

**Utgraving av isolasjonsmateriale forårsaket av storkmaur
(*Camponotus ligniperda*, årevinger; maur)**

Anders Aak

Tone Birkemoe

Heidi Heggen Lindstedt

Kristin Skarsfjord Edgar



Avdeling for skadedyrbekjempelse

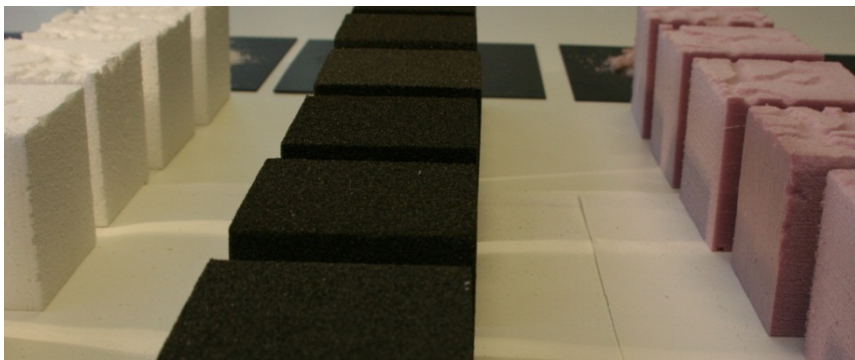
Utgraving av isolasjonsmateriale forårsaket av storkmaur (*Camponotus ligniperda*, årevinger; maur)

Anders Aak^{1*}, Tone Birkemoe², Heidi Lindstedt Heggen¹ & Kristin Skarsfjord Edgar¹

¹Folkehelseinstituttet – avdeling for skadedyrbekjempelse, Lovisenberggata 8, Postboks 4404 Nydalen, NO-0456 Oslo, Norge

² Universitetet for miljø- og biovitenskap – Økologi og naturforvaltning, Høy skoleveien 12, Postboks 5003, NO-1432 Ås, Norge

Sammendrag: Totalt 2250 *Camponotus ligniperda*-arbeidere og 120 maurarver ble brukt i tre eksperimenter som undersøkte evnen til å motstå utgraving og reirbygging til isolasjonsmaterialene ekspandert polystyren (EPS), ekstrudert polystyren (XPS) og Foamglas. I de tre eksperimentene undersøkte man tiden som gikk med før utgravingen ble påbegynt, skadeomfang etter fem dagers utgraving og effekten av økt temperatur på utgravingsnivået. EPS og XPS ble gravd ut av maurene og hadde like egenskaper når det gjaldt evne til å motstå påbegynnelse og etablering av reir. Foamglas ble ikke utsatt for reirbygging og var betydelig mindre påvirket av maurene med hensyn til fjernet vekt, relativt tap av isolasjonsmateriale, utgravd område og reirets kategoripoengsum. Maurene hadde generelt en preferanse for oppvarmet isolasjon, og oppvarmede EPS- og XPS-blokker hadde et betydelig større omfang av maurskade enn kalde blokker. Ettersom det ikke var noen reiraktivitet i Foamglas, kunne man ikke påvise noen forskjell mellom varm og kald isolasjon.



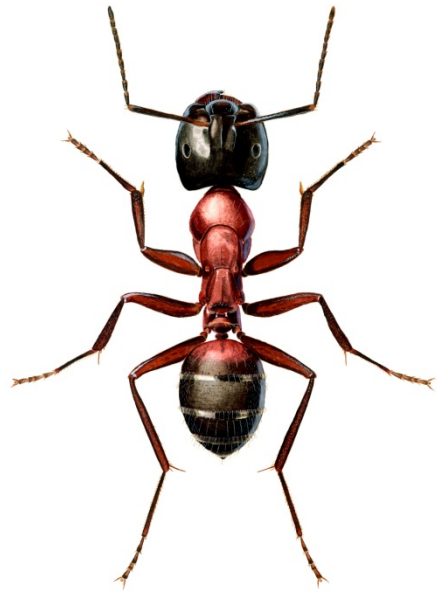
Folkehelseinstituttet

Avdeling for skadedyrbekjempelse

* Ansvarlig forfatter: A. Aak, anders.aak@fhi.no

Innledning

Maurusamfunn er viktige elementer i de fleste habitater på landjorden. De bidrar til næringszyklusen og spiller en regulerende rolle i samfunnet gjennom sitt samspill med planter, dyr, sopp og mikroorganismer (Hölldobler & Wilson, 1990; Douwes *et al.*, 2012). Under naturlige forhold etablerer og bygger maurene avanserte reir som gir dem mulighet til å forsvare effektivt, samtidig som reiret beskytter mot miljøfaktorer og fiender. Maurkolonier er langvarige, vokser forholdsvis sakte og kan bli store (Mallis & Hedges, 1997; Douwes *et al.*, 2012). Kolonier av vanlige skademaurararter omfatter ofte fra flere tusen til over 10 000 individer (Akre *et al.*, 1994; Hansen & Klotz, 2005). De benytter seg av skjulesteder, og de fleste arter bearbeider reirstedet gjennom utgraving eller bygging av tydelig avgrensede områder for spesifikke oppgaver. Plasseringen av reiret bestemmes av habitatets struktur og reirunderlagets egnethet og tilgjengelighet, kombinert med abiotiske faktorer som temperatur og fuktighet (Hölldobler & Wilson, 1990; Klotz *et al.*, 1998; Chen *et al.*, 2002; Buczkowski, 2011; Mankowski & Morrell, 2011).



Bilde 1: *Camponotus ligniperda* Illustrasjon:
Halvard Elven

Storkmaur (*Camponotus* spp., bilde 1) har kraftige kjever og bygger reir i trematerialer som delvis nedbrutte trestammer eller stubber, levende trær og hardt, tørt trevirke (Hansen & Klotz, 2005). Denne vanen med å bygge reir gjør at maurene kommer i konflikt med mennesker når de flytter inn i bygninger (Akre & Hansen, 1990; Fowler, 1990) for å benytte seg av de mange tilgjengelige reirmaterialene (bilde 2). Ved å leve i bygninger unngår de også naturlige fiender i form av virveldyr og konkurrenter, samtidig som de nyter godt av høyere temperaturer og et gunstig mikroklima.

Begge de to vanligste storkmaurartene som finnes i Nord-Europa og den nordlige delen av Skandinavia, *Camponotus herculeanus* Linnaeus, 1758 og *Camponotus ligniperda* Latreille, 1802, lever i bygninger (Collingwood, 1979; Birkemoe, 2002; Hansen & Klotz, 2005). Storkmaur er et problem i skogområder og har stor økonomisk betydning (Rust & Su, 2012). For mennesker er det en stressfaktor å ha maur i huset, og maur kan svekke bærekonstruksjoner og ødelegge isolasjonen (Fowler, 1990; Akre & Hansen, 1990; Mallis & Hedges, 1997). I Norge ble den direkte kostnaden knyttet til profesjonell bekjempelse av storkmaur anslått til \$ 1,5 millioner i 2007 (Ottesen *et al.*, 2009),



Bilde 2: Skade i ekspandert polystyren forårsaket av storkmaur (*Camponotus ligniperda*).

men tar man private bekjempelsestiltak og materialer og arbeid for å reparere bygningene i betraktning, utgjør problemet en omfattende kostnad for det norske samfunnet. I andre deler av verden er de tilsvarende tallene høyere, og den anslåtte kostnaden knyttet til bekjempelse av stokkmaur i Washington og New Jersey i USA var henholdsvis \$ 25 millioner og \$ 12,6 millioner i 1980 (Hansen & Klotz, 2005). Dette gir definitivt et grunnlag for detaljerte studier om materialpreferanser, reirplassering og reirutvidelse. Likevel finnes det bare noen få vitenskapelige studier som beskriver reir i bygninger eller forsøker å finne potensielle løsninger eller måter å minimalisere virkningen av dette skadeinsektet på (Butovitsch, 1976; Klotz *et al.*, 1995; Birkemoe, 2002; Ottesen *et al.*, 2009), og mesteparten av den registrerte skaden er basert på informasjon fra profesjonelle skadedyrbekjempere (Mallis & Hedges, 1997).

Relativt få maurarter har tilholdssted i bygninger (Hölldobler & Wilson, 1990; Mallis & Hedges, 1997; Douwes *et al.*, 2012), og et enda mindre antall forårsaker skade på bygningsstrukturen (Akre & Hansen, 1990; Fowler, 1990). Mange av disse artene, er også avhengige av at det allerede foreligger andre skader for å kunne ta seg inn, men noen arter er fullt ut i stand til å etablere seg i bygninger som er i førsteklasses stand. Stokkmaur er blant de mest iherdige artene når det gjelder å grave ut bygningsstrukturer (Hansen & Klotz, 2005), og vi valgte derfor *C. ligniperda* som studieinsekt fordi vi mener den representerer ytterpunktet blant maurartene når det gjelder skadeevne.

Materialer og metoder

Innsamling og håndtering av maur

Maurene ble samlet inn i samarbeid med skadedyrbekjempere i mai og begynnelsen av juni. Reir i bygninger ble lokalisert, og angrepne strukturer ble åpnet for å få tilgang til maurene. Arbeidermaur ble samlet inn ved hjelp av en saktegående støvsuger og via overføring av tett befolket isolasjons- eller byggemateriale til store innsamlingskasser. Vi brukte maur fra tre forskjellige steder i Tønsberg kommune, og maur fra forskjellige kolonier ble ikke blandet. Maurene ble oppbevart i inntil fire døgn i mørke ved 10 °C før eksperimentene begynte. Pinsett og små glassampuller ble brukt til å håndtere maurene under overføringen fra innsamlingskassene til maurbeholderne som ble benyttet i eksperimentene. Maurene hadde kontinuerlig tilgang til honningvann (ca. 25 % honning oppløst i vann fra springen) under både oppbevaring og eksperimenter. Honningvannet ble gjort tilgjengelig for maurene gjennom glassrør lukket med en bomullsstrimmel. Via bomull gjennomtrukket av honningvann kunne maurene spise ved behov. På slutten av hvert eksperiment ble antall levende og døde maur talt opp for å sikre at den målte evnen til å motstå utgraving ikke ble påvirket av variasjoner i maurdødelighet.

Testenheter og testfasiliteter

Maurkasser: Testene ble utført i hvite 10,8 l plastbøtter eller i gjennomsiktige rektangulære 21,0 l kasser (bilde 3). Lokkene som forseglet maurkassene, hadde to små åpninger ($\varnothing = 3,0$ cm) som gjorde det mulig å overføre maur og undersøke aktiviteten visuelt. Åpningene ble lukket med kompakte gummikorker under eksperimentet. For tilførsel av frisk luft hadde lokket på bøtten en større åpning ($\varnothing = 8,4$ cm) på midten som var permanent dekket av et finmasket nett. De firkantede kassene hadde en smal åpning mellom kassen og lokket for lufttilførsel.



Bilde 3: Kasser brukt til å teste isolasjonens evne til å motstå reirutgraving forårsaket av stökkmaur (*Camponotus ligniperda*).

Isolasjonsblokker: Under eksperimentene ble det benyttet tre forskjellige typer isolasjon. Foamglas (T4+, Foamglas, Tessenderlo, Belgia), polystyrenisolasjon med normal tetthet (Jackopor 80 – EPS, JACKON Insulation GmbH, Steinhagen, Tyskland) og polystyrenisolasjon med høy tetthet (Jackofoam 200 – XPS, JACKON Insulation GmbH, Steinhagen, Tyskland) ble testet for sin evne til å motstå maurutgraving. Jackopor og Jackofoam betegnes heretter som henholdsvis EPS (**E**xpanded **P**oly**S**tylene) og XPS (**e**Xtruded **P**oly**S**tylene). Standardiserte isolasjonstestenheter som målte 10 x 10 x 10 cm, ble skåret ut fra større isolasjonsblokker.

Testfasiliteter: Alle eksperimenter ble utført ved Folkehelseinstituttets fasiliteter. De tre eksperimentene ble utført under forskjellige temperatur- og lysforhold. Den omfattende testen av reiretablering ble utført med en gjennomsnittstemperatur på $25,5 \pm 0,1$ °C og en lyssyklus på 12:12 timer, lys:mørke. Temperaturen under eksperimentet med påbegynnelse av reirbygging var $21,9 \pm 0,1$ °C, og maurene hadde en naturlig lyssyklus (ca. 17:7 timer, lys:mørke) via vinduer med dagslys. Det samme lyssystemet ble brukt under eksperimentet med varmepreferanse, men temperaturene ble da tilpasset temperaturforskjellene i kassene.

Måling av skade

Skaden som stokkmaurene forårsaket, ble kvantifisert på fire ulike måter:

- 1)** Blokkene ble veid før og etter eksperimentene, og forskjellen mellom de to målingene ble brukt til å beregne vekttapet.
- 2)** Den relative skaden med hensyn til fjernet vekt delt på opprinnelig vekt uttrykt i prosent.
- 3)** Det utgravde området på testisolasjonskubens overflate ble målt med 1 cm² presisjon.
- 4)** Reirene ble kategorisert i henhold til utgravingens kompleksitet ved hjelp av poengtallene **0** for ingen skade, **1** for påbegynt utgraving hvor kun kantene var angrepet, **2** for tydelig utgravd reirstruktur med horisontale kamre og ganger og **3** for komplekse reirstrukturer med både horisontale kamre og horisontalt og vertikalt utgravde ganger.

Eksperiment 1 – påbegynnelse av reirbygging

Ti testenheter (10 × 10 × 10 cm) av hver av de tre isolasjonstypene ble individuelt fordelt på 30 separate bøtter (3 × 10). Alle isolasjonsblokkene ble plassert midt i bøttene med den ene siden av testkuben horisontalt mot bunnen av bøtten (bilde 4). 25 stokkmaur ble deretter plassert i hver bøtte, og påbegynt angrep ble målt ved å registrere forekomst eller fravær av utgravde biter av isolasjonsmateriale. Isolasjonsblokkene ble undersøkt etter 3, 6, 9, 22 og 31 timer. Etter 31 timer ble antall levende og døde maur talt opp, og utgravingen ble kvantifisert ved hjelp av visuell undersøkelse og reirets kategoripoengsum (se «Måling av skade» ovenfor for kategoribeskrivelse).



Bilde 4: Plassering av isolasjonsblokker i testbøtter.

Eksperiment 2 – evne til å motstå reirbygging

Åtte testenheter (10 × 10 × 10 cm) av hver av de tre isolasjonstypene ble individuelt fordelt på 24 separate bøtter (8 × 3). Isolasjonsblokkene ble plassert midt i bøttene med den ene siden av testkuben horisontalt mot bunnen av bøtten (bilde 4). 50 stokkmaur ble deretter plassert i hver bøtte, og maurene fikk mulighet til å forsøke å etablere seg i isolasjonsblokkene i fem dager. Etter disse fem dagene ble antall levende og døde maur talt opp, og den påførte skaden ble kvantifisert i henhold til de fire metodene beskrevet ovenfor.

Eksperiment 3 – temperaturens effekt på etablering

16 testenheter (10 × 10 × 10 cm) av hver av de tre isolasjonstypene ble fordelt på 24 firkantede plastkasser (16 / 2 × 3). To og to testenheter av samme type ble plassert med 13 cm avstand i samme kasse (bilde 5). Kassene ble deretter plassert over elektriske varmekabler og satt på en slik måte at kun én av de to isolasjonsblokkene hadde økt temperatur. Den generelle temperaturen i rommet ble holdt lav via klimaanlegget, slik at det var en omtrentlig temperaturgradient på 5 °C mellom de to isolasjonsblokkene. 25 stokkmaurarbeidere ble deretter plassert i hver bøtte sammen med fem maularver. Maurene fikk mulighet til å forsøke å etablere seg i isolasjonsblokkene i tre dager. Tre ganger om dagen ble maurene som hvilte på eller innenfor 1 cm avstand fra de kalde og varme isolasjonsblokkene, talt opp. Eventuell forflytning av larver fra den ubeskyttede utsiden til sikkerheten inne i isolasjonsblokkene ble også registrert. Etter de tre dagene med reiretablering ble antall levende og døde maur talt opp, og påført skade på isolasjonsblokkene ble kvantifisert i henhold til utgravd område.



Bilde 5: Plassering av isolasjonsblokker i testkasser.

Statistisk analyse: Dataene ble analysert i SigmaPlot 12 (Systat Software Inc. San Jose, California, USA). Dataene ble kontrollert for normalitet, og flere sammenligninger ble utført via variansanalyse, mens parvise sammenligninger ble utført via t-tester. Dersom dataene ikke besto normalitetstestene, benyttet vi Mann-Whitney rangsumtest og Kruskal-Wallis variansanalyse. Signifikansnivået ble satt til 0,05, og forskjeller mellom flere sammenligninger ble identifisert ved hjelp av Tukey's test eller post-hoc-tester av Tukey-typen.

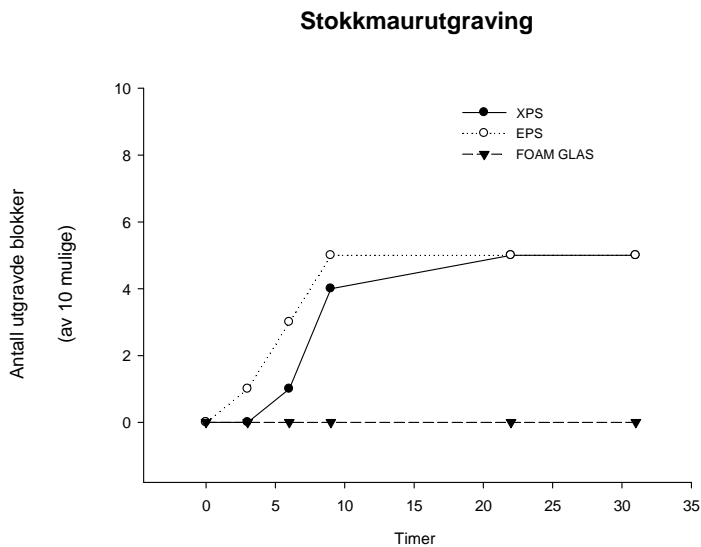
Ytterligere testing: Folkehelseinstituttet ønsker å unngå overdreven bruk av pesticider i boliger og offentlige bygninger, og nye, giftfrie løsninger for skadedyrbekjempelse er generelt interessante for avdelingen for skadedyrbekjempelse. Byggematerialer som er i stand til å motstå maurangrep, kan bidra til redusert etablering og strukturskade og begrense eksponering mot pesticider for de som bruker bygningene. Parallelt med den bestilte sammenligningen mellom EPS, XPS og Foamglas testet vi også andre mye brukte isolasjonsmaterialer (GLAVA og ROCKWOOL), samt to forskjellige blandinger av EPS-pellets og betong (EPS-pellets blandet med 12,5 % betong og EPS-pellets blandet med 25 % betong). Opplysninger om disse eksperimentene er ikke gitt, men de ble utført som eksperiment 1 og 2. Tall som kan sammenlignes med figur 1, 2 og 3A-D og som viser hele testomfanget, er gitt i vedlegget på slutten av rapporten.

Resultater

Samtlige av de innsamlede maurene tilhørte arten *C. ligniperda*. Totalt 2550 arbeidermaur og 120 larver ble brukt i eksperimentet. Den totale dødeligheten i de ulike testkassene var $27,6 \pm 2,3$ %. Det ble ikke observert noen forskjell i dødelighet mellom de tre isolasjonsbehandlingene i noen av de tre eksperimentene (eksperiment 1 – Kruskal-Wallis variansanalyse: $H = 1,285$, $p = 0,526$; eksperiment 2 – variansanalyse: $F = 0,049$, $p = 0,952$; eksperiment 3 – variansanalyse: $F = 0,812$, $p = 0,458$).

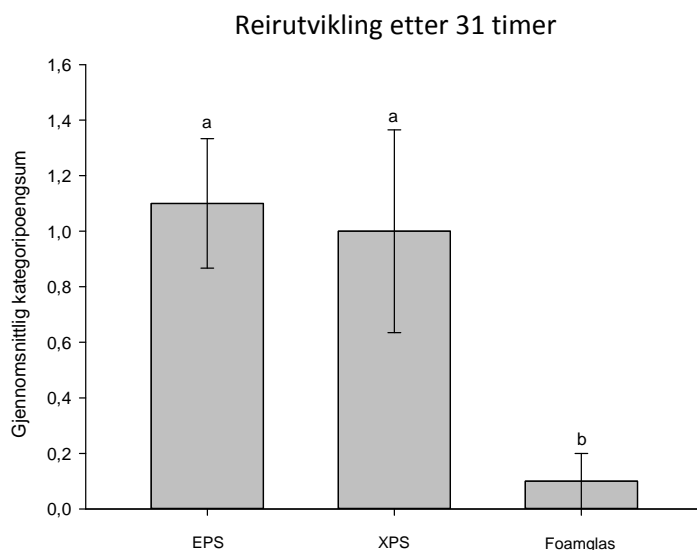
Eksperiment 1 – påbegynnelse av reirbygging

Det første tegnet på utgraving dukket opp etter tre timer i EPS og seks timer i XPS (figur 1). Polystyrenisolasjon hadde en økning i antall isolasjonskuber som ble gravd ut av stokkmaur fram til 22-timerskontrollen. På dette tidspunktet hadde 50 % av både EPS- og XPS-isolasjonsblokkene tegn på reiraktivitet, mens Foamglas tilsynelatende var uskadd.



Figur 1: Stokkmaurutgraving i EPS-, XPS- og Foamglas-isolasjon. X-aksen representerer tiden i timer fra maurene ble sluppet løs, og y-aksen representerer antall blokker (av 10 mulige) som viser tegn på utgraving.

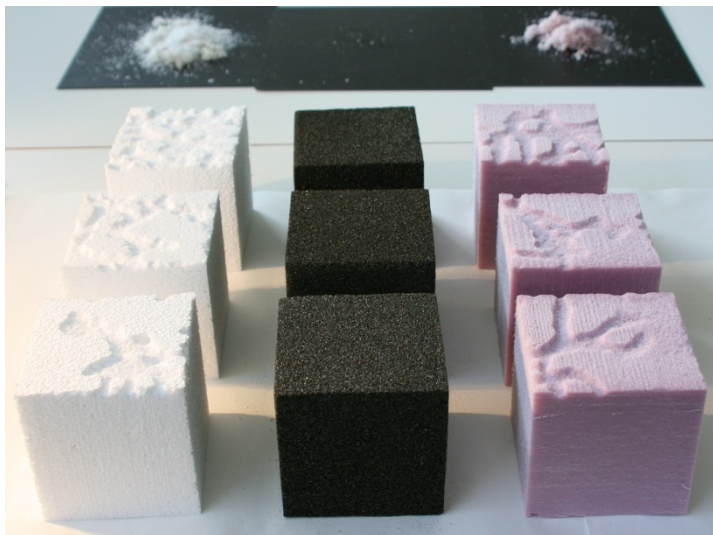
Visuell undersøkelse og reirstrukturenes kategoripoengsum etter 31 timer viste en betydelig forskjell mellom de tre isolasjonstypene (variansanalyse med rang: $H = 13,24$, $p < 0,001$), og følgende sammenligning av Tukey-typen slo fast at Foamglas var betydelig mindre utgravd enn EPS og XPS (figur 2). Både EPS og XPS hadde reir som tilhørte den avanserte kategorien med kamre og ganger (bilde 6), mens Foamglas kun hadde ett identifiserbart bitemerke i isolasjonsblokken.



Figur 2: Stokkmaurutgraving i EPS-, XPS- og Foamglas-isolasjonsblokker. Den gjennomsnittlige kategoripoengsummen \pm SE er basert på verdien 0 for ingen skade, 1 for påbegynt utgraving hvor kun kantene er angrepet, 2 for tydelig utgravd reirstruktur med horisontale kamre og ganger og 3 for komplekse reirstrukturer med både horisontale kamre og horisontalt og vertikalt utgravde ganger. 10 blokker av hver isolasjonstype ble brukt, og skade ble registrert etter 31 timer. Behandlinger som er vesentlig forskjellige fra hverandre, er angitt med forskjellige små bokstaver (a og b).

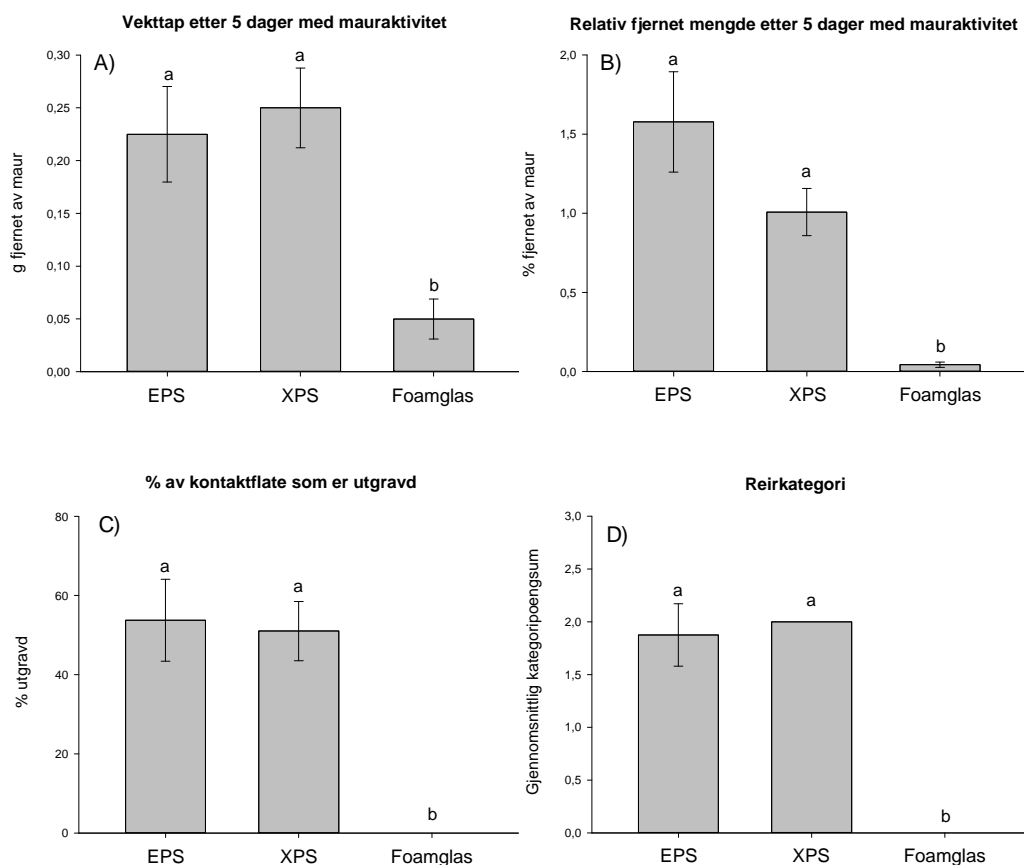
Eksperiment 2 – evne til å motstå reirbygging

Etter fem dager med tilgang til de tre isolasjonstypene ble det funnet avanserte maurreir (bilde 6) i sju av åtte EPS-isolasjonsblokker, i åtte av åtte XPS-isolasjonsblokker og i null av åtte Foamglas-isolasjonsblokker. Omfattende mengder av små biter utgravd EPS og XPS ble funnet i forbindelse med reiraktiviteten, mens det i bøttene med Foamglas-blokker kun var små mengder fint støv fra mauraktivitet og bevegelse på den ytre overflaten av isolasjonen. Sammenligningen av vekttapet viste en betydelig forskjell mellom de tre isolasjonstypene når det gjaldt både absolutte og relative verdier (absolutte verdier – variansanalyse: $F = 9,279$, $p < 0,001$; relative verdier – variansanalyse med rang: $H = 13,242$, $p < 0,001$). Følgende tester slo fast at Foamglas var mindre utsatt for



Bilde 6: Visualisering av reirutgraving. Kamre og ganger ble funnet i EPS og XPS, men ikke i Foamglas. Utgravd isolasjon ses i bakgrunnen.

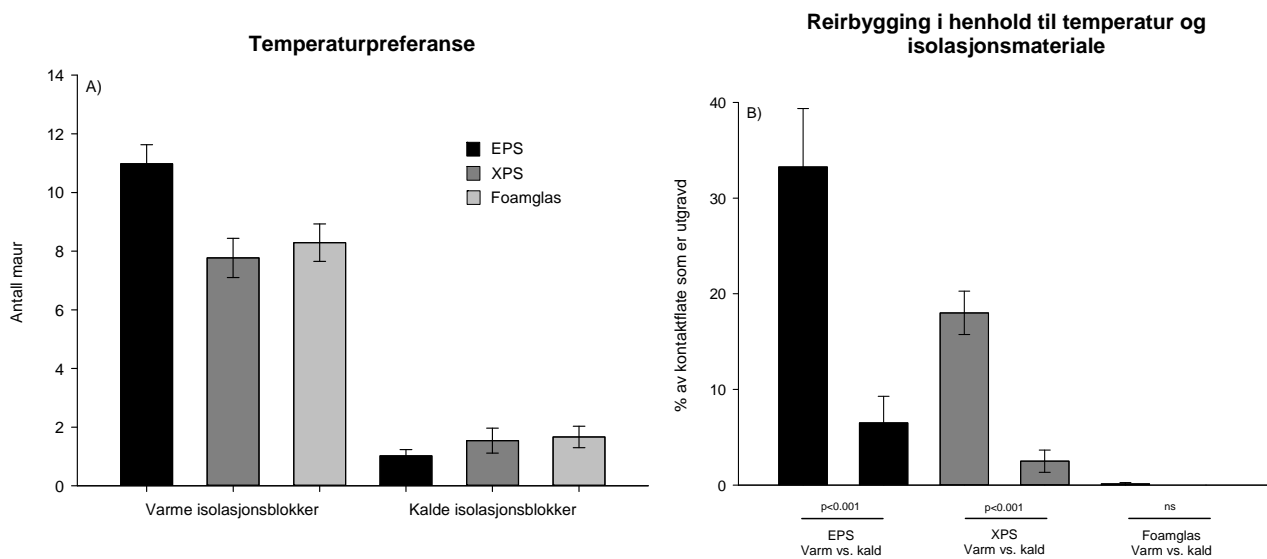
maurutgraving enn EPS og XPS (figur 3 A og 3 B). Foamglas hadde ingen tegn på utgraving, mens EPS og XPS i gjennomsnitt hadde utgraving i $53,7 \pm 10,4 \text{ cm}^2$ og $51,0 \pm 7,5 \text{ cm}^2$ av kontaktflaten som vendte nedover (100 cm^2). Maurene angrep aldri de andre fem sidene av kubene. Denne forskjellen mellom EPS, XPS og Foamglas var betydelig (variensanalyse med rang: $H = 14,304$, $p < 0,001$), med likt og høyere skadenivå på de to polystyrenproduktene (figur 3 C). Reirets kategoripoengsum viste også betydelige forskjeller mellom de tre isolasjonsproduktene (variensanalyse med rang: $H = 18,027$, $p < 0,001$), hvor Foamglas i betydelig større grad motsto utgraving enn de to polystyrenproduktene (figur 3 D). EPS hadde ett avansert kategori 3-reir med reirstrukturer på både horisontalt og vertikalt plan. De resterende seks reirene hadde en horisontal plassering. XPS hadde åtte kategori 2-reir med kun horisontalt plasserte kamre og ganger. Foamglas hadde ingen reir. Gjennomsnittlig kategoripoengsum var henholdsvis $1,9 \pm 0,3$, $2,0 \pm 0,0$ og $0,0 \pm 0,0$ for EPS, XPS og Foamglas.



Figur 3: Gjennomsnittlig skade \pm SE forårsaket av stokkmaurutgraving (*Camponotus ligniperda*) i EPS-, XPS- og Foamglas-isolasjonsblokker. A) Vekttap i gram, B) relativt vekttap i %, C) utgravd kontaktflateområde og D) kategori-poengsum basert på verdien 0 for ingen skade, 1 for påbegynt utgraving hvor kun kantene er angrepet, 2 for tydelig utgravd reirstruktur med horisontale kamre og ganger og 3 for komplekse reirstrukturer med både horisontale kamre og horisontalt og vertikalt utgravde ganger. 8 blokker av hver isolasjonstype ble brukt, og skade ble kvantifisert etter 5 dager. Behandlinger som er vesentlig forskjellige fra hverandre, er angitt med forskjellige små bokstaver (a og b).

Ekspiriment 3 – temperaturens effekt på etablering

Det ble etablert en tydelig temperaturgradient mellom oppvarmede og kalde isolasjonsblokker. De kalde blokkene hadde en gjennomsnittstemperatur på $19,8 \pm 0,3$ °C sammenlignet med de varme blokkene, som hadde et gjennomsnitt på $24,8 \pm 0,6$ °C. Maurene hadde en generell preferanse for høyere temperaturer (Mann-Whitney rangsumtest: $T = 29612,3$, $p < 0,001$) med et gjennomsnittlig antall på $9,0 \pm 0,3$ som hvilte i nærheten av de oppvarmede isolasjonsblokkene, sammenlignet med $1,4 \pm 0,2$ i nærheten av de kalde blokkene. Denne varmpreferansen ble observert uavhengig av isolasjonstype i testkassene (figur 4 A). Den generelle varmpreferansen førte også til økt reiraktivitet i varme blokker sammenlignet med kalde blokker for både EPS og XPS, men ikke for Foamglas (t-test EPS: $t = 26,750$, $p < 0,001$; t-test XPS: $t = 6,080$, $p < 0,001$; Mann-Whitney rangsumtest Foamglas: $t = 72,000$, $p = 0,72$, figur 4 B). Larver ble flyttet fra utsiden av blokkene til de nybygde reirene innen to dager etter utgraving, og 15 av de 16 reirene med larver ble lokalisert i de varme isolasjonsblokkene. Noe reiraktivitet fant også sted i kalde EPS- og XPS-isolasjonsblokker (figur 4 B).



Figur 4: Gjennomsnittlig \pm SE A) opphopning og B) skade forårsaket av stokkmaurutgraving (*Camponotus ligniperda*) i EPS-, XPS- og Foamglas-isolasjonsblokker. Skade kvantifiseres i henhold til utgravid kontaktflateområde. 16 blokker av hver isolasjonstype ble brukt i en parvis valgsituasjon med kalde ($19,8 \pm 0,3$ °C) og varme ($24,8 \pm 0,6$ °C) blokker som valg. Skade ble kvantifisert etter tre dager. Svarte stolper representerer EPS, mørkegrå representerer XPS og lysegrå representerer Foamglas.

Diskusjon

I alle testene som ble utført, viste Foamglas T4+ seg å være mer motstandsdyktig mot etablering av stokkmaur enn begge de to polystyrenproduktene. Det ble ikke funnet reir i Foamglas, mens de fleste polystyrenblokkene ble okkupert og vaktet av maur. De ubetydelige tegnene på mauraktivitet i Foamglas er trolig forårsaket av mislykkede utgravingsforsøk eller aggressiv atferd, dvs. soldatmaur som angriper alt fra pinsetter og glassampuller til isolasjonsblokker når de blir håndtert under eksperimentene. Det ble også observert noe variasjon mellom EPS og XPS, men de tydelige reirstrukturene som er typiske for et maursamfunn, ble observert i alle utgravingsstilfeller (Tschinkel, 2005). Variasjonen mellom de to polystyrenproduktene var ikke stor nok til å kunne bekrefte noen forskjeller mellom dem. Disse resultatene samsvarer godt med observasjoner fra felten, hvor man ofte finner maurreir i polystyren (Birkemo, 2002).

Maurenes hensikt med utgravingen var å bygge tilfluktssted og beskyttelse for individene i testkassene. Under eksperimentene flyttet stadig flere maur fra utsiden til innsiden av isolasjonsblokkene, noe som førte til en tilnærmet naturlig situasjon hvor de fleste arbeiderne holdt seg skjult i reiret. I noen tilfeller observert vi også at maurene omhyggelig plasserte biter av utgravid materiale rundt glassampullen med honningvann, som om de ville beskytte eller skjule matkilden sin. Dette skyldes trolig den unaturlige situasjonen uten vegetasjon, jord eller grus i testkassene, men det viser at den utgravede isolasjonen kan brukes av maurene. I denne studien testet vi *C. ligniperda* og fant tydelige forskjeller i atferd når de ble stilt overfor ulike typer isolasjon. Andre arter som graver ut isolasjonsmateriale, for eksempel *Camponotus herculeanus* Latreille, 1802, *Lasius niger* Linnaeus,

1758 og *Formica fusca* Linnaeus, 1758, kan ha lignende variasjon i reirbygging avhengig av materialeegenskaper. Men ettersom vi i våre eksperimenter valgte en av de mest robuste artene når det gjelder utgraving, er det sannsynlig at isolasjonens evne til å motstå angrep vil være høyere dersom andre arter forsøker å etablere seg. Det er kjent at det forekommer små forskjeller i habitatpreferanser på tvers av nært beslektede arter (Klotz *et al.*, 1998), og det er sannsynlig at det er en vekselvirkning mellom artenes spesifikke karaktertrekk og isolasjonsmaterialet de møter på. Ytterligere studier er nødvendige for å avdekke eventuelle likheter eller forskjeller på tvers av arter og isolasjonstyper.

For å evaluere skaden som stökkmaurene hadde forårsaket, brukte vi fire forskjellige typer skadevurdering. Et bestemt antall maur trenger et spesifikt område hvor de kan bevege seg og hvile inne i isolasjonsblokkene. Dersom maurene er i stand til å grave ut isolasjonen, gir ikke vekten som fjernes fra blokken alene informasjon om evnen til å motstå maurangrep. Maurene kan rett og slett stanse aktiviteten når de har nok plass. På lignende måte påvirkes det relative vekttapet av isolasjonsblokkens opprinnelige vekt, og gir dermed ikke informasjon om isolasjonens evne til å motstå maurenes reiraktivitet. Tallene er imidlertid viktige når det gjelder tap av isolasjon eller skade i bygninger. Dersom vi hadde tatt med tiden som en faktor, kunne det ha indikert hvor enkelt isolasjonen graves ut. I påbegynnelseeksperimentet hadde EPS og XPS litt ulik framdrift med hensyn til valg av tidspunkt for angrepet. Dette kan forklares av små variasjoner mellom de to produktene når det gjelder utgravingsutsatthet. Maurene begynte å grave på kanten av isolasjonen og typisk på den siden av kuben som vendte ned. På denne måten etablerte de reiret i overgangen mellom den harde plastbunnen og isolasjonen. I begge polystyrenmaterialene gravde maurene ut en stor del av overflaten som vendte ned. Som regel lot de kantene være intakte for å skape avstengte kamre, og inngangen til kamrene var smal. Dette viser at de lager beskyttede områder som effektivt hindrer fiender i å trenge inn, og som lett kan forsvares. Reir med flere kamre kan også tyde på påbegynte, komplekse reirstrukturer med forskjellige samfunnsoppgaver (Tschinkel, 2005). Noen få isolasjonsblokker hadde også tegn på tredimensjonal strukturering av reiret, noe som potensielt gir enda mer beskyttelse, større differensiering mellom kamrene og dermed mer skade på isolasjonen. Å inkludere både måling av utgravd område og reirkategori gir en verdifull kvantifisering av skade, siden det er direkte knyttet til antall maur som er til stede, og gir biologisk relevant informasjon om hvordan isolasjonen brukes.

Materialets tetthet, konsistens og hardhet er faktorer som regulerer reirbyggingen. Det er åpenbart en grense for hvilken type materiale maurene klarer å bite gjennom, og harde materialer kan effektivt hindre maurangrep. De fleste isolasjonsmaterialer som benyttes i dag, er imidlertid mindre kompakte og mykere enn tørket trevirke, som stökkmaur er kjent for å grave ut (Fowler, 1990; Akre & Hansen, 1990; Birkemoe, 2002; Hansen & Klotz, 2005; Ottesen *et al.*, 2009), og ingen av de testede materialene var kompakte eller harde nok til å skape en slik forebyggende effekt. Foamglas har den høyeste tettheten av de tre isolasjonstypene, men den tydelige forskjellen mellom polystyren og Foamglas kan neppe forklares av denne parameteren alene, fordi tettheten og hardheten er innenfor de grenseverdiene som stökkmaur er i stand til å grave ut. Det er mer sannsynlig at konsistens og kjemiske eller mekaniske egenskaper virker sammen med tettheten og forebygger angrep. Sammenlignet med polystyren har Foamglas-isolasjon en tendens til å smuldre opp til et fint støv i stedet for de bittesmå bitene som oppstår når polystyren graves ut. Det kan gjøre det vanskelig å tygge på Foamglas, men også skape problemer med å rydde kamrene og gangene. En svovelaktig lukt

frigjøres dessuten når Foamglas kuttet eller håndteres, og dette kjemikaliet kan ha en frastøtende effekt eller forstyrre den intrikate kjemiske kommunikasjonen som finnes hos alle maurarter (Gullan & Cranston, 2010). En tredje mulig faktor er knyttet til fysisk skade på maurene. Det fine Foamglasstøvet kan feste seg til maurenes kutikula og dermed skade det beskyttende vokslaget eller på annen måte forstyrre nødvendige fysiologiske prosesser. Vi observerte ingen forskjell i dødelighet mellom isolasjonsbehandlingene, men maurene kan ha blitt pasifisert av en slik effekt. Ytterligere studier er nødvendige for å identifisere hovedfaktoren eller de potensielle synergiene mellom to eller flere av disse elementene.

Alle testene våre ble utført i et laboratoriemiljø med relativt få maur, og resultatene kan ikke automatisk ekstrapoleres direkte til en feltsituasjon, ettersom biotiske elementer som fuktighet og temperatur kan påvirke isolasjonens egenskaper i forhold til maurenes biologi. Studien gir likevel en sterk indikasjon på at Foamglas i mye større grad kan motstå utgraving enn de mest utbredte isolasjonstypene. Basert på disse undersøkelsene er det sannsynlig at Foamglas tilbyr en løsning på flere skademauproblemer. Reiraktivitet fra maur blir ofte observert i polystyrenisolasjon, men ikke i Foamglas-isolasjon. Dette sammenfaller med vår studie, men kan i like stor grad forklares av mindre hyppig bruk, eller annerledes bruk, av Foamglas i bygninger. Det er mulig å gjennomføre feltstudier som tester ulike isolasjonstyper for å oppnå en direkte sammenligning av isolasjonstyper, men dette er en arbeidsintensiv oppgave og trolig for dyrt og tidkrevende til å lønne seg. Mer avanserte valgekspesimenter i et simulert naturlig miljø kan imidlertid være av allmenn interesse for å lukke den nåværende kløften mellom laboratorie- og feltstudier. Vårt valgekspesiment med varme og isolasjon utforsker til en viss grad en mer feltnær situasjon. Under naturlige forhold foretrekker maurene ofte varme framfor kalde mikroklimatiske forhold (Chen *et al.*, 2002), og mange av maurangrepene i områder med kjølig klima kan være et resultat av den høye temperaturen i bygninger (Birkemoe, 2002; Ottesen *et al.*, 2009). Det er også kjent at maur etablerer reirene sine i nærheten av eksterne varmekilder, og man tror at godt skjulte reirstrukturer er plassert i isolerte og oppvarmede gulv (Birkemoe, 2002). Til tross for at alle maurene i eksperimentene våre samlet seg i nærheten av varmekilden, etablerte de seg ikke i den varme Foamglas-isolasjonen. Dette styrker argumentet for en potensielt forebyggende løsning ved bruk av den mindre maurutsatte isolasjonstypen.

I denne studien undersøkte vi tre isolasjonstyper. Valget av Jackopor 80 og Jackofoam 200 var basert på tilgjengelighet i lokale butikker, mens Foamglas T4+ ble levert av Foamglas. De fleste isolasjonstyper har et bredt spekter av egenskaper, og ideelt sett skulle samtlige ha blitt testet for evnen til å motstå maurutgraving. Men ettersom det er sannsynlig at flere av isolasjonens egenskaper vil påvirke reiraktiviteten, er det ut ifra et forskningssynspunkt viktigere å identifisere de underliggende mekanismene for avvisning eller aksept av reirunderlaget. Denne studien bidrar til å gi økt kunnskap om reiraktivitet hos stokkmaur ved å peke på potensielle mekanismer bak evnen til å motstå maurangrep. Basert på resultatene av denne studien er det også slått fast at det er tydelige forskjeller mellom de testede produktene, og at Foamglas er betydelig mindre utsatt for maurutgraving i laboratoriet. Foamglas ser ut til å være det produktet som bør velges for å unngå maurutgraving i områder med høy risiko for stokkmaurangrep. Takket være Foamglas' spesifikke egenskaper kan produktet bidra til redusert etablering av maur, mindre skade og dermed mindre bruk av pesticider i innemiljøer.

Referanseliste

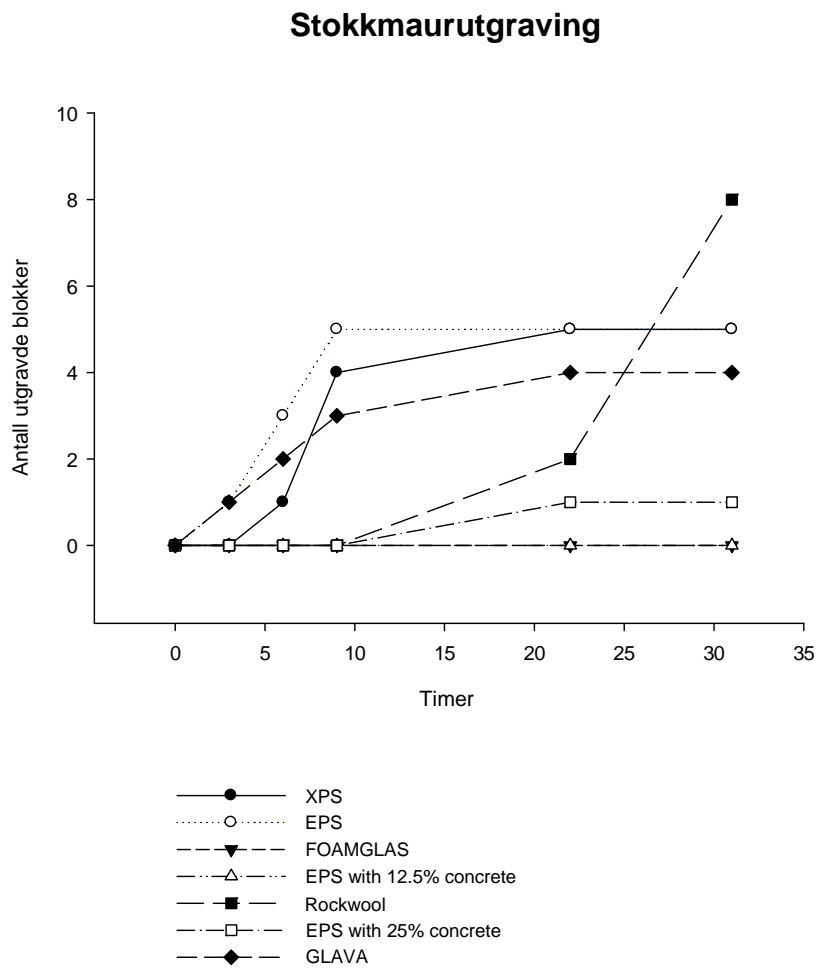
- Akre, R.D.&Hansen, L.D. 1990. Management of carpenter ants. *Applied myrmecology*, 693-700.
- Akre, R.D., Hansen, L.D., & Myhre, E.A. 1994. Colony Size and Polygyny in Carpenter Ants (Hymenoptera, Formicidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, **67**, 1-9.
- Birkemoe, T. 2002. Structural infestations of ants (Hymenoptera, Formicidae) in southern Norway. *Norwegian journal of entomology*, **49**, 139-142.
- Buczowski, G. 2011. Suburban sprawl: environmental features affect colony social and spatial structure in the black carpenter ant, *Camponotus pennsylvanicus*. *Ecological Entomology*, **36**, 62-71.
- Butovitsch, V. 1976. Über vorkommen und schadwirkung der rossameisen *Camponotus herculeanus* und *C. ligniperda* in Gebäuden in Sweden. *Mater Organismen*, **11**, 161-170.
- Chen, Y., Hansen, L.D., & Brown, J.J. 2002. Nesting sites of the carpenter ant, *Camponotus vicinus* (Mayr) (Hymenoptera : Formicidae) in northern Idaho. *Environmental Entomology*, **31**, 1037-1042.
- Collingwood, C. A. (1979) *The Formicidae (Hymenoptera) of Fennoscandia and Denmark*, pp. 1-175 Scandinavian Science Press Ltd, Klampenborg.
- Douwes, P. et al. (2012) *Nationalnyckeln till Sveriges flora og fauna. Steklar: myror - getingar, Hymenoptera: Formicidae - Vespidae*, pp. 1-382 ArtDatabanken, SLU, Uppsala.
- Fowler, H.G. 1990. Carpenter ants (*Camponotus* spp.): pest status and human perception. *Applied myrmecology*, 525-532.
- Gullan, P. J. & Cranston, P. S. (2010) *The insects: an outline of entomology*, pp. 1-565 Wiley-Blackwell, Oxford.
- Hansen, L. D. & Klotz, J. H. (2005) *Carpenter ants of the united states and canada*, pp. 1-204 Cornell university press, Cornell.
- Hölldobler, B. & Wilson, E. O. (1990) *The ants*, pp. 1-732 Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Klotz, J.H. et al. 1998. Spatial distribution of colonies of three carpenter ants, *Camponotus pennsylvanicus*, *Camponotus floridanus*, *Camponotus laevigatus* (Hymenoptera : Formicidae). *Sociobiology*, **32**, 51-62.
- Klotz, J.H. et al. 1995. A Survey of the Urban Pest Ants (Hymenoptera, Formicidae) of Peninsular Florida. *Florida Entomologist*, **78**, 109-118.
- Mallis, A. & Hedges, S. A. (1997) *Handbook of pest control : the behaviour, life history, and control of household pests* , pp. 1-1456 Mallis Handbook & Technical Training Company, USA.
- Mankowski, M.E.&Morrell, J.J. 2011. Role of Relative Humidity in Colony Founding and Queen Survivorship in Two Carpenter Ant Species. *Journal of Economic Entomology*, **104**, 740-744.
- Ottesen, P., Birkemoe, T., & Aak, A. 2009. Tracing carpenter ants (*Camponotus* sp.) in buildings with radioactive iodine 131I. *International Journal of Pest Management*, **55**, 45-49.

Rust, M. K. & Su, N. Y. (2012) *Managing social insects of urban importance*, pp. 355-375.

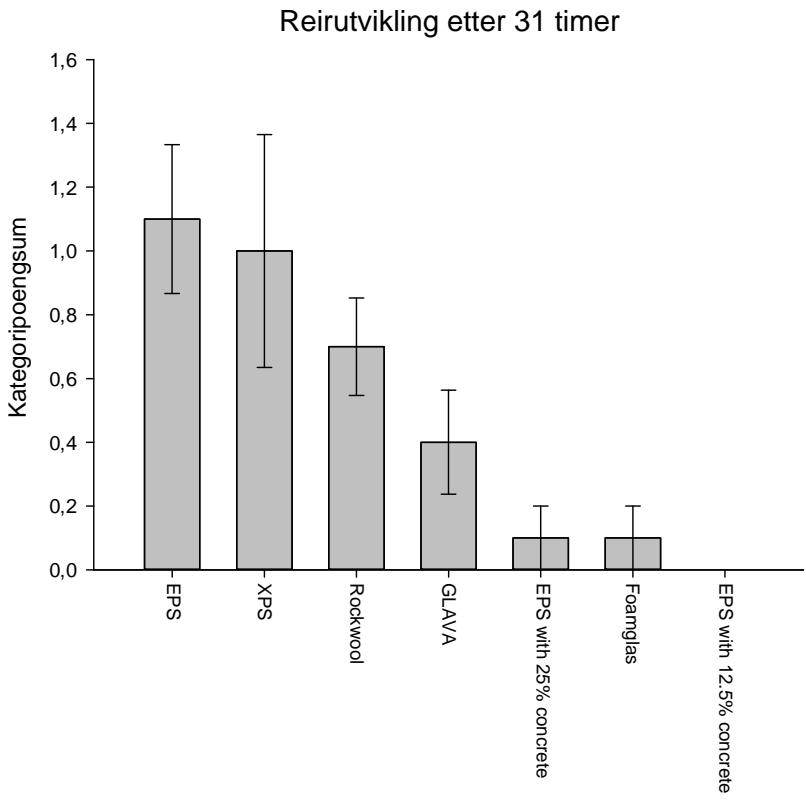
Tschinkel, W.R. 2005. The nest architecture of the ant, *Camponotus socius*. *Journal of Insect Science*, **5**.

Vedlegg

Figur A-1: Kan sammenlignes med **figur 1** i rapporten.



Figur A-2: Kan sammenlignes med **figur 2** i rapporten.



Figur A-3: Kan sammenlignes med **figur 3** i rapporten.

