

# Halter av baskatjoner, fosfor och kväve i stubbar i Sverige, Finland och Danmark

För Statens Energimyndighet



Sofie Hellsten, Heljä-Sisko Helmisaari, Ylva Melin,  
Jens Peter Skovsgaard, Ingvar Wängberg,  
Seija Kaakinen, Mikko Kukkola, Anna Saarsalmi,  
Hans Petersson & Cecilia Akselsson

B1855  
Maj 2009



<b>Organisation</b> IVL Svenska Miljöinstitutet AB	<b>Rapportsammanfattning</b>
<b>Adress</b> Box 5302 400 14 Göteborg	<b>Projekttitel</b> Utvärdering av haltvariationer av baskatjoner, fosfor och kväve i Stubbar i Sverige, Finland och Danmark. <b>Anslagsgivare för projektet</b> Statens Energimyndighet
<b>Telefonnr</b> 031-725 62 00	
<b>Rapportförfattare</b> Sofie Hellsten <sup>1)</sup> , Heljä-Sisko Helmisaari <sup>2)</sup> , Ylva Melin <sup>3)</sup> , Jens Peter Skovsgaard <sup>4)</sup> , Ingvar Wängberg <sup>1)</sup> , Seija Kaakinen <sup>2)</sup> , Mikko Kukkola <sup>2)</sup> , Anna Saarsalmi <sup>2)</sup> , Hans Petersson <sup>3)</sup> & Cecilia Akselsson <sup>5)</sup> 1) IVL, Svenska Miljöinstitutet AB 2) Metla, Finland 3) SLU, Umeå 4) Skov & Landskab, Københavns Universitet 5) Lunds Universitet	
<b>Rapporttitel och undertitel</b> Halter av baskatjoner, fosfor och kväve i stubbar i Sverige, Finland och Danmark	
<b>Sammanfattning</b> Intresset för stubbskörd har ökat kraftigt på senare år, i takt med att efterfrågan på förnyelsebar energi ökat. Idag saknas det information om näringshalter i stubbar för att utröna effekten av stubbuttag på näringsbalans och försurning. Denna studie syftar till att ta fram ett större dataunderlag för halter i stubbar i Sverige, Finland och Danmark. Lokalerna representerar olika nedfallsnivåer, olika markförhållanden samt olika beståndsdata. Studien omfattar granstubbar från Sverige, Finland och Danmark, samt tall- och björkstubbar från Sverige. Följande näringsämnen ingick i studien: kväve (N), fosfor (P), kalcium (Ca), kalium (K), magnesium (Mg) och Natrium (Na). Resultaten indikerade att näringshalten i björkstubbar är högre jämfört med gran och tall. I Sverige och Finland noterades generellt sett högre näringshalter i stubbarna i södra delen av landet jämfört med norra delen, med undantag av fosfor. Näringshalterna är betydligt högre i stubbens och rötternas bark jämfört med veden. Halterna i rötterna ökade signifikant med minskad rottdiameter. För tallstubbarna i Jädraås noterades signifikant minskande näringshalter i stubbarna med åldern upp till 65 år för kväve, kalium, magnesium och fosfor. För Jädraås, som har den största representationen av ståndortsindex, noterades ökande halter med ståndortsindex för fosfor och kalium. Studien har medfört att dataunderlaget för halter i stubbar har ökat väsentligt vilket kan bidra till att minska osäkerheterna i beräkningar av näringsbalansen i skogsmark vid stubbskörd.	
<b>Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren</b> Stubbar, rötter, näringshalter, kväve, fosfor, baskatjoner, försurning, stubbskörd.	
<b>Bibliografiska uppgifter</b> IVL Rapport B 1855	
<b>Rapporten beställs via</b> Hemsida: <a href="http://www.ivl.se">www.ivl.se</a> , e-post: <a href="mailto:publicationservice@ivl.se">publicationservice@ivl.se</a> , fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm	

Rapporten godkänd  
2009-06-04

  
Peringe Grennfelt

Forskningschef



## Summary

Stump removal is becoming increasingly important as the demand for renewable energy is increasing. Nutrient concentrations in stumps are applied when evaluating the environmental effect of stump removal on acidification and nutrient balances in forest soil. The objective of this study was to evaluate concentrations of nutrients in stumps in Sweden, Finland and Denmark, and to assess how nutrient concentrations vary with site characteristics, stand age and deposition level. Concentrations of nitrogen (N), phosphorous (P), calcium (Ca), potassium (K), magnesium (Mg), and sodium (Na) in spruce, pine and birch stumps were assessed in eight sites across Scandinavia.

The results of this study indicate that nutrient concentrations are higher in birch stumps compared with spruce and pine. In Sweden and Finland, the nutrient concentrations were generally higher in the southern sites compared with the sites located in the northern part of the country, except for P.

Nutrient concentrations were significantly higher in the bark of the stump and roots compared with the wood for all nutrients. Furthermore, nutrient concentrations increased significantly with decreasing root diameter.

In Jädraås, Sweden, nutrient concentrations of N, K, Mg and P in pine decreased with age of the stump harvested tree, for stumps < 65 years. This relation was not evident for other age spans or sites. Jädraås has the highest representation of site indexes, and at this site increasing nutrient concentrations with site index were noted for P and K.

This study has contributed to increase data availability for nutrient concentrations in stumps, which can be applied to reduce uncertainties in the calculation of nutrient balances in forest soils at stump harvesting. However, further studies are needed to provide a broader picture of how the nutrient concentrations vary with site characteristics, stand age and forestry management to provide a better foundation when setting up recommendations for stump removal.

## Sammanfattning

Intresset för stubbskörd har ökat kraftigt på senare år, i takt med att klimatfrågan blivit mer uppmärksammas och efterfrågan på förnyelsebar energi ökat. Idag saknas det information om näringshalter i stubbar för att utröna effekten av stubbuttag på näringsbalans och försurning. Denna studie syftar till att ta fram ett större dataunderlag för halter i stubbar i Sverige, Finland och Danmark. Lokalerna som valts ut är spridda över de tre länderna och representerar olika nedfallsnivåer, olika markförhållanden samt olika beståndsdata. Studien omfattar granstubbar från Sverige, Finland och Danmark, samt tall- och björkstubbar från Sverige. Följande näringsämnen ingick i studien: kväve (N), fosfor (P), kalcium (Ca), kalium (K), magnesium (Mg) och Natrium (Na).

Resultaten indikerade att näringshalten i björkstubbar är högre jämfört med gran och tall. I Sverige och Finland noterades generellt sett högre näringshalter i stubbarna i bestånden som var lokaliserade i södra delen av landet jämfört med norra delen, med undantag av fosfor.

Näringshalterna är betydligt högre i stubbens och rötternas bark jämfört med veden för samtliga näringsämnen, och halterna i rötterna ökade signifikant med minskad rot diameter.

För tallstubbar i Jädraås noterades signifikant minskande näringshalter i stubbarna med åldern upp till 65 år för kväve, kalium, magnesium och fosfor. För övriga bestånd noterades inga signifikanta trender med åldern. För Jädraås, som har den största representationen av ståndortsindex, noterades ökande halter med ståndortsindex för fosfor och kalium.

Studien har medfört att dataunderlaget för halter i stubbar har ökat väsentligt vilket kan bidra till att minska osäkerheterna i beräkningar av näringsbalansen i skogsmark vid stubbskörd. Mer omfattande studier behövs för att ge en bättre bild av hur näringshalterna varierar med beståndstyper, åldersklasser och brukningsmetoder.

## Innehållsförteckning

1	Bakgrund.....	5
2	Syfte.....	6
3	Metod.....	6
3.1	Stubbar Sverige, metod.....	7
3.2	Stubbar Finland, metod.....	8
3.3	Stubbar Danmark, metod.....	10
4	Utvärdering av näringshalter i stubbar.....	11
4.1	Stubbar Sverige, resultat.....	11
4.1.1	Variationer med trädslag.....	11
4.1.2	Variationer med område.....	12
4.1.3	Variationer med rotfraktion.....	12
4.1.4	Variationer med trädets ålder.....	13
4.1.5	Variationer med ståndortsindex.....	14
4.1.6	Halter i bark och ved.....	14
4.2	Stubbar Finland, resultat.....	15
4.2.1	Variationer med område.....	16
4.2.2	Variationer med rotfraktion.....	16
4.2.3	Halter i bark och ved.....	17
4.3	Stubbar Danmark, resultat.....	17
4.3.1	Variationer med område.....	18
4.3.2	Variationer med rotfraktion.....	18
5	Slutsatser.....	19
6	Rekommendationer.....	19
7	Tack.....	20
8	Referenser.....	20
9	Appendix.....	22
	Appendix 1: Haltvariationen i gran- tall och björkstubbar, Sverige.....	23
	Appendix 2: Näringshalter i gran-, tall- och björkstubbar, Sverige.....	24
	Appendix 3: Näringshalter som funktion av ålder, Sverige.....	25
	Appendix 4: Näringshalter som funktion av ståndortsindex, Sverige.....	26
	Appendix 5: Haltvariationen i granstubbar, tre områden i Finland.....	28
	Appendix 6: Näringshalter i granstubbar i Finland.....	30
	Appendix 7: Näringshalter i granstubbar i Danmark.....	31
	Appendix 8: Näringshalter som funktion av rotradien, Danmark.....	32





# 1 Bakgrund

I takt med att klimatfrågan har fått ökad uppmärksamhet har efterfrågan på förnyelsebar energi ökat kraftigt. Detta har lett till att intresset för stubbskörd har ökat och Skogsstyrelsen har nyligen kommit ut med preliminära rekommendationer av stubbskörd (Skogsstyrelsen, 2009). Stubbskörd kan dock ha negativa miljöeffekter i form av ökad avgång av växthusgaser, ökad förlust av näringsämnen (baskatjoner, fosfor och kväve) samt påverkan på markvegetation och biodiversitet (Egnell, 2008). Nyligen gjordes en Miljöanalys för stubbskörd (Egnell et al, 2008) och där konstaterades bland annat att det saknas bra underlag för stubbarnas näringsinnehåll. Denna information är viktig då man utvärderar effekter av stubbskörd med avseende på näringsbalanser. Borttagande av näringsämnen (till exempel kväve, fosfor och kalium) kan på sikt leda till minskad bördighet, vilket potentiellt kan påverka framtida skogstillväxt. Bortförsel av baskatjoner ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  och  $\text{K}^+$ ) minskar markens buffringsförmåga mot försurning, vilket kan leda till ökad mark- och ytvattenförsurning. Markens buffringsförmåga är direkt relaterad till näringsstillgången i marken. Förluster av näringsämnen är främst kopplat till de nationella miljömålen "Bara naturlig försurning", "Ingen övergödning", "Levande skogar" samt "Levande sjöar och vattendrag".

För närvarande finns få studier tillgängliga på näringshalter i stubbar och dessa studier grundar sig på finska försök i barrblandsbestånd och tallbestånd (Helmisaari, 1991, Egnell et al., 2007). Haltvariationen är påtaglig i stam, grenar och barr mellan olika lokaler (Egnell et al., 1998) och eftersom stubbarna har den första tillgången till näringen via rötterna är det troligt att även halten i stubbar varierar vid olika mark-, klimat- och näringsförhållanden.

Rötterna tar upp näring och vatten och transporterar det vidare till övriga delar av trädet. Det är troligt att näringskoncentrationen i rötterna beror på näringsbehovet i olika vävnader och tillgången på näringsämnen i marken, vilket talar för att variationerna i stubbar och rötter kan vara betydande mellan lokaler vid olika näringsförhållanden. Även inom själva stubb- och rotsystemet är variationerna stora (Helmisaari 1991).

Näringsämnenas rörlighet i trädet är avgörande för transporten av näringsämnen inom trädets olika delar (Helmisaari & Siltala 1989). Rötter har olika funktioner beroende på deras storlek och därför är det viktigt att studera rötter i separata storleksklasser.

Helmisaari & Siltala (1989) visade att näringshalterna i tallstammar varierade med näringsupptaget, vävnadens ålder, växtsäsong och trädets storlek och ålder. Helmisaari & Siltala (1989) noterade en kraftig säsongsvariation i barken men såg ingen tydlig trend i stamveden, och drog slutsatsen att barken är ett lagringsställe för näringsämnen under vintern.

Näringsinnehållet i trädens rötter är en viktig parameter vid beräkning av näringsbalansen i skogsekosystem vid stubbskörd (Hellsten et al., 2008). För närvarande finns det dock otillräcklig kvantitativ information tillgänglig om stubbskördens bidrag till näringsbudgeten i skogsmark. Kunskap om näringshalter i stubbar och rötter är en viktig pusselbit för att beräkna näringsbudgetar i skogsekosystem.

## 2 Syfte

Syftet med denna studie är att:

- öka dataunderlaget för halter av baskatjoner, fosfor och kväve i stubbar, för att minska osäkerheten i näringsbalansberäkningar.
- undersöka samband mellan halter i stubbar och faktorer såsom trädslag, trädens ålder, depositionsnivå, beståndsdata och markförhållanden.

## 3 Metod

Studien baseras på gran-, tall- och björkstubbar som skördats inom ramen för andra projekt i Sverige, Finland och Danmark, se Figur 1. Samtliga stubbar kommer från ogödslade bestånd. I Sverige finns stubbar från tre lokaler som representerar södra, mellersta och norra delarna av Sverige: Asa, Jädraås och Svartberget. I Finland togs prov från tre granbestånd, Heinola och Karkkila i södra Finland och Kemijärvi i norra Finland. I Danmark togs stubbproven från två granytor, Store Dyrehave i NordSjälland och Gludsted Plantage i Mittjylland. En översikt över de områden och stubbprover som ingick i studien presenteras i Tabell 1 och 2.



Figur 1. De åtta områden som ingick i studien.

De svenska och danska stubbarna maldes vid Jädraås Skog och Mark, medan de finska proverna maldes i Finland. Samma malningsmetod har tillämpats. En tårtbit av roten maldes och blandades för att representera "rätt" andel bark respektive stamved. För vissa stubbprov (svenska och finska) separerades barken från veden och de två fraktionerna maldes separat. Eftersom malningen har utförts på två olika platser och av två olika personer kan små skillnader i malningprocessen förekomma.

De malda proverna skickades till analys vid SLU:s laboratorium i Uppsala (Institutionen för markvetenskap, avd. för växtnäringlära) där proverna analyserades med avseende på kväve (N), fosfor (P), kalcium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na) och kalium (K). Torrsubstansbestämning (ts) gjordes för ett urval av proverna och därefter beräknades ett medeltal baserat på dessa prov som användes för att ange provens halt. ICP-analys användes för makronäringsämnen (P, K, Mg, Ca, Na) och tot-N analyserades på ett Leco-instrument. Alla näringsvärden anges i % av ts.

Sammanlagt analyserades näringshalterna i 104 stubbar (470 prov). Från Sverige analyserades 69 stubbar (27 gran-, 32 tall- och 10 björkstubbar). Från Finland analyserades 15 granstubbar, och från Danmark analyserades 20 granstubbar. Samtliga stubbar grävdes upp för hand, men metodiken i övrigt, samt antal och typ av prov per stubbe skiljer sig något åt mellan de olika länderna eftersom stubbarna har skördats inom ramen för olika projekt, se Tabell 1 och 2.

En databas över stubbhalter upprättades, och halterna jämfördes med lokalegenskaper såsom nedfallsnivå samt beståndsegenskaper såsom trädens ålder och beståndens ståndortsindex. Eftersom man använder olika rotfraktioner och klassificeringssystem i länderna för att bedöma beståndsdata är det svårt att göra adekvata jämförelser mellan bestånden.

Tabell 1. Översikt över de områden och stubbprover som ingick i studien.

	Sverige	Finland	Danmark
Kontakt-person	Ylva Melin, SLU, Umeå	Heljä-Sisko Helmisaari, Metla	Jens Peter Skovsgaard, Skov & Landskab, Københavns Universitet
Försöks-områden	Asa i Småland, Jädraås i Gästrikland och Svartberget i Västerbotten	Kemijärvi i norra Finland samt Heinola och Karkkila i södra Finland.	Store Dyrehave (NordSjälland) Gludsted Plantage (MittJylland)
Trädslag	gran, tall och björk	enbart gran	enbart gran
Antal stubbar	69 (27 gran, 32 tall och 10 björk)	15 stubbar (5 stubbar från varje område)	20 stubbar (10 stubbar från varje område)
Antal stubbprover	253 (109 gran, 107 tall och 37 björk)	67	150
Ålder	blandade åldersklasser från 20 till 117 år	Kemijärvi (67 år) Heinola (53 år) Karkkila (77 år)	St. Dyrehave (62 år) Gludsted Pl. (73 år)
Rotfraktioner	Tre olika rotfraktioner: 1. Stubbskivan 2. Rot >5 mm 3. Rot <5mm	Kemijärvi & Heinola: endast grova rötter (> 35 mm) Karkkila: stubbskiva samt grova rötter (> 35 mm)	Fyra rotfraktioner: 1. Stubbskivan 2. Rot, 50 cm från centrum 3. Rot, 100 cm från centrum 4. Rot, 150 cm från centrum
Provtyp	Majoriteten av proverna är blandade (dvs ved och bark tillsammans). Ett fåtal prov på gran och tall finns med ved och bark separat.	Vissa prov har separerats för ved och bark, andra prov är blandade (ved och bark tillsammans)	Alla prov är blandade (dvs ved och bark tillsammans)

Tabell 2. Områdesbeskrivning

	Latitud		Longitud		Altitud m	Tempe- ratur °C	Neder- börd mm/år	Kvävenedfall (kg/ha)	Trädålder vid avverkning år	Stubbskörd år	Ståndorts- index SI
	deg	min	deg	min							
Asa	56	19	9	56	170-254	6.1 <sup>1)</sup>	687	3.6 <sup>5)</sup>	Björk: 32-59 Gran: 28-95 Tall: 68-95	2002	26-35
Jädraås	59	11	10	10	194-211	3.8 <sup>1)</sup>	600	5.7 <sup>5)</sup>	Björk: 26-46 Gran: 34-78 Tall: 20-117	2002	14-24
Svartberget	61	53	10	43	192-314	1.5 <sup>1)</sup>	591	10.6 <sup>5)</sup>	Björk: 14-41 Gran: 20-34 Tall: 29-103	2002	20-24
Kemijärvi	66	51	27	8	272	771 <sup>2)</sup>	536	2	67	2002 (oktober)	19
Heinola	61	10	26	3	115	1283 <sup>2)</sup>	631	3	53	2002 (oktober)	28
Karkkila	60	35	24	14	121	1275 <sup>2)</sup>	642	4 <sup>3)</sup>	77	2007 (december)	31
Store Dyrehave								14.8 (11.3) <sup>4)</sup>	62	2008	27.5
Gludsted Plantage								17.5 (9.4) <sup>4)</sup>	73	2008	21.5

1) årlig medeltemperatur °C

2) temperatursumma (dd), medelvärde under 1971-2000

3) Kvävenedfallet hämtades från Tammela från Mustajärvi et al. (2008)

4) Kvävenedfall krondropp. Inom parentes anges kvävenedfallet till öppet fält. Källa: Sevel et al. (2009)

5) Nedfall av oorganiskt kväve i barrskog från SMHI:s MATCH-Sverige modellen (Persson et al., 2004), treårsmedelvärde 2002-2004.

### 3.1 Stubbar Sverige, metod

De tre områdena i Sverige (Asa, Jädraås och Svartberget) omfattade ett flertal olika bestånd och provtytor, se Tabell 3. I varje bestånd lottades upp till fyra träd slumpmässigt inom varje klass för att representera olika trädstorlekar (diameter på 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm och 30+ cm). Träden fälldes (vältes) och stubbarna med vidfästade rötter grävdes upp och rengjordes i fält. Minst tre avbrutna rötter som separerats från stubben i samband med vältningen valdes subjektivt och följdes ner till 2 mm i diameter. Stubbar och rötter delades upp i fraktioner (fina rötter (ca 2-5 mm), grövre rötter (ca 5-200<sup>1</sup> mm) och stubbe (ca >200<sup>2</sup> mm) och vägdes. Stickprov från varje fraktion togs slumpmässigt och vägdes i fält. Proverna frystes och skickades till SLU där de åter vägdes, torkades till konstant vikt (85 grader) och slutligen vägdes i torrt tillstånd. Proverna lagrades därefter torrt i papperspåsar.

Tabell 3. Beståndsdata för de svenska bestånden som ingick i studien.

	Bestånds- nummer	Provytenummer	Bonitetsvisande trädslag	Ståndortsindex SI	Altitud	Grundytta (m <sup>2</sup> /ha)	Grundrylevägd medelhöjd (m)	Grundrylevägd medelålder (år)
Asa	250	1	Gran	26	187	29	20	90
	250	2	Gran	26	188	30	20	60
	250	3	Gran	26	188	20	23	90
	790	1	Gran	26	241	33	24	87
	790	2	Gran	29	241	36	22	85
	790	3	Gran	26	254	30	24	87
	880	1	Gran	35	170	16	20	36
Jädraås	3	1	Tall	24	194	26	17	30
	3	2	Tall	24	200	20	17	32
	20	1	Tall	22	204	29	18	93
	20	2	Tall	22	208	26	22	116
	20	3	Gran	24	209	30	13	55
	99	1	Tall	20	209	26	9.7	44
	99	2	Tall	14	211	12	6.9	40
	99	3	Tall	15	211	22	15	89
Svartberget	24	1	Tall	21	245	17	11	44
	24	2	Tall	22	248	31	13	37
	24	3	Tall	22	252	35	16	40
	35	1	Tall	22	269	28	20	92
	35	2	Tall	20	264	26	16	70
	35	3	Tall	20	281	20	15	68
	40	1	Gran	21	314	21	12	33
	40	2	Gran	20	258	21	12	30
	71	1	Tall	24	192	15	13	52

Totalt fanns 76 stubbar tillgängliga (28 gran, 34 tall och 14 björk). Av dessa valdes 69 stubbar ut, då några stubbar valdes bort på grund av att det fanns för få prov per stubbe tillgängligt. Således analyserades näringshalter från 27 granstubbar, 32 tallstubbar och 10 björkstubbbar (Tabell 4 och Tabell 5). Delar av de svenska stubbproverna hade redan malts (bark och ved tillsammans). För att resul-

<sup>1</sup> Den högre siffran avser stora stubbsystem. För små stubbsystem tillåts t ex grövre rötter vara mindre

<sup>2</sup> Den högre siffran avser stora stubbsystem. För små stubbsystem tillåts t ex stubben vara mindre

taten från de nya proverna skulle kunna jämföras med resultaten från de redan malda proverna analyserades återstående svenska stubbar med bark och ved tillsammans. För några av stubbarna (sex granstubbar i Asa och fyra tallstubbar i Jädraås) analyserades bark och ved separat för att göra det möjligt att utvärdera skillnader i näringshalter i ved och bark, se Tabell 5.

Tabell 4. Antal stubbar per område och trädslag, Sverige.

Område	Gran	Tall	Björk	
<b>Asa</b>	16	2	3	21
<b>Jädraås</b>	6	15	4	25
<b>Svartberget</b>	5	15	3	23
<b>Alla</b>	27	32	10	69

Tabell 5. De Svenska stubbproverna som ingick i analysen. Antal prov per rotfraktion, område och trädslag.

Trädslag	Område	Stubbskiva	Grova rötter (> 5 mm)	Fina rötter (< 5 mm)
<b>Gran</b>	<b>Asa</b>	10 (+6)*	29 (+7)*	15
	<b>Jädraås</b>	6	12	6
	<b>Svartberget</b>	5	9	4
	<b>Alla</b>	21 (+6)*	50 (+7)*	25
<b>Tall</b>	<b>Asa</b>	2	4	1
	<b>Jädraås</b>	15	30	6
	<b>Svartberget</b>	11 (+4)*	26 (+4)*	4
	<b>Alla</b>	28 (+4)*	60 (+4)*	11
<b>Björk</b>	<b>Asa</b>	3	6	2
	<b>Jädraås</b>	4	8	3
	<b>Svartberget</b>	3	6	2
	<b>Alla</b>	10	20	7

\* Proverna inom parentes anger de prov som analyserades med ved och bark separat. I vissa fall finns dessa prov även representerade som blandade ved och barkprov.

### 3.2 Stubbar Finland, metod

Stubbar från tre granbestånd i Finland ingick i studien. Träden i Kemijärvi (norra Finland) och Heinola (södra Finland) fälldes i oktober 2002. Stubbarna skördades under våren 2003, sent i maj (Heinola) och tidigt i juni (Kemijärvi). Träden i Karkkila fälldes i september 2007, och stubbarna skördades i december 2007.

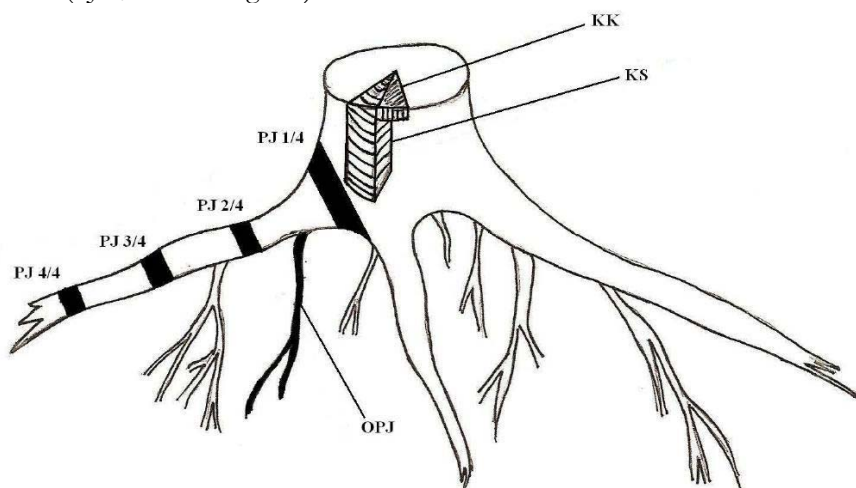
I Heinola samlades rötterna inom 75 cm radie från stubbens centrumpunkt till 30 cm djup in (från sex av träden samlade man in rötterna från 125 cm radie). I Kemijärvi samlade man in rötterna inom 125 cm från stubbens centrumpunkt och 30 cm djup. En slumpvis vald rot grävdes upp fullständigt för varje träd både i Heinola och i Kemijärvi. Den använda metoden är modifierad från Flower-Ellis (1996) och Iivonen et al. (2006). Stubben och rötterna tvättades och vägdes. En 2 cm tjock skiva från varje rot togs för torrviktsbestämning.

I Karkkila grävdes stubbarna upp med en grävmaskin så att grovrötterna mindre än 5 cm i diameter bröts av. Med stubben kom dock en stor mängd små rötter med diameter 5 - 35 mm (OPJ, Figur 2). Jorden skakades bort från rötterna och grovrötterna torrborstades. En stubbsektor (KS) sågades (höjd 30 – 50 cm, volym 1.3 - 6.4 dm<sup>3</sup>), och man tog även en övre bit (KK) av stubben (tjocklek 50 - 60 mm). Från grovrötterna (PJ) sågade man 43-62 mm tjocka prov med 30 cm mellanrum (Figur 2). Från varje stubbe tog man också 1-3 hela små rötter (OPJ) som förgrenade sig från grova rötter.

Färskvikt, torrsvikt och volym med bark och torrsvikt och volym utan bark mättes i laboratoriet efter torkning i 70 °C i 5 dygn.

Från Kemijärvi och Heinola finns enbart prov från grova rötter, men från Karkkila tog man särskilda stubbprover, enligt Figur 2. I den nuvarande studien analyseras tre olika rotfraktioner:

- 1) Stubbsektorn (KS i Figur 2) – endast från Karkkila
- 2) Rot 0 (PJ 1/4 i Figur 2)
- 3) Grov rot (PJ 2/4 osv. i Figur 2)



Figur 2. Stubbprover som togs i Karkkila: KK=stubbskiva, KS=stubbsektor, PJ=grov rot, OJP=fin rot. Källa: Vaitinen (2008).

De finska stubbarna omfattar endast granstubbar. Proverna maldes i Finland och 130 prov skickades till Sverige. Av dessa 130 prov valdes 67 prov ut för analys, för att hålla sig inom ramen för projektbudgeten. Urvalet gjordes så att en rotfraktion (rot 0) skulle vara jämförbar mellan de olika ytorna och således analyserades 5 vedprov och 5 barkprov från alla tre ytor för rotfraktionen Rot0 (rotens början, PJ 1/4 i Figur 2). I övrigt valdes prov som representerade olika avstånd från stubbens centrum. De återstående 63 proverna har sparats för eventuella framtida studier.

Fem stubbar från varje område (Kemijärvi, Heinola och Karkkila) analyserades enligt Tabell 6, vilket omfattar 15 stubbar och 67 stubbprov. 13 av dessa prov var blandade (ved och bark tillsammans) och 27 prov var uppdelade på ved och bark separat. Från Kemijärvi och Heinola finns enbart prov från grova rötter (> 35 mm), men från Karkkila tog man även prov från stubben (en så kallad stubbsektor, KS, se Figur 2). De grova rötterna har delats in i två olika storleksfraktioner, dels rotens början (PJ 1/4 i Figur 2, här kallat rot0) och dels längre ut på roten (PJ 2/4 osv., här kallat grova rötter).

Tabell 6. De finska stubbproverna som ingick i analysen - Antal prov per område, rotfraktion och provtyp.

Område	Rotfraktion	Avstånd till rotens början (cm)	Ved	Bark	Ved&bark
<b>Karkkila</b>	1) Stubbsektor	n.a.	5	5	
	2) Rot0	0	5	5	
	3) Grov rot	60 - 180	5	5	
<b>Kemijärvi</b>	2) Rot0	0	5	5	
	3) Grov rot	75 - 275	1	1	8
<b>Heinola</b>	2) Rot0	0	5	5	
	3) Grov rot	125 - 325	1	1	5

### 3.3 Stubbar Danmark, metod

Stubbprov finns tillgängliga från 15 bestånd, varav två bestånd ingår i den här studien (Store Dyrehave och Gludsted Plantage). Bestånden valdes för att de representerar normalt danskt skogsbruk, men de skiljer sig när det gäller ståndortsindex. Store Dyrehave (H100: 27,5) är bördigare än Gludsted Plantage (H100: 21,5).

Totalt togs 10 prov per stubbe, se Tabell 7. Ett prov togs från stubben i markytelnivå och 3 prov per rot från 3 slumpvis valda rötter på 50 cm, 100 cm och 150 cm avstånd från stubbens centrum. För varje rotprov noterades avstånd till centrum, rotens diameter samt färst vikt och volym. Stubbproverna för några av de övriga bestånden finns sparade om man i en framtida studie vill utöka underlaget för näringshalter i stubbar ytterligare.

För analys av näringämnen valdes 10 stubbar slumpmässigt från varje bestånd. Totalt analyserades alltså 20 stubbar. För 10 av dessa stubbar analyserades alla de 10 stubbproverna (1 prov från stubbskivan och 9 prov från rötterna, 3 rötter med tre prov på varje rot på 50 cm, 100 cm och 150 cm avstånd). Detta urval gjordes för att göra det möjligt att se hur stor variationen av halter kan vara inom en och samma stubbe. För de övriga tio stubbarna analyserades ett mindre antal prover (stubbskivan samt 4 prov från rötterna) för att göra det möjligt att inkludera fler stubbar inom ramen för projektets budget. De danska proverna maldes vid Jädraås försökspark (ved och bark tillsammans) innan de skickades för analys.

Tabell 7. De danska stubbproverna som ingick i analysen (gran). Antal prov (blandade) per område och rotfraktion.

Område	Stubbskiva	Rot, avstånd till centrum		
		50 cm	100 cm	150 cm
<b>Store Dyrehave</b>	10	21	22	22
<b>Gludsted Plantage</b>	10	22	22	21
<b>Totalt</b>	20	43	44	43



## 4 Utvärdering av näringshalter i stubbar

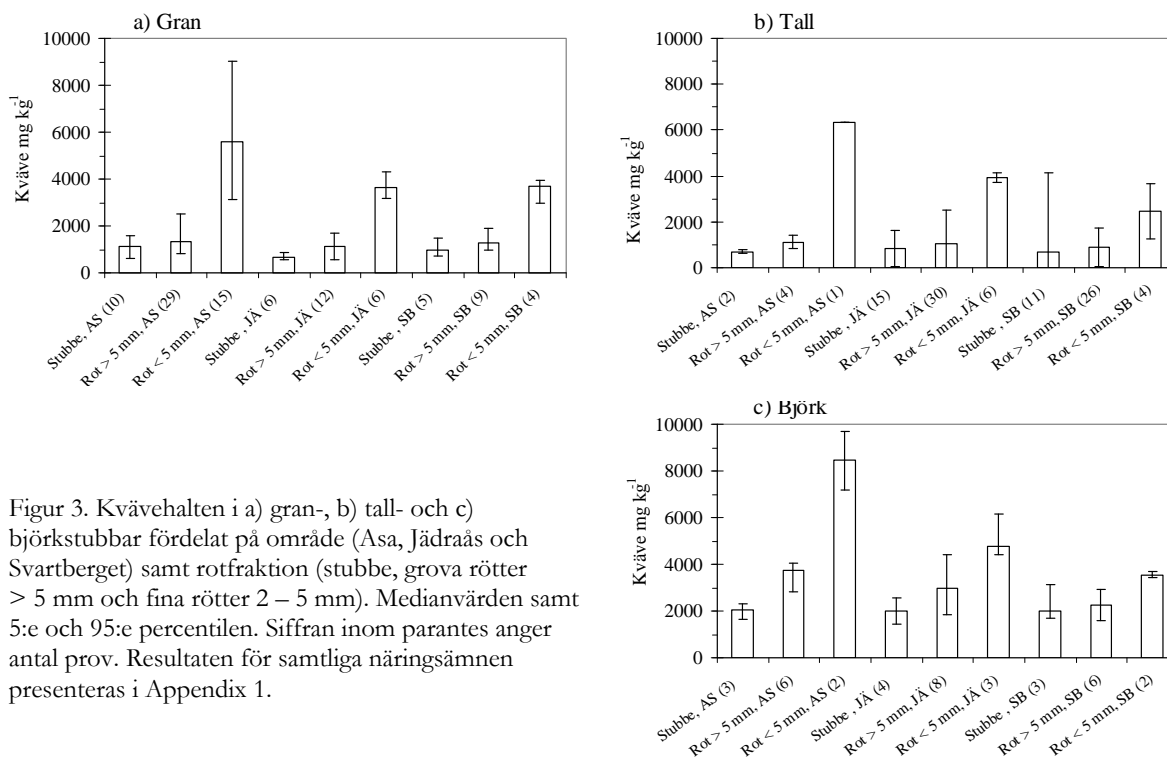
### 4.1 Stubbar Sverige, resultat

Resultaten för de svenska stubbarna redovisas i Appendix 1-4. Tabell 5 sammanfattar de svenska stubbprov som ingick i analysen fördelat på:

- Trädslag (gran, tall och björk)
- Område (Asa, Jädraås och Svartberget)
- Rotfraktion (Stubbskiva, grova rötter > 5 mm och fina rötter 2 – 5 mm)
- Provtyp (stubbved, bark eller blandade prov med ved och bark)

#### 4.1.1 Variationer med trädslag

Kvävehalten i gran-, tall- och björkstubbbar fördelat på provtyp, område och rotfraktion presenteras i Figur 3. Resultaten för samtliga näringsämnen presenteras i Appendix 1 och 2. Näringshalterna är högre i björkstubbarna för ett flertal näringsämnen, bland annat för kväve (se Figur 3), kalium och fosfor. Underlaget för halterna i björkstubbbar är dock begränsat och baseras endast på 3-4 stubbar per område vilket gör att resultatet bör tolkas med försiktighet. För kväve, kalcium och fosfor är halterna högre för gran än för tall, vilket troligtvis beror på att gran ofta växer på bördigare marker än tall. För kalium och magnesium var halterna i tall och gran relativt likartade. Natriumhalterna är svåra att jämföra då flertalet analyser ger utslag under detektionsgränsen.



### 4.1.2 Variationer med område

Medianvärden för näringshalterna i de tre rotfraktionerna (stubbkivan, grova rötter > 5 mm samt fina rötter < 5 mm) för gran-, tall- och björkstubbar i de olika områdena presenteras i Appendix 2. Kvävehalterna i stubbarna i Asa är högre jämfört med Jädraås och Svartberget för både gran, tall och björk (se Figur 3). En högre N-halt i Asa beror troligtvis på att marken i Asa är bördigare. Den högre kvävehalten i Asa kan bero på en högre kvävestatus i skogsmarken då kvävedepositionen i Asa är betydligt högre (ca 11 kg/ha) än i de övriga områdena med en kvävedeposition på 4-6 kg/ha.

Till skillnad från kväve är kalcium- och kaliumhalterna i gran- och tallstubbarna lägre i Asa jämfört med Jädraås och Svartberget, se Appendix 2. Trenden är liknande för björkstubbarna, men inte lika tydlig. För magnesium är halterna på en liknande nivå för tallstubbarna i alla tre områden, men för granstubbarna är halten något högre i Asa. För Na indikerar resultatet något högre halter i Asa jämfört med de övriga områdena.

Fosforhalterna i granstubbarna är på likartade nivåer, men något högre i Svartberget. För tallstubbarna är detta mönster ännu tydligare, med högre P-halter i norra Sverige jämfört med södra Sverige. För björk är halterna relativt lika i de tre områdena, men något högre i norra Sverige när det gäller stubben och de grova rötterna. De högre P-halterna i norra Sverige kan bero på att fosfor är mer lättillgänglig i marken där jämfört med i södra Sverige. I denna studie finns dock ingen information tillgänglig för fosfortillgängligheten i skogsmarken för de olika områdena. Gödslingsförsök i granskog har visat sig orsaka låga P-koncentrationer i barr i södra Sverige (Rosengren-Brinck och Nihlgård, 1995) och Danmark (Gundersen, 1998).

### 4.1.3 Variationer med rotfraktion

Näringshalterna i de danska stubbarna ökade signifikant med minskad rotradi för ett flertal näringsämnen (se avsnitt 4.3.2). För de svenska rotproverna saknades information om rotradien och därför har istället medianvärdena för de tre rotfraktionerna jämförts. För samtliga näringsämnen återfinns de högsta näringshalterna i den minsta rotfraktionen (rötter < 5 mm), och de lägsta halterna i stubbkivan, se Figur 3. Detta överensstämmer med resultaten från en finsk studie om tallstubbar som också visade att näringskoncentrationen i tallstubbar är relaterad till rotdiametern (Helmisaari, 1991). Meier et al. (1985) föreslog att intern omfördelning inom rotsystemet kan bidra till att N och P koncentrationerna i de finare rötterna är högre. En minskande näringskoncentration med ökande rotdiameter beror på att äldre vävnader (som finns i grövre rötter) har mindre mängd mobila näringsämnen eftersom mobila ämnen koncentrerar sig i yngre, växande vävnader där de behövs mer (Helmisaari & Siltala, 1989).

Tendensen med ökade halter för finare rötter noterades även för de finska stubbproverna (se avsnitt 4.2.2) i de prover där ved och bark hade separerats (se Appendix 5). Skillnaderna mellan rotfraktionerna var större i vedfraktionen än barkfraktionen. Högre näringshalter i finare rötter kan även bero på att en finrot kan ha proportionellt sett mer bark än en grov rot (och barken innehåller högre halter än veden).

Minskade koncentrationer av näringshalter med ökad rotdiameter har rapporterats i ett flertal andra studier (Sollins et al., 1980, Fogel & Hunt, 1983, Meier et al., 1985, Nambiar, 1987 och Vogt et al., 1987). Helmisaari (1991) konstaterade att de näringsämnen som minskade mest med ökad rotdiameter också är de näringsämnen som är mest mobila i trädet, exempelvis kväve, kalium och fosfor.

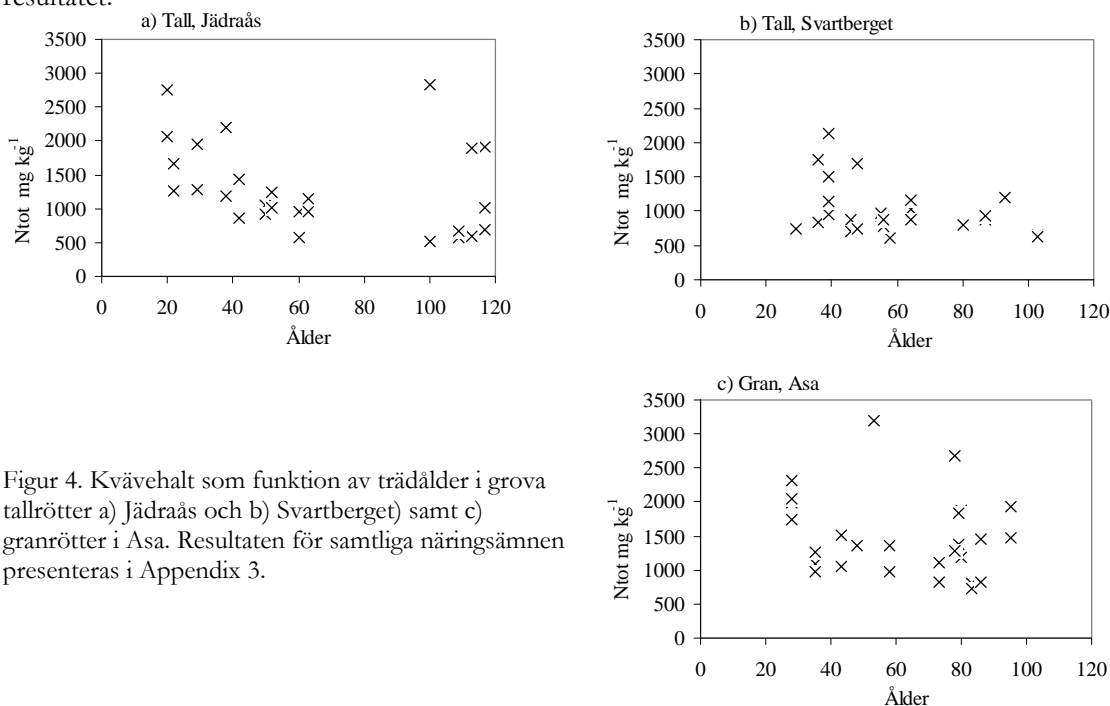
#### 4.1.4 Variationer med trädets ålder

Näringshalter för kväve som funktion av trädets ålder vid stubbskörd visas i Figur 4. Resultaten för samtliga näringsämnen presenteras i Appendix 3. Resultaten omfattar endast grova rötter (> 5 mm), men rotstorleken kan variera inom denna rotfraktion, och eftersom halterna är relaterade till rot-radien kan detta försvåra tolkningen av resultatet.

För att få ett så stort statistisk underlag som möjligt så redovisas resultatet för de rotfraktioner med flest antal prov tillgängliga (>25). För tallstubbar visas resultatet från både Jädraås (30 prov) och Svartberget (26 prov) och för granstubbarna visas resultatet från Asa (29 prov), se Figur 4. För björkstubbar visas inget resultat då antal stubbprover för björk är begränsat.

Linjär regressionsanalys på de grova granrötterna i Asa och tallrötter från Jädraås och Svartberget (Appendix 3) visar inte på någon signifikant minskning av halterna med trädets ålder för något av ämnena eller trädslagen. Dock minskar halterna för N, K, Mg och P i tallstubbarna i Jädraås signifikant fram till en ålder av 65 år på de avverkade träden. Denna minskning överensstämmer med resultatet från Helmisaari (1991) som konstaterade att näringskoncentrationen av N, P och K i tallstubbar var relaterad till beståndsålder, med lägre halter i äldre bestånd. Andra studier har visat att näringskoncentrationer i stammar varierar på samma sätt, det vill säga att koncentrationerna minskar med trädens ålder (Helmisaari & Siltala, 1989). Högre näringskoncentrationer i yngre bestånd kan bero på att snabbt växande träd har ett högre näringsbehov och att yngre träd har en större andel yngre vävnader med högre näringskoncentration. Detta samband verkar vara tydligare för de ämnen som är mest mobila, eftersom yngre träd har högre koncentrationer av mobila ämnen (N, P och K).

En anledning till att det inte går att utläsa någon signifikant minskning av näringshalter med ökad ålder i den här studien kan vara att sambandet bara är relevant fram till en viss ålder. En annan anledning kan vara att andra parametrar, som till exempel rotdiametern, påverkar tolkningen av resultatet.

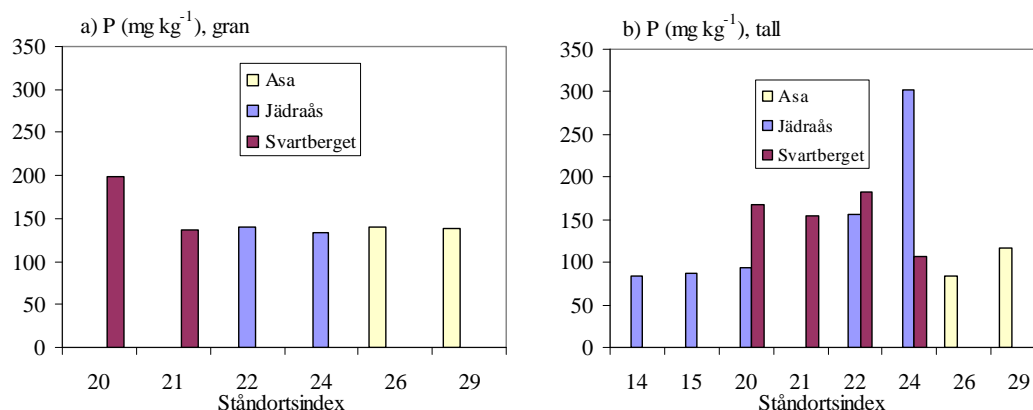


Figur 4. Kvävehalt som funktion av trädålder i grova tallrötter a) Jädraås och b) Svartberget) samt c) granrötter i Asa. Resultaten för samtliga näringsämnen presenteras i Appendix 3.

#### 4.1.5 Variationer med ståndortsindex

Fosforhalten som funktion av ståndortsindex för stubbarna i de tre svenska områdena (Asa, Jädraås och Svartberget), fördelat på gran och tall redovisas i Figur 5. Resultatet för samtliga näringshalter återfinns i Appendix 4. Precis som i föregående stycke, så omfattar resultaten endast grova rötter (> 5 mm), men eftersom rotstorleken kan variera inom denna rotfraktion (och halterna är relaterade till rotradien) kan detta försvåra tolkningen av resultatet.

Figur 5 visar att fosforhalterna är relativt likartade för granstubbar, oavsett område och ståndortsindex. För tallstubbarna i Jädraås ökar halten med ökat ståndortsindex. För Asa så indikerar resultaten att näringshalterna (med undantag av kväve) är högre i ytor med ett högre ståndortsindex. I Asa finns dock endast två ståndortsindex representerade (26 & 29), vilket gör att resultatet bör tolkas med försiktighet. För tallstubbarna i Jädraås, som har den största representationen av ståndortsindex (14, 15, 20, 22 och 24) var trenden med ökande halter med ståndortsindex tydlig för fosfor och kalium. I Svartberget, med fyra ståndortsindex (20, 21, 22 och 24) var det svårt att se något samband mellan näringshalter och ståndortsindex. Dessa ståndortsindex ligger relativt nära varandra vilket kan vara en förklaring till att det är svårt att se något samband. Inverkan från andra parametrar, som till exempel rotprovets diameter eller trädets ålder, försvårar tolkningen av resultatet.



Figur 5. Fosforhalter som funktion av ståndortsindex för a) granstubbar och b) tallstubbar för Asa, Jädraås och Svartberget. Observera att X-axeln inte är linjär. Resultatet för samtliga näringshalter återfinns i Appendix 4.

#### 4.1.6 Halter i bark och ved

Skillnaderna i näringshalter mellan bark och ved kan vara viktiga att beakta vid stubbskörd eftersom barken lätt släpper från veden då stubbar skördas en längre tid efter avverkning eller vid en längre lagring i fält (t ex efter milda vintrar då groten kommer ut före stubbarna då groten tål lagring i fält sämre).

För sex av granstubbarna i Asa, och för fyra av tallstubbarna i Svartberget, analyserades ved- och barkfraktionen separat (Tabell 8 och 9). Det statistiska underlaget är relativt litet, men kan ändå ge en indikation på hur näringshalterna skiljer sig mellan stubbveden och barken.

Resultaten visar att halterna är betydligt högre i barken jämfört med vedfraktionen. Kvävehalterna är ca 6-7 gånger högre i barken än veden i granstubbar i Asa och 4-5 gånger högre i tallstubbar i Svartberget. För fosfor var halten 5-8 gånger högre i barken än veden i granstubbar i Asa, och 4-5 gånger högre i tallstubbar i Svartberget. Med undantag av kalciumhalterna i granstubbar, så var haltskillnaden för baskatjonerna ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  och  $\text{K}^{+}$ ) i storleksordningen 2-4 gånger större i barken än i veden. Kalciumhalterna i granstubbar var däremot 8-10 gånger högre i barken än veden.

Natrium var det näringsämne som gav störst haltskillnad, med minst 10 gånger så hög halt i barken jämfört med veden. För natrium är dock osäkerhetsintervallet stort då halterna är låga och ibland är svåra att mäta upp (värdena är ofta under detektionsgränsen).

I denna studie analyserades endast en barkfraktion. Helmisaari (1991) analyserade näringshalterna i två olika barkfraktioner; en yttre och en inre, och konstaterade att näringskoncentrationerna var högre i den inre barken. Näringskoncentrationerna tenderar att vara högst i det inre av barken, på grund av att denna del i huvudsak består av levande celler (Helmisaari & Siltala, 1989).

Tabell 8. Halter i ved och bark (medianvärden) från svenska granrötter och stubbar (n = 6) Asa

	Rot, ved	Rot, bark	$\frac{\text{Rot, bark}}{\text{Rot, ved}}$	Stubbe, ved	Stubbe, bark	$\frac{\text{Stubbe, bark}}{\text{Stubbe, ved}}$
Ntot %	627	4237	6.8	688	4452	6.5
Ca mg/kg	502	4010	8.0	627	6336	10.1
K mg/kg	626	1431	2.3	791	1713	2.2
Mg mg/kg	153	498	3.2	150	398	2.6
Na mg/kg	1.9	23.9	12.3	1.9	31.8	17.0
P mg/kg	78	422	5.4	42	337	8.0

Tabell 9. Halter i ved och bark (medianvärden) från svenska tallrötter och stubbar (n = 4) Svartberget

	Rot, ved	Rot, bark	$\frac{\text{Rot, bark}}{\text{Rot, ved}}$	Stubbe, ved	Stubbe, bark	$\frac{\text{Stubbe, bark}}{\text{Stubbe, ved}}$
Ntot %	657	3025	4.6	733	3117	4.3
Ca mg/kg	545	1547	2.8	459	1464	3.2
K mg/kg	990	2240	2.3	700	1568	2.2
Mg mg/kg	145	527	3.6	152	452	3.0
Na mg/kg	1.2	12.4	10.8	0.3	11.3	45.1
P mg/kg	93	452	4.9	77	329	4.3

## 4.2 Stubbar Finland, resultat

Resultaten för de finska stubbarna redovisas i appendix 5-6. Tabell 6 sammanfattar de finska stubbprov som ingick i analysen fördelat på:

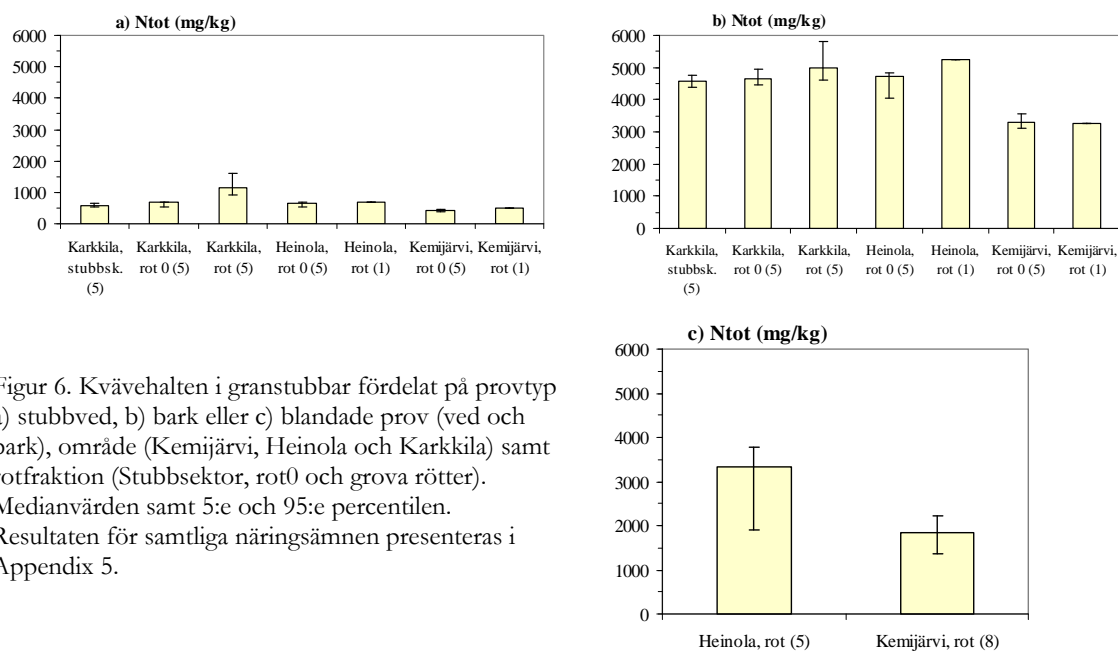
- Område (Kemijärvi, Heinola och Karkkila)
- Rotfraktion (Stubbsektor, rot0 och grova rötter)
- Provtyp (stubbved, bark eller blandade prov med ved och bark)

### 4.2.1 Variationer med område

Haltvariationen för kväve i granstubbar fördelat på provtyp, område och rotfraktion presenteras i Figur 6. Resultaten för samtliga näringsämnen presenteras i Appendix 5.

För samtliga tre områden finns fem rotprov från rotfraktionen ”Rot0” (rotens början) från ved- och barkfraktionen. Denna rotfraktion lämpar sig således för jämförelse mellan de olika områdena. För vedfraktionen var halterna högst i Karkkila (södra Finland) och för barkfraktionen var halterna högst i Heinola (södra Finland). De lägsta halterna noterades i Kemijärvi (norra Finland), med undantag för fosfor i barkfraktionen. För de blandade proverna var också näringshalterna högre i granstubbarna i södra Finland (Heinola) jämfört med norra Finland (Kemijärvi), med undantag av fosfor och kalium, se Appendix 5. För kalium var halterna likvärdiga i norra och södra Finland. Kalium är det mest mobila ämnet, vilket troligtvis är förklaringen till att kaliumhalterna i stubbarna är så likartade i olika delar av landet.

De finska resultaten överensstämmer med resultaten för de svenska stubbarna där man också noterade högre näringshalter i södra Sverige jämfört med norra Sverige, med undantag av fosfor (se Avsnitt 4.1.2). Näringshalterna i granstubbarna i Finland var dock något högre än halterna i Sverige då de grova rötterna (> 5 mm) i Sverige jämfördes med de grova rötterna i Finland. Dessa skillnader kan bero på flera olika faktorer: rotfraktionerna är olika och därför inte direkt jämförbara, skillnader i beståndsdata och markförhållanden eller på grund av olikheter i hanteringen av proverna (malningen av proverna utfördes av två olika personer).



### 4.2.2 Variationer med rotfraktion

Precis som för de svenska rötterna (Avsnitt 4.1.3) visar resultaten av de finska stubbproverna att näringshalterna ökar med minskad rotstorlek för samtliga näringsämnen i stubbveden, se Figur 6. Sambandet syns inte lika tydligt som för de svenska stubbproverna, vilket beror på att uppdelningen i de olika rotfraktionerna inte omfattar lika fina rötter som för de svenska stubbarna.

Sambandet mellan näringshalt och rotfraktion var tydligare för vedproverna än för barkfraktionen. Detta indikerar att haltvariationerna med minskad rot diameter kan förklaras med varierande halter i stubbveden. Finare rötter tenderar att ha en större andel yngre vävnader, och mobila ämnen koncentrerar sig i växande vävnader där de behövs mer.

För de finska stubbarna kunde inte jämförelsen mellan rotfraktionerna göras för de blandade proven (stubbved och bark malt tillsammans) eftersom det endast fanns en rotfraktion tillgänglig (grova rötter).

### 4.2.3 Halter i bark och ved

Appendix 6 sammanfattar medianvärdena för halterna i stubbveden jämfört med barken. Det statistiska underlaget är relativt litet, särskilt för rotfraktionen i Heinola och Kemijärvi där endast ett prov finns tillgängligt, men kan trots det ge en indikation på hur näringshalterna skiljer sig mellan stubbveden och barken.

I likhet med de svenska resultaten (Avsnitt 4.1.6) så är halterna betydligt högre i barken jämfört med stubbveden. Kvävehalterna är 4-8 gånger högre i barken än i veden, vilket är i samma storleksordning som för de svenska granstubbarna i Asa, där kvävehalterna var 6-7 gånger högre. För fosfor var halten 4-22 gånger högre i barken jämfört med veden, vilket är något högre än för de svenska stubbarna på 5-8 gånger högre halter. För kalium och magnesium var halterna 2-5 gånger högre i barken jämfört med veden, vilket nästan är på samma nivå som de svenska stubbarna (2-3). För kalcium var haltskillnaden mellan ved och bark 7-19 gånger högre i de finska stubbarna, jämfört med haltskillnaden på 8-10 gånger för de svenska. Precis som för de svenska stubbarna var Na det näringsämne där den högsta haltskillnaden mellan bark och ved noterades. Natriumhalterna är dock låga och svåra att mäta upp, vilket gör att resultatet bör tolkas med försiktighet.

I Karkkila var haltskillnaden mellan stubbveden och barken högre i själva stubben än i rötterna, för samtliga näringsämnen, med undantag av natrium. Barken i stubben innehöll alltså förhållandevis högre halter jämfört med veden än vad som var fallet i rötterna. Som tidigare nämndes (Avsnitt 4.2.2) var sambandet mellan näringshalt och rotfraktion tydligare för vedproverna än för barkfraktionen.

## 4.3 Stubbar Danmark, resultat

Resultaten för de danska stubbarna redovisas i Appendix 7 – 8. Tabell 7 sammanfattar de danska stubbprov som ingick i analysen fördelat på:

- Område (Store Dyrehave och Gludsted Plantage)
- Rotfraktion:
  - 1) Stubbskiva
  - 2) Rot 50 cm från centrum
  - 3) Rot 100 cm från centrum
  - 4) Rot 150 cm från centrum.

### 4.3.1 Variationer med område

Resultaten från analysen av näringshalterna (medianvärden) i de två danska områdena fördelat på rotfraktion redovisas i Appendix 7.

Store Dyrehave och Gludsted Plantage skiljer sig åt framförallt när det gäller bördighet, där St. Dyrehave har ett ståndortsindex på 27,5 jämfört med Gludsted Pl. på 21,5. Resultaten från de svenska stubbarna indikerade att ståndortsindex kan ha betydelse för näringshalterna för vissa näringsämnen (Avsnitt 4.1.5). Näringshalterna i granstubbarna i de båda områdena i Danmark är dock relativt likartade, framförallt för kväve och kalium. Kalcium och natriumhalterna är något högre i Store Dyrehave jämfört med Gludsted Plantage, medan halterna för magnesium och fosfor istället är lägre.

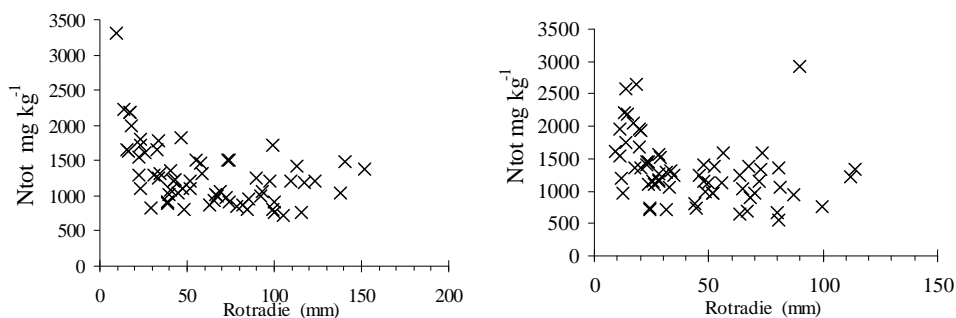
Näringshalterna i granstubbarna i Danmark låg på liknande nivåer som i Sverige, men något högre för K och något lägre för P. Stubbarna från St. Dyrehave fuktskadades under transporten från Danmark till Sverige, vilket eventuellt kan ha påverkat analysresultatet av näringsämnena.

### 4.3.2 Variationer med rotfraktion

I likhet med de svenska och finska granstubbarna (Avsnitt 4.1.3 och 4.2.2) uppvisar de danska stubbarna ett samband mellan näringshalten och rotfraktionen. De högsta halterna noterades i de rötter som befann sig längst från stubbens centrum (150 cm), bortsett från kaliumhalterna i Store Dyrehave, där rotprovet 50 cm från stubbens centrum uppvisade den högsta halten (Appendix 7).

I Figur 7 visas kvävehalten som funktion av den genomsnittliga rotradien i de två danska områdena. Rotradien i Figur 7 är den genomsnittliga radien för fyra uppmätta (ellips-) radier. Med utgångspunkt från den längsta radien på roten har ytterligare tre radier mätts upp 90, 180 och 270° från den längsta radien, för att få en så representativ rotradie som möjligt.

Näringshalter som funktion av rotradien visas för alla näringsämnen som ingick i studien i Appendix 8. Linjär regressionsanalys visade att i Gludsted Plantage minskade halterna signifikant med rotradien för alla näringsämnen utom natrium. I Store Dyrehave minskade kväve-, kalcium-, och fosforhalten signifikant. För Natrium- och magnesiumhalten i Store Dyrehave noterades ingen signifikant trend, men kaliumhalterna ökade däremot signifikant. Värdet på riktningskoefficienten ( $R^2$ ) blev dock lågt ( $<0,3$ ) vilket tyder på att sambandet inte är linjärt. Snarare indikerar resultaten i Appendix 7 att det för gran på dessa lokaler och av denna ålder tycks finnas ett tröskelvärde vid rotradier  $< 30-40$  mm då halterna kan vara höga.



Figur 7. Kvävehalter som funktion av rotradie i Store Dyrehave (vänster) och Gludsted Plantage (höger). Resultatet för samtliga näringsämnen visas i Appendix 8.



## 5 Slutsatser

Resultaten från de svenska stubbproverna indikerar att björkstubbar har högre näringshalter jämfört med gran och tall. För kväve, kalcium och fosfor är halterna högre för gran än för tall, vilket troligtvis beror på att gran ofta växer på bördigare marker än tall.

I Sverige och Finland noterades generellt sett högre näringshalter i stubbarna i södra delen av landet jämfört med norra delen, med undantag av fosfor. Detta speglar troligtvis tillgängligheten på näringsämnen i marken.

Näringshalterna ökade signifikant med minskad rot diameter i de två danska granbestånden för kväve, kalcium, och fosfor. I det ena beståndet (Gludsted Pl.) ökade halterna signifikant även för kalium och magnesium. Resultaten från de danska stubbarna indikerar att det tycks finnas ett tröskelvärde runt rot radier på 30-40 mm då näringshalterna är högre jämfört med kraftigare rötter. Även för de svenska och finska stubbarna var näringshalterna i rotfraktionerna med finare rötter högre jämfört med de grövre rötterna.

Det gick inte att fastställa någon signifikant minskning av näringshalter med åldern vid avverkning för de grova rötterna (> 5 mm) då alla åldersklasser studerades (Svenska stubbar). När endast åldersklasser < 65 år beaktades sjönk näringshalterna signifikant med ålder för tallstubbar i Jädraås (Sverige) för kväve, kalium, magnesium och fosfor.

För tallstubbar i Jädraås (Sverige), där flest ståndortsindex finns representerade, noterades att stubbar från träd på marker med ett högt ståndortsindex tenderar att ha högre halter av näringsämnen (för kalium och fosfor). Studien omfattar endast ett fåtal ståndortsindex per område och det var därför svårt att visa något samband mellan näringshalter i stubbar och ståndortsindex.

Näringshalterna är betydligt högre i stubbens bark jämfört med veden för samtliga näringsämnen. Detta noterades både i de svenska och de finska stubbarna där vissa stubbprov hade analyserats med ved- och barkfraktionen separat. Högre näringshalter i barken beror på att barken innehåller en större andel levande celler och fungerar som lager för näringsämnena.

Näringshalterna i granstubbarna i Danmark låg på liknande nivåer som i Sverige. Näringshalterna i granstubbarna i Finland var dock något högre än halterna i Sverige, vilket kan bero på att rotfraktionerna inte är direkt jämförbara, skillnader i beståndsdata och markförhållanden eller på grund av olikheter i hanteringen av proverna. Eftersom stubbarna har skördats inom ramen för olika projekt i de olika länderna med olika provtagningsmetoder är det svårt att göra en adekvat jämförelse mellan resultaten i Sverige, Finland och Danmark.

## 6 Rekommendationer

För att minska borttagandet av näringsämnen vid stubbskörd bör man undvika borttagandet av fina rötter (rot radie < 30-40 mm) samt om möjligt undvika att ta med barken. Från praktisk synvinkel så kan man troligtvis räkna bort de flesta rötter tunnare än storleksordningen 20 mm eftersom dessa till stor del går av vid skörd (personlig kommunikation, Clas Fries, Skogsstyrelsen).

Datamaterialet i denna studie baseras på ett relativt litet statistiskt underlag från olika experiment och lokaler, med variationer avseende träslag, beståndstyper, rotfraktioner, metoder mm. Mer

omfattande studier behövs för att ge en bättre bild av hur olika parametrar påverkar näringshalter i stubbar för att på så sätt förbättra underlaget för rekommendationer vid stubbskörd.

Modellering bör tillämpas för att skala upp resultaten geografiskt och utvärdera hur näringsbalanserna i skogsmarken påverkas av stubbskörd. Beräkning av näringsbalansen i skogsmark (massbalansberäkning), baserat på resultaten från denna studie, pågår för närvarande inom projektet ”Effekter av skogsbränsleuttag och kvävegödsling på markförsurning, näringsbalanser, övergödning och växthusgasutsläpp, och bedömning av behov av askåterföring” (finansierat av Statens Energimyndighet). Resultaten från denna beräkning förväntas finnas tillgängliga under hösten 2009.

## 7 Tack

Rapporten har finansierats av Statens Energimyndighet, via projektet: Utvärdering av haltvariationer av baskatjoner, fosfor och kväve i stubbar i Sverige, Finland och Danmark. Stort tack till Karl-Evert Lindbom vid Jädraås Skog och Mark som utförde malningen av de otympliga stubbproverna. Stort tack också till Inger Juremalm, SLU, vid Institutionen för markvetenskap, avd. för växt näringslära, som analyserade stubbproverna. Stort tack också till referensgruppen som kom med värdefulla synpunkter på rapporten och under arbetets gång: Clas Fries (Skogsstyrelsen), Gustaf Egnell (SLU) och Eva Ring (Skogforsk).

## 8 Referenser

- Egnell et al. (2008): Miljöanalys – Stubbskörd, 2008-10-19, [www.skogsstyrelsen.se/episerver4/dokument/sks/projekt/stubbskord/MA-huvuddokument-Miljöanalys\\_stubbskord.pdf](http://www.skogsstyrelsen.se/episerver4/dokument/sks/projekt/stubbskord/MA-huvuddokument-Miljöanalys_stubbskord.pdf)
- Egnell, G., Hyvönen, R., Högbom, L., Johansson, T., Lundmark, T., Olsson, B., Ring, E. & Sydow, F. (2007): Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov. Energimyndigheten Rapport 40.
- Egnell, G., Nohrstedt, H.-Ö., Weslien, J., Westling, O. & Örlander, G. (1998): Miljökonsekvensbeskrivning av skogsbränsleuttag, asktillförsel och övrig näringskompensation. Skogsstyrelsen, Rapport 1:1998.
- Flower-Ellis, J.G.K (1996): Crown structure and phytomass distribution in Scots pine and Norway spruce trees: 1. Computer-based field sampling routines. SLU, Department for Production Ecology, Report2. 79 p., ISSN 1401-5625.
- Fogel, R. & Hunt, G. (1983): Contribution of mycorrhizae and soil fungi to nutrient cycling in a Douglas-fir ecosystem. Canadian Journal of Forest Research 13:219-232.
- Gundersen, P. (1998): Effects of enhanced nitrogen deposition in a spruce forest at Klosterhede, Denmark, examined by moderate NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> addition. For Ecol Manag 1998;101:251-68.
- Hellsten, S., Akselsson, C., Olsson, B., Belyazid, S. och Zetterberg, T. (2008): Effekter av skogsbränsleuttag på markförsurning, näringsbalanser och tillväxt – Uppskalning baserat på experimentella data och modellberäkningar som grund för kartläggning av behov av askåterföring. IVL Rapport B1798.

- Helmisaari, H.-S. (1991): Variation in nutrient concentrations of *Pinus Sylvestris* roots. In: McMichel, B.L., & Persson, H. (Ed.): Plant roots and their environment, Proceedings of an ISRR-symposium, August 21<sup>st</sup>-26<sup>th</sup>, 1988, Uppsala, Sweden.
- Helmisaari, H.-S. & Siltala, T. (1989): Variations in nutrient concentrations of *Pinus Sylvestris* stems, Scandinavian Journal of Forest Research, 4:443-451.
- Iivonen, S., Kaakinen, S., Jolkkonen, A., Vapavuori, E. & Linder, S. (2006): Influence of long-term nutrient optimisation on biomass, carbon and nitrogen acquisition and allocation in Norway spruce. Canadian Journal of Forest Research 36:1563-1571.
- Meier, C.E., Grier, C.C. & Cole D.W. (1985): Below- and aboveground N and P use by *Abies amabilis* stands. Ecology 66:1928-1942.
- Mustajärvi, K., Merilä, P., Derome, J., Lindroos, A.-J., Helmisaari, H.-S., Nöjd, P. & Ukonmaanaho, L. (2008): Fluxes of dissolved organic and inorganic nitrogen in relation to stand characteristics and latitude in Scots pine and Norway spruce stands in Finland, Boreal Environment Research 13 (suppl. B): 3-21.
- Nambiar, E.K.S. (1987): Do nutrients retranslocate from fine roots? Canadian Journal of Forest Research 17:913-918.
- Persson, C., Ressner, E. & Klein, T. (2004): Nationell miljöövervakning – MATCH-Sverige modellen 1999-2002. Rapportserie: SMHI Meteorologi Nr 113.
- Rosengren-Brinck, U., & Nihlgård, B. (1995): Nutritional status in needles of Norway spruce in relation to water and nutrient supply. Ecol Bull 1995;44:168-77.
- Sevel, L., Gundersen, P., Christiansen, J.R., Vesterdal, L., Hansen, K., Bastrup-Birk, A. (2009): Do nitrogen deposition, retention and leaching differ between coniferous and broadleaved forests in Denmark? For. Ecol. Man. (subm. in revised version).
- Skogsstyrelsen (2009): Skogsstyrelsens preliminära rekommendationer gällande stubbskörd, Missiv 2009-04-23.
- Sollins, P., Grier, C.C., McCorison, F.M., Cromack, K.Jr., Fogel, R. & Fredriksen, R.L. (1980): The internal element cycles of an old-growth Douglas-fir ecosystem in western Oregon. Ecol. Monogr. 50:261-285.
- Vaittinen, J. 2008. Kantojen nostossa saatavan juurakon biomassan ja tiheyden vaihtelu eteläsuomalaisessa päätehakkuukuusikossa. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta, metsäympäristön hoidon ja suojelun kandidaatin tutkielma. 29 s.
- Vogt, K.A., Dahlgren, R., Ugolini, F., Zabowski, D., Moore, E.E. and Zasoski, R. (1987): Aluminium, Fe, Ca, Mg, K, Mn, Cu, Zn and P in above- and below-ground biomass. II. Pools and circulation in subalpine *Abies amabilis* stand. Biogeochemistry 4:295-311.

## **Appendix**

**Appendix 1: Haltvariationen i gran- tall och björkstubbar, Sverige: sid 23**

**Appendix 2: Näringshalter i gran-, tall- och björkstubbar, Sverige: sid 24**

**Appendix 3: Näringshalter som funktion av ålder, Sverige: sid 25**

**Appendix 4: Näringshalter som funktion av ståndortsindex, Sverige: sid 26**

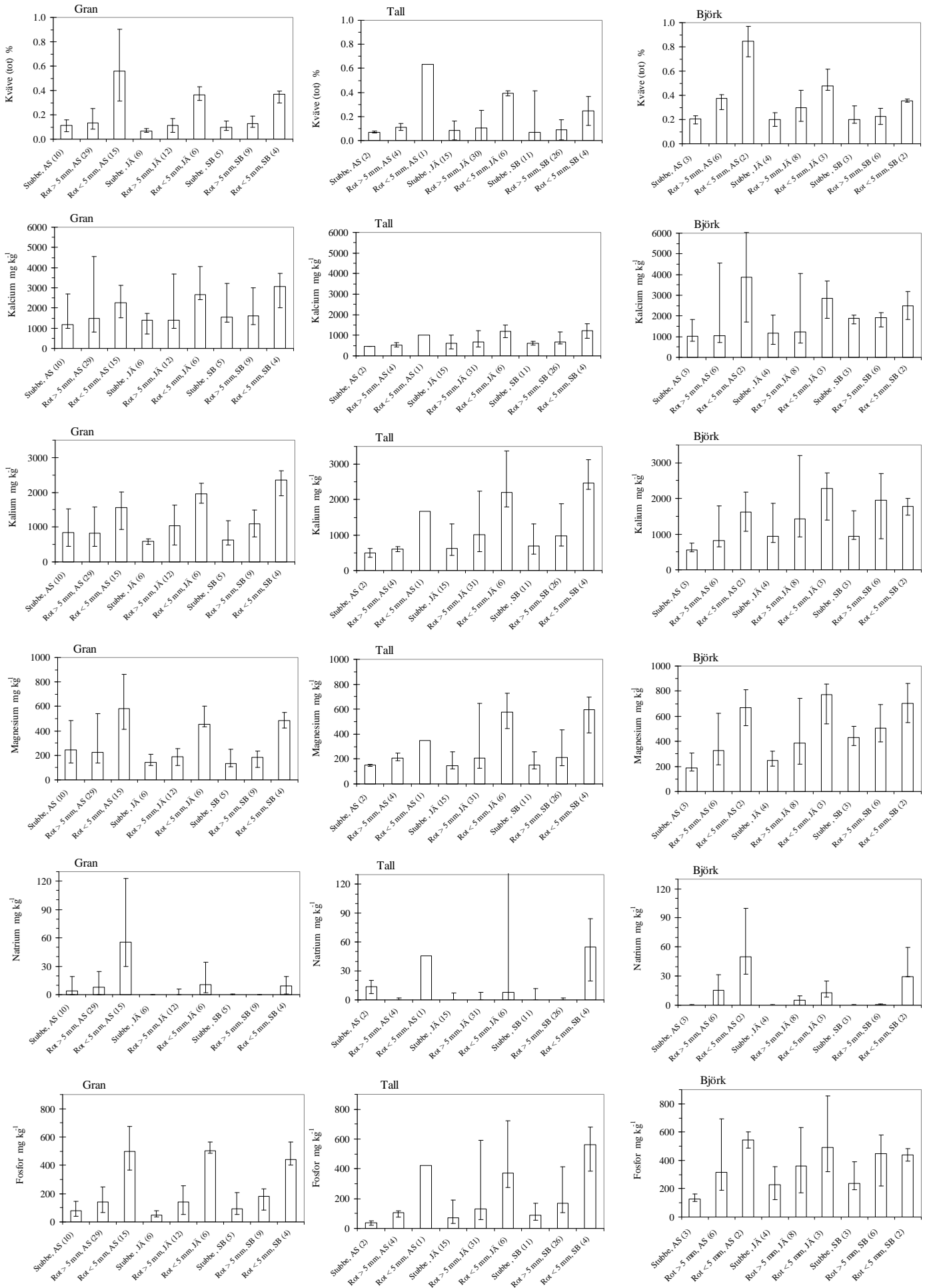
**Appendix 5: Haltvariationen i granstubbar, tre områden i Finland: sid 28**

**Appendix 6: Näringshalter i granstubbar i Finland: sid 30**

**Appendix 7: Näringshalter i granstubbar i Danmark: sid 31**

**Appendix 8: Näringshalter som funktion av rotradien, Danmark: sid 32**

**Appendix 1: Haltvariationen i gran- tall & björkstubbar, Sverige (median & 5:e och 95:e percentilen).**

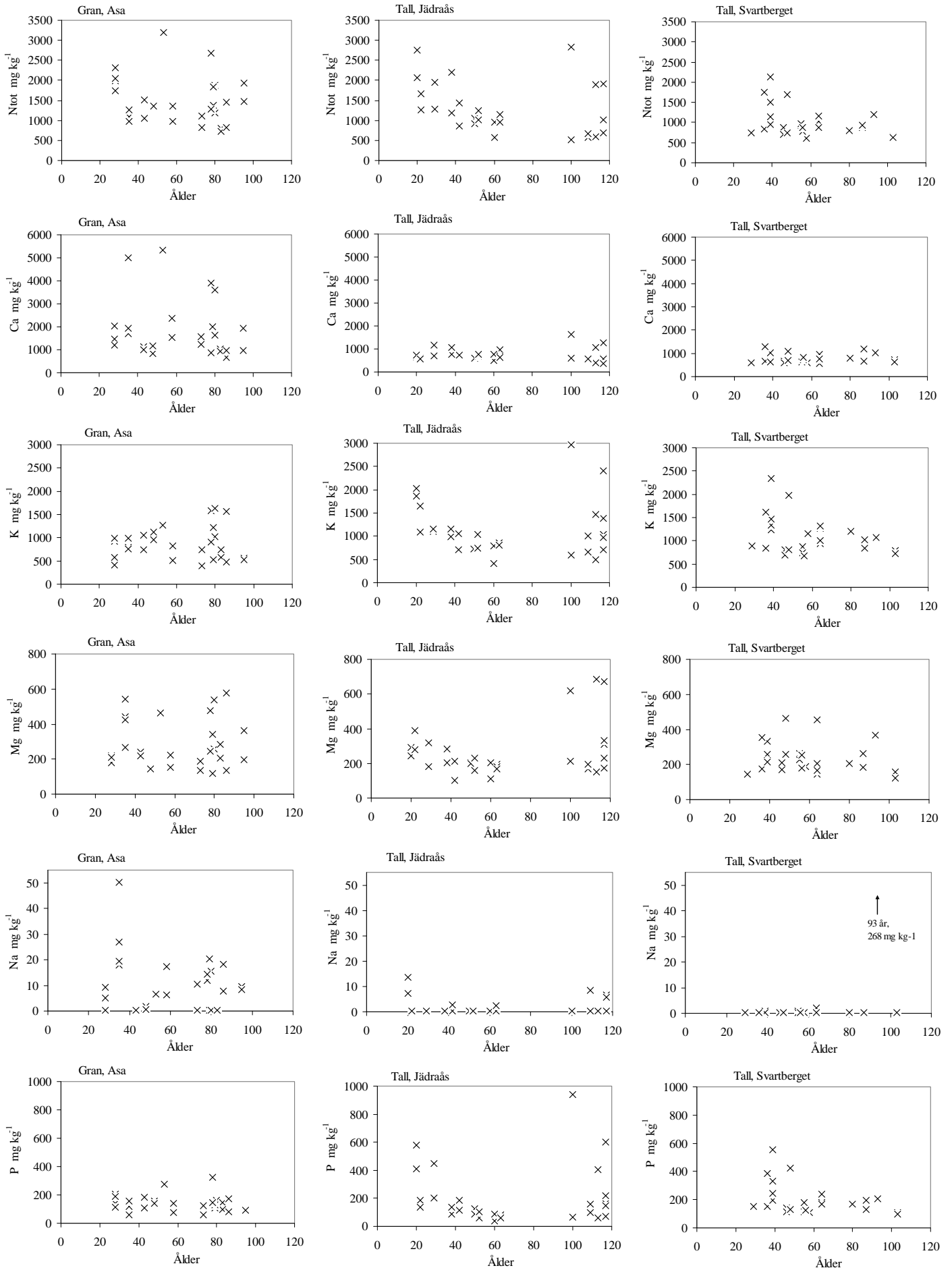


Appendix 2: Näringshalter i gran-, tall- och björkstubbar, Sverige

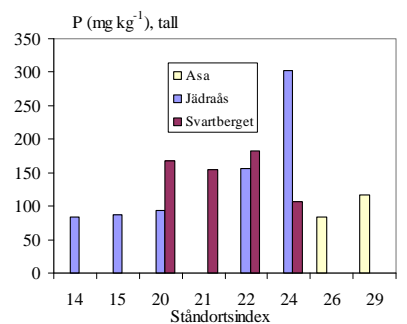
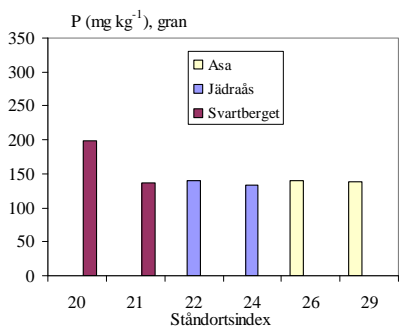
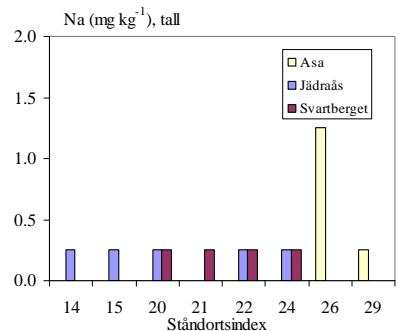
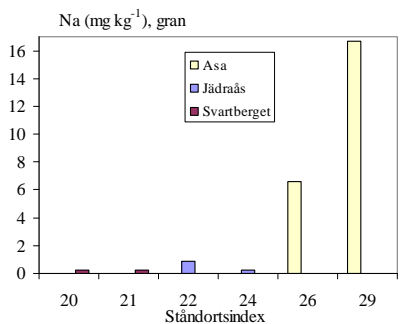
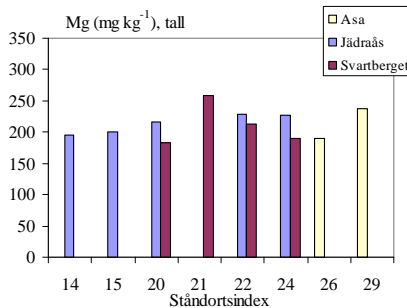
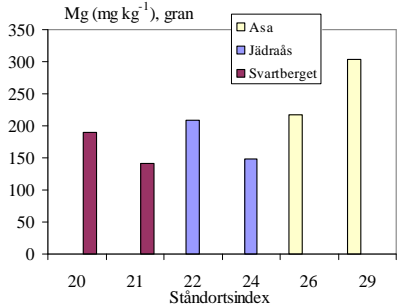
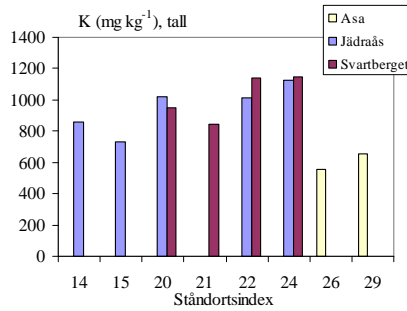
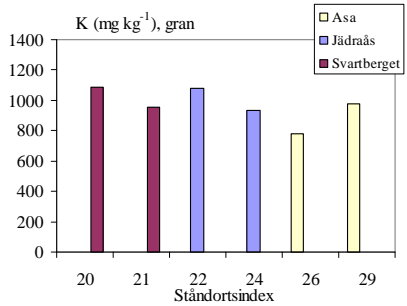
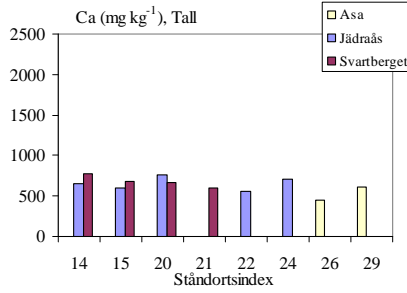
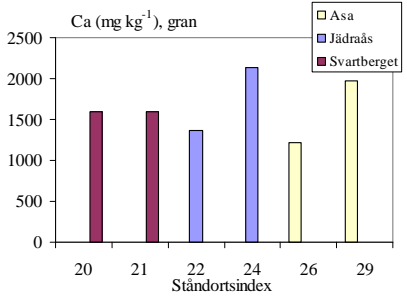
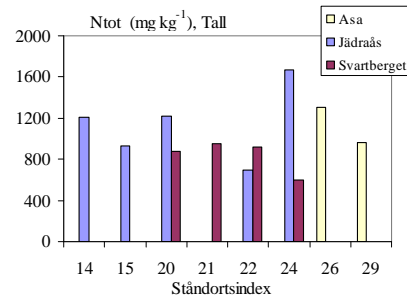
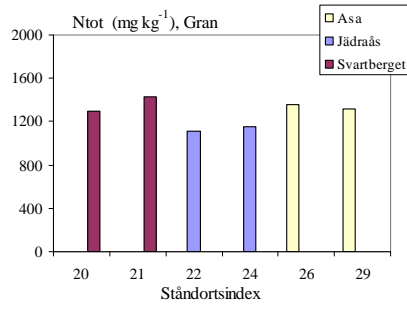
Medianvärden samt den 5:e och 95:e percentilen för näringshalter (mg/kg) i gran-, tall- och björkstubbar fördelat på område och rotfraktion, Sverige. (n = antal stubbprov)

Rotfraktion		Ntot		Ca		K		Mg		Na		P							
Gran		5:e perc.	95:e perc.	5:e perc.	95:e perc.	5:e perc.	95:e perc.	5:e perc.	95:e perc.	5:e perc.	95:e perc.	5:e perc.	95:e perc.						
Asa	Stubbe, (n=10)	634	<b>1116</b>	1576	978	<b>1184</b>	2703	446	<b>843</b>	1520	138	<b>246</b>	485	0.3	<b>3.7</b>	19.0	40	<b>80</b>	145
	Rot > 5 mm, (n=29)	816	<b>1353</b>	2531	807	<b>1477</b>	4558	443	<b>819</b>	1574	137	<b>223</b>	541	0.3	<b>7.7</b>	24.2	64	<b>140</b>	248
	Rot < 5 mm, (n=15)	3106	<b>5607</b>	9001	1501	<b>2262</b>	3123	925	<b>1563</b>	2011	413	<b>584</b>	863	29.7	<b>55.4</b>	122	368	<b>498</b>	673
Jädraås	Stubbe, (n=6)	548	<b>654</b>	855	715	<b>1398</b>	1744	510	<b>596</b>	669	116	<b>141</b>	209	0.3	<b>0.3</b>	0.3	34	<b>50</b>	80
	Rot > 5 mm, (n=12)	581	<b>1113</b>	1674	982	<b>1394</b>	3681	488	<b>1033</b>	1637	118	<b>190</b>	256	0.3	<b>0.3</b>	6.2	53	<b>140</b>	256
	Rot < 5 mm, (n=6)	3183	<b>3656</b>	4332	2403	<b>2648</b>	4047	1692	<b>1949</b>	2263	434	<b>456</b>	601	1.7	<b>10.6</b>	34.6	485	<b>503</b>	566
Svartberget	Stubbe, (n=5)	740	<b>991</b>	1490	1288	<b>1560</b>	3223	486	<b>633</b>	1192	106	<b>133</b>	248	0.3	<b>0.3</b>	0.5	53	<b>94</b>	208
	Rot > 5 mm, (n=9)	984	<b>1300</b>	1882	1165	<b>1601</b>	3010	710	<b>1086</b>	1484	103	<b>185</b>	234	0.3	<b>0.3</b>	0.3	86	<b>180</b>	232
	Rot < 5 mm, (n=4)	2976	<b>3706</b>	3924	2019	<b>3074</b>	3723	1904	<b>2346</b>	2617	424	<b>485</b>	550	0.4	<b>9.4</b>	19.1	400	<b>443</b>	565
<b>Tall</b>																			
Asa	Stubbe, (n=2)	618	<b>701</b>	785	463	<b>466</b>	470	372	<b>498</b>	624	144	<b>150</b>	156	6.6	<b>13.6</b>	20.5	23	<b>36</b>	50
	Rot > 5 mm, (n=4)	885	<b>1122</b>	1404	432	<b>525</b>	643	534	<b>601</b>	673	186	<b>208</b>	249	0.3	<b>0.3</b>	2.0	74	<b>106</b>	119
	Rot < 5 mm, (n=1)	n.a.	<b>6323</b>	n.a.	n.a.	<b>1006</b>	n.a.	n.a.	<b>1670</b>	n.a.	n.a.	<b>346</b>	n.a.	n.a.	<b>45.7</b>	n.a.	n.a.	<b>423</b>	n.a.
Jädraås	Stubbe, (n=15)	437	<b>832</b>	1618	327	<b>614</b>	1007	423	<b>629</b>	1322	120	<b>147</b>	256	0.3	<b>0.3</b>	7.1	35	<b>71</b>	192
	Rot > 5 mm, (n=30)	570	<b>1052</b>	2538	416	<b>679</b>	1234	533	<b>1011</b>	2250	126	<b>211</b>	649	0.3	<b>0.3</b>	8.0	59	<b>131</b>	593
	Rot < 5 mm, (n=6)	1735	<b>3937</b>	4141	883	<b>1209</b>	1499	1795	<b>2209</b>	3383	445	<b>575</b>	726	0.3	<b>8.0</b>	280	274	<b>373</b>	724
Svartberget	Stubbe, (n=11)	494	<b>684</b>	4151	514	<b>610</b>	712	466	<b>687</b>	1307	122	<b>153</b>	260	0.3	<b>0.3</b>	11.9	57	<b>88</b>	169
	Rot > 5 mm, (n=26)	635	<b>901</b>	1739	593	<b>689</b>	1166	685	<b>976</b>	1890	145	<b>213</b>	432	0.3	<b>0.3</b>	1.8	108	<b>168</b>	415
	Rot < 5 mm, (n=4)	1968	<b>2449</b>	3646	847	<b>1215</b>	1557	2285	<b>2469</b>	3120	410	<b>594</b>	695	19.4	<b>54.6</b>	84.4	386	<b>563</b>	681
<b>Björk</b>																			
Asa	Stubbe, (n=3)	1665	<b>2061</b>	2322	773	<b>1007</b>	1829	513	<b>557</b>	754	166	<b>189</b>	308	0.3	<b>0.3</b>	4.0	109	<b>126</b>	161
	Rot > 5 mm, (n=6)	2807	<b>3720</b>	4038	719	<b>1037</b>	4567	636	<b>820</b>	1801	215	<b>327</b>	625	0.3	<b>15.7</b>	124	190	<b>318</b>	692
	Rot < 5 mm, (n=2)	7201	<b>8436</b>	9671	1715	<b>3869</b>	6023	1081	<b>1626</b>	2171	526	<b>670</b>	814	31.8	<b>50.1</b>	68.4	486	<b>544</b>	601
Jädraås	Stubbe, (n=4)	1431	<b>1992</b>	2563	621	<b>1172</b>	2041	762	<b>939</b>	1866	201	<b>248</b>	320	0.3	<b>0.3</b>	0.3	123	<b>227</b>	357
	Rot > 5 mm, (n=8)	1868	<b>2975</b>	4423	698	<b>1217</b>	4063	928	<b>1426</b>	3202	216	<b>385</b>	741	0.3	<b>4.9</b>	37.4	170	<b>360</b>	633
	Rot < 5 mm, (n=3)	4401	<b>4764</b>	6141	1880	<b>2844</b>	3688	1395	<b>2287</b>	2713	542	<b>771</b>	858	8.5	<b>12.6</b>	18.8	321	<b>492</b>	854
Svartberget	Stubbe, (n=3)	1670	<b>2009</b>	3120	1629	<b>1895</b>	2054	850	<b>944</b>	1658	368	<b>430</b>	518	0.3	<b>0.3</b>	10.9	194	<b>238</b>	390
	Rot > 5 mm, (n=6)	1604	<b>2243</b>	2908	1480	<b>1924</b>	2154	863	<b>1956</b>	2697	394	<b>507</b>	694	0.3	<b>0.7</b>	85.3	218	<b>446</b>	578
	Rot < 5 mm, (n=2)	3421	<b>3563</b>	3704	1833	<b>2501</b>	3168	1535	<b>1769</b>	2004	547	<b>704</b>	860	29.2	<b>29.6</b>	30.0	394	<b>439</b>	484

**Appendix 3: Näringshalter som funktion av ålder, Sverige**



**Appendix 4:** Näringshalter (medianvärden) som funktion av ståndortsindex, Sverige





**Appendix 4:** Näringshalter (medianvärden) som funktion av ståndortsindex, Sverige**Näringshalter (medianvärden) i svenska granrötter fördelat på ståndortsindex**

Granrötter	Antal	Ståndorts-	Ntot	Ca	K	Mg	Na	P
> 5 mm	träd	index SI	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>
Svartberget	5	20	1300	1601	1086	190	0.25	199
Svartberget	4	21	1431	1593	957	141	0.25	137
Jädraås	8	22	1113	1362	1081	209	0.85	140
Jädraås	4	24	1152	2142	932	148	0.25	134
Asa	23	26	1353	1218	783	217	6.6	140
Asa	6	29	1319	1977	976	304	16.7	138

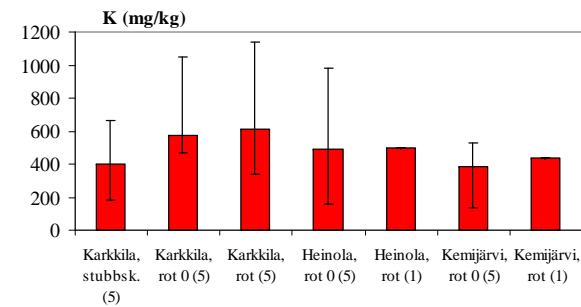
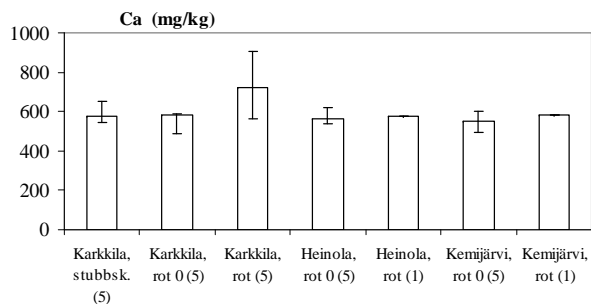
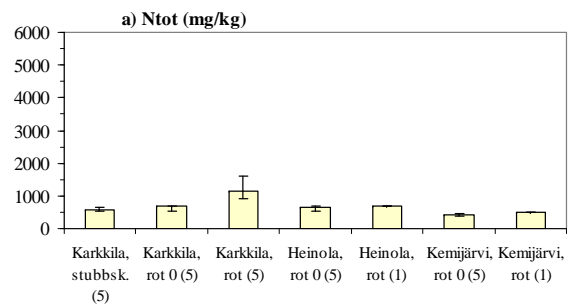
**Näringshalter (medianvärden) i svenska tallrötter fördelat på ståndortsindex**

Tallrötter	Antal	Ståndorts-	Ntot	Ca	K	Mg	Na	P
> 5 mm	träd	index SI	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>
Jädraås	5	14	1204	647	859	194	0.25	83
Jädraås	4	15	935	592	729	201	0.25	87
Jädraås	4	20	1222	763	1018	217	0.25	94
Svartberget	9	20	881	774	947	183	0.25	167
Svartberget	4	21	953	680	841	259	0.25	155
Jädraås	7	22	693	560	1011	228	0.25	156
Svartberget	12	22	915	668	1141	213	0.25	183
Jädraås	10	24	1672	712	1129	228	0.25	303
Svartberget	1	24	599	591	1146	189	0.25	107
Asa	2	26	1303	453	552	189	1.26	84
Asa	2	29	967	611	653	238	0.25	117

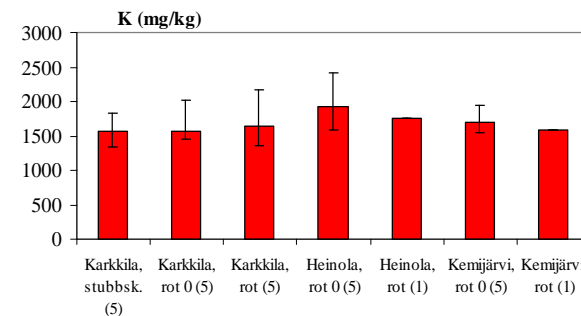
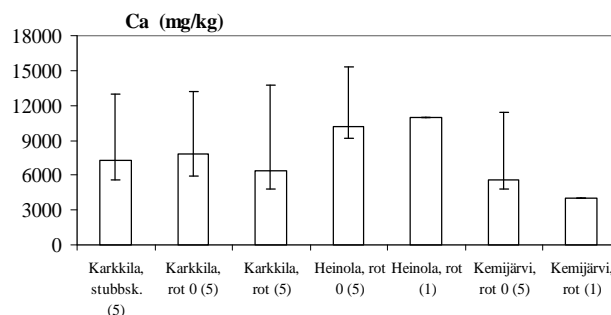
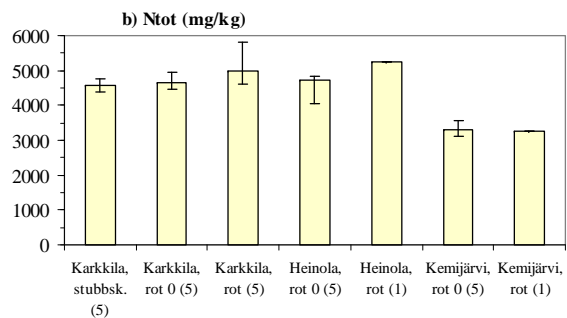
Appendix 5: Haltvariationen i granstubbar, Finland

Finland gran

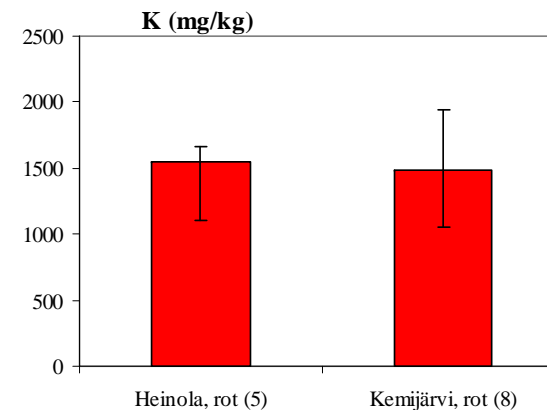
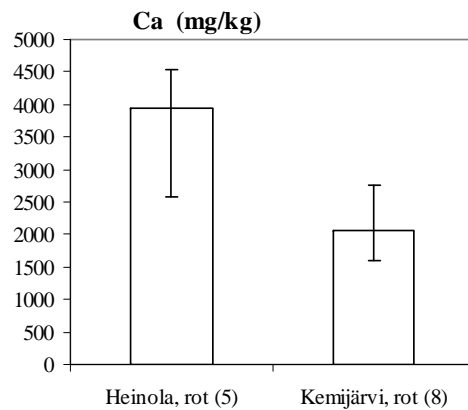
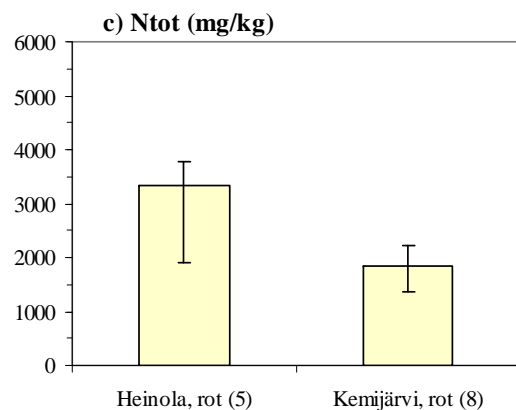
Ved (Wood)



Bark



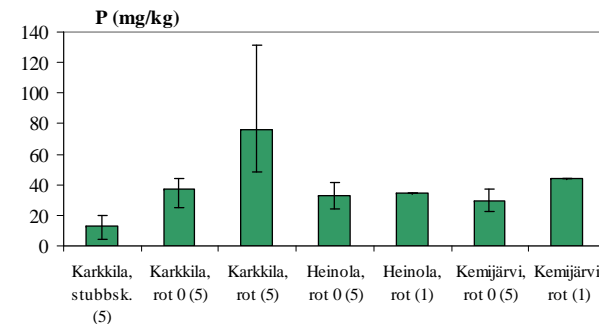
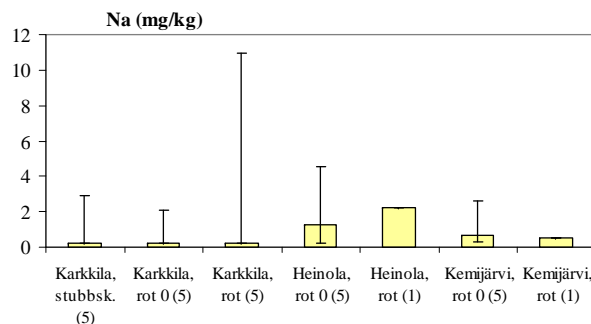
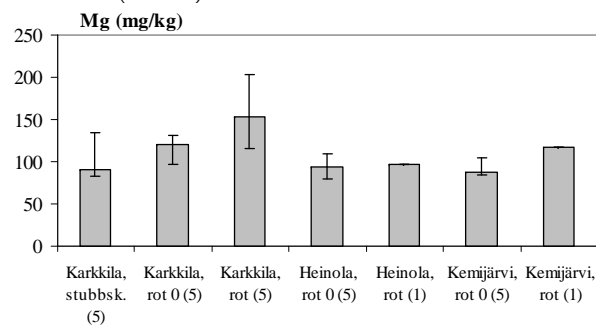
Blandat (Wood + Bark)



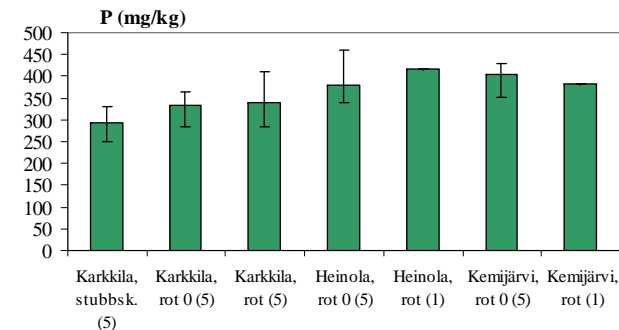
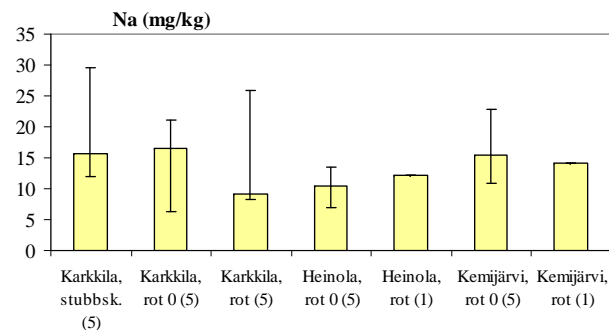
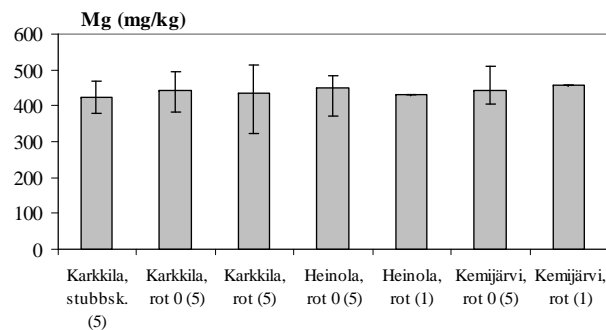
Appendix 5: Haltvariationen i granstubbar, Finland

Finland gran

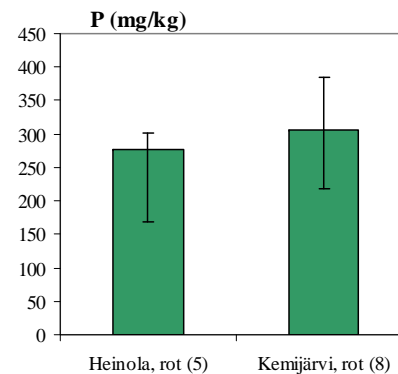
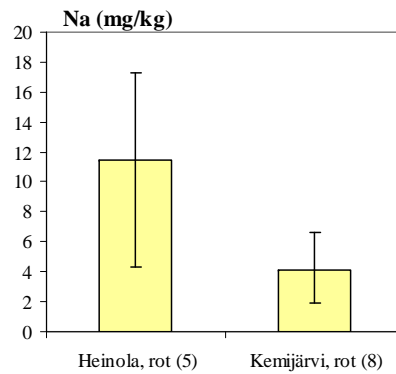
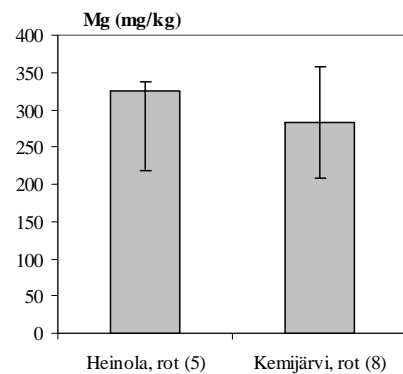
Ved (Wood)



Bark



Blandat (Wood + Bark)



## Appendix 6: Näringshalter i granstubbar i Finland

Näringshalter i Finska granrötter (medianvärden och den 5:e och 95:e percentilen för de blandade proverna)

	Heinola			Kemijärvi		
	5:e perc.	median	95:e perc.	5:e perc.	median	95:e perc.
N, mg/kg	1911	<b>3327</b>	3766	1377	<b>1845</b>	2231
Ca, mg/kg	2567	<b>3946</b>	4545	1593	<b>2054</b>	2750
K, mg/kg	1103	<b>1548</b>	1666	1057	<b>1487</b>	1938
Mg, mg/kg	217	<b>325</b>	337	208	<b>283</b>	358
Na, mg/kg	4.3	<b>11.4</b>	17.3	1.9	<b>4.2</b>	6.6
P, mg/kg	169	<b>277</b>	301	218	<b>306</b>	384
Antal prov		<b>5</b>			<b>8</b>	

Näringshalter (mg/kg) i ved och bark (medianvärden), i ved och barkfraktionen i Finska granrötter och stubbar.

Karkkila	Rot, ved	Rot, bark	<u>Rot, bark</u> Rot, ved	Rot 0, ved	Rot 0, bark	<u>Rot 0, bark</u> Rot, ved	Stubbs., ved	Stubbs., bark	<u>Stubbs., bark</u> Stubbs., ved
N, mg/kg	1153	4985	4.3	672	4653	6.9	575	4588	8.0
Ca, mg/kg	718	6317	8.8	581	7774	13	575	7261	13
K, mg/kg	613	1633	2.7	572	1570	2.7	402	1565	3.9
Mg, mg/kg	153	434	2.8	120	441	3.7	91	424	4.7
Na, mg/kg	0.3	9	36	0.3	16	66	0.3	16	63
P, mg/kg	76	340	4.4	37	332	9.0	13	293	22
Antal prov	5	5		5	5		5	5	

Heinola	Rot, ved	Rot, bark	<u>Rot, bark</u> Rot, ved	Rot 0, Ved	Rot 0, bark	<u>Rot 0, bark</u> Rot, ved
N, mg/kg	676	5237	7.7	649	4732	7.3
Ca, mg/kg	576	10963	19	564	10214	18
K, mg/kg	495	1756	3.5	494	1928	3.9
Mg, mg/kg	97	431	4.4	94	451	4.8
Na, mg/kg	2.2	12	5.5	1.2	10	8.5
P, mg/kg	34	417	12	33	380	12
Antal prov	1	1		5	5	

Kemijärvi	Rot, ved	Rot, bark	<u>Rot, bark</u> Rot, ved	Rot 0, Ved	Rot 0, bark	<u>Rot 0, bark</u> Rot, ved
N, mg/kg	506	3260	6.4	415	3313	8.0
Ca, mg/kg	581	4049	7.0	551	5554	10
K, mg/kg	440	1589	3.6	385	1697	4.4
Mg, mg/kg	117	458	3.9	88	444	5.0
Na, mg/kg	0.5	14	27	0.7	15	23
P, mg/kg	44	383	8.8	29	405	14
Antal prov	1	1		5	5	

## Appendix 7: Näringshalter i granstubbar i Danmark

Näringshalter i granstubbar i Danmark i en hårt gallrad yta i gallringsförsök KU i Store Dyrehave norr om Köpenhamn

<b>Ntot (mg/kg)</b>	5 Perc.	Median	95 perc.
KU, Stubbe (n = 10)	781	1035	1554
KU, Rot 50 cm (n = 21)	761	1046	1501
KU, Rot 100 cm (n = 23)	816	1108	1501
KU, Rot 150 cm (n = 22)	900	1646	2224
<b>K (mg/kg)</b>	5 Perc.	Median	95 perc.
KU, Stubbe (n = 10)	730	1278	1651
KU, Rot 50 cm (n = 21)	780	1452	2426
KU, Rot 100 cm (n = 23)	516	899	1976
KU, Rot 150 cm (n = 22)	549	852	1688
<b>Na (mg/kg)</b>	5 Perc.	Median	95 perc.
KU, Stubbe (n = 10)	8	40	99
KU, Rot 50 cm (n = 21)	17	38	73
KU, Rot 100 cm (n = 23)	5	33	77
KU, Rot 150 cm (n = 22)	20	49	112

<b>Ca (mg/kg)</b>	5 Perc.	Median	95 perc.
KU, Stubbe (n = 10)	874	1540	2160
KU, Rot 50 cm (n = 21)	991	1232	1808
KU, Rot 100 cm (n = 23)	905	1561	2021
KU, Rot 150 cm (n = 22)	1029	1615	2888
<b>Mg (mg/kg)</b>	5 Perc.	Median	95 perc.
KU, Stubbe (n = 10)	151	168	224
KU, Rot 50 cm (n = 21)	148	190	236
KU, Rot 100 cm (n = 23)	138	169	239
KU, Rot 150 cm (n = 22)	139	215	294
<b>P (mg/kg)</b>	5 Perc.	Median	95 perc.
KU, Stubbe (n = 10)	40	60	119
KU, Rot 50 cm (n = 21)	43	74	192
KU, Rot 100 cm (n = 23)	51	84	141
KU, Rot 150 cm (n = 22)	68	120	217

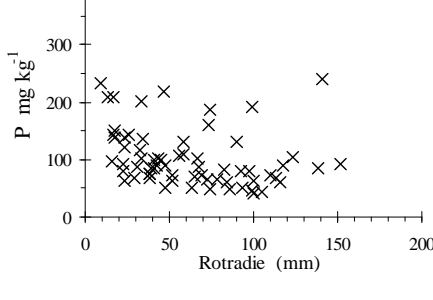
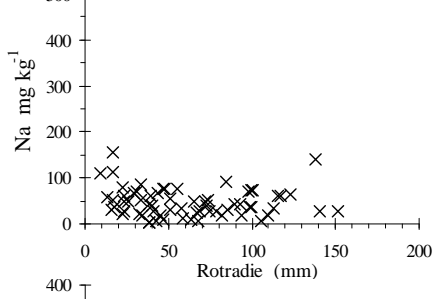
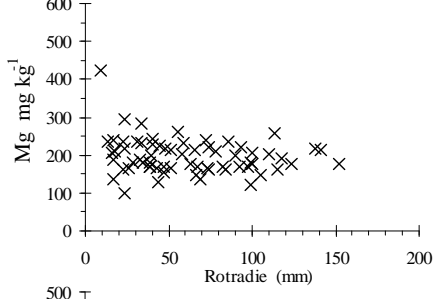
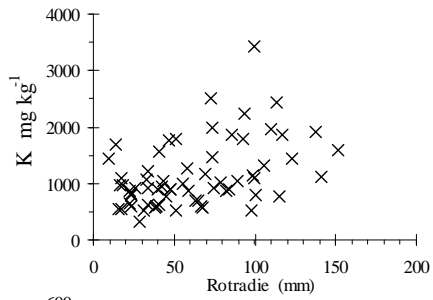
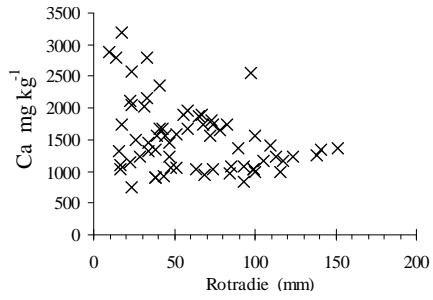
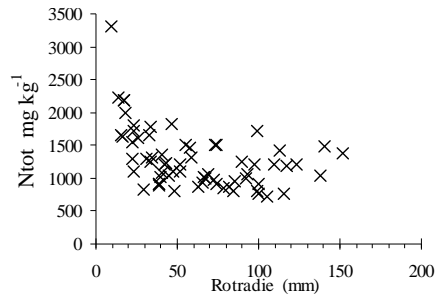
Näringshalter i granstubbar i Danmark i yta 202 i Gludsted Plantage i Mittjylland.

<b>Ntot (mg/kg)</b>	5 Perc.	Median	95 perc.
202, Stubbe (n = 10)	639	846	1260
202, Rot 50 cm (n = 22)	656	964	1387
202, Rot 100 cm (n = 22)	738	1180	2614
202, Rot 150 cm (n = 21)	1108	1574	2205
<b>K (mg/kg)</b>	5 Perc.	Median	95 perc.
202, Stubbe (n = 10)	662	840	968
202, Rot 50 cm (n = 22)	683	946	1355
202, Rot 100 cm (n = 22)	727	1030	1530
202, Rot 150 cm (n = 21)	618	1166	2056
<b>Na (mg/kg)</b>	5 Perc.	Median	95 perc.
202, Stubbe (n = 10)	9	18	42
202, Rot 50 cm (n = 22)	2	13	140
202, Rot 100 cm (n = 22)	1	12	344
202, Rot 150 cm (n = 21)	1	19	274

<b>Ca (mg/kg)</b>	5 Perc.	Median	95 perc.
202, Stubbe (n = 10)	779	1231	2336
202, Rot 50 cm (n = 22)	521	1026	1619
202, Rot 100 cm (n = 22)	520	1290	2689
202, Rot 150 cm (n = 21)	870	1501	2690
<b>Mg (mg/kg)</b>	5 Perc.	Median	95 perc.
202, Stubbe (n = 10)	155	191	240
202, Rot 50 cm (n = 22)	168	202	304
202, Rot 100 cm (n = 22)	173	214	411
202, Rot 150 cm (n = 21)	184	249	420
<b>P (mg/kg)</b>	5 Perc.	Median	95 perc.
202, Stubbe (n = 10)	34	71	95
202, Rot 50 cm (n = 22)	45	87	141
202, Rot 100 cm (n = 22)	91	120	197
202, Rot 150 cm (n = 21)	101	147	262

**Appendix 8:** Näringshalter som funktion av rotradien, Danmark.

Granstubbar, Store Dyrehave (Danmark)



Granstubbar, Gludsted Plantage (Danmark)

