



CHALMERS



Jämförelse av jordkvalitet mellan olika typer av markanvändning i jordbruk

Kandidatarbete inom teknikens ekonomi och organisation

AMANDA ANDREASSON, OTTO BRODIN, IDA NILSSON,
VICTOR NILSON, ANDREA WEDDIG, ALICE WESTBERG

**INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION
AVDELNINGEN FÖR ENVIRONMENTAL SYSTEMS ANALYSIS**

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2023

www.chalmers.se

KANDIDATARBETE 2023

**Jämförelse av jordkvalitet mellan olika typer av
markanvändning i jordbruk**

**Comparison of soil quality between different types
of land use in agriculture**

Amanda Andreasson, Otto Brodin, Ida Nilsson,
Victor Nilson, Andrea Weddig, Alice Westberg



CHALMERS

Institutionen för teknikens ekonomi och organisation
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2023

Jämförelse av näringsstatus mellan olika typer av markanvändning vid jordbruk

AMANDA ANDREASSON, OTTO BRODIN, IDA NILSSON
VICTOR NILSON, ANDREA WEDDIG, ALICE WESTBERG

© AMANDA ANDREASSON 2023 © OTTO BRODIN 2023
© IDA NILSSON 2023 © VICTOR NILSON 2023
© ANDREA WEDDIG 2023 © ALICE WESTBERG 2023

Handledare: Ulrika Palme, Environmental Systems Analysis

Kandidatarbete 2023
Institutionen för teknikens ekonomi och organisation
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg, Sverige
Telefon +46 31 772 1000

Omslagsbild: Bild tagen av Otto Brodin på Vena Säby vid provtagningstillfället den
2023-03-21

Skriven i L^AT_EX
Göteborg, Sverige 2023

Summary

A good soil quality is important for society. Without good cropland a lot of vital societal functions disappear. It would be beneficial for society if land use could also contribute to good plant nutrient content, carbon storage and increased biological diversity in the landscape. This project have investigated, through a case study, if there are correlations between land use, plant nutrients, carbon content and biodiversity.

The study was performed partly laboratively by collection of soil samples at Vena Säby lantbruk, an ecological farm in Brålanda, Sweden, and partly through a literature study where information on land use, ecological farming, eDNA-methods, plant nutrients and fertilizations impact on plant nutrients in the soil where collected. Three analyses where performed on the collected soil samples: analysis of water soluble carbon and plant nutrients, analysis of total amount of carbon and plant nutrients in the dry soil and eDNA (environmental DNA) analysis. Due to very late eDNA results the potential of eDNA as a measurement method for biodiversity could only be discussed and no actual comparisons regarding eDNA could be made in the project.

Some of the advantages with eDNA as a method for measuring biodiversity are that you can get traces of species that move in the area but are not visible during inventory and species and microorganisms that are too small to be detected by the naked eye. This makes it more cost-efficient compared to conventional methods where several different tests would have to be performed. It is also more time-efficient and have a more accurate distinction between species.

Correlations where found between carbon content and moisture content when comparing untilled soil versus crop fields, regardless of whether these are freshly plowed or perennial agriculture. The birch grove that was investigated has never been tilled and is used as a pasture for sheep and this had the highest amounts of carbon and moisture content compared to the cultivated fields. There are also clear differences in moisture content depending on when the field was last plowed, newly plowed fields have the lowest moisture content and older perennial fields have the highest moisture content.

Keywords: plant nutrients, nutrient levels, agriculture, eDNA, environmental DNA, nitrogen, sulfur, phosphorus, fertilization, land use, perennial agriculture

Note: The report is written in Swedish.

Sammanfattning

En god jordkvalitet är viktigt för samhället och utan god odlingsjord försvinner många samhällsviktiga funktioner. Det är gynnsamt för samhället om brukandet av jorden även kan bidra till goda näringshalter, inlagring av kol och ökad biologisk mångfald i landskapet. Arbetet har undersökt huruvida det finns korrelationer mellan markanvändning, näringsämnen, kolhalt och biologisk mångfald.

Arbetet utfördes dels laborativt med insamling av jordprover på Vena Säby lantbruk, en ekologiskt och KRAV-märkt gård i Brålanda, och dels genom en litteraturstudie. Vid litteraturstudien samlades information om markanvändning, ekologisk odling, eDNA-metodik, näringsämnen och gödslingens påverkan på näringsämnen i jorden in. Det utfördes tre analyser på jordproverna som togs: analys av vattenlösligt kol och växtnäringsämnen, analys av den totala mängden kol och näringsämnen i torr jord, samt e-DNA-analys (miljö-DNA). På grund av mycket försenade eDNA-resultat har potentialen med eDNA som mätmetod för den biologiska mångfalden enbart diskuterats och inga faktiska jämförelser rörande eDNA kunde göras i projektet.

Några av fördelarna med att använda eDNA som metod för att undersöka den biologiska mångfalden är att man kan få spår från arter som rör sig över området men inte syns vid inventering eller arter och mikroorganismer som är för små för att detekteras med blotta ögat. Detta gör att eDNA-metoder är mer kostnadseffektiva jämfört med konventionell inventering som skulle kräva fler undersökningar för samma information. Det är också mer tidseffektivt och har en noggrannare distinktion mellan arter.

Studiens resultat visar på korrelationer mellan kolhalt och fukthalt när man tittar på helt obruten mark kontra fält där det odlas grödor, oberoende av om de är nyplöjda eller flerårig vall. Björkdungen som undersöktes är obruten och används som beteshage till får och det är denna som har högst halt av kol och fukt, jämfört med de odlade fälten. Det finns också tydliga skillnader i fukthalt beroende på när fältet plöjdes senast, nyplöjda fält har lägst fukthalt och äldre vall har högst.

Nyckelord: Näringsämnen, näringshalter, jordbruk, eDNA, miljö-DNA, kväve, svavel, fosfor, gödsling, markanvändning, vallodling

Notera: Rapporten är skriven på svenska.

Förord

Vi vill tacka systrarna Marianne Vestman och Hanna McKernan samt deras far Uno Carlsson på Vena Säby Lantbruk för deras engagemang och svar på alla våra frågor, både vad gäller jordbruk och gårdens historia. Tack också för tillgång till er gård för provtagning och möjliggörande av detta projekt. Er hjälp har varit ovärderlig!

Tack till Amir Saedi Mohammadi, senior forskningsingenjör vid Vatten Miljö Teknik och forskare vid institutionen för kemi på GU, för hans praktiska hjälp med preparering och förberedning av jordprover samt analysen av de vattenlösliga ämnena. Vi uppskattar verkligen allt ditt stöd.

Tack även till Stefan Gustafsson, senior forskningsingenjör på Chalmers Materials Analysis Laboratory, för all hjälp med totalämnesanalysen.

Mats Töpel och Mikaela Boltensstern på IVL Svenska Miljöinstitutet har hjälpt oss med både inläsningsmaterial, provtagning och analys av eDNA. Stort tack!

Emke Vrasdonk vid miljösystemanalys tackar vi för hjälp med analys av eDNA. Andreas Rehn på fysisk resursteori för hjälp med kartor.

Till vår handledare Ulrika Palme vill vi också rikta ett stort tack för stöd och hjälp under hela arbetets gång.

Tack till er alla för ert bidrag till detta projekt!

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Syfte och frågeställningar	2
1.2	Avgränsningar	3
2	Teoretisk bakgrund	4
2.1	Olika typer av jordbruk	4
2.2	Ekologisk odling	5
2.3	Gödsling	7
2.3.1	Flytgödsel	7
2.3.2	Gröngödsling	8
2.4	Biologisk mångfald	9
2.5	eDNA	10
2.6	Näringsämnen i jorden	11
2.6.1	Makronäringsämnen	12
2.6.2	Mikronäringsämnen	15
2.7	Kolinlagring och kolhalt i jord	15
2.8	Utarmning, övergödning och försurning	17
3	Metod	18
3.1	Vena Säby Lantbruk	18
3.2	Provtagning	19
3.3	Ämnesanalys	22
3.3.1	Analys av vattenlösliga ämnen	22
3.3.2	Totalämnesanalys	24
3.4	eDNA-analys	25
4	Resultat och tolkning	27
4.1	Resultat ämnesanalys	29
4.1.1	Analys av vattenlösliga ämnen	29
4.1.2	Totalämnesanalys	30
4.1.3	Resultatsammanställning och jämförelser	34
4.2	Resultat eDNA-analys	36
5	Diskussion	37
5.1	Val av metod	37
5.2	Studiens tillförlitlighet	38
5.3	Näringsämnesanalys	41
5.4	eDNA som metod	44
5.5	Arbetets potentiella samhällsnytta	46
6	Slutsats	48

Referenser	49
Bilaga A - Provtagningsområde GPS-punkter	A.1
Bilaga B - Svensk kolinlagring GPS-punkter	B.1
Bilaga C - Laborationsresultat för vattenlösliga ämnen	C.1
Bilaga D - Bioinformatics form till Novogene	D.1
Bilaga E - eDNA analys	

1 Inledning

Några av de hållbarhetsutmaningar som samhället idag står inför involverar markanvändning. Det moderna jordbruket har en stor påverkan på naturområden och en följd av detta är förändrade livsmiljöer för många arter. Framtida klimatförändringar förutspås försvåra arters förmåga att överleva samt förflytta sig vilket kan minska den biologiska mångfalden ytterligare (SLU, 2021b; Lennartsson och Simonsson, 2007). Genom att genomföra strukturella förändringar i det moderna jordbruket hoppas man kunna bidra till en ökning av den biologiska mångfalden, bland annat genom övergång till ekologiskt jordbruk (SLU, 2020a).

De globala målen för hållbar utveckling är ett av FN framtaget program där man bland annat arbetar med just mångfald, klimatförändringar samt hållbar konsumtion och produktion. För det här arbetet är det framförallt delmål 12 om hållbar konsumtion och produktion, delmål 13 om bekämpning av klimatförändringar samt delmål 15 om ekosystem och biologisk mångfald som är särskilt aktuella (Globala målen, 2023). Delmål 15.5 handlar om att skydda den biologiska mångfalden och naturliga livsmiljöer vilket är en central del i att verka för ett hållbart jordbrukslandskap (Globala målen, 2023). Genom att undersöka potentiella metoder för ökad biologisk mångfald i jordbruket vill vi bidra till detta hållbarhetsarbete.

Klimatförändringar på grund av ökade utsläpp av växthusgaser, bland annat koldioxid, är ett världsomfattande problem (FN, 2023). Dessa utsläpp påverkar samhällen på flera sätt, till exempel genom extrema väderfenomen, vilket i sin tur även påverkar våra möjligheter att odla mat. Förändringarna påverkar inte bara vår vardag utan också ekosystemen runt omkring oss. Den biologiska mångfalden minskar i hög takt, både på grund av klimatförändringar men också på grund av människors nyttjande av naturresurser. Jordbrukssektorn stod år 2021 för 14 % av Sveriges totala koldioxidutsläpp (Naturvårdsverket, 2023c).

Om förändringar i sätten att bruka jorden kan leda till minskningar av dessa utsläpp kan det ge betydande skillnader på vår klimatpåverkan. En del i att minska utsläpp av koldioxid inom jordbrukssektorn ligger i att verka för en högre kolinlagring, processen då kol lagras i naturen. Detta kan bland annat ske genom en övergång till odling av specifika växter i viss följd (Land et al., 2021). Förändringarna behöver ske på ett sådant sätt att det verkar både för klimatet och för den enskilde individen. Det får inte heller ske på bekostnad av minskad livsmedelsproduktion, där ökat importbehov flyttar

utsläppen utomlands.

Kraven på mängden biomassa som produceras från jordbruk ökar allteftersom vi blir fler på jorden samt allt fler icke förnyelsebara resurser kommer behöva ersättas med biomassasubstitut. Samtidigt minskar mängden användbar jordbruksmark (Jordbruksverket, 2023a; Naturvårdsverket, 2023b). Den minskade mängden brukbar jord beror på flera faktorer, bland annat den fortsatta utarmningen av odlingsmark, där jorden successivt töms på näring och mulljord går mot en mineralsand med betydligt lägre biologisk mångfald (SLU, 2021c).

Detta kandidatarbete bygger på det redan pågående projektet ”Multifunktionella landskap, biomassaproduktion och kolinlagring i landskap som upprätthåller biologisk mångfald och viktiga ekosystemtjänster”, hädanefter refererat till som ”Multifunktionella landskap”-projektet (Berndes, 2023). ”Multifunktionella landskap”-projektet finansieras av familjen Kamprads stiftelse och bedrivs vid institutionen Rymd- Geo och Miljövetenskap på Chalmers tekniska högskola. Analyser av näringsämnen och eDNA möjliggjordes med hjälp av finansiering från Chalmers Styrkeområde, Energi i en Cirkulär Ekonomi (ECE). Fallstudien utförs på Vena Säby lantbruk, en ekologisk och KRAV-märkt gård i Brålanda området. Genom vårt arbete hoppas vi få bättre förståelse för hur jordens kvalitet och grad av utarmning påverkas av hur jordbruk bedrivs och vilka potentiella andra aspekter som spelar in.

1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med kandidatarbetet är att undersöka hur markanvändning vid jordbruk påverkar mängden växtnäringshalt i jorden, jordens förmåga att lagra kol och biologisk mångfald i området som undersöks. Arbetet ämnar också testa om det finns korrelationer mellan växtnäringshalter, mängd kol i jorden och jordens biologiska mångfald. I samband med detta undersöks även om eDNA-metoder är relevanta att använda sig utav vid denna typ av markundersökningar. Det finns studier som undersöker eDNA som metod för att undersöka biologisk mångfald. Kolinlagring undersöks i viss mån men framförallt är växtnäringshalter välkända faktorer som mäts kontinuerligt inom jordbruk. Vad som däremot inte har gjorts är jämförelser mellan kolinlagring, växtnäringsämnen och eDNA. Nedan följer rapportens frågeställningar.

- Går det att på Vena Säby lantbruk finna samband mellan hur jorden brukas och

jordens kvalitet avseende biologisk mångfald, lagrat kol och näringshalt med fokus på kväve?

- Hur korrelerar faktorerna biologisk mångfald, lagrat kol och näringshalt med fokus på kväve med vad som redan är känt angående kolinlagring och utarmning av jordar?
- Kan samhällsrelevanta slutsatser dras angående vilka sätt som kan vara fördelaktiga att odla på ur miljö-, hållbarhets- och klimatsynpunkt?
- Hur fungerar eDNA som metod för denna typ av undersökning?

1.2 Avgränsningar

Då projektet är en komplettering till det större “Multifunktionella landskap”-projektet som bedrivs, följde det naturligt att avgränsa sig till att studera ett område som också hade studerats i huvudprojektet. Vi hade geografiska avgränsningar där vi undersökte en gård och dess jordbruksmarker i Brålanda. Projektet var dessutom tidsbegränsat till våren 2023, vilket medförde att marken på gårdarna endast undersöktes vid ett tillfälle under våren. Provtagningarna från jordbruksmarkerna skedde endast i det relevanta markområdet och ej i avrinnande vattendrag.

Arbetet är inriktat på skillnader mellan fält (åkrar) samt vilken typ av odling som sker på dessa och inte på skillnader inom fältet. Därav har homogenisering, en blandning av flera provpunkter på samma åker gjorts. Vi är inom arbetet medvetna om att det kan finnas stora skillnader inom ett och samma fält men undersökning av dessa skillnader har inte varit fokus inom vårt arbete. Målet har istället varit att få en så rättvis bild av varje fält som möjligt.

Kväve är det ämne som det oftast råder brist på och det var därför främst intressant att undersöka detta näringsämne. Analysmetoden som användes mätte halter av kväve och kol och vi begränsade oss därför till dessa. Biologisk mångfald har analyserats i andra delar av Multifunktionella landskap-projektet. Vi ämnade undersöka den biologiska mångfalden enbart genom att använda eDNA som en indikator, och inte fördjupa oss i vad konsekvenserna av jordbruk blir för ekosystem i stort.

2 Teoretisk bakgrund

I det här avsnittet presenteras information, teori och tekniker som anses nödvändiga för en bättre förståelse av arbetet, dels för att förstå nyttan i ett förbättrat jordbruk men också för konkreta punkter såsom val av undersökningsområden, mätpunkter och mätmetoder. Skillnader ges mellan olika typer av jordbruk, ekologisk produktion kontra konventionella metoder. Vilka analysmetoder som finns och är aktuella, information om vad näringsämnesshalt innebär, samt hur mätning och kvantifiering av biologiskt mångfald kan ske tas också upp i detta avsnitt.

2.1 Olika typer av jordbruk

I Sverige utgör jordbruksmark endast 7 % av landets areal. Av denna del är 85 % åkermark, resterande 15 % består av betesmark och slätteräng (Jordbruksverket, 2022c). Bruk av mark delas främst in i två kategorier, jordbruk och skogsbruk, där begreppet lantbruk kan innefatta båda brukstyper (Nationalencyklopedin, 2022). Jordbruk innebär bearbetning av mark för framställning av grödor och foder. Tre exempel på jordbruk är spannmålsodling, blandjordbruk och ekologiskt jordbruk.

Vid spannmålsodling är de vanligaste grödorna vete, havre och korn (Jordbruksverket, 2020). Vete, havre och korn förädlas till bland annat mjöl, energi och foder till djur och hör till våra viktigaste livsmedel. Blandbruk innebär produktion av både växt- och köttprodukter. Ofta har blandjordbruk kor eller grisar som föds upp för köttproduktion i kombination med åkermark för grödor. Ekologiskt jordbruk innebär att jordbrukaren är certifierad enligt ett kontrollorgan, exempelvis KRAV (KRAV, 2022a). Certifikatet indikerar att strikta regler som ska främja en hållbar produktion av livsmedel efterföljs. Både spannmålsodling och blandbruk kan vara ekologiska (Jordbruksverket, 2022d).

Vallodling Inom jordbruk finns det specifika begrepp och metoder gällande sättet som marken nyttjas. Ett av dessa är vall. Vall är enligt jordbruksverket en sådd på åkermark med gräs, baljväxter eller en blandning av dessa (Jordbruksverket, 2023c). Gräsarterna timotej och ängssvingel, samt klöver som baljväxt är vanligt förekommande vallarter. Vall är särskilt gynnsamt för biologisk mångfald (Jordbruksverket, 2022f). Vallväxterna kan vara antingen annuella (ettåriga) eller perenna (fleråriga). De allra

flesta vallväxter är dock perenna och odling av dessa sker ofta utan årlig plöjning vilket både bidrar till jordens möjlighet att lagra kol och till den biologiska mångfalden. Ytterligare fördelar med vall som består av baljväxter är fixeringen av kväve i marken och minskat användande av mineralgödsel (Jordbruksverket, 2021).

Agroforestry Agroforestry eller skogsjordbruk är en form av markbruk där trädodling blandas med odling av grödor, historiskt sett var skogsjordbruk väl utbrett men det minskade allteftersom storskaligt åkerbruk ökade (Naturskyddsföreningen, 2022b). Skogsjordbruk, eller agroforestry börjar bli allt mer populärt igen. Det finns flera fördelar med att ha ett kombinerat jordbruk. Träd har djupa rötter som lättare samlar upp vatten och näringsämnen vilket hjälper till att minska övergödning av närliggande vattendrag. De binder också stora mängder kol genom fotosyntesen (Naturskyddsföreningen, 2022b). Eftersom de har djupare rötter är de mindre påverkade av torka och vid torrperioder skyddar de för bortforsling av jord med vind. Deras storlek innebär även att de erbjuder mer mat och bostäder för djur och insekter i närområdet (Naturskyddsföreningen, 2022b).

2.2 Ekologisk odling

Ekologisk odling är en del inom ekologisk produktion och är reglerat av EU. Sverige satte 2017 upp som mål att 30 % av Sveriges jordbruksmark 2030 ska brukas ekologiskt, med ett utgångsläge på 17 % år 2017 (Jordbruksverket, 2022b). Reglerna och direktiven som satts upp av EU omfattar hela livsmedelskedjan, från jord till bord, detta betyder att allt från hur jordbruket drivs till hur produkterna transporteras till kund är inkluderade i regelverket.

EU-direktiven som gäller för ekologisk odling röstades gemensamt igenom för första gången 1999 och uppdaterades senast i maj 2018 (Naturskyddsföreningen, 2021). I direktiven finns det regler som medlemsstaterna måste följa för att deras jordbruk ska klassas som ekologiska. Syftet med dessa regler är att skydda miljön och främja biologisk mångfald. Föreskrifterna styr ekojordbruket och innebär att man bland annat har restriktioner mot användning av GMO (genetiskt modifierade organismer), hormoner, samt begränsar användningen av syntetiska gödningsmedel, kemiska bekämpningsmedel och antibiotika (EU, 2023; EU, 2021). Det ekologiska jordbruket nyttjar istället andra metoder för bibehållen näringshalt i jorden samt bekämpning mot skadedjur. För att

uppnå detta krävs att ekologiskt jordbruk använder andra metoder för att få en bördig jord, jämfört med konventionellt jordbruk. Växselbruk i odling med kvävefixerande växter, gödsel och gröngödlingsgrödor är metoder som gör att ekologiska odlare kan avstå från konventionella och för närmiljön potentiellt skadliga metoder (EU, 2023).

De enskilda medlemsländerna kan ha strängare regler än EU för att en produkt ska klassas som ekologisk. Sverige har flertalet fristående organisationer inom ekologisk klassificering, däribland KRAV. KRAV är en organisation med strängare regler än de EU har. På myndighetsnivå är det jordbruk- och livsmedelsverket som är ansvariga för ekologisk certifiering (EU, 2023). Här har myndighetsorganen valt att delegera ut kontroll och certifiering till olika certifieringsorgan, så som HS certifiering AB, SMAK certifiering AB och Kiwa certification AB med flera (Jordbruksverket, 2022d). EU införde 2010 EU-lövet som märkning av ekologiska produkter. Märkning med denna symbol är obligatorisk för ekologiska produkter som förpackas i EU.

För ekjordbruk i Sverige var kontrollföreningen för alternativ odling, KRAV, tidigare än det reglemente som röstades igenom i EU 1999. KRAV var dock inte den första aktören i Sverige för ekologiska (då alternativodlade) produkter, utan grundades år 1985 av medlemmar från Biodynamiska föreningen, Förbundet Naturenlig odling, Förbundet organisk biologisk odling och Alternativodlarnas riksförbund. KRAV fick sitt godkännande som kontrollmyndighet av jordbruksverket år 1993 (KRAV, 2022b). Varor med KRAV-märkning bidrar mer till att skydda naturen och främja den biologiska mångfalden än produkter som bara följer EU:s förordning. Några exempel på villkor som inte ställs av EU:s reglemente men som däremot ställs av KRAV är att det ska finnas beväxta ogödslade zoner närmast vattendrag för att minska läckage av växtnäring. KRAV har även särskilda regler för energianvändning, där företagen enbart får använda förnybar el och jordbrukarna ska vara utbildade i ett sparsamt körsätt (KRAV, 2023). Det finns fler aktörer på marknaden som även de har högre krav för ekologiska varor. Svanen och Bra Miljöval är andra exempel på miljömärkningar som finns på den svenska marknaden (SLU, 2023).

Ekologisk kompensation Begreppet ekologisk kompensation syftar till att restaurera skadad naturmiljö för att bevara biologisk mångfald eller ekosystemtjänster som riskerar att gå förlorade vid exploatering av jordbruk eller andra aktiviteter som lämnar avtryck på livsmiljöer (Naturvårdsverket, 2023a). Ekologisk kompensation innefattar exempelvis skötselåtgärder, skapande av nya livsmiljöer, stödande av ekosystemtjänster som exempelvis pollinering, restaurering av skadade naturmiljöer och långsiktigt skyd-

dande av naturmiljöer som tidigare saknat skydd (Xia m. fl., 2023). Målet med ekologisk kompensation är att balansera negativa effekter, vid skadande aktivitet, med positiva åtgärder för att undvika nettoförlust av naturmiljö och biologisk mångfald. Om arbetet med ekologisk kompensation utförs omfattande och på ett gynnsamt vis kan det leda till en s.k. nettovinst, där naturmiljön mår bättre efter avslutad aktivitet än innan (Jönsson et al., 2023).

Ekologisk kompensation kan även innefatta finansiell kompensation till jordbrukare som tar sig an hållbara jordbrukssätt eller som avsätter mark åt bevarandeändamål. Finansiella medel kan således användas för att uppmuntra jordbrukare till ett mer hållbart jordbrukande och för att stödja bevarandeinsatser (Cui m. fl., 2021).

2.3 Gödsling

Näringsämnen spelar en viktig roll för tillväxt och produktivitet i jordbruksmark och skogsbruksområden. En näringsrik jord är en fruktbar och livskraftig jord, medan en näringsfattig jord begränsar tillväxt på odlingen. Näringsämnena, däribland kväve, tas upp ur jorden till växterna där de har betydande roller i växtens olika cellfunktioner och växterna kan på så sätt växa och föröka sig. I det naturliga kretsloppet så dör och multnar plantan såsmåningom ner igen och därmed förs näringsämnena delvis tillbaka till jorden. När grödan istället skördas följer växtnäringen med därifrån i frukt och gröda och på det viset utarmas jorden på näring. På grund av bearbetning så som plöjning och bevattning urlakas jorden på åkern ytterligare på näring. För att bibehålla en näringsrik jord och kunna fortsätta bedriva odling behöver man därför i regel gödsla på sitt jordbruk. Gödsling är en process för att tillsätta näringsämnen till jorden för att främja tillväxt. De näringsämnen som oftast tillsätts är fosfor, kväve och kalium, som hjälper till att öka växtens produktivitet och kvalitet (Hasselforsgården, 2023).

2.3.1 Flytgödsel

Att gödsla mark med flytgödsel är en metod som innebär att gödsel i flytande form sprids ut med traktor och gödselspridare över grödor eller mark. Flytgödsel kan ha olika växtnäringsinnehåll beroende på fodret i stallen. Fodret som djuren förtär påverkar näringsinnehållet i gödslet på så vis att om djuren äter foder av hög kvalitet och med höga näringsvärden kommer gödslet innehålla mer näringsämnen och vice versa. Detta

gäller särskilt för kväve och fosfor som är två av de viktigaste näringsämnen och de som jordbrukare primärt vill åt i gödsel. Lagring av flytgödsel kan också påverka näringsinnehållet. En lång tids lagring kan orsaka kväveförluster i form av avdunstning (Ehrnebo, 2005).

2.3.2 Gröngödsling

Gröngödsling är en väsentlig metod inom ekologiskt jordbruk för att återställa det kväve som försvinner genom skörd, urlakning och avdunstning. I metoden används gröngödslingsgrödor vars grönmassa och rotsystem fixerar kväve genom symbios med rhizobiumbakterier där bakterierna får fotosyntesprodukter i utbyte mot kvävet (Irisarri m. fl., 2019). Vanliga gröngödslingsgrödor är baljväxter som lusern, åkerbönor, vit- och rödklöver (Harris och Ratnieks, 2022). Det finns flera effekter av gröngödslingsgrödor, utöver huvudeffekten ökad växttillgänglig näring, tillförs även organiskt material som genom omvandling till humus gynnar mikrober och jordstruktur (Suhr m. fl., 2005). Minskad erosion samt minskad spridning av både skadegörare och sjukdomar ges som följd av odlingen (Larkin, 2013).

Ogrästillväxt är ett stort problem, då ogräset konkurrerar med grödan om näring och utrymme, samtidigt som bekämpningsmedel används i lägre utsträckning i ekologiskt jordbruk (Karlsson, 2011). Här spelar gröngödslingsvall en stor roll i bekämpning av ogräs. Fleråriga vallar används för detta ändamål men är ovanligt. Den tillförda kvävemängden varierar från några tiotals kilo till 300kg kväve per hektar (Hansson, 2008). Den effekt som grödan ger i kvävetillförseln och förbättrade förhållanden i marken till efterkommande gröda kallas förfruktseffekt (Lindén, 2008).

Helårsgröngödsling innebär att grödan växer minst ett helt år och inkluderas således i växtföljden. Vanligast är etablering av vall där gräs och klöver blir insått året innan grödan ska odlas på fältet. En blandning av röd- och vitklöver som baljväxt, med timotej eller rörsvingel som gräs är kända blandningar (Karlsson, 2011). Gröngödslingsvall behöver putsning några gånger under året för att nya skott ska växa och öka kvävefixeringen. Gräs som timotej ska putsas innan fröbildning för att motverka att det kommer tillbaka som ogräs åren därpå (Carlsson, 2010).

Delårsgröngödsling odlas mellan två huvudgrödor och kallas fånggröda eller bottengröda. Dessa baljväxter etableras som insådd i huvudgrödan på våren eller efter första ogräshackningen. Fånggrödans uppgift är att fånga in det kväve som finns kvar i vallen

efter skörd av exempelvis höstvetete och används som grüngödsling till efterföljande år (Hansson, 2008). Lågväxande baljväxter som vitklöver fungerar väl som bottengröda och kan stå kvar efter skörd för att binda kväve och förbättra markens struktur (Harris och Ratnieks, 2022). Viss konkurrens mellan huvudgrödan och baljväxten uppstår alltid och ska tas i beaktande för att minimera förlorad huvudskörd. Delårsgrüngödslingen bryts på hösten eller våren beroende på jordart (Ståhl, 2014).

Urlakning och förluster av kväve är oundvikligt. Efter putsning av grüngödslingsgrödan sker ammoniakavdunstning från växtmassan. Höga temperaturer och fukt snabbar på denna effekt, och därmed rekommenderas begränsad avslagning till perioder där inget regn finns på väderprognosen och luften hålls sval (Hansson, 2008). Nedbrytning av grüngödslingsgrödan sker både i bladmassan och rötterna med olika hastigheter. En hög kol-kvävekvot, som indikerar mycket kol, ger en långsammare nedbrytning än motsatsen. En vall med mycket gräs och lite klöver har relativt hög kol-kvävekvot och kan brytas ned på hösten. Innehåller grüngödslingsvallen mycket klöver och därmed låg kol-kvävekvot, bör den brytas ned på våren för att minska förlusterna av kväve genom urlaking (Suhr m. fl., 2005). Under gynnsamma förhållanden kan en tredjedel av kvävet frigöras inom två veckor (Hansson, 2008).

2.4 Biologisk mångfald

Biologisk mångfald beskriver den variation av liv som finns på jorden, samt de naturliga mönster som bildas på grund utav denna variation (Convention on Biological Diversity, 2000). Detta innefattar arter och växter, men även variationen av och inom ekosystem samt en genetisk variation inom arterna (Naturvårdsverket, u.å. SLU, 2021a). Det finns många skäl till att värna om den biologiska mångfalden, varav ett av dem är för att bevara de ekosystem som människan är och alltid har varit beroende av. Det är därmed viktigt att aktivt arbeta för att reducera hot mot den biologiska mångfalden (Convention on Biological Diversity, 2022). Vidare kan vi inte heller dra nytta av de ekosystemtjänster som människan i dagsläget utnyttjar om den biologiska mångfalden minskar, exempelvis skulle en förlust av pollinatörer såsom bin och fjärilar leda till minskade skördar (IPBES, 2018).

Det finns också andra motiv till att bevara den biologiska mångfalden, som de materiella produkter som finns i naturen och som samhället är beroende av, samt de positiva hälsoeffekter som fås av vistelse i naturen. Dessutom är ett landskap som har en rik

biologisk mångfald mer motståndskraftigt mot utomstående förändringar jämfört med ett mer homogent landskap, vilket är högst relevant att bevara under de pågående klimatförändringarna (IPBES, 2018; Jordbruksverket, 2022a).

2.5 eDNA

Biologisk mångfald är ett mått på variation och artrikedom i naturen och kan mätas på många olika sätt, varav ett är att använda sig utav eDNA. Organismer har artspecifika genetiska spår som sprids inom deras livsmiljö (IVL svenska miljöinstitutet, 2022a). Detta gör att det i jorden finns DNA-rester från den variation av arter som har levt i och vid jorden, rester bestående av till exempel djurdelar, avföring och ägg. Utav dessa DNA-rester kan så kallade markörer fås som sedan kan matchas mot ett så kallat barcodingbibliotek, vilket innehåller olika arters DNA-sekvenser. På detta sätt kan man se vilka arter som finns på den specifika platsen och därigenom kan kännedom fås om den biologiska mångfalden som finns i miljön (Bohman, 2023).

Vid användning av eDNA kan flera metoder tillämpas beroende på syftet med mätningen. En PCR-metod används framförallt för att undersöka förekomsten av enskilda arter i ett prov. Metagenomik är en metod som är lämplig att använda om syftet är att undersöka allt DNA i miljön som provet tagits från, medan metabarcoding fungerar bättre om målet är att undersöka den biologiska mångfalden för specifika organismgrupper (IVL svenska miljöinstitutet, 2022b).

Metabarcoding är en metod som tillämpas då man vill få reda på vilka arter som finns i ett prov genom analys med eDNA. Metabarcoding-primers skapas med avsikt att kopiera en bit DNA som är gemensam för alla arter inom en specifik grupp, samtidigt som en del av DNA-sekvensen som varierar mellan arter och som utgör en unik identifieringskod också kopieras. Metabarcoding-primers används för att skapa en konservativ DNA-sekvens som kan identifiera en specifik grupp av organismer, samtidigt som en unik identifieringskod genereras för varje art inom denna grupp. En blandning av DNA, primer, salt och enzymer används för att kopiera DNA med hjälp av en PCR-maskin (AquaBiota, u.å.). Det är markörer i DNAt man är ute efter och för bakterier är den vanligaste 16s-rRNA-markör (Johansson, 2009) och för svamp är det ITS2 (Ogier m. fl., 2019). Ett sätt att redovisa resultaten framtagna genom metabarcoding är att använda ASV (Amplicon Sequence Variant) för att mer exakt kunna kvantifiera organismer i ett eDNA prov.

Intresset för att spåra DNA med hjälp av eDNA-metoder har ökat de senaste åren, allteftersom metoderna för att göra detta har utvecklats. Metoderna anses numera vara enkla, snabba och kostnadseffektiva, samtidigt som de ger en precis artbestämning (Bohman, 2018). Det tycks också vara enklare att göra omfattande inventeringar jämfört med konventionella metoder. En annan fördel med eDNA-metoder är att det inte förstör för varken miljön eller arterna som bebor undersökningsområdet, vilket andra konventionella metoder ibland gör (Bohman, 2023).

Det finns också nackdelar med eDNA-metoder. En av nackdelarna är att det är oklart hur mycket DNA olika arter ger ifrån sig. Detta skiljer sig beroende på art, livsstadie samt organismgrupp, och därmed kan det vara svårt att veta hur många individer som finns inom provtagningsområdet. Det går inte heller att utläsa hälsostatus eller fördelning av kön och längd inom individerna som provtas, vilket undersöks av många traditionella metoder. En annan nackdel är att arten måste vara inlagt i ett barcodingbibliotek för att upptäckas, vilket gör att vissa organismer inte detekteras då dessa bibliotek inte är fullständiga (Bohman, 2018). eDNA-prover är mycket känsliga för kontamination, då även små mängder kan påverka resultatet i stor utsträckning. Detta gör att det krävs en mycket effektiv rengöringsmetod under provtagningen. Ytterligare en sak som är värd att tänka på är att när eDNA-prover tas fås ej någon information om ursprunget av DNA:t. En möjlighet är då att DNA:t har transporterats från sin ursprungspunkt till en annan punkt till exempel genom att djur och människor rör sig från ursprungspunkten till området som provtas. Vid provtagning av en punkt kan resultatet därmed bli felaktigt eftersom en organisms DNA upphittas på en plats som organismen ej bebor eller har vistats inom.

2.6 Näringsämnen i jorden

I detta kapitel är informationen hämtad från Båth och Magnusson (2023) om inget annat anges.

De ämnen som i dagligt tal kallas näringsämnen eller växtnäring är en uppsättning grundämnen som är nödvändiga för växten för att den ska kunna fungera och växa. Näringsämnena kommer oftast bundna i olika kemiska föreningar. Här skiljer man på ifall ämnet är bundet i en organisk molekyl eller en oorganisk, så kallad mineralisk (Sveriges Vattenmiljö, u. å). Organiska molekyler är molekyler i huvudsak uppbyggda av kol och väte, därför ofta kallade kolväten. Dessa molekyler kan vara allt ifrån några

atomer stora, som exempelvis etanol, till flera tusentals atomer stora, som exempelvis aminosyror (Nationalencyklopedin, u.å.-b). Dessa är i regel relativt olösliga i vatten, med tendensen att stora organiska molekyler löser sig sämre än små. Vävnader så som fett (lipider) och muskler (proteiner) byggs också upp av organiska strukturer.

De oorganiskt bundna ämnena är exempelvis grundämnen i sin rena form, gaser som koldioxid (CO_x) och kväveoxider (NO_x) och mineraliska ämnen och salter. Näringsämnena omvandlas dock hela tiden mellan de två olika typerna. Enligt Le Chateliers Princip så gäller att om ett system i jämvikt genomgår en förändring så förskjuts jämviktsläget i en riktning som motverkar förändringen (Nationalencyklopedin, u.å.-a). Detta innebär att molekylerna med näringsämnena i jorden hela tiden omvandlas mellan varandra för att kompensera för yttre ändringar som sker i miljön.

2.6.1 Makronäringsämnen

Näringsämnen brukar delas upp i två huvudgrupper; makronäringsämnen och mikronäringsämnen. Makronäringsämnena är kväve, fosfor, kalium, magnesium och svavel. Även kalcium räknas ibland till dessa. Dessa ämnen är de näringsämnen som alla växter, oavsett art, behöver och tar upp i relativt stor mängd (Nationalencyklopedin, 2023). Särskilt kväve, fosfor och kalium behövs i stora mängder, medan de övriga krävs i betydligt lägre halter. Genom att ge växterna de nödvändiga mängderna av dessa makronäringsämnen kan man bidra till en hälsosam och livskraftig växtlighet.

Alla näringsämnen spelar viktiga roller för funktioner i växten som i sin tur återspeglas av tillväxt och produktivitet. För att få god tillväxt måste alla näringsämnen förekomma i tillräckliga mängder, och brist på endast ett av de nödvändiga ämnena resulterar i begränsad tillväxt och dålig skörd, då cellfunktioner i växten blir lidande. Brist kan uppkomma för alla näringsämnen, men är mer eller mindre vanligt, och i de flesta fall är det antingen kväve eller fosfor som är den begränsande faktorn. I den svenska naturtypen, med mycket boreal skog är generellt kväve den begränsande faktorn för tillväxt (Vincent m. fl., 2013). Längs kustlinjen är istället oftast fosfor det näringsämne som först blir bristvara (Sveriges Vattenmiljö, 2021). Fosfor som begränsande faktor är en möjlighet även på andra platser, men detta är betydligt ovanligare (Vincent m. fl., 2013).

Kväve Ett av de näringsämnen som finns i, och behövs i störst mängd hos växten är kväve. Kvävemängden i brukad jord varierar mycket, från ca 4 ton/ha till upp emot 30 ton/ha beroende på hur jorden brukas, vad som odlas och tid på året. Den allra största delen av kvävet finns i organiskt bunden form. Vid gödsling på våren är halten som störst, för att sedan minska i takt med att växtligheten tillgodogör sig näringen, samt urlakas med regn och bevattning. Vid stora regnmängder sjunker kvävehalten markant. När växterna skördas på hösten förblir kvävehalten i stort sett de samma fram till nästa gödsling, såvida inte grüngödsling, plöjning eller kraftigt regn påverkar. Dock kan fördelningen mellan den mineraliska och organiska andelen fortsätta förskjutas en tid efter skörd. Det absolut översta marklagret kallas förnan och är det kväverikaste lagret (Naturhistoriska riksmuseet, 2013). Det är i detta jordlagret som lättnedbrytbara djur- och växtrester som ännu inte riktigt blivit jord samsas med mikroorganismer och nedbrytare. Därefter kommer humusjorden, även kallad svartjord eller matjord, som står för 30-70 % av jordens organiskt bundna kväve.

Kväve finns även till liten del, ungefär ett par hundra kg/ha, i mineraliskt bunden form, då framförallt som ammonium (NH_4^+) och nitrat (NO_3^-). Dessa joner är vattenlösliga och därmed rörliga i jorden. Nitratet är rörligt i större grad än ammonium, som istället ofta binds till lermineral och organiskt material. Kväveinnehållande gaser så som ammoniak (NH_3) och lustgas (N_2O) finns även i jorden, dock i mycket liten utsträckning.

Kväve tas upp via rötterna till växten i framförallt mineralisk form. Nitratet lagras då direkt i växten, medan ammonium och framförallt dess neutrala form ammoniak är giftigt för växten och binds därför in i organiska föreningar som aminosyror och amider innan det kan lagras i växten. Under näringsfattiga förhållanden kan växter även tillgodogöra sig lite kväve i organisk form. Vissa växtarter kan även ta upp kväve direkt från luften. Kvävet omvandlas dock hela tiden mellan olika former för att bibehålla balans och jämvikt trots att yttre villkor förändras. Vid till exempelvis gödsling tillförs kväve främst i mineralisk form (framför allt ammonium), men en stor del av detta kommer att reagera till andra molekyler så att den totala fördelningen och balansen mellan de olika kväveslagen bibehålls. På samma vis kompenserar naturen för kvävebrist i jorden (brist på nitrat som är lättillgängligt för växterna) genom att omvandla kväve från svårösliga salter till nitrat så att balansen bibehålls.

Kväve utgör en betydande andel av växter, ca 1-5 % av växtens torrsubstans, beroende på art och förhållanden. Kvävet används i aminosyror som bygger upp proteiner och enzymer, och nukleinsyror som bygger upp DNA. Kvävet har alltså en avgörande roll

i funktioner som gäller celledelning, tillväxt och uppbyggnad av växten, och dess halt i jorden är därmed av stor betydelse. I praktiken visar sig brist på kväve först genom dålig tillväxt och därefter genom försämrade klorofyllproduktion, då växten bleknar och gulnar samt även kan få rödaktiga fläckar. Tvärtom är överskott av kväve inte heller bra. Växten antar då en blågrön nyans och grödan blir smaklös. Höga nitrathalter är dessutom ohälsosamt att äta.

Kväve kan mätas på flera sätt, varav det vanligaste innebär att mäta den totala viktandelen av torr jordsubstans som utgörs av kväve. Detta mått kallas **totalkväve** och varierar mycket beroende på jordtyp, djup, geografisk plats och tid på året med mera. Halten anges i vikt%, vikt‰ vilket är det samma som mg/g eller g/kg, eller vid små halter ppm eller mg/kg.

C/N-kvot är ett annat mått på kväveinnehåll där kväve relateras till kolinnehållet i substansen. Detta mått används inte bara för jord utan även annat organiskt nedbrytbart material så som växter och växtrester. Mullsubstansen i jord byggs upp till största del av kolväten. En hög kolhalt innebär en jord med högre mullhalt och mer organiskt material. Vid nedbrytning av organiskt material är det främst strukturerna av kolföreningar som bryts ner och omvandlas. Kolhalten kan därmed lite förenklat ses som ett mått på energi för nedbrytningsprocesser (Hansson, 2004). Kvävet är å andra sidan nödvändigt för nedbrytningsorganismer så som till exempel bakterier. Utan tillräcklig kvävenivå kan alltså inte nedbrytning ske då bakterierna får kvävebrist. C/N-kvoten kan utifrån detta ses som ett mått på nedbrytningshastighet i ett material, där en hög kvot innebär långsam nedbrytning på grund av kvävebrist och en låg kvot innebär snabb nedbrytning med god tillgång till näringsämnen (Nilsson m. fl., 2015). Hos växter och växtrester kan en gräns dras för en C/N-kvot på ca 15, där kvoter lägre än så innebär snabb nedbrytning, medan högre kvoter är ett tecken på kvävebrist och försämrade nedbrytning (Hansson, 2004). Baljväxter så som klöver har ofta lägre C/N-kvot än grässorter. Ett väl nedbrutet material, så som jord kan ha en C/N-kvot så låg som 10 (SLU, 2020b).

Fosfor Fosfor finns i betydligt mindre mängd än kväve, i halter på 0,2-1,5 ton/ha. Till allra största del är ämnet organiskt bundet, men det finns även i mineralisk form, då som apatit (ett kalciumfosfatmineral), järn-, kalcium- och aluminiumsalter samt som fria joner bundet till lerpartiklar eller i vattnet i jorden. Över 90 % av all fosfor i marken är i svårslöslig form, som apatit och salter. Detta kan inte växter tillgodogöra sig. Den fosfor som tas upp av växter är istället den som är löst i markvätskan, till stor del

divätefosfat H_2PO_4 . Denna tillgängliga fosfor finns i halter på ca 0,4-0,8 kg/ha. Halten är starkt beroende av temperatur, då mer av den svårlösliga fosforen kan frigöras ju varmare det är. På våren, när det fortfarande är kallt och har varit det under flera månader, kan därför markerna drabbas av fosforbrist (Båth och Magnusson, 2023).

Växter består till 0,1-0,5 % av fosfor (vatten borträknat). I växten agerar fosfor som del i cellmembran och nukleinsyror, samt även i energilagringsprocessen vid fotosyntes. Vid brist på fosfor fås dålig tillväxt och odlingarna kan drabbas av så kallad dvärgväxt, och blomning försenas och dämpas. Tidig brist visar sig, tvärt om jämfört med kväve, i en ökning av fotosyntes och därmed får växten en blågrön ton. Allvarligare brist dämpar dock fotosyntes och tillväxt rejält och växterna gulnar. Överskott är sällan ett problem för växtlivet då fosfor i så fall binds upp i jorden. Närliggande vattendrag kan dock transportera fosforet till sjöar där övergödning kan uppstå.

Svavel I jorden finns svavel av en halt på ca 1 ton/ha, då mest i organiskt bunden form. Växter tar upp svavel i mineralisk form genom rötterna, och kan även tillgodogöra sig svaveldioxid SO_2 genom bladen direkt från luften. Ca 0,1-1,5 % av växtens torrsubstans är svavel, där det agerar som beståndsdelar i aminosyror, vitaminer, hormoner och enzymer. Brist på svavel blir allt vanligare och visar sig främst genom tillväxthämning.

2.6.2 Mikronäringsämnen

Till gruppen mikronäringsämnen hör mangan, zink, bor, järn, molybden, koppar, nickel, klor och kobolt. Mangan, zink, koppar och klor bidrar alla till olika funktioner i fotosyntesen och är därmed viktiga för energiförsörjningen hos växten. Mangan är även delaktig i diverse enzymatiska reaktioner och zink är delaktig i proteinsyntes. Järn, molybden och nickel bidrar alla till omsättning och transport av kväve i växten. Hos baljväxter bidrar molybden, tillsammans med kobolt även till kvävefixering. Bor ingår i membranstrukturen i cellväggar och ger stabilitet åt växten.

2.7 Kolinlagring och kolhalt i jord

Kolinlagring är den långsiktiga lagringen av kol i hav, växter och jord. Jord binder dubbelt så mycket kol som växter (Europeiska miljöbyrå, u. å). Kolinlagring är en

term för att titta på lagringen av kol i naturen över tid, allt ifrån ett år, till fem eller tio. Genom att titta på hur mycket kol marken lagrar över tid är det möjligt att mäta om markanvändningen kan ses som en kolsänka, en kolreservoar eller om det är en kolkälla, en källa till kol. Om jordbruket kan förändras så att det istället för att släppa ut koldioxid kan agera genom att lagra kolen ifrån koldioxiden, så kan detta ge positiva effekter för klimatet.

Bördig jord definieras enligt ett antal egenskaper, så som hur mycket organiskt material den innehåller, hur väl den behåller fukt, hur näringsrik respektive genomsläpplig den är (Europeiska miljöbyrån, u. å). Man vet att lägre nivåer av lagrat organiskt material och kol i jorden leder till högre grad av utarmning för jordbruk, eftersom organiskt material och organiskt kol i jord är nödvändigt för bördigheten (Europeiska miljöbyrån, u. å). Högre nivåer av organiskt kol bidrar ofta till jordens förmåga att binda näringsämnen (Land et al., 2021).

Ekologiskt jordbruk har i genomsnitt mer kolinnehållande jord än konventionellt jordbruk globalt (SLU, 2022). Precis vad den högre mullhalten och därmed högre kolhalten beror på är inte helt fastställt men man antar att det delvis kan bero på att man i högre grad tillför organiskt material i ett ekologiskt jordbruk, vilket sker i och med att man använder naturligt gödsel från djur (SLU, 2022). Det kan också ha att göra med den större utbredningen av flerårig vallodling eftersom ett större rotsystem bidrar till mer kol bundet i marken (SLU, 2022).

Det finns flera metoder för att mäta kolhalt i jord och dessa kan även göra skillnader på halterna av organiskt och oorganiskt kol. Organiskt kol är kol som ingår i organiskt material vilket består av kol-väteföreningar. Oorganiskt kol definieras förenklat som kolföreningar utan väte. Den mest exakta metoden för analys av kolhalt är förbränning med en elementaranalys. En elementaranalysmaskin värmer en liten mängd av provet och mäter sedan mängden koldioxid som släpps ut (Government of Western Australia, 2022). En annan analysmetod är NIRS, nära infraröd spektroskopi, som går ut på att man detekterar ljus som reflekteras genom provet och analyserar det resulterande ljusspektrat (Government of Western Australia, 2022).

2.8 Utarmning, övergödning och försurning

Utarmade jordar är ett problem och en ökad förekomst inom jordbruk, vilket är en konsekvens av ett intensivt och/eller ensidigt jordbruk där växtnäringssämnen avlägsnas i snabbare takt än de tillförs (Naturskyddsföreningen, 2022a). Bortförelse av näringsämnen gör odlade produkter mindre näringsrika och är därmed ett problem för både konsument och producent. Utarmade marker är även sämre på att binda kol vilket i sin tur späder på negativa effekter för jordmånen i form av minskad näringshalt och en försämrad biologisk mångfald (SLU, 2021c).

Utarmning kan bland annat ske genom frekvent bevattning eller regn, vilket medför urlakning av jorden på lösliga näringsämnen, som istället följer med avrinningsvattnet och läcker till närmiljön (Nationalencyklopedin, u.å.-c). Detta sker i samband med nederbördsöverskott där främst metalljoner avlägsnas med avrinningsvattnet (Jordbruksverket, 2022g). Urlakning är ett problem eftersom jordbruk kan tvingas till gödning i stora mängder för att upprätthålla en näringsrik jordkultur. Överdriven gödning kan leda till konsekvenser såsom försurning av närmiljön på grund av avrinningsvattnet från åkrarna (Naturskyddsföreningen, 2022a).

Bristen på kväve är ett vanligt problem i jordbruksmark, som tidigare nämnts. Samtidigt är övergödning av sjöar, vattendrag och havsvikar ett stort och ökande problem. Detta gäller särskilt för Östersjön, där för höga kvävehalter är en av de främsta orsakerna till problemet (WWF, u.å.). Övergödning innebär överväxt av alger och andra växter, vilket i sin tur leder till syrebrist i vattnet varvid ekosystemet i vattnet hotas. Det är därför viktigt att hitta en balans mellan tillräcklig kväve för att odla grödor och att undvika övergödning av våra vattenresurser.

På jordbruk tillförs ofta kalk till jorden genom s.k. kalkning, vilket är ett sätt att motverka försurning genom att höja pH-värdet i jordkulturen, samt tillföra kalcium till jorden. Mängden kalk som krävs för att motverka försurning är direkt kopplat till lerhalten i jorden eftersom halten lera avgör optimalt pH-värde för jorden. Kalkning genomförs även för att stärka markstrukturen och rotsystemet i den och för att underlätta bearbetning av jorden. Denna form av kalkning är känd som strukturkalkning (Jordbruksverket, 2023b). Detta främjar även jordens förmåga att ta upp och behålla fosfor, och minskar därmed läckage av fosfor ut i vattendrag (Jordbruksverket, 2023b). Det påverkar dock inte utsläpp och avrinning av kväve märkbart.

3 Metod

Arbetet utfördes genom en kombination av kvantitativa mätningar, kvalitativt insamlade av data samt litteraturstudier. Jordprover togs på 11 fält på Vena Säby lantbruk, i Brålanda-området. För bestämning av vilka fält som skulle provtas kontaktades markägaren. Provtagningszonerna valdes så att de gav en så rättvis bild som möjligt av områdets jordmån. Genom kontakt med markägaren erhöles även en beskrivning av de individuella provtagna fälten med avseende på särdrag gällande grödor och bruk av marken, samt dess historiska användning utifrån växtodlingsdokumentation för år 2015 till år 2022. Utöver proverna från Vena Säby lantbruk togs också ett prov på en åker hos en närliggande lantbrukare som hade ekologisk vall som var äldre än vad som fanns att tillgå på Vena Säby lantbruk. Proverna togs innan gödsling, den 21-03-2023.

Proverna analyserades dels för kolinlagring och dels för näringsinnehåll där fokus var på organiskt och mineraliskt kväve, samt kol och svavel. Detta gjordes genom två analyser. Den ena analysen utfördes med hjälp av en Elementar Vario Micro Cube på Chalmers Materials Analysis Laboratory (CMAL). Genom elementaranalysen fås halter av kväve, kol och svavel och därmed fås också en C/N-kvot som kan indikera andelen organiskt kväve. För att komplettera näringsanalysen gjordes även analys av mineraliskt bundet kväve med hjälp av en Total Carbon Analyzer på Water and Environment Lab (WET Lab) vid Chalmers tekniska högskola. eDNA analyserades för att undersöka den biologiska mångfalden i proverna. Proverna skickades, via Göteborgs universitet och IVL Svenska Miljöinstitutet, till Novogenes laboratorie i Kina.

Andreas Rehn som är doktorand vid Fysisk Resursteori har hjälpt till med databaser för att hitta information om området som studien utförs i. Information hämtades även från böcker, vetenskapliga publikationer, samt elektroniska källor som bedömdes pålitliga och relevanta.

3.1 Vena Säby Lantbruk

Vena Säby Lantbruk är en familjegård som ligger på Dalboslätten mellan Brålanda och Mellerud. Gården drivs numera av systrarna Hanna McKernan och Marianne Vestman. Innan de tog över drevs den av deras föräldrar Uno och Agneta Carlsson, vilka i sin tur tog över Säby från Unos morbror samt Salbo från Unos föräldrar. Säby är gården som

syns högst upp i kartan över området i figur 1, Salbo ligger längst ner i figuren. Säby har varit i familjens ägo sedan 1930-talet och Salbo i ungefär 200 år.

Gården innefattar totalt 190 ha odlingsmark, varav ungefär 60 ha arrenden. Mullhalten i området som undersöks anses måttlig och ligger på 3-6 %. Jordbruket har varit ekologiskt sedan 2000 och är certifierat enligt KRAV. På gården bedrivs det biodling sedan 2011 samt lammuppfödning sedan 2021. Marken består av ler-silt samt glacial lera. Odlingen är en blandning av vall, raps, vitklöver, höstvete, ängsvingel och agroforestry. Dels produceras ekologiska fröer, rapsprodukter samt utsäde till de egna fåren. Mer om fältindelning och dess odling visas i figur 1 samt tabell 1.

Vena Säby lantbruk gödslar till viss del jordbruksmark med gödsel från egen djurhållning men köper även in flytgödsel från grannens svingård. Gödslet innehåller kvävemängderna 2,5 kg/ton respektive 3 kg/ton. Flytgödsel från granngården är från konventionella suggor. Grannens gård är ej ekologisk men flytgödslet får enligt KRAV användas på ekologiska gårdar så länge gödslet är från suggor och inte slaktgrisar. På Vena Säby lantbruk sprids så mycket gödsel som möjligt där den begränsande faktorn är mängden fosfor som enligt reglering får spridas. En ekologiskt klassificerad gård får sprida 22 kg fosfor per hektar och år under en femårsperiod. Mängden fosfor som får spridas per hektar och år är densamma för ekologiska- och konventionella gårdar (Jordbruksverket, 2022e).

3.2 Provtagning

På varje provtagningsområde, härmed hänvisad som fält, togs 10 platser fram som var jämnt fördelade över fältet. Exakta provtagningsplatser på respektive fält finns i bilaga A.

Engångshandskar bars under hela proceduren och byttes inför varje nytt provtagningsområde. Kniv och sked rengjordes med hjälp av klorin, därefter T-sprit och slutligen användes destillerat vatten. Resterna samlades upp i en hink. Denna rengöringsprocess återkommer och refereras då till som rengöring. En 2.5 liters ziplock-påse märktes upp för respektive fält. Därefter togs på varje fält 10 prover på de utslumpade platserna. Jordprovet togs genom att de översta 5 centimetrarna av växter och jord avlägsnades med hjälp av kniven. Därefter skars en cylinder på 5 cm i diameter med 5 cm djup ut och lyftes upp med hjälp av skeden och lades i ziplock-påsarna. Stenar, rötter och

eventuella levande djur avlägsnades. Eftersom kandidatarbetet var inriktat på skillnader mellan fält, baserat på odlingstyp och grödor på dessa, och inte på skillnader inom ett och samma fält homogeniserades jordproverna från vardera av de 10 provtagningsplatserna som togs på samma fält. Homogenisering innebär att flertalet provpunkter på samma fält blandas och testet utförs sedan på denna blandning. Observera att proverna som togs var blöta och leriga, därför homogeniserades de genom att påsen med provet arbetades med händerna tills provet blivit en synligt homogen och omblandad massa. Slutligen rengjordes skeden och kniven innan proceduren upprepades för nästa fält.



Figur 1: Karta över området med provtagna fält angivna. 1B är agroforestry, B björkdungen och G grannen. Även grannens gård är ekologisk. Säby gård är det som ligger överst i bild och Salbo gård är nederst. Vena Säby lantbruk förvaltar båda dessa områden.

Beskrivning av växtföljd under åren 2015 till 2023 för fälten som provtagning skett på ges i tabell 1,

Tabell 1: Beskrivning av provtagningsfält, nuvarande grödor samt tillbaka till 2015. 1B, agroforestry har tre rader träd (två äpple, en hassel) sedan 2021, innan detta hade det samma växtföljd som 1A.

Fält	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1A	Havre, rödklöver	Rödklöver	Havre, timotej	Timotej	Timotej 2	Timotej	Timotej	Vall	Konservärter
Agroforestry, 1B	Havre, Rödklöver	Rödklöver	Havre, timotej	Timotej	Timotej 2	Timotej	Timotej	Vall	Konservärter, med träd (två äpple, en hassel)
2A	Träda	Rörsvingel, höstraps	Rörsvingel	Vitklöver, havre	Vitklöver	Havre	Höstvete	Havre, ängssvingel	Ängssvingel
3A	Åkerböna	Timotej, havre	Timotej	Timotej	Timotej 3	Timotej	Höstraps	Höstvete, vitklöver insådd	Vitklöver
3B							Grönfoder	Höstraps	Höstvete
4A						Vårvete	Havre	Höstråg	Höstraps
4B								Träda	Höstraps
4C							Havre, slätter, betesvall	Vall	Betesvall 2
Grannen, G						Vall	Vall	Vall	Vall
11C Vall, Salbo Björkdunge	Vall	Vall	Vall	Vall	Vall	Träda, betesvall	Betesvall 1	Betesvall 2	Betesvall 2

3.3 Ämnesanalys

Mängden kväve analyserades på två olika sätt, där den ena metoden enbart detekterar vattenlösliga komponenter och den andra ger total mängd kväve, kol, väte och svavel i torrt prov. Provbredning skedde på samma sätt för båda metoderna. Engångshandskar bars under hela proceduren och byttes inför varje nytt provtagningsområde. Muffinsformar av aluminium märktes upp för respektive fält och därefter fylldes dessa till hälften (cirka 50 gram blöt jord) med det tillhörande provet. Formarna placerades i slutna plastlådor vilka sedan frystes. Cirka två dygn innan analys togs proverna upp ur frysen och tinades i kylskåp. Innan analys homogeniserades proverna ytterligare genom omrörning av lerjorden med glasstav i aluminiumkopporna.

3.3.1 Analys av vattenlösliga ämnen

För att mäta halten av vattenlösligt kväve per gram torr jord gjordes två parallella analyser, en där kvävehalten per gram blöt jord analyserades och en där fukthalten på

jorden analyserades. För analys av fukthalten märktes 11 nya aluminiumkoppor upp. Dessa vägdes och vikten noterades med en noggrannhet på 0.01 gram. Cirka 10 gram blöt jord från de tidigare aluminiumkopporna överfördes till de nya. Kopp plus blöt jord vägdes och den sammanlagda vikten antecknades. Därefter placerades kopporna i ugn på 105°C i 24 timmar för att torka. De togs ut och fick svalna i några minuter, varefter de vägdes en sista gång och vikten noterades. Fukthalten, FH beräknades enligt ekvation 1, där BJ är blöt jord, K kopp, TJ är torr jord och m är massa

$$FH = \frac{m_{BJ+K} - m_{TJ+K}}{m_{BJ+K} - m_K} \quad (1)$$

För kväveanalysen märktes 11 st falkonrör (a 50 ml) upp. Från de ursprungliga aluminiumkopporna fördes 4-5 gram lerjord från varje prov över i respektive falkonrör, med hjälp av metallskedar. Dessa rengjordes med ultrarent vatten mellan varje prov. Den exakta vikten på jorden i varje prov vägdes och noterades. Därefter tillsattes 15 ml mQ-vatten med hjälp av pipett (a 5 ml) till falkonrören som förslöts. Dessa omblandades med vortexmixer tills det inte fanns några stora fasta klumpar kvar. Därefter placerades provrören i en vertikal provrörsblandare för omblandning över natten.

Provrören centrifugerades i 60 minuter på 1000 rpm, tills vätskefas och lerpartiklar var väl separerade och vätskefasen var klar. 10 ml av vätskefasen sögs upp i en 10 ml spruta och filtrerades genom 0,45 µm sprutfilter ner i glasprovrör (tillhörande analysinstrumentet). Sprutfilter och spruta byttes mellan varje prov. Sprutfilter byttes även ibland flera gånger per prov då det sattes igen. Glasprovrören placerades i numrerade brunnar i provrörshållaren tillhörande analysinstrumentet och för varje prov noterades motsvarande nummer. Provrörshållaren placerades därefter i instrumentet och analysen startades.

Analysen skedde med en Total Organic Carbon Analyzer (TOC-V CPH) med tillhörande extra detektor Total Nitrogen Measuring Unit (TNM-1), vilket är ett högkänsligt datastyrt analysinstrument av märket Shimadzu (Shimadzu, u.å.). Detta är den analysmetod som SLU använder för analys av vattenprover (Nygren, 2023). Instrumentet är en typ av gaskromatograf för vätskeprover, och använder luft som bärgas (Shimadzu, u.å.). Förgasningen av vätskeprov sker vid en temperatur på 680°C. För detektion använder instrumentet en spektroskopisk NDIR-sensor (Nondispersive infrared sensor). Instrumentet analyserar primärt kolinnehåll (genom förgasning till koldioxid), men genom att kopla en TNM-1, som är en tillhörande utrustning för de-

tektion av kväve, till instrumentet så detekteras och kvantifieras även kväveinnehållet i provet (Shimadzu, u.å.). Denna utrustning har en temperatur på 720°C, varvid den detekterar kväve i form av bildad kvävemonoxid i en CLD-detektor (chemiluminescence detector).

De resultat som fås för vätskeprovet är TOC (total organic carbon eller totalt organiskt kol), TC (total carbon eller totalt kol) och IC (inorganic carbon eller oorganiskt kol) från katalysatorn, samt TN (total nitrogen, totalt kväve) från kvävedetektorn, samtliga i mg/L (Shimadzu, u.å.). Här används ρ för vattnets densitet. För kolanalysatorn är detektionsgränsen 4 µg/L och för kvävedetektorn 5 µg/L. Med hjälp av den framräknade fukthalten beräknades resultaten från analysen om till milligram (vattenlösligt) kväve per gram torr jord enligt ekvation 2,

$$\text{Kvävehalt} = \frac{m_N}{m_{TJ}} = \frac{TN(15 + \frac{m_{BJ} \cdot FH}{\rho_{H_2O}})}{1000 \cdot m_{BJ} \cdot (1 - FH)} \quad (2)$$

Från analysen gavs också värden för den totala mängden kol i vattenfasen (TC), mängden organiskt kol (TOC) och mängden oorganiskt kol (IC). Även för beräkning av mängd vattenbundet kol har ekvation 2 använts.

3.3.2 Totalämnesanalys

Jord från varje prov (från aluminiumkopporna) trycktes ut i ett tunt lager i en cirkel på ca 5-8 cm i diameter på aluminiumfolie. Varje prov märktes ut på aluminiumfolien. Därefter torkade proverna i rumstemperatur i dragskåp i ett dygn. 11 stycken provrör för mikrocentrifugering märktes upp med respektive provnamn. Den torra jorden för varje prov från aluminiumfolien hälldes över till en mortel och mortlades till ett fint pulver. Därefter överfördes provet från morteln till provröret med hjälp av plastspatel. Minst ett gram torrt propulver överfördes och provrören förslöts noga. Proceduren upprepades för vardera av de 11 proverna. Provrören förvarades mörkt i rumstemperatur tills analys utfördes.

Analysen utfördes med hjälp av instrumentet Elementar Vario MICRO Cube på Chalmers Materials Analysis Laboratory. Vario MICRO Cube är en elementaranalysator av märket Elementar för analys av grundämnena C, H, N, S och O (Elementar, u.å.). Tekniken liknar gaskromatografi men bygger istället för förgasning av proverna på förbränning

i närvaro av syre till gaserna N_2 , CO_2 , H_2O och SO_2 . Instrumentet är avsett för fasta prover som paketeras i små formar av tenn- eller silverfolie innan förbränningen. Helium, eller i vissa fall argon, används som bärgas och gaserna separeras genom kolonnen med hjälp av en temperaturgradient. Instrumentet detekterar sedan gaserna med hjälp av en TCD (Thermal conductivity detector).

Av proverna placerades 4-5 mg med hjälp av en spatel i små tennformar och laddades i instrumentet. Av prov 1A gjordes 3 likadana laddningar för att senare kunna utvärdera ifall analysen gav representativa och jämna resultat för jorden. I övrigt gjordes en analys per prov. Därefter startades analysen, inställd på 90 sekunders förbränning per prov, och data insamlades efter ca 3 timmar.

Resultaten från instrumentet fås för C, H, N och S mätt i viktprocent av den totala provvikten, samt viktkvoterna C/N, C/H. Detektionsgräns för instrumentet är ca 100 ppm.

Resultaten för analysen jämfördes med analysresultat som delats av Svensk kolinlagring. Eurofins utförde, på uppdrag av Svensk kolinlagring, analys av prover som de tog på Vena Säby lantbruk, dessa prover togs 09-01-2023. I denna analys ingick kolprocent i marken samt kol/kväve kvot, analysen utfördes med metoden nära infraröd spektroskopi, NIRS.

3.4 eDNA-analys

Provtagning samt provberedning av eDNA proverna utfördes enligt instruktioner från IVL Svenska Miljöinstitutet, varefter proverna skickades på extern analys till Novogene som utförde analysen på uppdrag av IVL Svenska Miljöinstitutet. Novogene är ett genomikföretag med kontor i Kina, USA, Nederländerna och Japan. Proverna skickades till Novogenes kinesiska avdelning.

Under hela provhanteringen bars plasthandskar, och all utrustning som användes rengjordes mellan varje separat provberedning. 1-liter ziplockpåsar i plast samt 1-liter glassinpapperspåsar som släpper igenom fukt märktes upp. 1 dl kiselgel mättes upp och hälldes i varje ziplockpåse. Därefter lades cirka 3 matskedar av provtagningsmaterialet i respektive glassinpapperspåse. Glassinpapperspåsen förslöts och tejpades ihop. Den lades sedan i motsvarande ziplockpåse. Ziplockpåsarerna stängdes igen och lades för

att torka i rumstemperatur. Följande dagar byttes kiselgelen ut när indikatorn bytte färg, då detta indikerade att kiselgelen var fuktmättad. Efter tre dygn av torkning med kiselgel ansågs proverna tillräckligt torra och skickades vidare för extern analys.

Analysen som utfördes var metabarkoding och sekvensering av svamp (markör ITS2) och bakterier (markör 16S). Resultaten för metabarcodingen redovisades med hjälp av ASV (Amplicon Sequence Variant) med syftet att kvantifiera organismerna i eDNA provet.

Resultaten från Novogene fås i form av jämförelser i olika diagramformer. För dessa jämförelser grupperades fälten utifrån sina egenskaper och växtföljder, presenterad i tabell 1. Grupperingarna gjordes enligt tabell 2. För vissa jämförelser krävdes minst tre prover per gruppering. Då slogs grupper ihop enligt grupperingarna som presenteras i kolumn 2.

Tabell 2: Grupperingar för fälten utifrån deras egenskaper

Grupp 1	Grupp 2	Fält	Beskrivning
g1	g1g4	1A, 1B	Nyligen plöjd mark
g4		2A, 3A	Ettårig vall
g2	g2g3	B	Orörd mark med träd
g3		4C, G, 11C	Flerårig vall
g5		3B, 4A, 4B	Ej vall

Indelning av fälten har gjorts i 5 grupper, som har namngivits g1-5. Denna indelning har gjorts beroende på det som odlas på fälten 2023 samt vad som odlats tidigare år. Grupp g1 var de fält som hade vallbrott hösten 2022 där jorden låg bar över vintern. Grupp 2 innehåller enbart björndungen då detta område ej är ett fält utan har haft björkträd växande under minst 20 år. Grupp 3 är de fält som har flerårig vall. Grupp 4 är de fält som har ettårig vall, 2A med gräset ängssvingel och 3A med vitklöver. Både dessa fält etablerades som insådd 2022. Grupp 5 innehåller höstvetete och höstraps, odlingsgrödor som drar kväve från marken.

Från Novogene beställdes fyra olika analyser, däribland ett s.k. venn flower diagram, en ternary plot, en LEfSe och ett "T-test and metastats". Ifyllningsformulären för de fyra analyserna återfinns i bilaga D.

4 Resultat och tolkning

Kapitlet resultat och tolkning presenterar samt behandlar resultaten från de laborativa delarna av arbetet. Dels är enskilda resultat intressanta, men också potentiella skillnader mellan de provtagna fälten. För att förenkla analys av resultaten presenteras fälten, samt vad som odlas på dessa och deras grupptillhörighet i tabell 3.

Tabell 3: Fält med fältbeskrivning och gruppindelning baserad på nuvarande markanvändning.

Fält	Beskrivning	Grupp
1A	Konservärter, före detta vall	g1
1B	Agroforestry med konservärter och sedan 2021 tre rader träd, två äpple och en rad hassel. Före detta vall	g1
2A	Ängssvingel	g4
3A	Vitklöver	g4
3B	Höstvete	g5
4A	Höstraps	g5
4B	Höstraps, före detta i träda	g5
4C	Andraårig betesvall	g3
Grannen, G	Fyraårig vall	g3
11C	Vall sedan 9 år tillbaka, nysådd 2020	g3
Björkdunge	Dunge med björkträd, används som fårhage har aldrig varit plöjd	g2

Då vi vill se likheter, skillnader, mönster och samband mellan de olika fälten görs olika jämförelser mellan grupperingar av fält som skiljer sig markant mellan varandra. Detta är relevant för att upptäcka skillnader i jordmänen baserat på hur jordbruket bedrivs i en grupp jämfört med en annan. De jämförelser som är av stort intresse är följande:

- En relevant jämförelse är g3g4 jämfört med g5. Detta är fälten med vall jämfört med de fält som inte är vall. Information i teori tyder på att vall skulle kunna innehålla högre halter av näringsvärden och ha större biologisk mångfald än fält med årevisa grödor. Dessa eventuella skillnader är av intresse att undersöka.
- En annan intressant jämförelse vore att se effekten på nyplöjd mark jämfört med obruten mark. Detta undersöks till exempel vid jämförelse mellan g1g4 och g2g3 (plöjd mark och förstaårsvall jämfört med björkdunge och flerårig vall), och

mellan g1 och g2 (nyplöjd mark jämfört med björkdunge). Den senare nämnda jämförelsen visar de två extremerna av spektrat; nyss bruten jord i jämförelse med aldrig bruten.

- Att jämföra g3 med g4 (flerårig vall jämfört med förstaårsvall) samt g1, g4 och g3 (nyplöjd mark, förstaårsvall och flerårig vall) är också av intresse för att undersöka tidens påverkan, likt ovan nämnda punkt. Här fokuseras dock enbart på vall med olika ålder.

Även interna jämförelser inom grupperna är av intresse, dels för att se hur enhetligt en grupp beter sig, men också för att eventuellt kunna peka ut effekterna av specifika skillnader mellan dem. Jämförelser som här är av extra intresse är följande:

- Jämförelse mellan 1A och 1B. Dessa båda fält är i princip samma mark. De gränsar till varandra och bedrivs som samma fält, med samma växtföljd, enda skillnaden är att det på 1B även är agroforestry. Det är intressant att jämföra dessa för att se hur stor skillnad träden gör för odlingen.
- En annan liknande jämförelse är den mellan 4A och 4B. Dessa fält gränsar till varandra och det odlas höstraps på båda. Skillnaden mellan dessa fält är deras historia, där 4B tidigare varit i träda medan det på 4A har odlats sädesslag. Här skulle man kunna utvärdera betydelsen av markens historia.
- Att jämföra gruppen flerårig vall som innehåller fälten G, 4C och 11C är också högst intressant. 4C är tvåårig, grannens vall är fyraårig och 11C är vall sedan 9 år tillbaka (bruten en gång under denna period). Även här, likt vissa av jämförelserna beskrivna ovan, skulle resultatet kunna säga något om hur vallens ålder påverkar jordmånen.
- Ytterligare en aspekt som är relevant är att jämföra samtliga fält som ligger nära vattendrag med övriga fält. Detta för att utesluta att avrinning till ån påverkar ämneshalter avsevärt. Fälten som ligger nära ån på Säby gård är 3A, 3B, 4A, 4B och 4C. Dessa bör jämföras med övriga fält på Säby gård; 1A, 1B, 2A och björkdungen.

Dessa jämförelser kommer hänvisas till och göras i senare skede, som en del i tolkningen av våra resultat.

4.1 Resultat ämnesanalys

Resultaten från ämnesanalyserna, det vill säga både från TOC-analysen av vattenlösliga ämnen samt från elementaranalysen, presenteras i detta avsnitt. De presenteras först var för sig för att sedan sammanställas, tolkas och analyseras i slutet av avsnittet.

4.1.1 Analys av vattenlösliga ämnen

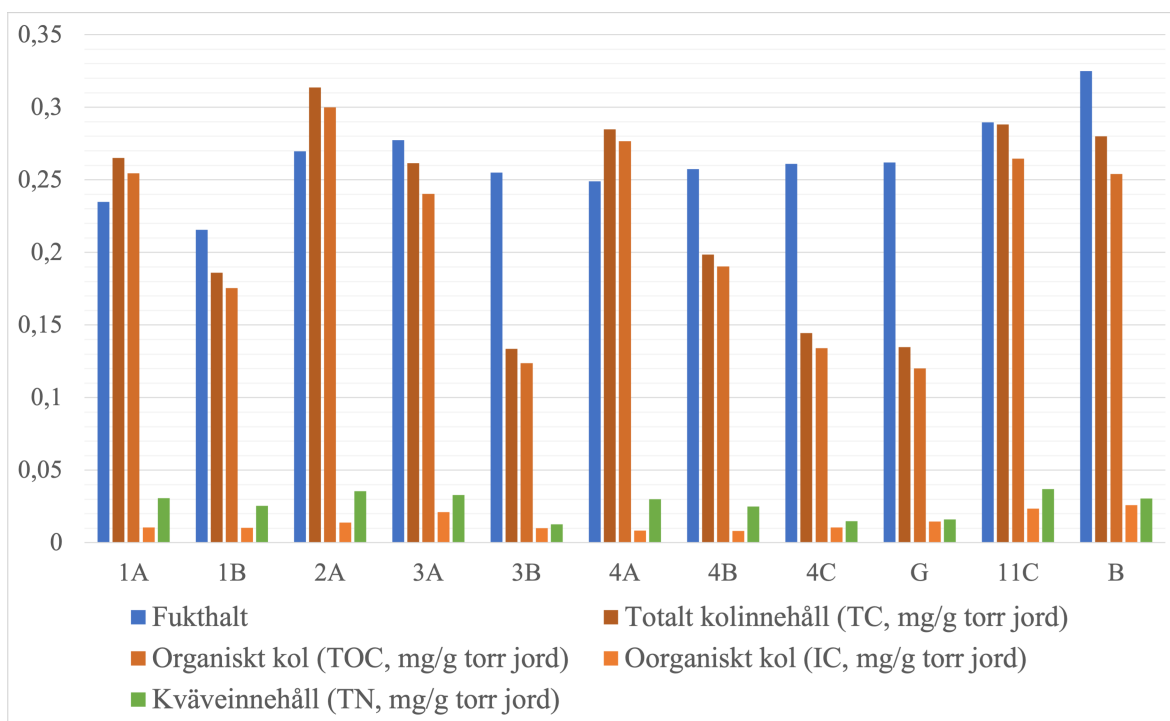
I bilaga C presenteras laborationsresultaten från analysen av vattenlösliga ämnen enligt metoden som presenteras i avsnitt 3.3.1.

För att kompensera för olika vatteninnehåll och provvikt räknades resultaten i bilaga C om enligt ekvation 2 till att mäta ämnesinnehåll per gram torrsubstans av jorden. De omräknade, och därmed jämförbara, resultaten för både kvävehalt och de olika kolhalterna återfinns i tabell 4.

Tabell 4: Resultat för vattenanalys, samt fukthalten i jordproverna. TJ står för torr jord

Fält	Fukthalt (%)	Kväveinnehåll (mg/g TJ)	Totalt kol (mg/g TJ)	Organiskt kol (mg/g TJ)	Oorganiskt kol (mg/g TJ)
1A	23.47	0.0308	0.2651	0.2545	0.0106
Agroforestry, 1B	21.55	0.0255	0.1859	0.1755	0.0104
2A	26.97	0.0355	0.3136	0.2999	0.0138
3A	27.73	0.0329	0.2614	0.2403	0.0212
3B	25.49	0.0126	0.1337	0.1237	0.0101
4A	24.91	0.0301	0.2849	0.2766	0.0083
4B	25.75	0.0250	0.1986	0.1904	0.0082
4C	26.10	0.0149	0.1445	0.1340	0.0105
Grannen, G	26.20	0.0161	0.1347	0.1201	0.0146
11C	28.97	0.0371	0.2882	0.2646	0.0236
Björkdunge, B	32.49	0.0306	0.2799	0.2540	0.0260

I tabell 4 är resultaten jämförbara med varandra. Vad gäller fukthalt var björkdungen högst, medan jorden i 1B, agroforestry, var torrast. Gällande kväveinnehåll hade 11C den högsta halten och 3B den lägsta, medan för kolhalten var 3B tillsammans med G istället de högsta. För tydligare jämförelse av resultaten i tabell 4 finns resultaten plottade i figur 2, där samma benämningar som i tabell C.1 används för de olika ämnesgrupperna.



Figur 2: Jämförelse av resultaten från analys av vattenlösliga ämnen

Det totala kolinnehållet (TC, mörkt orange) är summan av organiskt kol (TOC, orange), som utgör den absolut största delen, och oorganiskt kol (IC, ljus orange) som finns i betydligt mindre mängd. Totalkol och organiskt kol följer samma mönster, medan oorganiskt kol inte riktigt håller sig till mönstret. Man kan i vissa fall se att högre kolhalt också medför högre mineralisk kolhalt, men detta är inte konsekvent.

Staplarna för totalt kolinnehåll respektive kväveinnehåll följer också relativt väl samma mönster. Vid höga kolhalter finns även tendenser till högre kvävehalter och vice versa. Detta indikerar att det finns ett samband mellan kolhalten i jorden och jordens förmåga att binda kväve.

4.1.2 Totalämnesanalys

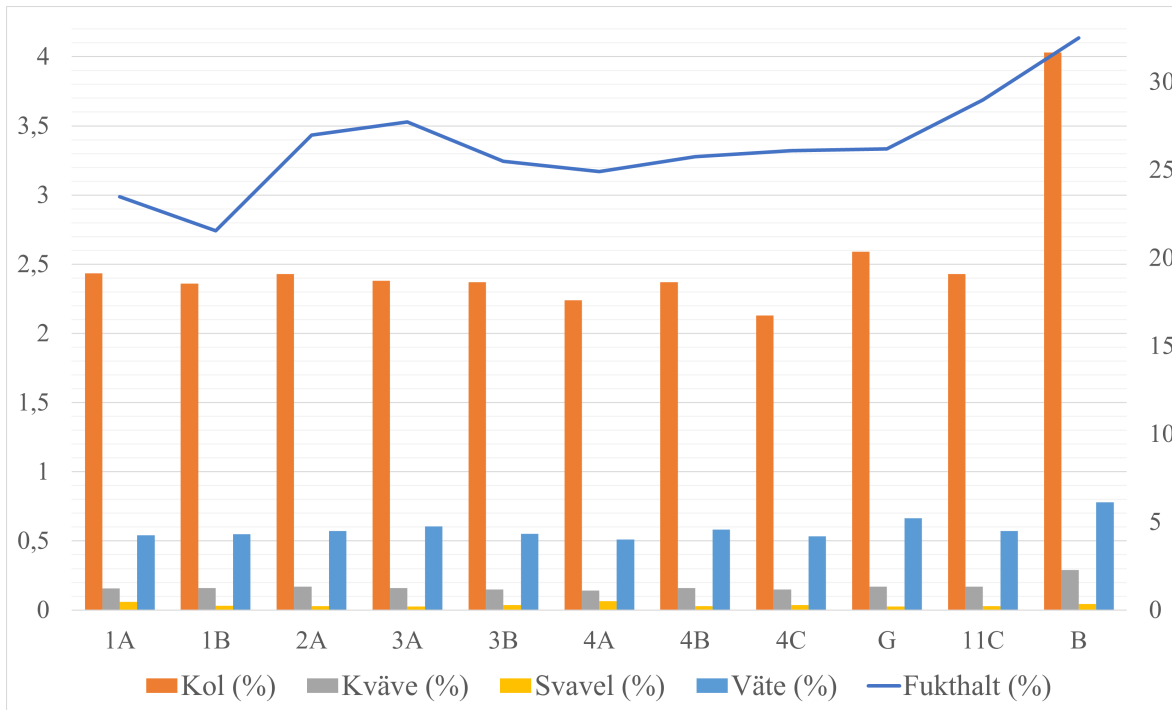
Resultatet från den totala grundämnesanalysen med Elementar MICRO Vario Cube visas i tabell 5. Från elementaranalysen gavs resultaten direkt i vikt%, och resultaten är därmed direkt jämförbara med varandra och behöver inte räknas om.

Tabell 5: Resultat totalämnesanalys. Samtliga resultat för kväve och svavel hamnade under instrumentets kvantifieringsnivå.

Fält	Kväve (%)	Kol (%)	Väte (%)	Svavel (%)
1A	0.15	2.51	0.561	0.092
1A	0.15	2.39	0.519	0.051
1A	0.17	2.40	0.539	0.037
Agroforestry, 1B	0.16	2.36	0.548	0.03
2A	0.17	2.43	0.571	0.029
3A	0.16	2.38	0.606	0.027
3B	0.15	2.37	0.559	0.035
4A	0.14	2.24	0.511	0.065
4B	0.16	2.37	0.581	0.029
4C	0.15	2.13	0.533	0.036
Grannen, G	0.17	2.59	0.663	0.025
11C	0.17	2.43	0.571	0.029
Björkdunge, B	0.29	4.03	0.779	0.045

De mycket små halterna av kväve och svavel ligger över detektionsnivå men under kvantifieringsnivå för instrumentet. Det kan därmed konstateras att det förekommer både svavel och kväve i proverna men halterna som anges kan inte anses tillförlitliga. Dock är kvävemängden enligt uppmätt värde märkbart högre för björkdungen än övriga, så det kan ändå eventuellt indikera en högre nivå.

Prov 1A analyserades tre gånger för att se hur jämna resultat analysen gav. Som synes i tabell 5 är den största avvikelser för kolhalten på testerna för samma prov 0,12 %-enheter. Alltså kan en viss varians, på åtminstone 0,1 %-enheter för kolhalt, finnas utan att det behöver indikera skillnader mellan fälten. För att slutsatser ska kunna dras behöver skillnaderna vara större än så. Resultaten i tabell 5 är presenterade som staplar i figur 3 för enklare jämförelse mellan de olika fälten.



Figur 3: Jämförelse av resultaten från totalämnesanalysen tillsammans med fukthalt

Det blir tydligt i stapelform att björkdungen har högre halt av kol, ca 1,5 %-enheter högre, eller ca 70 % jämfört med övriga fält som har ett medelvärde på ca 2,4 %. Om man kan anta att kvävenivån ändå är högre här, trots att det är under den egentliga kvantifieringsnivån, så visar även kvävet samma trend som kolet. Utöver det har grannens fyraåriga vall något högre kolhalt och strax efter denna syns det att 1A, 2A, och 11C ligger precis under 2.5 %. Lägst kvävehalt har 4C. Dessa skillnader är dock så små att de inte kan uteslutas bero på analysmetodens osäkerhet, eftersom samma prov, enligt tabell 5 kan variera med ca 0,1 % kol. Samtliga fält utom björkdungen kan alltså antas ligga på ungefär samma kolhalt, ca 2-2,5 %.

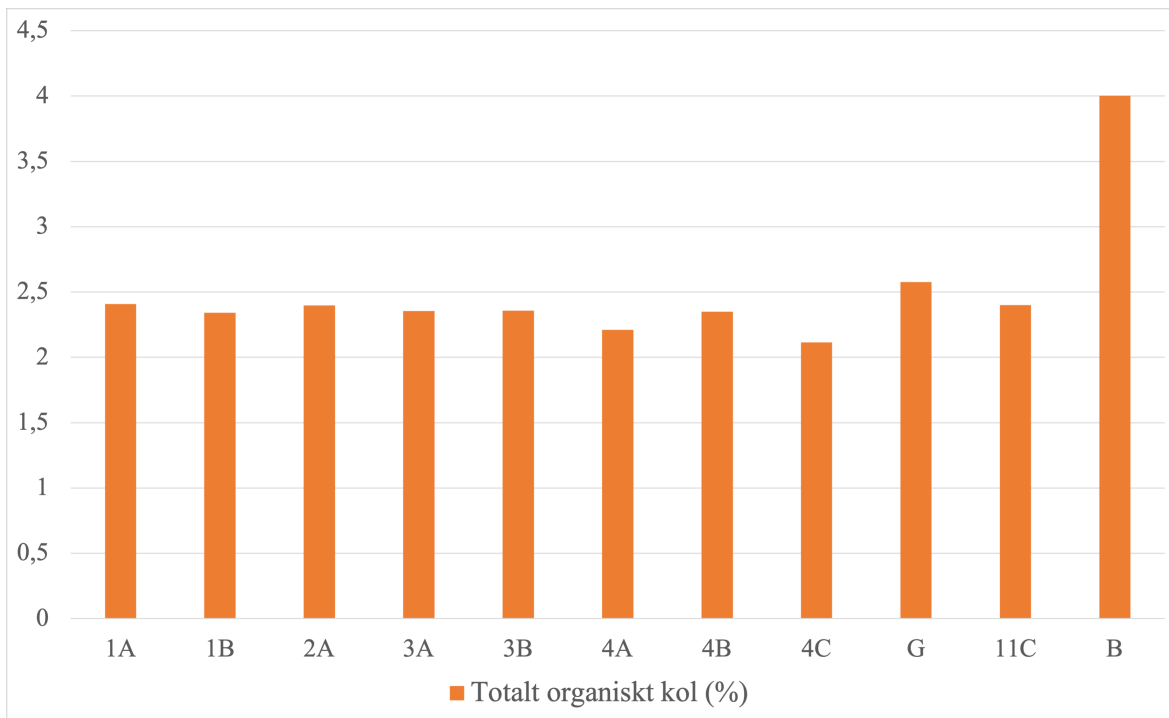
Analysresultaten presenterade i tabell 6 kommer från en analys utförd av Eurofins på uppdrag av Svensk kolinlagring för Vena Säby lantbruk. Det som provtagits och testats är fält 1A och 10A, enligt givna GPS-koordinater för dessa provpunkter ligger både 1A och 10A på det som i figur 1 kallas för 1A. 10A ligger här på gränsen mot agroforestry, 1B. GPS-koordinater för Svensk kolinlagrings provpunkter finns i bilaga B.

Tabell 6: Eurofins resultat för NIRS analys på fält 1A och 10A

Fält	TC (%)	TOC (%)	IC (%)	C/N kvot	C/S kvot
1A	2.0	1.96	0.03	12/1	54/1
10A	2.70	2.71	0.03	13/1	98/1

Värdena från tabell 6 och fält 1A stämmer relativt väl överens med de som gavs från den egna elementaranalysen i tabell 5.

Det totala kolet i jorden utgörs av vattenlösligt kol tillsammans med organiskt bundet kol. I och med att vi har analyserat totalt kol i jorden med elementaranalysen, samt vattenlösligt kol (ickeorganiskt kol + organiskt kol mindre än 45 μ m) med TOC-analysen, så kan även mängden organiskt bundet kol (större partiklar än 45 μ m) beräknas, enligt $Totalt\ organiskt\ kol = Kol(\%) - TC(mg/g\ torr\ jord) \times 0.1$. Där kolvärdet (%) kommer från elementaranalysen och tabell 5. TC är det totala kolinnehålet från den vattenlösliga ämnesanalysen i tabell 4 multiplicerat med 0.1 eftersom det angivna värdet är i promille (‰) eller mg/g torr jord och det som eftersöks är procent (%). De beräknade värdena presenteras i figur 4.



Figur 4: Totalt organiskt kol i % för partiklar större än 45 μ m

Diagrammet över organiskt kol i figur 4 är nästan identiskt med det över totalt kol från elementaranalysen. Detta på grund av att mängden vattenlösligt kol är i storleksordning 100-1000 gånger mindre än totalkolet (1 % till 0,01 %) och därmed gör subtraktion av detta i princip ingen skillnad.

4.1.3 Resultatsammanställning och jämförelser

En översiktsbild och sammanfattning av resultaten från de olika analyserna presenteras i tabell 7. Utifrån denna tabell görs nedan jämförelser mellan fält och grupper för att påvisa förekomst eller avsaknad av mönster och samband. I jämförelserna benämns kol- och kvävehalt från vattenanalysen som ”vattenlösliga ämnen”.

Tabell 7: Översiktsbild av resultat. Färgskalan går från grön till gul, orange och slutligen röd för att spegla låga (gröna) till höga (röda) halter.

Fält	Grupp	Fukthalt (%)	Totalt kväve, vattenanalys (mg/g TJ)	Totalt kol, vattenanalys (mg/g TJ)	Total kol, elementaranalys (%)
1A	g1	23.47	0.0308	0.2651	2.43
1B		21.55	0.0255	0.1859	2.36
2A	g4	26.97	0.0355	0.3136	2.43
3A		27.73	0.0329	0.2614	2.38
3B	g5	25.49	0.0126	0.1337	2.37
4A		24.91	0.0301	0.2849	2.24
4B		25.75	0.0250	0.1986	2.37
4C	g3	26.10	0.0149	0.1445	2.13
G		26.20	0.0161	0.1347	2.59
11C		28.97	0.0371	0.2882	2.43
B	g2	32.49	0.0306	0.2799	4.03

I tabellen syns att det är relativt lika värden på total kol för elementaranalysen genomgående för samtliga fält, bortsett från Björkdungen, B. Detta indikerar att det totala kolinnehållet i jorden är ungefär samma för alla prover utom björkdungen, men att andelen vattenlösligt kol kan variera.

Grupp g1 (nyligen plöjd mark) anses vara relativt enhetlig med genomgående låg fukthalt. Vattenanalysen ger lite varierande, men i snitt medelhöga halter av kväve och kol jämfört med resterande grupper. Vid jämförelser av fält inom g1 har 1A (plöjd mark) en högre halt av vattenlösliga ämnen jämfört med 1B (plöjd mark, agroforestry) samt en högre fukthalt.

Värdena för g2 (orörd mark med träd), som enbart utgörs av björkdungen, anses vara höga genomgående. För detta fält skiljer sig även värdet inom totalt kol på elementaranalysen och är markant högre än övriga.

Inom gruppen g3 (flerårig vall) är värdena lite spretiga. 4C (flerårig vall, 2 årig) och G (flerårig vall, 4 årig) är relativt enhetliga. Den äldsta åkern, 11C (flerårig vall, 11 årig), har markant högre värden för vattenlösliga ämnen samt fukthalt.

Värdena för grupp g4 (ettårig vall) är relativt enhetliga med en medelhög fukthalt i jämförelse med andra fält. Avseende vattenanalysen så har gruppen höga kväve- och kolvärden. Inom gruppen så har 4A (höstraps) en markant högre halt av vattenlösliga ämnen jämfört med 4B (höstraps, träda), särskilt avseende kolvärden men även värden för kväve, trots en något lägre fukthalt. Värt att notera är att kol för elementaranalysen tvärtemot är lägre för 4A jämfört med 4B.

Värdena för grupp g5 (ej vall) är spretiga. Det är relativt lika värden för fukthalt inom gruppen men värdena från vattenanalysen varierar kraftigt. Detta gör det svårt att göra relevanta jämförelser för denna grupp relativt andra grupper.

Samtliga grupper skiljer sig åt så mycket att ingen av de sammansatta grupperna (g1g4, g2g3 eller g3g4) uppvisar tillräckliga likheter för att kunna användas för relevanta jämförelser. Vid jämförelser mellan grupper används relevanta jämförelser som specificerats i avsnitt 4 och tabell 3.

Vid jämförelse mellan de två extremerna i spektrat, g1 (nyligen plöjd åker) och g2 (björkdunge), kan noteras att fukthalten för g2 är betydligt högre än för g1. Kvävehalten för 1A och björkdungen är nästan identisk, medan det vattenlösliga kolet ligger något högre, dock ingen betydande skillnad. Som tidigare nämnt sticker värdet på totalkol från elementaranalysen ut och är markant högre för björkdungen.

Vid jämförelse mellan g3 (flerårig vall) och g4 (första årets vall) kan man se att den förstaåriga vällen har högre nivå av vattenlösliga ämnen än den fleråriga vällen. Grupperna har liknande fukthalt. att observera är dock att 11C (den äldsta vällen) sticker ut lite ur sin grupp (g3) och överensstämmer mer i värde med fälten i g4 (ettåriga) än med de andra fälten i den egna gruppen. En förlängning av jämförelsen ovan är att även titta på de olika vall-grupperna i jämförelse med nyligen plöjd mark (g1). Här kan noteras att värdena för vattenlösliga ämnen för g1 ligger mellan värdena för g3 och g4, och följer alltså inte något mönster vad gäller tiden som gått sedan marken plöjdes. Grupp g1 har mycket lägre fukthalt än de andra.

Vad gäller de fält som gränsar till vatten (3A, 3B, 4A, 4B, 4C) i jämförelse med övriga fält på Säby gård (1A, 1B och 2A) så verkar det inte finnas några trender och samband.

Det observeras alltså inga nämnvärda skillnader med fält nära vattendrag kontra fält som inte gränsar till vatten.

4.2 Resultat eDNA-analys

Pågrund av omständigheter utanför vår kontroll så kom inte eDNA resultaten inom en rimlig tid. Det tog längre än den tid som från början var lovad från Novogene att få resultatet, arbetet var från start uppbyggt så att både analys av proverna och diskussion av resultatet skulle hinnas med. Provsvar skulle anlända vecka 17, arbetet avslutades vecka 21 och då hade dessa ännu inte kommit. Eftersom kandidatarbeten sker under tidspress så behövde arbetet avslutas innan dessa resultat hann komma. Därför finns inga resultat från eDNA-analysen att redovisa.

De jämförelser som beställdes från Novogene var de ovan beskrivna relevanta jämförelserna. Då möjlighet gavs beställdes även fler jämförelser än de som angivits ovan, se bilaga D. Resultaten från dessa jämförelser skulle ha jämförts med resultaten från ämnesanalyserna för att kunna finna eventuella mönster och samband mellan dem, kopplat till jordbrukstyp på marken.

5 Diskussion

I diskussionen går vi igenom och diskuterar de resultat och analyser som gjorts, grundat i teorin som presenteras i rapporten med syfte och frågeställningarna som utgångspunkt. Vi tittar på eventuella osäkerheter och förbättringsmöjligheter som finns i arbetet och tar med oss det till framtida projekt inom området. Vi diskuterar också vad arbetet kan bidra med dels för den enskilde jordbrukaren men också för samhället.

5.1 Val av metod

Vid val av metod togs flera aspekter i beaktning. Anledningen till att vi i stor utsträckning genomförde en laborativ studie och inte en litteraturstudie hade att göra med att det inte finns tidigare studier som tittar på korrelationer mellan eDNA och växtnäringsämnen eller eDNA och kolhalt i jorden. Näringsämnen för olika typer av markanvändning testas kontinuerligt på jordbruk eftersom det är en del av att bevara jordens kvalitet. Jordbrukets möjligheter att lagra mer kol än vad som tidigare gjorts är också något som diskuteras och undersöks mer och mer. Det är bland annat redan vedertaget att ekologiska jordbruk har mer kolrik jord än konventionella. Att mäta biologisk mångfald med hjälp av eDNA är däremot ganska nytt. Det är ett område inom forskningen som tidigare har varit både tidskrävande och dyrt men metoderna utvecklas fort. Det finns mycket forskning som tittar på hur eDNA kan fungera som mätmetod, men forskning där man undersöker om det finns korrelationer och jämförelser mellan eDNA och metoder som bidrar till bättre kolinlagring och en hälsosammare jordkemi är ett område som inte är undersökt i någon större utsträckning än.

Valet föll på att göra en jämförande fallstudie där prover togs på flera punkter på ett antal åkrar på den ekologiska och KRAV-märkta gården Vena Säby lantbruk i Brålanda. Anledningen till att det blev en fallstudie och inte en studie på flera gårdar är mycket baserat på att projektet är både ekonomiskt och tidsbegränsat. Vena Säby lantbruk och ägarna till detta är mycket intresserade av potentialen med ekologiskt jordbruk och hur olika lösningar och markanvändningssätt påverkar jorden och dess näringsämneshalter, men också den lokala biologiska mångfalden. De var därför intresserade av att ställa upp som objekt för vår fallstudie. I och med att studien enbart genomfördes på Vena Säby lantbruk är resultaten något begränsade och slutsatser om hur markanvändning påverkar mängden växtnäring, förmåga att lagra kol och biologisk mångfald i jorden

kan därmed enbart göras lokalt, snarare än nationellt och internationellt.

Det hade givetvis, med andra förutsättningar, varit lämpligt att besöka och undersöka fler gårdar runtom i Sverige, både ekologiska och konventionellt drivna, för att på ett bättre sätt kunna jämföra och dra slutsatser av resultaten. Alla proverna, utom två, togs på en och samma gård men även de två proverna från den andra gården kan anses ligga inom ett liknande, om inte samma, geografiska område eftersom all mark i området har samma typ av jordart. Detta är dock något som bör tas i beaktning då vi inte helt säkert kan säga vilken inverkan de geografiska olikheterna har på provresultaten. Ett bredare studieunderlag är något som vi rekommenderar för större projekt i framtiden då detta hade bidragit till mer allmängiltiga slutsatser och antaganden.

Val av provtagningsmetodik och sedermera analysmetoder och eDNA-analys berodde även detta mycket på de tidigare nämnda ekonomiska och tidsbegränsande aspekterna. Provtagningsmetodiken som använts på plats på Vena Säby lantbruk är den som IVL Svenska Miljöinstitutet rekommenderar för eDNA-provtagning, eftersom studien delvis syftade till att testa om det var möjligt att kombinera eDNA-metodik med klassisk växtnäringssämnesprovtagning togs alla prover på plats på detta sätt. Analysmetoderna valdes utefter de förutsättningar vad gäller analysutrustning och laborationslokaler som finns lokalt på Chalmers tekniska högskola. Miljö & Vattenlabbet använder samma utrustning som SLU gör i sina standardmetoder för vattenprover, och elementaranalys är ofta använt för total näringsämnesanalys men då generellt med större provmängder än de som var möjliga med det instrument som användes i denna studie.

För denna rapport har det varit intressant att titta på om olika växtföljder eller markanvändningsmetoder såsom ålder på vall, årliga grödor eller agroforestry har några större inbördes skillnader, trots att alla prover tagits inom ett litet geografiskt område. Till framtida projekt hade det varit intressant att jämföra andra aspekter för att mer heltäckande kunna kartlägga vilka aspekter som påverkar biodiversitet och näringsinnehåll i jorden. Sådana aspekter att undersöka skulle kunna vara konventionellt jordbruk kontra ekologiskt, olika geografisk plats samt olika jordarter.

5.2 Studiens tillförlitlighet

För att få förståelse för studiens grad av tillförlitlighet och dess möjlighet till applicering på andra sammanhang, så diskuteras här ett antal aspekter från undersökningen att

ta hänsyn till, de eventuella osäkerheter som dessa aspekter skulle kunna medföra och hur riskerna vägs i sammanhanget. En risk med fältprovtagningen som utfördes är kontaminering om jord transporteras från ett fält till ett annat. För eDNA-analysen är risken att en del DNA från en eller flera organismer kan ha transporterats från sin ursprungspunkt till en annan punkt där organismerna egentligen ej bör påträffas. Vi anser att risken för kontamination via transport av jord mellan olika fält är väsentlig då exempelvis personer och djur rör sig över flera fält dagligen, och då kan bidra till att transportera DNA från en plats till en annan via markkontakt. Transport av DNA skulle påverka vår eDNA-analys i stor utsträckning eftersom vi ämnar undersöka skillnader mellan olika sorters organismer och arter baserat på vad för sorts fält de befinner sig på. Transport av jord mellan olika fält skulle också påverka vatten- och totalämnesanalysen, men inte i samma utsträckning som för eDNA-analysen. Detta eftersom kväve inte är lika platsspecifikt som DNA från olika organismer, och därmed ändras inte resultatet i lika stor utsträckning om viss kontamination sker.

Provtagningsmetoden som har använts är en standardmetod för provtagning av eDNA och är därmed väl testad. Eftersom den översta jorden vid markytan, enligt metoden, avlägsnades innan provtagning skedde (provtagning skedde 5 cm under markytan), minskas risken för kontamination avsevärt. Riskerna med kontamination anses därmed relativt små. En möjlig källa till kontamination skulle kunna vara bristande rengöring av utrustning innan varje fält. Rengöring gjordes dock enligt instruktioner för eDNA-provtagning och risken anses vara relativt liten, speciellt gällande engångshandskar då dessa byttes mellan varje fält. Det är dock en viktig aspekt, speciellt för eDNA, då även lite kontamination kan ha stor inverkan på proverna.

Det är viktigt att ta jordproverna på ett representativt sätt för att få en korrekt bild av innehållet i jorden. Därför togs flera prover på samma fält och dessa homogeniserades sedan för att få ett medelvärde för varje fält. Homogeniseringen kan däremot påverka fältresultatens tillförlitlighet om den inte var fullgod, vilket finns en betydande risk för då homogeniseringen gjordes manuellt. Detta är speciellt viktigt att ta hänsyn till med tanke på de små provmängder som togs och de små provmängder som analyserades, speciellt vid totalämnesanalysen. Dessutom togs endast ett urval av provpunkter på varje fält, vilket inte kan ge en fullständig representation av fältet. Det skulle också kunna innebära att det finns risk att missa vissa arter som enbart finns på delar av ett fält, och då skulle vi inte erhålla en eDNA-analys som är helt representativ för fältet. Det kan också finnas skillnader i fördelningen av kväve på fälten, vilket gör att även detta resultat riskerar att inte bli representativt för hela fältet.

Gällande kväveanalysen finns det aspekter som skulle kunna påverka noggrannheten och tillförlitligheten hos resultaten. För att mäta halten vattenlösligt kväve gjordes två parallella analyser, en analyserade kvävehalten per gram blöt jord och den andra analyserade fukthalten. När det gäller vattenanalysen som utfördes förekommer flera olika felkällor som kan påverka resultatets tillförlitlighet. Vid analys av fukthalten vägdes varje prov med 0,01 grams noggrannhet. Trots vågskalans noggrannhet kan det finnas avvikelser och osäkerheter i mätningarna, detta på grund av luftrörelser och mätvägens egenskaper. Det bör nämnas att dessa osäkerheter och avvikelser ger utslag på tredje decimalen. Därmed påverkar det inte resultatet anmärkningsvärt.

Ytterligare en aspekt som bör tas i beaktning är vilka slutsatser man kan dra från de vattenlösliga jordprovresultaten och hur applicerbara våra resultat från vattenanalysen är när det kommer till att dra slutsatser gällande kvävehalten i jorden. Den vattenlösliga kvävemängden är inte den samma som den totala kvävemängden i jorden, eftersom långt ifrån allt kväve i jorden löser sig i vatten. Att det fortfarande finns olöst kväve i proverna medför alltså att de vattenlösta kvävemängderna endast kan jämföras sinsemellan, för att se vilket prov som har störst andel löst kväve i sig. Detta bör representera den totala kvävehalten relativt väl, men det finns risk för att olika prover har olika benägenhet att släppa kväve beroende på fukthalt och grovkornighet.

Vidare kan nederbörden på provtagningsmarken ha en betydande påverkan på mängden näringsämnen i marken och därmed kvävehalten i jordproverna. En del av näringsämnena i jorden följer med vattnet vid vattenavrinning (det som i stor skala kallas urlakning), vilket medför en lägre halt kväve i en nederbördsrik period. Provtagningsfälten 3A, 3B, 4A, 4B och 4C se figur 1 ligger dessutom i nära anslutning till vattendrag vilket kan göra att dessa fält har något högre avrinning, och därmed större förlust av näringsämnen. Eftersom det är så pass liten del av fälten som ligger i anslutning till vattendraget bör det inte ha någon betydande påverkan på enskilda fält. I studien jämfördes dessutom dessa fält med övriga för att se ifall någon märkbar effekt av eventuell avrinning upptäcktes, och resultatet blev att ingen skillnad kunde identifieras. Alltså kan fältens närhet till vatten försummas. Trots detta bör det nämnas att det under perioden innan insamling av jordproverna kom omfattande mängder regn under relativt lång tid. Detta skulle kunna ha bidragit till avrinning, främst för de fält i nära anslutning till vattendrag.

En aspekt att ta i beaktning gällande eDNA-metoden är att den inte säger någonting om hälsotillståndet hos de påträffade organismerna, vilket gör att vi ej vet huruvida organismerna som påträffas var levande eller döda. En risk är då att resultatet från

eDNA undersökningen indikerar på en viss biologisk mångfald, som kanske har levt men inte längre lever i området. Denna risk tror vi dock är låg då inget indikerade på att någon plötslig förändring har skett i området den senaste tiden. En annan osäkerhet gällande eDNA-metoden är att det är svårt att veta hur många organismer som befinner sig på platsen, eftersom andelen DNA som organismerna avger varierar beroende på olika faktorer så som art, livsstadium, storlek och var i reproduktionscykeln de befinner sig. Även om vi inte hade kommit att veta exakt hur många individer som finns av varje art kommer metoden visa vilka arter som finns samt ungefärlig populationsstorlek på dessa arter. Det finns också en risk att vissa arter ej detekteras på grund av att det existerande barcodingbiblioteket ej är fullständigt, men denna risk tror vi är relativt låg. Det är också oklart hur noggrann mätningen som utfördes av Novogene var, men troligen var den tillräckligt noggrann då företaget arbetar med eDNA-analys.

Viktigt att nämna är att jordproverna togs precis innan grundgödning genomfördes på gården, dvs då näringsvärdet är som lägst. Skulle detta faktum bortses från, kan en analys av proverna resultera i felaktiga antaganden om hur ekologiskt jordbruk påverkar näringsvärdet i jorden vid jämförande med andra värden tagna efter grundgödning. Prover som tas direkt efter gödning kan ge en överdriven bild av näringsinnehållet i jorden eftersom gödseln inte haft tillräckligt med tid att påverka näringsinnehållet. För att få en mer rättvis bild av hur kvävenivåer och andra relevanta näringsvärden i jordmånen förändras under året, skulle jordprover istället kunna tas vid ett flertal olika tillfällen under året. Detta var inte möjligt att genomföra under tiden rapporten skrevs, men rekommenderas till framtida studier.

5.3 Näringsämnesanalys

Efter reflektioner kring metodval och osäkerheter kan resultat från näringsämnesanalysen och potentialen med eDNA-metodik diskuteras. Då en nödvändig del i metoden för analysen av vattenlösliga ämnen var att ta reda på fukthalt så lades denna till som parameter att jämföra kol- och kvävehalter med. En fundering uppstod gällande om kol- och kvävehalt, utöver eventuella samband med typ av odling också har tydliga samband med fukthalten, samt om fukthalt och typ av odling korrelerar.

Som belyses i resultatet följer kol- och kvävevärdet från TOC-analysen av vattenlösliga ämnen samma mönster. När kvävet är högt så är även kolvärdet det och vice versa.

Elementaranalysen följer dock inte samma mönster, utan ger jämn kolnivå för samtliga prov utom björkdungen. Värt att notera här är att vattenanalysen har betydligt högre noggrannhet, där värden ges i mg/g som är det samma som ‰ med fyra decimaler, medan elementaranalysen ger värden i ‰, med en osäkerhet på åtminstone 0,1 ‰. Därmed uppfattas inte allt för små variationer i totalt kol i jorden. Med elementaranalysens noggrannhet så kan all brukad jord anses ha ungefär samma kolvärde och därmed ungefär samma mullhalt. Björkdungens totala kolvärde är däremot betydligt högre, vilket betyder att mer kol har lagrats in i den obrutna marken. Utan att mäta förändring över tid kan kolinlagring inte med säkerhet konstateras, då jordens tidigare status inte går att veta något om. Även om så är fallet är detta ändå en stark indikation på att mark som inte bryts bidrar till ökad kolinlagring. Dess högre närings- och fukthalt indikerar också att en kolrikare jord binder näring och vatten bättre.

En annan aspekt att ta hänsyn till med björkdungen är att björkarna som växer där är mycket stora. Därmed finns möjlighet att björkdungens utstickande värden även kan bero på träden. Fält 1B, agroforestryn, har även det träd. Situationen här ser dock väldigt annorlunda ut, med nybruten mark och unga träd, bara tre år, på omkring en meter i höjd. Likheterna mellan agroforestryn och björkdungen är få, med fukthalten för 1B som den absolut lägsta av de provtagna fälten och vattenlösliga ämnen i halter på lägre än medel, medan björkdungen har relativt höga halter av vattenlösliga ämnen och en fukthalt som är det högsta uppmätta. Markernas olikheter verkar alltså fortfarande vara mer betydande än det faktum att det växer träd på båda, och inga effekter av träden kan ännu utläsas på 1B. Att ingen effekt kan utläsas behöver däremot inte bero på att agroforestry som koncept inte fungerar utan snarare på trädens ålder, det tar lång tid för träd att utveckla fullgoda rotsystem.

Vid jämförelse mellan 1A och 1B har man i stort sett inga olikheter bortsett från att det på agroforestryn växer träd. I övrigt odlas samma gröda och fälten har samma historia. Skillnaderna som går att upptäcka är att 1B är ca 2 ‰-enheter torrare, och har lägre halter av vattenlösligt kol och kväve. Dessa skillnader kan alltså vara en effekt av träden, som tar upp mer vatten och dränerar jorden mer, samt även använder upp en del av de vattenlösliga näringsämnen. Med tanke på att träden på agroforestryn är så unga och än så länge inte har särskilt utbredda rotsystem är dock frågan ifall dessa skillnader rimligtvis kan ha med träden att göra. Vid trädraderna finns också remsor av oplöjd jord. Växtligheten på dessa remsor kan påverka närliggande mark och vara en faktor i skillnaden vi såg.

För fälten 4A och 4B är situationen omvänd, det odlas nu samma gröda på dem,

men deras historia skiljer sig åt, där 4B har varit i träda medan 4A har brukats i spannmålsodling. 4B uppvisar högre fukthalt men lägre halt av vattenlösliga ämnen, med särskilt markant skillnad vad gäller vattenlösligt kol. Alltså tyder jämförelsen på att marken som varit i träda håller mer vatten men har lägre näringsnivåer vad gäller vattenlösliga ämnen. Detta kan tänkas bero på att 4A har gödlats tidigare år till skillnad från 4B och att en del av denna gödning fortfarande kan finnas kvar i marken. Det kan också tänkas att marken som varit i träda och sedan plöjts upp plötsligt kan släppa ifrån sig mer vattennäringsämnen till avrinningsvatten och därmed blir urlakad. Det borde dock isåfall även gälla vatten, vilket skulle innebära en lägre fukthalt, och därför anses förklaringsmodellen gällande gödslingens betydelse rimligare.

Gällande agroforestryn korrelerade en lägre fukthalt med lägre halter av vattenlösliga ämnen. Vid jämförelse mellan 4A och 4B var sambandet dock det motsatta, där fältet med högre fukthalt hade lägre halter av vattenlösliga ämnen. För resterande fält är det också svårt att hitta något mönster. Visserligen återfinns de högsta värdena för vattenlösligt kol och kväve där även fukthalterna är höga, vilket är logiskt då en jord som håller vatten bättre troligtvis inte heller har lika hög avrinning av vatten och därmed näringsämnen i vattnet. Mönstret är dock inte konsekvent nog att med säkerhet konstantera ett samband.

Ett samband som däremot är tydligt är att fukthalten korrelerar med hur marken odlas, där nyplöjd jord ger lägst fukthalt, medan björkdungen med obruten jord och träd med stora rotsystem ger högst. Däremellan kommer anuella grödor, med relativt låg fukthalt, förstaårig vall (perenna växter) med högre fukthalt och till sist flerårig vall med liknande fukthalt som den förstaåriga vallen bortsett från 11C, som är äldst och har högre fukthalt än de övriga. Man ser alltså ett tydligt samband mellan fukthalt och tidsaspekten på odlingen/marken, där nyplöjd jord och anuella grödor håller vatten sämre än perenna grödor och mark där jorden har varit obruten under längre tid.

Om man fokuserar på samtliga fält med perenna grödor, vallodlingarna, och deras ålder, är skillnader i fukthalt inte markant. Vad gäller ämneshalter kan eventuella samband diskuteras. Vid jämförelse mellanfälten som är flerårig vall; 4C (andraårig), G (fjärdeårig) och 11C (vall sedan 9 år, nysådd en gång under dessa), syns att 11C har markant högre ämneshalter från vattenanalysen än övriga. Detta kan tänkas indikera att längre tid av obruten mark skulle innebära att jorden håller vattenlösliga ämnen bättre. Vid studerande av de yngre vallodlingarna (2A, 3A, 3B) så syns dock samma tendens som för 11C, nämligen högre halter av vattenlösliga ämnen. Detta talar emot att det skulle finnas ett linjärt samband. Istället kan man resonera kring ifall det istället

kan vara så att de unga vallodlingarna med mindre växter och rotsystem inte tar upp de vattenlösliga ämnena i samma utsträckning som äldre vall. Varför då 11C även uppvisar liknande värden är svårt att säga något om. Det tycks alltså inte finnas något tydligt samband mellan vallens ålder gällande det tidsspann som undersökts. Istället kan konstateras att för de undersökta fälten så är vall i samtliga åldrar, mellan 1 och 4 år (den 9-åriga vallen är bruten för tre år sedan), relativt likvärdiga.

Sammantaget kan konstateras att samtliga odlade fält är relativt likvärdiga vad gäller kolinnehåll och näringshalt, och att inga tydliga mönster finns relaterat till hur marken brukas även om vissa indikationer kan finnas. De huvudsakliga tydliga resultaten som framkommit gäller fukthalt och björkdungen. Björkdungen med obruten mark och träd har markant högre kolinnehåll, vilket rimligtvis ger jorden dess påvisade fuktbevarande och näringshållande egenskaper. Fukthalt uppvisar ett tydligt samband med tidsaspekten av odlingarna, där nyplöjd mark håller fukten sämst, och därefter ökar fukthalten i ordningen anuella växter, perenna växter och är som högst i den obrutna marken vid björkdungen.

5.4 eDNA som metod

Eftersom resultaten från eDNA-proverna som skickades till Novogene blev försenade och inte kunde tas med i rapporten, kan några slutsatser om de olika odlingsmarkernas biologiska mångfald inte dras. Inte heller kan resultatens relevans och tydlighet diskuteras. Istället fokuseras diskussionen på eDNA-provtagning som metod och dess möjligheter som indikator av biologisk mångfald vid denna typ av undersökning.

eDNA-metoder verkar lämpa sig väl för denna typen av undersökning. En av fördelarna är att provtagningen inte är begränsad till en viss tid på året (IVL svenska miljöinstitutet, 2022a), som ibland är fallet med konventionella metoder. Det hade till exempel varit svårt att undersöka fjärilspopulationen på fälten då dessa ännu inte visar sig under tidig vår. Förutom att det inte är årsbundet skulle vi också argumentera för att det är tidseffektivt. Insamling av jordprover tar mindre tid jämfört med andra metoder, så som att inventera arter på en specificerad yta.

En annan aspekt med att använda eDNA-metoder vid undersökande av biologisk mångfald är att många olika arter kan upptäckas, där det för andra konventionella metoder kan vara svårt att detektera samtliga arter med blotta ögat. Något som togs

upp i felkällorna är dock att de barcodingbibliotek som används inte är fullständiga, vilket göra eDNA-metoden till mindre lämpad om det finns vetskap om att många arter som vanligtvis uppfins på jordbruksmark inte är registrerade i biblioteket. Vi har dock inte funnit några uppgifter om att så skulle vara fallet.

eDNA underlättar möjligheten att finna arter som inte syns, som i vårt fall där vi undersöker bakterier och svampar i jorden. Information om vilka bakterier och svampar som återfinns i miljön skulle kunna ge en god indikering om jordens hälsa, en död jord kommer inte att ha något biologisk material att bryta ned och då inte heller några mikroorganismer såsom svampar och bakterier att upptäcka. Spridningen av ökenlandskap är ett stort problem för dagens jordbruk (Brown, 2019), genom att undersöka mängden mikroorganismer i marken finns det potential att kunna upptäcka och motverka spridningen av öken och utarmad jord.

Den planerade provtagningen kunde utföras och därav argumenterar vi för att provtagning med eDNA-metoder inte kräver någon expertkunskap. Detta är kostnadseffektivt då det exempelvis inte krävs att en fjärilsexpert, som kan skilja på olika arter av fjärilar, utför arbetet. Om man använder sig av eDNA-metoder kan istället fältprovtagning utföras av vem som helst, så länge en korrekt provtagningsmetod efterföljs. Förutom att det är kostnadseffektivt är det också mindre risk för fel kopplade till mänskliga faktorn, exempelvis att en fjäril misstas vara av en annan art än vad som uppfattas vid fältstudier, eller att den dubbelräknas. eDNA-metoderna ger en precis artbestämning vilket lämpar sig för undersökningar av liknande sort.

Vid provtagning av jord är det viktigt att ha samråd med markägaren för att minimera de skador som kan uppkomma på grödor och fält. Provtagning med eDNA-metoder förändrar inte miljön märkvärt, vilket gör att den lämpar sig väl som metod till studier av denna eller liknande sort. Däremot finns det risk för transport av DNA, vilket beskrivits tidigare, denna transport är dock ingenting som drabbar markägaren direkt utan bara är en eventuell nackdel för själva provtagningen. Det är också något som kan försvåra om eDNA prover i framtiden tas av markägaren själv i kombination med övriga jordprover, eftersom det trots att det är relativt enkla processer kräver andra rengöringsmetoder än de generella näringsämnestesterna som markägare utför i dagsläget.

Sammanfattningvis så är det vår åsikt att eDNA-provtagning som metod lämpar sig väl till denna typen av studie, även om det finns nackdelar så som att risken för transport av DNA är betydande vid provtagning på jordbruksfält. eDNA-provtagning ger en

precis artbestämning samtidigt som de är enkla och tidseffektiva. Dessutom kan provtagningen vara kostnadseffektiv och den är inte heller begränsad till en viss tid på året. Provtagningen påverkar inte heller miljön märkbart.

5.5 Arbetets potentiella samhällsnytta

Potentialerna för eDNA-analys som indikator på biologisk mångfald är stora. De är för den oinvidde generellt enkla att utföra så länge rengöringsprotokoll och försiktighet iakttas så att kontaminering undviks. De är tidseffektiva kontra andra metoder så som artinventering och prover kan tas oavsett tid på året. Förhoppningen är att eDNA-analys ska kunna underlätta undersökningen av biologisk mångfald i ett område. Enligt tidigare eDNA-metodikstudier underlättar eDNA-inventering i jämförelse med konventionella metoder, eftersom man från denna typ av analys får spår av arter som rör sig över området och kan indikera en god biologisk mångfald, trots att dessa inte kan observeras med blotta ögat (Bohman, 2018). En del av nackdelarna med eDNA-testning är att man letar efter specifika, kända DNA-markörer, vilket innebär att om man inte aktivt söker efter exempelvis fjärilar så kommer man inte att hitta det (Bohman, 2023). Om man däremot vill inventera, som tidigare diskuterats, alla fjärilar i ett område, går det att göra så länge dessa fjärlars DNA är en del av det metabarbibliotek som provet jämförs mot.

Vi kan med säkerhet säga att obruten, orörd mark med betande djur är det som sticker ut i resultaten, se figur 4 och tabell 7, björkdungen är i båda dessa det som har högst kolhalt och högst fukthalt. Som diskuterats tidigare återspeglar det här sig inte i fält 1B där agroforestry odlas. Det här fältet, tillsammans med 1A, har lägst fukthalt och låga kolhalter. Däremot är träden som står planterade där unga, planterade för 3 år sedan och fortfarande små. Undran är ju då om de låga halterna här har att göra med trädodligen eller om det snarare har att göra med att de är nyplöjda, eftersom björkdungen ger så goda resultat. Det hade varit intressant att återkomma efter ett par år och ta nya prover på denna odlingsyta, för att se om de planterade träden i förlängningen har gjort någon skillnad.

Gällande eDNA-analysen finns många utvecklingsmöjligheter för studien. Då resultatet för eDNA-analysen inte anlände innan projektet avslutades fanns det ingen möjlighet att undersöka kopplingar mellan näringsvärden och biologisk mångfald på de olika provpunkterna. Därmed är en av utvecklingsmöjligheterna att faktiskt undersöka dessa

kopplingar och se ifall det finns något samband mellan halten av näringsvärden och mängden biologisk mångfald.

Insamling av jordprover för att övervaka tillgång på näringsämnen i jorden sker rutinmässigt inom jordbruk. Vi ser en intressant möjlighet i hur eDNA-provtagning kan gynna och skapa mervärde för såväl jordbrukare som samhälle. Det finns främst två praktiska frågor kring detta, kostnader och värdeskapande. För de rutinmässiga jordprover som analyserar näringsämnen finns ett monetärt värde för jordbrukaren då optimering av dessa näringsämnen kan förbättra skörden. För eDNA finns det idag inget monetärt värde för jordbrukaren, samtidigt som kostnaden för proven är relativt höga. Det finns dock möjlighet för värdeskapande, både för jordbrukaren och samhället. Att genom ökad provtagning skapa ett bättre kunskapsunderlag för mer riktade åtgärder kan ge nya verktyg för att rikta de medel som samhället fogar över. Regeringen har som tidigare nämnt gett naturvårdsverket i uppdrag att utreda ekologisk kompensation. Här kan det ökade kunskapsunderlag som eDNA-testning medför skapa riktade insatser inom jordbruket (Jönsson et al., 2023). Initialt kan subventionering av de extra kostnader som provmetodiken innebär skapa incitament bland jordbrukarna att på större skala provta för eDNA utöver de rutinmässiga proverna.

Det skulle också vara av intresse att undersöka skillnader mellan fälten gällande specifika arter som detekteras, för att undersöka om någon trend hittas. Om en sådan trend finns ger detta möjlighet till att skräddarsy jordbruksmarkerna så att specifika arter kan främjas. Detta skulle kunna vara mycket användbart då arter som exempelvis är utrotningshotade eller livsavgörande för ett ekosystem kan främjas. En annan intressant aspekt som skulle kunna undersökas vidare är ifall det är mer biologisk mångfald på ekologiska gårdar jämfört med konventionella gårdar, samt att undersöka fler olika sorters jordbruk och vad för kopplingar de har mellan biologisk mångfald och näringsvärden. Det hade också varit av intresse att undersöka fler näringsämnen utöver de som analyserats här och hur dessa eventuellt korrelerar med mängden biologisk mångfald. Framtida forskning av detta slag är intressant ur ett hållbarhetsperspektiv och för samhället.

6 Slutsats

Vi ser inom projektet potential för eDNA-analys som metod för inventering av arter och biologisk mångfald, gärna som komplement till klassiska metoder för mer fullständiga och säkra artinventeringar. eDNA-analys kan både ge en precis artinventering och en god indikation på jordens hälsa, eftersom det går att undersöka mikroorganismer såsom svampar och bakterier, som ej är detekterbara med blotta ögat. Detta gör att eDNA-metoder verkar vara både tids- och kostnadseffektiva. På grund av mycket försenade analysresultat kan tyvärr inga jämförelser göras mellan mängderna eDNA och kolhalt, fukthalt eller näringsämnesshalt i jordproverna.

Det finns inga tydliga skillnader i mängden totalt kol i jorden mellan de olika fälten och typ av odling; vall, icke-vall, agroforestry eller konventionell odling av annuella grödor, som bedrivs på dessa. Däremot finns det stora skillnader i helt obruten mark, i vårt fall björkdungen och fälten. Det är mycket tydligt att obruten mark med stora björkträd som nyttjas som beteshage har både högre kolhalt och fukthalt, vilket också är känt sedan tidigare.

Skillnaderna i fukthalt mellan fälten, baserat på när de senast var plöjda syns mycket tydligt i tabell 7. De fält som är nyligen plöjda har en lägre fukthalt, vall som är förstaårig har lite högre och äldre vall, följt av björkdungen som är helt obruten mark har högst fukthalt. Jordens förmåga att binda fukt nämns i teorin som ett tecken på en god jordkultur men att skillnaderna skulle vara så tydliga kom som en överraskning eftersom området är geografisk litet. Däremot syns inget tydligt mönster i kvävehaltererna mellan fält eller odlingsform, vilket då kan bero på att det är ett mindre geografiskt område och under en period då jorden är kvävefattig.

Det finns en framtida samhällsnytta med en mer omfattande och precis analys av den biologiska mångfalden. Ett landskap med ökad biologisk mångfald är att eftersträva och ju mer kunskap som finns desto mer precisa åtgärder kan utföras. Den stora frågan är om det kan nyttjas av den enskilde jordbrukaren. I dagsläget finns det inga incitament för jordbrukaren för att mäta biologisk mångfald eller utföra eDNA-analys eftersom det inte finns bidrag att söka för detta. Här ser vi potential i det hållbarhetsarbete som finns inom Sverige och EU för att göra det mer attraktivt för jordbrukaren att aktivt arbeta för en god biologisk mångfald, vilket potentiellt skulle kunna mätas med hjälp av eDNA-metoder i framtiden.

Referenser

- AquaBiota. (u.å.). *Så här fungerar e-DNA provtagning*. <https://www.aquabiota.se/sa-har-fungerar-edna-provtagning/>
- Berndes, G. (2023). *Multifunktionella landskap, biomassaproduktion och kolinlagring i landskap som upprätthåller biologisk mångfald och viktiga ekosystemtjänster* [Pågående research, referensnummer 20200119], Rymd-, geo- och miljövetenskap, Chalmers Tekniska Högskola.
- Bohman, P. (2018). *eDNA i en droppe vatten. Vattenprovtagning av DNA från fisk, musslor och kräftor - en kunskapssammanställning* (Aqua reports 2018:18). Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet. https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/aqua/externwebb/sidan-publikationer/aqua-reports-xxxx_xx/aquarapporter/2018/aqua-reports-2018_18.pdf
- Bohman, P. (2023). *Fisk, kräftor och musslor som eDNA – test av metodik och användbarhet*. SLU. <https://www.slu.se/institutioner/akvatiska-resurser/miljoanalys/individniva1/genetik-och-genetisk-mangfald/fisk-kraftor-och-musslor-som-edna-test-av-metodik-och-anvandbarhet/>
- Brown, D. (2019). Ökenspridning – ökat hot mot jordbruk. <https://arbetet.se/2019/07/01/okenspridning-okat-hot-mot-jordbruk/>
- Båth, B., & Magnusson, M. (2023). Makronäringsämnen, mikronäringsämnen och pH i ekologisk grönsaksodling [Jordbruksverket]. http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/p7_18.pdf
- Carlsson, G. (2010). *Vår - eller höstputsning i frövall av timotej och ängssvingel*. <https://res.slu.se/id/publ/35204>
- Convention on Biological Diversity. (2000). *Sustaining life on Earth*. <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-sustain-en.pdf>
- Convention on Biological Diversity. (2022). *COP15: Final Text of Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework*. <https://www.cbd.int/article/cop15-final-text-kunming-montreal-gbf-221222>
- Cui, L., Duan, H., Mo, J., & Song, M. (2021). Ecological compensation in air pollution governance: China's efforts, challenges, and potential solutions. *International Review of Financial Analysis*, 74. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2021.101701>
- Ehrnebo, M. (2005). *Spridning av gödsel* [Jordbruksinformation 15 – 2005]. Jordbruksverket. https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_jo/jo05_15.pdf

- Elementar. (u.å.). *Vario MICRO Cube*. http://www.vertex.es/portal/docs/elementar/C_Elementar_vario_MICRO_cube.pdf
- EU. (2021). *Ekologiska livsmedel i EU: fakta och regler*. <https://www.europarl.europa.eu/news/sv/headlines/society/20180404STO00909/ekologiska-livsmedel-i-eu-fakta-och-regler>
- EU. (2023). *EU:s ekoregler*. https://agriculture.ec.europa.eu/farming/organic-farming/organic-production-and-products_sv
- Europeiska miljöbyrån. (u. å). Jord - Den glömda resursen. <https://www.eea.europa.eu/sv/articles/jord>
- FN. (2023). *ClimateChange*. <https://www.un.org/en/climatechange>
- Globala målen. (2023). *Globala målen - Läs om Globala målen - 17 mål för hållbar utveckling*. <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/>
- Government of Western Australia. (2022). *Soil Carbon Measurement and Analysis Factsheet*. <https://www.agric.wa.gov.au/sites/gateway/files/Soil%20Carbon%20Measurement%20and%20Analysis%20Factsheet.pdf>
- Hansson, A. (2004). *God kvävehushållning i ekologiskt lantbruk*. http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/p8_5.pdf
- Hansson, A. (2008). *Gröngödsling i ekologisk odling*. http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/p8_10.pdf
- Harris, C., & Ratnieks, F. L. (2022). Clover in agriculture: combined benefits for bees, environment, and farmer. *Journal of Insect Conservation*, 26, 339–357. <https://doi.org/10.1007/s10841-021-00358-z>
- Hasselforsgarden. (2023). *Varför är gödsel bra för växterna?* <https://www.hasselforsgarden.se/artikel/varfor-ar-godsel-bra-for-vaxterna/>
- IPBES. (2018). *The IPBES regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for Europe and Central Asia* (tekn. rapport). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3237429>
- Irisarri, P., Cardozo, G., Tartaglia, C., Reyno, R., Gutiérrez, P., Lattanzi, F. A., Rebuffo, M., & Monza, J. (2019). Selection of Competitive and Efficient Rhizobia Strains for White Clover. *Frontiers in Microbiology*, 10, 768. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00768>
- IVL svenska miljöinstitutet. (2022a). *Analysera biologisk mångfald med miljö-DNA (e-DNA)*. <https://www.ivl.se/vart-erbjudande/vara-tjanster/analysera-biologisk-mangfald-med-miljo-dna.html>
- IVL svenska miljöinstitutet. (2022b). *Miljö-DNA – vad är det?* <https://www.ivl.se/vart-erbjudande/vara-omraden/biologisk-mangfald/edna.html>

- Johansson, A. G. (2009). *Utveckling av PCR för diagnostik av invasiv svampinfektion samt artidentifiering av fenotypisk svåridentifierade kliniskt relevanta svampar* [metabarcoading bakterier]. Region östergötland. <https://www.researchweb.org/is/regionostergotland/ansokan/19751>
- Jordbruksverket. (2020). *Jordbruksmarkens användning 2020: Slutlig statistik*. <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2021-02-03-jordbruksmarkens-anvandning-2020.-slutlig-statistik>
- Jordbruksverket. (2021). *Miljöersättning för vallodling i landsbygdsprogrammet*. <https://jordbruksverket.se/stod/jordbruk-tradgard-och-rennaring/jordbruksmark/vallodling>
- Jordbruksverket. (2022a). *Det här är biologisk mångfald*. <https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/biologisk-mangfald/vad-ar-biologisk-mangfald>
- Jordbruksverket. (2022b). *Ekologisk produktion*. <https://jordbruksverket.se/jordbruket-miljon-och-klimatet/ekologisk-produktion>
- Jordbruksverket. (2022c). *Jordbruksmarkens användning 2022. Slutlig statistik*. <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2022-10-20-jordbruksmarkens-anvandning-2022.-slutlig-statistik>
- Jordbruksverket. (2022d). *Regler och certifiering för ekologisk produktion*. <https://jordbruksverket.se/stod/jordbruk-tradgard-och-rennaring/jordbruksmark/ekologisk-produktion/regler-och-certifiering-for-ekologisk-produktion>
- Jordbruksverket. (2022e). *Sprida gödsel*. <https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/vaxtnaring/sprida-godsels-h-Dufarspridamax22kgfosforperhektar>
- Jordbruksverket. (2022f). *Vall och biologisk mångfald*. <https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/biologisk-mangfald/angs--och-betesmarker>
- Jordbruksverket. (2022g). *Övergödning och läckage av växtnäring*. <https://jordbruksverket.se/jordbruket-miljon-och-klimatet/overgodning-och-lackage-av-vaxtnaring>
- Jordbruksverket. (2023a). *Jordbruksmarkens värden*. <https://jordbruksverket.se/jordbruket-miljon-och-klimatet/jordbruksmarkens-varden>
- Jordbruksverket. (2023b). *Kalkning*. <https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/vaxtnaring/kalkning>
- Jordbruksverket. (2023c). *Vall*. <https://jordbruksverket.se/stod/jordbruk-tradgard-och-rennaring/sam-ansokan-och-allmant-om-jordbrukarstoden/vall>

- Jönsson et al. (2023). *Ekologisk kompensation som verktyg i miljömålsarbetet* (Rapport 7103). Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/496636/globalassets/media/publikationer-pdf/7100/978-91-620-7103-5.pdf>
- Karlsson, S. (2011). *Gröngödslingens roll i odlingssystemet* [Kandidatuppsats, Sveriges lantbruksuniversitet]. SLU. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-8-956>
- KRAV. (2022a). *KRAV-märkt*. <https://www.krav.se/krav-markt/>
- KRAV. (2022b). *KRAVs historia*. <https://www.krav.se/om-oss/historia/>
- KRAV. (2023). *KRAVs märke*. <https://www.krav.se/krav-markt/>
- Land et al. (2021). *Växtföljders påverkan på inlagring av organiskt kol i jordbruksmark: En systematisk översikt och samhällsekonomisk analys* [F1:2021]. Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggnad, Formas.
- Larkin, R. (2013). Green manures and plant disease management. *CAB Reviews Perspectives in Agriculture Veterinary Science Nutrition and Natural Resources*, 2013, 037. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20138037>
- Lennartsson, T., & Simonsson, L. (2007). *Biologisk mångfald och klimatförändringar*. <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/cbm/dokument/publikationer-cbm/cbm-skriftserie/bmochklimat.pdf>
- Lindén, B. (2008). *Kvävegödsling utifrån grödans behov* [Rapport 14]. SLU. <https://pub.epsilon.slu.se/3288/1/porapp14.pdf>
- Nationalencyklopedin. (2022). *Lantbruk*. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lc3a5ng/lantbruk>
- Nationalencyklopedin. (2023). *Makronäringsämne*. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lc3a5ng/makronc3a4ringsc3a4mne>
- Nationalencyklopedin. (u.å.-a). *Le Chateliers Princip*. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lc3a5ng/le-chateliers-princip>
- Nationalencyklopedin. (u.å.-b). *Organisk Kemi*. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lc3a5ng/organisk-kemi>
- Nationalencyklopedin. (u.å.-c). *Urlakning*. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lc3a5ng/urlakning>
- Naturhistoriska riksmuseet. (2013). *Vad är en jordmån?* <https://www.nrm.se/faktaomnaturenochrymden/ekosystem/vadarenjordman.14681.html>
- Naturskyddsföreningen. (2021). *Jordbrukets effekt på biologisk mångfald*. <https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/jordbrukets-effekt-pa-biologisk-mangfald/>
- Naturskyddsföreningen. (2022a). *Hotet mot jorden, hotet mot vår överlevnad*. <https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/hotet-mot-jorden-hotet-mot-var-overlevnad/>

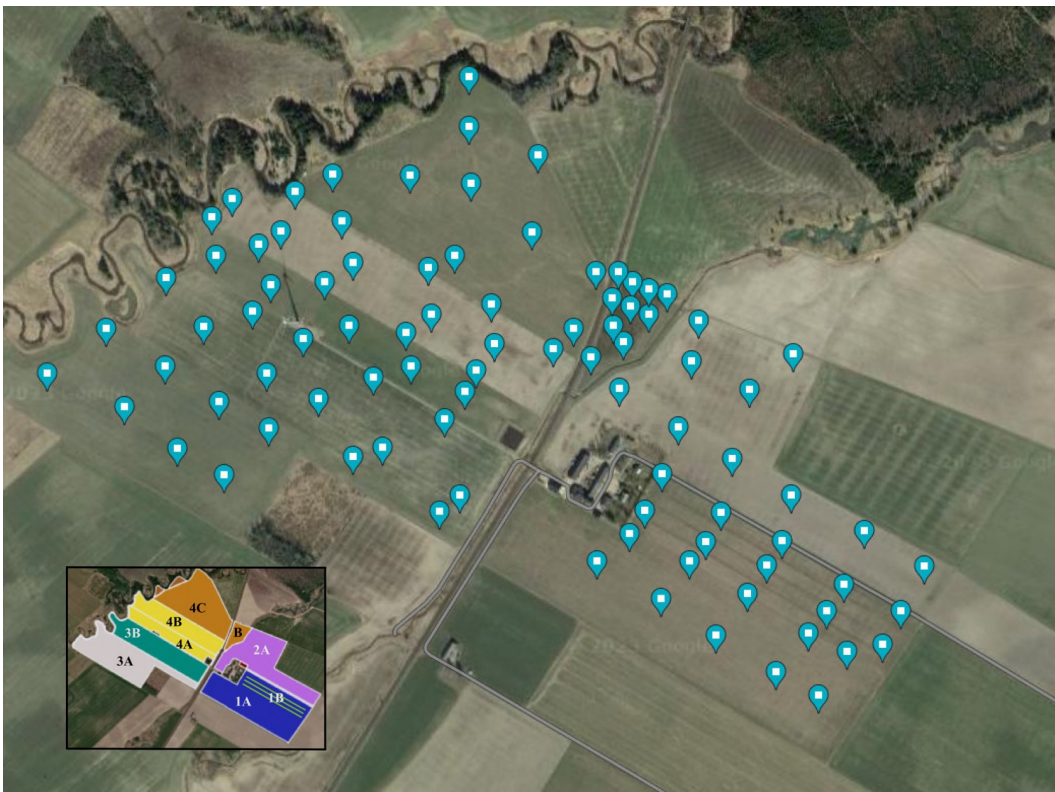
- Naturskyddsföreningen. (2022b). *Vad är agroforestry?* <https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/vad-ar-agroforestry/>
- Naturvårdsverket. (2023a). *Ekologisk kompensation*. <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/samhallsplanering/ekologisk-kompensation/>
- Naturvårdsverket. (2023b). *Klimatet och jordbruket*. <https://www.naturvardsverket.se/annesomraden/klimatomställningen/omraden/klimatet-och-jordbruket/>
- Naturvårdsverket. (2023c). *Utsläpp av växthusgaser från jordbruk*. <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-utslapp-fran-jordbruk/>
- Naturvårdsverket. (u.å.). *Vad är biologisk mångfald?* <https://www.naturvardsverket.se/annesomraden/biologisk-mangfald/vad-ar-biologisk-mangfald/>
- Nilsson, T., Stendahl, J., & Löfgren, O. (2015). *Markförhållanden i svensk skogsmark* [Rapport 19]. SLU. https://pub.epsilon.slu.se/12440/7/nilsson_t.etal_150721.pdf
- Nygren, I. (2023). *Totalkväve*. <https://www.slu.se/institutioner/vatten-miljo-laboratorier/vattenkemiska-laboratoriet/detaljerade-metodbeskrivningar/totn/>
- Ogier, J.-C., Pagés, S., Galan, M., Barret, M., & Gaudriault, S. (2019). *rpoB, a promising marker for analyzing the diversity of bacterial communities by amplicon sequencing*. BMC Microbiology. <https://bmcmicrobiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12866-019-1546-z>
- Shimadzu. (u.å.). *TOC-V Series*. <https://static1.squarespace.com/static/5876205e2e69cfaf7c9fe5a4/t/5a69b383f9619adf795b166d/1516876711387/Shimadzu+TOC-V+CPH+Software+Brochure.pdf><https://www.eurofins.com/electrical-and-electronics/about-us/accreditations/>
- SLU. (2020a). *Bättre jordbruk med fler ogräs?* <https://www.slu.se/forskning/kunskapsbank/ekologi/battre-jordbruk-med-fler-ogras/>
- SLU. (2020b). *Kol/kväve-kvot*. <https://www.slu.se/institutioner/mark-miljo/miljoanalys/markinfo/markkemi/kolkvave-kvot/>
- SLU. (2021a). *Det handlar om variation och processer*. <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/centrum-for-biologisk-mangfald-cbm/biologisk-mangfald/om-biologisk-mangfald/det-handlar-om-variation-och-processer/>
- SLU. (2021b). *Klimat och biologisk mångfald*. <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/centrum-for-biologisk-mangfald-cbm/biologisk-mangfald/om-biologisk-mangfald/klimat-och-biologisk-mangfald/>
- SLU. (2021c). *Matjordens förfall: 30 fotbollsplaner i minuten förstörs*. <https://www.slu.se/ew-nyheter/2021/6/matjordens-forfall/>

- SLU. (2022). *Kolinlagring i jordbruksmark - finns skillnader mellan ekologiska och konventionella jordar?* <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/epokcentrum-for-ekologisk-produktion-och-konsumtion/vad-sager-forskningen/klimat/kolinlagring-i-jordbruksmark--finns-skillnader-mellan-ekologiska-och-konventionella-jordar/>
- SLU. (2023). *Ekologiska märkningar*. <https://ekofakta.se/maerkning-och-kontroll/ekologiska-maerkningar>
- Ståhl, P. (2014). *Mekaniskt vallbrott på rätt sätt* [Jordbruksinformation 1]. Jordbruksverket. https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_jo/jo14.1.pdf
- Suhr, K., Thejsen, J., Thorup-Kristensen, K., Holmegaard, J., & Jorgensen, O. T. (2005). *Grøngødning, eftergrøder og dækafgrøder*. DCA, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet.
- Sveriges Vattenmiljö. (u. å). *Kväve*. <https://www.sverigesvattenmiljo.se/undersoka-vattenmiljo/kvave>
- Sveriges Vattenmiljö. (2021). *Så mår våra vatten*. <https://www.sverigesvattenmiljo.se/sa-mar-vara-vatten/2021/variabelgrupper/85/15/63>
- Vincent, A. G., Ilstedt, U., Vestergren, J., Giesler, R., Persson, P., Gröbner, G., & Schleucher, J. (2013). Faktaskog. *Rön från Sveriges lantbruksuniversitet, 04*. https://www.slu.se/globalassets/ew/ew-centrala/forskn/popvet-%20dok/faktaskog/faktaskog13/faktaskog_04.2013.pdf
- WWF. (u.å.). *Övergödning och algblomning*. <https://www.wwf.se/hav-och-fiske/ostersjon/overgodning-och-algblomning/>
- Xia, Z., Gu, J., Wen, Y., Cao, X., Gao, Y., Li, S., Haffner, G. D., MacIsaac, H. J., & Zhan, A. (2023). eDNA-based detection reveals invasion risks of a biofouling bivalve in the world's largest water diversion project. *Ecological Applications*. <https://doi.org/10.1002/eap.2826>

Bilaga A - Provtagningsområde GPS-punkter

Här beskrivs provtagningspunkterna på fälten i större utsträckning, de är först presenterade som figurer och sedan med GPS punkter i tabellform. För områdena i förhållande till varandra se figur 1 i metoden. Området högst upp i den figuren, Säby gård, är det som här presenteras först, då detta har flest provtagna fält, nio stycken. I mitten av figur 1 finns grannens gård, med ett provtaget fält och längst ner Salbo gård, även detta med ett provtaget fält. Alla fält har tio punkter där jordprover togs.

Provtagnings punkter för de 9 fälten på Säby gård är markerade i figur A.1, av dessa är ett en orörd björkdunge, markerade B på den lilla kartan och ett agroforestry, odling med träd markerad 1B.



Figur A.1: Provpunkter på Vena Säby gård. Områdesbeskrivning i liten färgglad karta i nedre vänstra hörnet; 1A, 1B, 2A, 3A, 3B, 4A, 4B, 4C och björkdungen markerad B.

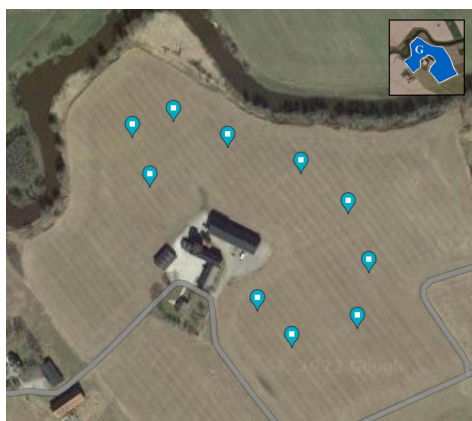
GPS koordinater för provtagningspunkter på Säby gård i tabell A.1, fördelade på tre löpande tabeller. 1A och Agroforestry, 1B har samma grödor med skillnaden att det även står två rader äpple och en rad hassel på agroforestry delen vilket ses i figur A.1.

Alla tio punkter där provtagning togs finns med för alla fält som det togs prover på.

Tabell A.1: GPS koordinater för provtagningspunkterna på Säby gård, 1A, agroforestry, 1B och 2A först, sedan 3A, 3B och 4A, sist 4B, 4C och björkdungen, B

1A	Agroforestry, 1B	2A
(58.585004, 12.384976)	(58.585893, 12.386319)	(58.588285, 12.383740)
(58.584187, 12.390523)	(58.586361, 12.386758)	(58.588270, 12.387622)
(58.585597, 12.383066)	(58.584820, 12.389920)	(58.588820, 12.388931)
(58.584478, 12.389386)	(58.585236, 12.390434)	(58.589350, 12.386088)
(58.583505, 12.389665)	(58.585908, 12.388573)	(58.588715, 12.385887)
(58.584439, 12.386618)	(58.585537, 12.388127)	(58.586627, 12.388857)
(58.583880, 12.388399)	(58.586392, 12.384487)	(58.587198, 12.387084)
(58.585093, 12.387551)	(58.584295, 12.391577)	(58.587688, 12.385501)
(58.585596, 12.385834)	(58.586964, 12.385013)	(58.586069, 12.391029)
(58.586021, 12.384042)	(58.584819, 12.392124)	(58.585514, 12.392831)
3A	3B	4A
(58.587995, 12.368938)	(58.589253, 12.371302)	(58.588239, 12.379118)
(58.588519, 12.366640)	(58.590009, 12.370190)	(58.588573, 12.379442)
(58.589225, 12.368405)	(58.589065, 12.374296)	(58.588633, 12.377519)
(58.588080, 12.371782)	(58.588521, 12.373211)	(58.589160, 12.377358)
(58.588634, 12.370169)	(58.589485, 12.372760)	(58.589896, 12.373307)
(58.587353, 12.370530)	(58.587810, 12.378514)	(58.589272, 12.375663)
(58.587219, 12.375780)	(58.588126, 12.374748)	(58.589943, 12.374941)
(58.587667, 12.373259)	(58.587361, 12.376645)	(58.590362, 12.371667)
(58.586940, 12.371922)	(58.588458, 12.376395)	(58.590962, 12.371559)
(58.586378, 12.378355)	(58.586626, 12.378974)	(58.590527, 12.372948)
4B	4C	Björkdungen
(58.589599, 12.379891)	(58.591485, 12.379285)	(58.589842, 12.384607)
(58.588974, 12.380004)	(58.591603, 12.377469)	(58.589946, 12.384132)
(58.589433, 12.378127)	(58.592358, 12.379236)	(58.589562, 12.384051)
(58.590894, 12.375438)	(58.590714, 12.381111)	(58.589274, 12.383539)
(58.590247, 12.375762)	(58.591930, 12.381312)	(58.589435, 12.384617)
(58.590175, 12.378028)	(58.593134, 12.379232)	(58.589013, 12.383857)
(58.590732, 12.373638)	(58.590358, 12.378807)	(58.590096, 12.383712)
(58.591238, 12.372167)	(58.591616, 12.375165)	(58.588779, 12.382879)
(58.591354, 12.374054)	(58.590102, 12.383018)	(58.589698, 12.383521)
(58.588901, 12.381765)	(58.589214, 12.382357)	(58.589749, 12.385166)

På grannens gård och Salbo gård togs tio prover på ett fält vardera, dessa ses som figur A.2a respektive figur A.2b. Grannens fält är ekologisk fyraårig vall och fält 11c på Salby gård är vall



(a) Provtagningspunkter på grannens vall, markerad G



(b) Provtagningspunkter på Salbo, markerad 11C

Figur A.2: Provtagningsplatser för grannens vall och 11C på Salby gård

GPS koordinaterna för provtagningspunkterna på Grannens fyra åriga vall samt 11C på Salbo gård ses i tabell A.2

Tabell A.2: GPS koordinater för provtagningspunkterna på Grannens, G vall samt 11C på Salbo

Grannen, G	11C
(58.569539, 12.389516)	(58.534596, 12.356202)
(58.569629, 12.387928)	(58.534887, 12.355461)
(58.567961, 12.391683)	(58.534646, 12.355187)
(58.569763, 12.388615)	(58.535007, 12.356080)
(58.568963, 12.391533)	(58.534961, 12.355788)
(58.568113, 12.390018)	(58.534783, 12.356150)
(58.569193, 12.388218)	(58.534739, 12.355493)
(58.567799, 12.390589)	(58.534565, 12.355520)
(58.569315, 12.390739)	(58.534604, 12.355879)
(58.568448, 12.391876)	(58.534754, 12.355842)

Bilaga B - Svensk kolinlagring GPS-punkter

Provtagningspunkter för resultaten presenterade i tabell 6, kan ses i figur B.1 med tillhörande GPS-koordinater i tabell B.1.



Figur B.1: Svensk kolinlagrings provpunkter på Vena Säby lantbruk för punkt 1a och 10a.

Båda punkterna som Svensk Kolinlagring provtagit ligger inom det som vi kallar för 1A, den de kallar för 10a på gränsen till den delen som i rapporten benämns som Agroforestry, 1B men det är otydligt om den skulle tillhöra denna eller 1A. GPS-koordinater finns för båda de provpunkterna som Svensk Kolinlagring hade i tabell B.1.

Tabell B.1: GPS koordinater för provtagningspunkterna från Svensk Kolinlagring

1a	10a
(58.585847, 12.383415)	(58.584504, 12.389998)

Bilaga C - Laborationsresultat för vattenlösliga ämnen

Här presenteras de laborativa resultaten från den vattenlösliga analysen i avsnitt 3.3.1

Tabell C.1: Resultat för analys av vattenlösliga ämnen, TOC står för totalt organiskt kol, TC för totalt kol, IC för oorganiskt kol och TN för totalkväve

Fält	TOC mg/L	TC mg/L	IC (mg/L)	TN mg/L	Provnummer
1A	49.34	51.39	2.049	5.975	5
Agroforestry, 1B	41.20	43.65	2.452	5.999	11
2A	58.90	61.60	2.703	6.968	7
3A	53.07	57.74	5.675	7.261	12
3B	23.49	25.40	1.916	2.398	4
4A	52.54	54.12	1.578	5.726	2
4B	38.47	40.12	1.651	5.046	10
4C	25.94	27.98	2.039	2.892	3
Grannen, G	24.24	27.19	2.956	3.242	9
11C	45.98	50.08	4.103	6.439	6
Björkdunge, B	50.62	55.79	5.178	6.109	8

Resultaten i tabell C.1 är inte jämförbara då provmängderna varierar något, samt att de blöta proverna som användes har olika vattenhalt.

Bilaga D - Bioinformatics form till Novogene

Bioinformatics form för svamper, markör ITS2 och bakterier, markör 16SV34. Alla jämförelser som beställdes var de samma, skillnaden är för vilken markör det är gjort, detta indikeras på respektive pdfs första sida under 'Amplified Region'.



Novogene Bioinformatics Form for Amplicon Analysis																															
I. Contract Infos																															
Contract ID	H204SC23040215																														
Contract NAME	NYUK2023040331-SE-IVL-24-ITS2 and 16S-30k-WBI																														
Data Volume(K)	50																														
Analysis Type	Standard Analysis(Qime2)																														
Amplified Region	ITS2																														
Primer Information (Only for Client-primer and PCR-product)																															
Forward Primer (5'-3')																															
Reverse Primer (5'-3')																															
Database Choice																															
II. Analysis Infos																															
<p>This form is for collecting information about your amplification sub-projects. It is important that you fill in and check all the details in the form carefully to avoid any unexpected losses that may be caused by missing or incorrect information. For functional phenotype prediction analysis that is included in Qime2's standard analysis, please proceed to Section 4 within the Advanced Bioinformatics form to make your selection.</p> <p>Instructions for completing:</p> <ol style="list-style-type: none"> The content of the project analysis and the output of the results (including graphs) are all based on this form, so please fill in and check carefully. The order in which the samples are listed from top to bottom in Table 1 is the order in which they are listed from left to right in the final report, so please complete it carefully. All samples in the same final report will be analyzed together for graphing. The "Name of the sample in the final report" or "Group name" is composed of letters, numbers, ".", ".": It must begin with a letter, be case-insensitive and be less than 12 characters. It is recommended that the name be short and representative. <p>Notice:</p> <ol style="list-style-type: none"> It must not start with a number, e.g. 5.A et al. No "." [horizontal bar], e.g. F-1. No underscores "_" [underscores], e.g. F_1. CON is a special device name under DOS; the following device names reserved by the system cannot be used as file names: CON, PRN, AUX, CLOCK, NUL, COM1, COM2, COM3, COM4, COM5, COM6, COM7, COM8, COM9, LPT1, NA, T, F Different samples cannot be named with the same letters in different cases, e.g. A1, a1, which are indistinguishable in Win systems. Each analysis service contains a maximum of two sets of groupings. An extra analysis fee will be charged for every other two sets of groupings filled in this form (i.e., two extra analysis fees will be charged for five sets of groupings). The sample name cannot be the same as the group name; if all samples belong to the same group or one group per sample, the sample group can be left out. "Sample name or group name" in all tables is the name of the sample or group in the final report. 																															
<p>I. Sample information:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <caption>Table 1</caption> <thead> <tr> <th style="background-color: #ffff00;">Sample Name</th> <th style="background-color: #ffff00;">Novogene ID</th> <th style="background-color: #ffff00;">Sample Name in Report</th> <th style="background-color: #ffff00;">Group Name (Please do NOT Merge cells)</th> <th style="background-color: #ffff00;">Group Name 2 (Please do NOT Merge cells)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agro</td> <td>FKDN230136462-1A</td> <td>p1B</td> <td>g1</td> <td>g1 g4</td> </tr> <tr> <td>Bjo</td> <td>FKDN230136463-1A</td> <td>pB</td> <td>g2</td> <td>g2 g3</td> </tr> <tr> <td>Gran</td> <td>FKDN230136464-1A</td> <td>pG</td> <td>g3</td> <td>g2 g3</td> </tr> <tr> <td>A1</td> <td>FKDN230136465-1A</td> <td>p1A</td> <td>g1</td> <td>g1 g4</td> </tr> <tr> <td>A2</td> <td>FKDN230136466-1A</td> <td>p2A</td> <td>g4</td> <td>g1 g4</td> </tr> </tbody> </table>		Sample Name	Novogene ID	Sample Name in Report	Group Name (Please do NOT Merge cells)	Group Name 2 (Please do NOT Merge cells)	Agro	FKDN230136462-1A	p1B	g1	g1 g4	Bjo	FKDN230136463-1A	pB	g2	g2 g3	Gran	FKDN230136464-1A	pG	g3	g2 g3	A1	FKDN230136465-1A	p1A	g1	g1 g4	A2	FKDN230136466-1A	p2A	g4	g1 g4
Sample Name	Novogene ID	Sample Name in Report	Group Name (Please do NOT Merge cells)	Group Name 2 (Please do NOT Merge cells)																											
Agro	FKDN230136462-1A	p1B	g1	g1 g4																											
Bjo	FKDN230136463-1A	pB	g2	g2 g3																											
Gran	FKDN230136464-1A	pG	g3	g2 g3																											
A1	FKDN230136465-1A	p1A	g1	g1 g4																											
A2	FKDN230136466-1A	p2A	g4	g1 g4																											

A3	FKDN230136467-1A	p3A	g4	g1g4
A4	FKDN230136468-1A	p4A	g5	
B3	FKDN230136469-1A	p3B	g5	
B4	FKDN230136470-1A	p4B	g5	
C4	FKDN230136471-1A	p4C	g3	g2g3
C11	FKDN230136472-1A	p11C	g3	g2g3

More lines ...

2. Venn (Flower) diagram: show common and unique ASVs/OTUs between samples/groups

Notice: Up to 10 diagrams for free. 15 samples/groups maximally in each diagram.

If < 6 samples/groups in one diagram, venn diagram will be drawn, otherwise flower diagram will be shown instead.

Table 2

Venn Diagram	Sample1/Group1	Sample2/Group2	Sample3/Group3	Sample4/Group4	Sample5/Group5	Sample6/Group6	Sample7/Group7	Sample8/Group8	Sample9/Group9	Sample10/Group10	Sample11/Group11
Venn 1	p1B	pB	pG	p1A	P2A	P3A	P4A	P3B	P4B	P4C	P11C
Venn 2	g3	g4	g1	g5	g2						
Venn 3	p4A	p4B									
Venn 4	g3	g4									
Venn 5	p1A	p1B									
Venn 6	g3	g5									
Venn 7	g1g4	g2g3									
Venn 8	g5	g2g3									
Venn 9	g3	g1g4									
Venn 10	g5	g1g4									

3. Ternaryplot: for alpha-diversity analysis - show the difference of the dominant species among 3 samples/groups

Notice: Up to 10 figures for free. Add more rows if you (not necessary to add you) needed.

3 samples / groups are required in each plot.

Table 3

Ternaryplot	Sample1/Group1	Sample2/Group2	Sample3/Group3
1	p1A	p1B	pB
2	p4A	p4B	pB
3	g3	g4	g5
4	g3	g4	g2
5	g3	g4	g1
6	g1	g2	g5
7	pG	p4C	p11C
8	p4A	p3B	p4B
9	g1g4	g2g3	g5

4. T-test and Metastats: for Beta-diversity analysis

Notice: Up to 10 tests for free. **≥3 samples are required** in each group.
For group comparison, the statistics is only performed between 2 groups.

Table 4

T_test&Metastat	Group_1	Group_2
1	g3	g5
2	g1g4	g2g3
3	g5	g2g3
4	g3	g1g4
5	g5	g1g4

5. LEfSe: biomarker identification for Beta-diversity analysis

Notice: Up to 10 tests for free. **≥3 samples are required** in each group.
For group comparison, it provides multi groups (2≤N≤15) analysis.
At least ≥2 groups with at least 3 biological replicates per treatment group is required (otherwise, no analysis can be carried out).

Table 5

LEfSe	Group_1	Group_2	Group_3
1	g3	g5			
2	g1g4	g2g3				
3	g3	g1g4				
4	g5	g2g3				
5	g5	g1g4	g2g3			
6	g5	g1g4				

Sheet 2 is for the environmental factor association analysis section and is **not required** if you are not involved in the environmental factor data analysis section.

You've completed this form. The form will be verified by our project managers and bioinformaticians. We will keep you posted if anything need to be modified. Thank you for your interest in our service.



Novogene Bioinformatics Form for Amplicon Analysis			
I. Contract Infos			
Contract ID	H204SC23040215		
Contract NAME	NYUK2023040331-SE-IVL-24-ITS2 and 16S-30k-WBI		
Data Volume(K)	50		
Analysis Type	Standard Analysis(Qime2)		
Amplified Region	16SV34		
Primer Information (Only for Client-primer and PCR-product)			
Forward Primer (5'-3')			
Reverse Primer (5'-3')			
Database Choice			
II. Analysis Infos			
<p>This form is for collecting information about your amplification sub-projects. It is important that you fill in and check all the details in the form carefully to avoid any unexpected losses that may be caused by missing or incorrect information. For functional phenotype prediction analysis that is included in Qime2's standard analysis, please proceed to Section 4 within the Advanced Bioinformatics form to make your selection.</p> <p>Instructions for completing:</p> <ol style="list-style-type: none"> The content of the project analysis and the output of the results (including graphs) are all based on this form, so please fill in and check carefully. The order in which the samples are listed from top to bottom in Table 1 is the order in which they are listed from left to right in the final report, so please complete it carefully. All samples in the same final report will be analyzed together for graphing. The "Name of the sample in the final report" or "Group name" is composed of letters, numbers, ".", ".": It must begin with a letter, be case-insensitive and be less than 12 characters. It is recommended that the name be short and representative. <p>Notice:</p> <ol style="list-style-type: none"> It must not start with a number, e.g. 5.A et al. No "." [horizontal bar], e.g. F-1. No underscores "_" [underscores], e.g. F_1. CON is a special device name under DOS; the following device names reserved by the system cannot be used as file names: CON, PRN, AUX, CLOCK, NUL, COM1, COM2, COM3, COM4, COM5, COM6, COM7, COM8, COM9, LPT1, NA, T, F Different samples cannot be named with the same letters in different cases, e.g. A1, a1, which are indistinguishable in Win systems. Each analysis service contains a maximum of two sets of groupings. An extra analysis fee will be charged for every other two sets of groupings filled in this form (i.e., two extra analysis fees will be charged for five sets of groupings). The sample name cannot be the same as the group name; if all samples belong to the same group or one group per sample, the sample group can be left out. "Sample name or group name" in all tables is the name of the sample or group in the final report. 			
I. Sample information:			
Table 1			
Sample Name	Novogene ID	Sample Name in Report	Group Name (Please do NOT Merge cells)
Agro	FKDN230136462-1A	p1B	g1 g4
Bjo	FKDN230136463-1A	p1B	g2 g3
Green	FKDN230136464-1A	p1G	g2 g3
A1	FKDN230136465-1A	p1A	g1 g4
A2	FKDN230136466-1A	p2A	g1 g4

A3	FKDN230136467-1A	p3A	g4
A4	FKDN230136468-1A	p4A	g5
B3	FKDN230136469-1A	p3B	g5
B4	FKDN230136470-1A	p4B	g5
C4	FKDN230136471-1A	p4C	g3
C11	FKDN230136472-1A	p11C	g2g3
More lines ...			

2. Venn (Flower) diagram: show common and unique ASVs/OTUs between samples/groups

Notice: Up to 10 diagrams for free. 15 samples/groups maximally in each diagram.

If < 6 samples/groups in one diagram, venn diagram will be drawn, otherwise flower diagram will be shown instead.

Table 2

Venn Diagram	Sample1/Group1	Sample2/Group2	Sample3/Group3	Sample4/Group4	Sample5/Group5	Sample6/Group6	Sample7/Group7	Sample8/Group8	Sample9/Group9	Sample10/Group10	Sample11/Group11
Venn 1	p1B	pB	pG	p1A	P2A	P3A	P4A	P3B	P4B	P4C	P11C
Venn 2	g3	g4	g1	g5	g2						
Venn 3	p4A	p4B									
Venn 4	g3	g4									
Venn 5	p1A	p1B									
Venn 6	g3	g5									
Venn 7	g1g4	g2g3									
Venn 8	g5	g2g3									
Venn 9	g3	g1g4									
Venn 10	g5	g1g4									

3. Ternaryplot: for alpha-diversity analysis - show the difference of the dominant species among 3 samples/groups

Notice: Up to 10 figures for free. Add more rows if you (not necessary to add you) needed.

3 samples / groups are required in each plot.

Table 3

Ternaryplot	Sample1/Group1	Sample2/Group2	Sample3/Group3
1	p1A	p1B	pB
2	p4A	p4B	pB
3	g3	g4	g5
4	g3	g4	g2
5	g3	g4	g1
6	g1	g2	g5
7	pG	p4C	p4B
8	p4A	p3B	p4B
9	g1g4	g2g3	g5

4. T-test and Metastats: for Beta-diversity analysis

Notice: Up to 10 tests for free. **≥3 samples are required** in each group.
For group comparison, the statistics is only performed between 2 groups.

Table 4

T_test&Metastat	Group_1	Group_2
1	g3	g5
2	g1g4	g2g3
3	g5	g2g3
4	g3	g1g4
5	g5	g1g4

5. LEFS: biomarker identification for Beta-diversity analysis

Notice: Up to 10 tests for free. **≥3 samples are required** in each group.
For group comparison, it provides multi groups (2≤N≤15) analysis.
At least ≥2 groups with at least 3 biological replicates per treatment group is required (otherwise, no analysis can be carried out).

Table 5

LEFS	Group_1	Group_2	Group_3
1	g3	g5				
2	g1g4	g2g3				
3	g3	g1g4				
4	g5	g2g3				
5	g5	g1g4	g2g3			
6	g5	g1g4				

Sheet 2 is for the environmental factor association analysis section and is **not required** if you are not involved in the environmental factor data analysis section.

You've completed this form. The form will be verified by our project managers and bioinformaticians. We will keep you posted if anything need to be modified. Thank you for your interest in our service.

INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH
ORGANISATION

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2023

www.chalmers.se

