



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Skogsmästarskolan



---

# **Biomassatillväxt och koldioxidinlagring med mineralnäring och bionäring i Norra Sverige**

*Biomass growth and carbon dioxide sequestration with mineral fertilizer  
and biological fertilizer in north Sweden*

**DAVID BERGLUND**



**Examensarbete i skogshushållning, 15 hp**

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2023:02

SLU-Skogsmästarskolan

Box 43

739 21 SKINNSKATTEBERG

Tel: 0222-349 50

# Biomassatillväxt och koldioxidinlagring med mineralnäring och bionäring i norra Sverige

Biomass growth and carbon dioxide sequestration with mineral fertilizer and biological fertilizer in north Sweden

David Berglund

**Handledare:** Staffan Stenhag, SLU Skogsmästarskolan

**Examinator:** Eric Sundstedt, SLU Skogsmästarskolan

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Självständigt arbete (examensarbete) med nivå och fördjupning G2E med möjlighet att erhålla kandidat- och yrkesexamen

**Kurstitel:** Kandidatarbete i Skogshushållning

**Kursansvarig institution:** Skogsmästarskolan

**Kurskod:** EX0938

**Program/utbildning:** Skogsmästarprogrammet

**Utgivningsort:** Skinnskatteberg

**Utgivningsår:** 2023

**Omslagsbild:** Utsikt från Hällbergets östra sida. Foto: David Berglund

**Elektronisk publicering:** <https://stud.epsilon.slu.se>

**Serietitel:** Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

**Delnummer i serien:** 2023:02

**Nyckelord:** Organiskt gödsel, Kolbildning, Norrbotten



Sveriges lantbruksuniversitet  
Skogsvetenskapliga fakulteten  
Skogsmästarskolan

## Sammanfattning

Denna studie är en uppföljning på ett mastersarbete som är del av ett större projekt som heter ”Kolsänkor Norrbotten”. Projektet handlar om att jämföra bionäring (avloppsslam) och mineralnäring på 22 skogsbestånd utspridda i Norrbotten. Dessa bestånd gödslades mellan 2006 och 2008. I mastersarbetet och i denna studie fokuseras det enbart på tre bestånd som är lokaliserade utanför Överkalix. Dessa bestånd gödslades 2006. En tredjedel gödslades med mineralnäring med en kvävehalt på 132 - 176 kilogram per hektar och tre år efter gödslades det ytterligare 150 kilogram kvävehalt per hektar. Bionäringsdelen gödslades det med en kvävehalt på 562 – 821 kilogram per hektar. Resterande tredjedel utgjordes av kontrollytor. Totalt är det 175 provytor som är utspridda på 186 hektar. Alla träd som hade tidigare registrerats klavades in i provytorna. Inmätningar av träden har gjorts 2007, 2009 och 2022. Denna studie räknar på hur stor biomassatillväxten varit mellan 2007 och 2022 med hjälp av biomassafunktioner.

Syftet med denna studie är att undersöka om det finns tillväxtpotential till högre koldioxidinlagring i norra Sverige genom att mäta utvecklingen under en period på femton år efter att försökbestånden gödslats. Detta för att få ett mått på hur mycket koldioxid varje avdelning i respektive bestånd har bundit.

Resultatet och slutsatsen för denna studie är att det har varit en liknande tillväxt på ytor gödslade med bionäring som på ytor gödslade med mineralnäring. Biomassatillväxten har i båda fallen i medeltal varit ungefär 1,9 ton torrsvikt per hektar högre än för de obehandlade ytorna. Koldioxidlagringen har i genomsnitt ökat med ungefär 3,4 ton CO<sub>2</sub> per hektar och år. Detta är nästan en fördubbling jämfört med de obehandlade avdelningarna mellan 2007 och 2022. Det finns inget i undersökningen som tyder på att tillväxtökningen utgjort en mortalitetsrisk för träden genom att ge en ökad risk för stormskador.

Bionäring har kanske potential att ersätta mineralnäring. En fördel med bionäringen är att det sannolikt går åt mindre energi att producera kvävet för bionäringen. Det skulle dock behöva undersökas mer vad för energikälla som används för att torka bionäringen och hur mycket utsläpp det genererar. Det har här inte räknats på hur mycket koldioxid som släppts ut vid transporten från reningsverket respektive fabriken till skogen. Det blir dock stora volymer bionäring att transportera jämfört med mineralnäringen för att få samma gödslingsseffekt. Kanske är kvävet från mineralnäringen därför fortfarande det mest tillväxteffektiva att gödsla med, eftersom det där krävs betydligt mindre kväve för att få motsvarande tillväxt som för bionäringen.

*Nyckelord:* Organiskt gödsel, Kolbildning, Norrbotten

## Abstract

This study is a follow-up to a master's thesis that is part of a larger project called "Carbon storage in Northern Sweden". The project is about comparing biological fertilization (sewage sludge) and synthetic fertilization on 22 forest stands scattered in Norrbotten. These stands were fertilized between 2006 and 2008. In the master's thesis and in this study, it focuses on three stands that are located outside Överkalix. These stands were fertilized in 2006. One third was fertilized with synthetic nutrition with a nitrogen content of 132 - 176 kilograms per hectare and three years after an additional fertilization of 150 kilograms nitrogen content per hectare. Biological nutrition fertilized with a nitrogen content of 562 – 821 kilograms per hectare. The remaining third constituted as control sites. In total, there are 175 sample plots spread over 186 hectares. All trees that had previously been calibrated in the sample plots. Measurements of the trees have been made in 2007, 2009, and 2022. This study calculates how large the biomass growth been between 2007 and 2022 using biomass functions.

The purpose of this study is to investigate whether there is growth potential for higher carbon dioxide sequestration in northern Sweden by measuring the development under a fifteen-year period after the research stands were fertilized. This is to get a measure of how much carbon dioxide each site in the respective stand has sequestered.

The result and conclusion of this study is that there has been a similar growth in the biological fertilized as on the synthetic fertilized sites. Biomass growth has in both cases been by an average of approximately 1.9 tons of dry weight per hectare higher than the untreated sites. Carbon dioxide storage has increased with an average value of approximately 3.4 tons of CO<sub>2</sub> per hectare and year. This is almost double amount compared to the untreated sites between 2007 and 2022. There is no indication in this study that the increase of growth poses a mortality risk to the trees through giving an increased risk of storm damage.

Biological fertilization may have the potential to replace synthetic fertilization. An advantage of the biological fertilization is that it probably takes less energy to produce the nitrogen for the biological fertilization. However, it would be necessary to investigate more what kind of energy source is used to dry the biological fertilization and how much emissions it generates. It has not been calculated here how much carbon dioxide was released during the transport from the treatment plant or the factory to the forest. There are though large volumes of biological fertilization to transport compared to synthetic fertilization to get the same growth effect. Perhaps nitrogen from the synthetic fertilization is still the most growth efficient to fertilize with because it requires much less nitrogen to get an equivalent growth as for the biological fertilization.

*Keywords:* Organic fertilization, carbon storage, Norrbotten

## Förord

Rådatainsamlingen gjorde jag och Edvard Romans under vår tid som säsongsfältpersonal på SLU Svartberget under barmarksäsongen 2022.

Tack Johan Westin för att jag fick möjlighet att samla in datamaterialet på arbetstid och din förståelse!

Thank you, Edvard Romans, for the help and support of keeping me company on our adventures in Överkalix!

Tack Johan Lundbäck för att du hjälpte hos med att få i gång dem antika klavarna!

Tack Staffan Stenhag för ditt tålamod!



# Innehåll

<b><u>INLEDNING.....</u></b>	<b><u>1</u></b>
GÖDSLINGENS SYFTE I SKOGEN.....	1
AGENDA 2030 .....	2
SVEASKOGS KOLINLAGRINGS REDOVISNING .....	2
GÖDSLINGSKONSUMTIONEN GLOBALT OCH NATIONELLT.....	2
GÖDSLINGSEFFEKT I NORRBOTTEN.....	3
KOLSÄNKOR I NORRBOTTEN.....	3
SYFTE .....	4
<b><u>MATERIAL OCH METODER .....</u></b>	<b><u>5</u></b>
BESTÅNDSBESKRIVNING .....	5
INSAMLING AV DATA .....	6
DATAANALYS .....	7
FELJUSTERINGAR I DATAMATERIALET .....	7
<b><u>RESULTAT .....</u></b>	<b><u>9</u></b>
GÖDSLINGSEFFEKTER.....	9
MORTALITET .....	10
KOLDIOXIDINLAGRING .....	12
<b><u>DISKUSSION .....</u></b>	<b><u>14</u></b>
SAMMANFATTNING AV RESULTATET .....	14
BESTÅNDSVARIATION OCH OSÄKERHET I DATA .....	14
BIOMASSATILLVÄXT .....	15
KOLDIOXIDINLAGRING .....	15
SLUTSATSER OCH VIDARE STUDIER .....	16
<b><u>REFERENSER.....</u></b>	<b><u>17</u></b>





# Inledning

## Gödslingens syfte i skogen

Gödsling är ett komplement av näring som ges till skogsbestånden för att öka stamtillväxten. De vanligaste mineralmakronäringsämnen som träden har behov av är kväve (N), fosfor (P) och kalium (K). Även mineralmakronäringsämnen kalcium (Ca) och magnesium (Mg) behövs. Mikronäringsämnen mangan (Mn), zink (Zn), bor (B), koppar (Cu) och molybden (Mo) är även ämnen som träden har behov av, om än i små doser. (Skogforsk 2005)

Trädens tillväxt bestäms av hur mycket barmassa träden har, eftersom det är där fotosyntesen sker och denna fotosyntes är en förutsättning för tillväxt. Andelen barmassa bestäms av andelen tillgänglig näring som finns i marken. Oftast är det kvävehalten i marken som begränsar tillväxten genom "Liebig Law of Minimum". Ett tillskott på kväve ger skogen bättre förutsättningar för tillväxt. Gödslingen gör att trädens barr blir fler samt längre och kraftigare (Bergh et al. 2020). Fotosyntesen innebär att växternas klorofyll fångar in solenergi och binder den som kemisk energi med koldioxid och vatten, vilket i sin tur skapar glukosmolekyler. Denna procedur sker i kloroplasten i växternas blad eller barr (Nationalencyklopedin 2022). Ökningen av fotosyntes och koldioxidupptagning från gödsling ger en omfördelad tillväxt mellan rötter och biomassa ovan jord, såsom stamveden (Bergh et al. 2020). Gödsling kan även ändra tillväxthastigheten på vissa träd och ge andra dominant träd i beståndet, något som kan leda till att beståndet självgallras. (Binkley & Fisher 2006)

Barren på träden sitter kvar i flera år och ger en ackumulerande tillväxtökning av den ökade andelen barmassa. Till exempel ger en engångsgödsling på 150 kg kväve per hektar i skog övre medelåldern i genomsnitt en total tillväxtökning på 13 – 20 m<sup>3</sup>sk per hektar under en period på 6 – 10 år (Bergh et al. 2020). Binkley och Fisher (2013) skriver om ett försök som undersökte vart kvävet tog vägen efter gödslingen. Försöket gjordes av Nadelhoffer et al. (1999) och bestod av nio skogar i både Nordamerika och Europa. Det visade sig 20 – 25 procent av det gödslade kvävet togs upp av träden, 70 procent var kvarvarande i den organiska jorden, och 10 procent urlakades eller blev till gas. (Binkley & Fisher 2013 se. Nadelhoffer et al. 1999)

I Binkley och Fishers bok, *Ecology and Management of Forest Soils*, tas det upp exempel på hur näringsbrister kan identifieras på träden. Till exempel från en rapport av Högberg et al. (2006) där krokiga toppar och gamla stambrott kan tyda på brist av grundämnet bor hos tallar (*Pinus sylvestris*) i norra Sverige. Vidare finns identifieringar på brist av olika näringsämnen som visas på eukalyptus (*Eucalyptus*) i nya eller gamla lövbestånd. Symptom för brist på kväve för eukalyptusträd är färgglada gröngula löv, med små rödaktiga prickar som utvecklas senare. (Binkley & Fisher 2013 se. Dell 1996)

## Agenda 2030

Agenda 2030 är en universell agenda för en hållbar utveckling som FN:s medlemsländer har antagit år 2015. Agendan fokuserar på fyra syften som ska vara uppfyllda till 2030. De fyra syftena är: i) avskaffa extrem fattigdom, ii) minska ojämlikheter och orättvisor i världen, iii) främja fred och rättvisa, och iv) lösa klimatkrisen. Under dessa finns 17 mål som kan kategoriseras till något av dessa syften. (Svenska FN-förbundet 2018)

Det mål som kan vara mest relevant för koldioxidinlagring är mål 13. Målet handlar om att bekämpa klimatförändringarna och satsa på miljövänliga lösningar för att undvika global uppvärmning. Om den globala uppvärmningen överstiger två grader, kan klimatförändringar ge konsekvenser för ekosystem, mänsklig säkerhet, matproduktion, hälsa och säkerhet, vattentillgång, havsförurning samt ge en ökad risk för naturkatastrofer. (Svenska FN-förbundet 2018)

Mål 13 i Agenda 2030 har sina rötter i Klimatkonventionen och Parisavtalet. Klimatkonventionen är en global konvention som togs fram under FN:s konferens om miljö och utveckling som anordnades i Rio de Janeiro, Brasilien 1992 för att stoppa klimatförändringar. Parisavtalet tillhör Klimatkonventionen och är ett globalt klimatavtal. Parisavtalet säkerställer att den globala temperaturökningen ska vara mindre än två grader jämfört med förindustriell nivå, men eftersträvar en begränsning på maximalt 1,5 grader till år 2030. Detta genom att framför allt minska på växthusgasutsläppen. (Svenska FN-förbundet 2018)

## Sveaskogs kolinlagrings redovisning

Sveaskogs skogar ger en klimatnytta dels av skogens tillväxt, och dels av de långlivade produkter som förädlas av virket från deras skogar. Detta ger en nettoinlagring genom det kol träden binder från koldioxiden i atmosfären. Det finns även kortlivade produkter såsom fiberproduktion, träråvaror och bioenergi. Både kortlivade och långlivade produkter ersätter fossil energi och cement genom förädlade skogsråvaror. (Sveaskog 2022)

Enligt *Sveaskogs Års- och hållbarhets redovisning för år 2021* som beräknas med utgångspunkt av samma metod som den officiella nationella rapporteringen till FN:s klimatkonvention under Land Use, Land Use Change and Forestry (LULUCF), är deras kolinlagring (nettosänka) i skog och produkter -7,25 miljoner ton CO<sub>2</sub>e (koldioxidekvivalenter) för levande biomassa, död ved, och mark på all skogsmark. Deras ökade kolinlagring (nettosänka) för träbaserade produkter är -0,58 miljoner ton CO<sub>2</sub>e år 2021. Under 2021 släppte Sveaskog ut 0,13 miljoner ton CO<sub>2</sub>e. Av detta koldioxidutsläpp var 8,1 procent från användningen av gödsel. (Sveaskog 2022)

## Gödslingskonsumtionen globalt och nationellt

Enligt International Fertilizer Association (IFA) har den totala gödslingen historisk ökat i världen. År 1988 konsumerades det runt sjuttionio miljoner ton kväve (N) varefter konsumtionen gick ner med sju miljoner ton till sjuttio två

miljoner ton fem år senare. Därefter har konsumtionen globalt gått upp och ligger år 2020 runt hundratolv miljoner ton kväve (N).

I Sverige har utvecklingen sett annorlunda ut än vad den gjort globalt och piken kom redan 1973 då kvävekonsumtionen var 263 kiloton. Under de senaste tio åren har konsumtionen i Sverige långsamt ökat efter att först ha gått ner kraftigt. År 2020 konsumerades det 202 kiloton i Sverige. (IFA 2022)

## Gödslingseffekt i Norrbotten

I en studie där olika tillväxtbehandlingar såsom gallring och gödsling undersöktes konstaterades det att kväve (N) påverkar tillväxten i hela landet. Gödsling med kväve har dock större effekt i norra Sverige. Detta eftersom det är en större andel av näringen som är uppbunden i andra organiska material och nedbrytningen där tar längre tid. Gödsling kan även ha en påverkan på samspelet med mykorrhiza för träden. (Jørgensen et.al. 2021)

I en långsiktig studie, som genomförts av Zhao et al. (2022), om den årliga kolbildningen i borealskog, samlades data in från Eddy covariance i Rosinedalsheden i norra Sverige. I studien jämfördes ett mineralgödslat bestånd med ett ögödslat bestånd. Båda bestånden var dominerade av tall (*Pinus sylvestris*). Det gödslade beståndet gödslades med Skogs-Can mellan 2006 och 2019 med olika halter av kväve. En Eddy covariance är ett mikro-metrologiskt verktyg som mäter olika flöden mellan atmosfären och det organiska (Lian & Wang 2020), i detta fall det turbulenta utbytet mellan koldioxid och vattenånga ovanför trädkronan. I studien kom Zhao et al. (2022) bl.a. fram till att den årliga kolbindningen av biomassa var högre på det gödslade beståndet. Tillväxten för det gödslade beståndet var 16 procent och för det ögödslade 2 procent de första tio åren efter kvävegödslingen. De följande fem åren band ett gram kväve (N) sju gram kol (C). (Zhao et.al. 2022)

## Kolsänkor i Norrbotten

Föreliggande examensarbete är en del av ett större projekt ”Kolsänkor Norrbotten”. Projektet handlar om att jämföra tillväxtskillnaderna mellan gödslade och ögödslade områden. Under 2006 gödslades försöksbestånden mellan Överkalix och Lansjärv och 2007 samt 2008 gödslades det mellan Kamlunge i söder och Korpilombolo i norr. Totalt gödslades 22 bestånd mellan 2006 och 2008. En tredjedel gödslades med mineralnäring, en tredjedel med bionäring och en tredjedel utgjorde kontrolltytor. För varje försöksbestånd fanns alltså tre avdelningar med olika behandling. (Sahlén 2012) Bionäringen är avloppsslam från reningsverk. Lundbäck (2010) har beskrivit detta utförligt i sitt mastersarbete.

Detta examensarbete är en uppföljning till Lundbäck's examensarbete som skrevs 2010 och har inspirerats av examensarbetet Lundbäck gjorde. Lundbäck (2010) riktade in sig på tre av dessa 22 bestånd vilka samtliga gödslades mellan 10:e augusti och 8:e september 2006 varefter de uppmättes hösten 2007 och hösten 2009.

På mineralnäringsavdelningen spreds det 488 – 653 kilogram Skogs-CAN per hektar (mineralnäring) varav 132 – 176 kilogram kväve per hektar. Bionäringsavdelningen varierade gödsel fördelningen med två olika volymer av gödsel på provytorna vilket blev a- och b-provytor. På merparten provytor har det spridits mellan 13,4 – 14,7 ton bionäring per hektar (bio a) varav en kväveandel på 562 – 617 kilogram kväve per hektar (61 kg ammonium/ha) och på de andra provytorna spreds det 17,8 – 19,5 ton bionäring per hektar (bio b) varav en kväveandel på 747 – 821 kilogram kväve per hektar (80 kg ammonium/ha). Tre år efter gödningen gjordes det ytterligare en gödning med 150 kilogram kväve per hektar på mineralnäringsavdelningarna. Detta för att jämföra skillnader i tillväxt mellan olika behandlingar. (Sahlén 2012)

Det som Lundbäck (2010) sammanfattningsvis kom fram till i sitt mastersarbete var att det fanns en tillväxtökning på samtliga bestånd på från 60 procent upp till 200 procent, med den största tillväxtökningen på de mineralgödslade avdelningarna. Vidare visade resultaten att uppbindningen av CO<sub>2</sub> på bio a-behandlingen under de två första åren var mellan 8,1 och 10,5 ton per ha, d.v.s. runt 4 – 5 ton per hektar och år. De slutsatser som Lundbäck (2010) drog är att gödning ökar koldioxidbindningen. I yngre tallskog ökar koldioxidbindningen med ca 10 ton per ha. En tydlig tillväxteffekt kan ses redan inom två år från gödningen. Högst tillväxt och koldioxidbindning sker i välsluten, medelålders skog. Vidare kom han fram till att mineralgödsel är ett effektivare gödsel än bionäring under de två första åren (Lundbäck 2010).

Det som främst ska undersökas i föreliggande studie är hur mycket extra kol som träden bundit genom gödningen. Eftersom dessa bestånd är väldokumenterade är det befogat att göra ytterligare en studie på just dessa bestånd mellan Överkalix och Lansjärv. Detta kommer dock bli ett pseudoreplikation, vilket innebär att resultatet inte kan säkerställas över hela Norrbotten, utan endast på lokal nivå. (Lundbäck 2010)

## Syfte

I examensarbetet ska det undersökas om det finns tillväxtpotential till högre koldioxidinlagring i norra Sverige genom att mäta utvecklingen efter att försöksbestånden gödslades. Detta för att få ett mått på hur mycket koldioxid varje avdelning i respektive bestånd har bundit. Tillväxten redovisas i enheter ton torrsvikt per hektar och år och ton bundet CO<sub>2</sub> per hektar och år.

De frågeställningarna som examensarbetet ska svara på är följande:

- Hur stor skillnad på tillväxten av biomassan är det mellan bionäring och mineralnäring på försöksavdelningarna?
- Finns det en högre mortalitetsrisk för träden på de behandlade avdelningarna än på kontrollytan?
- Hur mycket har koldioxidinlagringen ökat genom gödningen?

# Material och metoder

## Beståndsbeskrivning

De bestånd som ingår i denna studie är utvalda eftersom de har stora likheter med varandra. För samtliga bestånd består berggrunden av granit och pegmatit (SGU 2022) och jordmånen är av podsoltyp och består av grovkornig morän. Marktypen är fastmark samt markvegetationen är av ristyp. Bestånden är mestadels talldominerade. På Hällberget är det högt älgbetetryck och tallen är mer konkurrensutsatt av lövträd och gran, som kan ses i Tabell 1. Hällberget är på 100,7 hektar, Furuberget är 40,3 hektar och Näverberget är 45 hektar. Totalt är det 186 hektar som inkluderas i studien (Lundbäck 2010).

*Tabell 1. Beräkningar av beståndsdata från inmätningen 2007. Redovisas per bestånd och avdelning.*

		Grundyta (m <sup>2</sup> /ha)			Grundtyvägd trädslagsblandning (%)		
		Tall	Gran	Löv	Tall	Gran	Löv
Hällberget	Kontroll	2,3	0,3	0,2	82,7%	10,2%	7,1%
	Bionäring	3,5	0,7	0,2	79,3%	16,2%	4,6%
	Mineral	4,6	0,2	0,1	94,9%	3,2%	1,9%
Näverberget	Kontroll	16,5	0,1	0,0	99,5%	0,5%	0,0%
	Bionäring	16,3	0,5	0,0	96,5%	3,2%	0,3%
	Mineral	15,7	0,2	0,1	98,3%	1,1%	0,6%
Furuberget	Kontroll	15,7	0,6	0,4	93,3%	4,1%	2,6%
	Bionäring	16,8	0,0	0,0	99,9%	0,0%	0,1%
	Mineral	17,9	0,4	0,4	95,6%	2,0%	2,3%

*Tabell 2. Beståndsdata för de tre bestånden, enligt (Sahlén 2012)*

Bestånds-namn	Latitud, grader	Altitud, m	Mark -fukt.	Veg. typ	SI H <sup>100</sup> , m	Ålder (2006)	Temperatursumma
Hällberget	66,62	246	Frisk	Lingon	T19	19	823
Furuberget	66,54	95	Frisk	Lingon	T20	55	917
Näverberget	66,69	245	Frisk	Lingon	T20	64	776

Totalt finns det 175 provytor utlagda som ska mätas. Dessa finns på lokalområdena Hällberget (51), Furuberget (70), Näverberget (54). Hällberget är det yngsta beståndet och är ogallrat.

*Tabell 3. Provytefördelningen per bestånd och avdelning.*

		Provytor
Hällberget	Kontroll	12
	Bionäring	15
	Mineral	24
Näverberget	Kontroll	12
	Bionäring	20
	Mineral	22
Furuberget	Kontroll	12
	Bionäring	22
	Mineral	36

*Tabell 4. Beräkningar av beståndsdata från inmätningen 2007. Redovisas per bestånd och avdelning.*

		Stamantal/ha		
		Tall	Gran	Löv
Hällberget	Kontroll	899	183	505
	Bionäring	1 196	362	519
	Mineral	1 154	48	75
Näverberget	Kontroll	815	65	6
	Bionäring	735	126	18
	Mineral	861	88	28
Furuberget	Kontroll	1 677	167	194
	Bionäring	1 281	11	19
	Mineral	1 709	79	190

## Insamling av data

Provytorna är redan utlagda och träden tydligt markerade med ett kors i brösthöjd (1,3 meter upp på stammen) och koordinatsatta. Försöksbestånden är indelade i tre avdelningar; en som kontrollavdelning, en gödslad med mineralnäring och en gödslad med bionäring. Detta för att jämföra skillnaderna i tillväxt mellan obehandlade och behandlade områden. Centrum för varje provyta är i en stickväg. Provytorna är 20 × 20 meter (400 m<sup>2</sup>).

Det datamaterial som registrerades in var brösthöjdsdiametern på alla målade träd. De träd som inte hade ett målat kors inkluderades inte i inmätningen om det inte var tydligt att trädet stod där innan projektet startade.

Tillväxten av biomassa beräknas genom att mäta trädens diameter. Mätningen görs med en dataklave. Klavningen görs i brösthöjd och träden korsklavas över det dimålade korset. Alla målade träd i provytan klavas. GPS-koordinerade kartor

fanns för att hitta rätt provyta och dessa lades in Avenza Maps i mobiltelefonen. Kartorna var koordinatsatta med koordinatsystemet RT 90.

## Dataanalys

Rådatamaterialet analyserades i MS-Excel. Biomassan beräknades med hjälp av ett Excelark från Lundbäcks (2010) mastersarbete och modifierades enligt egna preferenser.

För beräkningarna av biomassatillväxt användes Marklunds biomassafunktioner för ovanjordsdelen och Petterssons biomassafunktioner för underjordsdelen. Anledningen att Peterssons biomassafunktioner användes i stället för Marklunds är för att Peterssons biomassafunktioner räknar rötter ända ner till 2 mm. I stället för 5 mm som Marklunds biomassa satt som undre gräns (Lundbäck 2010). Resultatenheten för Marklund och Petterssons biomassafunktioner är torrsvikt (kg).

Marklunds (2010) biomassafunktioner är logaritmiska funktioner som beräknar delar av det enskilda trädets biomassavolym. Funktionen beräknas med diametern (centimeter) som oberoende variabel multiplicerat med en koefficient plus en konstant. De aktuella träddelarna för denna rapport är stam plus bark, levande grenar och döda grenar. Allt summeras ihop till den totala biomassan.

$$\text{Torrsvikt} = \text{diameter} * \text{koefficient} + \text{konstant}$$

Efter uppskattning av varje enskilt trädets torrsvikt sammanställs det per provyta och hektar. Därefter uppskattas kolmängden i trädets torrsvikt vilket enligt erfarenhet är ca 50 procent. Detta konverteras sedan till koldioxid genom att multipliceras upp med en faktor. Faktortalet är 3,64, vilket är viktförhållandet mellan kol och koldioxid. (Lundbäck 2010 se. Hunt 2009)

För de döda träden används tallens biomassafunktioner eftersom det är tall som dominerar bestånden och som utgör majoriteten av de döda träden.

## Feljusteringar i datamaterialet

Beräkningarna har gjorts per provyta för varje avdelning. Bortfall från tidigare studier har förekommit på grund av att vissa provytor har varit dåligt markerade efter 15 år och för att det varit svårt att fastställa var provytan börjar och slutar. På Hällberget beslutades det efter kommunikation med SLU Svartberget och Lundbäck på Sveaskog att dra ner på antal provytor till hälften.

Bearbetningen av data har varit densamma som tidigare. Registrerade data i dataklavarna har förts över som textfiler och sedan har textfilerna konverterats till Excelfiler. I Excelfilerna kontrollerades eventuella felregistreringar som justerades. Felregistreringar kunde till exempel vara en dubbel- eller missad registrering av diametern. Detta leder till ett ojämnt antal registreringar från korsklavningen. Denna genomsökning gjordes manuellt för att finna de mått som skiljde sig onormalt mycket eller upprepats en gång för mycket. Efter att diametrarna kontrollerats döptes provytorna om till det rätta numret som fanns ute

i fält och på kartan. Detta noterades med hjälp av Avenza Maps. Provytorna jämfördes sedan med tidigare inmätningar för att kontrollera att provytorna stämmer överens med tidigare inmätningar. I enskilda fall har fel provytenummer registrerats på grund av att det stått fel på kartan eller i fält. Detta kunde justeras genom att jämföra antalet träd som registrerats per provyta.

Vissa provytor har oundvikligt fått felregistreringar av antalet träd. Detta kan bero på slumpmässiga misstag eller på att träden har fallit och ligger gömda under mossan. I Tabell 5 är antalet felregistreringar på Hällberget runt 20 procent och på Näverberget och Furuberget runt 10 procent.

*Tabell 5. Skillnad i antalet inklavade träd mellan år 2007 och 2022. Redovisas per bestånd och avdelning.*

	<b>Skillnad i trädantal i procent</b>		
	<b>Kontroll</b>	<b>Bionäring</b>	<b>Mineral</b>
<b>Hällberget</b>	-19%	-22%	-19%
<b>Näverberget</b>	-11%	-11%	-7%
<b>Furuberget</b>	-6%	-11%	-5%



# Resultat

## Gödslingseffekter

I Tabell 6 har grundytan och grundtyevägd trädslagsfördelning ändrats mest på Hällberget. Kontrollavdelningen på Hällberget är den avdelning som har störst förändring på grundtyevägd trädslagsblandning jämfört med beräkningarna från 2007 i Tabell 1.

*Tabell 6. Beräknad grundytan och grundtyevägd trädslagsblandning för varje avdelning på de tre bestånden 2022.*

		Grundytan (m <sup>2</sup> /ha)				Grundtyevägd trädslagsblandning (%)			
		Tall	Gran	Löv	Död	Tall	Gran	Löv	Död
Hällberget	Kontroll	6,3	1,1	0,7	0,4	76,4%	13,1%	6,2%	4,2%
	Bionäring	12,1	3,2	1,1	0,5	70,8%	19,6%	6,7%	2,9%
	Mineral	15,2	1,1	0,0	0,3	92,2%	6,1%	0,1%	1,7%
Näverberget	Kontroll	21,9	0,1	0,0	0,2	98,3%	0,5%	0,1%	1,1%
	Bionäring	24,5	1,6	0,1	1,4	89,2%	5,6%	0,2%	5,0%
	Mineral	23,9	0,6	0,2	0,3	95,7%	2,2%	0,8%	1,2%
Furuberget	Kontroll	21,0	0,9	0,5	0,5	90,7%	4,6%	2,6%	2,1%
	Bionäring	25,9	0,0	0,0	0,2	99,0%	0,1%	0,0%	0,8%
	Mineral	26,3	0,7	0,7	1,0	91,8%	2,5%	2,4%	3,3%

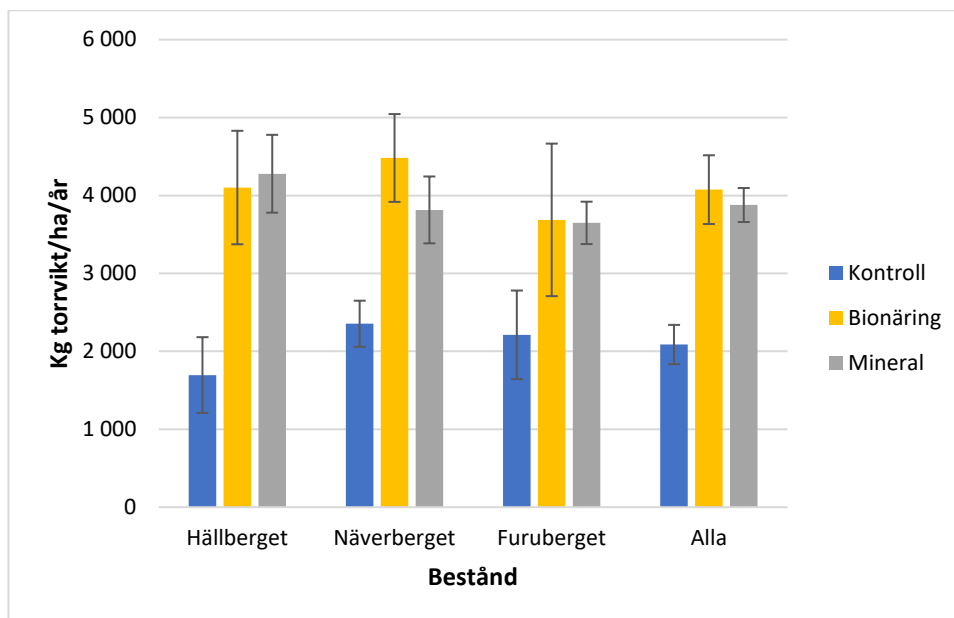
Stamantalet per hektar har minskat något på alla avdelningar från inmätningen 2007 (Tabell 4).

*Tabell 7. Beräknat stamantal för varje avdelning på de tre bestånden 2022.*

		Stamantal/ha			
		Tall	Gran	Löv	Död
Hällberget	Kontroll	542	229	345	229
	Bionäring	644	308	365	257
	Mineral	839	63	6	136
Näverberget	Kontroll	719	42	2	25
	Bionäring	576	116	8	83
	Mineral	755	84	16	30
Furuberget	Kontroll	1 486	174	160	97
	Bionäring	1 081	9	2	37
	Mineral	1 479	84	139	173

På Näverberget och Furuberget, som innehåller mogen skog, har liknande tillväxt skett. På Hällberget, som innehåller ungskog, har skogen reagerat mest med stor tillväxtökning för båda gödslingsmetoderna. Tillväxten av biomassa mellan bionäring och mineralnäring är inte signifikant. Dock har tillväxten i mineralnäringens avdelningen på Hällberget reagerat mest med 152 procent jämfört mellan kontrollavdelningen på Hällberget. Mineralnäringens avdelningarna på

Näverberget och Furuberget har en tillväxt på 62 procent respektive 65 procent jämfört med respektives kontrollavdelning. På beståndens bionäringsavdelningar har tillväxten reagerat med 142 procent på Hällberget, 90 procent på Näverberget, och 67 procent på Furuberget.



**Figur 1.** Beräknad medelvärde biomassatillväxt mellan 2007 och 2022 i kilogram torrsvikt per hektar och år vid olika behandling. Felstaplarna visar medelvärdets variation med ett konfidensintervall på 95 procent.

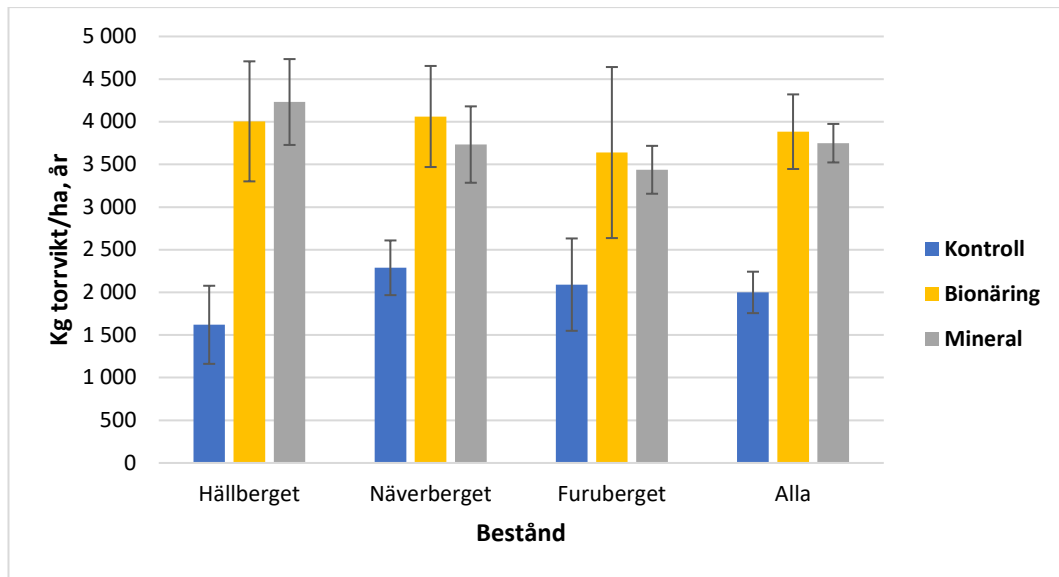
**Tabell 8.** P% = Sannolikhet, NF = Normalfördelning,  $\sigma$  = Standardavvikelse, CV % = Variationskoefficient, och N = provtytor/sampel.

		Biomassatillväxt				
		P%	NF	$\sigma$	CV %	N
Hällberget	Kontroll	5%	2,179	772,8616	45,58%	12
	Bionäring	5%	2,131	1323,2822	32,26%	15
	Mineral	5%	2,064	1185,5122	27,71%	24
Näverberget	Kontroll	5%	2,179	469,9382	19,96%	12
	Bionäring	5%	2,086	1208,0183	26,96%	20
	Mineral	5%	2,074	970,2185	25,43%	22
Furuberget	Kontroll	5%	2,179	903,5690	40,85%	12
	Bionäring	5%	2,074	2213,2354	60,03%	22
	Mineral	5%	1,96	832,0141	22,80%	36
Alla	Kontroll	5%	1,96	772,0566	36,99%	36
	Bionäring	5%	1,96	1699,4167	41,71%	57
	Mineral	5%	1,96	1007,1350	25,97%	82

## Mortalitet

I alla tre bestånden fanns det träd som hade klavats in under 2007, men som hade dött av olika skäl. Dessa träd registrerades också eftersom de bidrog till tillväxten de åren de levde. I den tidigare presenterade Figur 1 inkluderas dessa träd. Om man räknar bort de döda träden erhålls Figur 2 där enbart de träd som fortfarande

var vid liv under inklavningen 2022 finns med i beräkningarna. Den största skillnaden blev på beståndet Näverbergets bionäringsavdelning, där medelvärdet för de döda träden är 419 kilogram torrsvikt per hektar och år. Det lägsta medelvärdet är för avdelningen bionäring på Furuberget med 48 kilogram torrsvikt per hektar och år. På kontrollavdelningarna skiljer det sig med ett medelvärde mellan 75 – 121 kilogram torrsvikt per hektar och år. För mineralnäringsavdelningarna skiljer sig medelvärdet på den döda veden mellan 47 – 211 kilogram torrsvikt per hektar.

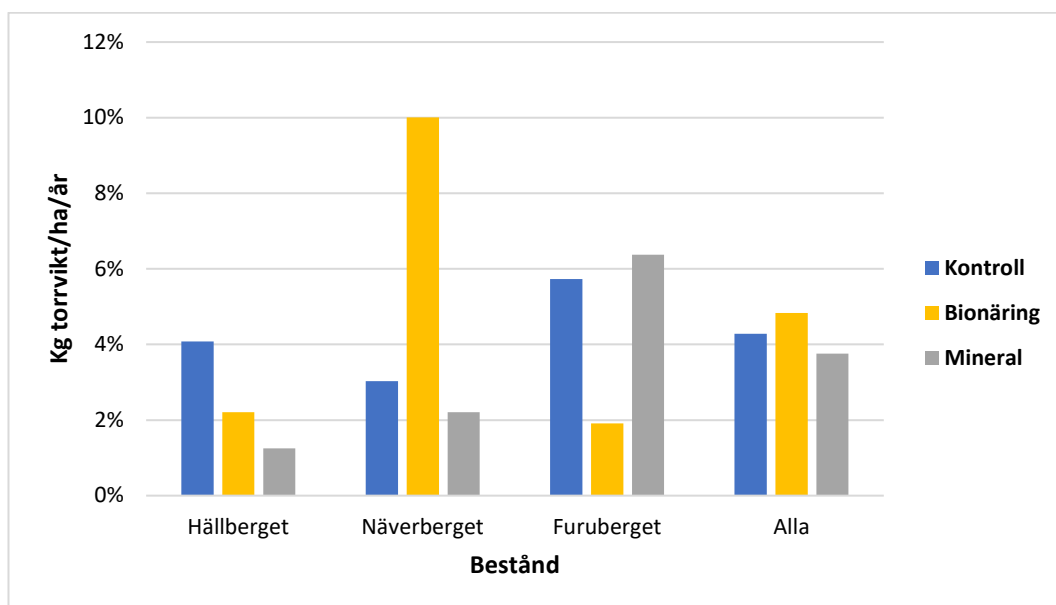


**Figur 2.** Beräknat medelvärde levande biomassatillväxt mellan 2007 och 2022 i kilogram torrsvikt per hektar, år, samt per bestånd och avdelning. Felstaplarna visar medelvärdets variation med ett konfidensintervall på 95 procent.

**Tabell 9.** P% = Sannolikhet, NF = Normalfördelning,  $\sigma$  = Standardavvikelse, CV % = Variationskoefficient, och N = provtytor/sampel.

		Levande biomassatillväxt				
		P%	NF	$\sigma$	CV %	N
Hällberget	Kontroll	5%	2,179	727,6356	44,93%	12
	Bionäring	5%	2,131	1278,8314	31,93%	15
	Mineral	5%	2,064	1194,5841	28,23%	24
Näverberget	Kontroll	5%	2,306	481,5981	21,05%	12
	Bionäring	5%	2,093	1266,0594	31,17%	20
	Mineral	5%	2,131	985,6035	26,41%	22
Furuberget	Kontroll	5%	2,179	860,5712	41,17%	12
	Bionäring	5%	2,074	2218,3397	60,96%	22
	Mineral	5%	1,96	859,4334	25,01%	36
Alla	Kontroll	5%	1,96	743,5711	37,19%	36
	Bionäring	5%	1,96	1684,3022	43,37%	57
	Mineral	5%	1,96	1043,3385	27,83%	82

I Figur 3 nedan visas andelen död ved i procent. Medelvärdet för kontrollavdelningarna och mineralnäringsavdelningarna är ungefär 4 procent. På bionäringsavdelningarna är medelvärdet ungefär 5 procent. Skillnaden är inte signifikant.

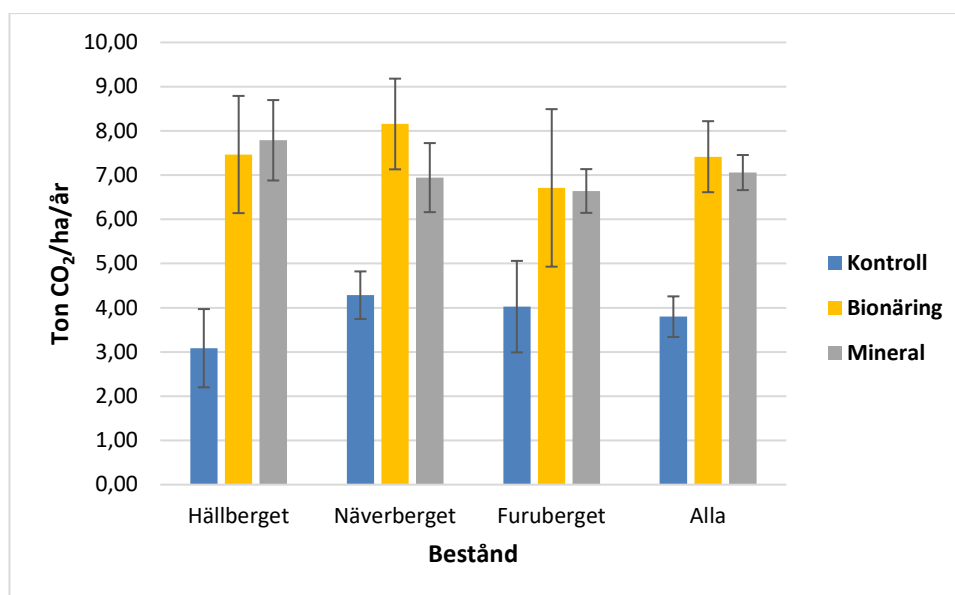


**Figur 3.** Beräknad medelvärde död biomassatillväxt mellan 2007 och 2022 i kilogram torrsvikt per hektar, år i procent, samt per bestånd och avdelning.

## Koldioxidinlagring

De ogödlade kontrollavdelningarna har bundit upp mellan 3,1 och 4,3 ton koldioxid per hektar och år. Bionäringsavdelningarna har bundit upp mellan 6,7 och 8,2 ton koldioxid per hektar och år. Mineralnäringsavdelningarna har bundit upp mellan 6,6 och 7,8 ton koldioxid per hektar och år. På Furuberget har bionäring och mineralnäringsavdelningarna bundit upp ungefär lika mycket, medan det är en större skillnad på de två andra bestånden. I Figur 2 syns det att en del av

Näverbergets biomassa på bionäringsavdelningen är från döda träd. Ifall de döda träden exkluderas från beståndet så binder bionäringsavdelningen på Näverberget 7,4 ton koldioxid per hektar och år, vilket gör att det ligger mer i nivå med de andra bestånden.



**Figur 4.** Beräknad medelvärde total koldioxidinlagring mellan 2007 och 2022 i ton CO<sub>2</sub> per hektar, år, samt per bestånd och avdelning. Felstaplarna visar medelvärdets variation med ett konfidensintervall på 95 procent.

**Tabell 10.** P% = Sannolikhet, NF = Normalfördelning,  $\sigma$  = Standardavvikelse, CV % = Variationskoefficient, och N = provytor/sampel.

		Koldioxidbindning				
		P%	NF	$\sigma$	CV %	N
<b>Hällberget</b>	<b>Kontroll</b>	5%	2,179	1,4066	45,58%	12
	<b>Bionäring</b>	5%	2,131	2,4084	32,26%	15
	<b>Mineral</b>	5%	2,064	2,1576	27,71%	24
<b>Näverberget</b>	<b>Kontroll</b>	5%	2,179	0,8553	19,96%	12
	<b>Bionäring</b>	5%	2,086	2,1986	26,96%	20
	<b>Mineral</b>	5%	2,074	1,7658	25,43%	22
<b>Furuberget</b>	<b>Kontroll</b>	5%	2,179	1,6445	40,85%	12
	<b>Bionäring</b>	5%	2,074	4,0281	60,03%	22
	<b>Mineral</b>	5%	1,96	1,5143	22,80%	36
<b>Alla</b>	<b>Kontroll</b>	5%	1,96	1,4051	36,99%	36
	<b>Bionäring</b>	5%	1,96	3,0929	41,71%	57
	<b>Mineral</b>	5%	1,96	1,8330	25,97%	82

# Diskussion

## Sammanfattning av resultatet

Det finns inget som tyder på att det skulle vara en signifikant skillnad mellan bionärningen och mineralnärningen ur tillväxtpunkt. Båda behandlingarna har en ökad tillväxt av biomassa med ett medelvärde på ungefär 1,9 ton torrsvikt per hektar och år (Figur 1). På alla avdelningarna är mortaliteten 4 – 5 procent (Figur 3). Gödslingsbehandlingarna verkar inte ha påverkat trädens dödlighet. På båda behandlingarna har koldioxidlagringen nästan fördubblats i medeltal med ungefär 3,4 ton CO<sub>2</sub> per hektar och år jämfört med de obehandlade (Figur 4). Detta tyder på att det finns en potential till ökad koldioxidinlagring i Norrbotten.

## Beståndsvariation och osäkerhet i data

Det skulle ha varit bättre om en mätning på dessa bestånd hade gjorts 6 – 10 år efter gödningen. Detta eftersom tillväxtökningen från mineralgödsel kulminerar efter denna period (Bergh et al. 2020). Enligt Sahlén (2012) är bionärningen mer långvarig än mineralgödningen. Därför kan det argumenteras att det har gjorts en ny mätning 15 år efter första inmätningen. Det blir dock med använd mätmetod svårt att säkerställa om gödningen har påverkat tillväxten de sista fem åren eller inte.

Eftersom Hällberget inte har varit i samma utvecklingsstadium som Näverberget och Furuberget så har Hällberget utvecklats olikt och haft större inslag av självgallring. Detta har gjort att flera träd har haft svårt att klara konkurrensen och det har under inmätningen varit svårt här att säkerställa att samma träd klavats in som från tidigare mätningar. Vidare kan det leda till systematiska fel. Färgmarkeringarna har också flagnat bort i en större utsträckning jämfört med i de två andra bestånden. Detta gav en viss osäkerhet beträffande om trädet skulle klavas in eller inte.

Det skulle ha varit mer optimalt att bara en gödselvolym hade spridits på alla ytor i bionäringsavdelningen. Detta eftersom det är en osäkerhet om hur näringen har spridit sig i marken genom vittring och erosion. Med ett sådant försöksupplägg skulle det också vara lättare att säkerställa beräkningar om hur mycket bionärning skogen binder.

De döda träden är inkluderade i 2022 beräkningar, vilket Lundbäck själv inte gjorde. De döda träden har också bundit koldioxid under försöksperioden, vilket är anledningen till att de är med i beräkningarna. Antalet döda träd har också varierat på alla avdelningar och har till viss del påverkat förekomsten av självgallring. Eftersom bestånden är talldominerade har tallens biomassa-funktioner använts för alla döda träd. De döda träden som är gran och löv har varit relativt få i jämförelse med tallen. De utgör en marginell del av den beräknade biomassan. Det fanns inte heller något sätt att sortera ut trädslagen för de döda träden. Ett dött träd har dock inte kvar lika mycket biomassa som ett levande träd. Att exkludera de döda träden från beräkningarna skulle dock ge

delvis missvisande värden på hur mycket kol skogen bundit. Detta eftersom majoriteten av de döda trädens biomassa inte har brutits ner ännu.

## Biomassatillväxt

Tillväxten på biomassa (Figur 1) för bionäringsavdelningarna är mellan 3,7 – 4,5 ton torrsvikt per hektar och år. För mineralnäringsavdelningarna är tillväxten för biomassa 3,6 – 4,3 ton torrsvikt per hektar och år. Hällberget, som har relativt ung skog, är det bestånd där tillväxten på biomassa varit som störst.

Utbudet på kväve brukar vara större än efterfrågan i ungskog och tvärtom efter det att skogen har slutit sig. Detta kan dock fördröjas om beståndet gödglas, då utbudet på kväve blir något större än vad som finns i jorden. (Cook 2014) Anledningen varför Hällberget har växt mycket mer än Furuberget och Näverberget jämfört med varderas kontrollavdelning är troligtvis för att Hällberget har varit ogallrat, stamtätt och med ett högt betetryck. Detta har lett till att beståndet har självgallrats. Något som i sin tur har lett till högre tillväxt.

Vidare tror jag att tillgången på näring har spelat en roll. Detta eftersom Hällberget har lägre tillväxt än Näverberget och Furuberget i Lundbäcks (2010) masterarbete. Jag tror att efterfrågan på näring har överstigit utbudet någon gång de senaste 13 åren efter mätningen 2009. Tillväxten på Hällbergets kontrollavdelning har ju tydligt sjunkit mellan Lundbäcks beräkningar för 2007 – 2009 fram till mina beräkningar för perioden 2007 – 2022.

Den procentuella tillväxtökningen på bionäringsavdelningarna ligger mellan 67 – 142 procent över kontrolllytorna. På mineralavdelningarna är tillväxtökningen 62 – 152 procent. Skillnaden är inte signifikant, utan de båda behandlingarna har i stort sett gett samma effekt. Med Lundbäcks slutsatser stämmer det överens med att tillväxtökningen är mellan 60 och 200 procent.

Det finns inte heller något i föreliggande data som visar på att behandlingarna skulle ge en signifikant skillnad i mortalitet jämfört med kontrollavdelningen. Idén om detta bygger på hypotesen att tillväxttillskottet ger en större krona vilket skulle kunna leda till ökad risk för stormskador. (Skogforsk 2005)

## Koldioxidinlagring

Koldioxidinlagringen på kontrollavdelningarna är i snitt 3,8 ton per hektar och år, vilket stämmer bra överens med Lundbäcks resultat. Bionäringsavdelningen är koldioxidinlagringen 7,4 ton per hektar och år och mineralnäringsavdelningen är koldioxidinlagringen 7,1 ton per hektar och år. Gödselbehandlingarna har ingen signifikant skillnad gentemot varandra. Vidare har tillväxten jämnat ut sig mellan behandlingarna jämfört med Lundbäcks resultat. Ökningen av koldioxidinlagring på båda behandlingarna är ungefär mellan 3,2 – 3,6 ton per hektar och år (Figur 4).

## Slutsatser och vidare studier

Bionäringen har kanske potential att ersätta mineralnäring. Det kan man se eftersom liknande tillförd kväveandel har resulterat till att tillväxten och kolbindningen har varit liknande på bionärings- och mineralnäringssavdelningarna. Bionäringen har, jämfört med kontrollorna, haft en ökad tillväxt av biomassa med i medeltal ungefär 2 ton torrsvikt per hektar och år. Mineralnäringen har haft en ökad tillväxt av biomassa med ett medelvärde på ungefär 1,8 ton torrsvikt per hektar och år. Skillnaden dem emellan är dock inte signifikant i denna studie. I snitt har gödslingen under tidsperioden 2007 – 2022 i studien ungefär fördubblat den bundna mängden CO<sub>2</sub> jämfört med kontrollorna (från 3,8 ton/ha/år till 7,2 ton/ha/år).

En fördel med bionäringen är att det sannolikt går åt mindre energi att producera kvävet än vad det gör för mineralnäringen. Detta skulle dock behöva undersökas mer i detalj med hänsyn till bl.a. vilken energikälla som används för att torka bionäringen och hur mycket utsläpp detta genererar. Det har här heller inte räknats på hur mycket koldioxid som släpps ut vid transporten från reningsverket respektive fabriken till skogen. Det är stora volymer bionäring att transportera jämfört med mineralnäringen för att få samma gödslingseffekt. Kanske är kvävet från mineralnäring fortfarande det mest effektiva alternativet att gödsla med, eftersom det där krävs en betydligt mindre mängd kväve för att få liknande tillväxt som för bionäringen.



## Referenser

- Bergh, J. et al. (2020) *Skogens kolbalans och klimatet*. I: Fires. C. (red.) Skogsskötselserien. Stockholm: Skogsstyrelsen. 41–41.  
<https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotselserien-21-skogens-kolbalans-och-klimatet-2020.pdf>
- Binkley, D. & Fisher, R.F. (2013). *Ecology and Management of Forest Soils*. 4th ed. Hoboken, NJ: Wiley.  
<https://www.agrifs.ir/sites/default/files/Ecology%20and%20Management%20of%20Forest%20Soils%20%7BDan%20Binkley%7D%20%5B9780470979464%5D%20%282013%29.pdf>
- Cook, R. (2014). *Chapter 14 Tree Nutrition and Forest Fertilization*. [Kurs: Forest Soils] North Carolina State University
- IFA (2019) *Fertilizer Consumption – Historical Trends by Country and Region*. IFASTAT Consumption Database.  
[https://www.ifastat.org/databases/graph/1\\_1](https://www.ifastat.org/databases/graph/1_1)
- Jørgensen, K. et al. (2021). *Forest management to increase carbon sequestration in boreal Pinus sylvestris forests*. **Plant soil**. 466:165 – 178. 172 – 175.  
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11104-021-05038-0.pdf>
- Liang, S & Wang, J. (2020). *Estimate of Vegetation Production of Terrestrial Ecosystem*. Academic Press. 581 – 620.  
<https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/eddy-covariance>
- Lundbäck, J. (2010). *Stamtillväst, biomassaproduktion och koldioxidbindning i Norrbotten efter gödsling med mineralnäring och bionäring i tallskog*. (Examensarbete 2010:25) Sveriges lantbruksuniversitet. Instruktionen för skogens ekologi och skötsel.  
[https://stud.epsilon.slu.se/2241/1/Lundback\\_J\\_110202.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/2241/1/Lundback_J_110202.pdf)
- Sahlén, K. (2012) *Kolsänkor Norrbotten*. Umeå. Sveriges lantbruksuniversitet.  
<https://overtornea.se/globalassets/dokument/naringsliv/abcd/slutrapport-kolsankor-slutlig-20121115-utan-kartor.pdf>
- SGU (2022) Berggrund 1:1 miljon. Geodata [kartografiskt material].  
<https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-berggrund-1-miljon.html> [2022-11-20]
- Skogforsk (2005). *Skogsgödsling*. [Faktablad] Gävle: Skogforsk  
[https://www.skogforsk.se/cd\\_20210809140937/contentassets/0029343f7d6746b895c974b00b8b7593/Skogsgodsling\\_en\\_handledning.pdf](https://www.skogforsk.se/cd_20210809140937/contentassets/0029343f7d6746b895c974b00b8b7593/Skogsgodsling_en_handledning.pdf) [2020-09-21]

Sveaskog (2022). *Års- och hållbarhetsredovisning 2021*. Stockholm: Sveaskog.  
<https://www.sveaskog.se/globalassets/trycksaker/finansiella-rapporter/ars--och-hallbarhetsredovisning-2021.pdf>

Svenska FN-förbundet. (2018). *Agenda 2030 och de globala målen för hållbar utveckling*. [Informationsmaterial] Stockholm: Svenska FN-förbundet.  
[https://fn.se/wp-content/uploads/2018/10/Infomaterial\\_Agenda3030\\_komprimerad.pdf](https://fn.se/wp-content/uploads/2018/10/Infomaterial_Agenda3030_komprimerad.pdf) [2023-01-03]

Marklund, L.G. (1988). *Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige*. Institutionen för taxering Rapport 45. Umeå. ISSN 0348 – 0496. (Fysiskt exemplar)

Nationalencyklopedin (2022) Fotosyntes.  
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/enkel/fotosyntes> [2022-09-20]

Zhao, P. et al. (2022). *Long-term nitrogen addition raises the annual carbon sink of a boreal forest to a new steady state*. **Elsevier**. 324. 1.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192322002994>

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

<https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.