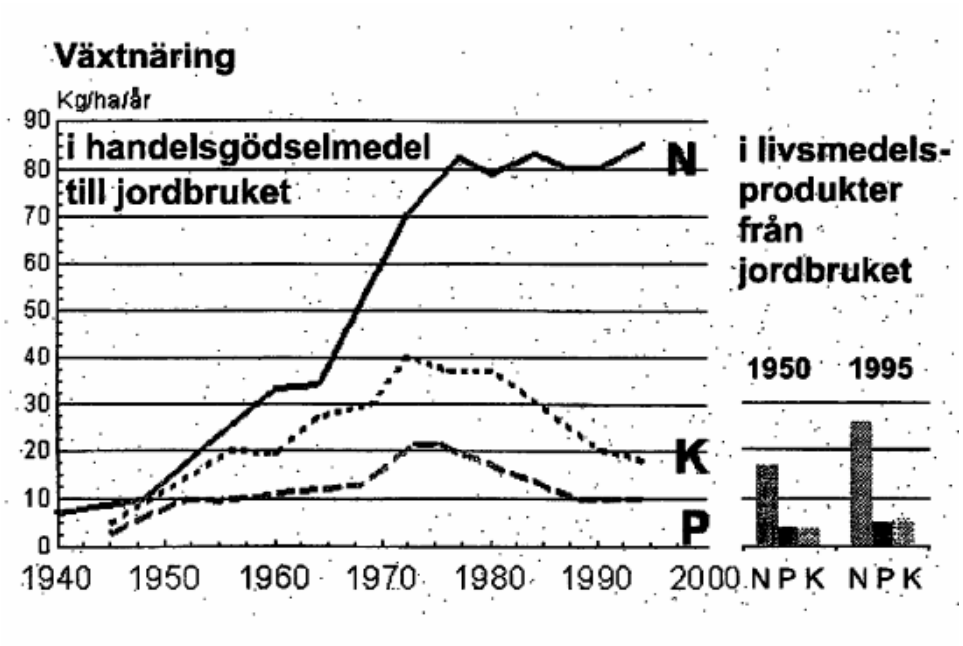
Tillgången på mineralgödselkväve var en förutsättning och en drivkraft till den snabba strukturrationaliseringen i jordbruket mellan 1950 och 1980. Det blev nu möjligt att driva jordbruk utan varken kvävesamlande vallar eller välfungerande kretslopp med återcirkulation av växtnäring via stallgödsel. Specialiseringen går nu i två riktningar, vi får allt fler specialiserade växtodlingsgårdar och djuren koncentreras till ett mindre antal specialiserade djurgårdar. I stället för kretslopp blir det allt mer linjära flöden. Ändliga naturresurser förbrukas i form av konstgödsel på växtodlingsgårdarna och miljön belastas med allt mer utsläpp av både klimatgaser och övergödande närsalter framför allt från de specialiserade djurgårdarna (Figur 9 och 10). I storleksordningen 80 % av allt som odlas är djurfoder till den ökande produktionen och konsumtionen av kött. Samtidigt minskar antalet djurgårdar medan antalet djur per gård ökar. De brutna kretsloppen kompenserades genom tillförsel av kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) i form av vad som i dagligt tal kallas för konstgödsel. Den ensidiga tillförseln av dessa för maximal tillväxt nödvändiga s.k. makronäringsämnen (N, P och K) innebär att markerna på de specialiserade spannmålsgårdarna utarmas på de för människans

[11] GWP-värden och livslängder (100 år) enligt IPCC 2007

[12] http://www.svd.se/nobelpristagare-med-gaskriget-pa-sitt-samvete

[13] Berglund, M., Cederberg, C., 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. Hushållningssällskapet Halland.

näringsbehov viktiga s.k. spårämnena. Under den första 30 åren fram till 1980 tillfördes alltför mycket fosfor vilket också lett till upplagring av med fosforgödselmedlen tillfört kadmium, en tillförsel som även fortsätter i dag men på en lägre nivå. Upplagringen av alltför mycket fosfor ledde till ändrade gödslingsrekommendationer och att fosforgödslingen och även kaliumgödslingen minskade medan kväveanvändningen vars överskott sprids i miljön ligger på en fortsatt hög nivå (*figur 9*) och till och med fortsatt att öka om man endast ser på det konventionella jordbruket (*figur 10 a och 10 b*).



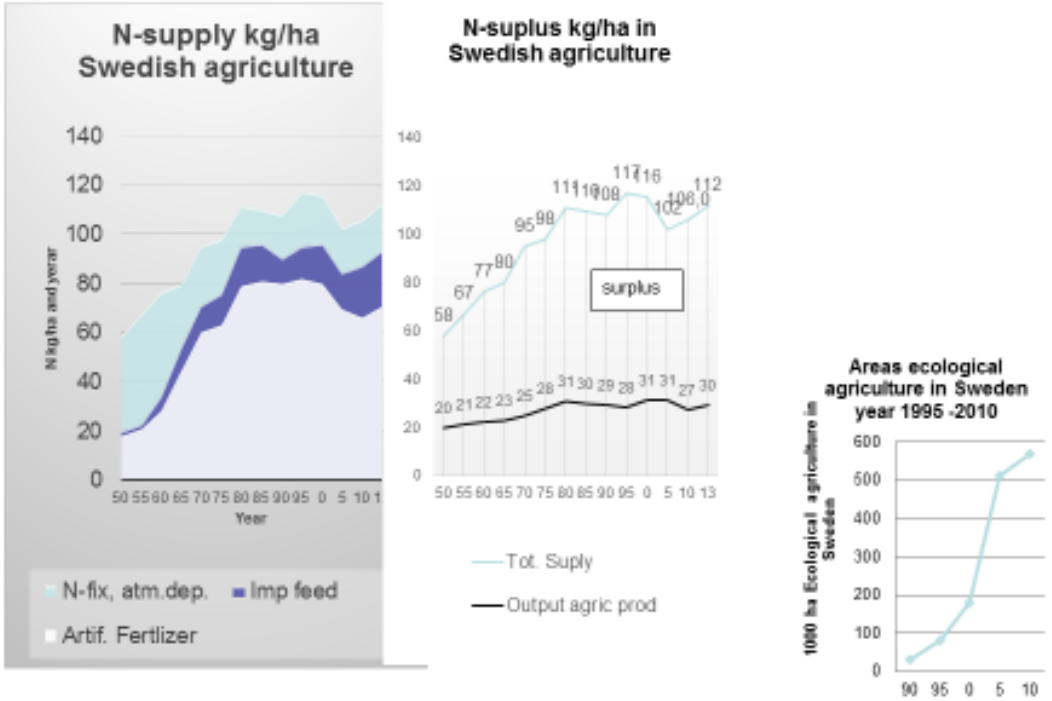
Figur 9. Genomsnittlig tillförsel av kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) och bortförsel i form av livsmedelsprodukter från jordbruket i kg N, P, K per ha och år. Gapet mellan tillförsel och bortförsel ökade kraftigt mellan 1950 – 1980 och utbytet av tillförd växtnäring blev allt sämre. Den ökande mellanskillnaden är en förlust som delvis kan upplagras i marken men framför allt innebär en ökande negativ belastning på den omgivande miljön[14].

De ensidigt drivna spannmålsgårdarna blev också allt mer beroende av kemiska bekämpningsmedel som utgör en belastning för både människor och miljö och vars användning fortsätter att öka. Detta system fel med linjära flöden av växtnäring är också geografiskt orienterat så att de specialiserade spannmålsgårdarna finns i störst omfattning i de centrala delarna av Sverige medan de intensiva djurgårdarna med stora näringsämnesförluster från överskotten av stallgödsel finns särskilt i de sydvästra och sydöstra delarna av landet[15]. Det genomsnittliga tillförseln och kväveöverskottet för jordbruket i sin helhet (kg N /ha och år) fortsatte ej att öka efter 1990 vilket berodde på den snabbt ökande ekologiska odlingsarealen efter 1990 fram till i dag (*figur 10 a*). Denna arealökning till närmare 20 % av den totala

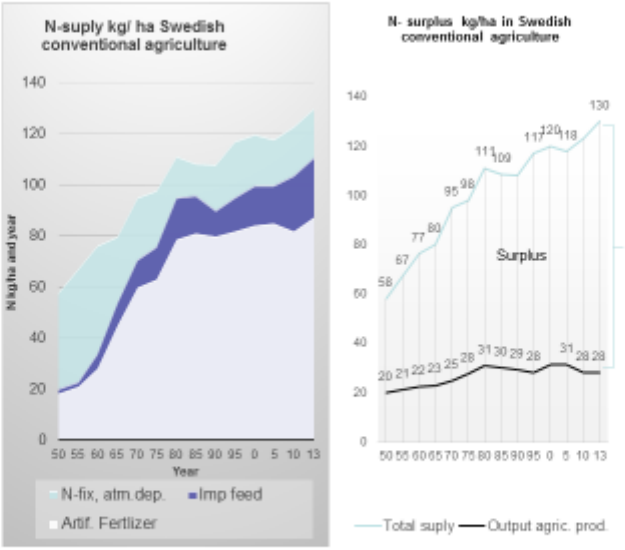
[14] Granstedt, A. 2000. Increasing the efficiency of plant nutrient recycling within the agricultural system as a way of reducing the load to the environment – experience from Sweden and Finland. Agriculture, ecosystems & Environment 1570 (2000) 1–17. Elsevier Science B.V. Amsterdam.

[15] Granstedt, A. 1995. Studies on the flow supply and losses of nitrogen and other plant nutrients in conventional and ecological agricultural systems in Sweden. Biological Agriculture and Horticulture, vol. 11, 51–67.

odlingsarealen framgår av lilla figuren infälld till höger. Ser man till enbart den konventionella odlingsarealen fortsätter tillförseln och gapet mellan tillfört kväve och kväve i livsmedelsprodukter (vegetabilie och animalieprodukter) att öka och motsvarande förorening av miljön (*figur 10 b*).

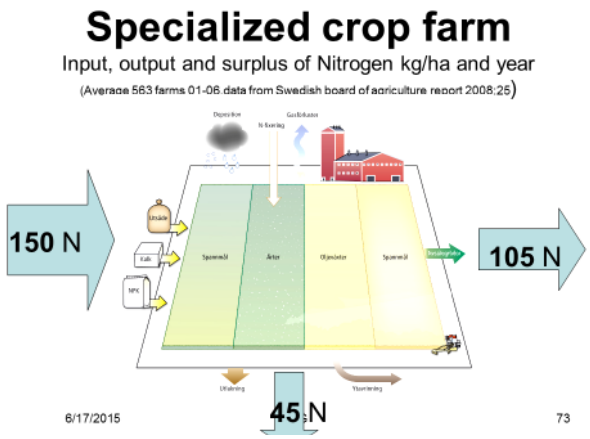


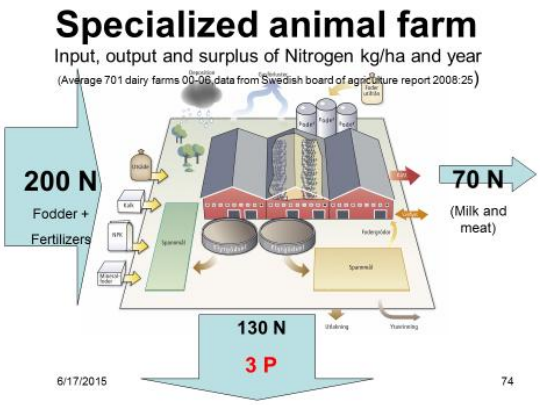
Figur 10 a. Här visas tillförsel av kväve till jordbruket i kg per ha från 1950 till 2013 (a) samt differensen mellan tillförsel och bortförsel som kulminerade 1990 beräknat för hela det svenska jordbruket) (b). Det är denna ökande differens mellan input och output (surplus) som slutningen belastar luft och vatten. Växtnäringsbalanserna för hela det svenska jordbruket visar att kvävetillförseln i kg per ha minskade något efter 1990. Detta skedde tack vare en ökande areal ekologisk odling (c). På den ekologiska odlingsaren tillförs inget konstgödselkväve och självförsörjningsgrad med foder är hög.



10 b. Växtnäringsbalansen för enbart det konventionella svenska jordbruket visar kvävetillförseln av både mineralgödsel och importerat foder, främst sojaprotein, fortsatt att öka och därmed också överskottet av kväve (surplus) som belastar miljön.

I dag finns ca 50 000 yrkesmässigt drivna jordbruksföretag. Av dessa är ca 60 % specialiserade på växtodling utan djurhållning medan 30 % är specialiserade på djurhållning. Koncentrationen är särskilt hög när det gäller storproduktionen av svin och kyckling. Endast 5 % av Sveriges jordbruksföretag står för 90 % av slaktsvinsproduktionen och vars foder till en betydande del importeras, bland annat soja. Figurerna 11 a och 11b. beskriver det linjära flödet med tillförsel av växtnäring i form av mineralgödselmedel till spannmålsgårdarna, vars produktion av fodermedel förs över till de specialiserade djurgårdarna och där det slutliga överskottet ansamlas i form för mycket gödsel och vars överskott av kväve slutligen belastar marken, klimatet och havet.





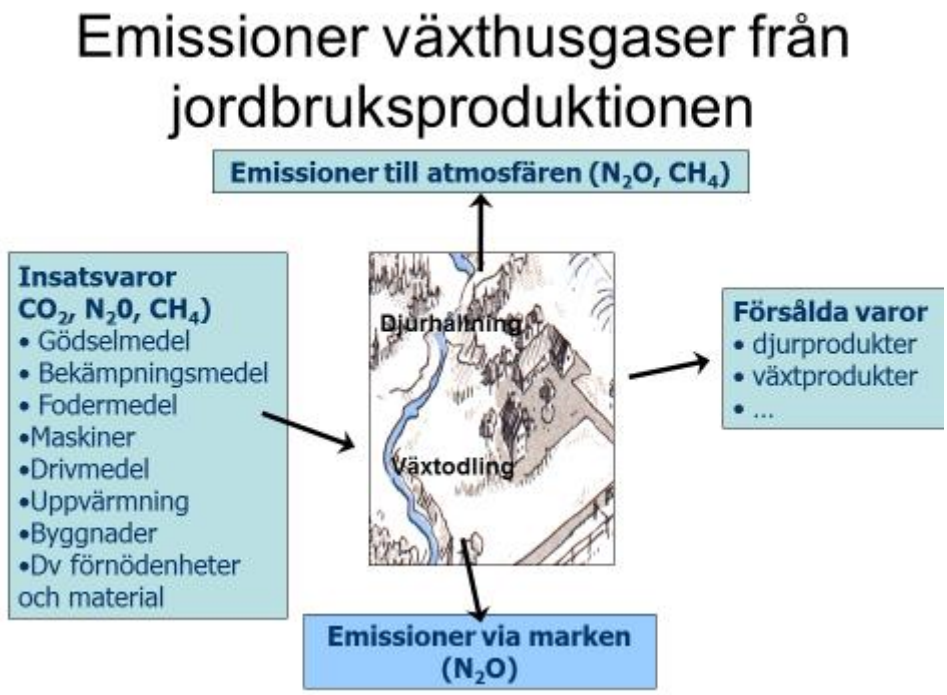
a) b)

Figur 11a och b.. Exempel på växtnäringsbalanser på specialiserade spannmålsgårdar och specialiserade djurgårdar beräknat i kg kväve per ha och år[16]. Det linjära flödet åskådlig görs här. Växtnäring tillförs spannmålsgårdarna i form av konstgödsel och blir till förluster på de specialiserade djurgårdarna som köper foder från spannmålsgårdarna. På djurgårdarna uppstår även fosforöverskott (P) när mer köps in med foder (från växtodlingsgårdarna och genom import) än vad som bortförs med försålda produkter.

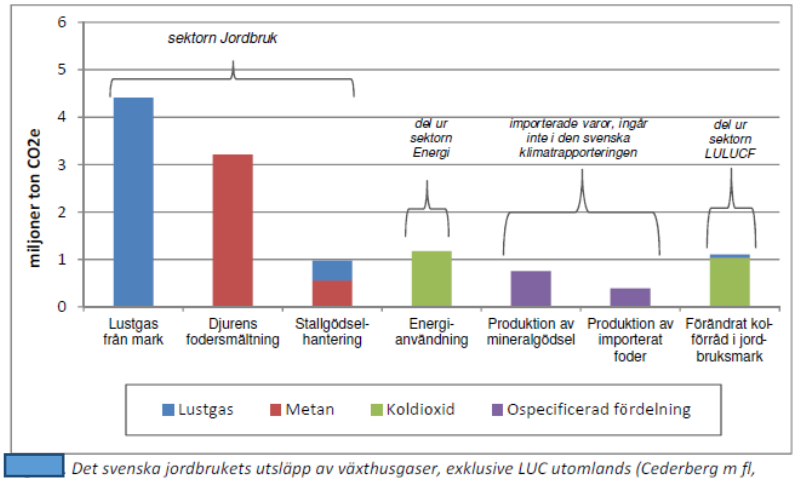
Specialiseringens konsekvenser för klimatet

De olika källorna för jordbrukets klimatbelastning framgår av figur 12 och storleken av dessa för Sverige enligt senast känd kunskap framgår av figur 13. Emissionerna sker dels direkt från jordbruket och dels indirekt från använda (s.k. externa resurser). Den ökande användningen av externa resurser som mineralgödselmedel (kväve, fosfor och kalium), fodermedel och bekämpningsmedel har lett till ökande emissioner av växthusgaser. Från jordbruket självt har den ökande mängden mineralkväve lett till ökande emissioner av dikväveoxid från marken. I denna sammanställning är inte avskogningen (här benämnd förändrad markanvändning, LUC) i andra länder beaktad. Produktion av soja och palmolja samt betesdrift leder till omfattande skogsskövling. Klimatbelastningen från avskogning och förändrad markanvändning är ännu hög från framför allt de stora regnskogsområdena i Sydamerika, men även i Afrika och Asien. Sedan EU-inträdet har andelen importerad mat ökat och uppgår i dag till cirka 40 % av vår totala livsmedelskonsumtion. Beaktas även detta så svarar matproduktionen i jordbruket här och i andra länder för sammanlagt 16 % av den totala klimatbelastningen (beräknat för tidsperioden 2008–2012).

[16] Baserat på data från växtnäringsbalanser, Jordbruksverket. Swedish board of agriculture report 2008:25



Figur 12. Jordbruksproduktionens direkta utsläpp av växthusgaser från växtodling och djurproduktion samt indirekta utsläpp av utsläpp för framställning av insatsvaror, utrustning och förnödenheter (externa resurser).



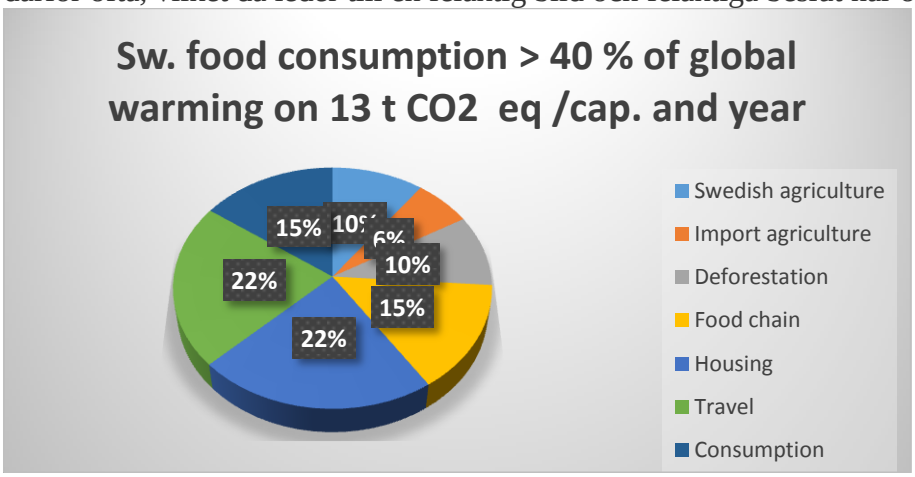
Det svenska jordbrukets utsläpp av växthusgaser, exklusive LUC utomlands (Cederberg m fl, 2011, Naturvårdsverket, 2012). De olika sektorerna härrör sig till Sverige klimattrapportering till FNs klimatkonvention. LULUCF = Markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk. Utsläppsvolymerna för sektorn Jordbruk enligt diagrammet stämmer inte exakt med Naturvårdsverkets klimatrapportering eftersom denna viktar metan och lustgas enligt en äldre modell. I detta diagram viktas metan och lustgas enligt den senaste modellen vilket ger ett något högre bidrag av växthusgaser från sektorn jordbruk.

Figur 13. Det svenska jordbrukets utsläpp av växthusgaser exklusive förändrad markanvändning (Källor: Cederberg m fl 2012).[17]

[17] Cederberg C, Lundqvist B. och Berglund B. 2012. Potentialer för jordbruket som kolsänka. SIK. Rapport 850, 2012.

För den enskilde konsumenten och stora uppköpare av livsmedelsprodukter som restauranter och offentliga verksamheter som skolor, åldringsvård och skolor behövs kunskaper om hela matkedjan från jord till bord och konsekvenserna av olika alternativ. Utöver själva jordbruksproduktionen behöver även miljökonsekvenserna av distribution och förädling beaktas. Inberäknas hela matkedjan från jord till bord så kan matens klimatbelastning beräknas till 26 % av den totala klimatbelastningen. Den är emellertid ännu större om även förändrad markanvändning och avfall beaktas. Det industriella mat-systemet är enligt organisationen Grain ansvarig för 44 – 57 % av alla globala emissioner av växthusgaser[18]. Detta gäller för summan av samtliga emissioner av växthusgaser för livsmedelsförsörjningen: Jordbruk, distribution, förädling, markförstöring, avskogning och avfall. Denna totala bild av matesystemets klimatkonsekvenser behöver beaktas i det fortsatta klimatarbetet, där en genomgripande förändring måste ske inom samtliga sektorer för att uppnå klimatmålet (Ulrich Hoffman, FN organet UNCTAD sekretariat 2013)[19]. Motsvarande beräkning kan göras för svenskt vidkommande. Avskogningens emissioner av växthusgaser har enligt senaste beräkningarna minskat från 17 till 12 % [20]. Med beaktande av detta och senast tillgänglig data fram till 2012 (Naturvårdsverket, 2015) uppgår, enligt författarens beräkningar, matens andel av den svenska konsumtionens klimatbelastning till drygt 40 % (figur 13).

Emissionerna av växthusgaser är ytterligare något högre till följd av den fortsatta markförstöring och nedbrytning av humuskapitalet som sker i delar av världen där ensidig odling sker av ettåriga och radhackade grödor. Detta gäller i spannmålsdominerade områden även i Sverige. Utsläpp orsakade av direkt eller indirekt av förändrad markanvändning anses svåra att beräkna och det finns här inga standardiserade beräkningsmetoder. Det utlämnas därför ofta, vilket då leder till en felaktig bild och felaktiga beslut när olika alternativ jämförs.



Figur 13. Maten står för över 40 % av den svenska konsumtionens klimatbelastning.

[18] www.grain .org.articles.
[19] Grain. 2013. Commentary IV: Food, climate change and healthy soils: the forgotten link. In: U. Hoffman (ed.) Trade and Environment Review 2013: Wake Up Before It Is Too Late. Make Agriculture Truly Sustainable Now for Food Security in a Changing Climate. United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD).
[20] WRI, World GHG Emissions Flow Chart, http://tinyurl.com/2fmebe, http://tinyurl.com/2fmebe

Vallodlingens betydelse för att balansera klimatet

I sammanställningar av jordbrukets och matens belastning på klimatet ingår som en betydande post emissionerna av metangas från de idisslande djuren. Det leder ofta till att kött från icke idisslande djur betraktas som mindre skadlig för klimatet. Då har man ej beaktat den klimatkompensatoriska effekten av vallodlingen som producerar idisslarnas foder. I själva verket är vallodlingen helt nödvändig för att både balansera klimatet och säkra våra odlingsjordars framtida produktionsförmåga.

Sveriges vallareal (åker bevuxen med flerårigt gräs, klöver eller lusern) kompenserar för huvuddelen av den nettonedbrytning av humuskapitalet som odling av spannmål och andra ettåriga växtprodukter leder till. Tack vare vallodlingen upprätthålls det viktiga humuskapitalet (markens organiska substans), som långsiktigt är nödvändigt för vår livsmedelsförsörjning. En vall med en svensk medelskörd på 7000 kg per ha motsvarar en biomassaproduktion på 11 ton torrsubstans per ha inklusive rotbiomassan. Den angivna skördenivån motsvarar också skördenivån i ekologisk odling under mellansvenska förhållanden. Den fleråriga vallodlingen kompenserar för den genomsnittliga årliga nedbrytningen (den s.k. mineraliseringen) av ca 1 % per år av åkermarkens humuskapital

Vallodlingen tillför mer s.k. mullråämnen än vad som förbrukas genom markens mineralisering. För övriga grödor är det omvända förhållanden, mer organisk substans bryts ned än vad skörderesterna kan kompensera för. De långliggande svenska bördighetsförsöken visar hur mullhalterna sjunker i kreatursfri odling utan vallodling. Marken förlorar årligen 200 kg kol per ha motsvarande 720 kg koldioxidekvivalenter. Detta minskar skördarna i konventionell odling och kan ej kompenseras genom ökande givor av mineralgödsel ett problem som har blivit påtaglig runt om i världen. Dålig markstruktur och varierande skördar ger därutöver ökande miljöproblem både vad gäller avrinning av kväve och fosfor[21].

En ekologisk förstaårsvall binder i storleksordningen 5 ton kol och 200 kg kväve per ha ur atmosfären. Cirka 35 % av den till marken tillförda organiska substansen omformas till markhumus[22]. Detta sker dels direkt genom nedbrukade skörderester, och dels indirekt via från fälten skördat vallfoder som via djuren blir till marken återförd gödsel inom loppet av en växtföljd. Exempel på humusbildningen via den direkta återföringen (SOMF CR) och återföringen via djurens gödsel (SOMF FYM) för tre kategorier idisslare (mjölkkor, köttdjur och får) återges här i *figur 14*. Denna kolbindning (carbon sink) räknat i koldioxidekvivalenter (CO_2 eq) är större än de emissioner av den starka växthusgasen metan (CH_4) som avges från idisslarnas ämnesomsättning och gödsel. Här är inte inräknat de inte alltid fullt utnyttjade arealer med beten och ej fullt utnyttjade vallarealer som finns i samband med djurhållningen i jordbruket.

[21] Bertilsson, G. 2010. Mat, klimat och miljö. www.greengard.se. Recito Förlag AB

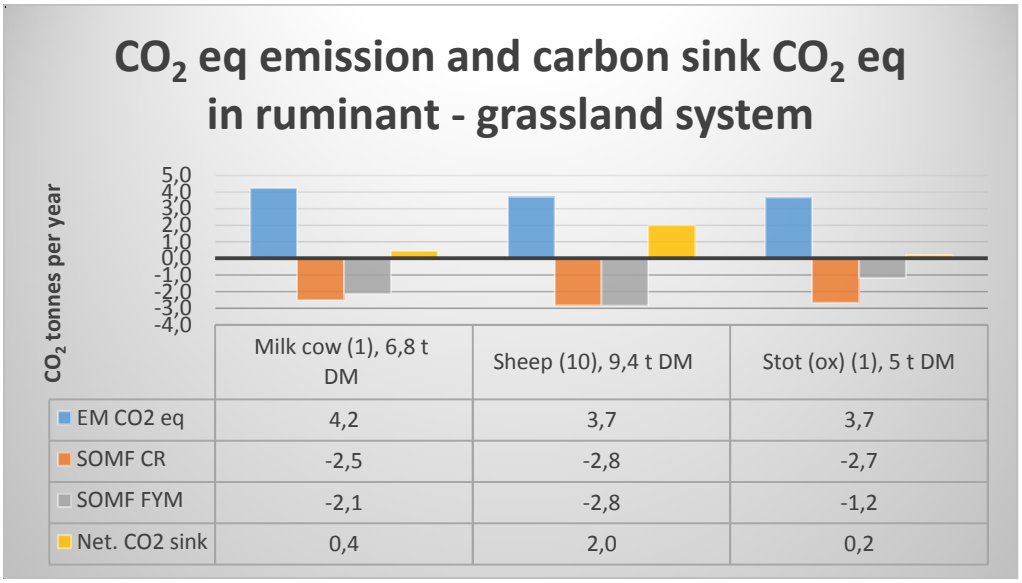
[22] Granstedt, A & L-Baeckström, G. 1998. Studier av vallens förfruktsvärde i ekologisk odling, Ekologiskt Lantbruk 25, SLU; Granstedt, A., and GL-Baeckström, G. 2000. Studies of the preceding crop effect of ley in ecological agriculture. American Journal of Alternative Agriculture, vol. 15, no. 2, pages 68–78. Washington University.

De idisslande djuren har den stora förmågan att förvandla de för människan ej ätliga vallfoderväxterna till högvärdig näring i form av kött och mjölk. Vallväxterna är samtidigt nödvändiga för markens regenerering (återskapande) och vidmakthåller den biologiska mångfalden och kulturlandskapet. Figur 55 i boken Morgondagens Jordbruk[23] visar hur det i en femårig växtföljd med tre år vall samt från denna återförd stallgödsel i genomsnitt sker en mullhaltsökning motsvarande 1,5 ton koldioxidekvivalenter per ha och år (kolsänka). Utan vall och stallgödsel skulle det ske en mullhaltsminskning motsvarande mellan 500 och 1000 kg koldioxidekvivalenter per ha och år. Mot denna bakgrund är det fel att räkna in metangasemissionerna från idisslarna utan att då också redovisa vallgrödornas humusuppbyggnad.

Grovfoderbaserad nötköttsproduktion och mjölkkor behövs för att rädda klimatet

Det var idisslarna som en gång möjliggjorde kolonialiseringen och framväxten av mänsklig kultur i Norden. Då var det den kultiverade ängsarealen som gjorde det möjligt med den ”idisslande djurhållningen” som gav mjölk, kött och framförallt den gödsel som gödde åkertegarna och som möjliggjorde tärande grödor som brödsäd och rovor. Senare var det den tidigare beskrivna organiserade vallodlingen kvävefixerande vallbaljväxter som genom integreringen med djurhållningen klarade befolkningsökningen under 1800-talet. Kretsloppen av växtnäring och mullråämnen gjorde detta möjligt. Kombinationen av vallskörderester och den i djurens magar (vommen) omsatta vallbiomassan i form av gödsel gynnar den nödvändiga uppbyggnaden av mullhalten och markens bördighetsegenskaper som också långsiktigt verkar skördebefrämjande såsom framgår av ett flertal unika långligande bördighetsstudier inom ekologiskt jordbruk i Europa och Nordamerika[24 25]Det är också sambandet mellan betesdjuren, vallodling och gräsmarker som utgör grundelement i den s.k. holistisk betesdrift och odling som introducerats av Allan Savory, men som bemötts med en antagligen helt berättigad kritik som följd av starka påståenden med bristande vetenskaplig grund vad gäller hur man här anser sig kunna möta klimatkrisen på global nivå[26]. Spannmålsbaserad produktion av animalieprodukter konkurrerar med odlingsytor för matgrödor för direkt humankonsumtion och driver fram ytterligare avskogning för foderproduktion. Detta gäller både för enkelmagagade djur och de former av mjölk och nöttköttsproduktion som bedrivs i dag med stora insatser av kraftfoder som soja protein och palmolja. Med den vetskapen kan man inse att storskalig köttproduktion baserat på spannmål och koncentrerade fodermedel baserad på soja och palmolja är ett långsiktigt hot mot klimatet och den globala matförsörjningen till motsats mot huvudsakligen grovfoderbaserad kött och mjölkproduktion. Svin, kyckling och äggproduktion har sitt berättigande i att ta vara rester från livsmedelsindustri, hushåll och från jordbruket som foder mer lämpade utklassade produkter och som en möjlighet att nyttiggöra en del av det matsvinn som måste minskas

[23]Granstedt, A. 2012. Morgondagens jordbruk. Södertörns Högskola. Comrec Studies in environment and Development. No 6.
[24] Raupp, Joachim, Carola Pekrun, Meike Oltmanns, Ulrich Köpke (Eds.)(2006): Long Term Field Experiments in Organic Farming. ISOFAR Scientific Series No 1. Verlag Dr. Köster, Berlin, Germany. ISBN-Nr. 3-89574-590-1
[25]Kjellenberg, L., Granstedt, A. 2005: The K-trial. A 33-yeras study of the connections between manuring, soils and crops. Biodynamic Research Institute, Järna. (www.jdb.se/sbfi/publ/k-trial.pdf)
[26] Maria Nordborg , 2015. Allan Savory och holistiskt bete, – en kritisk granskning. Avdelningen för fysisk resursteori, Institutionen för energi och miljö Chalmers tekniska högskola. FRT-rapport nr 2015:01

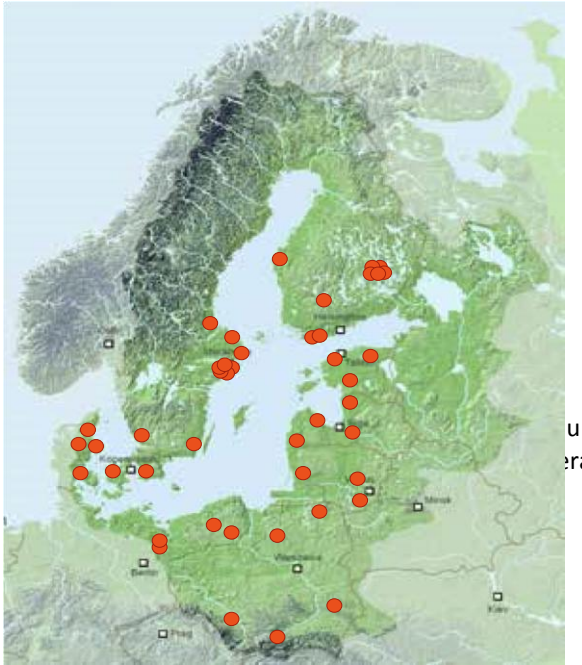


	Milk cow (1), 6,8 t DM	Sheep (10), 9,4 t DM	Stot (ox) (1), 5 t DM
EM CO2 eq	4,2	3,7	3,7
SOMF CR	-2,5	-2,8	-2,7
SOMF FYM	-2,1	-2,8	-1,2
Net. CO2 sink	0,4	2,0	0,2

Figur 14 . Exempel på emissioner från idisslare (ruminant) och humusbildningen räknat i koldioxidekvivalenter (CO_2 eq) via den direkta återförseln av skörderester och rötter (SOMF CR) och indirekt från den skördade vallen via djurens gödsel (SOMF FYM) för tre kategorier idisslare: mjölkkor, köttdjur och får med till respektive djurslag angina fodermängder i form av torrsubstans (DM)[27]. Denna kolbindning (carbon sink) räknat i koldioxidekvivalenter är större än de emissioner av den starka växthusgasen metan (CH_4) räknat i koldioxidekvivalenter än som avges från idisslarnas ämnesomsättning och gödsel (Granstedt, 2015).

Hur målen kan förverkligas – utvärdering av ekologiska kretsloppsgårdar.

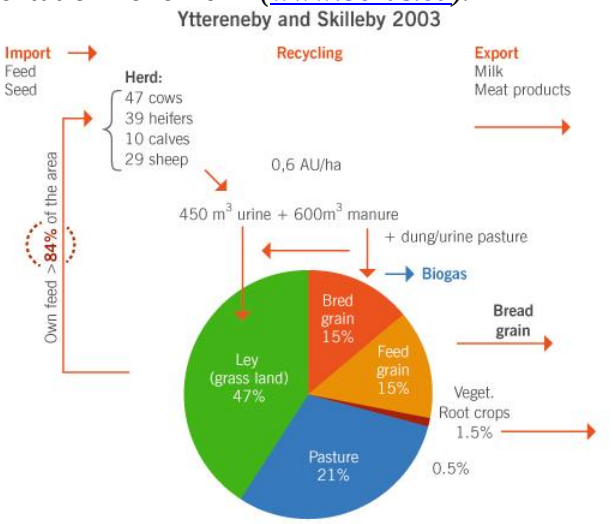
År 2003 startade det av EU delfinansierade projektet BERAS (Baltic Ecological Recycling Agriculture and Society) som omfattade samtliga åtta EU-länder runt Östersjön. I denna studie gjordes jämförelser mellan dagens konventionella jordbruk och vad som definierades som ekologiskt kretsloppsjordbruk och på engelska kallas *Ecological Recycling Agriculture* (*ERA*) med en mer grovfoderinriktad djurhållning anpassad till gårdens egen foderproduktion. I projektet ingick 48 typgårdar fördelade mellan de åtta EU-länderna runt Östersjön, utvalda så att de representerade de olika odlingsförhållanden som gäller inom respektive område (Figur 15). Projektet pågick under tre år (2003–2006) och var koordinerat från Biodynamiska forskningsinstitutet i Järna.



uktionens inverkan på biologisk mångfald och klimat – erade system. Redaktör Ståhlberg, D. Jordbruksverket.

Totalt 50 forskare medverkade från universitet och forskningsinstitutioner i de olika länderna. I ett jordbruk enligt ekologiska grundprinciper är man självförsörjande med såväl eget foder som egen gödsel. Det möjliggörs genom att varje gård (eller gårdar i samverkan) inte har mer djur än vad som kan försörjas med egenproducerat foder. Mellan 60 och 90 procent av all växtnäring som grödorna tar upp, kommer här tillbaka till marken genom djurens gödsel. Det kväve som behövs tillförs genom odling av kväve fixerande baljväxter.

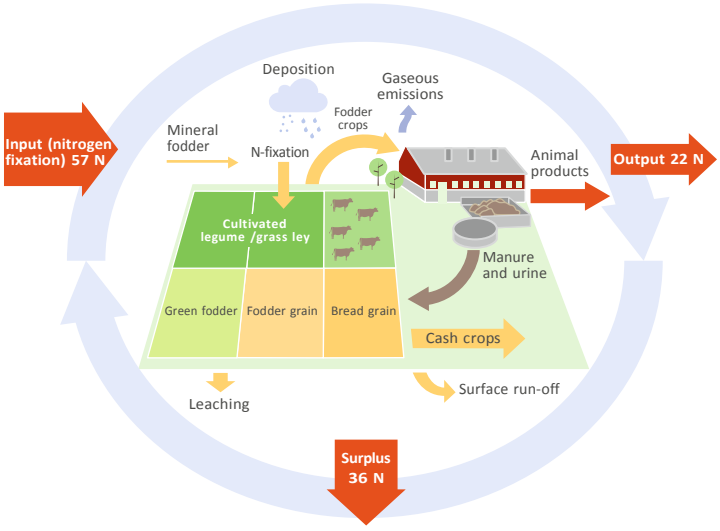
Figur 15.Karta utvisande lokaliseringen av de 48 typgårdarna i EU-projektet BERAS 2003–2006 i Sverige, Finland, Estland, Lettland, Litauen och Polen, en mindre del av Tyskland som ingår i avvattningsområdet, samt Danmark. Även en del av Ryssland med enklaven Kaliningrad ingår i avvattningsområdet. Projektet fick sedan sin fortsättning i EU-projeket BERAS implementation 2010-2014 (www.beras.eu).



Arable land	ha		Crop rotation	
Crop rotation	106	Year	1	Spring cereals + insowing
Pasture	29		2	Ley 1
Vegetable -			3	Ley II
root croops	2		4	Ley III
Total	**137**		5	Winter cereals
Natural pasture	25			

Figur 16a. Exempel på en ekologisk kretsloppsgård självförsörjande på foder och gödsel och med avsalu av både växtodlingsprodukter och animalieprodukter och där gårdens egen gödsel rötas till biogas.

Gårdsexemplet i figur 16a visar fördelningen av grödor på den biodynamiska försöksgården Skilleby- Yttereneby som var representativ för genomsnittet av de 48 ekologiska kretsloppsgårdarna i BERAS-projektet. Som synes åtgår så mycket som 84 % av odlingsarealen för odling av foder till det antal djur (0,7 djurenheter per ha) som anpassats till gårdens foderproduktion (47 mjölkkor, 39 ungdjur, 10 kalvar och 29 får år 2003). Den återstående arealen är avsalugrödor som brödsäd, potatis och en mindre del grönsaker som motsvarar genomsnittet vad som odlas i landet. Arealfördelningen motsvarar dagens konsumtion, där animalieprodukter står för en större del av proteinförsörjningen. Principiell beskrivning av näringsflöden framgår av figur 16b.



Figur 16b. Förenklad principbild av den ekologiska kretsloppsgården: Liten tillförsel av externa energikrävande resurser och maximal återanvändning av växtnäringen (recirkulering) ger minsta möjliga förluster. Det förverkligas genom en anpassning av djurhållningen till den egna foderproduktionen och en baljväxtbaserad vallodling i växtföljden. Det resulterar i ett 50 % lägre kväveöverskott och 70–75 % lägre kväveläckage än i det genomsnittliga konventionella jordbruket. För fosfor finns inget överskott, värdet är negativt vilket långsiktigt synes kompenseras av vittringsprocesser i marken. Den högre andelen vall bidrar ytterligare till minskning av läckageförlusterna samt uppbyggnad av markens humusförråd som också binder kol i marken (kolsänka).

Metoder och resultat finns redovisade i sju rapporter, utgivna vid Sveriges Lantbruksuniversitet[28] samt i vetenskapliga internationella tidskriftsartiklar[29]. Som grund för projektet ligger de ekologiska grundprinciper som beskrivits i inledningen: flödande energi från solen, kretslopp och den biologiska mångfalden. Mat och andra nyttigheter produceras i tillräcklig mängd och av hög kvalitet och på ett sådant sätt att grundläggande ekologiska principer inte sätts ur spel. I ett jordbruk enligt ekologiska grundprinciper är man självförsörjande med såväl eget foder som egen gödsel. Det möjliggörs genom att varje gård (eller gårdar i samverkan) inte har mer djur än vad som kan försörjas med egenproducerat foder. Mellan 60 och 90 procent av all växtnäring som grödorna tar upp, kommer här tillbaka till marken genom djurens gödsel. Det kväve som behövs tillförs genom odling av kväve fixerande baljväxter.

Energiförsörjningen – mindre externa resurser och mer förnyelsebart

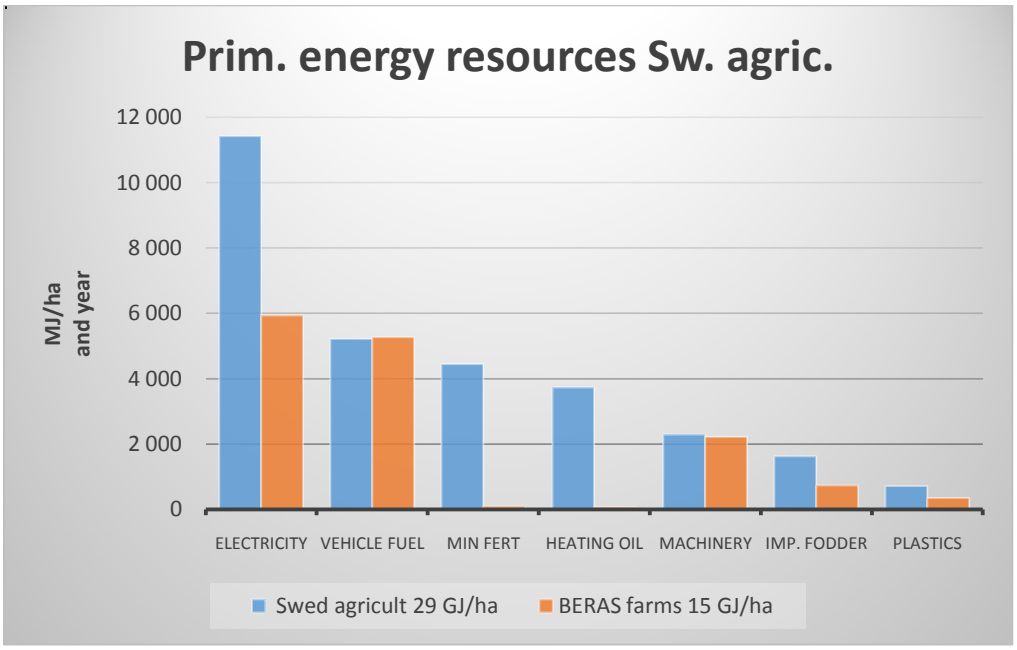
Jordbrukets centrala roll, att med solljusets hjälp nyskapa resurser kan återställas, men utan att gå tillbaka till det arbetstyngda jordbruket för 100 år sedan. Den jämförande utvärderingen av de ekologiska kretsloppsgårdarna inom BERAS-projektet visade detta (figur 17).

[28] Baltic Ecological Recycling Agriculture and Society (BERAS) Executive Summary. http://www.jdb.se/beras/print.asp?page=22

[29] BERAS-international, publikationer www.beras.eu

Energianvändningen på BERAS-gårdarna var i genomsnitt 50 % lägre än i det genomsnittliga svenska jordbruket, spridningen är naturligtvis stor mellan gårdarna med olika driftsinriktning[30]. Energianvändning som el och brännolja blir naturligtvis lägre på ekologiska gårdar med mindre svin och kycklingproduktion som kräver uppvärmning av byggnader. Att inte använda fossil energi för framställning av konstgödsel är emellertid också en avgörande skillnad liksom också mindre inköp av foder. Här är det fotosyntesen som svarar för den energi som krävs att binda luftkvävet till en växttillgänglig form hos baljväxterna. Fördelningen av djuren med högre grad självförsörjning med foder minskar inte bara växtnäringsöverskott utan spar också på extern energi.

Maskinavändningen baserad på fossil energi är den svaga punkten i dagens ekologiska jordbruk även om det finns de som förespråkar återgång till levande dragdjur så som man av yttre skäl varit tvungen att göra i ett land som Kuba. Men det finns intressanta exempel på hästdrift under våra förhållanden. Dragdjuren har också stor betydelse i jordbruket i övriga delar av världen. Här finns dock teknologiska lösningar så som kunnat visas med den biogasanläggning som byggdes på försöksgården Skilleby-Yttereneby i Järna[31]. En övergång till alltmer förnyelsebara energikällor för såväl elförsörjning och uppvärmning är nu på stark fram mars inom hela jordbruket oberoende av driftsinriktning och vilka odlingsmetoder som användes.



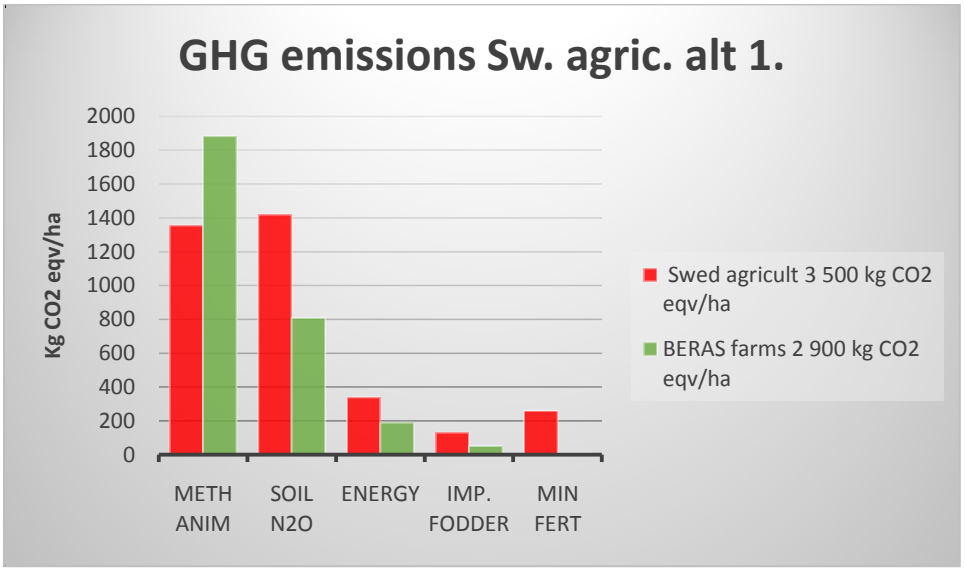
Figur 17. Energianvändningen visade sig vara nästan hälften så stor i genomsnitt på de 12 svenska BERAS-gårdarna jämfört med det genomsnittliga Svenska jordbruket. Maskinanvändningen baserad på fossil energi är den svaga punkten i dagens ekologiska jordbruk.

Emissionerna av växthusgaser i ett ekologiskt kretsloppsjordbruk

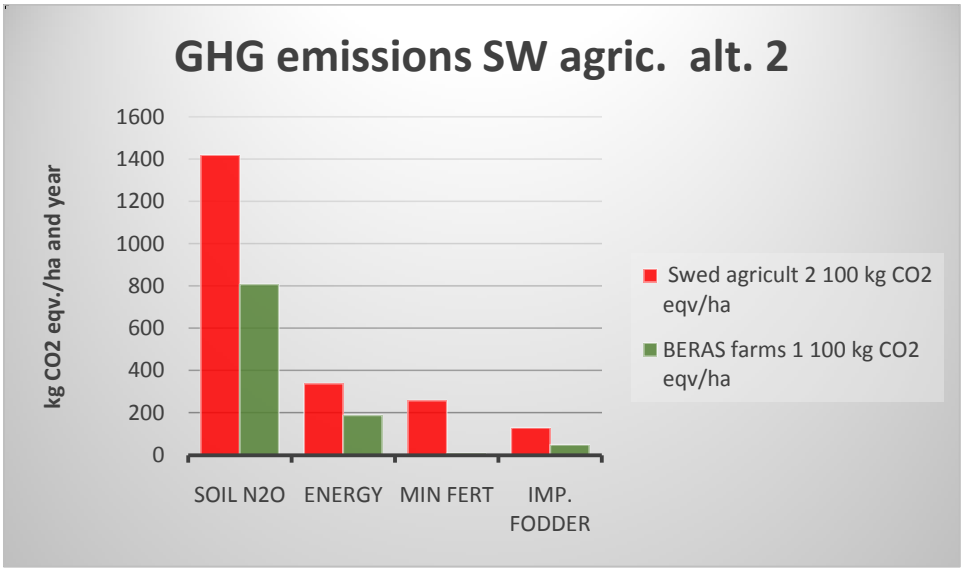
[30] Thomsson, O. and Wallgren Ch. 2005. Global Warming and Fossil energy use. In Granstedt, Thomsson and Schneider. Environmental Impacts of Eco Local Food Systems. Beras report 5. CUL.SLU.

1. [31] Schäfer, Winfried, Granstedt, A. and Evers, L., 2005. Biogas plant in Järna. Org eprints.org/7041; Nutrient balance of a two-phase solid manure biogas plant *www.vaxteko.nu/html/sll/njf/.../NUR05-02I.PDF*

Jämförelserna i *figur 18 a* visar ca 20 % lägre emissioner av växthusgaser från de ekologiska BERAS-gårdarna jämfört med det genomsnittliga värdet för det konventionella jordbruket (här har de i rapporten ursprungliga värdena reviderats och uppräknats vad gäller emissionerna från mark av N_2O). Beaktas emellertid vallgrödornas och de idisslande djurens betydelse för upprätthållande av markens mullförråd och funktion som s.k. kolsänka är det *figur 18 b* som gäller med ca 50 % lägre emissioner av växthusgaser Detta är också i enlighet med vad som anförts i boken Morgondagens jordbruk (Granstedt, 2012). Beaktas även den avskogning som är en följd av dagens livsmedelsproduktion med import av blir skillnaden ännu större.



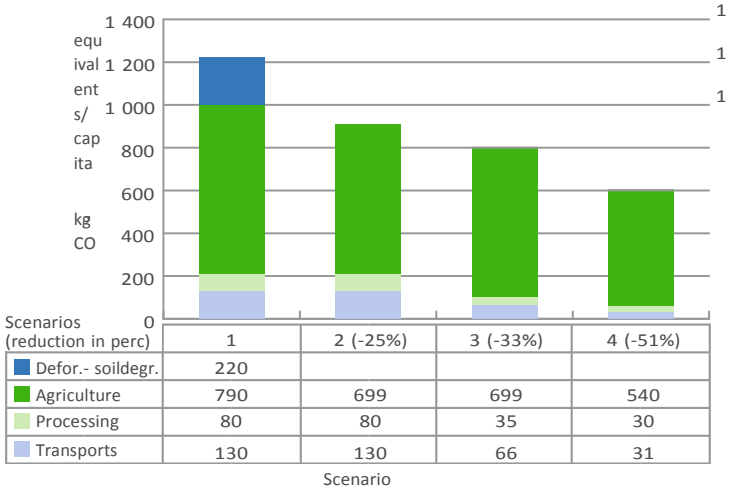
Figur 18a. Beräknade genomsnittliga emissioner av växthusgaser i Svenskt jordbruk jämfört med resultaten från Svenska BBERAS-gårdar 2002-2005 inklusive emissioner av metangas från idisslare (Bearbetning från Thomsson och Wallgren, 2005).



Figur 18b. Beräknade genomsnittliga emissioner av växthusgaser i Svenskt jordbruk jämfört med resultaten från Svenska BERAS-gårdar 2002-2005 exklusive emissioner av metangas från idisslare (Bearbetning från Thomsson och Wallgren, 2005).

Scenarier för framtiden - odla och äta så vi når klimatmålet

Baserat på resultaten från BERAS-projektets typgårdar (produktion och inköp av förnödenheter), dokumentationen av de regionala förädlingsverksamheterna [32] och dokumentation av matinköpen hos konsumenter i Järnaregionen gjordes fyra scenarios[33]. Resultaten framgår av *figur 19* där ett tillägg gjorts för en del av effekten av den avskogning som importerade fodermedel leder till. Här har inte medräknats den humusuppbyggnad kolbindning i marken (carbon sink) som påvisats i jämförande långliggande fältförsök med ekologisk odling såväl här i Sverige och i ett antal övriga länder[34].



Figur 19. Beräknade genomsnittliga emissioner av växthusgaser vid fyra scenarios: Emissioner av växthusgaser (koldioxidekvivalenter) per år från svenskt jordbruk, förädling och från transporter beräknat per capita vid dagens genomsnittliga konsumtion av jordbrukets basprodukter (scenario 1), vid konsumtion av produkter från BERAS-projektets typgårdar (scenario 2), vid konsumtion av huvudsakligen lokalproducerad mat från BERAS-gårdar (scenario 3) och vid huvudsakligen laktovegetarisk konsumtion från BERAS-gårdar (scenario 4). (Källa: Bearbetning av resultat från Thomsson, Wallgren och Granstedt, 2005.

Från dessa scenarios har en sammanställning gjorts för en tänkbar förändringsprocess där även den i Järna dokumenterade årliga uppbyggnaden av markens humusförråd beaktats *(figur 20)*. Här har även gödselbaserad biogas på gårdsnivå medtagits som ett viktigt steg på vägen.

---

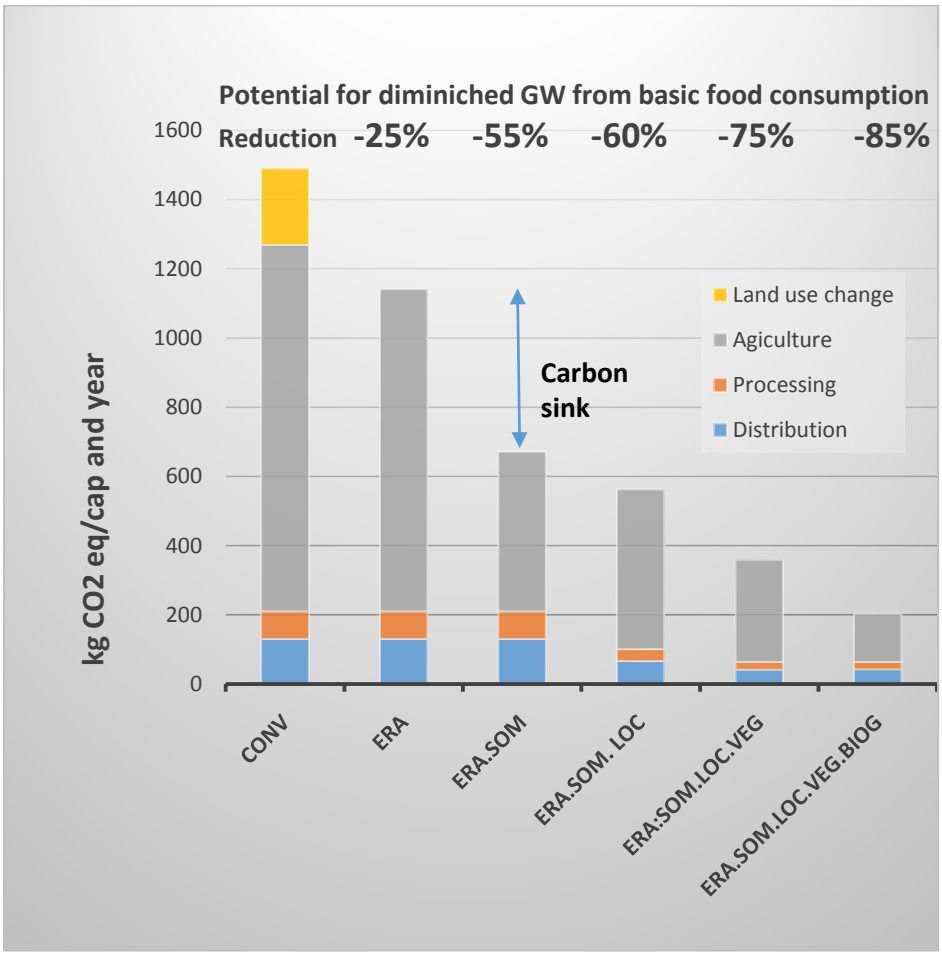
[32] Wallgren, C. 2008. Food in the future. Licentiatavhandling. KTH. Stockholm.

[33] Larsson, M., Granstedt, A. and Thomsson, O. 2011**.** Sustainable Food System –Targeting Production Methods, Distribution or Food Basket Content? InTech - Organic Food and Agriculture / Book 1.

[34]Granstedt, A. & Kjellenberg, L. 2008. Organic and biodynamic cultivation – a possible way of increasing humus capital, improving soil fertility and be a significant carbon sink in Nordic conditions. The Second Scientific ISOFAR Conference in Modena 18-20 June 2008.

Övergången till den här dokumenterade mer laktovegetariska kosten innebär att den matproducerande åkerarealen skulle kunna minska från dagens ca 4000 kvadratmeter peson till 2000 kvadratmeter och detta baserat på lokala och förnyelsebara resurser.

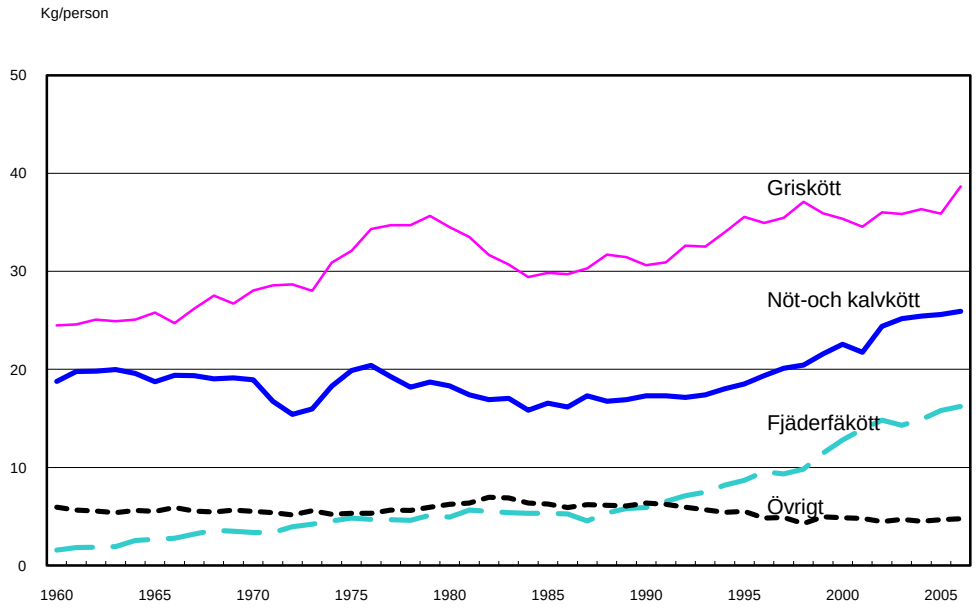
Denna sammanställning visar det genomgripande förändring som behövs med omställning av hela jordbruket och genom hela livsmedelskedjan och i vår konsumtion för att uppnå klimatmålet inom matsektorn.



Figur 20. Framtidsscenarier baserat på resultat från BERAS-projektet med hänsyn till möjliga förändringar vad gäller markanvändning, jordbruk, förädling och distribution: Mat från ekologiska kretsloppsgårdar (ERA) skulle med hela produktionskedjan kunna minska klimatbelastningen med cirka -25 %. Beaktas också uppbyggnaden av markens organiska substans (ERA.SOM) påvisbar efter minst ett växtföljdsomlopp så minskar klimatbelastning med -55 %. Lokal förädling och distribution (ERA.SOM.LOC) minskar klimatbelastning ytterligare till -60 %-. Med också mer vegetarisk och nästan enbart grovfoderbaserad kött- och mjölkproduktkonsumtion (ERA.SOM.LOC.VEG.BIOG) minskar belastningen med -75 % och med produktion av gårdsbaserad biogas som drivmedel på gårdens egen gödsel minskar klimatbelastningen me -85 % (Granstedt, 2012). I det sista stegen halveras också erfodreliga åkerareal per capita.

Hur kommer vi dit?

En omläggning av hela det Svenskt jordbruket till steg 1 och 2 skulle innebära en ökning av den totala odlingsarealen som knappast är realistiskt i dag inom landet utan som förutsätter import som i dagens konventionella jordbruk. Vallarealen skulle öka från dagens 45 % av åkerarealen till drygt 60 % då vall med klöver eller lucern måste ingå med ca 35 % även i slättbygdsområdena i Götaland södra slättbygder (Gss), Götalands nora slättbygder (Gss) och Svealands slättbygder (Ss) där en övervägande stor andel av jordbruken nu drivs helt utan vallodling.[35] . En bibehållen köttkonsumtion på dagens nivå men med en till den ökande andelen vall anpassad högre andel nötkött skulle innebära en odlingsareal på 3,6 millioner ha motsvarande 0, 37 ha per capita. Mer realistiskt och önskvärt vore en samtidig minskning av köttkonsumtionen mot den nivå som ännu rådde på 1960 talet (*figur 21*).



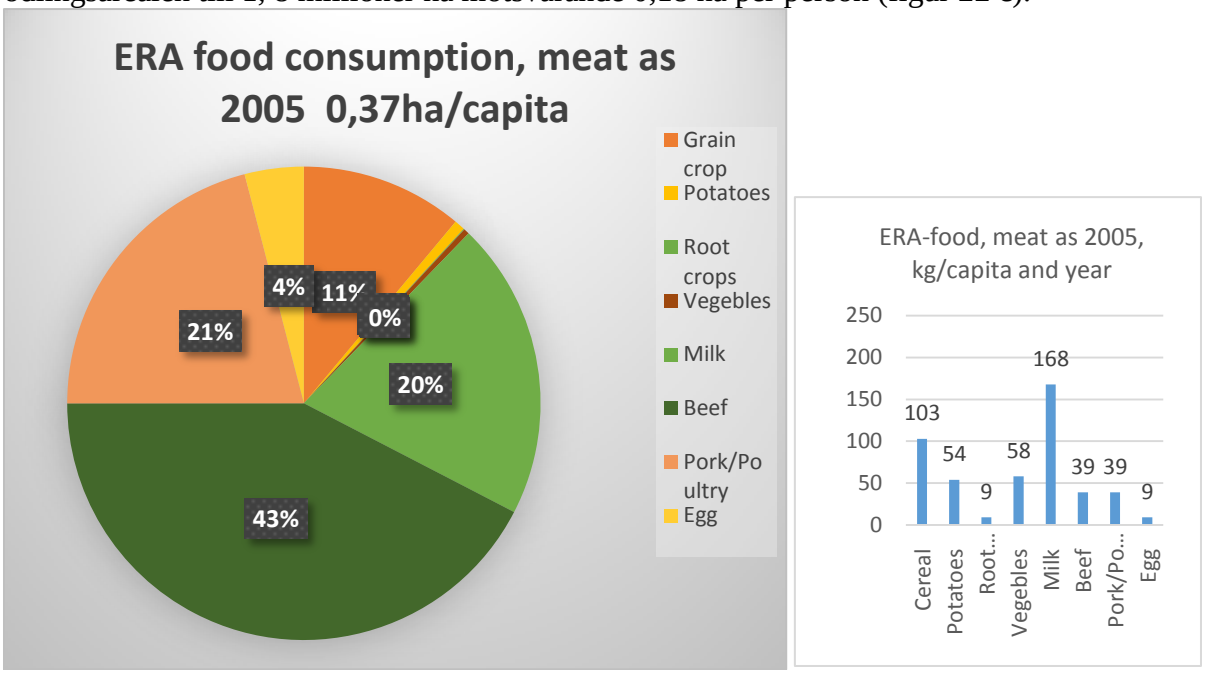
Källa: Jordbruksverkets konsumtionsberäkningar

Figur 21. Totalkonsumtion av kött, kg per person och år 1960 – 2010.

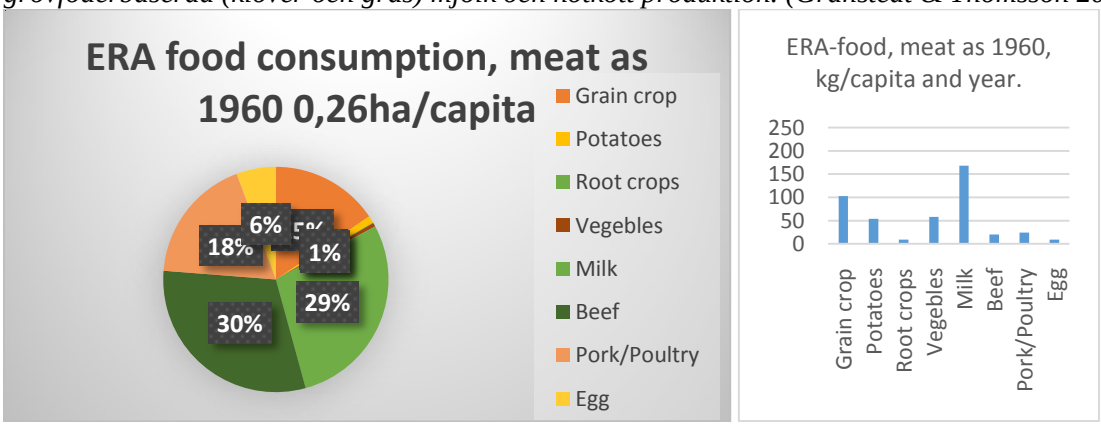
Från att i början av 1960-talet legat på drygt 50 kg kött per person och år har konsumtionen 2006 ökat till 86 kg kött per person och år. Detta innebär att köttkonsumtionen har ökat med drygt 70 procent och förutsätter en import av både kött och fodermedel till den inhemska konsumtionen även i det ekologiska alternativet (*figur 22 a*). En konsumtion på 20 kg nötkött och 24 kg gris och fjäderfäkött motsvarande 1960 talets nivå skulle innebära självförsörjning med mat från ett ekologiskt kretsloppsjordbruk baserat på lokala och förnyelsebara resurser i enlighet med steg 2 och arealfördelningen i alternativ 2 (*figur 22 b*).

[35]Jordbruksstatistisk årsbok, 2014, SCB,

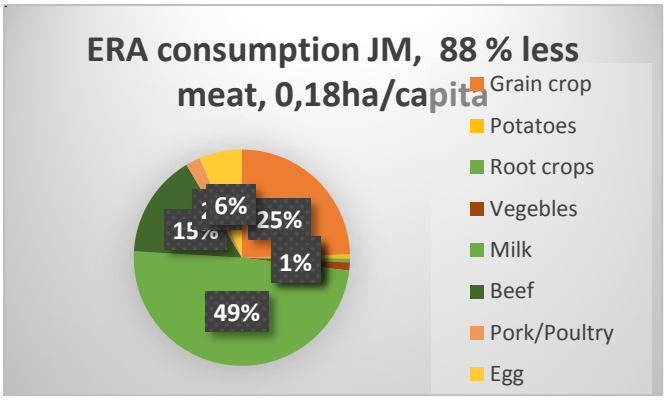
För att uppnå klimatmålet inom livsmedelsområdet behövs emellertid en ännu mer genomgripande omläggning av vår kost och även ett helt fossilfritt jordbruk såsom angetts i de båda sista stegen 4 och 5 i figur 20. Arealfördelningen vid en minskning av köttkonsumtionen med 88 % enligt figur 22 c innebär också en minskning av den behövliga odlingsarealen till 1, 8 millioner ha motsvarande 0,18 ha per person (figur 22 c).

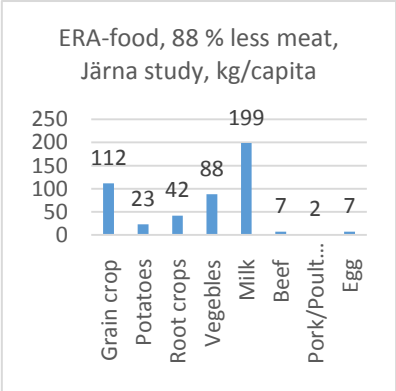


Figur 22a. Scenarios 1. Arealfördelning matproduktion från ekologiska kretsloppsgårdar, dagens konsumtion förändrad till växtföljder med vall på all åkermark och därmed mer nötkött och motsvarande mindre mängd kött från fjäderfä och gris. Gröna sektorer är vallodling för en grovfoderbaserad (klöver och gräs) mjölk och nötkött produktion. (Granstedt & Thomsson 2005)



Figur 22b. Scenario 2. Arealfördelning vid ekologisk livsmedelsproduktion motsvarar konsumtionen av kött år 1960 . En grovfoderbaserad mjölk och nötköttsproduktion skulle innebära 59 % vallodling och växtföljder med minst en tredjedel vall på all åkermark (Granstedt, 2015)



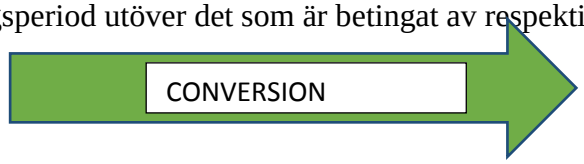


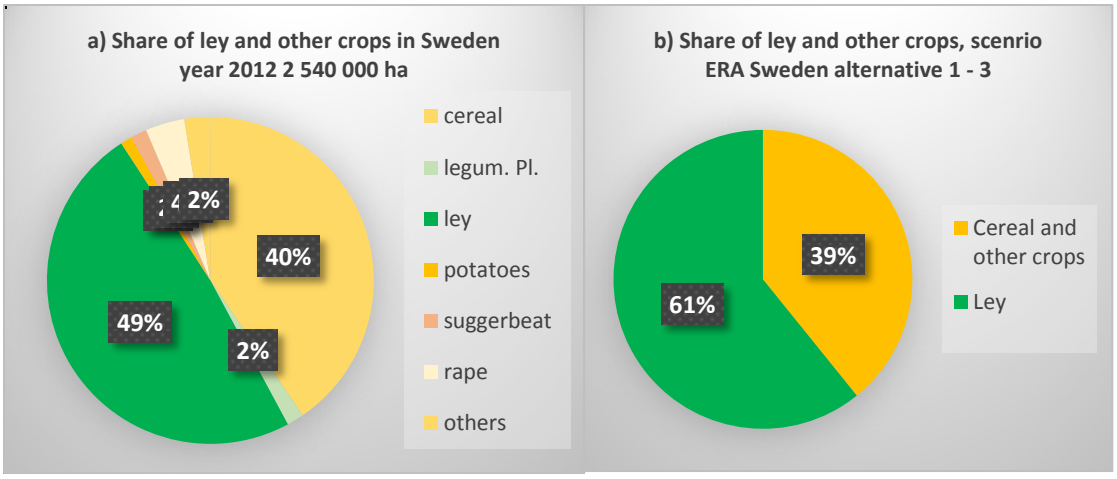
Figur 22c. Scenario 3. Arealfördelning vid en omläggning till ett ekologiskt kretsloppsjordbruk vid en minskning av köttkonsumtionen med 88 % motsvarande en konsumtionsstudie i Järna med 15 familjer 2004 (Granstedt and Thomsson, 2005).

Följande typväxtföljder har legat till grund för beräkningarna för Sveriges åtta produktionsområden:

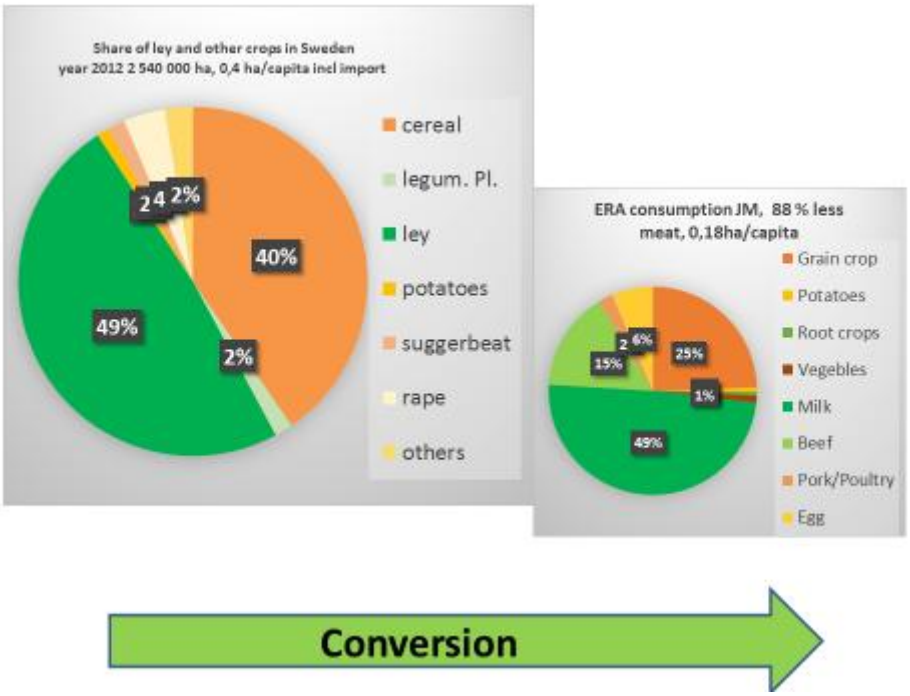
Gss, Gns			Ss			Gmb, Gsk, Ssk			Nn, Nö
vall			vall			vall			vall
vall			vall			vall			vall
stråsäd			vall			vall			vall
stråsäd			stråsäd			stråsäd			stråsäd
ärter/bönor/potatis/övrigt			ärter/bönor/potatis/övrigt			ärter/bönor/potatis/övrigt			Grönfoder
stråsäd med insådd			Stråsäd med insådd			Grönfoder med insådd			*bete*
			bete			*bete*			

För produktionsområden som Götalands södra slättbygder (totalt 33 000 ha) innebär det nästan en fördubbling av andelen vall från dagens 16 % av arealen till minst 33 % samt en jämnare fördelning av denna areal mellan gårdarna för att klara självförsörjningen med kväve med hjälp av den symbiotiska kvävefixeringen och därmed också få en återuppbyggnad av humushalterna och markens bördighetsegenskaper. I Sveralands slättbygder (Ss med totalt 540 000) med också en del blandjordbruk skulle vallarealen behöva öka med drygt 30 %. I de nordliga produktionsområdena nedre Norrland (Nn) och östra Norrland (Nö) är vallodlingen redan dominerande men behöver brytas med ny insådder i stråsäd. Tillämpningen av dessa växtföljder ger en arealfördelning som totalt för hela landet innebär en ökning av vallarealen från dagens 49 % av åkerarealen till minst 61 % av åkerarealen (figur 23a och 23b). Detta ger också en betydande total ökning av humus kapitalet (*Soil Organic Matterer, SOM*) och som innebär en betydande ökning av mängden organiskt kol på över 500 000 ha åkermark under en längre omställningsperiod utöver det som är betingat av respektive odlingssystem.





Figur 23 a och b. En omläggning av hela landets jordbruk (a) till ekologiskt kretsloppsjordbruk (b) med minst en tredjedel vall på alla gårdar (även på slättbygderna) skulle innebära en ökning av vallarealen med över 500 000 ha och en betydande årlig ökning av det organiskt bundna kolförrådet i marken (carbon sink) under en längre omställningsperiod.



Figur 24. En omläggning av hela landets jordbruk till ekologiskt kretsloppsjordbruk och en radikal kostomläggning enligt steg 4 och 5 i figur 20 skulle minska klimatbelastningen från maten med 75 respektive 85 % i enlighet med klimatmålet och halvera den erforderliga produktionsarealen till världsgenomsnittet, minder än 2000 kvadratmeter per person.

Sammanfattning

Förenta nationernas klimatkonferens i Paris 2015 **(**COP21**)** kommer äga rum mellan den 30 november och 11 december 2015 i Paris**.** Dörren för klimatmålen håller på att stängas. Världens utsläpp måste börja minska inom några få år för att världen ska klara 2-gradersmålet. Idag växer utsläppen i världen i en takt som motsvarar de värsta scenarierna i den senast IPCC-rapporten från 2014, med förväntade temperaturökningar över 4 grader till år 2100. För att klara 2-gradersmålet måste världen bryta alla trender och prognoser och börja minska de globala utsläppen inom några få år, senast 2020. Här har jordbruket och vår mat en nyckelroll.

Fotosyntes och andning är de två grundläggande processer som gör livet möjligt. Grundproblemet är att det råder en obalans där vi förbränner mer levande, död och fossil organisk substans än vad som åter byggs upp genom fotosyntesen. Det leder till att koldioxidhalten ökar i atmosfären som jämte övriga klimatgaser åstadkommer växthuseffekten och den globala uppvärmningen. Jord- och skogsbruk har här en nyckelroll både som ett hot och en möjlighet att uppnå klimatmålet jämte hur vi i framtiden väljer vår framtida mat.

Beaktas även den globala avskogningen för vilken vi också har ett delansvar så uppgår vår klimatbelastning till närmare 14 ton per capita och år varav maten står för drygt 40 %. Vår klimatbelastning ökar istället för att minska. Det är var och ens konsumtion som avgör, det hjälper då inte hur väl vi lyckas inom det egna landets gränser. En allt större andel av konsumtionens klimatbelastning sker i andra länder till följd av vår ökande import av förnödenheter. Det är den totala belastning som inkluderar emissionerna från matkedjans samtliga led som skulle behöva minska med cirka 80 % till 2050 för att uppnå det s.k. 2-gradersmålet både här och i oviga industriländer i världen.

Det historiska perspektivet kan ge oss kunskaper om hur vi kan möta framtiden. Fram till helt nyligen –ca 100 år sedan - var vi helt beroende av de lokala och förnyelsebara resurserna. Försörjningskris förbyttes till att vi kunde försörja en flerdubblad befolkningsökning under 1800 talet genom med hjälp av förnyelsebara resurser. Införandet av mångsidiga växtföljder med kvävefixerande baljväxtvallar, effektiva näringshushållande kretslopp med djurhållning och växtodling gjorde detta möjligt i en tid då det inte ännu fanns kemiska bekämpningsmededel, konstgödsel och lättillgänglig fossil energi.

Historien lär oss också hur allt förändrades när vi fick billig fossil energi. Jordbruket förändrades på kort tid från att vara grunden för all mänsklig verksamhet ytterst baserad den gröna växten och förnyelsebar solkraft till all självt bli resursförbrukare. Insatsen av huvudsakligen fossilbaserad hjälpenergi är i dag större än energivärdet i jordbrukets produkter. Till detta kommer emissioner av övriga klimatgaser som kväveföreningar och metangas. Alla vet vi att det är resultatet av de ändliga resurser vi nu snabbt förbrukar.

Dagens ekologiska kretsloppsjordbruk, *ecological recycing agriculture* (ERA) innebär inte att man går tillbaka till något förgånget. Här visas hur vi med dagens teknik och kunnande ännu mer effektivt kan utveckla jordbruket och vår livsmedelsförsörjning, men baserat på de grundläggande ekologiska lagbundenheterna som utgör förutsättningar för en uthållig existens på jorden. Det som gäller för framtiden är att med växternas hjälp i samverkan med djur och oss människor väl ta tillvara den flödande energin från solen, hushålla med växtnäringskapitalet genom väl slutna kretslopp och befrämja den biologiska mångfalden i och ovanpå jorden Vallodling med symbiotisk kvävefixerande baljväxter och till denna anpassad djurhållning är av avgörande betydelse för långsiktigt uppbyggande av markens

organiska substans, markens bördighet med dess alla levande organismer och markens kapacitet att binda kol ur atmosfären och bli en s,k. kolsänka (carbon sink).

Avslutningsvis visas olika steg hur vi kan ställa om både vårt jordbruk och vår konsumtion så att klimatmålet kan förvekligas inom livsmedelsområdet. Exempel ges på de typväxtföljder med en mer grovfoderinriktad, jämnare fördelad och integrerad djurhållning som skulle behöva tillämpas i olika delar av landet. Förändringsprocessen för att minska klimatbelastningen med minst 80 % inbegriper omställning av både jordbruket och vår konsumtion där vi skulle behöva kraftfullt minska all köttkonsumtion och särskilt produktion och konsumtion som baseras på spannmål och importerade oljekraftfoder som soja som också behövs för att säkra matförsörjningen åt allt fler människor istället för kycklingfoder.

En omläggning till ett fullt genomfört ekologiskt kretsloppsjordbruk och en radikalt minskad köttkonsumtion (men bibehållen konsumtion av mjölkprodukter) skulle leda till att den matproducerande åkerarealen skulle kunna minska från dagens ca 4000 kvadratmeter per person (inklusive importarealer) till 2000 kvadratmeter och detta baserat på lokala och förnyelsebara resurser (figur 24). En minskning av köttkonsumtionen med över 80 % skulle i det scenariot leda till en huvudsakligen grovfoderbaserad kött och mjölkproduktionen och en upphörd storskalig svin och kycklingproduktion. All gödsel skulle på sin väg till åkern först bidra till att göra jordbruket självförsörjande med energi till sina maskiner genom biogasproduktion.

Köttkonsumtionen har ökat med 70 % sedan 1960. Ett steg på vägen är att minska köttkonsumtion till den nivån som gällde för drygt 50 år sedan. Gode exempel finns. I Södertälje kommun, som ingick i BERAS-projektet och nu verkar vidare i BERAS nätverk, serveras cirka 25 000 måltider om dagen i skolor och åldringsvård med 35 % mindre kött kompenserat av motsvarande mera säsonganpassade till 60 % ekologiska grönsaker och rotfrukter. Här visas hur vi i vårt vardagsliv kan ”klimat-anpassa” såväl vår produktion och konsumtion och i fallet med Södertälje kommun dessutom inom de befintliga kostnadsramarna

För att uppnå klimatmålet och rädda världen behöver jordbruket och våra matvanor ändras i grunden. Inom ramen för Östersjöprojektet BERAS finns nu väl utvärderat hur vi skulle kunna väsentligt bidra till att rädda vårt klimat och vår miljö genom ett ekologiskt kretsloppsjordbruk och därtill anpassad mera laktovegetarisk inriktad kost. Låt oss hoppas att insikten om detta når fram också till dem som skall fatta så avgörande beslut i december i Paris. Men ansvaret ligger också ytterst hos oss själva, våra dagliga val av såväl vad vi väljer när vi inhandlar vår mat som när vi väljer våra politiker som skall fatta för vår framtid så avgörande beslut.

Reviderat manuskript till presentation Almedalen Gotland 1:a juli 2015

Välkomna med synpunkter till

Artur Granstedt

0708 676763 artur.granstedt@ beras.eu