

Kan alléodling i jordbrukslandskapet bidra till att uppnå de svenska miljömålen?

Could alley cropping in the agricultural landscape contribute to reaching the Swedish climate goals?

Carolina Larsson



Självständigt arbete • 15 hp

Trädgårdsingenjör: odling – kandidatprogram

Alnarp 2019

Kan alléodling i jordbrukslandskapet bidra till att uppnå de svenska miljömålen?

Could alley cropping in the agricultural landscape contribute to reaching the Swedish climate goals?

Carolina Larsson

Handledare: Linda-Maria Dimitrova Mårtensson, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Examinator: Sven-Erik Svensson, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i trädgårdsvetenskap, G2E

Kurskod: EX0844

Program/utbildning: Trädgårdsingenjör: odling – kandidatprogram

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2019

Omslagsbild: Kjell Sjelin

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: agroforestry, biologisk mångfald, övergödning, växthusgaser, odlingslandskap, jordbruk, trädgårdsodling, tempererat klimat

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för biosystem och teknologi

Sammanfattning

Miljöproblemen vi som samhälle står inför berör oss alla då maten vi äter påverkas av miljön den produceras i. Likaså påverkas både odlingsmiljön och den omgivande miljön av hur vi odlar maten. Detta arbete syftar till att undersöka ifall alléodling kan bidra till att de svenska miljömålen uppnås och fokuserar på fyra av målen. Alléodlingssystem kan lagra in mer kol än odling utan träd och därmed motverka växthuseffekten mer. Systemet kan med sin förbättrade markstruktur och djupare rotsystem minska övergödning av vattenmiljöer. Det skapar en odlingsmiljö som främjar biologisk mångfald. Och slutligen kan alléodling med sin strukturella variation hjälpa till att utveckla kulturmiljöer samtidigt som en hållbar livsmedelsproduktion sker. Fortsatt forskning behövs för att ta reda på den mest optimala designen av alléodling för att möta olika miljöers förutsättningar i olika delar av Sverige.

Nyckelord: agroforestry, biologisk mångfald, övergödning, växthusgaser, odlingslandskap, jordbruk, trädgårdsodling, tempererat klimat

Abstract

The environmental issues that face us today, as a society, affect us all because the food we eat is affected by the environment it is produced in. And just as much the agriculture- and the surrounding environment is affected by how we farm. This essay aims to examine if alley cropping could contribute to the achievement of Swedish climate goals and focuses on four of them. Alley cropping systems could store more carbon than systems without trees and therefore help mitigate the greenhouse effect. Due to their enhancement of soil structure and deeper root system, alley cropping could reduce eutrophication. It could create an environment in the fields that promotes biodiversity. And finally, alley cropping could help the development of cultural environments while simultaneously maintain a sustainable food production due to contribution of structural variation in the landscape. Further research is needed to investigate and develop alley cropping designs that meet the varied conditions in different parts of Sweden.

Key words: agroforestry, biodiversity, eutrophication, greenhouse gas, agricultural landscape, agriculture, horticulture, temperate climate

Innehållsförteckning

Introduktion	s. 4
Bakgrund	s. 4
Syfte och frågeställning	s. 6
Avgränsning	s. 6
Metod	s. 6
Resultat	s. 6
Agroforestry och alléodling	s. 6
Klimatpåverkan	s. 8
Övergödning	s. 11
Biologisk mångfald	s. 15
Rikt odlingslandskap	s. 18
Diskussion	s. 21
Klimatpåverkan	s. 21
Övergödning	s. 23
Biologisk mångfald	s. 24
Rikt odlingslandskap	s. 25
Slutsats	s. 26
Referenslista	s. 26

Introduktion

Bakgrund

Miljöproblemen vi som samhälle står inför berör oss alla då maten vi äter påverkas av miljön den produceras i. Likaså påverkas både odlingsmiljön och den omgivande miljön av hur vi odlar maten. Under en tjugoårsperiod, åren 1993-2012, har Sveriges inhemska utsläpp av klimatpåverkande gaser orsakade av konsumtion minskat med 30 procent (Naturvårdsverket, 2015). Däremot har de utsläppen som sker i andra länder men som också är orsakade av svensk konsumtion ökat med 50 procent under samma period. Samma trend har matproduktionen följt sedan 90-talet då importerade matvaror på allvar började konkurrera ut de svenska (Eriksson, 2018). Det skedde som en följd av upplösningen av livsmedelsberedskapen som i sin tur kom sig av att inträdet i EU beräknades leda till en stabil utrikeshandel.

Lustgas (N_2O) och metan (CH_4) är starka växthusgaser (Naturvårdsverket, 2018a), så starka att ett ton metangas motsvarar 25 ton koldioxid och ett ton lustgas motsvarar 298 ton koldioxid. Jordbrukssektorn, som står för 14 procent av de totala utsläppen i Sverige, är det största enskilda upphovet till metangas och lustgas. Ca hälften av de 14 procenten kommer från brukandet av odlingsmark och då räknas inte utsläpp från produktion av importerat mineralgödsel i de siffrorna eftersom de utsläppen sker i andra länder. Globalt ökar utsläppen av växthusgaser fortfarande och det gör även de svenska utsläppen; och en del av utsläppen kommer från odling och gödsling i jordbruket (Naturvårdsverket, 2015).

De globala utsläppen måste minska för att temperaturen inte ska överstiga två grader då det kommer medföra allvarliga konsekvenser för miljön. Klimatet förändras och beräknas bland annat leda till högre temperaturer, värmeböljor, förändrad mängd och mönster i nederbörd samt fler översvämningar vilket leder till förändrad tillgång och kvalitet på dricksvatten, och rubbade ekosystem som påverkar biologisk mångfald (SMHI, 2015).

Rationaliseringen av jordbruket under 1900-talet skapade stora problem med bland annat jorderosion, näringsläckage och minskad biologisk mångfald (Tsonkova et al., 2012). Rationaliseringen bidrog till den minskade biologiska mångfalden i odlingslandskapet

eftersom naturliga miljöer försvann, med följderna att vilda djur och insekter fick färre boplatser (Naturvårdsverket, 2015). Många träd togs bort från odlingslandskapet då de tycktes vara i vägen för den nya effektiva odlingen (Tsonkova et al., 2012).

Jordbrukets gödsling medför även övergödning i hav och andra vattendrag och det tar dessutom mycket lång tid att få bukt med effekterna av övergödningen (Jordbruksverket, 2015). Det finns fortfarande mycket arbete kvar för att minska näringsurlakningen även om den har sänkts något. Urlakningen är resultatet av höga nivåer av gödning med eventuell bevattning som leder till att näring inte stannar kvar i jorden tillräckligt länge för att grödan ska hinna tillgodogöra sig den.

Sveriges riksdag har antagit en uppsättning miljömål för att möta de miljöproblem som behöver hanteras för att uppnå ett hållbart samhälle som kan leva vidare i generationer (Naturvårdsverket, 2015): "Sveriges miljömål är det nationella genomförandet av den ekologiska dimensionen av de globala hållbarhetsmålen." (Sveriges miljömål, u.å.a.). Det svenska miljömålssystemet består av ett generationsmål, 16 miljö kvalitetsmål samt ett antal etappmål. Generationsmålet talar om vilket fokus som bör leda miljöpolitiken och vad som är av betydelse för att inom en generation uppnå miljömålen. Miljö kvalitetsmålen talar om vilket tillstånd som ska uppnås i miljön. Både miljö kvalitetsmålen och de etappmål som finns är till för att vägleda allt miljöarbete som görs.

Olika typer av agroforestry-system blir mer och mer intressanta tack vare de positiva effekter sådana odlingssystem kan innebära. Agroforestry definieras förenklat som jordbrukssystem där vedartade perenner är inkorporerade med jordbruksgrödor och/eller djurhållning (FAO, 2015). Agroforestry-system kan förbättra mikroklimatet för ettåriga grödor och fungera som en buffert mot klimatförändringar då de är mer motståndskraftiga mot klimatstress än ettåriga grödor (Dosskey et al., 2017). De kan även motverka jorderosion och förbättra jordstruktur samt vattenhållande förmåga. En typ av agroforestry-system är alléodling där perenna vedartade grödor som fruktträd, bärbuskar, energiskog eller större träd till virke odlas i rader mellan remsor av ettåriga grödor som vete, raps eller grönsaker. Alléodling är en översättning av engelskans "alley cropping" och definieras av USA:s jordbruksverk som odlingen av jordbruksgrödor mellan rader av träd (USDA, 2017).

Syfte och frågeställning

Syftet med arbetet är att undersöka ifall alléodling skulle kunna bidra till att uppnå miljömålen tack vare sina olika egenskaper, genom att motverka problem som ofta uppstår i jordbruk, och därmed vara en del av ett nytt odlingslandskap som behöver växa fram för att fortsätta möta problem och utmaningar även i framtiden. Detta arbete syftar därför till att besvara följande forskningsfråga:

Vilka positiva effekter kan alléodling i jordbrukslandskapet bidra med för att uppnå miljömålen i Sverige?

Avgränsning

Studien avgränsas till att studera alléodling i svenska förhållanden och andra platser med liknande, dvs. tempererat, klimat. Alléodling kommer att studeras utifrån fyra av Sveriges miljö kvalitetsmål: "Begränsad klimatpåverkan", "Ingen övergödning", "Ett rikt växt- och djurliv" och "Ett rikt odlingslandskap". För att utvärdera hur alléodling skulle kunna hjälpa till att uppnå de utvalda miljömålen avgränsas studien till att fokusera på hur själva odlingen ser ut och inte användningen av det som produceras i odlingen. Eventuell målkonflikt mellan alléodling och dess påverkan på livsmedelsproduktionens storlek och kvalitet mellan trädraderna belyses inte i någon större utsträckning i arbetet.

Metod

Arbetet kommer att genomföras som en litteraturstudie. Sökning efter litteratur kommer att ske främst via databaserna Primo och Web of Science men även Google Scholar används. Svenska myndigheter spelar också en central roll för inhämtning av information om de miljömål som behandlas.

Resultat

Agroforestry och alléodling

I ett arbetsdokument från FN:s livsmedelsorganisation framhålls agroforestry som en mycket lovande metod för ett hållbart jordbruk (FAO, 2013). Effektiva agroforestrysystem optimerar

utbytet mellan de olika element som systemen innehåller, tillför mer värden än system utan träd, gör odlingen mer resilient mot skördeförluster och minskar användningen av kemiska bekämpningsmedel. Det påpekas att det kan finnas risk för att träd ska konkurrera om exempelvis vatten och ljus med de andra grödorna men att i ett välkött system så tillför träden värden som väger tyngre än de eventuella förlusterna.

Alléodling är ett multifunktionellt system som i tempererat klimat kan hjälpa till att både motverka klimatförändringarna och anpassa odlingen till de förändringar som sker (Wolz et al., 2017). Alléodling kan öka biodiversiteten i och runt odlingen, minska jorderosion, effektivisera näringscykler och vattenanvändning samt sprida de ekonomiska riskerna i och med att odlingen kan vara mer motståndskraftig och att den producerar mer än en gröda åt gången.



Bild 1. Skörd av havre den 22 september 2016 (Kjell Sjelin 2016).

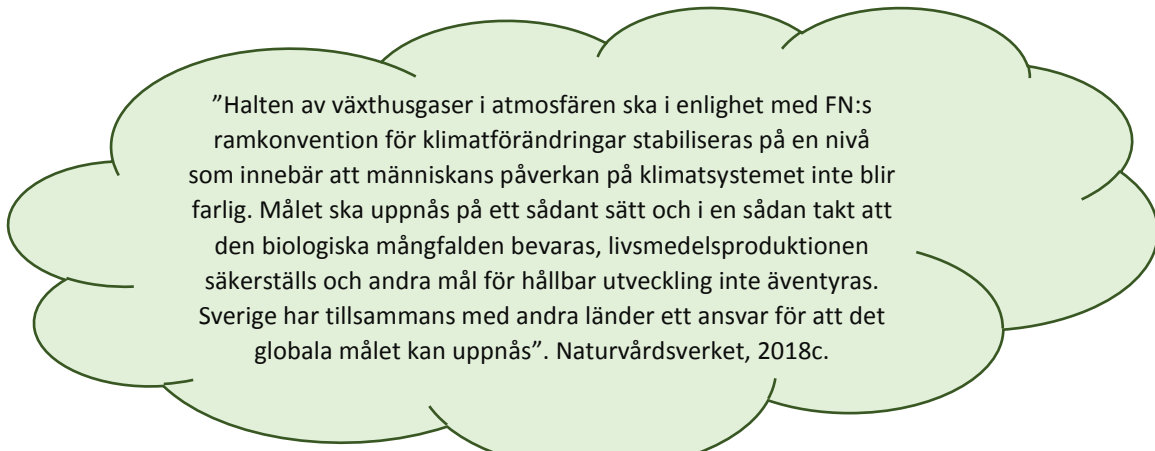
Ett exempel på alléodling som bedrivs i Sverige idag finns på Hånsta Östergårde som ligger 20 mil norr om Uppsala (Sjelin & Sjelin, 2018). Sedan 1987 har ekologisk växt- och djurproduktion drivits på gårdens 170 ha och sedan nyanläggningen 2015 har de även en alléodling på 1 ha (se bild 1). Raderna med träd och buskar innehåller äppelträd, päronträd, hassel, havtornsbuskar samt bärhäggmispel och är planterade i rader med ett avstånd på 12

meter mellan sig och ligger i nord-sydlig riktning. Kjell och Ylwa Sjelin som driver gården uttrycker att de har haft en smidig etablering och skötsel av alléodlingen men också att en ogräsrensning på tre gånger per säsong de första åren är att räkna med.

Det pågår även forskning om alléodling på forskningsstationen Lönnstorp i regi av innovativa SITES Agroekologiska Fältexperiment (SAFE) (SLU, 2018). SAFE har uppstått då intresset för internationell forskning inom agronomi, miljövetenskap och ekologi växer. Ett av ekosystemen som kan studeras där är Systemet för agroekologisk intensifiering på 0,6 ha. Systemet innefattar radodling med samodling av olika ettåriga grödor i växtföljd, tre rader äppelträd och fyra rader med olika häckbuskar.

Klimatpåverkan

Växthuseffekten påverkas av de utsläpp av bland annat koldioxid från fossila källor som vi människor använder till exempelvis värme, transport och industri. Medeltemperaturen stiger på jorden och den globala medeltemperaturen under de senaste tio åren har varit den högsta under de 150 åren som mätningar gjorts (Naturvårdsverket, 2018b). Både för jord- och skogsbruk och naturliga ekosystem beräknas effekterna av ett förändrat klimat bli omfattande i Norden. Det bedöms att den globalt ökande medeltemperaturen måste begränsas till under 1,5 grader Celsius jämfört med förindustriell tid för att undvika farliga effekter och då behöver en stark reduktion i utsläpp av växthusgaser ske. Därför har riksdagen definierat miljö kvalitetsmålet "Begränsad klimatpåverkan" (Naturvårdsverket, 2018c).



"Halten av växthusgaser i atmosfären ska i enlighet med FN:s ramkonvention för klimatförändringar stabiliseras på en nivå som innebär att människans påverkan på klimatsystemet inte blir farlig. Målet ska uppnås på ett sådant sätt och i en sådan takt att den biologiska mångfalden bevaras, livsmedelsproduktionen säkerställs och andra mål för hållbar utveckling inte äventyras. Sverige har tillsammans med andra länder ett ansvar för att det globala målet kan uppnås". Naturvårdsverket, 2018c.

Som ett sätt att motverka att temperaturökningen i atmosfären överstiger de fastställda gränsvärdena har alléodlingssystem potential att bidra med viktiga funktioner. Dels kan de binda in kol från atmosfären som sedan lagras i biomassan både ovanför och under markytan men också i själva jorden (Wolz et al., 2017; Jose, 2009; Fujimori, 2001; Dixon, 1995; Dixon et al., 1994). Dels kan de motverka utsläppen av växthusgaser från markanvändningen genom tillämpning av särskilda odlingsmetoder i grödorna som växer mellan de fleråriga, vilket tas upp senare i detta kapitel. (Blair et al., 2018; Oelbermann et al., 2004; Huang et al., 2015; Wolz et al., 2017). Klimatförändringar och globala förändringar leder till ett instabilt klimat och en förändrad marknad och där kan agroforestry hjälpa jordbruket att anpassa sig inför den utvecklingen (Wolz et al., 2017). Extremväder och stora temperaturskillnader påverkar många grödor och därigenom även hur själva odlingen ser ut. Enligt Wolz et al. (2017) kan agroforestry fungera som en buffert mot effekten av extremväder ur flera aspekter; exempelvis skydda mot vind, stabilisera temperaturer i jord och luft samt hålla kvar fukt i marken.

I en litteraturstudie, som studerar hur häckodling inom agroforestry kan lagra in kol, har Blair et al. (2018) kommit fram till att odling av häckrader höjer kolinlagringen i marken jämfört med vad intilliggande odlad mark gör. I den ovanjordiska biomassan påträffades kolinlagring på mellan 5 och 131 ton kol/ha. Inlagringen av organiskt kol i jorden under häckraderna låg på mellan 5 och 360 ton kol/ha. Den stora variationen inom respektive placering berodde på skillnader i skötsel och beskärning av häckraderna, de olika växtplatserna och de olika arterna, vilket Jose (2009) också framhåller som viktiga faktorer som påverkar potentiell kolinlagring. I en annan studie beräknades att 70 ton kol/ha potentiellt kan lagras i tempererade miljöer om lågintensiv agroforestry som exempelvis alléodling etableras (Dixon et al., 1994). I lagringen av kol spelade det stor roll på vilket sätt den ovanjordiska biomassan används (Blair et al., 2018). Om biomassan inte nyttjades på ett sätt som förde den tillbaka till jorden förlorades kol. Användningen av häckar i odlingslandskapet har generellt minskat sedan 1950-talet men författarna till studien menar att det hade gått att ha 17,8 miljoner km häckodling i EU-länderna, vilket hade medfört en kolinlagring på 18 miljoner ton kol årligen. I häckrader där jorden inte brukas liknar humifieringen den i skogsmark, och häckrader lagrade upp till 114 procent mer kol än häcklösa områden. I studien påtalades även att organiskt material som fick jordlager att växa under häckrader behöll sin tjocklek decennier

efter att häcken var borttagen. Är andelen organiskt material högt i jorden ökar det även skördemängd och stabiliserar kol i marken (Oelbermann et al., 2004). I försök i södra USA fann forskare att ett alléodlingssystem med pecanträd och bomull hade betydligt mer organiskt material i jorden än motsvarande monokulturell odling av bomull (Jose, 2009).

Oelbermann et al. (2004) skriver att i alléodling i tempererat klimat sprider inte jordbrukarna ut den ovanjordiska biomassan från träden direkt ut på kulturerna som växer emellan de vedartade perenna raderna eftersom de innehåller mycket lignin och bryts ned för långsamt. Istället kan växtdelarna bli klippta eller flisade i mindre delar och sedan spridas under träden. Det största tillflödet av kol i ett alléodlingssystem kommer från nedfallna växtdelar som löv och därför minskar även kolmängden i marken ju längre ut från trädkronorna jorden är, då de delarna inte täcks med löv i lika stor utsträckning. I en undersökning, utförd av Oelbermann et al. (2004), av en 12 år gammal alléodling av hybridpoppel i södra Canada så minskade mängden kol per m² och år 2,5 gånger från mätning en meter ifrån trädrad till sex meter ifrån trädrad.

Skogsmiljöer beräknas inneha mellan 66-77 procent av jordklotets ovanjordiska kollager och ca 39-45 procent av det markbundna kolet (Fujimori, 2001; Winjum et al., 1992; Dixon, 1995). Totalt beräknas skogsmiljöer hålla ca 46 procent av allt landbundet kol (Fujimori, 2001). Jordbrukssystem innehar ca 12 procent av det markbundna kolet (Dixon, 1995). Bland ekosystem på jordklotet är det också skogsmiljöer som står för 90 procent av upptagningen av kol från atmosfären. Dixon skriver vidare att det finns jordbrukssystem och metoder som släpper ut mer växthusgaser än andra. Ett antal sådana är svedjebruk, oorganisk gödning, skifte av grödor och bearbetning av marken, medan minskad jordbearbetning och täckodling eller odling av baljväxter tvärtom kan ta upp kol från atmosfären och lagra det i jorden. Omvandling av skog eller gräsmarker till intensivt jordbruk brukar leda till utsläpp av kol från marken på grund av organiskt material som bryts ned och av mikroorganismers andning.

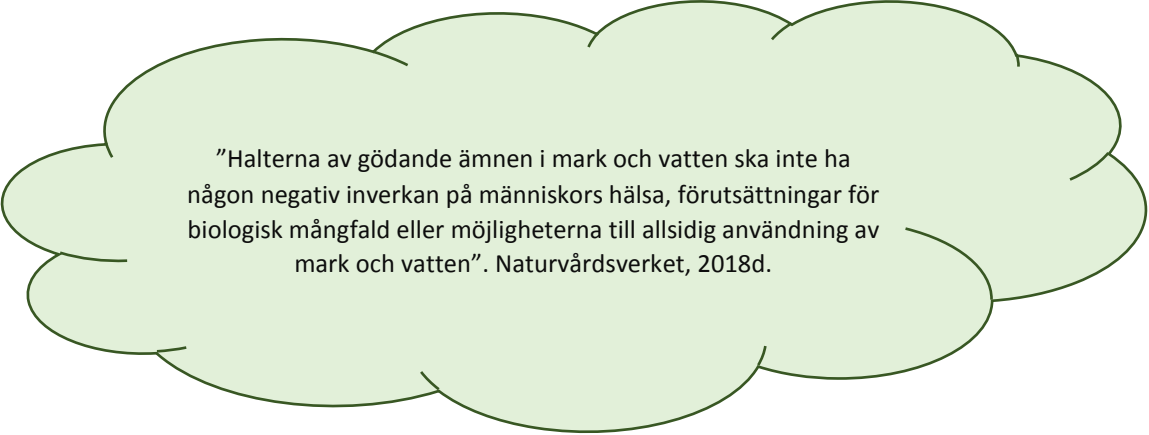
Något som också ökar nedbrytningen av organiskt material är alltså intensiv jordbearbetning, eftersom syre "infiltrerar" jorden under bearbetningen (Huang et al., 2015). Tillämpningen av reducerad jordbearbetning eller plöjningsfria metoder bidrar till att stabilisera jorden, reducera erosion och binda in kol (Wolz et al., 2017), bland annat genom

odlingen av fång- och mellangrödor. Olika jordbruksmetoder påverkar jordens gasutsläpp och fysiska kvaliteter (Huang et al., 2015). Metoder som innebär låg eller ingen bearbetning av jorden ökar med tiden porositeten i jorden då mängden organiskt material ökar med följden att det kan utvecklas en stabilare struktur. Intensiv bearbetning däremot kan öka kompaktering, skapa instabil jordstruktur, minska genomsläppligheten, och därmed öka förluster som sker genom erosion och avrinning.

Att använda agroforestrysystem som ett medel för att sänka halten koldioxid i atmosfären beräknas vara ett lågkostnadsalternativ jämfört med andra metoder (Winjum et al., 1992; Dixon et al., 1994). Integrering av träd och buskar i odling kan höja mängden kol som lagras in jämfört med odling av endast ettåriga grödor (Jose, 2009). Agroforestry i tempererat klimat kan även reducera andra växthusgaser än koldioxid (Wolz et al., 2017). Alléodling når enligt Wolz et al. (2017) sin fulla potential ifall mer än två arter kombineras i systemet och forskning tyder även på att det kan förbättra systemets förmåga att binda in kol. I tempererat klimat sker det sällan då standarden är att odla endast en trädart och en ettårig gröda tillsammans såsom valnöt eller poppel tillsammans med majs, sojaböner eller vete. Att inkorporera fler arter av buskar och fruktträd skulle öka de ekonomiska och ekologiska fördelarna.

Övergödning

Övergödning är ett allvarligt hot mot miljön i hav och sjöar då det leder till algbloomning och att vattenmiljöerna växer igen (Naturvårdsverket, 2018d). Igenväxning kan orsaka syrebrist på bottenarna så att djur och växter dör och vissa alger bildar gifter som är skadliga för människor och djur. Det finns flera olika ursprung till läckage av kväve och fosfor, som är de ämnena som orsakar övergödning, och ett av dem är jordbruket. Därför har riksdagen definierat miljö kvalitetsmålet "Ingen övergödning" med målet att övergödande ämnen ska minska för att inte skada ekosystemen.



”Halterna av gödande ämnen i mark och vatten ska inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningar för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten”. Naturvårdsverket, 2018d.

Det jordbruk som idag är dominerande orsakar kväveförluster som bidrar till växthuseffekten genom utsläpp av lustgas (N_2O) och övergödning från nitratutsläpp (NO_3^-) i vatten (Wolz et al., 2018). I en fältstudie utförd av Wolz et al. (2018) visades att alléodling som innehåller matproducerande buskar eller träd kan motverka avgången av dessa ämnen. I fältstudien jämfördes under fyra år en vanlig odling bestående av ettårig växtföljd av majs och sojabönor med en alléodling bestående av kastanj, äpple, hassel, vinbär, hallon, vin samt gräs och klöver. Alléodlingen var nyetablerad inför studien just för att se hur en nystartad odling skulle påverka resultaten. Odlingen av sojabönor hade generellt lägre förlust av kväve än majsodlingen. Nitratläckage var den största oavsiktliga förlusten av kväve i båda odlingssystemen där 29,6 procent av årliga kvävetillförseln i majs- och sojabönodlingen samt 5,5 procent av årliga kvävetillförseln i alléodlingen gick förlorad. Avgången av kväve genom lustgas och ammoniumläckage stod för 1,6 procent respektive 1,5 procent. På 50 cm djup i växtföljden med majs och sojabönor läckte nitrat med 21,6-88,5 kg kväve per ha och år. I alléodlingen låg motsvarande läckage på 2,7-15,5 kg kväve per ha och år och de övre värdena uppmättes först efter gödsling av kväve (som motsvarade gödslingen för majs- och sojabönväxtföljden) under de två sista åren. Läcketaget var därmed mellan 82 och 91 procent lägre i alléodlingen under alla fyra åren. I fältstudien observerades även att det efter ett kraftigt regn avgick extra mycket lustgas från växtföljden med majs och sojabönor, medan det i alléodlingen inte skedde sådana toppar. Det ackumulerade flödet av lustgas under växtsäsongen var mellan 25 och 83 procent lägre i alléodlingen än i växtföljden med enbart majs- och sojabönor de olika åren. Resultat från samma fältstudie visade att upptagning av kväve från atmosfären var mycket låg i båda odlingssystemen. Båda odlingssystemen hade en kväveförlust, men totalt minskade den nyetablerade alléodlingen kväveförlusten med 83

procent jämfört med majs- och sojabönodlingen.

Träd har djupare rotsystem och längre växtsäsong än de flesta jordbruksgrödor vilket gör att de kan fånga upp näring längre ner i markskiktet – vilket ofta inte ettåriga grödor kan göra då de har ett mindre rotsystem – och att de kan fånga upp näring under en större del av året (Jose, 2009). Genom att trädens rötter kan tillgodogöra sig näring som annars hade läckt ut från odlingen så blir kretsloppet för många näringsämnen mer slutet. I en fältstudie (Allen et al., 2004) som jämförde rotpåverkan hos en alléodling av pekanträd och bomull med konventionell bomullsodling i tempererat klimat drogs slutsatsen att trädens närvaro i alléodlingen bidrog till att minska kväveförlusten. På båda undersökta markdjupen, 0,3 och 0,9 m, var kväveläcket i form av nitrat 48 procent respektive 71 procent lägre i alléodlingen. Träden i alléodlingen motverkade även oönskad avrinning av vatten och hjälpte därmed till att ytterligare förhindra urlakning av näringsämnen.

Även Wolz et al. (2017) framhåller att användningen av träd, framförallt en variation av vedartade fleråriga arter, bidrar till att hushålla med kväve och effektivisera vattenanvändningen. Däremot pekar författarna på att även om diversifierade trädarter kan vara positivt och som tidigare nämnt även öka inlagringen av kol så påverkas det av vilka arter som används. Nivån på kolinlagring lär inte påverkas av om det är trädarter odlade för virke eller för mat. Kvävecykeln däremot skulle kunna påverkas om matproducerande arter gödslas med kväve, vilket är betydligt vanligare än i virkesodling. Högre nivåer av kvävegödsling är förknippat med både större avgång av lustgas och större läckage av nitrat. Användandet av baljväxter fixerar kväve från luften som andra växter i alléodlingen kan tillgodogöra sig.

Jord som har för liten mängd organiskt material, men för mycket lera, släpper inte igenom vatten eller rötter så lätt dels på grund av dess inneboende egenskaper och för att den tenderar bli för packad (Yustika, 2016). Detsamma gäller för sandig jord där jorden blivit för hårt packad. En kompakt och torr jord försvårar vattenupptagningsförmågan och ökar risken för erosion och avrinning. Organiskt material tjänar som viktig födokälla för mikroorganismer i jorden. Huang et al. (2015) skriver att 52 procent av det kol som kommer från rötter stannar i jorden medan endast 4 procent av det kol som kommer från skörderester och

andra rester blir kvar. Levande rötter eller organiskt material och förmultnande rötter har visat sig avge kolrika ämnen som fungerar som födokälla för mikrofloran i jorden. Baljväxter används ofta till grüngödsling av jorden på grund av att de har ett högre kväveinnehåll än andra då de är kvävefixerande (Yustika, 2016), vilket också gör att de har en låg C/N-kvot som i sin tur gör att de snabbt bryts ned och näringen blir tillgänglig i jorden. Enligt en studie utförd av Yustika (2016) i Indonesien kan växtdelar från baljväxter som odlats i alléodling öka nivån organiskt kol i marken. En studie av Seitz et al. (2018) som testade olika jordbearbetningsmetoder – ekologisk odling med intensiv respektive reducerad bearbetning och konventionell odling med intensiv respektive ingen bearbetning – visade att reducerad jordbearbetning i ekologisk odling var den mest effektiva metoden av de fyra för att minska avrinningen av material och näring och därmed minska erosion. Den var alltså mer effektiv än konventionell odling helt utan bearbetning. Resultat från studien tydde enligt författarna även på att den minskade erosionen berodde på täckning av ytan och organiskt material i jorden. Levande plantmaterial, i form av ogräs, var mer effektivt än täckning med döda växtdelar som användes i den konventionella odlingen.

En studie (Coussement et al., 2018) undersökte hur vuxna popplar, *Populus x canadensis*, påverkar kvävedynamiken hos jordbruksmark i Flandern, Belgien. Betydligt högre nivåer av kol och makronäringsämnen, däribland kväve, i matjorden nära träden hade redan påvisats vid studiens start. Det preliminära resultatet från studien i fråga var att träden hade en betydande inverkan för den minerala kvävehalten i jorden på djupet 0-90 cm. Tidigt på säsongen var kvävehalten i jorden under grödorna (höstvetete, höstkorn och varierande grüngödsling) som befann sig nära träden 13 kg kväve/ha lägre än 30 meter längre bort från träden. Mitt i säsongen fann man ingen signifikant skillnad. Under sena säsongen uppträdde återigen en skillnad, hos majs denna gången, som visade en kvävehalt på 30 kg kväve/ha lägre än 30 meter bort från träden. Forskarna drog slutsatsen att de lägre halterna nära träden kan bero på kväveupptagning av trädrötter, lägre kväveupptagning av jordbruksgrödorna på grund av avstannad tillväxt samt att en mindre mängd gödning spridits i fältkanten intill trädraderna.

Både kväve och fosfor är viktiga näringsämnen för grödor och kan behöva tillsättas för att få en viss önskad avkastning om det inte finns tillräckligt mycket växttillgängligt i jorden

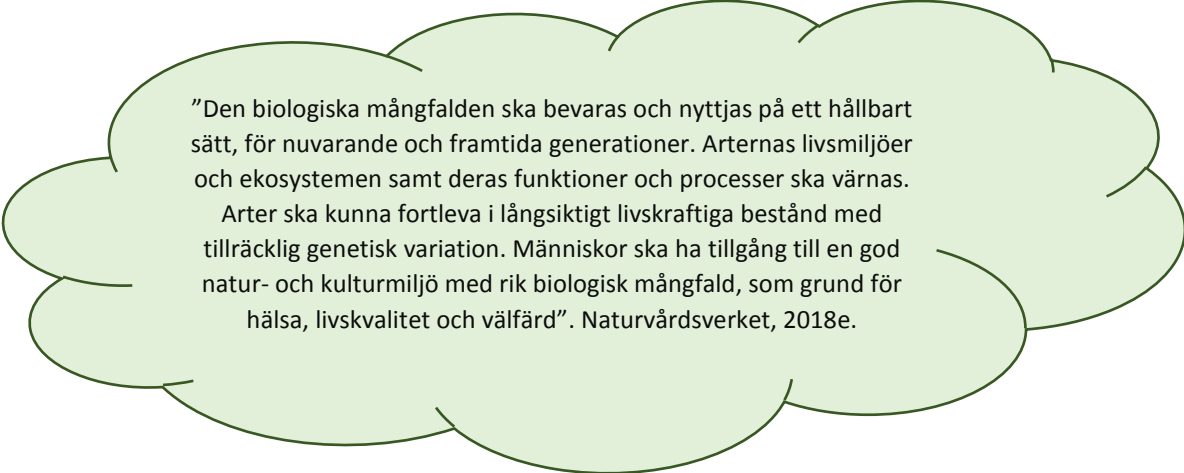
(Lemtiri et al., 2016). Mineralgödsel kan då tillföras som har växttillgängligt fosfor i sig. Oreglerad användning av sådana gödselmedel leder dock ofta till ekonomiska och miljömässiga problem då de leder till övergödning och är utvunna ur icke förnybara källor. Fosfor kan också göras växttillgängligt av att mikroorganismer bryter ner organiskt fosfor. Lemtiri et al. (2016) kom i sin studie fram till att innehållet av både makro- och mikroorganismer skulle kunna visa på hur en jord mår, genom exempelvis närvaron av maskar och mikrobiellt liv som påverkas direkt av sin omgivning och därmed av olika odlingsmetoder. Författarna menar att reducerad jordbearbetning är en metod som kan öka den växttillgängliga fosfor i marken men påpekar även att mer forskning behövs då det finns en brist på relevant forskning.

Enligt Tsonkova et al. (2012) krävdes inte gödsling med fosfor vid odling av energiskog, med kort omloppstid, för att ge tillräcklig skörd. Det kunde exempelvis bero på bildning av mykorrhiza eller på att växternas rötter fångade upp fosfor från djupa jordlager. Det sistnämnda gällde särskilt ifall rotsystemet var välutvecklat djupare i markprofilen och de översta jordlagren inte tillgodosåg växterna med näringen de behövde. Följaktligen, menade författarna, var låga vatten- och näringsnivåer negativt för rotbildningen längre ner i markprofilen, men om kvävefixerande och icke kvävefixerande träd och buskar odlades tillsammans med ettåriga grödor hade en gynnsam miljö kunnat uppstå tack vare rötterna.

I en fältstudie (Udawatta, Garrett & Kallenbach, 2011) som undersökte hur agroforestry kan reducera föroreningar i vattendrag intill bete och radodling fann författarna att proverna visade att agroforestry och kantzoner i form av gräsbuffertar ledde till en signifikant reduktion av avrinning, sediment, totala kväve- och fosforförluster till vattendrag. Utlakningen av kväve och fosfor minskade med 42 respektive 46 procent där agroforestry och gräsbuffertar fanns jämfört med kontrollbehandlingarna. Buffertarna visade bättre resultat på betesmarken än radodlingen och det menar författarna skulle delvis kunna bero på skillnader i jord, brukande av jorden och olikheter i landskapet. Författarna drar också slutsatsen att resultatet från fältstudien tyder starkt på att dessa buffertar kan designas för att förbättra vattenkvaliteten och minska mängden landytor som blir oproduktiva.

Biologisk mångfald

Biologisk mångfald definieras som rikligheten av variation inom och mellan organismer och deras ekosystem (Naturvårdsverket, 2018f). I Sverige samsas många olika naturmiljöer som innehåller olika växt- och djurarter (Naturvårdsverket, 2018e). De bidrar alla till att ekosystemen fungerar och bland annat renar vatten och luft, lagrar kol och pollinerar växter. Och det är just en rik variation av arter som gör miljöerna mer motståndskraftiga för klimatförändringar och den intensiva användningen av naturresurser som vi människor belastar naturen med. Traditionella jordbruksmetoder som gynnade många arter har till stor del försvunnit men för att bevara den biologiska diversiteten på ett hållbart sätt samtidigt som trycket på naturen ökar måste jorden brukas på ett sätt som inte urholkar naturen utan tvärt om är hållbar. Därför har riksdagen definierat miljö kvalitetsmålet "Ett rikt växt- och djurliv".



"Den biologiska mångfalden ska bevaras och nyttjas på ett hållbart sätt, för nuvarande och framtida generationer. Arternas livsmiljöer och ekosystemen samt deras funktioner och processer ska värnas. Arter ska kunna fortleva i långsiktigt livskraftiga bestånd med tillräcklig genetisk variation. Människor ska ha tillgång till en god natur- och kulturmiljö med rik biologisk mångfald, som grund för hälsa, livskvalitet och välfärd". Naturvårdsverket, 2018e.

Jose (2009) skriver att högre densitet och större yta med träd och buskar leder till ökad biologisk mångfald. Agroforestry kan bidra med ökad diversitet exempelvis genom att förse djur och insekter med livsmiljöer, bevara arvs massan hos känsliga arter, skapa korridorer och bryggor mellan naturliga miljöer i landskapet.

Variationen i vegetationen i och runt en odling är enligt Akbulut, Keten & Stamps (2003) det som avgör hur stor variation det finns hos leddjuren. Författarna skriver att miljöer som är diversifierade, isolerade, permanenta och med lågintensiv skötsel generellt är dem som utvecklas till att ha hög diversitet av leddjur på grund av de naturliga ekologiska processer som uppstår. I deras fältstudie undersöktes en alléodlings påverkan på närvaron av leddjur. En alléodling där majs, bönor och zucchini odlades mellan rader av hybridpoppel jämfördes

med odling av de ettåriga grödorna respektive popplarna var för sig. 10284 leddjur som tillhörde 122 familjer samlades in under fyra tillfällen. Leddjur från 118 av familjerna samlades in från alléodlingen, 57 från odlingen av enbart de ettåriga grödorna samt 44 från odlingen av hybridpoppel. Trädkronorna visade sig ha högre diversitet än markskiktet. Alléodlingen visade sig ha fler naturliga fiender (jordlöpare, glanssteklar och spindlar) och gynnsamma leddjur än kontrollodlingarna och uppvisade färre skador på grödorna än odlingen av de ettåriga grödorna som innehöll lägst mängd naturliga fiender.

En annan fältstudie undersökte närvaron och diversiteten av landgråsuggor, dubbelfotingar, kortvingar och jordlöpare i ett antal alléodlingar (Pardon et al., 2018). Resultatet visade att landgråsuggor och dubbelfotingar fanns i högre antal ju närmre träden de befann sig. Detta antogs vara på grund av den ökade skuggan, jord- och luftfuktigheten, födokälla och bomiljö som skapades av att det året runt fanns varierande vegetation och förna, minskad bearbetning och lägre användning av växtskyddsmedel.

Studier där biologisk mångfald jämfördes mellan alléodling och konventionell odling visade att både antal arter av vilda växter och fåglar samt antal individer av dagmaskar och små däggdjur var högre i alléodling än i konventionellt jordbruk (Tsonkova et al., 2012). Resultat tydde på att mer än hälften av arterna funna i alléodlingen var kopplade till de perenna busk- och trädraderna, vilket skulle kunna bero på tillgängligheten till den mer ostörda miljön som alléodling erbjuder i de perenna zonerna. Dessutom skapar alléodling olika nischer i ekosystemen vilket främjar en större variation av djur och växter.

De senaste decennierna har en ökning ägt rum av arealer som tagits ur produktion för att minska ett skördeöverskott och detta med stöd av europeiska program (Quinkenstein et al., 2009). Dessa arealer är viktiga för populationen av många arter inom landskapet men hotas nu av den ökande efterfrågan på naturresurser och intensifierade användningen. Häckar med inblandningen av träd har visat sig agera tillflyktsort för många arter när de oskyddade åkrarna utsätts för hårt väder och fungerar även som korridorer som kopplar samman olika populationer.

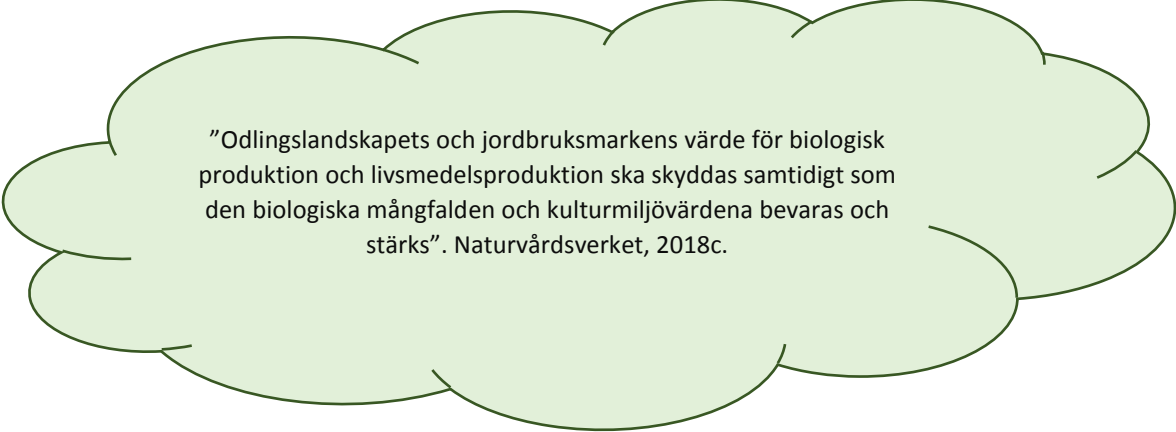
Quinkenstein et al. (2009) skriver även om att energiskog med kort omloppstid hade högre

växtlig variation än rågfält, tack vare att energiskogen växte ostört i längre perioder än rågfältet. Även den växtliga variationen i alléodling visade sig öka med längre växtföljd, men i äldre odlingar minskar på grund av skuggan från de vuxna träden. Alléodling ger en strukturell biologisk mångfald då den har växtlighet på många nivåer vilket kan fylla och ge många olika nischer, vilket energiskog med kort omloppstid inte kan generera på samma sätt bland annat på grund av dess mer icke permanenta natur. För att gynna en hög biologisk mångfald är det enligt författarna viktigt att endast en del av trädens biomassa skördas varje år och att detta alltid sker på vintern då det medför att det alltid finns en del av växtligheten kvar. Användningen av olika arter och sorter av träd är också viktig för att gynna en variation av andra arter.

Det europeiska honungsbiet sägs vara den största pollinatören på åkrarna men sedan 1950-talet har biodlingen närmast halverats och fortsätter att minska på grund av sjukdomar och invasiva arter av honungsbin (Vaughan & Hoffman Black, 2006). Inhemska bin, som signifikant bidrar till pollinering och ibland står för all pollinering, behöver gynnas för att öka i antal. Med ett varierat bisamhälle kan skördarna från åkrar i närheten av dessa öka och odlare blir mindre beroende av att köpa in bin. En mångfald av blommor med pollen och nektar som blommor under olika delar av året behövs för att det också ska bli en mångfald av inhemska bin. Alléodling kan, med noggrann design, förse pollinatörer kontinuerligt under hela säsongen eftersom det går att ha en så stor variation av växter i en och samma odling.

Rikt odlingslandskap

Målet är ett jordbruk som är konkurrenskraftigt och rationellt men samtidigt bevarar och utvecklar natur- och kulturvärden (Naturvårdsverket, 2018c). För att det ska bli verklighet behöver dagens odlingsmetoder anpassas därefter. Två olika trender styr jordbruksutvecklingen; den ena är att marker runt om i landet slutar att brukas och små gårdar läggs ner och den andra är att jordbruket intensifieras och specialiseras. Båda leder till att arter och naturtyper riskerar försvinna genom att marker växer igen eller att småbiotoper trängs bort av stora rationaliserade åkerfält. Riksdagen har därför definierat miljö kvalitetsmålet "ett rikt odlingslandskap".



”Odlingslandskapets och jordbruksmarkens värde för biologisk produktion och livsmedelsproduktion ska skyddas samtidigt som den biologiska mångfalden och kulturmiljövärdena bevaras och stärks”. Naturvårdsverket, 2018c.

De föregående kapitlen har redan visat på alléodling som en potentiell odlingsmetod som kan förbättra jordkvaliteten och ge ett variationsrikt odlingslandskap och därmed främja en fortsatt produktion på ett hållbart sätt. Detta kapitel fokuserar därför på faktorer som ytterligare bidrar till ett rikt odlingslandskap.

En omställning till ekologisk produktion i ett homogent slättlandskap bör ge större positiv biologisk effekt än om det görs i mindre och varierade områden (Winqvist, Ahnström & Bengtsson, 2012). Ekologisk odling ökar variationen av växter på grund av att kemisk bekämpning inte används. Ökat antal år med gräsodling i en växtföljd kan öka närvaron både av ogräs och andra arter på fälten såväl som ogräsfröer. Odlingen av fånggrödor, för lite mängd växttillgängligt kväve och kemisk bekämpning kan däremot minska ogräsen och artrikedomen. Både odlingssystem och omgivande landskap kan ha betydelse för biologisk mångfald. Leddjur är vanligt förekommande både i och utanför jordbrukslandskap. Vissa är skadegörare och andra är pollinatörer eller nyttiga rovdjur. De påverkas direkt av användningen av insekticider eller om de inte hittar föda, exempelvis på grund av att pesticider reducerat förekomsten av föda. Winqvist, Ahnström & Bengtsson (2012) skriver även att ekologisk odling kan öka närvaron av leddjur. Ett exempel författarna tar upp är att det efter 25 år visade sig att fjärilsarterna dagfjäril och bastardsvärmare hade ökat med 100 procent i en odling efter att den övergått från konventionell till ekologisk. Artrikedomen ökade direkt efter skiftet till ekologisk odling. Författarna påpekar dock att det finns för lite data för att kunna dra generella slutsatser ifall ekologisk odling medför sådana ökning. I en undersökning från medelhavsområdet visade sig ekologisk odling ha generellt högre närvaro av leddjur än konventionell odling. Däremot rikligheten av spindlar, skalbaggar och tvåvingar

visade samma antal i ekologisk som konventionell odling, vilket skulle kunna tyda på att det är andra faktorer än det som skiljer odlingsystemen åt som påverkar djurens närvaro.

Förändring och intensifiering i odlingslandskapet har lett till en kraftig förlust av växter som förser fjärilar med nektar (Nilsson, Franzén & Pettersson, 2013). Öppna, betade skogsmarker och slåtterängar har försvunnit och så även fjärilarna och deras habitat. Det beräknas att orter i södra Sverige har förlorat två till tio av arterna inom fjärilar och bastardsvärmare. Flera typiska fjärilsarter för gräsmarker, våtmarker och skogsmarker har sett en markant reducering. Nuvarande EU-regler för jordbruk understödjer en markanvändning med intensivt bete på de gräsmarker som finns kvar och många gräsmarker är även övergivna och obrukade och riskerar att växa igen, vilket har en starkt negativ påverkan av fjärilsbestånden.

En betydande del av odlingslandskapets biologiska mångfald är knuten till ogödslade ängs- och betesmarker samt småskaligt och varierat åkerbruk (Sveriges miljömål, u.å.b). Alléodling definieras, vilket tidigare nämnts, som grödor mellan rader av träd. Om begreppet även innefattar gräs och örter som odlas för foder på en slåtteräng så skulle alléodling kunna vara aktuellt för att bevara eller återinföra slåtterängar.

I en undersökning om fågelpopulationer jämfördes bland annat om fåglar specifika för odlingslandskap har minskat mer än generella fåglar och ifall trender i Sverige har att göra med den förändrade mängden höstsådda grödor och användningen av pesticider och gödselmedel (Wretenberg et al., 2006). 71 procent av de specifika fågelarterna visade sig ha minskat kraftigt de senaste 26 åren och totalt hade de i genomsnitt minskat med 55 procent jämfört med de generella fåglarnas sjuprocentiga minskning. Författarna fann inga starka samband mellan den minskade användningen av pesticider och gödselmedel samt höstsådda grödor och minskningen av fågelpopulationer. Populationernas reducering skulle kunna bero på att livsmiljöerna för övervintrande fåglar försämrats delvis på grund av att ökad höstsådd av grödor minskar skörderester och stubb på åkrarna. Effekterna av intensifierat respektive nedlagt jordbruk leder båda till att landskapet förenklas på strukturell nivå, vilket föreslås som en av anledningarna till de reducerade populationerna.

Jose (2009) skriver att alla de positiva aspekterna, varav flera tagits upp i denna

litteraturstudie, som agroforestry kan bidra med gäller för jordbrukaren och dennes gård men också för samhället i stort och borde bidra till att agroforestry i allmänhet och alléodling i synnerhet ses som en integrerad del av multifunktionella odlingslandskap världen över.

Diskussion

Med utgångspunkt i de studier som gjorts om alléodling i synnerhet, och agroforestry i allmänhet, visar alléodling stor potential att bidra till att de svenska miljömålen uppnås. De kan agera kolsänkor, fånga upp övergödande näringsämnen och bidra till att biologisk mångfald bevaras och utvecklas.

Klimatpåverkan

Skogsmiljöer i sig är ytterst relevanta när det kommer till kolinlagring då de kan lagra in större mängd kol än jordbruksmark (Blair et al., 2018; Fujimori, 2001; Dixon, 1995). I tempererat klimat finns visserligen en risk för att alléodling leder till problem med ljusinstrålning då det blir mer skugga på fältet. Denna skugga kan minska produktionen hos grödan mellan alléraderna. Därför är det viktigt att designa ett odlingsystem som tar hänsyn till bra planteringsavstånd som inte missgynnar instrålningen alltför mycket. Det verkar även som att en optimering av alléodling sker ifall olika vedartade perenna växter används då det både ökar kolinlagringen, minskar kväveutlakning och vattenavrinning (Wolz et al., 2017). Med tanke på det skulle en variation av lägre buskar och träd varvat med högre kunna användas för att verka gynnsamt även för ljusfaktorn. Även i miljö kvalitetsmålet ”begränsad klimatpåverkan” efterfrågas att biologisk mångfald och livsmedelsproduktionen säkerställs samtidigt som växthusgaserna minskar, för att det ska ske på ett hållbart sätt (Naturvårdsverket, 2018c). De elementen kombineras allihop i alléodling.

Blair et al. (2018) skriver att hanteringen av biomassan från häckar påverkar kolinlagringen då kol förloras om den inte förs tillbaka till marken på något vis. Att områden med träd och buskar lagrar in betydligt mer kol än vad vanlig jordbruksmark gör (Dixon, 1995) skulle i så fall delvis kunna bero på att det försvinner iväg mer biomassa från en åker jämfört med skogsmark och häckrader som ger ifrån sig mer löv och rotdelar. Reducerad eller ingen jordbearbetning framhåller både Dixon (1995) och Huang et al. (2015) som en metod som

kan lagra in kol i jorden mer jämfört med intensiv bearbetning på grund av att syre då infiltrerar marken under bearbetningen och ökar nedbrytningen av organiskt material och andning i jorden. En hög halt av organiskt material verkar vara positivt av flera anledningar, bland annat då de skapar stabilare jordstruktur (Huang et al., 2015), bättre vattenhållningsförmåga och föda till mikroorganismer (Yustika, 2016) samt minskad erosion (Seitz et al., 2018). Som Blair et al. (2018) har visat så behöll marken under häckar sin uppbyggda jordvolym med organiskt material även långt efter att häckarna var borta från platsen vilket kan bero på att en bra struktur skapats och kol stabiliserats i marken. Att mängden organiskt material påverkar skördemängd (Oelbermann et al., 2004) är inget problem i alléodling. Därför är det viktigt att öka mullhalten i jorden hela tiden eftersom att näring och växtdelar tas från odlingen vid varje skörd. Alléodling har en stor potentiell förmåga att binda in kol, öka mängden organiskt material i marken och stabilisera det på sikt tack vare att de vedartade perenna komponenterna i odlingen bidrar med kol från rötterna och löv och annan biomassa från de ovanjordiska delarna. Dock visade en fältstudie att organiskt material minskade i jorden ju längre från trädraderna man mätte. Men om växtdelar bryts ner för långsamt i tempererat klimat och ändå inte kan användas till omedelbar täckodling (Oelbermann et al., 2004) borde det vara en stor fördel att först kompostera biomassan för att odlaren sedan kan välja själv när den ska gödsla med det för att komma grödan bäst till godo och se till att det sprids över större del av fälten.

Seitz et al. (2018) skriver att levande växtmaterial, i detta fall ogräs, fungerade bättre som täckning för jorden än döda växtdelar. Det skulle kunna vara relaterat till att rötter verkar lämna kvar mycket mer stabilt kol i jorden än vad skörderester gör, vilket Huang et al. (2015) skriver om. Kanske beror det på att rötter går djupare ner i markskiktet än skörderester och annat organiskt täckmaterial som ligger på ytan och i sin nedbrytning bidrar till jordens andning. Organiskt material är också tätt kopplat med jordstrukturen som påverkar vattenhållningsförmågan och en hög andel organiskt material i jorden verkar vara viktigt för att motverka erosion och förlust av näringsämnen (Yustika, 2016; Huang et al., 2015). Seitz et al. (2018) rapporterar även att reducerad jordbearbetning i ekologisk odling var den mest effektiva metoden för motverkning av vatten- och näringsavrinning och erosion av fyra testade metoder. Organiskt material från rötter och reducerad jordbearbetning ser alltså ut att vara viktiga faktorer när det gäller att motverka erosion och avrinning. Det skulle kunna

tyda på att användningen av mellangrödor och fånggrödor är mer effektiva i avseendet att lagra in kol än vad ovanjordisk biomassa är tack vare den högra kol-kvävekvoten i det organiska materialet i rötterna. En minskad bearbetning av jorden leder till mindre körning med maskiner vilket också släpper ut mindre växthusgaser.

Övergödning

Jordbruket bidrar till övergödning av vattenmiljöer på grund av det kväve och fosfor som läcker ut från dagens jordbruk. Alléodling skulle om inte helt förhindra så åtminstone starkt reducera läckaget av de ämnena med hjälp av rotsystemet från träd- och buskraderna eftersom de har en längre växtsäsong och rötterna går mycket djupare än de ettåriga grödornas (Jose, 2009; Allen et al., 2004). I fältstudien från Wolz et al. (2018) visade det sig att även om alléodlingen hade en viss kväveförlust så var den hela 83 procent lägre än kväveförlusten i kontrollodlingen, vilken gör alléodling mer fördelaktig. Även när det kommer till övergödning verkar en variation av träd och buskar i alléodlingen vara optimalt (Wolz et al., 2017) och detta skulle kunna bero på att man då får en större variation av rotsystem och aktivitet under säsongen och att flera nischer därmed fylls. Dock skriver Wolz et al. (2017) att dessa positiva egenskaper hos alléodlingen kan utebli ifall man emellan trädraderna gödslar de ettåriga grödorna med kväverik gödning eftersom det är förknippat med större avgång av lustgas och större läckage av nitrat. Men där visar Wolz et al. (2018) med sin fältstudie att även när grödorna i alléodlingen gödslades så var avgången av lustgas ändå minst 25 procent lägre än i kontrollodlingen och det högst uppmätta nitratläckaget i alléodling låg på 15,5 kg kväve per ha och år (vilket är mindre än kontrollodlingens lägsta uppmätta nivå) medan kontrollodlingens högsta nivå låg på 88,5 kg kväve per ha och år. Så i en alléodling utan kväverik gödning minimeras alltså kväveläckaget som mest. Å andra sidan bidrar trädraderna med så många andra fördelar att man kanske kan acceptera att de inte levererar maximerad skörd om det är det utebliven gödning skulle leda till. Även vid kraftigt regn verkar det som att alléodlingen agerade buffert då den inte uppvisade någon extra avgång av lustgas vilket däremot kontrollodlingen gjorde. Det hela talar för att alléodling är bättre rustad för en effektiv näringscykel med betydligt lägre utsläpp av kväve till atmosfär och vattenmiljöer.

Fosfor är ett näringsämne som oftast gödslas med då det är hårt bundet i marken och inte

lika växttillgängligt som exempelvis kväve (Lemtiri et al., 2016), vilket är problematiskt eftersom fosfor utvinns från icke förnybara källor. Det finns dock tendenser som tyder på att minskad jordbearbetning kan öka den växttillgängliga fosfor i marken och att markbunden fosfor kan tillgängliggöras när mikroorganismer bryter ner organiskt material. Återigen visar sig organiskt material vara en viktig faktor och då makro- och mikroorganismer påverkas direkt av sin omgivning är tanken att reducerad jordbearbetning skulle vara fördelaktigt även här inte långt borta. Mer forskning på alléodlings inverkan på fosfor i tempererat klimat efterfrågas dock då underlaget var knapert.

Biologisk mångfald

De permanenta komponenterna – träden och buskarna – i alléodling är det som skulle kunna bidra till att en biologisk mångfald främjas. I dagens rationaliserade odlingslandskap har inslaget av träd och småbiotoper blivit alltmer ovanligt. Akbulut, Keten & Stamps (2003) skriver att miljöer som är diversifierade, isolerade, permanenta och med lågintensiv skötsel är de som vanligtvis utvecklar en hög biologisk mångfald. Genom att efterlikna sådana miljöer borde alltså den biologiska mångfalden främjas. En variation av arter och sorter i trädraden är viktig även för biologisk mångfald då det möjliggör för olika arter och sorter även för djuren. Alléodling har möjlighet att ha en stor variation av växtslag, de bildar vindskydd och mikroklimat (Wolz et al., 2017) och de har permanenta komponenter som beroende på vilka träd och buskar som används kan skötas mycket lågintensivt och därmed minimera störningsmoment för djur som håller till i trädraderna. Det leder också till att de kan fungera som bryggor i landskapet så att olika populationer kan röra sig friare. Studier presenterade i resultatet styrker detta då trädraderna i alléodling hade rikligare närvaro av både flertalet leddjur, dagmaskar, små däggdjur, fåglar och vilda växter än kontrollodlingar under konventionell odlingsregim (Pardon et al., 2018; Tsonkova et al., 2012; Akbulut, Keten & Stamps, 2003). Inte bara en generell ökning av djur utan i synnerhet en ökning av naturliga fiender och gynnsamma leddjur. En i kombinationen av många anledningar till den ökade mångfalden antogs vara minskad besprutning i alléodling (Pardon et al., 2018). Större närvaro av naturliga fiender minskar behovet av pesticider och just variationen av djur gör att skadeangrepp kan hållas nere på en acceptabel nivå. Minskad besprutning skulle dock även kunna leda till en högre andel ogräs i odlingen vilket sällan är önskvärt och just att det finns lågintensivt skötta perenna rader i en alléodling kan göra att ogräs har lättare att

etablera och sprida sig. Dock så kan det tyckas vara en acceptabel kompromiss. Och vill man verkligen undvika ogräs finns det mekaniska rensningsmetoder och möjligheten att så in en botten- eller mellangröda för att konkurrera ut ogräsen, alternativt använda kemisk ogräsbekämpning.

Rikt odlingslandskap

En diversifierad odling som alléodling skulle kunna ha positiv effekt på landsbygden både socialt, ekologiskt och ekonomiskt då det gör att odlingen blir mer motståndskraftig mot störningar, som exempelvis väder. Alléodling bidrar med en strukturell variation av flora och fauna, delvis beroende på odlingsmetod på fälten mellan trädraderna. Här blir det återigen intressant med reducerad jordbearbetning då det kan öka kvaliteten på jorden (Seitz et al., 2018; Wolz et al., 2017; Huang et al., 2015). Dessutom visade resultat på att ekologisk odling med reducerad jordbearbetning fick bättre effekt på erosion och näringsförlust än konventionell odling med ingen bearbetning alls. Resultat i denna studie (Winqvist, Ahnström & Bengtsson, 2012) föreslog också att ekologisk odling ökade den generella närvaron av fjärilar och leddjur jämfört med konventionell odling men också att det finns för lite underlag för att dra generella slutsatser om att det var omställningen till ekologisk odling som framkallade ökningen då det enligt andra uppgifter har visats att spindlar, skalbaggar och tvåvingar visade samma antal i konventionell som ekologisk odling. Det skulle alltså kunna vara andra omständigheter som också påverkar huruvida en ökad närvaro av djur sker. Alléodling däremot har visat sig innehålla just fler naturliga fiender som jordlöpare glanssteklar, spindlar och gynnsamma leddjur än kontrollodlingar (Akbulut, Keten & Stamps, 2003) vilket tyder på att alléodling skapar en bättre miljö som gynnar just de djuren som är önskvärda i en odling. Och kanske skulle det bästa av två världar vara att ha en ekologisk alléodling för att maximera möjligheterna och nyttan.

Mycket av vad alléodling kan bidra med för ett variationsrikt odlingslandskap har redan påtalats. Slätterängar som kraftigt har reducerats under åren har medfört en kraftig reduktion också för de arter som är beroende av dem, som fjärilar (Nilsson, Franzén & Pettersson, 2013). Eftersom fjärilar är viktiga pollinatörer i landskapet är det viktigt att de gynnas, vilket de skulle kunna göras av slätteräng i alléodling. Man skulle då kunna ha antingen matproducerande trädrader eller energiskog som ger en viss avkastning varje år

eller också odla träd för virke. Beroende på skötselnivå kan odlingarna bli mer eller mindre ostörda. Då skulle ett semi-öppet landskap med stor variation kunna uppnås.

Slutsats

Samhället står inför stora miljöutmaningar, både på grund av tidigare, nuvarande och kommande förändringar, och det är det de svenska miljömålen är utformade efter.

Alléodling är högst relevant i utvecklingen av ett odlingslandskap som kan hantera de utmaningarna. Ett sådant odlingsystem kan lagra in kol och därmed motverka växthuseffekten. Det kan med sin förbättrade markstruktur och djupare rotsystem minska övergödningen av vattenmiljöer. Det skapar en odlingsmiljö som främjar biologisk mångfald. Och slutligen kan alléodling med sin strukturella variation hjälpa till att bevara eller utveckla kulturmiljöer samtidigt som en hållbar livsmedelsproduktion sker. Fortsatt forskning hade behövts för att ta reda på den mest optimala designen av alléodling för att möta olika miljöers förutsättningar i olika delar av Sverige.

Referenslista

Akbulut, S. Keten, A. Stamps, W.T. 2003. Effect of Alley Cropping on Crops and Arthropod Diversity in Duzce, Turkey. *Journal of Agronomy & Crop Science*, vol. 189, ss. 261-269.

Tillgänglig: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.1439-037X.2003.00042.x>

[2019-03-06]

Allen, S.C. Jose, S. Nair, P.K.R. Brecke, B.J. Nkedi-Kizza, P. Ramsey, C.L. 2004. Safety-net role of tree roots: evidence from a pecan (*Carya illinoensis* K. Koch)-cotton (*Gossypium hirsutum* L.) alley cropping system in the southern United States. *Forest Ecology and Management*, vol. 192, ss. 395-407. DOI: 10.1016/j.foreco.2004.02.009

Blair, J. Olave, R. McAdam, J. 2018. Hedgerows as form of agroforestry to sequester and store carbon in agricultural landscapes: a review. I: Ferreiro-Dominguez, N. Mosquera-Losada, M.R. (red), *4th European Agroforestry Conference - Agroforestry as a sustainable land use*, ss. 242-245. Lugo, Spanien: European Agroforestry Federation and the University of Santiago de Compostela. Nijmegen, 28-30 maj, 2018, Nederländerna. Tillgänglig:

<https://www.cabdirect.org/cabdirect/FullTextPDF/2018/20183344550.pdf> [2019-02-14]

Coussement, T. Janssens, P. Elsen, A. Pardon, P. Nelissen, V. Reubens, B. Vandendriessche, H. 2018. Impact of Trees on Soil Nitrogen Dynamics in Temperate Silvoarable Agroforestry Systems. I: Ferreiro-Dominguez, N. Mosquera-Losada, M.R. (red), *4th European Agroforestry Conference - Agroforestry as a sustainable land use*, ss. 250-254. Lugo, Spanien: European Agroforestry Federation and the University of Santiago de Compostela. Nijmegen, 28-30 maj, 2018, Nederländerna. Tillgänglig:

<https://www.cabdirect.org/cabdirect/FullTextPDF/2018/20183344550.pdf> [2019-02-14]

Dixon, R.K. Winjum, J.K. Andrasko, K.J. Lee, J.J. Schroeder, P.E. 1994. Integrated land-use systems: Assessment of promising agroforest and alternative land-use practices to enhance carbon conservation and sequestration. *Climatic Change*, vol. 27, ss. 71-92. DOI:

<https://doi.org/10.1007/BF01098474>

Dixon, R.K. 1995. Agroforestry systems: sources of sinks of greenhouse gases? *Agroforestry systems*, vol. 31 (2), ss. 99-116. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00711719>

Dosskey, M. G. Brandle, J. Bentrup, G. 2017. Chapter 2: Reducing threats and enhancing resiliency. I: Schoeneberger, M. M. Bentrup, G. Patel-Weynand, T. (red). *Agroforestry: Enhancing resiliency in U.S. agricultural landscapes under changing conditions*. Gen. Tech. Report WO-96. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Ss. 7-42.

Tillgänglig: https://www.fs.fed.us/research/publications/gtr/gtr_wo96/GTR-WO-96-Chapter2.pdf [2019-02-05]

Eriksson, C. 2018. *Livsmedelsproduktion ur ett beredskapsperspektiv. Sårbarheter och lösningar för ökad resiliens*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Tillgänglig:

https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/fu-food/forskning/rapporter/ff-reports-1_eriksson_livsmedelsproduktion-ur-ett-beredskapsperspektiv.pdf [2019-02-11]

FAO. 2013. *Advancing Agroforestry on the Policy Agenda: A guide for decision-makers*, by G. Buttoud, in collaboration with O. Ajayi, G. Detlefsen, F. Place & E. Torquebiau. Agroforestry

Working Paper nr. 1. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Tillgänglig: <http://www.fao.org/3/i3182e/i3182e00.pdf> [2019-03-07]

FAO. 2015. *Agroforestry*. Tillgänglig: <http://www.fao.org/forestry/agroforestry/80338/en/>

[2019-03-07]

Fujimori, T. 2001. *Ecological and Silvicultural Strategies for Sustainable Forest Management*.

1. uppl. Amsterdam: Elsevier Science B.V.

Huang, M. Liang, T. Wang, L. Zhou, C. 2015. Effects of no-tillage systems on soil physical properties and carbon sequestration under long-term wheat-maize double cropping system.

Catena, vol. 128, ss. 195-202. DOI: 10.1016/j.catena.2015.02.010

Jose, S. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview.

Agroforestry systems, vol. 76, ss. 1-10. DOI: 10.1007/s10457-009-9229-7

Lemtiri, A. Degruene, F. Barbieux, S. Hiel, M-P. Chélin, M. Parvin, N. Vandenbol, M. Francis, F. Colinet, G. 2016. Crop residue management in arable cropping systems under temperate climate. Part 1: Soil biological and chemical (phosphorus and nitrogen) properties. A review.

Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, vol. 20, ss. 1-9. Tillgänglig:

<https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/197750/1/Review%20.%20Lemtiri%20and%20Degruene%2c%202016.pdf> [2019-03-05]

Naturvårdsverket. 2015. *Styr med sikte på miljömålen*. Stockholm: Naturvårdsverket.

Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6666-6.pdf?pid=16477> [2019-01-31]

Naturvårdsverket. 2018a. *Utsläpp av växthusgaser från jordbruk*. Tillgänglig:

<http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-jordbruk/> [2019-02-12]

Naturvårdsverket. 2018b. *Begränsad klimatpåverkan*. Tillgänglig:

<https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmalen/Begransad-klimatpaverkan/> [2019-03-05]

Naturvårdsverket. 2018c. *Ett rikt odlingslandskap*. Tillgänglig:

<https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmalen/Ett-rikt-odlingslandskap/> [2019-03-09]

Naturvårdsverket. 2018d. *Ingen övergödning*. Tillgänglig:

<https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmalen/Ingen-overgodning/> [2019-03-05]

Naturvårdsverket. 2018e. *Ett rikt växt- och djurliv*. Tillgänglig:

<https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmalen/Ett-rikt-vaxt--och-djurliv/> [2019-03-06]

Naturvårdsverket. 2018f. *Biologisk mångfald*. Tillgänglig:

<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Vaxter-och-djur/Biologisk-mangfald/>
[2019-03-07]

Nilsson, S.G. Franzén, M. Pettersson, L.B. 2013. Land-use changes, farm management and the decline of butterflies associated with semi-natural grasslands in southern Sweden.

Nature Conservation, vol. 6, ss. 31-48. DOI: 10.3897/natureconservation.6.5205

Oelbermann, M. Voroney, P. R. Gordon, A.M. 2004. Carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern

Canada. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 104: 3, ss. 359-377. DOI:

10.1016/j.agee.2004.04.001

Pardon, P. Reheul, D. Mertens, J. Reubens, B. De Frenne, P. De Smedt, P. Proesmans, W. Van

Vooren, L. Verheyen, K. 2018. Gradients in Abundance and Diversity of Ground-dwelling

Arthropods in Temperate Silvoarable Fields. I: Ferreira-Dominguez, N. Mosquera-Losada,

M.R. (red), *4th European Agroforestry Conference - Agroforestry as a sustainable land use*,

ss. 292-296. Lugo, Spanien: European Agroforestry Federation and the University of Santiago de Compostela. Nijmegen, 28-30 maj, 2018, Nederländerna. Tillgänglig:
<https://www.cabdirect.org/cabdirect/FullTextPDF/2018/20183344550.pdf> [2019-02-14]

Quinkenstein, A. Wöllecke, J. Böhm, C. Grünewald, H. Freese, D. Schneider, B. U. Hüttl, R.F. 2009. Ecological benefits of the alley cropping agroforestry system in sensitive regions of Europe. *Environmental Science & Policy*, vol. 12, ss. 1112-1121. DOI:
10.1016/j.envsci.2009.08.008

Seitz, S. Goebes, P. Puerta, V.L. Pereira, E. I. P. Wittwer, R. Six, J. van der Heijden, M.G.A. Scholten, T. 2018. Conservation tillage and organic farming reduce soil erosion. *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 39, ss. 1-10. DOI: 10.1007/s13593-018-0545-z

Sjelin, K. Sjelin, Y. 2018. *Alléodling i agroforestry*. Tillgänglig: http://solmacc.eu/wp-content/uploads/2018/02/H%C3%A5nsta-%C3%96sterg%C3%A4rde-alleodling-svenska-feb-2018_reduce.pdf [2019-03-25]

SLU. 2018. *SITES Agroekologiska Fältexperiment (SAFE)*. Tillgänglig:
<https://www.slu.se/institutioner/biosystem-teknologi/forsoksanlaggningar/sites-lonnstorp-research-station/sites-agroekologiska-faltexperiment-safe/> [2019-03-25]

SMHI. 2015. *Vad betyder +2 C global temperaturökning för Sveriges klimat?* Tillgänglig:
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/vad-betyder-2-c-global-temperaturokning-for-sveriges-klimat-1.92072> [2019-03-08]

Sveriges miljömål. U.å.a. *Sveriges miljömål*. Tillgänglig:
<http://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/> [2019-03-05]

Sveriges miljömål. U.å.b. *Betesmarker och slätterängar*. Tillgänglig:
<http://sverigesmiljomal.se/miljomalen/ett-rikt-odlingslandskap/betesmarker-och-slatteanger/> [2019-03-10]

Tsonkova, P. Böhm, C. Quinkenstein, A. Freese, D. 2012. Ecological benefits provided by alley cropping systems for production of woody biomass in the temperate region: a review. *Agroforestry Systems*, vol. 85 (1), ss. 133-52. DOI: 10.1007/s10457-012-9494-8

Udawatta, R.P. Garrett, H.E. Kallenbach, R. Agroforestry Buffers for Nonpoint Source Pollution Reductions from Agricultural Watersheds. *Journal of Environmental Quality*, vol. 40, nr 3, ss. 800-806. DOI: 10.2134/jeq2010.0168

USDA. 2017. *Agroforestry*. Tillgänglig: <https://www.usda.gov/topics/forestry/agroforestry> [2019-03-07]

Vaughan, M. Hoffman Black, S. 2006. Improving Forage for Native Bee Crop Pollinators. *Agroforestry Notes*, vol. 33, ss. 1-4 Tillgänglig: https://plants.usda.gov/pollinators/Improving_Forage_for_Native_Bee_Crop_Pollinators.pdf [2019-03-09]

Winjum, J.K. Dixon, R.K. Schroeder, P.E. 1992. Estimating the global potential of forest and agroforest management practices to sequester carbon. *Water, Air and Soil Pollution*, vol. 64, ss. 213-227. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00477103>

Winqvist, C. Ahnström, J. Bengtsson, J. 2012. Effects of organic farming on biodiversity and ecosystem services: taking landscape complexity into account. *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1249, ss. DOI: 191-203. 10.1111/j.1749-6632.2011.06413.x

Wolz, K.J. Lovell, S.T. Branham, B.E. Eddy, W.C. Keely, K. Revord, R.S. Wander, M.M. Yang, W.H. DeLucia, E.H. 2017. Frontiers in alley cropping: Transformative solutions for temperate agriculture. *Global Change Biology*, vol. 00, ss. 1-12. DOI: 10.1111/gcb.13986

Wolz, K.J. Branham, B.E. DeLucia, E. H. 2018. Reduced nitrogen losses after conversion of row crop agriculture to alley cropping with mixed fruit and nut trees. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 258, ss. 172-181. DOI: 10.1016/j.agee.2018.02.024

Wretenberg, J. Lindström, Å. Svensson, S. Thierfelder, T. Pärt, T. 2006. Population trends of farmland birds in Sweden and England: similar trends but different patterns of agricultural intensification. *Journal of Applied Ecology*, vol. 43, ss. 1110-1120. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2006.01216.x

Yustika, R. D. Muchtar. 2016. Soil organic matter status and penetration resistance at alley cropping system on degraded acid dryland. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, vol. 4 (1), ss. 675-679. Tillgänglig:
https://jdmlm.ub.ac.id/index.php/jdmlm/article/view/204/pdf_1 [2019-02-06]