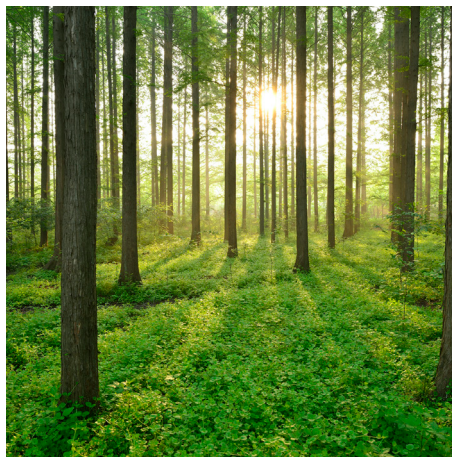
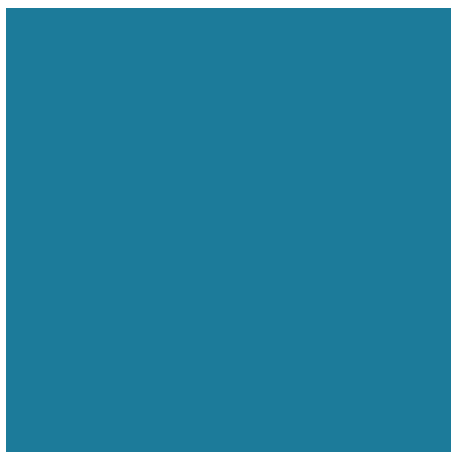


BIOASKA OCH KISEL MINSKAR SNYTBAGGEGNAG I FÄLT

RAPPORT 2025:1100



ASKPROGRAMMET



Bioaska och kisel minskar snytbaggegnag i fält

MARIA GREGER OCH TOMMY LANDBERG

ISBN 978-91-89918-00-9 | © Energiforsk mars 2025

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Syftet med det här projektet har varit att ta reda på hur bra bioaska fungerar mot snytbaggeangrepp.

Tidigare studier visar att bioaska innehåller växttillgängligt kisel som har en stärkande effekt på plantor och gör att till exempel granplantor, lättare kan stå emot insektsangrepp från snytbaggen.

I det här projektet har studier i fält visat att bioaska minskar snytbaggegnag på nyplanterad gran. För att få ett hållbart skogsbruk är det en god idé att återföra askan till skogen, eftersom det kisel den innehåller, har flera gynnsamma effekter på skogens träd.

Maria Greger och Tommy Landberg har genomfört flera studier inom ämnet på uppdrag av Energiforsk:

Kiselupptag i tall och gran från aska, rapportnummer 2022:904

Trädplantors upptag av kisel från aska – en pilotstudie i fält , rapportnummer 2023:984

Marie Kofod-Hansen
Programansvarig Askprogrammet

Mars 2025

Sammanfattning

Denna rapport visar att bioaska minskar snytbaggegnag på nyplanterad gran. Eftersom kaliumsilikat ger samma effekt och att kiselhalten i bark ökar i plantorna vid asktillförsel så är det sannolikt att det är kisel i bioaskan som ger den minskade gnageffekten.

Granplantor, som var behandlade med Conniflex eller utan Conniflex, förbehandlades i 3-4 veckor med bioaska eller kaliumsilikat eller ingendera. Granplantorna planterades sedan på fyra olika föryngringsytor, där snytbaggeproblemet var stort. Bioaska eller kaliumsilikat tillfördes även till plantorna i fält en gång. Mängden aska var 3 ton/ha och gång, överensstämmande med 445 kg kisel/ha. Mängd kisel som tillfördes med kaliumsilikat var 232 kg/ha per gång. Plantorna odlades i fält 44 respektive 80 och 82 dagar.

Kisel togs upp i plantorna och snytbaggegnagen minskade. Alla behandlingarna minskade antal plantor som fick snytbaggegnag. Den största minskningen skedde när plantorna var behandlade med både Conniflex och bioaska eller kaliumsilikat. Då minskade snytbaggegnagen med 95%. Undersökningen rekommenderar en kombination av Conniflex och bioaska för bästa effekt mot snytbaggarna.

Antalet sålda granplantor för utplantering 2023 var 431 miljoner. Beräkningar visar att nästan 1 miljon ton bioaska behövs om dessa plantor ska skyddas mot snytbaggegnag med askåterförsel och Conniflex.

Nyckelord

Aska, gran, fältstudie, kisel, snytbaggegnag

Summary

This report shows that bio-ash reduces gnaw damage on bark from pine weevils on newly planted spruce seedlings. Since potassium silicate produces the same effect and that the silicon content in bark increases in the seedlings when bioash is added, it is likely that it is silicon in the bioash that produces the reduced gnawing effect.

Spruce plants, which were treated with or without Conniflex, were pretreated for 3-4 weeks with bioash or potassium silicate or neither of it. These plants were then planted on four different regeneration areas, where the weevil problem was large. Bioash or potassium silicate was also added to the plants in the field once. The amount of bioash added each time was 3 tons/ha corresponding to 445 kg silicon/ha. Amount of silicon added with potassium silicate each time was 232 kg/ha. Plants were cultivated in field 44, 80 and 82 days, respectively.

Silica was taken up in the plants and weevil gnaw were reduced. All of the treatments reduced the number of plants that received weevil gnaw. The greatest reduction occurred when the plants were treated with both Conniflex and bioash or potassium silicate. Then the weevil gnaw was reduced by 95%. The investigation recommends a combination of Conniflex and bioash for the best effect against beetles.

The number of spruce seedlings sold for planting in 2023 was 431 million. Calculations show that almost 1 million tons of bioash are needed if these plants are to be protected against weevil gnaw with recirculation of bioash and Conniflex.

Innehåll

1	Inledning	7
2	Material och metodik	9
2.1	Askor	9
2.2	Plantmaterial	9
2.3	FörBEHANDLING av plantmaterialet	9
2.4	UtPlanteringsområdet	10
2.5	Plantering	11
2.6	Skörd	12
2.7	analys av Vikt och gnag på skördade plantor	13
2.8	Analys av kisel	14
2.9	Statistik	14
3	Resultat	18
3.1	BIOASKAN	18
3.2	Överlevnad	18
3.3	Snytbaggeangrepp	20
3.4	Kisel i BARK OCH VED	23
4	Diskussion	27
4.1	kisel Tas upp i granplantor	27
4.2	Bioaskans inverkan på snytbaggegnagen på granplantor i fält	28
4.3	effekten med både Conniflex och bioaska	28
4.4	orsaken till Minskningen av snytbaggegnag med bioaskbehandling	28
4.5	Plantornas överlevnad vid torka.	29
4.6	Hur mycket bioaska skulle behövas i Sverige per år?	30
4.7	Transport av bioaska	30
4.8	Slutsats	33
5	Tackord	34
6	Referenslista	35

1 Inledning

I denna studie undersöktes om tillförsel av bioaska påverkar snytbaggens angrepp på nysatta skogsplantor av gran i fält. Undersökningen föranleds av tidigare studier i växthus där kisel i aska tagits upp i plantorna och ackumulerats i barken (Greger och Landberg 2022, 2023). Detta kisel minskar attackerna från snytbaggar.

När träden avverkas och stambiomassan bortförs förs också de näringsämnena som träden har tagit upp, bort. Tas även groten (grenar och kvistar, som skulle ha legat kvar och brutits ner) bort minskar näringsämnena på platsen ännu mer. Av de bortförda ämnena som buffrar mot skogsförurning finner vi höga halter av kalium, kalcium och magnesium. När trädbiomassan, i form av bark och grot, förbränns och bioenergi tas ut erhålls bioaska som en nyttig restprodukt. I bioaska återfinns alla de växtnäringsämnena som skogsträden behöver, utom kväve som avgått vid förbränningen. Denna aska bör återföras till skogen som näringsämneskompensation och som buffring mot skogsförurning.

Ett av de ämnen som det finns mest av i askan är kisel. Kiselhalten varierar men ligger kring 11% (Greger och Landberg 2022). Kisel har inte ansetts vara ett växtnäringsämne, men på senare tid har kisel visat många viktiga effekter i växtodling och anses nu vara ett främjande ämne för växter (IPNI 2019). Växter behöver kisel främst för att stärka cytoskelettet och för försvar mot yttre påverkan som t. ex. insektsangrepp, växtsjukdomar, torka och hög salthalt i jorden (Epstein 2009, Liang m.fl. 2015, Rodrigues och Datnoff 2015, Alhousari och Greger 2018, 2019). Kisel främjar biomassaproduktion, ökar näringsupptaget bl.a. för att kisel ökar växtnäringsämnenas tillgänglighet i mark (Greger m.fl. 2018). Kisel ökar även toleransen mot giftiga metaller och minskar upptaget av desamma (Greger och Landberg 2015).

Ett av skogsbrukets stora problem är angrepp av snytbaggar (*Hylobius spp.*) på unga plantor på förnygringsytor. De två första åren efter plantering är plantorna som mest utsatta. Plantorna dör efter att insekterna gnagt bort barken runt stammen. Bortfallet av förnygringsplantor på stora ytor i Sverige kostar uppskattningsvis flera hundra miljoner kronor varje år (SLU 2011). Tidigare har kemiska bekämpningsmedel använts mot snytbaggar. Idag används bl. a. Conniflex, en limbeläggning av akrylat med 0,2 mm fina sandkorn, som lagts på stammarna som skydd (Nordlander m. fl. 2009). Sanden i Conniflex fastnar i snytbaggens käkar och förhindrar dem att gnaga. Metoden används speciellt i södra halvan av Sverige. Conniflexbeläggningen har dock en nackdel; när granplantan växer bildas nya stampartier, som inte täcks av Conniflexmaterialet och dessa delar kan därför attackeras av snytbaggar (Se www.conniflex.se). I fältförsök har Conniflex gett en skyddande effekt även år 2 även om effekten har blivit något mindre (Eriksson m. fl. 2018).

I undersökningar i växthus har vi tidigare visat att plantor, som ackumulerat kisel, blir mer motståndskraftiga mot snytbaggegnag, speciellt i försök där insekterna kan välja plantor (Greger & Alhousari 2020). Både mekaniskt motstånd och biokemisk påverkan ligger bakom de minskade angreppen (Greger & Alhousari 2020). Kiselstrukturer i barken motverkar snytbaggegnagen. Dessutom ökar

plantans utsöndring av repellerande ämnen och minskar ämnen som attraherar. Eftersom kisel tas upp i plantorna och lagras in i ved och bark så kommer en fortsatt kiselgiva att ombesörja att de nya, växande plantdelarna får samma skydd. Det betyder att kisel kan bli ett bra komplement till Conniflexbehandlingar.

Från våra tidigare studier, både i växthus (Greger & Alhousari 2018) och fält (Pettersson m fl. 2022, Greger & Landberg 2023), vet vi att kisel tas upp och ackumuleras i hela granplantan, speciellt i bark och i ved. Vi vet att kisel har en hämmande effekt på snytbaggegnag i växthusförsök (Greger & Alhousari 2020) och vi vet att kisel tas upp från bioaska i granplantor både i växthusförsök (Greger & Landberg 2022) och i fältförsök (Greger & Landberg 2023).

Syftet med denna studie är därför att ta reda på om

- Bioaskabehandling av skogsplantor minskar snytbaggeangrepp i fält
- Conniflexbehandlade plantors effekt mot snytbaggar kan bli ännu bättre med bioaskabehandling.

2 Material och metodik

2.1 ASKOR

Bioaskan erhöles från Stockholm Exergis anläggning KVV8 i Värtahamnen. I januari 2024 analyserade Eurofin prov från hela askmängden i Värtahamnen, från vilken askan, som använts i fältförsöket, kom. I november 2024 analyserade ALS Global prov från den askmängd som använts i försöket. Askan hade legat i anläggningen i tre månader innan försöket men inte härdats.

2.2 PLANTMATERIAL

Medelstora täckrotsplantor av gran (*Picea abies*, provinien Jung, odlingssystem P80, sådda april 2023 och frysförvarades från oktober 2023) för utplantering, erhöles på Stockholms universitet från Svenska Skogsplantor den 4 april 2024. Hälften av plantorna (292 stycken) var förbehandlade med Conniflex och den andra hälften (292 stycken) var obehandlade. Plantorna var frysta vid ankomst och placerades i växthus vid 18°C för att tina och för acklimatisering en vecka innan förbehandling.

2.3 FÖRBEHANDLING AV PLANTMATERIALET

Plantor sattes individuellt i vardera 0,5 L krukor med sand, med den ursprungliga jordpluggen sittande kvar. Krukornas jordyta var 64 cm², dvs. 8x8cm.

Plantorna delades upp i sex grupper; tre av dessa grupper var oförbehandlade plantor och tre var förbehandlade med Conniflex. Vardera gruppen innehöll 97 plantor. Grupperna behandlades enligt schemat (Tabell 1).

TABELL 1. FÖRBEHANDLING OCH BEHANDLING AV MATERIALET INNAN UTPLANTERING.

TABLE 1. PRETREATMENT AND TREATMENT OF PLANTS BEFORE PLANTATION IN FIELD.

Grupp	Förbehandling	Behandling
1	Ej förbehandlad	Kontroll = Ingen behandling
2	Ej förbehandlad	Kisel
3	Ej förbehandlad	Bioaska
4	Förbehandlad med Conniflex	Kontroll = Ingen behandling
5	Förbehandlad med Conniflex	Kisel
6	Förbehandlad med Conniflex	Bioaska

Plantorna, som behandlades med bioaska fick mängden motsvarande 3,18 ton bioaska/ha, vilket i sin tur motsvarar 445 kg kisel/ha. Vid askåterföring används 3 ton/ha, vilket är anledningen till att denna mängd används även i denna undersökning. Till jordytan sattes 2,0 g bioaska i lös form och krafsades ned 5 mm. Kaliumsilikat tillsattes i upplöst form, 50 mL av 0,1 M kaliumsilikat, vilket

motsvarar 232 kg kisel/ha. För vardera av de 6 behandlingarna gjordes 97 replikat, dvs. 97 plantor behandlades på samma sätt för vardera behandlingen. Därefter sattes plantorna på tillväxt och vattning vid behov i växthus vid 21°C, i 3-4 veckor, dvs. till dess att de sattes ut i fält (se nedan). Ingen näring tillsattes. pH värdet bestämdes inte heller.

2.4 UTPLANTERINGSOMRÅDET

Plantorna planterades ut på fyra föryngringsytor (kalhyggen) i Edsbro i Norrtälje kommun (59°53'42.5"N 18°29'32.6"E). Dessa ytor var mycket ansatta av snytbaggarna enligt markägaren.



FIGUR 1. PLATSER FÖR FÄLTODLINGAR. YTA 1 OCH 3 (VÄNSTER) VID VITSJÖ, HÖRNAN OCH FÄLTODLINGAR YTA 2 OCH 4 (HÖGER) VID GRÄNDALEN, VITSJÖ, STRAX NORR OM SJÖN ERKEN.

FIGURE 1. PLACE OF FIELD TRIALS . SITE 1 AND 3 (LEFT) AT VITSJÖ, HÖRNAN AND SITE 2 AND 4 (RIGHT) AT GRÄNDALEN, VITSJÖ, TO THE NORTH OF LAKE ERKEN.



FIGUR 2. YTOR I FÄLT, YTA 1 OCH 3 (TILL VÄNSTER I BILD) YTA 2 OCH 4 TILL HÖGER I BILD. SKOGEN, DÄR YTA 2 OCH 4 VISAS, VAR NEDHUGGEN VID PLANTERINGSTILLFÄLLET.

FIGURE 2. SITE 1 AND 3 (LEFT) AND SITE 2 AND 4 (RIGHT). THE FOREST, WHERE SITE 2 AND 4 IS SHOWN WAS DECAPITATED AT THE TIME OF PLANTATION.

Yta 1. Ytan ligger till öster om Domänvägen (59°52'22.1"N 18°36'03.62"E) och ytan avverkades november 2022. Bonitet är 7,4 m³/(ha år) och markvegetationstyperna är klassade till 40 % blåbärstyp och 60 % grästyp. Den hade fullvuxen granskog direkt norr och öster om sig. Ytan sluttar västerut med 0 – 5 graders lutning ner mot Domänvägen direkt till väster. Ytan avverkades nov-2022 och var inte för tiden markbearbetad. Restmaterial från avverkningen ligger kvar och är delvis samlat i

högar. Ytan var rik på växtlighet, särskilt rörflen och örnbräken. Marktypen är lerhaltig finkornig morän. Ytan planterades den 10 maj 2024 och skördades 31 juli 2024, dvs. odlades 82 dagar.

Yta 2. Ytan ligger invid korsningen av Tomasbolvägen, Fansättravägen och Vagnålavägen (59°53'03.3"N 18°33'07.5"E) i närheten av Kragsta och avverkades mars 2023. Bonitet är 7,3 m³/(ha år) och markvegetationstyperna är klassade till 20 % högörtstyp, 60 % grästyp och 5 % starr/fräkenväxttyp. Restmaterial från avverkningen ligger kvar över ytan, som inte var markberedd efter avverkningen. Den var öppen och platt, med fläckvis växtlighet, bl.a. rörflen och starr. Marktypen är lerhaltig finkornig morän. Ytan planterades den 19 maj 2024 och skördades 2 juli 2024, dvs. odlades 44 dagar.

Yta 3. Ytan ligger 150 m till väster om yta 1 (59°52'22.0"N 18°36'13.0"E) och avverkades november 2022. Bonitet är 7,4 m³/(ha år) och markvegetationstyperna är klassade till 40 % blåbärstyp och 60 % grästyp. Ytan är kantad av mogen granskog, horisontell och småkuperad. Restmaterial från avverkningen ligger kvar över ytan och ytan är inte markberedd. Marktypen är lerhaltig finkornig morän. Den var rik på växtlighet, särskilt rörflen och örnbräken, och planterades den 18 maj och skördades 4 augusti 2024, dvs. odlades 80 dagar.

Yta 4. Ytan ligger till höger om Fansättravägen, 200 meter norr om yta 2 och Tomasbolvägen (59°53'05.1"N 18°33'06.1"E) och på samma föryngringsyta (avverkad mars 2023). Bonitet är 7,3 m³/(ha år) och markvegetationstyperna är klassade som 20 % högörtstyp, 60 % grästyp och 5 % starr/fräkenväxttyp. Restmaterial från avverkningen ligger kvar över ytan. Ytan var öppen och platt och fuktigare än de övriga ytorna, med en del dyiga områden med fräkenväxter och starr. Marktypen är lerhaltig finkornig morän. Ytan planterades den 19 maj och skördades 2 juli 2024, dvs. odlades 44 dagar.

2.5 PLANTERING

Planteringen utfördes vid tre tillfällen:

- yta 1 den 10 maj,
- yta 3 den 18 maj,
- yta 2 och 4 den 19 maj.

Plantorna togs direkt från föroddlingen i växthuset (se ovan) till plantering. Ingen förbehandling av ytan gjordes. Plantornas rotklumpar placerades i vatten, så att de var genomdränkta, innan planteringen utfördes.

Av de 97 plantorna, som förbehandlats på samma sätt i växthus, användes 80 likvärda plantor till fältstudien. Samma gjordes för alla övriga fem behandlingarna. Därmed sattes, på vardera ytan, 20 replikat av vardera behandlingen:

- Obehandlad–Kontroll,
- Obehandlad–Kisel,
- Obehandlad–Bioaska,
- Conniflex–Kontroll,
- Conniflex–Kisel,
- Conniflex–Bioaska.

Först stakades planteringspunkterna ut i parallella linjer om sex plantor, med ca en-två meter mellan varje planta och linje. Sex plantor, en från vardera behandlingen, randomiserades inom varje linje. Varje planta markerades med en 60 cm lång vägmarkeringspinne i trä, märkt med behandlingskod, och hela ytan utmarkerades med vita elstängselpinnar i hörnen.

På yta 1 sattes kisel resp. bioaska till markytan, i samband med sättnings, invid de plantor som fått denna resp. förbehandling. Tillsatsen av bioaska motsvarande 3,18 ton bioaska/ha, dvs. 445 kg kisel/ha. Tillförseln av kaliumsilikat motsvarade 232 kg kisel/ha. Tillsats gjordes direkt till marken inom en radie på 10 cm (= 314 cm²) från plantans stam. Tio g bioaska ströddes i lös form över ytan runt plantorna och myllades ned 0,5 cm i markytan, varefter vatten tillsattes. För behandling med kisel fördelades 50 mL av 0,52 M K₂SiO₃-lösning inom 10 cm radie runt plantan. På ytorna 2, 3, 4 gjordes samma behandling vid en senare tidpunkt, den 4 juni 2024.

På grund av avsaknad av regn, gjordes ett försök att punktvis vattna alla plantorna den 4 juni.



FIGUR 3. PLANTERING PÅ YTA 1 DEN 10 MAJ. MARKERINGSPINNAR I MARKEN MARKERAR SÄTTNINGSPLATSER FÖR PLANTOR. Foto Tommy Landberg.

FIGURE 3. PLANTING AT SITE 1 THE 10TH OF MAY. MARKING STICKS SHOW WHERE PLANTS ARE PLANTED. Photo Tommy Landberg.

2.6 SKÖRD

De fyra ytorna skördades under högsommaren vid tre tillfällen:

- Yta 2 och 4 skördades 7 juli
- Yta 1 skördades 31 juli
- Yta 3 skördades 4 augusti

Orsaken till den tidiga skörden på Yta 2 och 4 var att torkan hade gått hårt åt plantorna och för att kunna avläsa några resultat innan det var för sent avbröts

försöket tidigare på dessa två ytor, dvs. efter halva tiden (44 dagar jmf. med 80 och 82 dagar på yta 1 och 3).



FIGUR 4. SKÖRD AV YTA 4 DEN 7 JULI. Foto Tommy Landberg.

FIGURE 4. HARVEST AT SITE 4 THE 7TH OF JULY. Photo Tommy Landberg.

Vid skörd kapades plantorna precis vid rotfästet med sekator. För varje yta separerades plantor från de 6 olika behandlingarna och togs med till laboratoriet för analyser. Döda plantor samlades in enbart från yta 1. Döda plantor på yta 2, 3 och 4 synades på plats för eventuellt snytbaggengnag, men inga anteckningar togs för dessa döda plantor. Dessa döda plantor hade oftast torkat och tappat barken, vilket gjorde eventuella snytbaggengnag omöjliga att se.

2.7 ANALYS AV VIKT OCH GNAG PÅ SKÖRDADE PLANTOR

Plantorna synades för gnag av snytbaggar. Mätningen utfördes enligt Nordlander et al. (2011), genom att inspektera hela stammen och mäta gnagytan i mm², i detta fallet med skjutmått.

Plantor vägdes omedelbart efter skörd för färskvikt. Efter torkning vid 105°C i 72 timmar togs torrvikten. En 2 cm stambit kapades från plantans nedre del. Denna stamdel delades upp i ved och bark för analys av andelen ved/bark samt för senare analys av kiselhalter.



FIGUR 5. SKÖRDADE PLANTOR EFTER 80 DAGARS ODLING I FÄLT. Foto Tommy Landberg.

FIGURE 5. HARVESTED PLANTS AFTER 80 DAYS CULTIVATION IN FIELD. Photo Tommy Landberg.

2.8 ANALYS AV KISEL

Askprov sändes till ALS Global (och tidigare från Stockholm Exergi till Eurofin) för analys av bl. a. kisel (Si). Data presenteras i tabell 2.

Analys av bark och ved utfördes på bunden och löst kiselhalt på vårt laboratorium vid Stockholms universitet (se nedan). Kiselfraktionerna analyserades med sekventiell extraktion enligt följande:

Löst kisel: Materialet våtförbrändes i 200°C (i slutna kärl med mikrovågsteknik Speedwave, Berghof, Tyskland) i en lösning med 30% H₂O₂/12 M HNO₃ (v:v, 2:5). Provet förbrändes i 15 min varvid provmaterialet blev helt upplöst och späddes sedan till 10 mL med milli-Q vatten. Därefter filtrerades proverna innan Si analyserades.

Bunden Si-fraktion: Materialet, filtratet, från steg 1 löstes upp i NaHCO₃ och värmdes 60 min i 95°C (Snyder 2001). Efter att det svalnat analyserades Si i proverna.

Den växttillgängliga kiselfractionen i askan analyserades enligt Berthelsen et al. (2001). Luft-torkad aska (2g) mixades med 20 mL 0,01 M CaCl₂ och skakades 16 h i rumstemperatur. Efter filtrering och centrifugering (1700 × g, 10 min) analyserades proverna på Si.

Kisel analyserades med atomabsorptionsspektrofotometri med grafitugn (AAS-modell Agilent 240 Series AA, Agilent, USA). Standardadditionsteknik användes för att eliminera matriseffekter. Kiselstandard erhöles från FLUKA Analytics.

För att räkna ut total kiselhalt adderades den bundna med den lösta kiselfractionen.

2.9 STATISTIK

Försöket sattes upp i en blockdesign, fyra ytor, med identisk setup på vardera av de fyra ytorna. Tjugo parallella linjer sattes upp, med ca 1 meters avstånd. På varje linje planterades slumpmässigt en av vardera behandlingen så att alla

behandlingar fanns på alla linjer. Totalt sex plantor per linje. Plantorna planterades med ca 1-2m avstånd från varandra.

Medelvärde och varians på data för alla 20 plantorna från vardera behandling beräknades och blev till ett replikat. Värdena från de fyra ytorna utgjorde därför fyra replikat och på dessa beräknades ett nytt medelvärde med varians.

Blockeffekter viktades om yttre faktorer, såsom plantmortalitet och odlingstid, signifikant påverkade effekten av behandlingarna. Ingen statistisk skillnad mellan de fyra ytorna kunde dock observeras vad gäller gnaget, vilket betyder att faktorer som plantornas dödlighet eller odlingstid inte påverkade behandlingarnas effekt på gnaget. Data redovisas, för tydlighetens skull, både per yta och sammanslaget som medelvärde i de följande tabellerna och figurerna.

Signifikanta skillnader vid $p \leq 0,05$ analyserades med Tukey's honest significant difference (HSD) test m. h. a. JMP 16.0 (SAS Institute, Cary, NC, USA). Samband testades med korrelationskoefficienttest med linjär regression och signifikansen vid $p < 0,05$ beräknades med Pearsons korrelationskoefficienttest.

Anläggning	KVV8 i Värtan, Stockholm Exergi AB		Skogsstyrelsens rekommenderade halter (Drott et al. 2019)	
	Eurofin januari	ALS november	Lägsta	Högsta
Bränsle	Biobränsle			
Typ av panna	CFB			
Torrsubstans (TS 105°C, %)		99,5		
% av TS				
SiO ₂	30	36,5		
Al ₂ O ₃	—	5,8		
CaO	25	27,4		
Fe ₂ O ₃	3	2,5		
K ₂ O	4,3	6,0		
MgO	2,9	4,1		
Na ₂ O	1,0	1,1		
P ₂ O ₅	2,2	3,7		
TiO ₂	0,23	0,28		
MnO	—	0,76		
Mn ₂ O	0,97	—		
S:a oxider	—	88,1		
<i>g kgTS⁻¹</i>				
Ca	180	190	125	
Mg	17	25	15	
K	36	50	30	
P	9,8	16,2	7	
Si	140	170		
<i>mg kgTS⁻¹</i>				
As	15	—		30
Ba	1100	1320		
Be	0,86	1,17		
Co	14	9,7		
Cr	140	100		200

Anläggning	KVV8 i Värtan, Stockholm Exergi AB		Skogsstyrelsens rekommenderade halter (Drott et al. 2019)	
Cu	670	—		400
Hg	2,6	—		3
Ni	25	31		70
Pb	170	—		300
V	28	31		70
Zn	890	—	500	7000

TABELL 2. ANLÄGGNING FRÅN VILKEN FLYGASKAN KOM SAMT KEMISK ANALYS AV BIOASKOR SOM ANVÄNTS I FÖRSÖKET.

TABLE 2. PLANT FROM WHICH FLY ASHES ORIGINATE AND CHEMICAL ANALYSIS OF THE FLY ASHES.

3 Resultat

3.1 BIOASKAN

Bioaskan analyserades vid två tillfällen och av två olika laboratorier (Tabell 2). Kiselhalten i askan låg på 17% beräknat på torrsubstans. Vi hänvisar då till ALS analys av den bioasksats som vi använt i försöket. Kiselhalten i askan är en rimlig siffra och överensstämmer med tidigare studier (se tex. Greger och Landberg 2022, 2023). Andelen kisel som är tillgängligt för växter i askan enligt Berthelsen et al. (2001) metod ligger på 0,41% (Tabell 3). I vår förra undersökning låg siffran på 0,35% (Greger och Landberg 2023).

Även kalciumhalten är, som normalt, mycket hög i aska och i detta fall 18-19 %. Övriga ämnen som har normalt höga halter i askan är kalium och magnesium, alla är baskatjoner. Enbart kopparhalten kan anses vara något förhöjd jämfört med rekommendationer från skogsstyrelsen (Tabell 2).

TABELL 3. BIOASKANS TOTALA, BUNDNA, LÖSTA SAMT VÄXTTILLGÄNGLIGA KISELHALT.

TABEL 3. TOTAL, BOUND, SOLUBLE AND PLANT AVAILABLE SILICON CONCENTRATION IN THE BIOASH.

Total Si	Bunden Si	Löst Si	Växttillgänglig Si	
mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	% av total
145678	145488	190	603	0,41

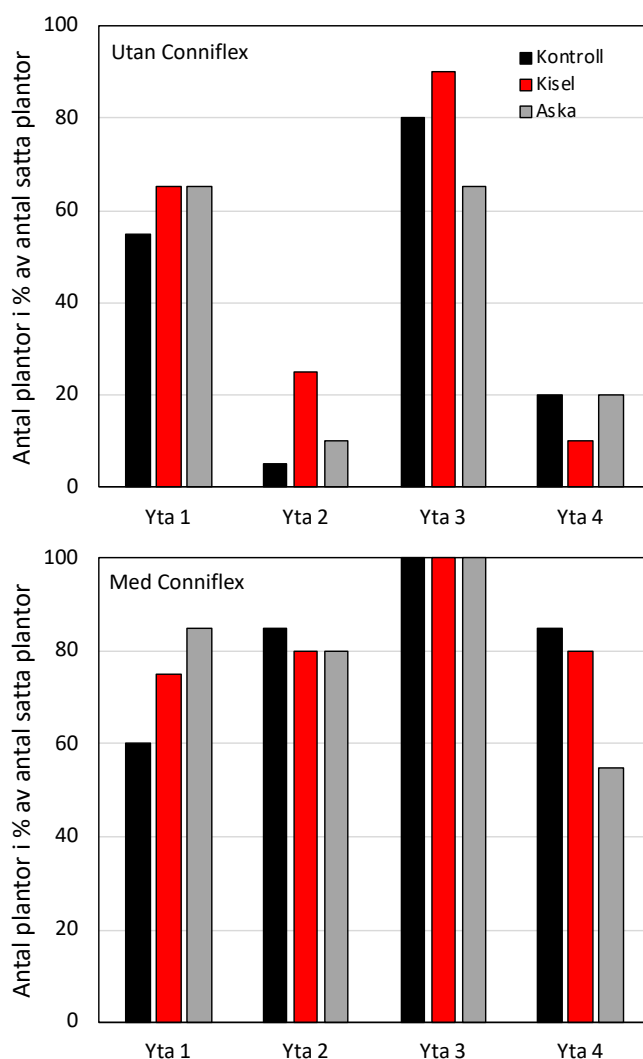
3.2 ÖVERLEVNAD

Förbehandlingen av plantorna fungerade bra. Alla plantor överlevde behandlingarna och var fräscha när de sattes ut i fält. År 2024 var ett år då snön försvann sent. Plantorna planterades därför i mitten av maj, och den efterföljande månaden var ovanligt varm och torr. På grund av den torra försommaren var det många plantor som hade svårt att etablera sig och torkade därför bort. Speciellt var fallet extra påtagligt på yta 2 och 4. Denna plats var en stor öppen plan yta med mycket lite undervegetation och troligen stor markavdunstning. Antalet plantor som överlevde, av de plantor som inte var förbehandlade med Conniflex, var lågt på just yta 2 och 4, där mellan 4 och 24 % överlevde (Figur 6). Av de som behandlats med Conniflex på samma ytor överlevde 55-85%.

Yta 1 och 3 var belägna i kuperad terräng, med höga träd runt omkring samt med en bra undervegetation, som antagligen höll kvar vatten till skillnad mot den kala ytan på yta 2 och 3. Här var överlevnaden mycket högre. Dock var överlevnaden

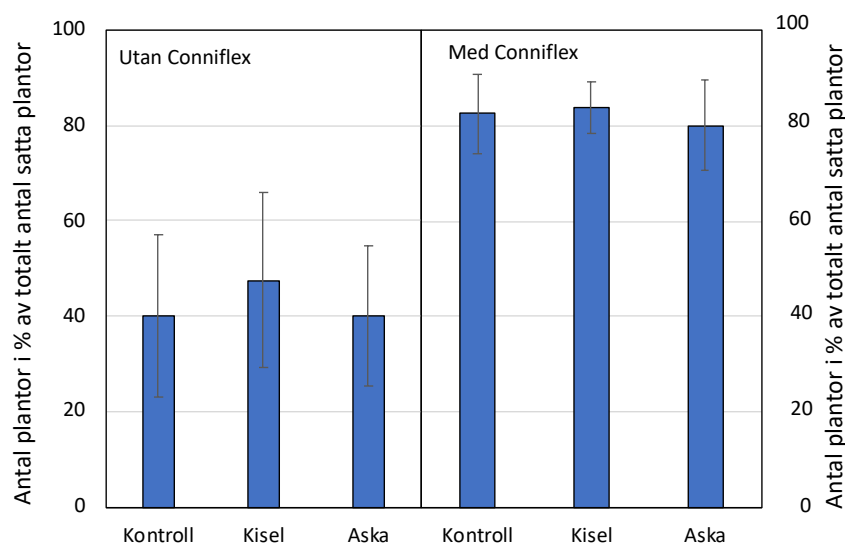
högre i yta 3 (med runt 90% överlevnad), som var planare än yta 1 (med runt 60% överlevnad) vilken sluttade ner mot Domänvägen (Figur 6). I fallet med Conniflexbehandlade plantor så hade alla i yta 3 100% överlevnad.

Överlevnadsprocenten påverkades inte av aska eller kisel, vare sig med eller utan Conniflex (Figur 7), d.v.s inga blockeffekter kunde observeras mellan de fyra ytorna. Däremot var överlevnaden dubbelt så hög, 80%, med Conniflex som utan, 40%.



FIGUR 6. ANTALET INSAMLADE OCH ANALYSERADE GRANPLANTOR I PROCENT AV TOTALT ANTAL SATTA GRANPLANTOR (20 STYCKEN) INOM VARJE BEHANDLING OCH YTA. PLANTORNA VAR OBEHANDLADE, ELLER BEHANDLADE MED KISEL ELLER BIOASKA. PLANTORNA VAR ANTINGEN FÖRBEHANDLADE MED CONNIFLEX ELLER INTE.

FIGURE 6. THE NUMBER OF SPRUCE SEEDLINGS COLLECTED AND ANALYZED AS A PERCENTAGE OF THE TOTAL NUMBER OF SPRUCE SEEDLINGS PLANTED (20 PIECES) WITHIN EACH TREATMENT AND AREA. THE PLANTS WERE UNTREATED, OR TREATED WITH SILICON OR BIOASH. THE PLANTS WERE EITHER PRETREATED WITH CONNIFLEX OR NOT.



FIGUR 7. MEDELVÄRDET AV ANTALET ÖVERLEVANDE GRANPLANTOR I PROCENT AV TOTALT ANTAL SATTA GRANPLANTOR (20 STYCKEN) INOM VARJE BEHANDLING OCH YTA. PLANTORNA VAR OBEHANDLADE, ELLER BEHANDLADE MED KISEL ELLER BIOASKA. PLANTORNA VAR ANTINGEN FÖRBEHANDLADE MED CONNIFLEX ELLER INTE. N=4, $\pm$ SE. *, SIGNIFIKANT SKILLT MELLAN KONTROLL OCH BEHANDLING.

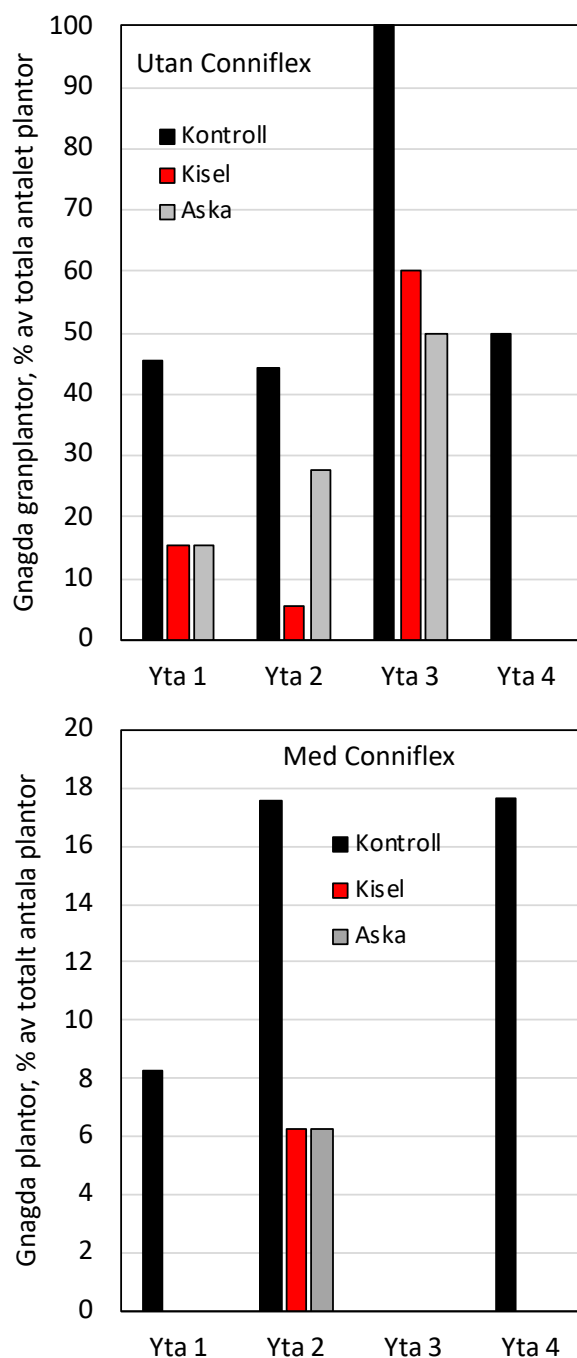
FIGURE 7. THE MEAN OF THE NUMBER OF SPRUCE SEEDLINGS COLLECTED AND ANALYZED AS A PERCENTAGE OF THE TOTAL NUMBER OF SPRUCE SEEDLINGS PLANTED (20 PIECES) WITHIN EACH TREATMENT AND AREA. THE PLANTS WERE UNTREATED, OR TREATED WITH SILICON OR BIOASH. THE PLANTS WERE EITHER PRETREATED WITH CONNIFLEX OR NOT. N=4, $\pm$ SE. *, SIGNIFICANTLY DIFFERENT BETWEEN CONTROL AND TREATMENT.

3.3 SNYTBAGGEANGREPP

Generellt kan sägas att Conniflex minskar snytbaggegnagen. Aska och kisel minskar också snytbaggegnag hos både Conniflex behandlade och obehandlade plantor. Figur 8 och 9 visar antalet plantor som angripits av snytbaggar i procent av totala antalet kvarvarande plantor.

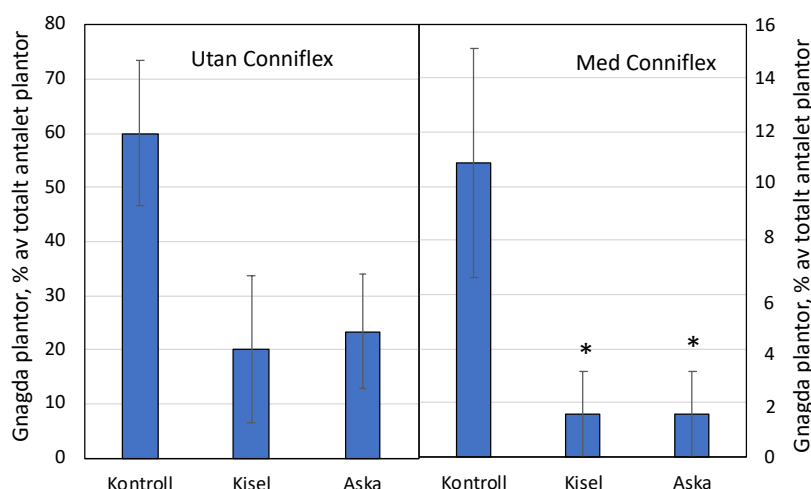
Både Conniflexförbehandlade plantor och obehandlade plantor angreps av snytbaggar (Figur 8). På alla 4 ytorna sågs snytbaggeangrepp på kontrollplantor, förutom på yta 3 på de som var Conniflexförbehandlade. På denna yta 3 hade inga plantor med Conniflex angripits. Både aska och kisel minskade snytbaggeangreppen på plantorna på alla ytorna, både på de utan och de med Conniflex.

Plantor som behandlats med Conniflex hade färre snytbaggeangrepp (Figur 9). Av kontrollplantor utan Conniflex var 85% fler angripna än kontrollplantor med Conniflex. I fallet med aska- och kiselbehandlade plantor var angreppen 90% fler på obehandlade plantor än på de som förbehandlats med Conniflex.



FIGUR 8. GNAGDA GRANPLANTOR I PROCENT AV TOTALT ANTAL GRANPLANTOR SOM FANNS KVAR VID SKÖRDE- OCH AVLÄSNINGSTIDEN INOM VARJE BEHANDLING OCH YTA. PLANTORNA VAR OBEHANDLADE, ELLER BEHANDLADE MED KISEL ELLER BIOASKA. PLANTORNA VAR ANTINGEN FÖRBEHANDLADE MED CONNIFLEX ELLER INTE.

FIGURE 8. PLANTS WITH GNAW AS A PERCENTAGE OF TOTAL NUMBER OF SPRUCE PLANTS REMAINING AT THE TIME OF READING WITHIN EACH TREATMENT AND AREA. THE PLANTS WERE UNTREATED, OR TREATED WITH SILICA OR BIO ASH. THE PLANTS WERE EITHER PRETREATED WITH CONNIFLEX OR NOT.

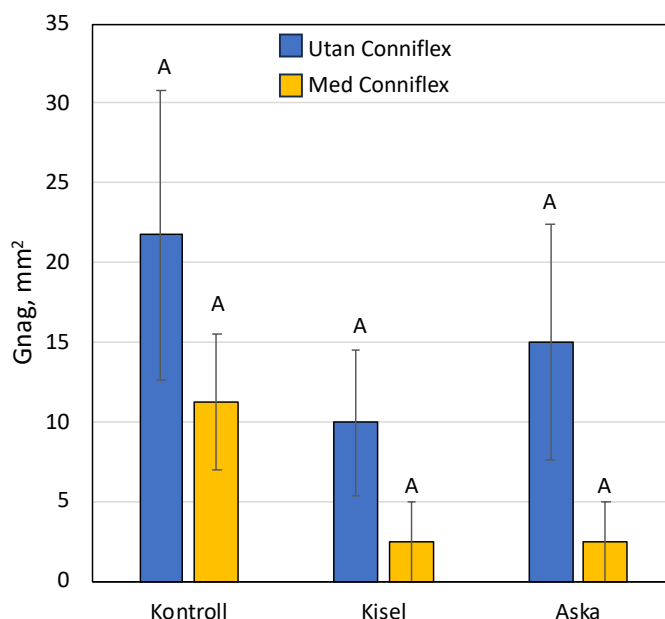


FIGUR 9. MEDELVÄRDET AV GNAGDA GRANPLANTOR I PROCENT AV TOTALT ANTAL GRANPLANTOR SOM FANNS KVAR VID SKÖRDE- OCH AVLÄSNINGSTIDEN INOM VARJE BEHANDLING OCH YTA. PLANTORNA VAR OBEHANDLADE, ELLER BEHANDLADE MED KISEL ELLER BIOASKA. PLANTORNA VAR ANTINGEN FÖRBEHANDLADE MED CONNIFLEX ELLER INTE. N=4, $\pm$ SE. *, SIGNIFIKANT SKILT MELLAN KONTROLL OCH BEHANDLING. OBSERVERA SKILLNADEN I VÄRDEN PÅ DE TVÅ Y-AXLARNÄ.

FIGURE 9. PLANTS WITH GNAW AS A PERCENTAGE OF TOTAL NUMBER OF SPRUCE PLANTS REMAINING AT THE TIME OF READING WITHIN EACH TREATMENT AND AREA. THE PLANTS WERE UNTREATED, OR TREATED WITH SILICA OR BIO ASH. THE PLANTS WERE EITHER PRETREATED WITH CONNIFLEX OR NOT. N=4, $\pm$ SE. *, SIGNIFICANTLY DIFFERENT BETWEEN CONTROL AND TREATMENT. NOTE THE DIFFERENCE IN THE VALUES ON THE TWO Y-AXES.

Storleken på gnag undersöktes och det fanns allt från 0 till 10 mm² gnag på plantorna. För att få en bild över hur mycket som gnagts på varje odlingsyta räknades alla gnagytor samman för var och en av de fyra ytorna, därefter beräknades medelvärde (Figur 10).

Conniflexplantorna var mindre angripna än de utan Conniflex (Figur 10). Kontrollplantorna var mer angripna än de som behandlats med kisel eller aska, oavsett förbehandling med Conniflex eller ej. Värdena är inte signifikant skilda från varandra, men en tydlig trend kan ses.



FIGUR 10. MEDELVÄRDET AV TOTAL UPPMÄTT GNAGSTORLEK I MM² PÅ VARJE YTA. PLANTORNA VAR OBEHANDLADE, ELLER BEHANDLADE MED KISEL ELLER BIOASKA. PLANTORNA VAR ANTINGEN FÖRBEHANDLADE MED CONNIFLEX ELLER INTE. N=4, ±SE. OLIKA BOKSTÄVER VISAR SIGNIFIKANT SKILLNAD MELLAN STAPLARNÄ.

FIGURE 10. THE AVERAGE OF TOTAL MEASURED GNAW SIZE IN MM² ON EACH SURFACE. THE PLANTS WERE UNTREATED, OR TREATED WITH SILICA OR BIO ASH. THE PLANTS WERE EITHER PRETREATED WITH CONNIFLEX OR NOT. N=4, ±SE. *, SIGNIFICANTLY DIFFERENT BETWEEN CONTROL AND TREATMENT. DIFFERENT LETTERS SHOW SIGNIFICANT DIFFERENCE BETWEEN THE BARS.

3.4 KISEL I BARK OCH VED

Kiselhalten i granplantornas ved och bark ökade med tillsatts av kisel eller aska, både i granar som var behandlade med Conniflex och de som inte var det (Tabell 4, 5, Figur 11, 12). Effekten var ungefär detsamma om aska eller kisel tillsattes. Effekten syntes i både bark och ved. Kiselhaltsökningen med tillsatt kisel eller aska sågs både individuellt på vardera av de 4 ytorna (Tabell 4, 5) och i medelvärdet baserat på ytorna (Figur 11, 12).

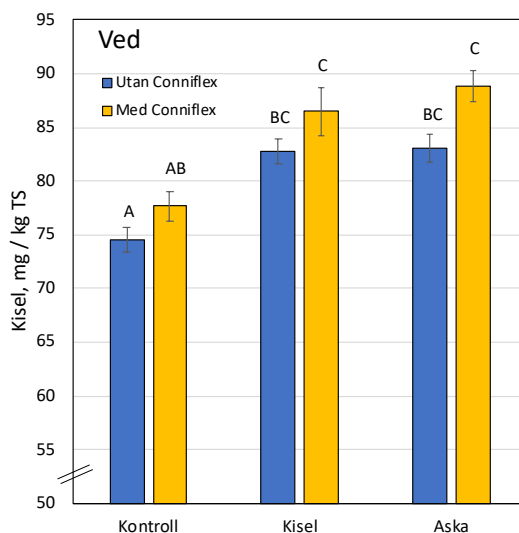
Kiselhalten var högre i bark än i ved oavsett behandling (Tabell 4, 5, Figur 11, 12). Samma effekt syntes både i Conniflexbehandlade plantor och de utan Conniflex, samt även på vardera ytan.

Conniflex behandlade granar hade alltid något högre halt av kisel jämfört med de som inte behandlats med Conniflex. Samma resultat sågs i både bark och ved. Dock var denna skillnad inte signifikant, men tendensen fanns i alla behandlingar och i både ved och bark. Det bör poängteras att kiselhalten i växterna inte kommer från Conniflexmedlet utanpå barken eftersom detta avlägsnats innan kiselanalysen.

Tabell 4. KISEL I VED HOS GRANPLANTORNA VID SKÖRDE- OCH AVLÄSNINGSTIDEN. PLANTORNA VAR OBEHANDLADE, ELLER BEHANDLADE MED KISEL ELLER BIOASKA. PLANTORNA VAR ANTINGEN FÖRBEHANDLADE MED CONNIFLEX ELLER INTE. N=2, ±SE.

TABLE 4. SILICA IN WOOD OF SPRUCE PLANTS AT THE HARVEST TIME. THE PLANTS WERE UNTREATED, OR TREATED WITH SILICA OR BIO ASH. THE PLANTS WERE EITHER PRETREATED WITH CONNIFLEX OR NOT. n=2, ± SE.

Behandling	Si, mg / kgTS			
	Yta 1	Yta 2	Yta 3	Yta 4
Utan Conniflex				
Kontroll	76,4 ± 0,94	74,1	76,2 ± 0,71	71,3 ± 0,87
Kisel	83,9 ± 0,58	80,3 ± 0,88	85,4 ± 0,62	81,7 ± 0,33
Aska	83,2 ± 0,23	83,3 ± 0,71	86,0 ± 0,26	79,7 ± 0,45
Med Conniflex				
Kontroll	75,3 ± 0,76	80,8 ± 0,45	75,3 ± 0,25	79,4 ± 0,39
Kisel	83,4 ± 0,25	92,1 ± 0,04	82,5 ± 0,51	87,9 ± 0,77
Aska	92,5 ± 0,60	89,9 ± 1,26	85,9 ± 0,28	87,0 ± 0,28



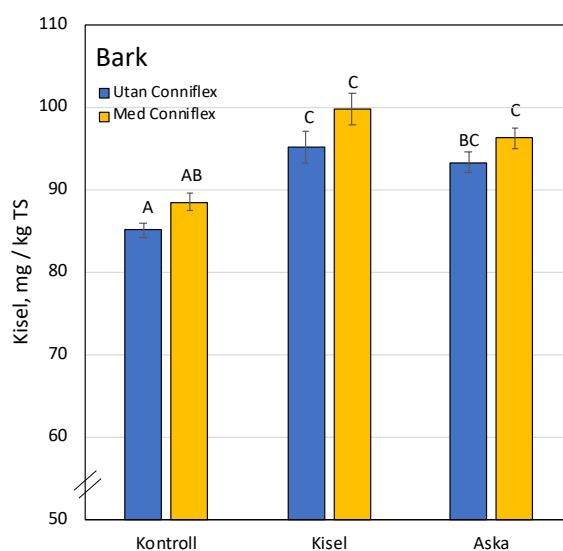
FIGUR 11. MEDELVÄRDET AV KISEL I VED HOS GRANPLANTORNA VID SKÖRDE- OCH AVLÄSNINGSTIDEN. PLANTORNA VAR OBEHANDLADE, ELLER BEHANDLADE MED KISEL ELLER BIOASKA. PLANTORNA VAR ANTINGEN BEHANDLADE ELLER INTE BEHANDLADE MED CONNIFLEX. N=4, ±SE. OLIKA BOKSTÄVER VISAR SIGNIFIKANT SKILLNAD MELLAN STAPLARNÄ.

FIGURE 11. AVERAGE SILICA IN WOOD OF SPRUCE PLANTS AT THE HARVEST TIME. THE PLANTS WERE UNTREATED, OR TREATED WITH SILICA OR BIO ASH. THE PLANTS WERE EITHER TREATED OR NOT TREATED WITH CONNIFLEX. N=4, ± SE. DIFFERENT LETTERS SHOW SIGNIFICANT DIFFERENCE BETWEEN THE BARS.

Tabell 5. KISEL I BARK HOS GRANPLANTORNA VID SKÖRDE- OCH AVLÄSNINGSTIDEN PÅ DE 4 YTORNA. PLANTORNA VAR OBEHANDLADE, ELLER BEHANDLADE MED KISEL ELLER BIOASKA. PLANTORNA VAR ANTINGEN FÖRBEHANDLADE MED CONNIFLEX ELLER INTE. N=2, $\pm$ SE.

TABLE 5. SILICA IN BARK OF SPRUCE PLANTS AT THE HARVEST TIME AT THE 4 SITES. THE PLANTS WERE UNTREATED, OR TREATED WITH SILICA OR BIO ASH. THE PLANTS WERE EITHER PRETREATED WITH CONNIFLEX OR NOT. n=2, $\pm$ SE.

Behandling	Si, mg / kgTS			
	Yta 1	Yta 2	Yta 3	Yta 4
Utan Conniflex				
Kontroll	83,7 $\pm$ 0,78	87,0	86,3 $\pm$ 0,21	83,7 $\pm$ 0,04
Kisel	99,9 $\pm$ 0,54	92,1 $\pm$ 0,32	96,8 $\pm$ 0,40	92,0 $\pm$ 0,85
Aska	96,5 $\pm$ 0,74	90,4 $\pm$ 0,05	94,4 $\pm$ 0,35	92,1 $\pm$ 0,45
Med Conniflex				
Kontroll	91,3 $\pm$ 0,53	86,2 $\pm$ 0,05	88,3 $\pm$ 0,02	88,4 $\pm$ 0,47
Kisel	103,0 $\pm$ 0,06	97,0 $\pm$ 0,56	103,2 $\pm$ 0,51	96,0 $\pm$ 1,17
Aska	99,5 $\pm$ 0,54	93,7 $\pm$ 0,28	97,0 $\pm$ 1,37	95,1 $\pm$ 0,46



FIGUR 12. MEDELVÄRDET AV KISEL I BARK HOS GRANPLANTORNA VID SKÖRDE- OCH AVLÄSNINGSTIDEN. PLANTORNA VAR OBEHANDLADE, ELLER BEHANDLADE MED KISEL ELLER BIOASKA. PLANTORNA VAR ANTINGEN BEHANDLADE ELLER INTE BEHANDLADE MED CONNIFLEX. N=4, $\pm$ SE. OLIKA BOKSTÄVER VISAR SIGNIFIKANT SKILLNAD MELLAN STAPLARNÄ.

FIGURE 12. AVERAGE SILICA IN BARK OF SPRUCE PLANTS AT THE HARVEST TIME. THE PLANTS WERE UNTREATED, OR TREATED WITH SILICA OR BIO ASH. THE PLANTS WERE EITHER TREATED OR NOT TREATED WITH CONNIFLEX. N=4, $\pm$ SE. DIFFERENT LETTERS SHOW SIGNIFICANT DIFFERENCE BETWEEN THE BARS.

Fördelningen av kisel mellan bark och ved ($[\text{Si}]_{\text{bark}}/[\text{Si}]_{\text{ved}}$) var konstant $1,13 \pm 0,013$ (SE), dvs. något högre kiselhalt i bark än i ved. Samma gällde både den bundna och den lösta kiselfraktionen. Andelen bunden kisel var $74\% \pm 0,2$ (SE) i både bark och ved, resten av kiset var löst kisel. Samma resultat återfanns i plantor både förbehandlade och icke förbehandlade med Conniflex, liksom de behandlade med aska eller kisel och de obehandlade.

Ingen korrelation mellan kiselhalt i barken och mängden gnag kunde påvisas, varken för den totala, lösta, eller bundna kiselhalten (ej visat i figur). Samma gäller om mängd gnag jämförs med den lösta kiselfraktionen i barken eller mot den bundna kiselfraktionen i barken (ej visat i figur).

4 Diskussion

Denna rapport visar att aska minskar snytbaggegnag på nyplanterad gran. Eftersom kaliumsilikat ger samma effekt och att kiselhalten i bark ökar i plantorna vid asktillförsel så är det sannolikt att det är kisel i askan som ger den minskade gnageffekten.

4.1 KISEL TAS UPP I GRANPLANTOR

Kiselhalten ökade i både ved och bark hos plantor odlade med aska (Tabell 4, 5, Figur 11, 12). Detta har vi sett i tidigare undersökningar i fält- och växthusförsök (Greger och Landberg 2022, 2023). Ungefär lika mycket kisel togs upp om kaliumsilikat tillfördes jämfört med om aska tillfördes (Tabell 4, 5, Figur 11, 12). Detta är intressant eftersom med kaliumsilikat tillförseln gavs hälften så mycket kisel som när bioaskan tillfördes. Silikat i upplöst form är mer lättillgängligt än kisel i bioaska. Den växttillgängliga delen av kisel, enligt analysen (Tabell 3) var 0,41%. Det betyder att av tillförd total kiselhalt med bioaska var 3,65 kg/ha tillgängligt för växten av 890 kg/ha totalt tillsatt. Detta jämförs med 464 kg/ha totalt tillsatt kaliumsilikat. Men av kaliumsilikat, som är mycket tillgänglig kan en del rinna bort från rotmassan, medan av askan kan mycket mer än vad som här beräknats vara tillgängligt för växten. Växten har en del egna mekanismer som kan öka eller minska upptaget av ämnen, och som är svåra att härma med kemiska analyser. Därför får vi lita oss mot kiselhalten i växten istället när vi diskuterar likheterna mellan aska och kisel gällande upptag och effekter på snytbaggen.

De plantor som var förbehandlade med Conniflex hade alltid högre kiselhalt än motsvarande utan förbehandling med Conniflex (Figur 11, 12). Detta betyder att förbehandlingen med Conniflex i sig gav högre halt kisel i plantan. Conniflex innehåller 8,6% kisel (Greger och Landberg 2023) och behandlingen med Conniflex gav en ökning av kisel i både ved och bark (Tabell 4, 5, Figur 11, 12). Conniflex måste därför ha gett plantan en möjlighet till rotupptag av kisel eftersom veden, och inte bara barken, har en ökning i kiselhalt när plantan behandlats med Conniflex (Tabell 4, 5, Figur 11, 12). Hade barken haft högre kiselhalt men inte veden så hade antagligen kiset kommit direkt från Conniflexmaterialet. Allt Conniflex hade dock avlägsnats innan analys och därför är det inte ett kisel tillskott p.g.a. slarv vid provpreparationen som ger denna kiselökning. Den kisel som återfinns i Conniflex finns, emellertid, i sandkornen och inte i limmedlet, ej heller innehåller Conniflex någon löslig kisel fraktion (Greger och Landberg 2023). En anledning till att upptaget av kisel i alla fallen är högst i Conniflexförbehandlade plantor kan vara att plantorna mår bättre med Conniflex. Conniflex verkar fungera som ett skydd mot torka, öka vattenupptaget och främjar den vattenhållande förmågan. Därför skulle inflödet och transporten av kisel i plantan kunna bli högre än i plantor som ej behandlats med Conniflex.

4.2 BIOASKANS INVERKAN PÅ SNYTBAGGEGNAGEN PÅ GRANPLANTOR I FÄLT

Tillförsel av bioaska ökade kiselhalten i barken (Tabell 5, Figur 12), vilket även visats tidigare i en fältstudie av Greger och Landberg (2023). Eftersom det är barken som äts av snytbaggar, och det tidigare har visats att kisel i bark minskar snytbaggarnas intresse för att gnaga, antog vi att detta skulle vara fallet även i denna studie.

Gnagen minskade när kiselhalten ökat i barken, även då kisel tillsattes i form av bioaska, vilket betyder att kisel minskar snytbaggarnas vilja att gnaga. Detta har vi tidigare kunnat konstatera (Greger och Alhousari 2020). Att snytbaggegnagen minskar när man behandlar plantorna med kaliumsilikat eller med bioaska ses både när man beräknar antalet gnagda plantor (Figur 8, 9) och storleken på gnag (Figur 10).

Både bioaska och kaliumsilikat minskade antal gnagda plantor till ca 20% (Figur 9). Conniflex (utan bioaska eller silikat) minskade antal gnagda plantor till 10% (Figur 9). Skillnaden i effekt mellan Conniflex och bioaska må vara dubbel, men denna skillnad kommer troligtvis att förändras med tiden i fält, eftersom nya nakna delar växer till på plantorna och kan appellera till snytbaggarna. Eftersom kisel i växten transporteras till de nya delarna kommer även dessa att skyddas av tillsatt kisel/aska, vilket inte är fallet med Conniflex. För att åtnjuta fördelarna av båda behandlingarna skulle de därför kunna kombineras.

4.3 EFFEKTEN MED BÅDE CONNIFLEX OCH BIOASKA

Gnagminskningen med Conniflex var stor, från 60 % till 10% gnagda plantor (Figur 9). Asktillförseln till Conniflexbehandlade plantor halverade gnagen ytterligare (Figur 9). Detta betyder att om plantor både förbehandlas med Conniflex och bioaska (eller kisel), minskar antalet gnagda plantor till 5%. Det betyder att dubbelt så många plantor klarar sig när plantorna behandlats med både Conniflex och bioaska jämfört med enbart Conniflex.

4.4 ORSAKEN TILL MINSKNINGEN AV SNYTBAGGEGNAG MED BIOASKBEHANDLING

Snytbaggar väljer sina plantor i en skogsplantering. De kan givetvis välja en planta, ta ett gnag, men komma fram till att det inte var gott och flyga till nästa planta. Om plantan inte har något skydd så kan de antingen gnaga mycket eller så tar det ett gnag och fortsätter till nästa. Råkar de komma på en kiselstruktur i barken så slutar de att gnaga. Dock gick det inte att finna någon korrelation mellan gnagmängd och kiselhalt i barken. Det verkar därför mer troligt att kisel i växten sätter igång en biokemisk skyddsfaktor som inte behöver vara kiselkoncentrationsberoende.

Vi har tidigare antagit att snytbaggarna påverkas av kisel både mekaniskt och biokemiskt (Greger och Alhousari 2020). Vi har sett att kisel ökar utsöndringen av repellerande substanser och minskar utsöndringen av attraherande substanser från gran- och tallskott (Greger och Alhousari 2020). Kisel ökar frisläppandet av det repellerande ämnet metylsalisylat och minskar det attraherande ämnet alfa-pinen hos kiselbehandlad gran (Greger och Alhousari 2020). Det är fullt troligt att kisel, vid en viss halt i växten, förändrar utsöndringen av dessa substanser som orsakar minskningen av snytbaggagnag. Så den biokemiska effekten hindrar snytbaggen från att pröva att gnaga och istället flyga till nästa planta. I detta försök ser man att 3 ton per ha räcker för att få effekt. En högre dos ger troligtvis inte en bättre effekt (Alhousari och Greger 2019, Greger och Alhousari 2020). Det är mycket troligt att löst kisel ger den biokemiska effekten och bunden kisel den mekaniska inverkan på snytbaggarna.

Bioaska innehåller även höga halter kalium och försök har visat på att kalium kan påverka insekter (Alshukri m. fl. 2019). I denna undersökning har kaliumsilikat använts och därför skulle kalium kunna ha påverkat snytbaggarna. Men, i våra tidigare studier är det natriumsilikat som har använts och gett effekt och det är därför mycket troligt att effekten beror av kisel till allra största delen (Greger och Alhousari 2020 samt opublicerade arbeten). Oavsett vad som påverkar så visar studien att aska kan minska snytbaggeangreppen.

4.5 PLANTORNAS ÖVERLEVNAD VID TORKA.

Den torra försommaren gick hårt åt plantorna. På de ytor där vatten avdunstar snabbare, dvs. öppna ytor med liten växtlighet, fann vi fler döda plantor. Dessa hade ofta tappat barken eller torkat bort helt. Det är därför omöjligt att säga om de dog p.g.a. av attack från snytbaggar eller bara torkade bort. Snytbaggar äter på levande bark, och äter de runt stammen så dör plantan. De få döda plantorna där barken satt kvar var oftast inte gnagd.

Inverkan på överlevnad styrs av många faktorer och exempelvis finns skadeinsekter som angriper rötter. Det är fullt möjligt att kisel även kan motverka gnag på rötter.

Tydligt var att Conniflex hjälpte plantorna att överleva på alla ytor (Figur 6). Troligtvis tappade dessa plantor mindre vatten än de utan Conniflex, eftersom Conniflex skyddar stammen mot avdunstning. Ingen liknande effekt av kisel eller bioaska kunde ses i dessa försök (Figur 6, 7).

Det hade varit intressant att se hur effekten av en kombination med både aska och Conniflex sett ut på angrepp och överlevnad efter 2 år. I en fältstudie där bl.a. Conniflex effekt studerats under 2 år visat att det intakta skyddet minskar med 50% (Eriksson m. fl. 2018). Däremot var det ingen skillnad i överlevnad mellan år 1 och 2. Fler studier måste göras för bedömma huruvida effekten på överlevnad av aska förbättrar den av Conniflex efter 2 år.

4.6 HUR MYCKET BIOASKA SKULLE BEHÖVAS I SVERIGE PER ÅR?

År 2023 levererades 431 miljoner skogsplantor (Skogsstyrelsen 2024). Om alla dessa får 2 g bioaska vardera, som förbehandling, går det åt 862 ton bioaska. Vid utplantering tillförs vidare 10 g bioaska, vilket totalt blir 4310 ton bioaska. Om man även tillför aska på våren år två, blir det ytterligare 4310 ton bioaska. Sammanlagt skulle det gå åt nästan 10 000 ton bioaska.

Men eftersom man, vid askspredning, sprider bioaskan över ett större område och inte enbart invid trädplantorna, så ger beräkningen 3 ton bioaska per ha vid varje spridning. Per ha sätter man ca 3000 plantor. Det betyder 1000 plantor per ton bioaska, vilket ger att 431 miljoner plantor behöver 431 000 ton aska vid utsättning och lika mycket våren därefter. Till detta kommer de 862 ton bioaska som behövs i växthus för dessa plantors förbehandling. Sammanlagt behövs då ca 865 000 ton bioaska.

4.7 TRANSPORT AV BIOASKA

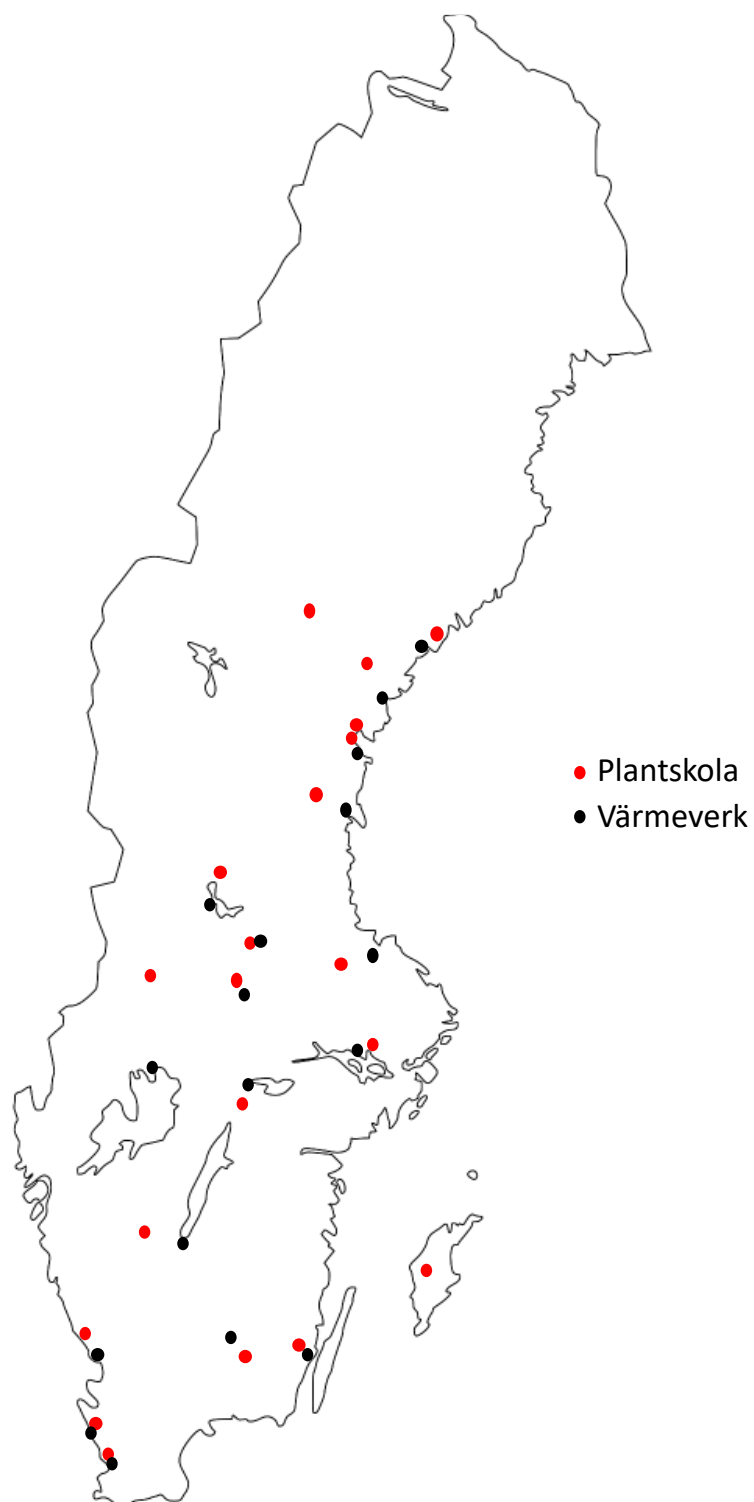
För att använda bioaska i förbehandling av granplantor i skogsplantskolorna krävs ett närliggande värmeverk som använder bioenergi. Ett försök att bilda sig en uppfattning om hur nära verken kan ligga får vi i tabell 6 och figur 13. Transporten av bioaska till skogsplantskolorna ligger på mellan 5 och 140 km. I de flesta fallen runt 40 km. I dessa fall behövs den mindre mängden bioaska.

Transporten från värmeverk till föryngringsytorna ger istället en mer spridd bild, och går inte att beräkna avstånd för. I detta fallet krävs mer bioaska eftersom den ska spridas över större ytor. Om man studerar kartor över var värmeverken ligger så finns en större del av värmeverken utspridda från Dalarna och söderut, och överensstämmer bra med hur skogsbruket är fördelat. Dessutom är snytbaggeproblemet högst i de södra delarna av Sverige och inte riktigt så stort i de norrländska skogarna. Detta kan givetvis förändras med klimatförändringarna och ett varmare klimat.

Tabell 6. EXEMPEL PÅ SKOGSPLANTSKOLOR OCH NÄRLIGGANDE VÄRMEVERK SAMT AVSTÅNDET MELLAN DEM.
Plantskolor från Skogsstyrelsen. Värmeverk från Svebio (Biokraft 2019)

TABLE 6. EXAMPLES OF FOREST PLANT NURSERIES AND NEARBY POWER PLANTS AND THE DISTANCE BETWEEN THEM.

Plantskolor	Värmeverk	Avstånd
Holmen – Friggesund, Delsbo	Värmevärden, Djuped, Hudiksvall	45 km
Södra – Falkenberg	Halmstads Energi	40 km
Holmen – Gideå plantskola	Övik Energi, Örensköldsvik	30 km
Nordik plant – Voxtorp Halland	Öresundskraft, Hälsingborg	64 km
Tallheds plantskola Orsa	Siljan Timber Mora	25 km
besparingsskog	Falu kraft Västermalmsverket	96 km
Ramlösa plantskola - Hälsingborg	Öresundskraft, Hälsingborg	6 km
Ramlösa plantskola - Landskrona	Landskrona Kraft,	11 km
SCA – Bogrundets plantskola	Sundsvalls Energi	21 km
Wifstamons plantskola, Timrå	Sundsvalls Energi	17 km
Skodom, Sollefteå	Härnösand Energi	76 km
Stora Enso – Nässja, Österfärnebo	Gävle kraftvärme	53 km
Stora Enso – Bergvik skogsplantor, Söråmsberg	Borlänge energi	8 km
Stora Enso – Sjögränd plantskola	Karlstad Energi Heden	85 km
Sveaskog – Kilåmon plantskola, Ramsele	Övik Energi, Örensköldsvik	132 km
	Härnösand Energi	142 km
Svenska skogsplantor – Lugnets plantskola, Bålsta	Ena Energi Enköping	28 km
Svenska skogsplantor – Stakheden Ludvika	Borlänge energi	47 km
Svenska skogsplantor – Trekanten, Kalmar	Kalmar Energi, Moskogen	5 km
Svenska skogsplantor – Vibytorps Plantskola	Eon värme Åbyverket, Örebro	42 km
Södra – Flåboda plantskola	Växjö Energi	46 km
Timmele Plantskola	Jönköping Energi	64 km
Timmele Plantskola	BEM AB Borås	44 km
Tjul Gotland S Visby	”Värmeverk saknas”	



FIGUR 13. SKOGSPLANTSKOLOR OCH NÄRLIGGANDE VÄRMEVERK. Grundkartan från PIXABAY

FIGURE 13. FOREST PLANT NURSERIES AND NEARBY POWER PLANTS. Basic map from PIXABAY

4.8 SLUTSATS

Slutsatsen vi kan dra från denna undersökning är att aska kan motverka snytbaggegnag och kan förbättra effekten av Conniflex. Vi kan inte helt säkert säga att effekten på snytbaggegnag kommer från kisel, men eftersom bioaskan levererar kisel till plantorna och då silikat ger samma effekt, samtidigt som att kisel har visat sig ha både mekaniska och biokemiska effekter på snytbaggegnag, så är det högst troligt att kisel i askan åtminstone är en av orsakerna.

I denna undersökning har tre månader gammal, ohärdad aska använts. Upptaget av kisel är något lägre från härdad aska, men även härdad aska ökar kiselhalten i plantan (Greger och Landberg 2023). Effekten av kisel på snytbaggar ökar inte med ökad kiselhalt i plantan (resultat från denna undersökning samt Greger och Alhousari 2020). Därför borde härdad aska ha samma inverkan på snytbaggeangrepp som ohärdad aska och kisel har.

Eftersom plantorna kan utsättas för snytbaggar de första åren och inte bara planteringsåret, så är det en fördel att fortsätta att tillföra bioaska även andra året för att öka kiselpoolen i granplantornas nya tillväxtzoner. Vi har i tidigare studier (Pettersson m. fl. 2022) sett att kiselkoncentrationen minskar i nyare växtdelar med tiden om inte ny kisel tillförs. I detta fallet skulle den tillförseln ske med bioaska, och i god tid på våren innan plantorna börjar tillväxa och snytbaggarna är igång.

Nästa steg är en fältstudie där man undersöker om effekten förbättras med flera givor bioaska. En sådan studie skulle inkludera förbehandling av aska i skogsplantaskolor, en tillförsel vid plantering i fält och en tillförsel tidig vår året därpå. En undersökning fokuserad på härdad aska bör inkluderas.

Huruvida överlevnaden ökas med aska är en faktor som den föreliggande undersökningen inte helt kunnat svara på p.g.a. extrem torka den första månaden. Överlevnaden, om det är förorsakat av torka eller snytbaggeangrepp, i närvaro av aska borde därför också undersökas i nästa steg.

En studie skulle även utföras där askåterföringen till skogen görs till hela ytan och inte plantvis.

Rekommendationen vi kan ge i nuläget är att man använder Conniflexbehandlade plantor, tillför bioaska redan i plantskolan och därefter vid plantering samt året därefter. Vi kan även säga att 3 ton aska per ha och behandling fungerar väl.

5 Tackord

Denna studie har finansierats av Energiforsk AB och Bo Hammarström. Vi tackar Gert Nordgren på Holmen Skogskontoret i Hallstavik för att vi fått lägga ut försöket i deras marker. Tack också till Anna Pettersson på Svenska Skogsplantor AB för granplantorna, Harald Svensson, Stockholm Exergi, för att ha förmedlat tillgång av aska samt Claes Ugglå från Skogsstyrelsen för hjälp med var skogsplantskolorna är placerade i Sverige. Ett stort tack också till de som hjälpt till på olika sätt vid plantering av granar, vilka var Fanny Sidenborn, Marianne Belin, Marie Swartz, Ingvar Granberg och Anders Werninger. Vi tackar även referensgruppen i vilken har medverkat; Benjamin Forsmark från Södra skogsägarna, Eva Stattin från Stora Enso, Hillevi Eriksson från skogsstyrelsen, Bo Hammarström och Anita Pettersson från Högskolan i Borås. Växtmaterialet har analyserats på laboratorium på Institutionen för Ekologi, Miljö och Botanik vid Stockholms universitet.

6 Referenslista

- Alhousari F & Greger M. 2018. Silicon and mechanisms of plant resistance to insect pests. — *Plants* 7: 33; doi:10.3390/plants7020033.
- Alhousari F. & Greger M. 2019. Influence of microsilica and slag on weevil grazing, fiber quality, drought resistance and fire retardation in coniferous trees as well as Si uptake. — *Rapport till Elkem*. 31pp
- Alshukri B., Astarita F., Al-Esawy M., m. fl. 2019. Targeting the potassium ion channel genes SK and SH as a novel approach for control of insect pests: efficacy and biosafety. Special Issue: Natural Products in Pest Management, Pest Management Science, Volume 75, Issue 9, Pages 2505-2516.
<https://doi.org/10.1002/ps.5516>
- Berthelsen S., Noble A.D. & Garside A.L. 2001. Silicon research down under: past, present and future. In: Datnoff L.E., Snyder G.H. and Korndörfer G.H. (eds), *Silicon Deposition in Higher Plants. Silicon in Agriculture*. Elsevier Science, pp. 241–255.
- Biokraft 2019. www.mynewsdesk.com/se/svebio/documents/bioenergis-karta-biokraft-i-sverige-2019-91267
- Epstein E. 2009. Silicon: its manifold roles in plants. — *Annals of applied Biology*, 155(2): 155-160.
- Eriksson S., Wallertz K., & Karlsson A.-B. 2018. Test av mekaniska plantskydd mot snytbagg I omarkberedd och markberedd mark, anlagd våren 2015. Rapport 16, Enh. Skoglig fältforskning, SLU.
https://pub.epsilon.slu.se/15698/1/eriksson_s_et_al_181010.pdf
- Greger M. & Landberg T. 2015. Silicon decreases cadmium and arsenic in field grown crops. — *Silicon* 11: 2371–2375.
- Greger M. Alhousari F. 2018. Kisels inverkan på trädens stamstruktur och cellulosa-fiberbildning. – *Rapport till Önnestiftelsen*. 7pp
- Greger M. & Alhousari F. 2020. Effekten av kisel på snytbaggagnag på barrträd. En naturlig metod att förebygga insektsangrepp på skogsträd med kisel. — *Rapport till Stina Werners stiftelse* 12pp
- Greger M., Landberg T. & Vaculík M. 2018. Silicon Influences Soil Availability and Accumulation of Mineral Nutrients in Various Plant Species. — *Plants*, 7: 41; doi:10.3390/plants7020041
- Greger M. & Landberg T. 2022. Kiselupptag i tall och gran från aska. — *Rapport till Energiforsk* 2022:904.
- Greger M. & Landberg T. 2023. Trädplantors upptag av kisel från aska. — *Rapport till Energiforsk* 2023:847.
- International Plant Nutrition Institute (IPNI) 2019.
<http://www.ipni.net/publication/nutrifacts-na.nsf/catalog?ReadForm&cat=>

- Nordlander, G., Nordenhem, H. & Hellqvist, C. 2009. A flexible sand coating (Conniflex) for the protection of conifer seedlings against damage by the pine weevil, *Hylobius abietis*. — Agricultural and Forest Entomology 11:91-100
- Nordlander, G., Hellqvist, C., Johansson, K., Nordenhem, H. 2011. Regeneration of European boreal forests: Effectiveness of measures against seedling mortality caused by the pine weevil *Hylobius abietis*. Forest Ecology and Management 262: 2354-2363.
- Pettersson M, Greger M. m. fl. 2022b. Tilførsel av (Amorf) silika fører til økt motstand mot snutebilleangrep og økning i biomasse for granplanter. — Rapport till Skogtiltaksfondet og Utviklingsfondet for skogsbruk 6pp
- Rodrigues F.A. & Datnoff L.E. (Eds.). 2015. *Silicon and Plant Diseases*. Springer International Publishing AG. Cham, Switzerland
- Skogsstyrelsen 2024. <https://www.skogsstyrelsen.se/statistik/statistik-efter-amne/levererade-skogsplantor/>
- SLU 2011. <https://snytbagge.slu.se/skador.php>
- Snyder G.H. 2001. Chapter 11 Methods for silicon analysis in plants, soils, and fertilizers. In: *Silicon in Agriculture*, Eds: L.E. Datnoff, G.H. Snyder and G.H. Korndörfer (Eds). Studies in Plant Science Series Volume 8, 2001 Pages 185-196, Elsevier Science B.V.

BIOASKA OCH KISEL MINSKAR SNYTBAGGEGNAG I FÄLT

I den här studie undersöktes om tillförsel av bioaska påverkar snytbaggens angrepp på nysatta skogsplantor av gran i fält. Undersökningen föranleds av tidigare studier i växthus där kisel i aska tagits upp i plantorna och ackumulerats i barken Greger och Landberg 2022, 2023). Detta kisel minskar attackerna från snytbaggar.

Den här studien visar att granplantor som förbehandlats med aska, motsvarande 3 ton TS/ha, minskar snytbaggeangreppen med 67% hos utplanterade granplantor i en granföryngring i fält. Hos plantor förbehandlade med Conniflex minskade askan snytbaggeangreppen ytterligare med 80%. Både Conniflex och aska ger tillsammans en angreppsminskning med 98%.

Ett nytt steg i energiforskningen

Forskningsföretaget Energiforsk initierar, samordnar och bedriver forskning och analys inom energiområdet samt sprider kunskap för att bidra till ett robust och hållbart energisystem. Energiforsk är ett politiskt neutralt och icke vinstutdelande aktiebolag som ägs av branschorganisationerna Energiföretagen Sverige och Energigas Sverige, det statliga affärsverket Svenska kraftnät, samt gas- och energiföretaget Nordion Energi. Läs mer på energiforsk.se.

