

## Marktillstånd och borbrist på åkermark planterad med gran i Västerbottens län



**Christian Folkesson**

I denna rapport redovisas ett examensarbete utfört vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handledts och granskats av handledarna, och godkänts av examinator. För rapportens slutliga innehåll är dock författaren ensam ansvarig.

This report presents an MSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by supervisors, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.

SLU  
Institutionen för skogens ekologi och skötsel  
901 83 UMEÅ

### Abstract

This study was made on former agricultural areas that had been planted with spruce or pine, in the county of Västerbotten. The goal of the project was to investigate suspected deficiency of boron in these areas. Several objects have been reported for possible deficiency and some of these have the characteristic symptoms of boron-deficiency. The hypotheses are that

- 1) Boron deficiency is present at several of the investigated objects.
- 2) Planting of forest on cultivated postglacial sediments leads to a successive podzolisation with a decreasing content of organic matter in the mineral soil, due to decomposition, and a decreasing pH in the soil, even on locations that have been added lime.

To be able to confirm or reject the hypotheses a number of tests were performed. Loss of ignition to obtain organic matter content on the objects, ICP/MS-DRC was used to obtain content of boron in spruce and pine needles, pH was determined and density on the objects were determined by fixed volume cylinder sampling. 13 objects were investigated in this study and two of these were control objects where no former agriculture had occurred and no visible deficiency of boron had been observed.

Most of the objects suffered from boron deficiency and the content of soil organic matter on the objects were lower than in cultivated areas on similar soils. All objects, also those previously limed three to four decades ago, or ash fertilized as late as three to four years ago, were developing mhor layers and had top soil pH in the order of magnitude of natural spruce forest on same soil type.

# Innehållsförteckning

Abstract.....	3
<b>Innehållsförteckning.....</b>	<b>4</b>
<b>Bakgrund.....</b>	<b>5</b>
Allmänt om bor.....	5
Faktorer som påverkar adsorption.....	7
Adsorptionsytor.....	8
<b>Målsättningar och hypoteser.....</b>	<b>10</b>
<b>Objektsbeskrivning.....</b>	<b>11</b>
<b>Material och metoder.....</b>	<b>15</b>
Fältarbetet.....	15
Labanalyser.....	15
<b>Resultat.....</b>	<b>17</b>
Borhalt.....	17
Organhalt.....	18
Densitet.....	20
pH.....	22
<b>Diskussion.....</b>	<b>25</b>
Förutsättningar i Västerbotten.....	25
Borhalt i barr i relation till:.....	26
Jordart.....	26
Organhalt och humusform på objekten/plantering av åkermark.....	26
pH-värde på objekten inklusive effekt av kalk och aska.....	26
Barrprovets position.....	27
Tid för skadornas uppträdande.....	27
Borgödsling.....	27
<b>Slutsatser.....</b>	<b>28</b>
<b>Tillkännagivande.....</b>	<b>29</b>
<b>Källförteckning.....</b>	<b>30</b>
<b>Bilagor.....</b>	<b>32</b>
Bilaga 1 Borhalter.....	32
Bilaga 2 Organhaltsbestämning sedimentborr.....	33
Bilaga 3 pH-mätning 1M KCl.....	34
Bilaga 4 pH-mätning avjoniserat vatten.....	35
Bilaga 5 Bulkdensitetsprov med cylinder.....	36

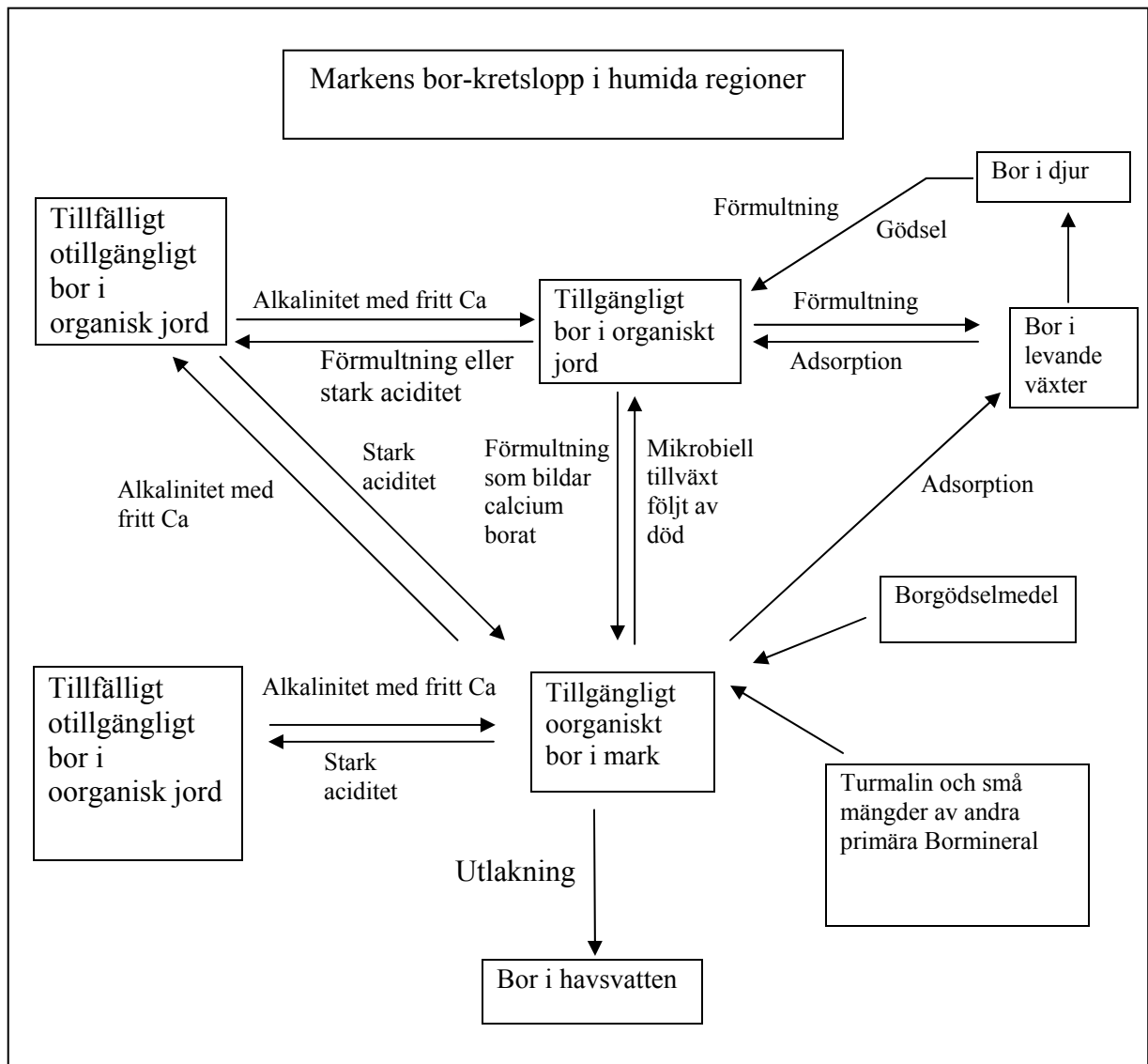
## Bakgrund

### Allmänt om bor

Bor är ett mikronäringsämne som är viktigt för växter, det påverkar dels användandet av  $\text{Ca}^{2+}$ , synteser av nukleinsyror (DNA, RNA) och kvalitet på cellmembran (Raven, 1999). Bor är dock toxiskt i högre halter och det är ett litet spann mellan brist och toxicitet. Borhalt i en näringslösning måste överstiga  $0,05 \text{ mg L}^{-1}$  för att växter inte ska lida brist på bor, medan känsliga växter kan uppvisa toxiska effekter om borhalten i en näringslösning överstiger  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ . Extremt känsliga växter kan uppvisa skadesymptom redan när den lösliga nivån överstiger  $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ , medan tåliga växter kan klara nivåer upp till  $4 \text{ mg L}^{-1}$ . (Essington, 2004) Vid bladanalys är den kritiska gränsen för vitalitet  $5,0 \text{ mg kg}^{-1}$  barr men den kritiska gränsen för synliga skador ligger på  $2 \text{ mg kg}^{-1}$  barr (Stone, 1990). Växter kan bara tillgodogöra sig bor som finns fritt i markvätskan och inte bor som är bundet till mineraler i marken (Goldberg, 2004). Bor i mark finns i fyra poler; 1) minerogent 2) organiskt material och mikrobiell biomassa 3) adsorberat till lerpartiklar, hydroxider eller organiskt material 4) markvätska som borsyra (Schorrock, 1997). Borsyra fungerar som en Lewis syra, genom att ta upp en hydroxylgrupp bildas borat (reaktion 1.) (Goldberg, 2004).



Bor förekommer i mer än 50 olika mineraler, de flesta av dessa är salter. I humida områden är den främsta källan turmalin. Turmalin är ett bor-aluminium silikat som normalt innehåller 10-11 viktprocent bor. Bor som tillförs marken genom vittring av mineraler, konstbevattning, tillförsel av organiskt material eller kemiska gödselmedel kommer in i borchykeln i olika faser. Det kan antingen tas upp av växter, lakas ut genom kraftiga regn eller adsorberas till jord kolloider (fig.1) .(Bangash, 2000)



Figur 1. Principskiss över borets kretslopp i humida regioner (efter Bangash, 2000)

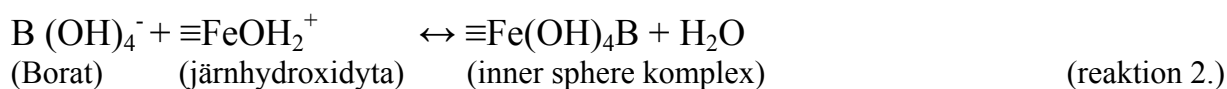
Turmalin är ett mycket hårt och svårlösligt silikat (kiselmineral) som finns som spårmineral i urberget. Turmalin innehåller förutom kisel alltid bor, väte och magnesium och förekommer oftast i pegmatit, men även i omvandlad kvartsit och skiffer samt i granit och gnejs. Turmalin är ganska vanligt förekommande i Sveriges mellersta och norra delar, dock endast som assessorisk mineral i form av små stavar (Lundegårdh, 1986).

### Faktorer som påverkar adsorption

De faktorer som främst påverkar adsorption av bor i mark är pH, textur, vattenhalt och temperatur. En av de viktigaste faktorerna är markens pH, med ökande pH från 3-9 minskar andelen tillgängligt bor på grund av ökande adsorption till marken inom hela intervallet.

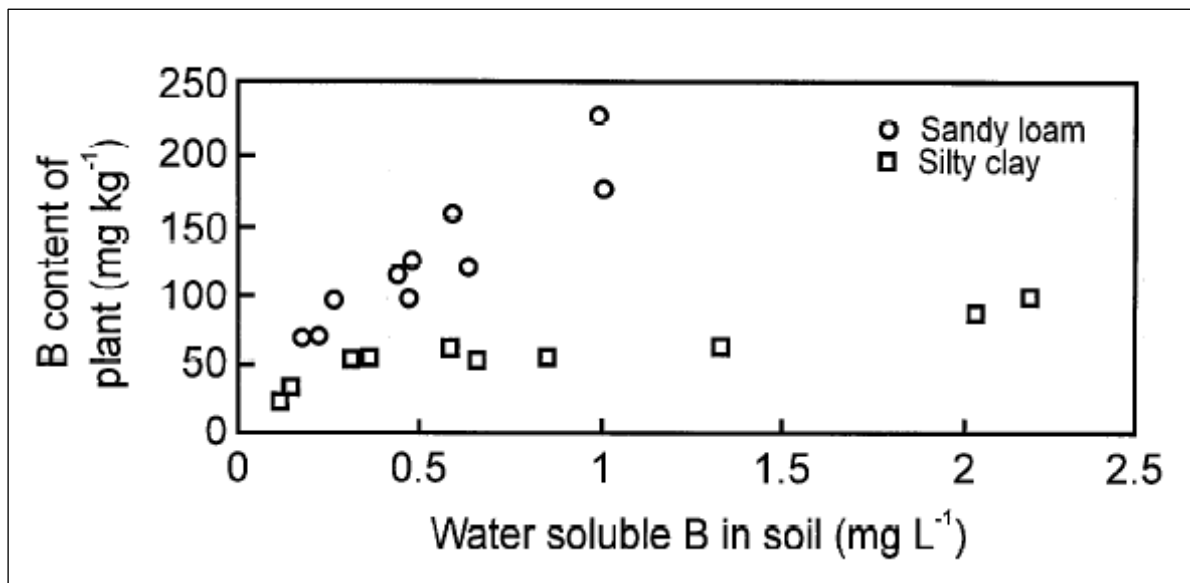
Aluminium- och järnoxider är exempel på ytor där adsorption av bor är beaktansvärd. Vid fortsatt ökat pH från 10-11.5 sker däremot en ökning av mängden tillgängligt bor i marken. (Goldberg, 1997) Anledningen till den ökande andelen tillgängligt bor vid höga pH är att halten  $\text{OH}^-$  då ökar kraftigt i förhållande till  $\text{B}(\text{OH})_4^-$  och konkurrerar då om ytor på exempelvis järnoxid.

(Johansson, 2002) Exempel på reaktion med adsorptionsytor (reaktion 2.) här till järnhydroxid.



Markfuktigheten påverkar tillgängligheten av bor i marken, lägre vattenhalt i marken kan leda till lägre borupptag pga. att växter möjligen stöter på lägre andel växttillgängligt bor då vatten tas från lägre djup. Diffusion av bor i markvätska minskar även vid lägre vattenhalt. Det kan ses en korrelation mellan marktemperaturen och andelen växttillgängligt bor, vid ökad temperatur är adsorption större. Detta kan dock bero på marktemperaturens effekt på markfuktighet på grund av att borbrist ofta är associerad med torra förhållanden. I mark där kristallina mineral dominerar ses en minskning av adsorption när temperaturen ökar från 10 till 40°C medan en svag ökning av adsorptionen sker vid samma temperaturökning på amorf jord. (Goldberg, 1997)

Mineraljordens textur påverkar tillgängligheten av bor på olika sätt. Flera publikationer presenterar att grövre jord innehåller mindre bor än finare jord (t.ex. Landergren 1944 och Bangash, 2000). En orsak till motsatsen för glaciala jordar kunde vara att Turmalin som är ett hårt mineral har större "terminal grade" (ca mo, minimal kornstorlek genom malning) och därigenom torde vara underrepresenterat i finkornigare jordar uppkomna genom abrasion och sedimentation, som våra postglaciala finkorniga sediment (Ivarsson, pers comm.). Avgörande för de referenser som anger finkorniga jordar som rikare på bor kan vara att undersökta jordar i första hand är avsatta i marin miljö (Landergren, 1944). Eller äldre jordar uppkomna genom vittring (Bangash, 2000). Samtidigt är adsorptions maximum högre vid ökad lerhalt och vid identiskt innehåll av vattenlösligt bor är växters upptag större i grövre jord (fig.2.). (Goldberg, 1997)



Figur 2. Borupptag i relation till tillgängligt bor i markvattenlösning. Enligt figuren är bor innehåll i växter större på sandig morän än finare material (Goldberg, 1997).

### Adsorptionsytor

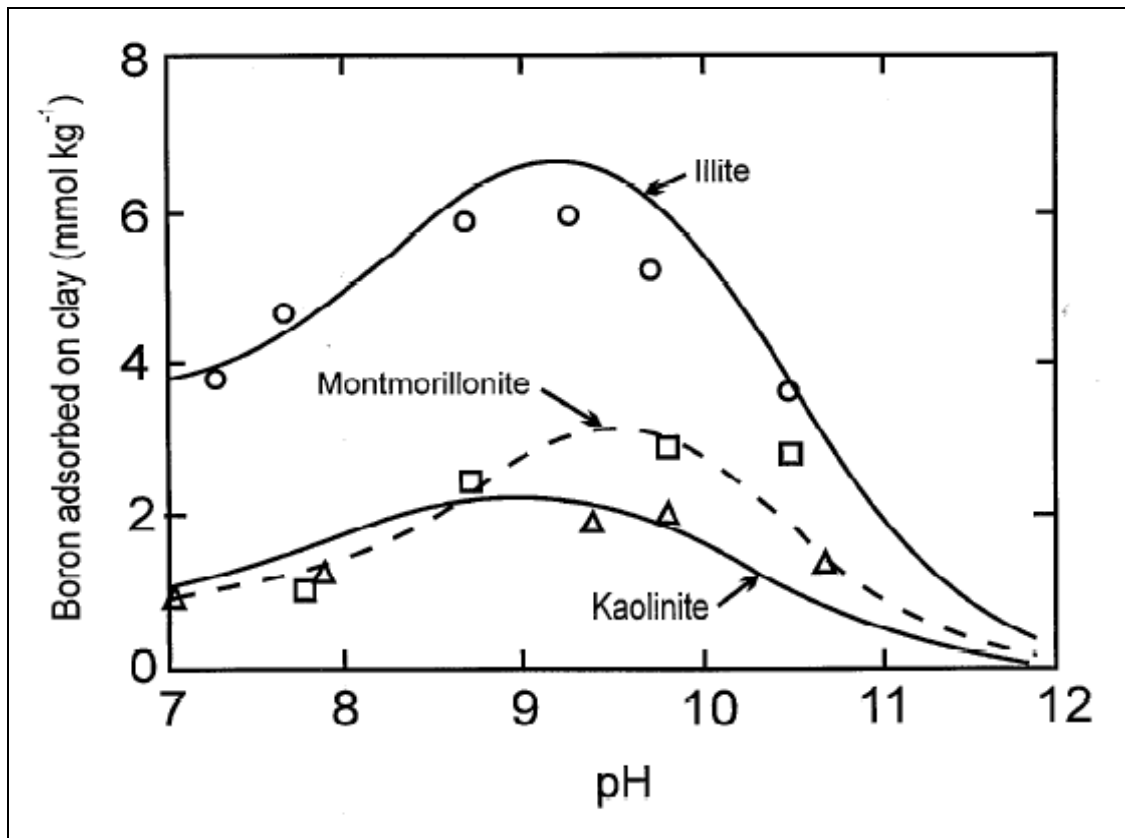
Oxider av järn och aluminium är viktiga adsorptionsytor med avseende på bor. Det syns ett starkt samband mellan halt av aluminiumoxid och adsorption av bor till marken. Som tidigare nämnts ökar adsorption med ökande pH och adsorptionsmaximum till aluminiumoxid ligger vid pH 6-8 och för järnoxid ligger adsorptionsmaximum vid pH 7-9. (Goldberg, 1997)

Kalciumkarbonat ( $\text{CaCO}_3(s)$ ) är också en viktig adsorptionsyta, så tillförsel av kalk har dubbelverkande effekt på adsorption av bor i och med dess pH höjande effekt.

Adsorptionsmaximum ligger på pH 9.5. (Goldberg, 1997) I myrmark ackumuleras organiskt material och torvbildning sker (Grip & Rodhe, 2000) och i motsats till fastmark sker ingen kontinuerlig tillförsel av mineralnäringssämnen vilket leder till att torvmark generellt har låg tillgång på fosfor, kalium och bor (Lundmark, 1988). På grund av att kalk minskar tillgängligheten av bor i marken så bör dessa marker vara särskilt känsliga för kalkning med avseende på bortillgång. Kalkning på våtmarker förändrar även vegetationen drastiskt främst genom att slå ut mossor och lavar (Johansson, 2002).

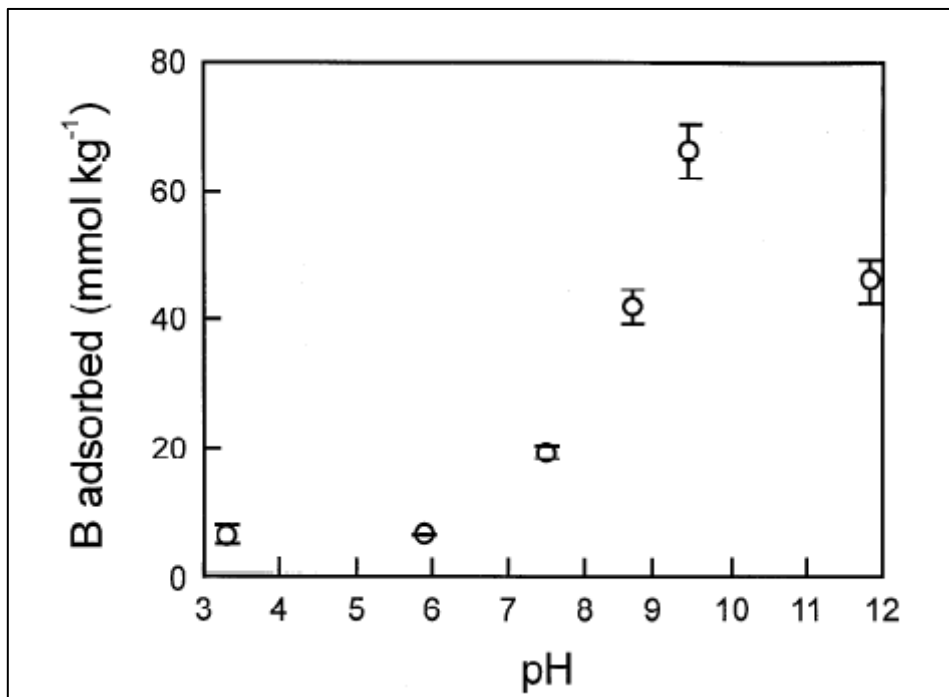
Lermineraller är också viktiga adsorptionsytor i marken med avseende på bor. Med ökande pH ökar adsorption till lermineral och adsorptionsmaximum ligger vid pH 8-10. Enligt (fig.3.) är adsorptionen starkast till illite. (Goldberg, 1997)





Figur 3. Beroendet av pH för bor adsorption till lermineralerna illit, montmorillonit och kaolinit. Enligt figuren är adsorption starkast till illit, men adsorptionsmaximum ligger runt pH 9-10 för alla lermineral i figuren. (Goldberg, 1997)

En annan viktig komponent för tillgänglighet/adsorption av bor är markens organiska material. Organiskt material har med avseende på vikt en större adsorption av bor än mineraler och adsorption till mineraler ökar vid ökad halt organiskt material i marken. Även adsorption till organiskt material är pH beroende och adsorptionen ökar vid ökande pH till adsorptionsmaximum omkring pH 9. Vid ökande pH över 9 sker en minskning av adsorptionen till organiskt material. (Goldberg, 1997)



Figur 4. Beroendet av pH för bor adsorption till humussyra extraherad från jord. Figuren visar att adsorption av bor till humussyra har sitt maximum vid pH 9-10. (Goldberg, 1997)

## Målsättningar och hypoteser

Syftet med undersökningen var att översiktligt ge en bild av marktillståndet på de olika objekten i allmänhet och i synnerhet försöka förklara de skador som observerats på objekten. Ett flertal objekt med skadade granar på före detta odlad mark har rapporterats till Skogsstyrelsen i Västerbotten. Träden på de olika objekten visar mer eller mindre tydligt misstänkta symptom på borbrist. Mot bakgrund av de beskrivna problemobjekten var målsättningen med denna studie att utröna om borbrist föreligger i dessa bestånd och att säga huruvida en eventuell borbrist beror på avsaknad av bor eller låg tillgänglighet på objekten. Ytterligare en målsättning var att få en bättre beskrivning av hur finkorniga sedimentjordar i kustlandet utvecklas under planterad skog med avseende på halt organiskt material och pH. Hypoteserna var att

- 1) Borbrist föreligger i flertalet av objekten
- 2) Skogsplantering på de postglaciala sedimenten med matjord leder till successiv podsolering med minskande organisk halt i mineraljorden pga. nedbrytning och sjunkande pH, även i jordar som kalkats.

## Objektsbeskrivning

Allmän beskrivning följer nedan och sammanfattande i Tabell 1.

1.1. Åkullsjön, objektet är före detta åkermark med en täthet av träd om cirka 10 träd/25m<sup>2</sup> och trädhöjden är ~4-10 meter. Objektet ligger i en sydsluttning där marken är medelfuktig och objektet väl exponerat för sol. Vissa träd är buskiga i toppen. Åkerbruk upphörde på 1950- talet, på 1960- talet planterades tall och gran och objektet kalkades (låg omfattning). Sedan 1970- talet har inga ytterligare ingrepp gjorts på objektet. Trädens tillväxt stod stilla under lång tid efter plantering enligt markägare Gunnar Nilsson.

2.1. Korssjön, objektet består av gamla tegar med medeltorr mark och tät granskog. Således låg solexponering. Det är svårt att se några karaktäristiska skadesymptom för borbrist, även om vissa träd tenderar att vara aningen buskiga i toppen. Trädhöjden är ~8-12m och tätheten av träd cirka 10 träd/25m<sup>2</sup>.

3.1. Vännäsby, objektet är före detta åkermark med 10-åriga planterade tallar. Tätheten av träd är cirka 10 träd/25m<sup>2</sup> i ett cirka 40m brett bälte. Marken på objektet är blöt och består av finsediment med mjäla. Hela objektet är väl exponerat för sol då den högsta trädhöjden är cirka fem meter.

4.1. Skråmträsk, objektet är tidigare åkermark och marken består av finsediment, moig mjäla. Åkern brukades fram till år 1973 och gran planterades år 1975. Aska är strödd över objektet under två år (troligen 2003 och 2004), huvudsakligen björkaska med låg inblandning av barrved, cirka 100 liter aska spreds över en yta som var 2x25 meter år 2003 samt lika stor yta och askmängd år 2004. På objektet finns tydligt och hårt åtgångna träd, många med kvastformade toppar och en del även torra toppar. Skogen är tät och mörk, det är cirka två meter mellan granarna som är ~4-7 meter höga.

4.2. Skråmträsk, objektet ligger ett tjugotal meter söder om objekt 4.1. och skiljer sig endast genom att detta objekt ej blivit strött med aska.

5.1. Skråmträsk, objektet består av en relativt öppen gammal teg som övergavs på 1950-talet. Stödplantering har utförts på objektet som är väl exponerat för sol och har bitvis mycket lucker jord och består främst av grovmo med högt inslag av organiskt material. Granar <1-8m höga och även björk finns på objektet. Det finns få synliga skador som direkt tyder på borbrist på objektet,

men träden ser dock inte välmående ut. Enligt markägare Per-Olov Andersson är granarna här långsamt växande.

6.1. Skråmträsk, objektet liknar objekt 5.1, men här är träden väldigt hårt åtgångna, det finns ett flertal skadade träd som tyder på borbrist på objektet genom kraftigt kvastiga och torra toppar.

7.1. Gräsmyr, objektet består av blandskog på väldigt lucker jord. Objektet ligger i en svag nordostlig sluttning och trädhöjden är ~4-15m för gran. Det är relativt låg solexponering pga. höga träd runt om och på objektet.

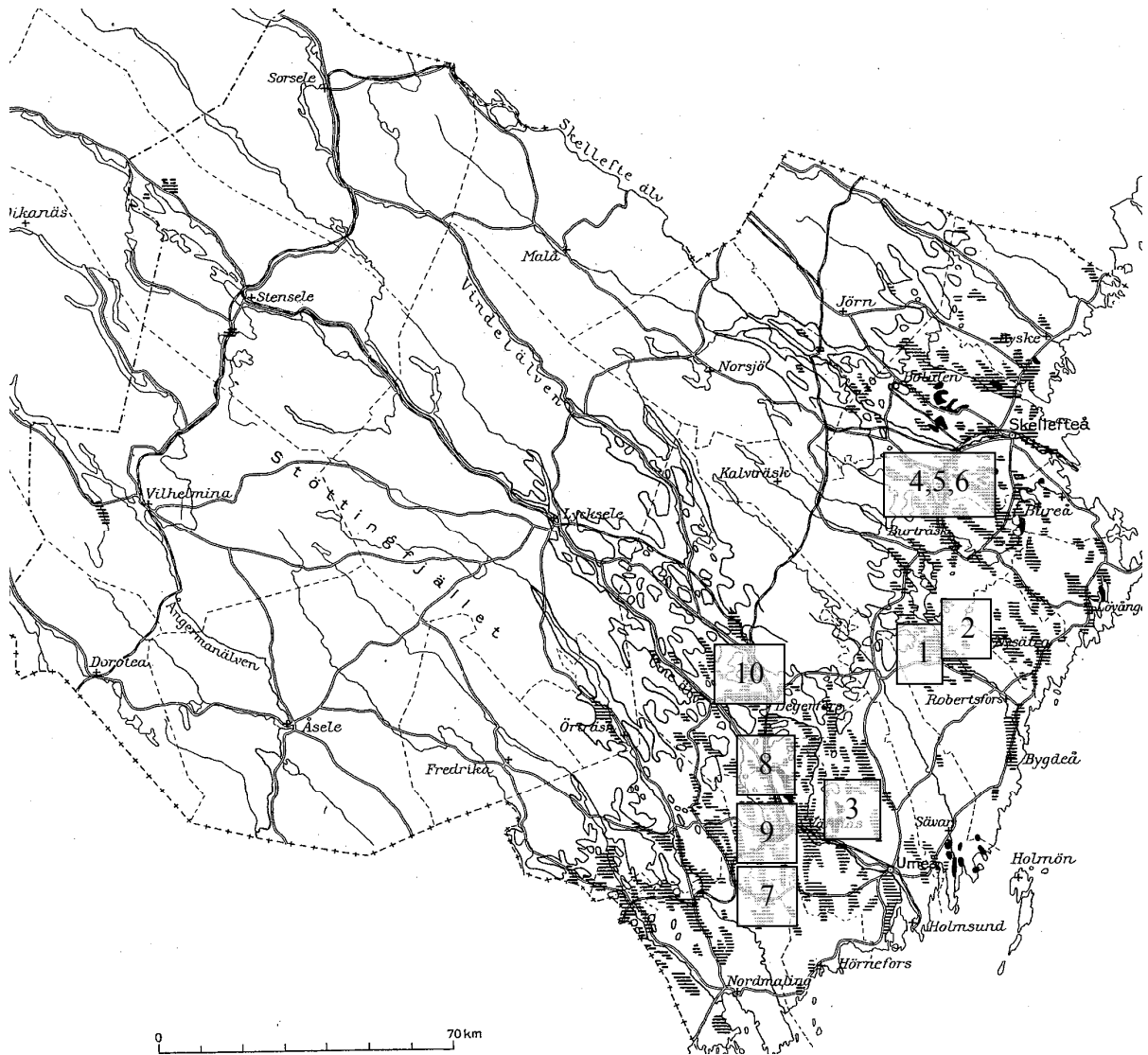
8.1. Östra Stärkesmark, objektet består av före detta åkermark med granbestånd som anlades på 1960-talet och nu är mycket hårt åtgånget med ett flertal kraftigt kvastiga och torra toppar. Objektet ligger i en svag östlig sluttning och trädhöjden är ~1-3m.

8.2. Östra Stärkesmark, objektet består av före detta åkermark objektet ligger 150m nordost om objekt 8.1. och består av tät granskog ~8-10m hög med vissa kvastiga och ett fåtal torra grantoppar. Det är 1-3m mellan träden på objektet och det förekommer även tall och björk

9.1. Lövås, objektet består av gamla tegar. Trädhöjden är ~3-10m, det är mestadels gran men även lite björk på objektet. Marken består av mo och har ett tjockt humuslager. Norr om objektet finns äldre skog och solexponeringen på objektet är låg.

9.2. Lövås, kontrollobjekt, obrukad mark ~100m sydost från objekt 9.1 här syns inga bristsymptom och trädhöjden på kontrollobjektet är ~15m och de större träden står med ungefär 4m mellanrum.

10.1. Vorrberget, kontrollobjekt, obrukad mark utan synliga bristsymptom. Trädhöjden är >25m och på objektet står nästan helt homogen granskog. Objektet har ganska låg solexponering och innehåller mycket död ved och har rikligt med hänglavar.



Figur 5. Karta över östra västerbotten och objektens position.

Tabell 1. Översiktlig objektsbeskrivning. Samtliga objekt har mårager över mineraljord (blekjord, A2), men på objekt 1.1 matjord under tunt mårtacke och objekt 9.2. organjord.

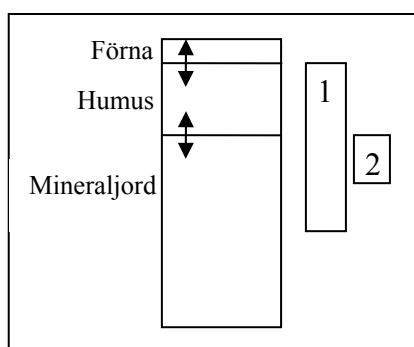
Objekt	Mark	Jord	Träd/Trädthet	Trädhöjd	Solexponering	Humusform
1. 1	F.d. åker	Matjord; Mo (grovmo/mellansand) Sediment	Gran/medel	~4-10m	Hög	Mår 1,5 cm Matjord därunder
2. 1	F.d. åker	Mellansand Svallsediment	Gran/medel	~8-12m	Låg	Mår
3. 1	F.d. åker	Mosediment med dominans av finmo	Tall/medel	~3-5m	Hög	Mår 4,5 cm
4. 1	F.d. åker	Moig mjäla Sediment	Gran/hög	~4-7m	Låg	Mår (~3 cm)
4. 2	F.d. åker	Moig mjäla Sediment	Gran/hög	~4-7m	Låg	Mår (~2 cm)
5. 1	F.d. åker	Mo Sediment	Gran/låg	<1-8m	Hög	Mår
6. 1	F.d. åker	Mjäla Sediment	Gran/medel	~4-10m	Hög	Mår
7. 1	F.d. åker	Finmo Sediment	Gran-björk/låg	~4-15m	Medel	Mår
8. 1	F.d. åker	Mo Sediment	Gran/låg	~1-3m	Medel	Mår 2,9 cm
8. 2	F.d. åker	Sand (grovmo) sediment	Gran/hög	~8-10m	Låg	Mår 2,1 cm
9. 1	F.d. åker	Mellansand Sediment	Gran/medel	~3-10m	Låg	Mår Organjord
9. 2	Obrukad	Mellansand Sediment	Gran/medel	~15m	Låg	Mår Organjord
10. 1	Obrukad	Mjäla Sediment	Gran/medel	>25m	Låg	Mår (~10 cm)

De värden som visas på mårager i tabell.1 bestämdes i fält, men de värden som visas inom parentes bestämdes från jordprofiler i efterhand.

## Material och metoder

### Fältarbetet:

Provtagningen utfördes på senhösten och på de aktuella områdena för undersökningen lades en eller flera objektsrutor. Rutorna var 20\*20 meter och delades in i fyra delrutor. På varje delruta togs 6 prover med sedimentborr för bestämning av organhalt. Dessa 6 prover lades ihop till ett generalprov dvs. fyra generalprov/objekt. Organhaltsprover togs med målsättning att ge en uppfattning om humushalt i förhållande till den tid marken odlats. På grund av att borbrist kan uppkomma av flera anledningar än en faktisk avsaknad av bor på objekten, till exempel ogynnsamt pH eller höga halter av Fe-oxider och/eller Al-oxider, mättes pH i marken, markanalyser av bor, Fe-oxider och Al-oxider rymdes inte inom ramen för denna pilotstudie. På varje delruta togs två prov med sedimentborr för bestämning av pH. Både organhaltsproven och pH-proven togs på djup 0-20 cm under förnalagret (fig. 6). På varje delruta togs ett cylinderprov, med känd volym, för bestämning av bulkdensitet, dessa togs på djup 0-5cm av mineraljorden (fig. 6). På varje objektsruta togs barrprover på två eller tre träd, på varje träd togs två eller tre kvistar om ~20cm. Kvistarna togs på 3 nivåer, dels så högt upp som möjligt på träden i så solexponerat läge som möjligt på maximalt 7m höjd, dels i mitten av objektsträden samt en eller ett par meter nedanför mitten. Till detta användes en sekator med förlängning. Slutligen togs även en jordprofil av de översta 20cm av jorden på varje objektsruta för bestämning av textur. De sediment- och cylinderprov som togs på objekten lades enligt ett rutnät med slumpad startpunkt. Texturanalys gjordes okulärt på ”anonyma” bulkprov från 0-20 cm, inomhus i likvärdigt ljus och fuktighet.



Figur 6. Skiss över provtagningsdjup, 1) Sedimentborrprov för organhalt och pH togs på 0-20 cm under förnalagret och 2) Cylinderprov för bulkdensitet och organhalt togs på 0-5 cm av mineraljorden.

### Labanalyser:

Glödförlust användes för organhaltsbestämning. Generalproven tagna med sedimentborr för organhalt homogeniserades med hjälp av såll med galler (diameter ca 2mm). Tre pseudoreplikat togs av den homogeniserade jorden, dessa vägdes och torkades sedan över natt i torkskåp

(105°C). Proven vägdes åter och brändes sedan i brännugn (2h; 500°C). Proven vägdes slutligen efter bränning och avsvälning i excikator och organhalt kunde då räknas ut som procent av torr massa.

För bestämning av bulkdensitet vägdes cylinderproverna. Dessa torkades sedan över natt i torkskåp (105°C) och vägdes åter. Då kunde bulkdensiteten räknas ut pga. att cylindern har en känd volym. Även cylinderproverna användes sedan till organhaltsbestämning genom glödförlust.

Bestämning av pH gjordes dels med 1M KCl som medium och även med avjoniserat vatten som medium. 12g lufttork jord vägdes in, till detta tillsattes 50ml 1M KCl/avjoniserat vatten. Burkarna skakades därefter en timme och stod sedan  $12 \pm 1$  timmar för sedimentation. Efter detta bestämdes pH-värdet med hjälp av glaselektrod för elektronisk bestämning av pH.

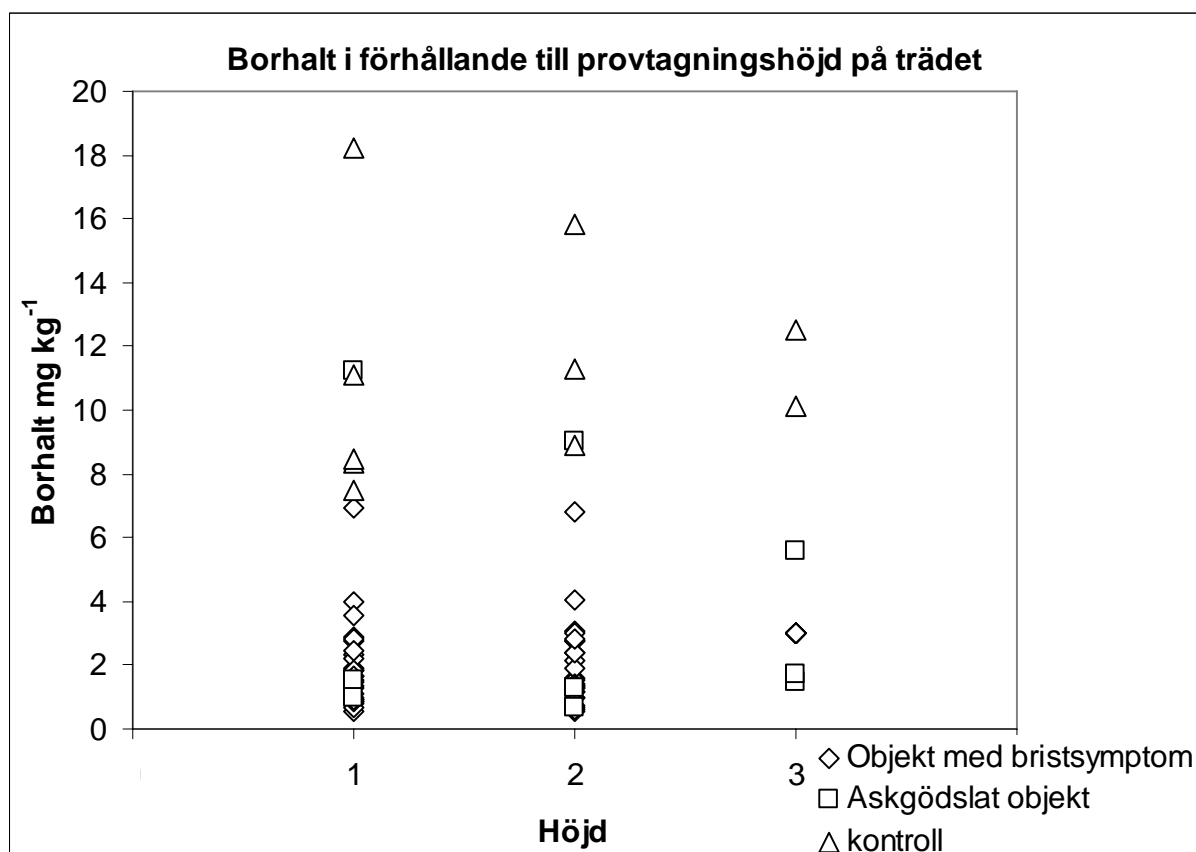
Boranalyser gjordes enligt följande metod. Barrprov från objekten maldes efter torkning  $\geq 12$ h i torkugn 70°C. Barrpulver analyserades av Birgitta Olsson på institutionen för Skogens ekologi och skötsel. Där vägdes in cirka 500 mg prov och 5 ml koncentrerad HNO<sub>3</sub> tillsattes. Uppslutningen skedde med sluten uppslutning, (Mars, CEM Corporation; Matthews, North Carolina 28106, USA). Temperaturen höjdes successivt under 15 min till 180°C, sedan hölls temperaturen konstant i 9,5 min. Provet späddes efter uppslutningen till 500 ml och analyserades med hjälp av ICP/MS-DRC, (Elan 6100, PerkinElmer, Norwalk, Connecticut, USA).



## Resultat

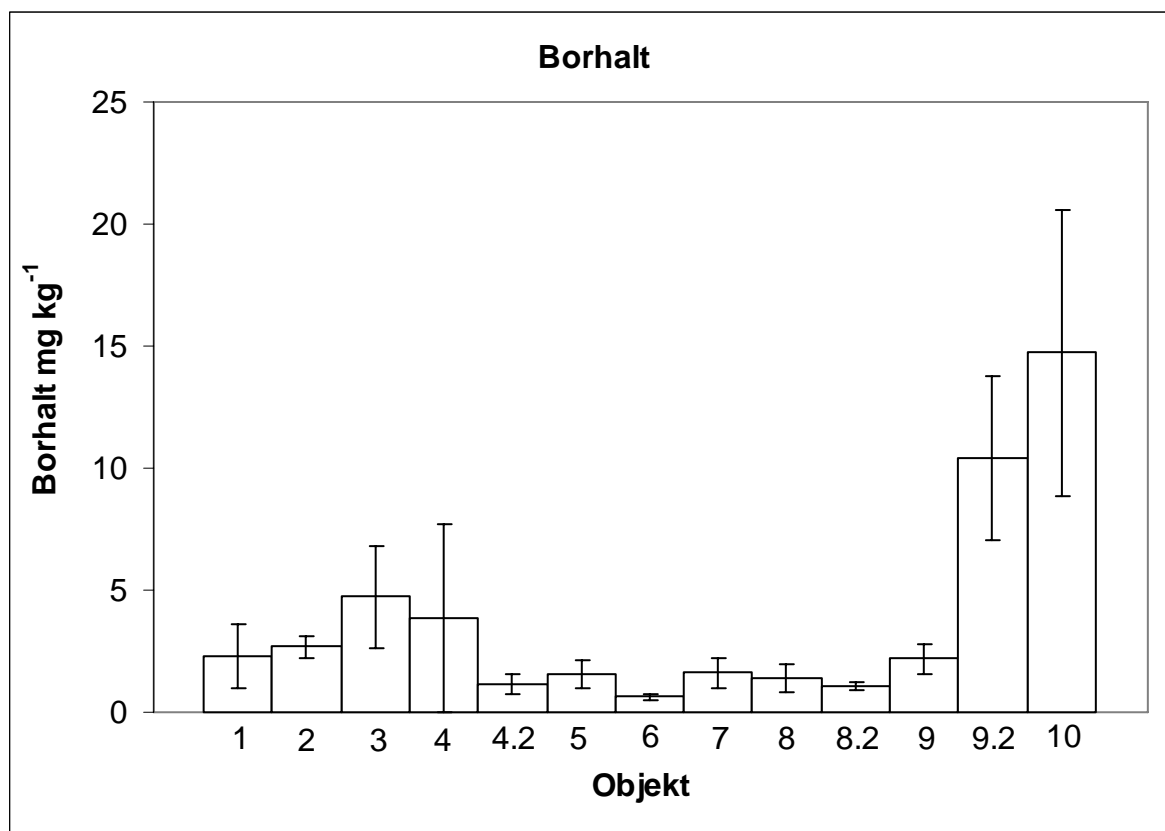
I bestånd med borbrist kan inte någon nämnvärd skillnad ses i borhalter beroende av vilken höjd på träden barrprov har tagits (fig.7). När det är brist är det således brist i hela träden och därför redovisas inte trädhöjd i fortsättningen av denna rapport, det som redovisas är medelvärden av alla data från varje objekt.

### Borhalt



Figur 7. Borhalter på olika provtagningspunkter av träden. Höjd 1 representerar toppen av träden, höjd två representerar mitten av trädet och höjd 3 representerar underdelen av trädet.

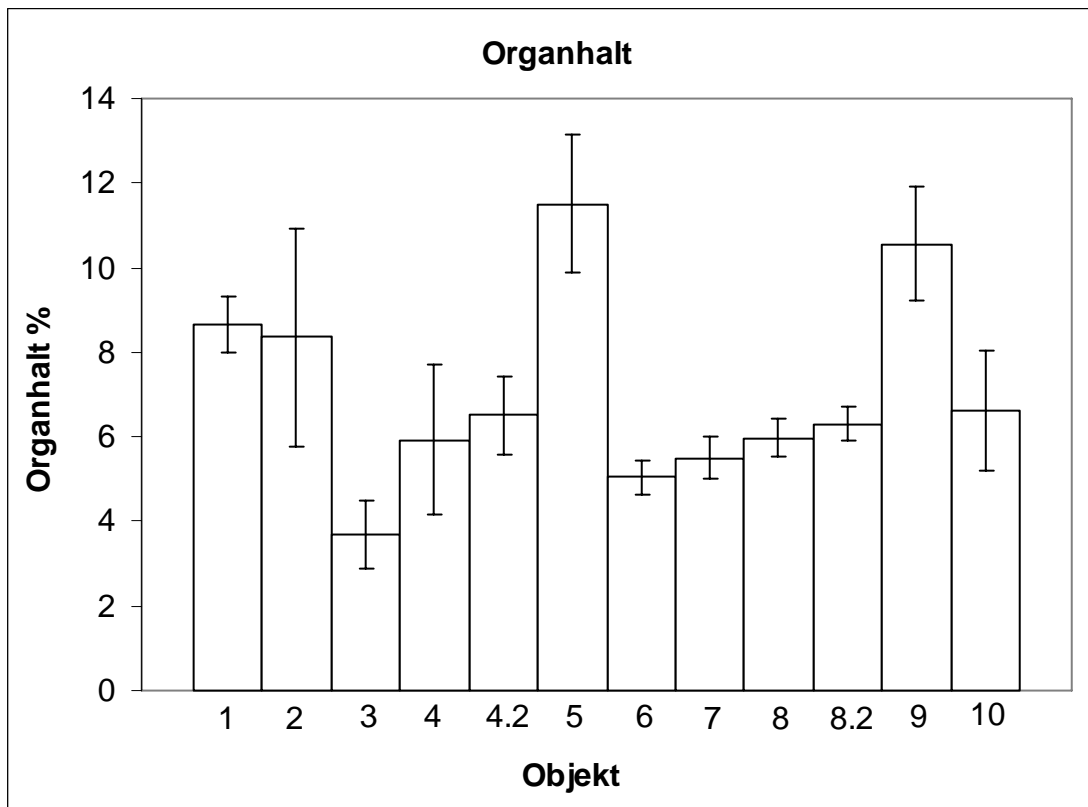
I figurerna 8-17 används endast medelvärden, för grunddata se bilaga 1-5. Borhalterna på de undersökta bestånden är i allmänhet låga (fig.8). De objekt som urskiljer sig är kontrollobjekten 9.2 och 10 där ingen borbrist kan ses, samtliga objekt är signifikant skilda från kontrollen på 95% nivå. Av objekten är det endast 3 och 4.1 som möjligen inte lider borbrist och möjligen är över den kritiska gränsen för vitalitet vid bladanalys (5 mg kg<sup>-1</sup>), detta kan dock inte statistiskt säkerställas.



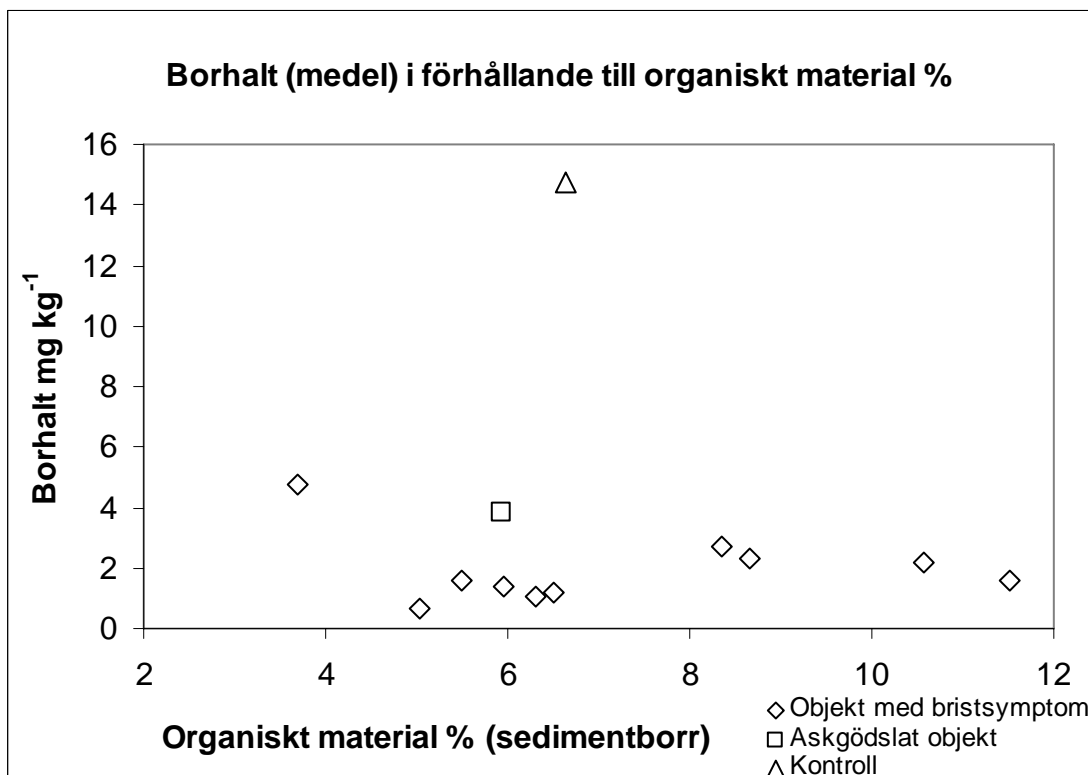
Figur 8. Borhalter i barr (mg kg<sup>-1</sup>) på de olika objekten. Samtliga objekt är signifikant skilda från kontrollobjekten 9.2 och 10 på 95% nivå.

### Organhalt

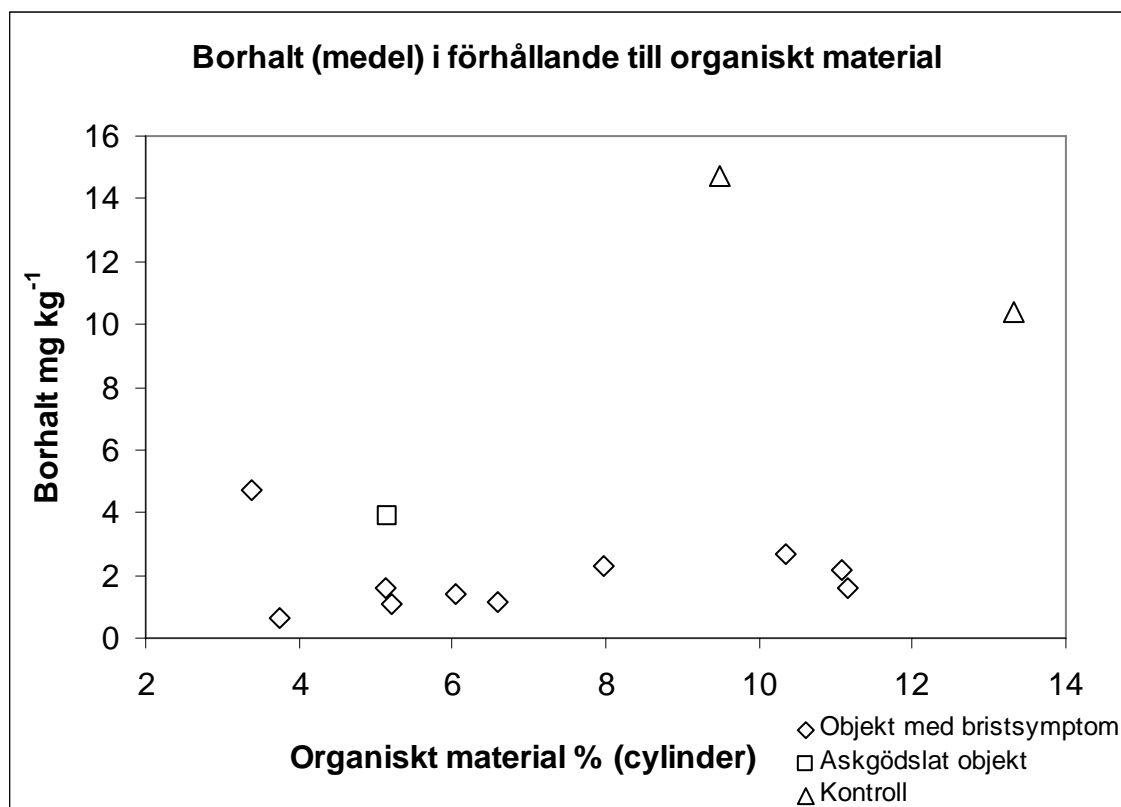
Medel på organhalt i denna studie (bilaga 2) är 7.1% på djup 0-20cm på objekten. Från utvalda objekt som är närliggande till objekten i denna studie i Ericsons rapport (De odlade jordarna i Nordbottens och Västerbottens län, Ericson m.fl. 1985), ligger medelvärde på organhalt i brukad jord på 15.8%. I denna studie ligger medelvärden för organiskt material på de enskilda objekten i de flesta fall mellan 5 och 7 % (fig.9), betydligt lägre än på odlad mark. När förhållandet mellan halten organiskt material och medelborhalt undersökts syns ingen nämnvärd korrelation i studien (fig.10 och 11). Kontrollobjekt 10 som uppvisar den otvivelaktigt högsta medel borhalten (14.72 mg kg<sup>-1</sup>) har ett medel på organhalt med 6.63 %, objekt 6 som uppvisar lägst medel borhalt (0.65 mg kg<sup>-1</sup>) har ett medel på organhalt med 5.04 % och objekt 5 med medel borhalt (1.59 mg kg<sup>-1</sup>) har ett medel på organhalt med 11.51 %. Objekt 1, 2, 3, 5 och 9.1 är signifikant skilda från kontrollen på 95% nivå.



Figur 9. Glödförlust markprovtagning (halt organiskt material) 0-20 cm under förnalagret för de olika objekten, objekt 4 är askgödslat och objekt 10 är kontroll. Prover tagna med sedimentborr. Objekt 1, 2, 3, 5 och 9 är signifikant skilda från kontrollobjekt 10 på 95% nivå.



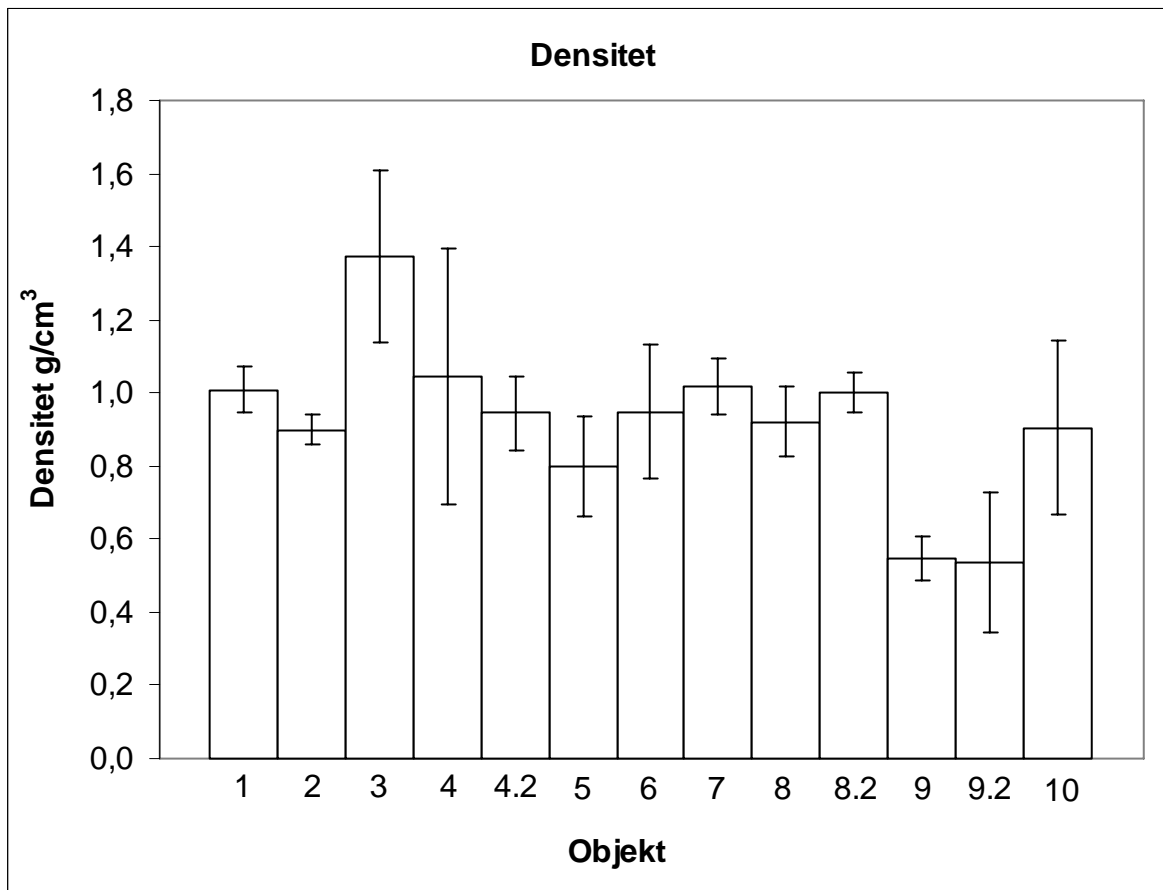
Figur 10. Prover för organhalt tagna med sedimentborr. Objektens medel borhalt (mg kg<sup>-1</sup>) i barr i förhållande till halten av organiskt material (%) i marken på djup 0-20cm under förnalagret.



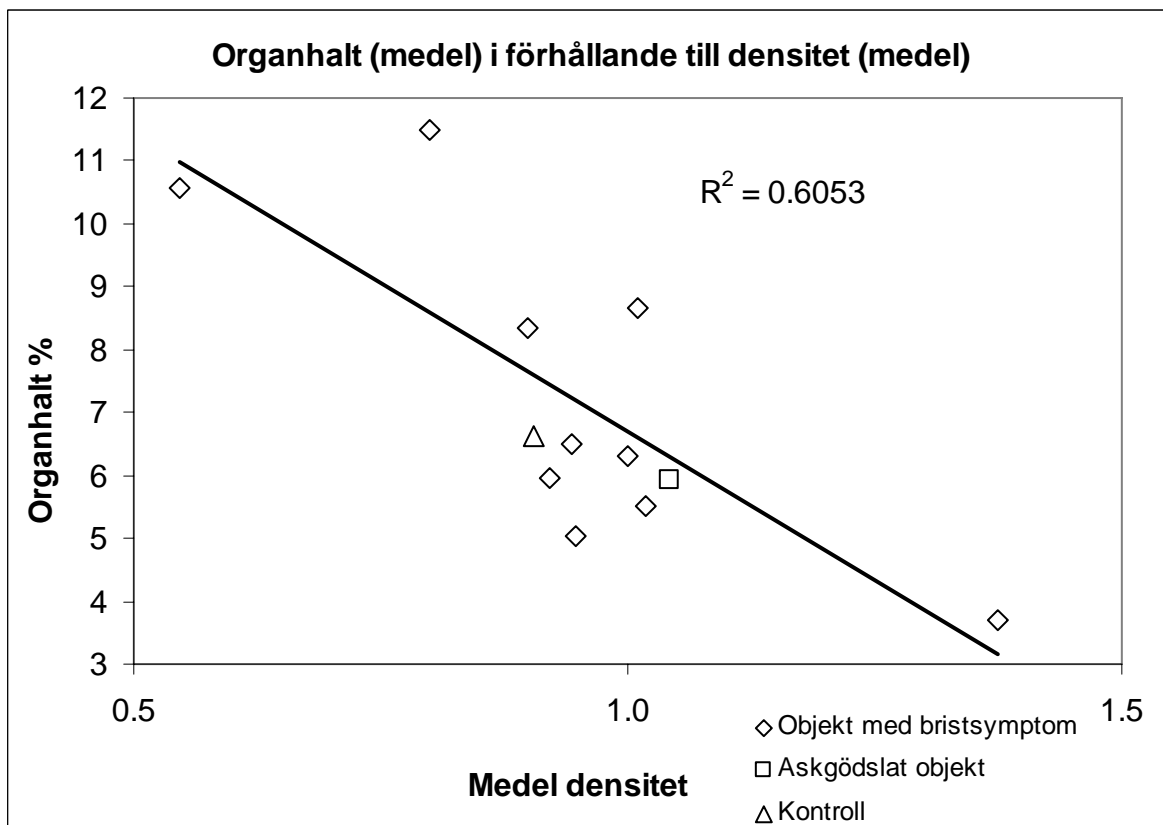
Figur 11. Prover för organhalt tagna med cylinder. Objektens medel borhalt ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) i barr i förhållande till halten organiskt material (%) i marken.

### Densitet

De prov som togs för att få fram bulkdensitet på objekten i studien (fig.12) visar relativt jämna resultat mellan objekten, det som urskiljer sig är objekt 3, som är signifikant skiljt från kontrollen på 95 % nivå. På objekt 3 som har den högsta bulkdensiteten består jorden av finsediment med mjåla. Medan 9 och 9.2 som har de lägsta värdena på bulkdensitet är organjordar. Förhållandet mellan organiskt material och bulkdensitet visar som förväntat ett negativt samband (fig.13) det vill säga, ju mer organiskt material desto lägre bulkdensitet.



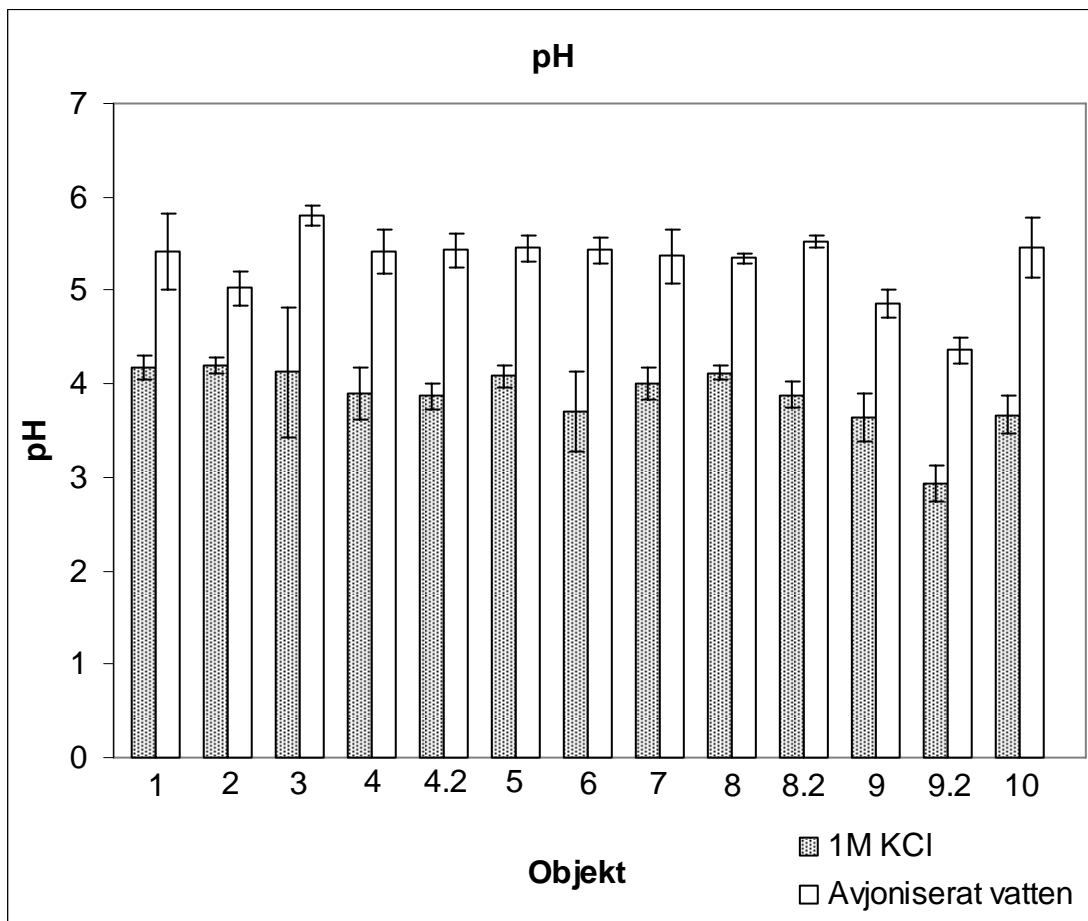
Figur 12. Bulkdensiteten ( $\text{g/cm}^3$ ) i A1-skiktet på de olika objekten. Objekt 3 är signifikant skild från kontrollobjekt 9.2 och 10 på 95% nivå.



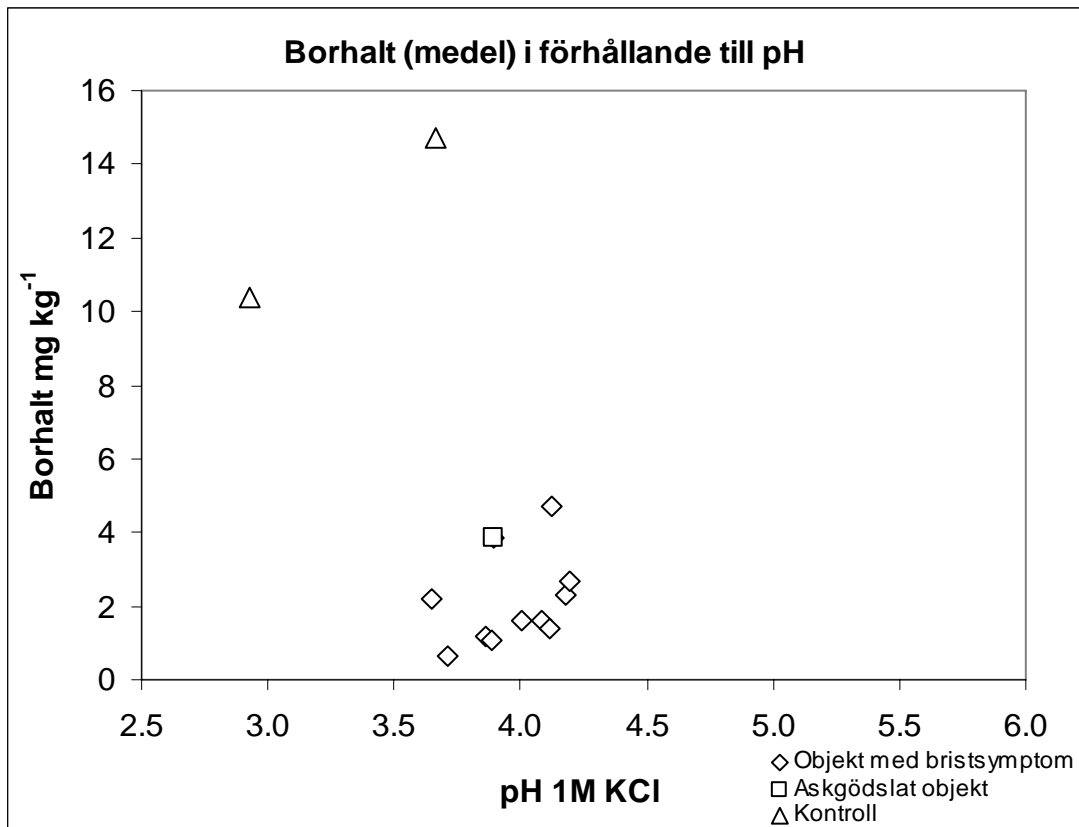
Figur 13. Glödförlust (%) på djup 0-20cm under förnalagret i förhållande densiteten ( $\text{g/cm}^3$ ) i A1-skiktet. Densitetsprover tagna med cylinder.

## pH

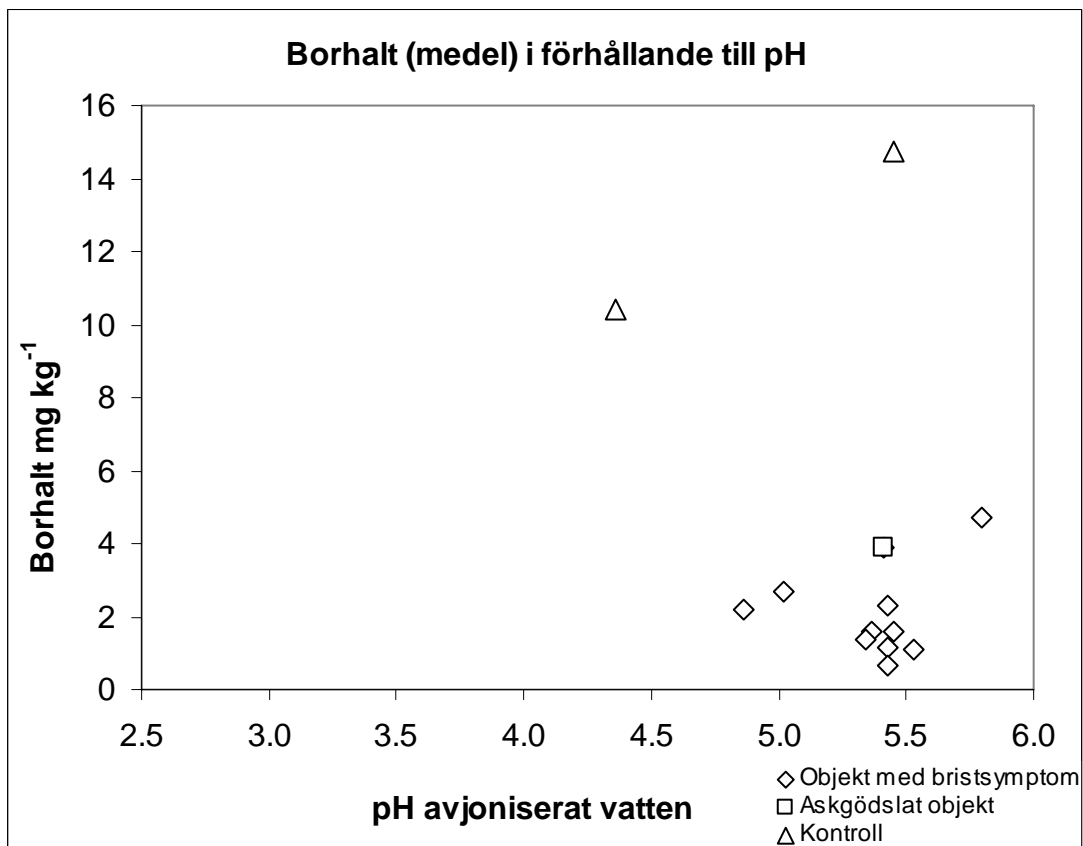
Vid pH mätning med avjoniserat vatten som medium ligger pH-värdena på objekten högre än mätning med 1M KCl som medium (fig.14). På grund av att det finns en del salter i marken, dock inte så höga halter som vid pH-mätning med 1M KCl som medium, så bör det verkliga pH-förhållandet i marken ligga på en nivå någonstans mellan resultaten av pH-mätning med 1M KCl och avjoniserat vatten som medium. Vid jämförelse med borhalt ses inget tydligt samband med pH i denna studie (fig.15 och 16). Dock är samtliga objekt, förutom objekt 6 och 9.1, signifikant högre än kontrollobjekt 9.2 och 10.



Figur 14. pH på djup 0-20cm under förnalagret på de olika objekten. pH-prover tagna med sedimentborrh. Objekt 6 och 9.1 är de enda objekt som inte är signifikant skilda från kontrollen på 95% nivå med avseende på mätning med 1M KCl som medium.

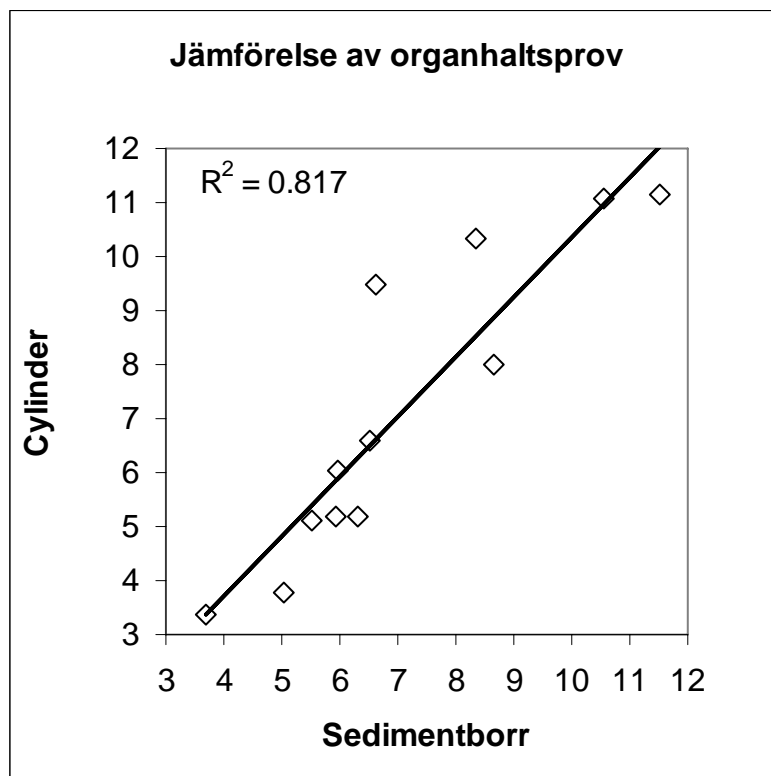


Figur 15. Medel borhalt i barr (mg kg<sup>-1</sup>) i förhållande till pH på djup 0-20cm under förnalagret. pH prover tagna med sedimentborr. Medium för mätning av pH var 1M KCl.



Figur 16. Medel borhalt i barr (mg kg<sup>-1</sup>) i förhållande till pH på djup 0-20 under förnalagret. pH prover tagna med sedimentborr. Medium för mätning av pH var avjoniserat vatten.

Som nämntes i material och metoder gjordes glödförlust på både sedimentbörprov och cylinderprov på objekten. Förhållandet mellan dessa visade sig vara relativt jämnt (fig.17). Vid regretnionsanalys blev  $R^2$  värdet 0.817, cylinderproven ger ett något högre värde på organhalt än sedimentbörprov. Detta bör bero på att cylinderproven tagits på 0-5cm djup av mineraljorden och sedimentbörprov tagits på 0-20cm djup under förnalagret.



Figur 17. Organhalt (%) från cylinderprov i förhållande till organhalt (%) från sedimentbörprov.



## Diskussion

### Förutsättningar i Västerbotten

Borhalt i svenska jordar i Sverige ligger mellan 3-100 mg kg<sup>-1</sup>, marina leror kan dock innehålla så mycket som 100-160 mg kg<sup>-1</sup>. Vid halter under 1 mg kg<sup>-1</sup> anses borbrist föreligga. (Eriksson m.fl. 2005) Det finns ytterst få publicerade data om borhalter i berg och jord. Till exempel SGU:s och Lantmäteriets mineralogiska kartmaterial inkluderar ej bor. Inom denna studie fanns endast utrymme för analyser av borhalter i barr, varför vår kunskap om bor i postglaciala sediment i Västerbotten förblir spekulativ. Berggrunden i Sverige (gnejs, granit) innehåller låga halter bor (10-100ppm). Hav är en stor pol för bor, så avståndet till hav påverkar mängden bor i nederbörd (Johansson, 2002). Saliniteten i Bottenviken är låg, 5.8 promille, medan normala värden för havsvatten är 35 promille (Landergren, 1944). Detta ger då förutsättningar för låga borhalter i sediment och moräner i Västerbotten.

Berggrunden i Västerbotten har som tre huvudkomponenter grovkorniga graniter i inlandet, omvandlade skiffrar i kustlandet och Skelleftefältets leptiter (Gavelin och Kulling, 1955). Inlandsgraniterna är kända för att ge mycket låga halter bor i morän (Johansson, 2002). Kustgnejserna däremot hör till de bergarter som kan förväntas ha något större inslag borbärande Turmalin. Kring Umeå har kustområdet även visats innehålla mindre förekomster av pegmatit som är rikare på turmalin (Miskowsky, 1982).

En studie av Landergren visar borhalter från tre områden av marina sediment, Koster, Alsbäck och Sundsvall, de respektive områdena har 0,015; 0,008 och 0,0025 % bor i de översta 50cm av sedimenten. Medan halterna över hela profilerna ligger på 0,014; 0,010 och 0,003 %. (Landergren, 1944) Sundsvallprofilen torde vara den mest jämförbara med avseende på denna studie. Dock kan halterna i postglaciala sediment i Västerbotten förväntas ha ännu lägre halter då de inte är avsatta under marina förhållanden (i saltvatten) och då de till stor del torde vara uppbyggda av en mineralblandning med ursprung i inlandets graniter. Särskilt skulle detta kunna gälla de postglaciala sedimenten i ett bälte närmare högsta kustlinjen (ett par mil innanför nuvarande kustlinjen) i just de mindre befolkade områden där åkermark på mindre jordbruk i högre utsträckning planterats med gran.

pH är starkt relaterat till djupet i mårager, pH<sub>H2O</sub> minskar typiskt från ca 4.5 till ca 3.7 i intervallet 0-4cm, i mårager på morän. (Skjällberg, 1993) Medel pH för denna studie är 5.3 med avjoniserat vatten som medium för pH-mätning.

### Borhalt i barr i relation till:

#### **Jordart**

1) Finkornigt postglacialt sediment har troligen högre halt än morän, 2) och gammal granskog växer utan bristsymptom eller låga barrhalter på samma sediment där det inte odlats i historisk tid. Det borde alltså vara mera gynnsamt på studiens finkorniga sediment och det kan kanske antyda att själva brukandet av jorden och eventuellt kalkande av densamma lett till borbrist i ett tidigt skede och tillväxt på bestånden bromsats upp.

#### **Organhalt och humusform på objekten/plantering av åkermark**

Vid brukandets upphörande upphör också omblandningen av organiskt material och mineraljord. Mindre ljus, färre örter och gräs leder till att kvaliteten på förna och karaktären på nedbrytningen förändras och ett mårager bildas. Organisk halt i mineraljorden kan förväntas minska (bryts ned men nytt tillförs ej längre) men processen är långsam och sker över decennier (Malmer, pers comm.). Dessa finkorniga jordar har ofta relativt hög vattenhalt under stora delar av vegetationsperioden, vilket medför långsam nedbrytning

I skogen har underliggande mineraljord i finkorniga jordar troligen något högre organisk halt än i grövre jordar med mårager, eftersom podsolerung ej sker effektivt i för finkorniga jordar (finmo och finkornigare). Halterna organiskt material i de tidigare matjordshorisonerna varierar stort upptill över 10 %. I skog på frisk mark med podsolerande textur har blekjordar (A2) typiska organhalter på <2 - 3 % (Malmer pers comm.)

#### **pH-värde på objekten inklusive effekt av kalk och aska**

Det är svårt att se någon nämnvärd korrelation mellan pH i marken och borhalter i barr i resultatet. Detta kan bero på att pH för alla objekt idag ligger på nästan samma nivå som i gammal skog på mjåla i Vorrberget (objekt 10) eller typiskt för mårager på morän (Skjällberg, 1993). En orsak till högre pH i denna studie är att 0-20 cm här representerar både mårager och underliggande mineraljord (Bilaga 3 och 4). Troligen har pH varit högre på dessa marker vid planteringen, men efter ett antal decennier har den ovan beskrivna övergången från matjord till mårager betydligt sänkt pH.

Effekten av kalk som spridits på objekt 1 verkar ha avtagit, pH är inte signifikant skiljt från de andra objekten med bristsymptom för bor. Högre pH i matjord och av kalk kan dock ha påverkat bestånden negativt i ett tidigare skede och kanske då orsakat en förstärkning av borbrist dels genom adsorption till ytor på kalken och dels genom de effekterna på adsorption till andra ytor ett högre pH medför.

Objekt 4.1 där aska spridits så sent som för fem år sedan uppvisar ingen signifikant skillnad mot övriga objekt med avseende på pH, men objekt 4.1 har högre halt bor i barr idag jämfört med objekt 4.2 bredvid som inte har tagit emot aska men har samma bristsymptom, skillnaden kan dock inte statistiskt säkerställas. Objekt 4.1 har ett medelvärde på borhalt som är  $3,87 \text{ mg kg}^{-1}$  medan objekt 4.2 har medelvärdet  $1,17 \text{ mg kg}^{-1}$ . Detta kan vara en indikation på att bristsymptomen uppstår efter någon tid i ung skog innan pH sjunker och/eller mängden vittrad bor sjunker, men att asktillförseln medförde ökade halter i barr som vi avläst idag. En trolig tillfällig pH höjning av asktillförseln torde inte ha bidragit till ett ökat borupptag, utan i detta fall framstår tillförsel av bor i askan som mest troligt. Tillväxtskadorna från tidigare år kvarstår ju dock.

På objekt 4.1 provtogs ett träd, som inte uppvisar synliga tillväxtskador, där alla barrprov är över den kritiska gränsen för vitalitet ( $5 \text{ mg kg}^{-1}$ , bilaga 1), ett faktum som inte kan ses på något av de fem andra träden som provtagits på objekt 4.1 och 4.2. Detta kan indikera att träd som inte heller uppvisar några synliga skador inte begränsats av borbrist, d.v.s. att det i samma bestånd kan förekomma både friska och bristdrabbade träd. Detta torde bero på rotsystemens utbredning och möjligheter att nå punkter i marken med varierande pH och bormängder. Eftersom skadorna i beståndet uppstått tidigare är dessa högre halter och brist på skador ej resultat av asktillförseln.

### **Barrprovets position**

Enligt provresultaten har inte barrprovets position någon märkbar inverkan på borhalten vid borbrist, medan en trend möjligtvis kan skönjas att kontrollobjekten har något högre halter i solexponerat läge på högre höjd (Fig. 7).

### **Tid för skadornas uppträdande**

Höjden på träd med skador på objekten varierar och troligen därmed tiden när tillväxtskadorna uppträdde. Detta kan bero både på olika pH vid plantering och hur matjorden förändras i olika slutna bestånd etc. Låg förekomst av bor kan inte heller uteslutas som orsak i olika objekt, t.ex. där skadorna uppträtt sent. Uttaget av bor i tidigare åkerbruk kan också ha varierat och haft nivåer betydligt högre än i årligt upptag i skog.

### **Borgödsling**

Två alternativa gödslingsmedel är borax ( $\text{Na}_2 (\text{B}_4\text{O}_7) \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) och borsyra ( $\text{B} (\text{OH})_3 (\text{aq})$ ). För att inte riskera negativa konsekvenser till följd av en pH-ökning i marken, som medför högre adsorption och således lägre växttillgänglighet av bor, torde borsyra vara det mest fördelaktiga av de två. Med avseende på risken för toxicitet av bor vid för höga halter i marken är det inte möjligt

att säga om borgödsling bör utföras på de objekt där borhalterna vid bladanalys ligger under den kritiska gränsen för vitalitet ( $5\text{mg kg}^{-1}$ ) men inte under den kritiska gränsen för synliga skador ( $2\text{mg kg}^{-1}$ ). Dock kan en borgödsling vara nödvändig på de objekt där borhalterna vid bladanalys ligger under den kritiska gränsen för synliga skador ( $2\text{mg kg}^{-1}$ ), på dessa objekt bör en borgödsling som leder till en ökning av borsyrahalten i markvätskan med  $0.05\text{mg L}^{-1}$  kunna utföras utan risk för toxicitet.

Vad gäller objekten i denna studie är det ännu ej klarlagt om borbristen uppkommit vid ett tidigare skede med högre pH i marken och skadorna består från den tiden, eller om det ännu råder borbrist. Markanalyser bör även göras för att bekräfta rådande borbrist i marken på varje objekt före gödsling för att inte riskera överdosering.

## Slutsatser

Borhalter i barr på objekt 1, 2, 4.2, 5, 6, 7, 8.1, 8.2 och 9 ligger signifikativt under den kritiska gränsen för vitalitet ( $5\text{mg kg}^{-1}$ ) och har således en konstaterad borbrist. Objekt 4.2, 6, 8.1 och 8.2, ligger även signifikativt under den kritiska gränsen för synliga skador ( $2\text{mg kg}^{-1}$ ).

I jämförelse med det uträknade medelvärdet av organhalt på åkermark (enligt Ericson) kan en minskning av halten organiskt material på objekten konstateras.

Bristen har uppstått i ett tidigt skede och skadan vidmakthålls även senare på skadade träd. Från denna studie kan ej en klar slutsats dras om orsak till borbristen. Studien ger dock indikation att planteringen av åkermark på de finkorniga sedimenten är kritisk både utifrån höga pH och därmed låg tillgänglighet av bor samt eventuellt lägre total förråd av bor på dessa jordar, vilket kan bero på bortförsl av grödor vid skörd och således bortförsl av bor bundet till organiskt material. Borgödsling bör beaktas för att inte bli immobiliserad av högt pH och en eventuell tillförsel av bor kan inte utföras i för hög omfattning, då detta kan skada bestånden ytterligare. Eventuellt behov av borgödsling och kvantiteten på denna skulle kunna vara föremål för ytterligare studier, då risken finns att den borbrist som varit grogrund till skador på bestånden, kanske inte längre är aktuell i och med lägre pH och organhalt på bestånden idag. För att säkert kunna bestämma sig för en eventuell gödsling med bor och i så fall dess omfattning kan en prövning av totalhalt bor i marken och en speciation av dess aktuella form vara nödvändig.

## Tillkännagivande

Jag vill framföra ett stort tack till alla som bidragit eller på något sätt varit hjälpsamma i anknytning till mitt examensarbete.

Per-Olov Andersson, markägare i Skråmträsk

Gunnar Nilsson, markägare i Åkullsjön

Lars Ericson, statsagronom, Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, SLU

Hans Ivarsson, forskare/lärare Institutionen för ekologi, miljö och geovetenskap, Umeå  
Universitet

Birgitta Olsson, laboratorieingenjör, Institutionen för skogens ekologi och skötsel, SLU

Björn Erhagen, student, mark och miljöprogrammet, SLU

Lena Haraldsson, student, mark/växt agronomprogrammet, SLU

Anna Karlsson, student, mark och miljöprogrammet, SLU

### Särskilt tack till mina handledare

Anders Malmer, Universitetslektor, Institutionen för skogens ekologi och skötsel, SLU

Clas Fries, Skogsskötselspecialist, Skogsstyrelsen, Skog Nord

### Samt examinatorn

Ulf Skyllberg, Professor, Institutionen för skogens ekologi och skötsel, SLU

Jag vill även tacka mina vänner och familj som stöttat och uppmuntrat under arbetets gång.

Tack

Christian

## Källförteckning

### Litteratur

Bangash S.H. 2000 *Chemistry of Boron in Soils-Plants-Waters and factors affecting its availability*. The Pakistan Journal of Forestry. Vol.50 (1-2): 97-105

Ericson L., Fabricius M., Danielsson E., Hultman B., Juto H & Huhtasaari C. 1985 *De odlade jordarna I Norrbottens och Västerbottens län*. Rapport 146. Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för markvetenskap. Uppsala.

Eriksson J., Nilsson I.& Simonsson M. 2005 *Wiklanders Marklära*. Studentlitteratur AB

Essington M.E. 2004 *Soil and water chemistry*. Taylor & Francis Ltd

Gavelin S. & Kulling O. 1955 *Beskrivning till berggrundskarta över Västerbottens län. SGU ser Ca, nr.37*

Goldberg S. 1997 *Reaction of boron with soils*. Plant and Soil 193:35-48,

Goldberg S. 2004 *Inconsistency in the triple layer model description of ionic strength dependent boron adsorption*. Journal of Colloid and Interface science 285:509-517

Grip H. & Rodhe A. 2000 *Vattnets väg från regn till bäck*, Hallgren & Fallgren

Johansson O. 2002 *Har skador på tallkronor något samband med kalkning?* Examensarbete, Institutionen för skogsekologi Sveriges lantbruks universitet, Umeå.

Landergren S. 1944 *Contribution to the Geochemistry of Boron*. Arkiv för kemi, mineralogi och geologi. Band 19A N:o 26.

Lundegårdh P.H. 1986 *Stenar I färg*. Norstedt Stockholm

Lundmark J-E. 1988 *Skogsmarkens ekologi-Ståndortsanpassat skogsbruk*. D.2 Tillämpning

Miskovsky K. 1982. Berggrundsmorfologiska studier över kustslätten och norrlandsterrängen inom delar av Umeå kommun, Övre Norrland. Umeå universitet, Gerum, A: 32.

Raven P.H., Evert R.F. & Eichhorn S.E. 1999 *Biology of plants*. W.H. Freeman and company/Worth publishers

Schorrocks V.M. 1997 *The occurrence and correction of boron deficiency*. Plant and Soil 193:121-148

Skyllberg U. 1993 *Acid-base properties of humus layers in northern coniferous forests*. Doktorsavhandling, Institutionen för skogsekologi, Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå.

Stone E.L. 1990 *Boron deficiency and excess in forest trees: A review*. Forest Ecology and Management 37: 49-75

Muntligt

Ivarsson H. Institutionen för Ekologi miljö och geovetenskap, Umeå Universitet 2007.

Malmer A. Institutionen för Skogens ekologi och skötsel, SLU Umeå 2007.

# Bilagor

## Bilaga 1 Borhalter

Bor (mg/kg barr)	Prov	Bor (mg/kg barr)	Prov
1.38	1.1; T1; 7m	0.88	6.1; T1; 4m
1.60	1.1; T1; 6m skugga	0.69	6.1; T1; 3m
1.57	1.1; T1; 4m	0.65	6.1; T1; 2m
1.51	1.1; T2; 5m	0.57	6.1; T2; 4m
1.34	1.1; T2; 5m skugga	0.53	6.1; T2; 3m
1.29	1.1; T2; 4m	0.54	6.1; T2; 3m
4.01	1.1; T3; 7m	0.80	6.1; T3; 6m
4.05	1.1; T3; 6m skugga	0.63	6.1; T3; 4m
3.93	1.1; T3; 4m	0.57	6.1; T3; 4m
2.86	2.1; T1; 7m öst	2.20	7.1; T1; 5m
3.08	2.1; T1; 4m väst, skugga	2.15	7.1; T1; 4m
3.26	2.1; T1; 4m öst	2.19	7.1; T1; 3m
2.31	2.1; T2; 7m öst	0.97	7.1; T2; 3m
2.37	2.1; T2; 4m öst	0.89	7.1; T2; 3m
2.25	2.1; T2; 4m väst, skugga	1.29	7.1; T2; 2m
3.58	3.1; T1; 2.5m	1.86	8.1; T1; 3m
2.94	3.1; T1; 2.5m	0.99	8.1; T1; 2m
2.76	3.1; T2; 3.5m	1.68	8.1; T1; 1.5m
3.00	3.1; T2; 2m	0.67	8.1; T2; 2m
6.96	3.1; T3; 3.5m	0.72	8.1; T2; 1.5m
6.79	3.1; T3; 3m	0.72	8.1; T2; 1m
7.08	3.1; T3; 2.5m	1.68	8.1; T3; 3,5m
1.00	4.1; T1; 3.5m	1.92	8.1; T3; 2m
2.79	4.1; T1; 3m	2.19	8.1; T3; 1m
0.87	4.1; T1; 2m	0.84	8.2; T1; 3.5m
11.2	4.1; T2; 5.5m	1.18	8.2; T1; 3m
9.01	4.1; T2; 5m	0.99	8.2; T1; 1.5m
5.59	4.1; T2; 4m	0.95	8.2; T2; 5m
1.55	4.1; T3; 4m	1.40	8.2; T2; 4m
1.30	4.1; T3; 3m	1.06	8.2; T2; 3m
1.49	4.1; T3; 2m	2.82	9.1; T1; Topp
0.91	4.2; T1; 4m	2.39	9.1; T1; Mitten
0.70	4.2; T1; 3m	2.72	9.1; T1; 9m från Topp
0.83	4.2; T1; 3m	2.46	9.1; T2; Topp
1.11	4.2; T2; 3.5m	2.84	9.1; T2; 1m under topp
0.75	4.2; T2; 3.5m	2.29	9.1; T2; 3m
1.32	4.2; T2; 2m	1.48	9.1; T3; 5m
1.67	4.2; T3; 6m	1.32	9.1; T3; 4m
1.53	4.2; T3; 4m	1.40	9.1; T3; 2.5m
1.69	4.2; T3; 3m	7.48	9.2; T1; 6m
1.31	5.1; T1; 5m	8.33	9.2; T2 6m
1.01	5.1; T1; 4m	8.87	9.2; T2
1.27	5.1; T1; 3m	8.45	9.2; T3
1.90	5.1; T2; 3m	15.8	9.2; T3
1.44	5.1; T2; 3m	13.4	9.2; T4
1.17	5.1; T2; 2m	11.1	10.1; T1; 6.5m
1.85	5.1; T3; 6m	11.3	10.1; T1; 6m
2.76	5.1; T3; 5m	10.1	10.1; T1; 5m
		12.5	10.1; T1; 4.5m
		18.2	10.1; T2; 6m
		25.1	10.1; T2; 6m



*Bilaga 2 Organhaltsbestämning sedimentborrh*

Sedimentborrhprov	Medel organhalt %	Sedimentborrhprov	Medel organhalt %
1; 1; A	9.10	6; 1; A	5.51
1; 1; B	7.65	6; 1; B	4.79
1; 1; C	9.29	6; 1; C	4.55
1; 1; D	8.56	6; 1; D	5.31
2; 1; A	8.53	7; 1; A	5.61
2; 1; B	6.34	7; 1; B	4.80
2; 1; C	12.29	7; 1; C	6.03
2; 1; D	6.24	7; 1; D	5.58
3; 1; A	4.53	8; 1; A	6.17
3; 1; B	2.71	8; 1; B	5.36
3; 1; C	3.25	8; 1; C	5.83
3; 1; D	4.30	8; 1; D	6.50
4; 1; A	5.16	8; 2; A	6.69
4; 1; B	8.51	8; 2; B	6.19
4; 1; C	3.93	8; 2; C	5.86
4; 1; D	6.14	8; 2; D	6.47
4; 2; A	7.52	9; 1; A	9.74
4; 2; B	6.24	9; 1; B	11.30
4; 2; C	5.18	9; 1; C	9.02
4; 2; D	7.07	9; 1; D	12.21
5; 1; A	12.75	10; 1; A	6.63
5; 1; B	9.24	10; 1; B	8.72
5; 1; C	13.13	10; 1; C	6.04
5; 1; D	10.90	10; 1; D	5.12

Bilaga 3 pH-mätning IM KCl

Prov	pH	pH-medel	Prov	pH	pH-medel	Prov	pH	pH-medel
1; 1; A1	4.14	4.18	6; 1; A1	2.76	3.71	10; 1; A1	3.63	3.67
1; 1; A3	4.12		6; 1; A3	3.80		10; 1; A3	3.38	
1; 1; B6	4.11		6; 1; B6	3.65		10; 1; B6	3.48	
1; 1; B7	4.00		6; 1; B7	3.58		10; 1; B7	3.62	
1; 1; C2	4.16		6; 1; C2	4.06		10; 1; C2	3.79	
1; 1; C4	4.19		6; 1; C4	4.11		10; 1; C4	3.58	
1; 1; D5	4.34		6; 1; D5	3.80		10; 1; D5	4.02	
1; 1; D8	4.38		6; 1; D8	3.91		10; 1; D8	3.83	
2; 1; A1	4.13	4.19	7; 1; A1	4.25	4.01			
2; 1; A3	4.05		7; 1; A3	3.94				
2; 1; B6	4.30		7; 1; B6	4.14				
2; 1; B7	4.26		7; 1; B7	3.80				
2; 1; C2	4.16		7; 1; C2	3.83				
2; 1; C4	4.20		7; 1; C4	4.19				
2; 1; D5	4.16		7; 1; D5	3.93				
2; 1; D8	4.27		7; 1; D8	3.96				
3; 1; A1	3.74	4.12	8; 1; A1	4.11	4.12			
3; 1; A3	3.78		8; 1; A3	4.03				
3; 1; B6	4.00		8; 1; B6	4.04				
3; 1; B7	3.92		8; 1; B7	4.14				
3; 1; C2	3.91		8; 1; C2	4.05				
3; 1; C4	3.92		8; 1; C4	4.14				
3; 1; D5	3.90		8; 1; D5	4.23				
3; 1; D8	5.82		8; 1; D8	4.21				
4; 1; A1	3.83	3.90	8; 2; A1	3.68	3.89			
4; 1; A3	4.06		8; 2; A3	4.00				
4; 1; B6	3.76		8; 2; B6	3.80				
4; 1; B7	3.65		8; 2; B7	3.87				
4; 1; C2	3.96		8; 2; C2	3.73				
4; 1; C4	3.85		8; 2; C4	3.95				
4; 1; D5	3.61		8; 2; D5	3.97				
4; 1; D8	4.45		8; 2; D8	4.08				
4; 2; A1	4.11	3.87	9; 1; A1	3.30	3.65			
4; 2; A3	3.84		9; 1; A3	3.28				
4; 2; B6	3.96		9; 1; B6	3.57				
4; 2; B7	3.67		9; 1; B7	3.79				
4; 2; C2	3.75		9; 1; C2	3.81				
4; 2; C4	3.82		9; 1; C4	3.86				
4; 2; D5	3.87		9; 1; D5	3.98				
4; 2; D8	3.90		9; 1; D8	3.57				
5; 1; A1	3.90	4.08	9; 2; A1	3.26	2.93			
5; 1; A3	4.01		9; 2; A3	2.99				
5; 1; B6	4.21		9; 2; B6	3.01				
5; 1; B7	4.05		9; 2; B7	2.92				
5; 1; C2	4.26		9; 2; C2	3.01				
5; 1; C4	4.07		9; 2; C4	2.84				
5; 1; D5	4.01		9; 2; D5	2.77				
5; 1; D8	4.14		9; 2; D8	2.65				

Bilaga 4 pH-mätning avjoniserat vatten

Prov	pH	pH-medel	Prov	pH	pH-medel	Prov	pH	pH-medel
1; 1; A1	6.30	5.43	6; 1; A1	5.42	5.43	10; 1; A1	6.02	5.45
1; 1; A3	5.39		6; 1; A3	5.44		10; 1; A3	5.57	
1; 1; B6	5.00		6; 1; B6	5.55		10; 1; B6	5.70	
1; 1; B7	5.30		6; 1; B7	5.42		10; 1; B7	5.09	
1; 1; C2	5.19		6; 1; C2	5.57		10; 1; C2	5.30	
1; 1; C4	5.11		6; 1; C4	5.57		10; 1; C4	5.10	
1; 1; D5	5.51		6; 1; D5	5.23		10; 1; D5	5.26	
1; 1; D8	5.60		6; 1; D8	5.22		10; 1; D8	5.57	
2; 1; A1	4.82	5.02	7; 1; A1	5.87	5.36			
2; 1; A3	5.00		7; 1; A3	5.41				
2; 1; B6	5.27		7; 1; B6	5.59				
2; 1; B7	4.72		7; 1; B7	5.45				
2; 1; C2	5.00		7; 1; C2	4.91				
2; 1; C4	5.25		7; 1; C4	5.32				
2; 1; D5	5.03		7; 1; D5	5.16				
2; 1; D8	5.07		7; 1; D8	5.19				
3; 1; A1	5.68	5.80	8; 1; A1	5.27	5.34			
3; 1; A3	5.66		8; 1; A3	5.33				
3; 1; B6	5.72		8; 1; B6	5.34				
3; 1; B7	5.89		8; 1; B7	5.42				
3; 1; C2	5.86		8; 1; C2	5.28				
3; 1; C4	5.79		8; 1; C4	5.30				
3; 1; D5	5.80		8; 1; D5	5.37				
3; 1; D8	5.97		8; 1; D8	5.42				
4; 1; A1	5.15	5.41	8; 2; A1	5.62	5.53			
4; 1; A3	5.34		8; 2; A3	5.49				
4; 1; B6	5.23		8; 2; B6	5.50				
4; 1; B7	5.44		8; 2; B7	5.48				
4; 1; C2	5.54		8; 2; C2	5.53				
4; 1; C4	5.59		8; 2; C4	5.56				
4; 1; D5	5.18		8; 2; D5	5.45				
4; 1; D8	5.84		8; 2; D8	5.62				
4; 2; A1	5.65	5.43	9; 1; A1	4.84	4.86			
4; 2; A3	5.48		9; 1; A3	5.00				
4; 2; B6	5.26		9; 1; B6	4.65				
4; 2; B7	5.66		9; 1; B7	4.67				
4; 2; C2	5.10		9; 1; C2	4.90				
4; 2; C4	5.44		9; 1; C4	5.08				
4; 2; D5	5.40		9; 1; D5	4.84				
4; 2; D8	5.44		9; 1; D8	4.91				
5; 1; A1	5.23	5.45	9; 2; A1	4.19	4.36			
5; 1; A3	5.34		9; 2; A3	4.33				
5; 1; B6	5.54		9; 2; B6	missing value				
5; 1; B7	5.48		9; 2; B7	missing value				
5; 1; C2	5.51		9; 2; C2	4.61				
5; 1; C4	5.29		9; 2; C4	4.31				
5; 1; D5	5.55		9; 2; D5	4.42				
5; 1; D8	5.66		9; 2; D8	4.30				

*Bilaga 5 Bulkdensitetsprov med cylinder*

Prov	Torr densitet	Medel densitet			
C;1;1;A	1,06	1,01	C;7;1;A	1,07	1,02
C;1;1;B	1,04		C;7;1;B	1,10	
C;1;1;C	0,92		C;7;1;C	0,95	
C;1;1;D	1,02		C;7;1;D	0,95	
C;2;1;A	0,87	0,90	C;8;1;A	0,82	0,92
C;2;1;B	0,88		C;8;1;B	1,04	
C;2;1;C	0,94		C;8;1;C	0,88	
C;2;1;D	0,00		C;8;1;D	0,94	
C;3;1;A	1,11	1,38	C;8;2;A	1,07	1,00
C;3;1;B	1,36		C;8;2;B	0,00	
C;3;1;C	1,34		C;8;2;C	0,97	
C;3;1;D	1,69		C;8;2;D	0,97	
C;4;1;A	0,90	1,04	C;9;1;A	0,48	0,55
C;4;1;B	1,00		C;9;1;B	0,58	
C;4;1;C	1,54		C;9;1;C	0,52	
C;4;1;D	0,74		C;9;1;D	0,61	
C;4;2;A	1,04	0,94	C;9;2;A	0,81	0,53
C;4;2;B	1,00		C;9;2;B	0,42	
C;4;2;C	0,81		C;9;2;C	0,51	
C;4;2;D	0,93		C;9;2;D	0,39	
C;5;1;A	0,78	0,80	C;10;1;A	0,89	0,90
C;5;1;B	0,96		C;10;1;B	0,60	
C;5;1;C	0,82		C;10;1;C	0,95	
C;5;1;D	0,63		C;10;1;D	1,18	
C;6;1;A	0,82	0,95			
C;6;1;B	0,86				
C;6;1;C	1,16				
C;6;1;D	0,00				



## TIDIGARE UTGIVNA NUMMER

- 2007:1 Författare: Sören Möller Pedersen.  
Model of individual tree mortality for trembling aspen, lodgepole pine, hybrid spruce and subalpine fir in northwestern British Columbia.
- 2007:2 Författare: Richard Dermer.  
*Picea mariana* ((P. Mill.) B.P.S), *P. abies* (L.), *Pinus contorta* (Dougl.) och *P. sylvestris* (L.). – En jämförelse av produktion och potentiell kvalitet hos försöksbestånd i Jämtlands län.
- 2007:3 Författare: Johan Oskarsson och Martin Busk.  
Rätten till Norrland – nutida strider, historisk arena.
- 2007:4 Författare: Malin Svensson.  
Vattenkvalitén i Fredstorpsbäcken – dikad bäck på fastigheten Rämningstorp i Skara kommun.
- 2007:5 Författare: Maija Kovanen.  
Growth responses in Swedish boreal coniferous forests after addition of nitrogen as sewage sludge pellets.
- 2007:6 Författare: Jonas Kling  
Att återställa en naturlig ordning. Skogshistoria och restaureringsbränning i Långsidbergets naturreservat
- 2007:7 Författare: Thomas Tjernell  
Vindfällning, tillväxt och plantuppslag i en 13-årig granskärm i Medelpad
- 2007:8 Författare: Sofia Grape  
Inverkan av nederbörd, temperatur och frost på årsringens egenskaper hos boreal tall (*Pinus sylvestris* L.)

Hela förteckningen på utgivna nummer hittar du på [www.seksko.slu.se](http://www.seksko.slu.se)