

Frysing av arkiv som tiltak mot skjeggkre

IKA Kongsberg IKS

Anette Myrestøl Espelid og Henriette Sagengen Øygarden

Prosjektet

Prosjekttittel: Frysing av arkiv som tiltak mot skjeggkre

Prosjekteier: IKA Kongsberg

Prosjektansvarlig: Torleif Lind

Prosjektleder: Anette M. Espelid

Prosjektgruppe: Anette M. Espelid og Henriette S. Øygarden. Deltagende ved oppstart: Mycoteam v/ Johan Mattson og Kristina Holmberg.

Oppsummering

Formålet med dette prosjektet har vært å finne trygge metoder for frysing av arkivmateriale for å sikre det mot skjeggkre. Prosjektet har i hovedsak blitt utført ved IKA Kongsberg. I tillegg har forsøk blitt utført av Mycoteam og RISE-PFI.

Etter at Mycoteam undersøkte og fant skjeggkreenes letalitetstemperatur, ble det gjennomført fryseforsøk ved IKA Kongsberg. Deler av dette materialet ble sendt til riv- og slitstyrketesting ved RISE-PFI. Resultatene av testene viser at det er effektivt å fryse arkivmateriale, dersom det gjøres på en forsvarlig måte. I rapporten tar vi for oss ulike problemstillinger som berører risiko for skade på arkivmaterialet. Vi ser også på hvilke faktorer som bør vurderes for at en frysing kan gjennomføres på en forsvarlig og kostnadseffektiv måte.

Prosjektet er gjennomført med støtte fra Arkivverket, gjennom Riksarkivarkivarens utviklingsmidler for arkivsektoren.

Kongsberg, desember 2019.

Innholdsfortegnelse

Innledning	1
Studier av papirkvalitet og skadedyr	4
Gjennomføring av fryseforsøk ved IKA Kongsberg	9
Frysing av arkivmateriale – problemstillinger og risikoområder	15
Konklusjon.....	23
Litteratur	24

Vedlegg 1-7

Vedlegg 1: Mycoteam – Nedfrysning av skjeggkre, resultat fra laboratorieforsøk. FOU-rapport.

Vedlegg 2: RISE PFI – Måling av slit og riv-styrke samt flatevekt. Rapport.

Vedlegg 3: RISE-PFI – sammendrag med grafer.

Vedlegg 4: Forsøksdata – frysing av materiale til testing ved RISE-PFI

Vedlegg 5: Eksempelgraf – temperaturutvikling ved frysing av arkivbokser

Vedlegg 6: Forsøksdata – fryseforsøk arkivbokser

Vedlegg 7: Forsøksdata – fryseforsøk protokoller

1. Innledning

Skjeggkre har vært en stor utfordring for arkivsektoren de siste årene. Målet med dette prosjektet har vært å finne en kostnadseffektiv metode for å bekjempe skjeggkre og skjeggkreegg i arkiv og depot gjennom frysing av arkivmateriale.

I 2013 ble de første sikre observasjonene av skjeggkre (*Ctenolepisma longicaudata*) gjort i Norge. De kan forveksles med vanlig sølvkre, men er større, har lengre haletråder og en mer fremtredende behåring. Skjeggkre er et ekstremt seiglivet insekt som tåler tørrere klima enn sølvkre, og har vist seg å tåle både varme og kulde godt. Spredningen i Norge har foregått svært hurtig, trolig gjennom transport av varer og emballasje. I tillegg er det grunn til å tro at de godt isolerte byggene i Norge gir dem ekstra gode vekstforhold.¹

Skjeggkre er med andre ord et relativt nytt og økende problem. Fordi de spiser både dyre- og plantemateriale er de en alvorlig utfordring for arkiv-, bibliotek- og museumssektoren. Skjeggkre livnærer seg blant annet av papir, bøker og pergamenter. Arkivinstitusjoner har et særlig og lovpålagt ansvar når det gjelder bevaringen av samfunnsdokumentasjonen for ettertiden, og det er derfor nødvendig at vi tar grep og utformer konkrete tiltak når det gjelder skjeggkre.

I mars 2017 gjorde vi de første observasjonene av skjeggkre i våre lokaler ved IKA Kongsberg. Vi startet da arbeidet med å etablere en IPM-strategi.² Vi begynte med en kartlegging av problemet ved hjelp av limfeller og dobbeltsidig teip. Funnene ble etter hvert mange, men vi klarte å holde magasinet fritt for skjeggkre. I mars 2019 ble det satt ut giftåte i hele bygningsmassen. Denne behandlingen har fungert svært godt hos oss, og åtte måneder etter selve behandlingen ser vi en nedgang på omtrent 97% fra foregående år. Vi har satt i gang en rekke rutiner og tiltak ved vår institusjon, i tillegg til at vi gir eierkommunene våre råd om hvordan de skal håndtere skjeggkreproblemet. Etter at vi begynte med limfeller og kartlegging i 2017 har vi fått mange henvendelser om skjeggkre fra andre arkivinstitusjoner utenfor vår

¹A. Aak, B. A. Rukke, P.S. Ottesen og M. Hage: *Skjeggkre – Biologi og råd om bekjemping*. Rapport i regi av Folkehelseinstituttet 2019: <https://www.fhi.no/publ/2019/skjeggkre--biologi-og-rad-om-bekjemping/>, sist aksessert 18.12.19, kl. 08.30.

² IPM er en forkortelse for *integrated pest management*, integrert skadedyrkontroll på norsk. En IPM-strategi vil si at en på en helhetlig måte tar i bruk ulike metoder som lar seg forene for å forebygge mot og bekjempe skadedyr. Hensikten er at skadedyrkontrollen skal være helse- og miljøvennlig sammenlignet med bruk av gift som bekjempelse.

region, og det er tydelig at dette er en landsomfattende utfordring for alle som driver med papirarkiver i Norge.

Vi mottar mange deponeringer i løpet av et år, og arkivlokaler ute i kommunene er også utsatt for skjeggkreproblematikk. Det er derfor ønskelig å finne en sikker og kostnadseffektiv metode som gjør at man med sikkerhet kan si at en deponering eller avlevering er helt fri for skjeggkre før den kommer inn i magasinet for langtidslagring sammen med annet arkivmateriale. Det er avgjørende å ikke sette den øvrige arkivbestanden i fare for å bli infisert av skjeggkre, og dette er nok en problemstilling for flere arkivinstitusjoner rundt omkring i landet.

Et av målene med dette forskningsprosjektet er å øke kunnskapen og stimulere erfaringsoverføring på dette feltet i arkivsektoren som helhet. Våren 2018 sendte vi ut en spørreundersøkelse om skjeggkre til 34 arkivinstitusjoner i Norge (statlige, kommunale og private), og 28 av arkivinstitusjonene svarte. I undersøkelsen spurte vi blant annet om de hadde funnet skjeggkre i sine lokaler. 82% svarte ja på dette spørsmålet, men på spørsmålet om hvor mange som hadde fryst deponeringer/avleveringer var det bare 28% av institusjonene som svarte at de hadde gjort det.

I perioden fra undersøkelsen ble gjort og frem til i dag har vi allerede delt mye fra vår forskning med andre institusjoner og gitt råd om frysing av arkiv. Vi sendte ut en ny spørreundersøkelse i november 2019, og da hadde alle de spurte institusjonene hatt skjeggkrefunn i sine arkivlokaler. I tillegg til at alle nå hadde gjort skjeggkrefunn hadde også 43% av institusjonene fryst arkivdeponeringer og 31% hadde brukt giftåte som metode mot skjeggkre. Kun 15% hadde både fryst arkivmateriale og brukt giftåte for å bli kvitt skjeggkreene.

Forekomstene av skjeggkre har også økt i andre land, men det har ikke blitt gjort noen større utredninger eller forskningsprosjekt før i 2018.³ På IPM-konferansen i Paris i 2016 rapporterte flere ansatte i museum- og arkivsektoren observasjoner av skjeggkre. Det ble da slått fast i et internasjonalt forum at dette er et økende problem, og at det er et stort behov for forskning på dette området.⁴ Tematikken ble på nytt behandlet ved en IPM-konferanse i regi av Riksantikvarieämbetet i Sverige i 2019, hvor skjeggkreproblematikken ble et gjennomgående tema.

For å forhindre et fremtidig dokumentasjonstap og et ressurskrevende etterslep i skadebegrensning og kontroll er det viktig at man tidlig etablerer en grundig utprøvd metode

³ Se for eksempel. Aak, Rukke, Ottesen og Hage 2019, samt vedlegg 1.

⁴ <https://museumpests.net/2460-2/>. Sist aksessert 18.12.2019, kl. 10.30.

for å fjerne skjeggkre og eggene deres. Bruken av giftåte har vært svært effektiv hos oss, men vi vil også understreke at dette kun er en del av løsningen. En gjennomgående god IPM-strategi bør ligge i bunn hvis man skal håndtere skadedyrproblematikken.

Bruk av gift bør av helsemessige årsaker være begrenset i de aller fleste tilfeller, men vi ser at kombinasjonen giftåte, frysing og kontrolltiltak er vellykket hos oss, og vil være en overførbar strategi som kan tas i bruk de aller fleste steder. Frysing av arkivmateriale kan med andre ord være et effektivt og nødvendig element i en helhetlig og bærekraftig IPM-strategi. Forutsetningen for at frysing av arkivmateriale skal være en effektiv metode mot skjeggkre er at frysingen gjennomføres i henhold til de kriteriene som skal til for å uskadeliggjøre skjeggkreene.

Til tross for at det ikke er utført gjennomgående undersøkelser når det kommer til bekjempelse av skjeggkre i arkivmateriale, er det slått fast at man kan bekjempe skjeggkre gjennom frysing. Blant annet anbefaler Folkehelseinstituttet kuldebehandling, men de har også poengtert at kuldeteransen har vært lite studert hos denne arten.⁵ Det har blitt estimert at skjeggkre dør ved temperaturer under -20°C , men det har fortsatt vært knyttet usikkerhet til hvor lenge skjeggkreene må være fryst og i hvilken grad eggene også dør ved samme temperatur.⁶

Målet med undersøkelsen vår er å finne en kostnadseffektiv metode for å begrense skjeggkre i arkivene. Det er også viktig at metoden skal være gjennomførbar i de fleste lokaler hvor det finnes arkivmateriale, slik at flest mulig arkivskapere og arkivinstitusjoner kan benytte den. Canadian Conservation Institute og andre hevder at man kan bruke vanlige husholdningsfrysere som oppnår temperaturer ned mot -30°C og fortsatt oppnå ønsket resultat. Det vil likevel være en del variabler som vil påvirke utfallet av frysing av arkivmateriale for å drepe skjeggkre. Disse er blant annet mengde, tid, temperaturkontroll og grad av gjennomfrysning. En annen viktig utfordring er at man ikke må utsette materialet for fysisk behandling som skader det, og som umiddelbart eller på sikt kan føre til dokumentasjonstap.

Fordi det er et behov for å finne en kostnadseffektiv og trygg metode for frysing av arkiv har vi gjort undersøkelser av hvilke temperaturer som er nødvendige, hvilke metoder som kan brukes og hvordan disse kan påvirke ulike papirkvaliteter. For å sikre pålitelige data har vi benyttet egnede faglige autoriteter til forsøk på skjeggkre og testing av papirkvalitet.

⁵ Aak, Rukke, Ottesen og Hage 2019.

⁶ Thomas Strang: "Controlling Insect Pests with Low Temperature" *Canadian Conservation Institute Note 3/3*, 1997, oppdatert 2008.

2. Studier av papirkvalitet og skadedyr

Papirproduksjon og studier av papirkvalitet

Papirarkivers tilstand og integritet påvirkes av flere faktorer. Hvordan papiret er produsert, hvordan det har vært og blir oppbevart, og hvordan det behandles og brukes. Frysing av arkivmateriale er en form for behandling av arkivmaterialet, og det er flere ting som kan påvirke hvilken effekt frysingen har på papirmaterialet. Det er viktig å ta høyde for materialets unike egenskaper for ikke å kompromittere materialets integritet. Vi vil derfor kort oppsummere viktige trekk ved papirproduksjon som påvirker papirets egenskaper, før vi tar for oss undersøkelser og forskning som berører eller er relevant for frysing av papirarkiver og papirkvalitet.

Organisk materiale blir lett påvirket av luftfuktigheten i klimaet det oppbevares i. Papir tar lett opp fuktighet, men kan også avgi fuktighet. Papir som tar opp mye fuktighet er utsatt for risiko for mugg, mens papir som avgir mye fuktighet kan bli skjørt, sprøtt og lettere utsatt for mekaniske skader. I tillegg påvirker temperaturendringer papirets masse. Raske og kraftige temperatursvingninger kan derfor lede til rifter og andre mekaniske skader.⁷

Det eldste papiret vi har ble laget av tekstilfibre og har relativ høy kvalitet sammenlignet med papir som senere ble produsert av tremasse. Når det gjelder papir av tekstilfibre, såkalt klutepapir, ble dette mye brukt frem til midten av 1800-tallet. I 1840 fikk man en teknikk for knusing av treverk til bløt masse, og med dette var det mulig å lage papir av treverk.⁸ Produksjonen av papir økte, men metodene som ble brukt medførte at papiret hadde et høyt syreinnhold.

Mot slutten av 1800-tallet begynte den kjemiske modifiseringen i papirproduksjonen, med bruk av blant annet sulfitt og sulfat. For eksempel ble det etter hvert vanlig å tilsette aluminiumsulfat i produksjonsprosessen. Sammen med vann danner aluminiumsulfat svovelsyre.⁹ Over tid fører dette til at papiret blir sprøtt og knekker eller går i oppløsning. Papir produsert i perioden fra ca. 1800 til ca. 1985 er svært syreholdig, og trenger stabil kald og tørr oppbevaring for å kunne

⁷ Liesbeth Hoedemaeker: «Conservation in the Netherlands» i *Fontes Artis Musicae*, Vol. 41, No. 3, 1994: s. 251-255.

⁸ Erich Schön: «Geschichte des Lesens» i Bodo Franzmann; Klaus Hasemann; Dietrich Löffler, og Erich Schön (red.), *Handbuch Lesen*. 2009: s. 39.

⁹ Nina Hesselberg-Wang: *Oppbevaring og håndtering av bøker*. 1988: s. 6.

bevares lenge.¹⁰ Også papir fra 1970-tallet har svært dårlig holdbarhet som en følge av produksjonsmetodene, hvor alunlim fortsatt var vanlig. Først på 1980-tallet begynte man å bruke syrenøytrale limtyper.¹¹

Papirmateriale bør oppbevares i klimakontrollerte lokaler hvor temperaturen er mellom 16°C og 19°C. Den relative luftfuktigheten bør også være stabil, og ligge mellom 30% og 60% for at denne ikke skal være skadelig for papiret.¹²

En studie fra Sverige viser at det dårligste papiret i bøker i svenske bibliotek stammer fra perioden 1860-1890.¹³ Fra 1990-1992 undersøkte det nederlandske departementet for kultur og utdanning tilstanden til landets dokumentarv. De fant at papirmateriale fra perioden 1840-1950 i hovedsak var i dårligst forfatning, på grunn av den dårlige papirkvaliteten som ble brukt i denne perioden.¹⁴ Vi vet mye om aldring og bestandighet og betydningen av oppbevaring når det gjelder ulike papirtyper. Det vi ikke vet like mye om er hvordan frysing påvirker dette. En gjennomgang av tidligere forskning viser at det er gjort relativt få undersøkelser på frysing av papirmateriale og protokoller, sammenlignet med for eksempel frysetørking og frysing av gjenstander. Særlig gjelder dette i hvilken grad frysingen påvirker papirets tåleevne.

Høsten 1995 utførte Sveriges Provnings- og Forskningsinstitut (SP) et forskningsprosjekt for å kartlegge hvordan gjentatt frysing påvirker papirstyrke. I forbindelse med dette prosjektet refereres det til at det var gjort lite forskning på området, en tendens som ser ut til ha holdt seg.

SP målte effekten av gjentatt frysing på papirbestandigheten ved hjelp av folding endurance-metoden, det vil si at papiret blir brettet gjentatte ganger, til man finner papirets bristepunkt. Et representativt utvalg papirtyper med ulike PH-verdier og ulike aldringsegenskaper, produsert mellom 1910 og 1920, ble brukt i studien.¹⁵ Resultatene fra undersøkelsen i Sverige i 1995 viste at gjentatt frysing av papiret ikke gav signifikante negative utslag på papirets tåleevne. I tre av seks tilfeller så man faktisk tendenser til økt tåleevne.¹⁶

¹⁰ Pierre-Marc du Biasi, og Karine Douplitzky: *La Saga du Papier*. 1999: s. 225.

¹¹ Kari Greve: «Papirteknologi – en kort historisk oversikt», 2005. http://nbbs.no/wp-content/uploads/2015/12/art_greve_papirteknologi.pdf. Sist aksessert 05.12.2019.

¹² Kristin Ramsholt: *Kurs i forbeyggende konservering*, 2012: s. 13. (Hefte skrevet for undervisning.)

¹³ Einar Bøhmer: *Kulturarv i fare? Om papirets lagringsbestandighet og forhold som påvirker denne*. 1996: s. 13.

¹⁴ Hoedemaeker 1994: s. 251-255.

¹⁵ Margareta Antonsson og Marie Louise Samuelsson: «Effects of Repeated Freezing on Paper Strength», *SP REPORT 1996:19*. 1996: s. 5-7. Se også Lars Björdal: «Effects of Repeated Freezing on Paper Strength», i *Proceedings of the 3rd Nordic Symposium on Insect Pest Control in Museums*, Stockholm 1998.

¹⁶ Antonsson og Samuelsson 1996: s. 19-24.

Undersøkelsen som ble utført av SP i 1995 er interessant av flere årsaker. For det første viser den at gjentatt frysing av papirmateriale ikke nødvendigvis er skadelig. En ulempe ved forsøket, med tanke på frysing som metode for å uskadeliggjøre skjeggkre i arkiver er at forsøkene er fokusert på papirmateriale fra 1910-1920. Med andre ord er ikke resultatene direkte overførbare til materiale fra perioden ca. 1800-1910 og 1920-2000.

I forbindelse med gjennomføringen av våre forsøk vil vi gjennomføre frysing av arkivbegrenset materiale fra både perioden ca. 1835-1890 og perioden 1960-1990 for å kartlegge hvordan dette påvirker materialet.

Frysing som tiltak mot skadedyr

Det er gjort utstrakt forskning på frysing som metode for å stanse skadedyrangrep på museumsgjenstander.¹⁷ Det man da har funnet er at det er variasjon i hvilke temperaturer som kreves, tilstrekkelig eksponeringstid og antall nødvendige repetisjoner. Disse variasjonene skyldes at noen insekter tåler svært lite, som for eksempel tobakksbille (*Lasioderma serricornis*), mens andre insekter kan akklimatisere seg, og ikke nødvendigvis dør av en frysing. Det er særlig når innfrysingen går langsomt at akklimatisering kan være et problem.¹⁸

I forkant av dette prosjektet hadde det blitt gjort en rekke studier på frysetoleransen til ulike insekter og insektsgrupper, men ingen publiserte studier på sølvkre, skjeggkre, perlekre og nærstående arter. Man hadde ikke data som bekreftet eller avkreftet hvilke temperaturer som måtte til for å uskadeliggjøre skjeggkre, i hvilke grad de evner å akklimatisere seg til kaldere temperaturer og om det var nødvendig å utsette dem for svært lave temperaturer flere ganger før man kunne konstatere at de var uskadeliggjort. I tillegg kan det også være variasjoner mellom hvilke tiltak som er tilstrekkelige for å drepe de ulike stadiene av et insekt, fra egg til nymfer og voksne individer. Individer kan også ha en kuldetoleranse som varierer etter sesong.

¹⁷ Se for eksempel Jan-Erik Bergh m. fl.: "A Contribution to Standards for Freezing as a Pest Control Method for Museums" *Collection Forum* 21, 2006: s. 117-125; Ellen Carrlee: "Does Low-Temperature Pest Management Cause Damage? Literature Review and Observational Study of Ethnographic Artifacts", i *Journal of the American Institute for Conservation* 42, 2003: s. 141-166; Mary-Lou Florian: *Heritage Eaters: Insects and Fungi in Heritage Collections*, 1997; Lisa Mibach: "Modifications to Home Freezers for Pest Control." *WAAC Newsletter*, 1994 s. 26-27.; Tom Strang og Rika Kigawa, "Combating Pests of Cultural Property." *Canadian Conservation Institute, Technical Bulletin* 29, 2009); Thomas J. K. Strang, "A Review of Published Temperatures for the Control of Pest Insects in Museums." *Collection Forum* 8, 1992: s. 41-67, og Strang 1997 (2008).

¹⁸ Strang 1997.

Det vil si at de temperaturene som skal til for å uskadeliggjøre et insekt i sommermånedene ikke nødvendigvis er tilstrekkelig på vinterstid.

Frysing som tiltak mot skjeggkre – resultatene av Mycoteams undersøkelse

På grunn av alle usikkerhetsmomentene når det gjaldt skjeggkreenes tåleevne og letalitetsterskel var det nødvendig å kartlegge disse før vi kunne gjennomføre fryseforsøkene med papirmateriale. Høsten 2018 gjennomførte derfor Mycoteam på oppdrag for IKA Kongsberg forsøk i sine laboratorier for å kartlegge skjeggkreenes frysetoleranse.

Skjeggkre dør i det vannet i kroppsvæskene fryser til is, og cellene ødelegges. Skjeggkreene dør i det de er utsatt for lav nok temperatur. Det betyr at den lave temperaturen ikke trenger å opprettholdes over lang tid, når man først har oppnådd riktig temperatur.¹⁹ Skjeggkreene som ble brukt i Mycoteams forsøk var akklimatisert i minimum fire uker i et klimarom med en temperatur på $+20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ og RH på $80\% \pm 5\%$, samt god næringstilgang. Det ble brukt voksne skjeggkre, nymfer og egg. Fordi det viste seg at nymfene døde raskere enn voksne skjeggkre, ble testene etter hvert begrenset til voksne skjeggkre og egg. Det ble brukt 28 egg og 55 voksne skjeggkre. Forsøkene ble overvåket med temperatursensorer.²⁰

Forsøkene viste at nymfer og voksne har dårlig overlevelsessevne ved lave temperaturer og dør allerede ved temperaturer under 0°C . Skjeggkreegg kan overleve temperaturer ned mot -15°C , men ikke kaldere. Fordi eggene har en betydelig større overlevelsessevne enn de utklekte individene anbefaler Mycoteam at man sørger for at temperaturen når minst -20°C ved en nedfrysingsprosess for å sikre at eventuelle skjeggkreegg dør.²¹

En fullstendig utgave av Mycoteams rapport ligger som vedlegg til denne rapporten

¹⁹ Vedlegg 1: s. 4.

²⁰ Vedlegg 1: s. 6-10.

²¹ Vedlegg 1: s. 11.

Testing av papirkvalitet og resultater

Papirprøver fra ca. 1835, 1869, 1952, 1970 og 1990 ble sendt til RISE-PFI (tidligere Norsk papir- og fiberinstitutt) for testing av riv- og slitstyrke i fryst papirmateriale. Papir fra disse periodene ble valgt på bakgrunn av typiske trekk som kjennetegner papirkvaliteten og produksjonsmetodene i bestemte perioder, samt for å dekke de mest aktuelle periodene for arkivinstitusjoner med papirarkiver, det vil si fra tidlig 1800-tall og frem til i dag.

Innledningsvis ville vi også teste materiale som hadde vært fryst flere ganger, med og uten plast. Dette var for å gjøre en mest mulig komplett undersøkelse, slik at man skulle ha informasjon om hvordan det påvirker materialet dersom det skulle være behov for å fryse papirmateriale flere ganger. For å gjennomføre en så inngående testing kreves store mengder prøvemateriale, av samme produksjon og papirkvalitet som ikke har vært brettet. Dette lot seg dessverre ikke oppdrive, spesielt vanskelig var det å skaffe nok materiale fra 1800-tallet. Forsøket med prøvemateriale ble derfor gjennomført ved at mengden prøvemateriale ble delt i to, hvor den ene delen forble ubehandlet for å fungere som kontrollprøver, den andre ble fryst.

Både i forkant og etterkant av frysingen ble materialet testet, og temperatur (T), relativ luftfuktighet (RH), våttemperatur (T_w), og duggpunkt (DP) kartlagt.²² Endringen i RH før og etter frysing var minimal, fra 0,96 % - 2,63 %. Den minste økningen var i materialet fra 1952, den største økningen var i materialet fra 1835 (2,23 %) og 1869 (2,63 %).²³

I løpet av fryseprosessen fikk materialet som ble fryst en kjernetemperatur på $-41,8^{\circ}\text{C}$. Opptiningen foregikk kontrollert over ca. 48 timer, og ble avsluttet når kjernetemperaturen var over 19°C . Materialet ble deretter sendt til RISE-PFI for testing.

I samråd med RISE-PFI ble det bestemt at materialet skulle testes med riv- og slitstyrketester. Dette er fordi riv- og slitstyrketester i større grad enn folding endurance-metoden svarer til den risikoen som henger sammen med hvordan arkivmateriale blir oppbevart og håndtert. Folding endurance-metoden, som ble brukt av SP i 1995, tester hvor mange ganger et papir kan brettes før det brister. Da arkivmateriale i prinsippet ikke skal brettes, men kan være utsatt for rifter og revner i forbindelse med håndtering falt valget på riv- og slitstyrketester.

²² Våttemperatur er den temperaturen luften får dersom vi avkjøler den ned til metningspunktet, ved å fordampe inn vann og dermed tilføre mer vanndamp (snl.no/våttemperatur). Duggpunktstemperatur er den temperaturen en gassmengde må avkjøles til uten at trykket og dampinnholdet endres, for at den skal bli mettet (snl.no/duggpunkt).

²³ Se vedlegg 2 til 4.

Resultatene fra testingen kan oppsummeres slik: de indekserte verdiene som tar høyde for ulik flatevekt av prøvene viser at det er liten forskjell i styrkeegenskapene ved fryst og ubehandlet prøvemateriale for 1950, 1970 og 1990. Prøvene fra 1835 og 1869 viser en noe større forskjell i styrkeegenskapene.²⁴ Denne forskjellen skyldes trolig at frysingen kan forsterke svakheter som forårsakes av ujevnheter i papiret. Disse ujevnhetene er forårsaket av produksjonsmetodene. Nedgangen i styrkeegenskapene er likevel ikke så betydelige at det er grunn til å fraråde frysing av papir fra 1800-tallet, dersom det er behov for det.

3. Gjennomføring av fryseforsøk ved IKA Kongsberg

Utstyr og metodikk er har vært en viktig del av dette prosjektet. Målet har vært å skape et solid og gjennomiktig datagrunnlag gjennom forsøkene. Dataene danner grunnlaget for og belegger de erfaringene vi har gjort oss i arbeidet med prosjektet. Videre er hensikten at disse erfaringene kan fungere som et supplement til resultatene av undersøkelsene til Mycoteam og RISE-PFI for oss og andre arkivinstitusjoner i Norge. Vi vil derfor gi en beskrivelse av utstyret som har vært brukt, samt en gjennomgang av de forskjellige fryseforsøkene vi har gjort.

Utstyr, materiale og kriterier

Frysingen av arkivmateriale ble med ett unntak gjennomført i en lavtemperaturfryseboks, UNI51. Fryseren har en volumkapasitet på 416 liter, med et temperaturområde på -15°C til -45°C og statisk kjølemetode.

Til loggingen av temperaturdata ble det brukt to loggere fra Comark av typen RF312-TP, med eksterne termistor temperaturfølere. Comark RF312-TP måler og logger temperaturer mellom -40°C og $+125^{\circ}\text{C}$ med en nøyaktighet på $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ mellom temperaturene -10°C til $+70^{\circ}\text{C}$. Nøyaktigheten er $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ i det resterende temperaturområdet. Det ble brukt to ulike temperaturfølere: RFPX200J innstikkføler og RFAX100J dempet luftføler.

Registreringen av relativ luftfuktighet, temperatur, duggpunkt og våttemperatur i papirprøver og arkivbokser ble gjort med en Rotronic Hygropalm HP32 og en Rotronic HC2-HS42 sverdprobe.

²⁴ Se vedlegg 2 til 4.

Sverdproben måler temperaturer mellom -40°C og 85°C og 0-100% RH, og har en nøyaktighet på $\pm 0.8\%$ RH og ± 0.1 K innenfor $10-30^{\circ}\text{C}$. Utstyret ble kalibrert kort tid før det ble tatt i bruk.

Papirmaterialet som ble sendt til testing ved RISE-PFI var fra ulike år, det vil si ca. 1835, ca. 1869, ca. 1952, ca. 1970 og ca.1990. Papirmaterialet ble valgt med bakgrunn i produksjonsmetoder, tilgjengelighet, samt at det til sammen skulle dekke størst mulig del av det aktuelle tidsspennet for arkivmateriale av papir i Norge. I tillegg viser undersøkelser at materialet fra ca. 1840-1985 er det mest utsatte materialet når det kommer til skader og slitasje som følge av produksjonsmetoder og bruk.²⁵ Det andre hovedkriteriet er tilgjengelighet. For å kunne gjennomføre adekvate styrketester kreves det en viss mengde materiale. I undersøkelsen har vi brukt ikke-arkivverdig materiale som har blitt sortert ut ved rydding og ordning av arkiver. Hver test må gjennomføres på identiske papirprøver av en viss størrelse, uten bretter eller andre mekaniske skader.

Det er også gjennomført frysing av protokoller i undersøkelsen. Da har det blitt brukt flere ulike typer protokoller. Fordi vi utelukkende har brukt uskrevne protokoller som skal arkivbegrenses og destrueres har dette påvirket tilgjengeligheten. Protokollene har ikke blitt sendt til testing hos RISE-PFI, men temperatur, RH, T_w og DP har blitt kartlagt før og etter frysing. Kartleggingen av temperatur, RH, T_w og DP har blitt utført på samme punkt i protokollen hver gang.

I forsøkene har vi brukt både syrenøytrale arkivbokser i massivkartong og syrefrie arkivbokser i bølgekartong. I de tilfellene hvor vi har testet tining i magasin uten akklimatisering har vi undersøkt i hvilken grad arkivbokser i massivkartong og bølgekartong påvirker tiningen og eventuell kondensering ulikt.

I forsøkene som har hatt som hensikt å kartlegge innfrysingstid og den tiden det tar å gjennomføre en kontrollert tining har vi i hovedsak brukt arkivbokser i bølgekartong, da det er denne typen som i størst grad fungerer isolerende og kan forsinke fryseprosessen. Det er også denne typen arkivbokser som per nå anbefales brukt av Arkivverket. Boksen i bølgekartong har en tykkelse på 1,7 mm, og tilfredsstillende ISO-standard 6588-1:2012, DIN EN ISO 9706 og DIN ISO 16245 – type A. PH-verdien ligger mellom 7,5 og 10. Vannabsorpsjons-evnen til kartong

²⁵ Hoedemaeker 1994: s. 251-255.

måles med Cobb-skalaen. Boksene har også en Cobb-verdi på 60 (Cobb₆₀), som tilsier at de er i den lavere delen av Cobb-skalaen når det gjelder vannabsorpsjon.²⁶

Når det gjelder massivkartongen som er brukt i forsøkene er denne syrenøytral. Tykkelsen er 1,0 mm ±10% og kartongen tilfredsstillende ISO 9706: 1994, samt ISO 16245: 1999. PH-verdiene ligger mellom 7,3 og 8,2.

I sammendraget av gjennomføringen av forsøkene referer vi til arkivbokser fylt etter standard. Det vil si at boksene er fylt helt opp slik at materialet ligger stabilt, uten rom for sig, men at materialet enkelt kan trekkes ut av boksen.

Nedre måltemperatur har i prosjektet vært satt til -25°C. Dette er for å ha en sikkerhetsmargin for at alt materialet skal oppnå tilstrekkelig lav kjernetemperatur. Øvre måltemperatur har vært 19°C, da dette er en temperatur hvor man bør kunne regne med at materialet kan flyttes trygt til både klimakontrollerte arkivmagasiner og øvrige arbeidsrom med romtemperatur (20°C ±3°C) uten at det er stor risiko for kondens.

Gjennomføring av fryseforsøk

Innledende testfrysinger

Fryseforsøkene som ble gjennomført ved IKA Kongsberg ble utført etter at resultatene fra Mycoteam var klare. Først ble det gjennomført en testfrysing for å kontrollere at det var mulig å oppnå de nødvendige temperaturene i de tilgjengelige fryserne når disse var fylt til maks kapasitet. Deretter ble det gjennomført en frysing av prøvematerialet som skulle sendes til RISE-PFI. Materialet som har blitt brukt i forsøkene er arkivbegrenset materiale som skal destrueres. Fordi vi har vært interessert i å finne ut om innfrysing uten plast med påfølgende kontrollert opptining fører til muggproblematikk er flere av forsøkene gjennomført uten bruk av plast rundt materialet.

I forsøksprosessen ble det benyttet to frysebokser. Forsøkene ble utført i en lavtemperaturfryser (fryser 1), med kapasitet på 416 liter og -40°C, en husholdningsfryser (fryser 2) med en kapasitet på 370 liter og minimumstemperatur på -29,5°C.

²⁶ Se <https://www.klug-conservation.com/medien/Qualitaetsgarantien/Wellpappe/Wellpappe/MW-1-7-mm/en/Corrugated-board-MW-1-7-mm.pdf> for flere detaljer.

Frysing av prøvemateriale for testing hos RISE-PFI

Prøvematerialet som ble testet for endringer i riv- og slitstyrkeegenskaper ble først kartlagt og fryst ved IKA Kongsberg. I forkant av innfrysing ble det gjort registreringer av temperatur, RH, Tw og Dp i materialet. Papirprøver fra ca. 1835, 1869, 1952, 1970 og 1990 ble pakket i tette plastposer med lynlås, og plassert i fryser 1 den 13.03.2019. Fryseren hadde da en temperatur på $-39,7^{\circ}\text{C}$, og materialet ble samlet i en arkivboks, med proben plassert midt i boksen. I løpet av litt under 20 timer hadde materialet en kjernetemperatur på $-41,8^{\circ}\text{C}$. Deretter ble det startet en kontrollert oppvinningsprosess ved at fryseren ble skrudd av uten at lokket ble åpnet. Etter omtrent 48 timer hadde materialet en kjernetemperatur på $19,3^{\circ}\text{C}$. Materialet ble da tatt opp av fryseren, og temperatur, RH, Tw og Dp ble registrert før materialet ble sendt til testing.

Første fryseforsøk med arkivbokser

Første fryseforsøk ble gjennomført i fryser 1. Fryseren ble fylt med ca. 323,5 liter godkjente arkivbokser som igjen var fylt med papirmateriale etter standard. Da materialet var plassert i fryseren hadde fryseren en temperatur på -21°C . Det tok ca. 31 timer før materialet hadde en kjernetemperatur på -25°C . Da ønsket kjernetemperatur var oppnådd, ble fryseren skrudd av uten at lokket ble åpnet. Etter 10 dager og 7,5 timer var en kjernetemperatur i materialet på 19°C oppnådd. Temperaturen ble kontinuerlig logget og overvåket ved hjelp av en datalogger med probe under hele prosessen.

Andre fryseforsøk med arkivbokser

Andre fryseforsøk ble gjennomført i fryser 1. Fryseren ble fylt med ca. 315 liter arkivbokser i bølgekartong fylt etter standarden. Ved oppstart hadde fryseren en temperatur på -29°C . En kjernetemperatur på -25°C ble oppnådd etter ca. 29 timer. Tiningen ble igjen gjennomført ved at fryseren ble skrudd av uten at lokket ble åpnet. Temperaturen var da $-27,8^{\circ}\text{C}$. Temperaturen økte med 17°C de første 24 timene etter at fryseren ble skrudd av, og etter 5 dager og 18,5 timer hadde materialet en kjernetemperatur på 19°C .

Tredje fryseforsøk med arkivbokser

Tredje fryseforsøk med arkivbokser ble gjennomført i fryser 2. Ved oppstart var temperaturen i fryseren -29°C . Fryseren ble fylt med 272 liter materiale, fordelt på 31 arkivbokser i bølgekartong fylt etter standard.

Materialet hadde en kjernetemperatur på -25°C etter 41,5 timer. Kontrollert opptining, ved at fryseren ble slått av uten å åpnes, ble startet da materialet hadde en kjernetemperatur på -27°C . Det tok ca. 6 dager og 3 timer før materialet hadde en kjernetemperatur på 20°C .

Fryseforsøk med protokoller

Fryseforsøket ble gjennomført i fryser 1. Fryseren ble fylt med protokoller tilsvarende cirka 12,7 liter. I forkant av forsøket ble protokollene limt sammen, og det ble borret et hull på 5 mm, slik at man kunne plassere proben til dataloggeren midt i protokollene, uten at den ble påvirket av kaldluft. Hullet ble også tettet med kitt etter at proben hadde blitt plassert i midten av protokollene. Fordi vi ikke hadde nok testmateriale til å fylle en hel fryser med protokoller ble protokollene lagt i midten av fryseren, og fulle arkivbokser (ca. 280 liter) lagt under, over og på sidene, i tillegg til at løst papirmateriale ble brukt til å fylle større sprekker.

Da materialet ble plassert i fryseren hadde den en temperatur på -28°C . Etter 26,5 timer var kjernetemperaturen på -25°C i midten av protokollene. Kontrollert tining ble startet opp når materialet hadde en kjernetemperatur på -30°C . Det tok 11 dager og 21 timer før materialet hadde en kjernetemperatur på 19°C .

Frysing av arkivbokser uten plast med påfølgende tining i magasin

Forsøket ble gjennomført i fryser 1. Materialet som ble testet var to arkivbokser av bølgekartong, fylt etter standard, samt to arkivbokser i massivkartong, også fylt etter standard. Eskene ble fylt med kopipapir som tilfredsstiller ISO 9706:1994. Materialet ble ikke pakket i plast, og i forkant av forsøket ble RH, temperatur, DP og T_w målt. Da materialet ble satt i fryseren hadde fryseren en temperatur på -27°C . Etter ca. 6 dager og 5 timer hadde materialet i de forskjellige boksene en temperatur på -29°C . Materialet ble umiddelbart flyttet til et arkivmagasin med klimakontroll.

Temperaturen i magasinet var 20,5°C og den relative luftfuktigheten 36% da materialet ble plassert i magasin. RH, temperatur, DP og T_w ble målt da materialet ble flyttet fra fryseren til magasinet, ved en kjernetemperatur på 19°C, samt to uker etter at kjernetemperaturen var 19°C. Det forekom en mindre endring i RH fra før frysingen til to uker etter oppnådd romtemperatur. Den minste økningen var inne i bølgekartongen, hvor økningen var på 0,87%, den største økningen fant vi i en av arkivboksene av massivkartong hvor det var en økning på 4,29% (fra 37,5% til 41,79%).

Frysing av protokoller uten plast, med påfølgende tining i magasin

Forsøket ble gjennomført i fryser 1. Fryseren ble fylt med protokoller tilsvarende cirka 12,7 liter. I forkant av forsøket ble protokollene limt sammen, og det ble borret et hull på 5 mm, slik at man kunne plassere proben til dataloggeren midt i protokollene, uten at den påvirket av kaldluft. Hullet ble også tett med kitt etter at proben hadde blitt plassert i midten av protokollene.

Makstemperatur under frysing var -26,3 °C. Materialet ble oppbevart i fryseren i cirka 47 timer. Etter frysing ble materialet umiddelbart flyttet til klimaregulert magasin, ved plassering i magasin var RH i magasin 37% og temperaturen 21,2 °C. 2 uker etter at materialet ble plassert i magasin var RH i magasin 36% og temperaturen 20,5°C.

RH, temperatur, DP og T_w ble målt på tre ulike steder da materialet ble flyttet fra fryseren til magasinet, ved en kjernetemperatur på 19°C, samt to uker etter at kjernetemperaturen var 19°C. Målingene ble tatt på samme sted hver gang.

Det ble registrert en økning i RH to uker etter at materialet hadde en kjernetemperatur på 19°C, sammenlignet med RH målt før innfrysningen. Den største økningen var på 12,57%, fra 28,67% til 41,24% (RH).

Frysing av materiale på pall i frysecontainer

I desember 2019 mottok IKA Kongsberg 33 paller med 528 esker med frossent arkivmateriale fra en av IKA Kongsbergs eierkommuner. Fryseprosessen ble utført i samråd med IKA Kongsberg.

Materialet ble fryst på paller i en frysecontainer. Det tok ca. 5 dager før de 33 pallene hadde oppnådd en kjernetemperatur på -25°C . Hver pall bestod av 16 flytteesker som var pakket i transportplast som ble fjernet umiddelbart ved mottak. Materialet stod litt over 6 dager i frysecontaineren. Da hadde man oppnådd en tilstrekkelig lav kjernetemperatur. Pallene ble så lastet direkte over i to lastebiler, hvor det stod i omtrent tolv timer. Pallene stod tett i bilene, slik var det tilrettelagt for at tineprosessen skulle skje gradvis.

Da materialet ankom IKA Kongsberg ble majoriteten av pallene plassert side om side i mottaket, hvor temperaturen var omtrent 20°C og den relative luftfuktigheten 28%. Temperaturen og luftfuktigheten i mottaket holdt seg relativt stabil hele tiden pallene stod der. Noen små svingninger fant sted, men det skyldtes at dørene til mottaket måtte åpnes for andre formål, og ble raskt stabilisert av klimaanlegget.

Dataloggere ble plassert midt i to arkivbokser midt på to av pallene i mottaket for å overvåke temperaturutviklingen. I tillegg ble det tatt stikkprøver av relativ luftfuktighet og temperatur ved mottak. Temperaturen i materialet i flytteeskene varierte da mellom -12°C og $-8,5^{\circ}\text{C}$, og den relative luftfuktigheten varierte mellom 32% og 44%. Etter et døgn i mottak hadde temperaturen i den ene pallen økt fra $-8,5^{\circ}\text{C}$ til $13,1^{\circ}\text{C}$. Etter ytterligere et døgn var temperaturen omtrent 20°C .

Noen få av pallene ble åpnet og pakket ut ved mottak. Det ble da gjort stikkkontroller av materialet. Den relative luftfuktigheten i materialet varierte i hovedsak mellom 32% og 44%, med et unntak, hvor det ble målt en RH på 64,58%. Unntaket gjaldt to tøykledte permer som ble plassert slik at det skulle komme luft til mellom dem, og etter 2 timer var den relative luftfuktigheten i og på arkivstykkene på et akseptabelt nivå, under 45%.

4. Frysing av arkivmateriale – problemstillinger og risikoområder

Resultatene fra testene utført av RISE-PFI viser at frysing ikke ser ut til å føre til betydelige skader på papirmaterialet.²⁷ Samtidig er det viktig å ta hensyn til at det er faktorer som kan påvirke utfallet av en fryseprosess når det gjelder risiko for skader.

Mesteparten av materialet som ble fryst ved IKA Kongsberg og sendt inn testing ved RISE-PFI hadde blitt oppbevart i et klimaregulert magasin i minimum to år i forkant av innfrysingen.

²⁷ Se vedlegg 2, rapport fra RISE-PFI for konkrete data.

Testene som ble gjort av materialet viser at materialet ikke hadde høy RH på papiroverflaten. Materialets RH på papiroverflaten varierte fra 21,93% (materiale fra ca. 1835) til 26,93% (materiale fra ca. 1970) i forkant av innfrysingen.

Etter at testmaterialet hadde tint varierte materialets RH på papiroverflaten fra 23,93% (materiale fra ca. 1952) til 28,63% (materiale fra ca. 1970). Samtidig var den største temperaturendringen en økning på 1,42°C (materiale fra ca. 1990) da testene i etterkant av tiningen ble tatt.

Det er også relevant å trekke inn at materialet bare ble fryst en gang, fordi man ikke hadde tilgang til nok materiale for å utføre en komparativ undersøkelse av materiale som hadde blitt fryst en gang og materiale som hadde blitt utsatt for flere innfrysninger. Det ville vært svært interessant å undersøke i hvilken grad gjentatt frysing påvirker papirets tåleevne.

Temperaturer og fryseløsninger

Undersøkelsene gjort av Mycoteam viser at -20°C er tilstrekkelig lav temperatur for å uskadeliggjøre skjeggkre. Det fordrer at alt arkivmaterialet med sikkerhet har en kjernetemperatur på -20°C. Dette betyr også at en husholdningsfryser eller et fryseskap som har en kapasitet til å oppnå en lavere temperatur enn -20°C når den er fylt kan benyttes når det er behov for å fryse arkivmateriale på grunn av skjeggkre.

For å være sikker på at alt materialet oppnår tilstrekkelig lav kjernetemperatur bør temperaturen overvåkes eller kontrolleres under fryseprosessen. Selve måleren bør plasseres i henhold til hva slags fryseløsning man har valgt, hva slags materiale man fryser og hvor kompakt det er plassert. For å ta kompensere for risikoen for at sensoren som måler temperaturen ikke er optimalt plassert, samt at noe av materialet kan være mer kompakt enn det øvrige materialet, har vi som en sikkerhetsmargin satt -25°C som krav til kjernetemperatur.

Hvilken fryseløsning som velges kan påvirke hva som fryses først og sist, for eksempel vil man i en husholdningsfryser ofte bruke lenger tid på å oppnå lave temperaturer like under lokket sammenliknet med i bunnen eller mot veggen av fryseboksen. Protokoller er mer kompakte enn arkivbokser, og protokoller og arkivbokser som står i midten og høyt oppe i en fryseboks vil ofte oppnå ønsket temperatur senere enn materialet rundt. Jo tynnere og mindre kompakt objektet som skal fryses er, jo raskere vil innfrysingen gå. Dette innebærer blant annet en utfordring når det gjelder protokoller, særlig ved bruk av husholdningsfrysere og fryseskap.

Dersom man fyller en hel fryser til maks kapasitet med protokoller må en beregne at innfrysingen vil lengre tid enn om man fryser færre protokoller i flere omganger. Temperaturen bør alltid måles der det er sannsynlig at ønsket temperatur oppnås sist.

Trådløse dataloggere som fortløpende registrerer data over Wi-Fi er en god løsning for registrering av temperatur, særlig når en fryser større mengder materiale, eller plasserer materialet slik at det er lite luft mellom protokoller, arkivstykker eller esker med arkiv. Det finnes flere leverandører som leverer utstyr som egner seg til overvåking av temperatur, men det er viktig at man forsikrer seg om at utstyret tåler så lave temperaturer som det bestemmes at man vil oppnå.

Når det gjelder valg av fryseløsning, kan fryseskap eller husholdningsfrysere være en effektiv løsning, når det mindre mengder som må behandles. I de fleste tilfeller vil fryseløsninger som en lavtemperaturfryser, en frysecontainer eller et fryserom være mer hensiktsmessige på grunn av volum- og temperaturkapasitet. Hva slags fryseløsninger man bør velge med tanke på kostnadseffektivitet vil avhenge av hvor store mengder arkiver det er snakk om, hvor store ressurser man kan sette av til å flytte materialet mellom fryser, eventuell tinesone og arkivmagasin, samt hvor raskt man er avhengig av å uskadeliggjøre skjeggkreene. Dersom det er snakk om store kvanta kan det være en fordel å leie frysecontainer eller engasjere et firma som kan håndtere frysing av arkivmateriale på en forsvarlig måte.

Når materialet først er fryst er det svært viktig at det plasseres i en sikker sone, eller at det sikres på annet vis, slik at man ikke risikerer at materialet blir angrepet på nytt.

Risiko i forbindelse med tining

Når det gjelder papirmateriale som skal fryses er materialets RH i forkant av, under frysingen og i tineprosessen av betydning. Frysing av materiale med høy RH kan føre til økt mekanisk stress for materialet, da krystalliseringen av vannet kan bidra til slitasje på bindingene og fibrene i papiret. Jo høyere fuktkonsentrasjon det er i papiret, jo mer stress kan bindingene bli utsatt for.

Samtidig er også tineprosessen en kritisk fase med tanke på risiko for kondens og mugg, særlig om materialet har høy RH før det fryses og det forekommer temperatursvingninger. En kritisk faktor i den sammenheng er blant annet duggpunktstemperaturen. Det vil si den temperaturen hvor luften ikke lenger kan holde vannet i gassform, og vanngassen omdannes til dråper. Det

vil si at når luften blir kaldere enn duggpunktet, omdannes vanddampen til væske. Når duggpunktet er lavere enn frysepunktet omdannes vanngassen til iskrystaller. Duggpunktet avhenger av relativ luftfuktighet og temperatur.²⁸

For å forhindre at materialet får en kunstig forhøyet RH som følge av kondens kan man forsegle det i plast. Dette er et tiltak som burde vurderes når man skal fryse arkivmateriale, og har kontrollert materialets RH. Hensikten med å forsegle materialet i plast, med minst mulig luft, i forkant av frysing er å forhindre store endringer i fuktighet i form av at mye fukt trekkes ut av materialet i forbindelse med frysingen, samt at materialet settes for konsentrert fuktighet på grunn av kondensering under tining.

Frysing som tiltak mot skadedyr er en metode som har vært mye brukt i museer. Museene forholder seg til et stort spenn, både når det gjelder hva slags materialer de fryser ned, men også hvilke krav som stilles til fryseprosessen for at den skal være effektiv mot svært ulike typer skadedyr.

Tradisjonelt har man i museumssektoren forseglet gjenstanden eller materialet som skal fryses i plast. Fryseprosessen har normalt vært fulgt av en kontrollert opptining, for eksempel at man skrur av fryseren eller fryserommet og lar materialet stå til man har oppnådd ønsket tilnærmet vanlig oppbevaringstemperatur, for å unngå kondens eller mekaniske skader.

I utgangspunktet arbeidet vi ut fra en forutsetning om at alt arkivmateriale som skal fryses må forsegles for å unngå kondensskader. I den første fasen av dette prosjektet forseglet vi arkivboksene med plast, selv om materialet som skulle brukes skulle destrueres når prosjektet ble avsluttet, fordi bruk av plast kan innebære relevante utslag på innfrysningstiden som en følge av at plasten fungerer isolerende. Etter hvert begynte vi å se nærmere på muligheten for å fryse materialet uten å forsegle det først, og ønsket å finne ut i hvilken grad materialet ble påvirket av å bli fryst uten å være forseglet.

Det har blitt gjennomført frysinger av arkivmateriale uten bruk av forsegling, både i Norge og andre land. Erfaring fra disse tilsier at arkivmateriale kan fryses uten forsegling uten at materialet blir skadet. En vellykket frysing uten forsegling forutsetter at det er tatt hensyn til materialets RH i forkant av frysingen, samt at tineprosessen ikke blir forsøkt fremskyndet – for eksempel ved at materialet plasseres i et spesielt varmt rom, slik at det raskt utvikler seg kondens som en følge av temperaturforskjellene.

²⁸ <https://snl.no/duggpunkt>, sist aksessert 03.12.2019, kl. 10.00.

Etter hvert gikk vi over til å fryse arkivbokser som ikke var forseglet i plast. I første omgang foregikk tiningen ved at vi skrudde av fryseren og lot materialet stå til dataloggeren viste en kjernetemperatur på ca. 19°C. Etter tre ganger så vi ingen tydelige tegn til kondensskader, og en måling ved bruk av Rotronic HP32 og en HC2-HS42 sverdprobe viste ingen tegn til kritiske verdier når det kom til materialets RH på papiroverflaten.

Senere gjorde vi et forsøk hvor vi fryste materiale i arkivbokser i både massivpapp og bølgekartong. Disse ble flyttet rett fra fryseren og til magasin, hvor det ble gjort målinger av temperatur og RH på mikro- og papiroverflaten. Målingene viste noe forhøyet RH, men ingen skadelige avvik. Vi gjorde også det samme forsøket med protokoller som hadde ikke stått i klimaregulert magasin i forkant av frysingen. Også denne gangen så vi en noe forhøyet RH, men uten skadelige avvik. Ut fra disse forsøkene ser det ut til at frysing fulgt av tining i klimaregulert magasin ikke nødvendigvis er skadelig. Samtidig er det viktig å følge opp hvordan materialets RH utvikler seg, slik at man kan gjøre tiltak for å regulere denne dersom avvik skulle oppstå.

Materialet som ble brukt i forsøkene ble fryst flere ganger, noe av materialet opp til 5 ganger. Det var ikke synlige tegn til fuktskader på noe av materialet. Dette gjelder både materiale som ble fryst, fulgt av kontrollert opptining i fryser, materiale hvor tiningen ble gjennomført i magasin, samt materiale hvor begge opptiningsmetodene ble brukt.

Resultatene fra forsøkene våre kan tyde på at frysing etterfulgt av kontrollert opptining ikke nødvendigvis er skadelig for materialet. Vi har ikke sett tegn til fuktskader eller mugg. Ved testing har vi heller ikke funnet tegn til at det har utviklet seg kritisk høy RH når det kommer til materialets nano- og mikroklima. Det bør påpekes at materialet som ble fryst uten plastforsegling hadde gjennomgående relativt lav RH i forkant av at det ble fryst, og at utfallet trolig ville vært et annet om materialets RH var mye høyere.

Når det gjelder materiale som har vært fryst og som så skal oppbevares i klimaregulert magasin med optimale forhold vil på sikt materialets RH trolig stabiliseres. Dette henger sammen med papirets hygroskopiske egenskaper, det vil si at det avgir eller tar opp fuktighet fra omgivelsene.²⁹ Samtidig vil en eventuell stabilisering være avhengig av hvordan materialet er emballert. Dersom materialet oppbevares i en helt lukket boks, vil papirets RH være tilpasset

²⁹ H. Derluyn, H. Janssen, J. Diepens, D. Derome og J. Carmeliet, J. «Hygroscopic behaviour of paper and books» i *Journal of Building Physics* 31, 2007: s. 9-34.

mikroklimaet i den aktuelle boksen, og ikke påvirkes like effektivt av klimareguleringen av boksens omgivelser.

Det er derfor viktig å følge opp fryst materiale, også over tid slik at man kan sett inn tiltak for å regulere den relative luftfuktigheten i mikro- og nanoklimaet der det er nødvendig, for eksempel ved avfukting.

Beregning av tid

Innfrysings- og tinehastigheten påvirkes i hovedsak av tre faktorer. Valg av fryseutstyr, hva slags materiale som skal behandles og hvordan det plasseres. Når det gjelder fryseutstyr er det en viss forskjell på om man for eksempel bruker et fryseskap eller en frysecontainer. Det kan også være stor forskjell mellom ulike husholdningsfryserer, selv om de har relativt lik størrelse og minimumstemperatur. Som nevnt, og ikke overraskende, påvirker fyllmengde i fryseren i stor grad både frysehastighet og hvor raskt materialet oppnår romtemperatur ved kontrollert opptining i fryseren. Dette gjelder særlig protokoller, fordi de er kompakte.

Vi har hatt god erfaring med å bruke en lavtemperaturfryser til mindre mengder materiale, altså omtrent 30-50 arkivbokser per innfrysning. I forsøkene våre brukte vi fortrinnsvis en lavtemperaturfryser, men også en husholdningsfryser. I to av tilfellene hadde de to ulike fryserne den samme temperaturen da materialet ble lagt til frysing, -29°C . Dette gir et godt utgangspunkt for en enkel sammenligning av de to fryserne.

I begge tilfellene ble fryserne fylt helt opp med fulle arkivbokser, og det ble gjennomført en kontrollert tining. Lavtemperaturfryseren har en volumkapasitet på 416 liter, og ble fylt med arkivbokser tilsvarende 315 liter. Det tilsvarer 75,72% av volumkapasiteten. Husholdningsfryseren har en volumkapasitet på 370 liter, og ble fylt med arkivbokser tilsvarende 272 liter. Det tilsvarer 73,51 % av volumkapasiteten. Prosentandelen av de to fryserne som var fylt var med andre ord tilnærmet lik. Samtidig var det en større mengde materiale totalt i lavtemperaturfryseren. Det tok ca. 29 timer før alt materialet i lavtemperaturfryseren hadde en kjernetemperatur på -25°C . Til sammenlikning tok det ca. 41,5 timer før materialet i husholdningsfryseren, som også er den minste fryseren med minst materiale, hadde en kjernetemperatur på -25°C .

Det ble også gjennomført en kontrollert opptining ved at fryserne ble skrudd av i begge tilfellene, men ikke åpnet før materialet hadde en kjernetemperatur på 20°C . Da

lavtemperaturfryseren ble skrudd av var kjernetemperaturen på $-27,8^{\circ}\text{C}$. Materialet hadde en kjernetemperatur på 20°C etter 5 dager og 18 timer. Kjernetemperaturen i husholdningsfryseren var -27°C da denne ble skrudd av. Det tok 6 dager og 3 timer før materialet i husholdningsfryseren hadde en kjernetemperatur på 20°C .

Når det gjelder den tiden det tar å fryse selve materialet vil det være mer effektivt å bruke en lavtemperaturfryser når man skal fryse mindre mengder materiale. En lavtemperaturfryser vil utgjøre en noe høyere engangskostnad. Når man ikke er avhengig av å gjennomføre kontrollert opptining i fryseren kan det være desto mer effektivt å investere i en lavtemperaturfryser, gitt at man har mulighet og arbeidsressurser til å gjennomføre hyppigere bytte av materiale i fryseren.

Har man mulighet til å gjennomføre hyppige frysinger av mindre mengder materiale, med mye luft mellom arkivstykkene, og uten at det er behov for kontrollert opptining i fryser, vil de fleste fryseløsninger være effektive nok.

Når det gjelder frysing av større mengder materiale i frysecontainer vil frysetiden variere etter mengde, plassering og type frysecontainer. Erfaring tilsier at det tar ca. 5 dager å oppnå tilstrekkelig lav temperatur ved frysing av 33 paller bestående av 528 flytteesker totalt. Tiden man må beregne vil likevel kunne variere avhengig av type frysecontainer, materiale og plassering. For å gjøre en innfrysing i frysecontainer mest mulig tidseffektiv er det viktig med godt forarbeid, god planlegging, monitorering og oppfølging.

Frysing av arkivmateriale på paller

Frysing av paller med arkivmateriale i frysecontainer eller fryserom gir mulighet til å fryse store mengder arkivmateriale på en gang. Samtidig kan mengden gjøre det vanskelig å kartlegge materialets RH, tilstand og sammensetning i forkant av frysingen. I tillegg er man ofte avhengig av ekstern aktør for å gjennomføre denne typen frysing. Da er det viktig at man er sikker på at aktøren forstår hvilke krav som stilles når det gjelder materialets sikkerhet både når det gjelder behandling og oppbevaring.

Når det gjelder den praktiske gjennomføringen av frysingen og tiningen er det flere problemstillinger man må ta hensyn til. For å være sikker på at alt materialet oppnår en tilstrekkelig lav kjernetemperatur er det viktig å ha godt plasserte målepunkter for registrering. Dette er fordi rommet for avvik øker jo større mengder materiale som skal håndteres, og jo mer

kompakt materialet er plassert. I tillegg er det viktig å ha god kontroll over temperaturutviklingen under tineprosessen, slik at man tidlig kan sette inn tiltak om det skulle være nødvendig.

Som tidligere nevnt mottok IKA Kongsberg i desember 2019 en deponering på 33 paller med frossent arkivmateriale. Det vi da erfarte var at det var viktig å ta stikkprøver av utviklingen av relativ luftfuktighet i og mellom arkivstykkene. Noen få av pallene ble åpnet og pakket ut da materialet ankom Kongsberg. Testene viste at den relative luftfuktigheten i materialet i hovedsak varierte mellom 32% og 44%. Det viste seg å være unntak, ett sted ble det målt en RH på 64,58%. Unntaket gjaldt to tøyklede permer som ble plassert slik at det skulle komme luft til mellom dem, og etter 2 timer var den relative luftfuktigheten i og på arkivstykkene på et akseptabelt nivå, under 45%.

Dersom materialet ikke kan gjennomgå en kontrollert tining ved at frysecontaineren eller fryserommet slås av, bør man ta hensyn til hvor og hvordan materialet plasseres når det skal tine. Dersom pallene plasseres tett i et rom med stabil temperatur vil tiningen foregå saktere, og sannsynligheten for skadelige temperatursvingninger være mindre. Også her er det viktig å ha god kontroll over temperaturutviklingen, med riktig plasserte målepunkter.

I tilfeller hvor materialet fryses på en lokasjon for å fraktes til en annen uten mulighet for kontrollert opptining i mellomtiden, er det flere ting man burde ta hensyn til. For eksempel vil det være mindre risiko for kondens og fuktproblemer om materialet fraktes på vinteren sammenlignet med sommeren. Det kan også være en fordel å bruke biler med kjølerom eller lignende, dersom man mulighet til det. På denne måten utsetter man materialet i mindre grad for temperatursvingninger, og risikoen for fukt- og kondensproblemer blir lavere.

5. Konklusjon

Formålet med dette prosjektet har vært å finne trygge metoder for frysing av arkivmateriale for å sikre det mot skjeggkre. Prosjektet har i hovedsak blitt utført ved IKA Kongsberg. I tillegg har forsøk på skjeggkre blitt utført av Mycoteam. RISE-PFI har utført riv- og slitstyrketesting av papirmateriale.

Resultatene fra forsøkene og testene gjort av Mycoteam og RISE-PFI viser at det er forsvarlig og effektivt å gjennomføre frysing av papirarkiver som tiltak mot skjeggkre dersom alt materialet med sikkerhet oppnår en minimumstemperatur på -20°C . En forsvarlig fryseprosess forutsetter likevel at man tar de hensyn og forbehold som er nødvendige for å unngå mekaniske skader, fuktskader og muggproblematikk. Valg av en forsvarlig metodikk avhenger blant annet av mengde og papirmaterialets fysiske tilstand.

For å unngå skader på arkivmateriale som fryses er det viktig å ha kontroll over materialets relative luftfuktighet, samt temperaturutviklingen under fryseprosessen og tineprosessen. Det bør også gjøres vurderinger av hvor vidt materialet bør forsegles før frysingen basert på materialets RH og tilstand. Likeledes er det svært viktig å gjøre en vurdering av hvordan tiningen skal gjennomføres, basert på de samme kriteriene, for å unngå skader.

Vi har tatt for oss ulike metoder for frysing og tining av papirmateriale. Vi har sett på bruk av lavtemperaturfryser, husholdningsfryser og bruk av frysecontainer, samt problemstillinger som disse metodene kan innebære med tanke på risikoen for skader og effektivitet. I den sammenheng har vi også sett på faktorer som kan avgjøre hvilken metode som vil være mest hensiktsmessig og kostnadseffektiv. Valg av fryseløsning avhenger i stor grad av mengde, økonomiske ressurser og hvordan man vil disponere arbeidstiden som nødvendigvis må brukes.

Arkivmateriale kan fryses i husholdningsfrysere, lavtemperaturfrysere, fryserom og frysecontainere hvis man tar de nødvendige forbehold. Frysing vil være en overkommelig metode for de fleste arkivskapere og depotinstitusjoner som del av en helhetlig IPM-strategi.

Litteratur

- Aak A., Rukke B.A., Ottesen P.S., Hage M., *Skjeggkre – Biologi og råd om bekjemping*. Rapport, Folkehelseinstituttet 2019.
<https://www.fhi.no/publ/2019/skjeggkre--biologi-og-rad-om-bekjemping/>
- Antonsson, Margareta; Samuelsson, Marie Louise. «Effects of Repeated Freezing on Paper Strength», *SP REPORT 1996:19*, 1996
- Bergh, Jan-Erik. “A Contribution to Standards for Freezing as a Pest Control Method for Museums” i *Collection Forum* 21, 2006
- du Biasi, Pierre-Marc og Douplitzky, Karine, *La Saga du Papier*. Paris, 1999.
- Björdal, Lars. «Effects of Repeated Freezing on Paper Strength», i *Proceedings of the 3rd Nordic Symposium on Insect Pest Control in Museums*, Stockholm 1998.
- Bøhmer, Einar. *Kulturarv i fare? Om papirets lagringsbestandighet og forhold som påvirker denne*. Oslo, 1996.
- Carrlee, Ellen. “Does Low-Temperature Pest Management Cause Damage? Literature Review and Observational Study of Ethnographic Artifacts”. *Journal of the American Institute for Conservation* 42, 2003.
- Derluyn, H., Janssen, H., Diepens, J., Derome, D., & Carmeliet, J. “Hygroscopic behaviour of paper and books.” *Journal of Building Physics* 31, 2007.
<https://doi.org/10.1177/1744259107079143>
- Florian, Mary-Lou. *Heritage Eaters: Insects and Fungi in Heritage Collections*, 1997.
- Greve, Kari. «Papirteknologi – en kort historisk oversikt». Manuskript, 2005.
http://nbbs.no/wp-content/uploads/2015/12/art_greve_papirteknologi.pdf
- Hoedemaeker, Liesbeth. «Conservation in the Netherlands». I *Fontes Artis Musicae*, Vol. 41, No. 3 1994
- Mibach, Lisa. “Modifications to Home Freezers for Pest Control.” *WAAC Newsletter*, Januar 1994
- Ramsholt, Kristin. *Kurs i forbeyggende konservering*, 2012.
- Schön, Erich. «Geschichte des Lesens». I Franzmann, Bodo; Hasemann, Klaus; Dietrich Löffler, Dietrich og Schön, Erich (red.), *Handbuch Lesen*. Mainz, 2009.
- Strang, Thomas J.K. “A Review of Published Temperatures for the Control of Pest Insects in Museums.” *Collection Forum* 8, 1992.

Strang, Thomas J.K. «Controlling Insect Pests with Low Temperature» I *CCI Notes 3/3*, Canadian Conservation Institute, 1997. (Oppdatert i 2008)

Strang, Tom and Kigawa, Rika. “Combating Pests of Cultural Property.” *Canadian Conservation Institute, Technical Bulletin 29*, 2009.

Hesselberg-Wang, Nina. *Oppbevaring og håndtering av bøker*. Oslo, 1988.

Øvrige ressurser

<https://www.klug-conservation.com/medien/Qualitaetsgarantien/Wellpappe/Wellpappe/MW-1-7-mm/en/Corrugated-board-MW-1-7-mm.pdf>

<https://museumpests.net/2460-2/>

Metrologisk institutt, *våttemperatur*. snl.no/våttemperatur. Sist aksessert 18.12.2019, kl. 11.00

Metrologisk institutt, *duggpunkt*. snl.no/duggpunkt. Sist aksessert 18.12.2019, kl. 11.00

FoU-Rapport

Nedfrysning av skjeggkre Resultat fra laboratorieforsøk

TITEL

201806214

PROSJEKTNUMMER

Skjeggkre

EMNE

Johan Mattsson

RAPPORTANSVARLIG

3. januar 2018

RAPPORTDATO

DERES REF.

Anette Espelid

OPPDRAGSGIVER/KONTAKTPERSON



OPPDRAGSGIVER

Interkommunalt arkiv Kongsberg IKS

UTFØRENDE PERSONALE

Anne Karin Toreskaas, Eivind Thomassen, Petter Lilleengen og Johan Mattsson

RAPPORT UTARBEIDET AV

Johan Mattsson
fagsjef

TELEFON

909 82 937

EPOST

jma@mycoteam.no

VEDLEGG

KOPI

RAPPORT GODKJENT AV

Eivind Thomassen
rådgiver



Bakgrunn

Interkommunalt Arkiv (IKA) Kongsberg håndterer store mengder arkivmateriale som leveres inn for magasiner. I forbindelse med dette arbeidet er det etablerte prosedyrer for å sikre at materialer med eventuelle muggsoppskader eller forekomst av skadedyr blir håndtert forsvarlig. En standardmetode for å sikre at det ikke kommer inn noen skadedyr i magasinene, er å frysedesinfisere materialene. I senere år har det blitt meget vanlig med skjeggkre i norske bygninger og faren for innsmitting av dette insektet via arkiv- og magasinmaterialer har økt tilsvarende. Det finnes imidlertid ingen kjent forskning på hvilke temperaturer som sikrer at de ulike stadiene av skjeggkre dør. Det var derfor et ønske fra IKA Kongsberg om at Mycoteam skulle finne ut hvilke nedfrysningstemperaturer som er aktuelle for skjeggkre.

Dette arbeidet ble utført i Mycoteams laboratorium i løpet av 2018.

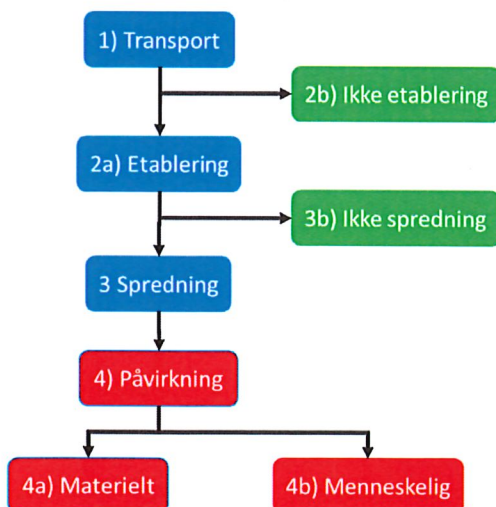
Innledning

Metoder for skadedyrbekjempelse har forandret seg opp gjennom årene, fra et tidligere hovedfokus på bruk av forskjellige insektgifter – gjerne mest mulig giftige og antatt effektive, til en holdning om at man i størst mulig grad skal unngå bruk av skadelige preparater.

Moderne skadedyrbekjempelse beskrives ofte som IPM (Integrated Pest Management), hvilket oversatt kan beskrives som integrert skadedyrhåndtering. Dette omfatter gjerne en kombinasjon av ulike tiltak som til sammen gir et godt resultat. Et sentralt begrep i moderne skadedyrbekjempelse er substitusjonsprinsippet. Prinsippet innebærer at man ved bekjempelse skal bruke den minst skadelige metoden og det minst skadelige middelet i forhold til miljø og helse som virker for formålet. En konsekvens av dette er at det ikke skal benyttes kjemiske midler som et forebyggende tiltak, men kun ved eventuell utryddelse og da gjerne som en del av flere ulike tiltak.

Både av faglige grunner og for å følge «Forskriften om skadedyrbekjempelse» som ble innført i 2001 er det viktig at alle vurderinger og tiltak er basert på et solid faglig grunnlag. Dette betyr at man må gjennomføre en skikkelig undersøkelse før tiltak gjennomføres. Med en god forståelse av skadebildet kan man skreddersy tiltak slik at de blir mest mulig effektive med minst mulig innsats og kostnader.

Den beste skadedyrbekjempelsen er å unngå at det kommer noen dyr inn i bygningen og som kan etablere seg permanent inne i bygningen (figur 1).



Figur 1. Struktur i skadedyrforekomst og påvirkning. Det mest effektive tiltaket er å unngå at dyrene kommer inn i bygningen, dvs. ved varemottak som er mellom punkt 1 og 2a.

Hvis skjeggkre og andre skadedyr først har klart å etablere seg, er det en vedvarende fare for at de kan spre seg til magasiner og arkivmaterialer.

Skjeggkre lever ikke ute i naturen, så eventuell innsmitting skjer via varer og bagasje. Dette kan skje både med varer til kontor, kantine og arkivmateriale. Det er også en mulighet for at det kan skje en innsmitting via bagasje til de som besøker og jobber i bygningen, men det er mindre trolig fordi skjeggkre i liten grad gjemmer seg i vesker og ryggsekker.

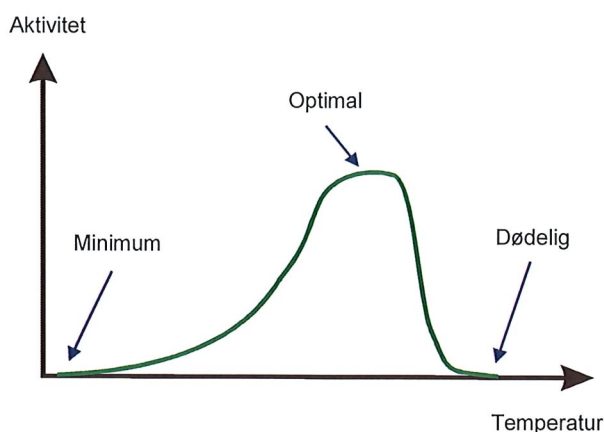
En effektiv skadedyrbekjempelse forutsetter rutiner for å følge med på hva som forekommer av skadedyr inne i bygningen, men det er dessuten viktig at man har gode og enkle rutiner som sikrer at det ikke kommer inn noen skadedyr til bygningen via innlevert arkivmateriale. Til dette vil en god nedfrysningsrutine være effektiv og kostnadsbesparende og med kunnskapen om hva som skal til for å drepe skjeggkre sikrer man i stor grad mot det største problemet vi har med skadedyr for tiden.

Skjeggkreenes temperaturkrav

Skjeggkre og temperaturer

Skjeggkreenes temperaturoptimum er 24-26 °C. Temperaturer over og under dette har en effekt på aktiviteten til skjeggkre. Ved økende temperatur reduseres overlevelsesevnen for skjeggkre. Ved 30 °C overlever de ca. 8 døgn, ved 40 °C i 15 timer og ved 41 °C i ca. 1 time. Vi har dessuten ved temperaturbehandling sett at skjeggkre døde ved en eksponering på 55 °C i noen sekunder. Det kan være flere grunner til at høye temperaturer dreper.

Temperaturer over 30 grader fører både til en raskere uttørking og at mikroorganismene i tarmen dør slik at skjeggkreene ikke får tilstrekkelig med næring. Dette resulterer i at dyrene dør etter hvert. Ved enda høyere temperaturer vil dessuten enzymer slutte å virke samt proteiner koagulere og dette fører til en umiddelbar død.



Figur 2. Illustrasjon av temperaturens effekt på insekter.

Det er gjort relativt mange studier på frysetoleransen til ulike insekter og insektgrupper, men det er ingen studier på sølvkre, skjeggkre, perlekre og andre nærstående arter. Allikevel finnes det informasjon fra ulike museer, skadedyrfirmaer og lignende som antyder at sølvkre og skjeggkre dør etter en 3 dagers behandling i fryseren. Dette er ikke publisert materiell så foreløpig finnes det ikke noen god dokumentasjon på eksakt hva som skal til for å oppnå en desinfiserende effekt på skjeggkre ved nedfrysning.

Ut fra kunnskap om at temperaturer som skal til for å drepe insekter varierer både mellom ulike arter og alder på individene innen en art, kan man forvente at det også hos skjeggkre er forskjell på hvilken temperatur som skal til for å drepe egg, små nymfer, eldre nymfer, voksne eller store voksne individer. Det er kjent at insekttagg ofte er betydelig mer stresstolerante (temperatur, uttørking) enn voksne insekter og dette har trolig også en viktig innvirkning på nedfrysingsrutiner.

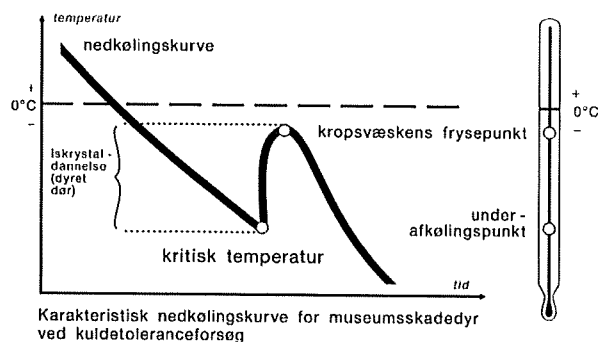
Det vil være en nedfrysningstemperatur hvor alle individer vil dø, men det er frem til nå uklart hvilken temperatur som skal til og hvor lang tid en slik behandling vil ta. Det er av enkelte estimert ca.3 dager, men en del steder nevnes det at det kan være tilstrekkelig med en nedfrysningstid på 6 timer.

Insekter er vekselvarme, dvs. aktiviteten er avhengig av omgivelsestemperaturen. Derfor er en lav temperatur klart aktivitetsbegrensende for skjeggkre. De unge, ikke kjønnsmodne individene (< 10 mm) er mer følsomme for temperaturer enn voksne individer (> 10 mm store).

Det er angitt at den kritiske temperaturgrensen for at skjeggkre skal være aktive, spise og vokse er 16 °C. Det er særlig de minste nymfene som påvirkes mest av lave temperaturer og ved lave temperaturer dør nymfer raskere enn de voksne. Det er tidligere vist at nymfene dør i løpet av to døgn ved +1 °C og etter 24 døgn ved +11 °C. Det er noe usikkert om detaljene i disse tallene fordi det ikke er angitt hvilken størrelse de undersøkte nymfene hadde. Vi har sett på vårt laboratorium at voksne skjeggkre kan overleve godt i fire uker ved kjøleskaptemperatur (+2 °C til +4 °C).

Effekt av nedfrysning

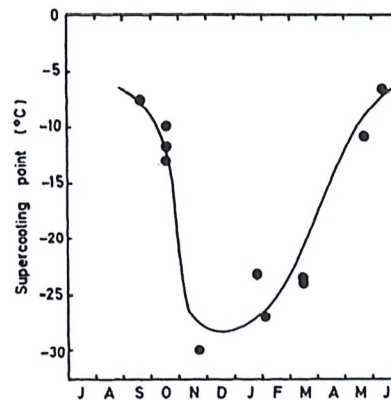
Grunnen til at skjeggkre dør ved nedfrysning er at vannet i kroppsvæskene fryser til is. Når dette skjer ødelegges cellene og insektet dør (figur 2).



Figur 2. Temperaturutvikling ved nedfrysning av insekter (Hentet fra Skytte 1993).

Det betyr at når dette skjer er insektet dødt og det er derfor ikke nødvendig å opprettholde denne temperaturen eller lavere over tid for å sikre at insektene dør.

Det er kjent at kuldetoleransen kan variere innen en insektart, avhengig av hvilket stadium den er i (egg, nymfe, larve eller voksen). I tillegg kan de enkelte individene ha en varierende kuldetoleranse avhengig av sesongvariasjoner. Trebukken bartreløper (*Rhagium inquisitor*) har for eksempel en kritisk frysetemperatur som varierer fra ca. -6 °C om sommeren til under -25 °C om vinteren (figur 3). Dette gjør at billen er godt tilpasset et liv i nordisk klima ved at den kan akklimatisere seg til lavere temperaturer utover høsten.

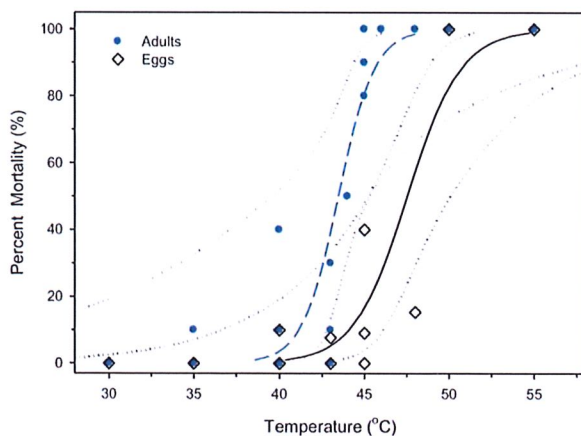


Figur 3. Foto av bartreløper (hentet fra Wikipedia) og temperaturtoleransegraf i forhold til sesongsvariasjon (hentet fra Zachariassen 1985).

Skjeggkre er en art som kommer fra et varmt klima og vi har derfor antatt at skjeggkre ikke har spesielt god kuldetoleranse. Nedfrysingsforsøkene viste hvilken kuldetoleranse skjeggkre har. For å kontrollere om det var noen tegn til mulighet for akklimering, ble også dette testet av oss.

Hvis man ser på andre undersøkelser som er utført på forskjellige insektarter, registrerer vi at den kritiske minimumstemperaturen for en del vanlige skadeinsekter som lever innendørs (husklanner, teppebille, tobakksbille, melbille og klesmøll) er nokså lik for egg og larver, og at dette ligger fra -25 °C til -30 °C for flestparten av disse artene. Samtidig ser vi at de voksne individene for disse artene har en kritisk frysetemperatur som er 5-6 °C varmere enn larvene og eggene.

Det kan også være en tilsvarende variasjon i temperaturtoleranse mellom egg og voksne ved høye temperaturer, slik som vist i figur 4, der man kan se at eggene til veggedyr overlever bedre enn voksne individer.



Figur 4. Variasjon i temperaturtoleranse ved høye temperaturer hos veggedyr (hentet fra Kells & Goblirsch 2011).

Praktiske problemstillinger ved nedfrysning

Vi har praktiske erfaringer med at skjeggkre kan overleve i 8 timer i en bil med en omgivelsestemperatur på $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, men det er uklart hvor kaldt det virkelig var i bilen. Vi har ellers erfaring fra våre nedfrysingsrutiner ved mottak av limfeller med skjeggkre at de dør i en fryseboks med drøyt $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ i løpet en natts eksponering, men vi har frem til nå ikke gjort noen detaljert kontroll av hvilke grenseverdier det faktisk dreier seg om.

Nedfrysning av gjenstander og materialer er relativt enkelt å gjennomføre, men det er en del praktiske aspekter og tekniske problemstillinger i forbindelse med nedfrysning. For å illustrere hvordan både plassering og innpakning av gjenstandene kan påvirke nødvendig nedfrysningstid, ble noen av disse forholdene testet.

Vi har tidligere testet muligheten for å fryse ned hele bygninger og det viste seg at det er teknisk vanskelig å oppnå en effektiv nedfrysning av godt isolerte konstruksjoner. Selv om det var blitt et klart redusert antall skjeggkreindivider i boligen, var det synlige voksne skjeggkre flere steder i boligen to uker etter at nedfrysingsforsøket ble avsluttet (Mycoteam 2018).

Material og metoder

Nedfrysingsforsøkene ble gjennomført i en 400 liters Electrolux fryseboks. Under forsøkene sto termostaten på maksimalt lav temperatur, hvilket ga en temperatur på $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Skjeggkreene var akklimatisert i minimum fire uker i et klimarom med en temperatur på $+20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ og relativ luftfuktighet på $80\% \pm 5\%$ RF samt god næringstilgang.

Et forsøk ble gjort der skjeggkre etter akklimatisering i klimarommet ble plassert en uke ved $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ før de utsattes for nedfrysning.

Ved nedfrysingsforsøkene ble det tatt ut enkeltindivider av nymfer og voksne skjeggkre og disse ble plassert i separate plastposer med glidelåslukking. Posene var festet til individuelle hyssinger slik at de var mulig å raskt ta ut separat ved ønsket eksponeringstid uten at temperaturen i fryseren ble påvirket av prosessen på grunn av at varm luft strømmet ned i fryseren. Etter eksponering ble de eksponerte skjeggkreene lagt til akklimatisering i klimarommet for å se om det skjedde noen klekking av eksponerte egg og om det var noen nymfer eller voksne skjeggkre som var i live etter eksponering.

For å sjekke hvor raskt temperaturen synker i fylte pappesker, ble det lagt inn temperaturloggere i esker som ble plassert som vist i foto 1.

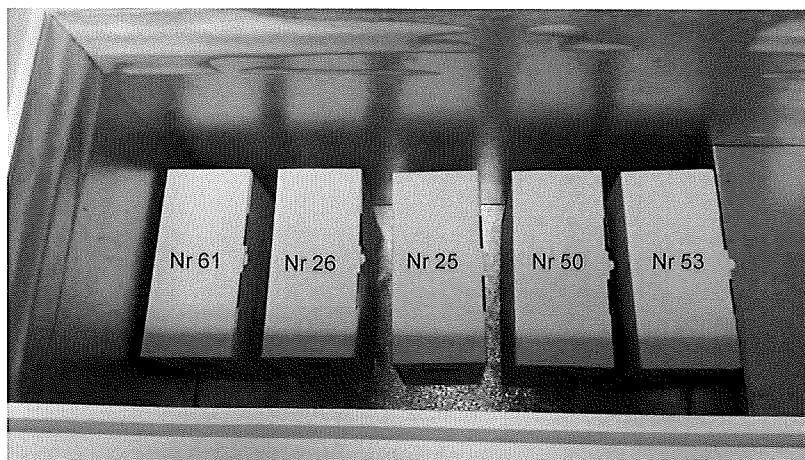


Foto 1. Nedfrysingshastighet ble testet ved å legge loggere i fylte pappesker.

Forsøk med skjeggkreegg

Til fryse/kuldeforsøket ble det brukt 28 skjeggkreegg samlet inn fra Mycoteams skjeggkrepopulasjon. Den eksakte alderen på eggene er ukjent, men de er lagt i perioden 16.5. - 13.6.2018. Så de eldste kan ha vært opp mot 30-40 dager gamle når de ble brukt i forsøket. Eggene ble oppbevart i et klimaregulert rom før og etter forsøket.

De 28 skjeggkreeggene ble fordelt i ziplock-poser med 3 egg i hver pose, og posene ble festet med en tråd slik at de kunne hentes ut av fryseren uten at man måtte åpne lokket unødvendig mye. Posene ble plassert i en eske i bunnen av en fryser. I boksen ble også et termometer (sonden pakket inn i en lignende zipbag) plassert i bunn og festet med sølvteip. Tilfeldige poser ble tatt ut av fryseren når termometeret viste 5 °C, 0 °C, -5 °C, -10 °C, -15 °C, -20 °C og -25 °C. Temperaturen ble målt med Rotronic HygroPalm med en nykalibrert trådsensor.

Etter behandling ble eggene lagt i petriskåler merket med temperaturen de oppbevart i det klimaregulerte rommet for videre observasjon i forhold til eventuell klekking.

Forsøk med nymfer og voksne skjeggkre

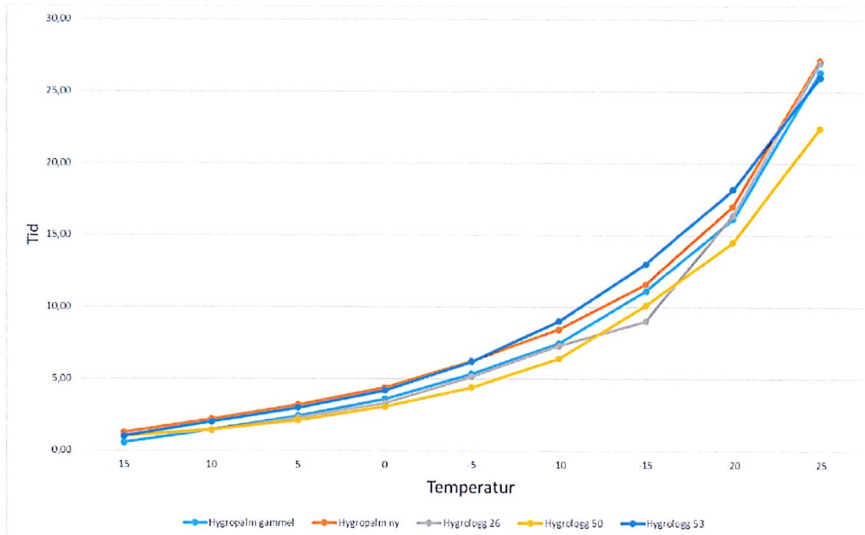
Ved innledende forsøk registrerte vi at små skjeggkrenymfer døde raskere enn voksne skjeggkre. Vi valgte derfor å gå videre med å gjennomføre nedfrysningsforsøkene med voksne skjeggkre. Totalt ble det brukt 55 skjeggkre som ble plassert hver for seg i ziplock-poser. Ved hver runde ble en pose brukt som kontroll (oppbevart i romtemperatur), mens de øvrige ble oppbevart i fryseren til termometeret viste henholdsvis +5, 0, -5, -10, -15, -20 og -25 °C hvorpå en tilfeldig pose ble trukket ut av fryseren.

Etter behandling ble individene lagt i petriskåler merket med aktuell eksponeringstemperatur for videre observasjon i klimarommet med henblikk på eventuell aktivitet.

Resultat

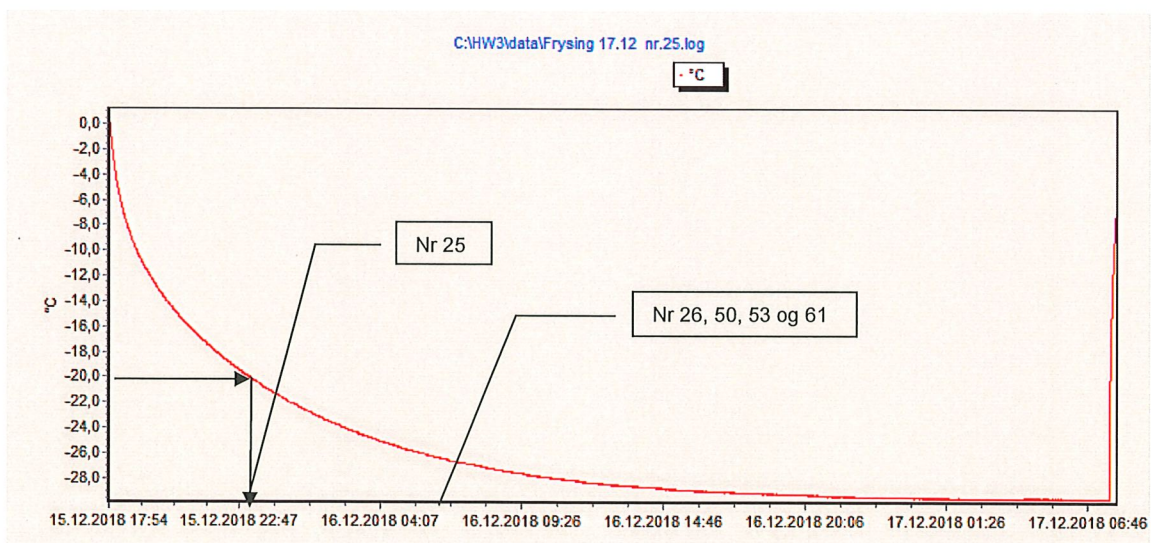
Test av temperatursensorer og nedfrysingshastighet

Det tar tid for gjenstander og temperatursensorer å oppnå en bestemt temperatur. For å se på tidsaspektet i forhold til individuelle temperatursensorer på målere og loggere ble det gjort en innledende teknisk test. Denne viste at det kun var små variasjoner mellom de ulike sensorene (figur 5). Dette betyr at metoden for avlesning av aktuelle temperatur ikke var avhengig av hvilken sensor som ble benyttet.



Figur 5. Variasjon i temperaturløstoleranse

Testen av hvor rask nedkjølingsprosessen er i esker fylt med bobleplast og papir fra +20 °C til -20 °C viste at det i tom testboks (referanseprøve) i midten av fryseboksen tok ca. 5 timer å oppnå ønsket temperatur. Samtidig viste det seg at det tok ca. 10 timer å oppnå den samme temperaturen i testbokser som var fylt med bobleplast rundt temperatursensorene og med bøker rundt sensorene (foto 1, figur 6).



Figur 6. Nedfrysing fra +20 C til -20 °C i testbokser. Nr. 25 var en tom bokse, mens de fire andre var fulle med bøker samt bobleplast rundt temperatursensoren.

Nedfrysning av skjeggkre

Forsøk med skjeggkreegg

Resultatet fra nedfrysningsforsøket med skjeggkreegg er vist i tabell 1.

Tabell 1. Oppsummering av nedfrysning av skjeggkreegg.

Temperatur	Egg 1	Egg 2	Egg 3
Kontroll	Overlevde		
+5 °C			
0 °C			
-5 °C	Død		
-10 °C	Død	Død	
-15 °C	Død	Død	
-20 °C	Død	Død	Død
-25 °C	Død	Død	Død

Første pose ble tatt opp etter 2 minutter 47 sekunder da temperaturen var +5 °C. Deretter ble posene suksessivt tatt opp ved hver femte grad. Den videre eksponeringstiden frem til -20 °C tok det 8 minutter 7 sekunder. Fra -20 °C til -25 °C tok det ytterligere 7 minutter 12 sekunder.

Samtlige egg som hadde vært eksponert ved +5 °C og 0 °C klekte normalt etter forsøket.

To av tre egg fra -5 °C klekte etter forsøket, og nymfene utviklet seg normalt etterpå. Nedfrysningstemperatur på -5 °C ser dermed ikke ut til å i særlig grad stoppe utviklingen av skjeggkreeggene (foto 2).

Ett av tre egg fra -10 °C klekket etter nedfrysningsforsøket mens de to resterende eggene ikke utviklet seg videre.

I -15 °C behandlingen har ett egg klekket, og nymfen utviklet seg videre normalt. De to andre eggene klekket ikke. De fikk en brun farge og skrumpet inn.

I -20 °C behandlingen var det ingen egg som utviklet seg videre.

I -25 °C behandlingen var det ikke tegn til tydelig utvikling og strukturer inne i eggene, og eggene har sprukket eller blir deformerte (foto 3).



Foto 2. Skjeggkreegg eksponert for -5 °C utviklet seg normalt og klekket etterpå.

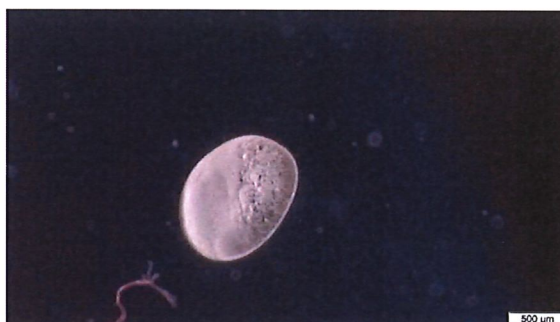


Foto 3. Skjeggkreegg eksponert for -25 °C hadde ingen utvikling etterpå.

Forsøk med voksne skjeggkre

Ved nedfrysningsforsøkene med voksne skjeggkreindivider var det et individ som overlevde eksponering ved 0 °C, mens samtlige andre som var eksponert for 0 °C eller kaldere døde (tabell 2).

Tabell 2. Oppsummering av nedfrysning av voksne skjeggkre.

Temperatur	Forsøk 1	Forsøk 2	Forsøk 3	Forsøk 4	Forsøk 5	Forsøk 6
Kontroll	Overlevde	Overlevde	Overlevde	Overlevde	Overlevde	Overlevde
+5 °C	Overlevde	Overlevde	Overlevde	Overlevde	Overlevde	Overlevde
0 °C	Overlevde	Død	Død	Død	Død	Død
-5 °C	Død	Død	Død	Død	Død	Død
-10 °C	Død	Død	Død	Død	Død	Død
-15 °C	Død	Død	Død	Død	Død	Død
-20 °C	Død	Død	Død	Død	Død	Død
-25 °C	Død	Død	Død	Død	Død	Død

Nedfrysningsforsøket med skjeggkre som var akklimatisert ved + 4 °C før nedfrysningsforsøket døde også fra 0 °C og kaldere.

Diskusjon

Letal frysetemperatur for skjeggkre

Det er godt kjent at nedfrysning kan være en effektiv desinfeksjonsmetode. Dette forutsetter at man oppnår en tilstrekkelig lav temperatur til at vannet i kroppen fryser til is. Det er en del variasjoner i hvilken temperatur som må til for å oppnå denne effekten, både mellom ulike arter, forskjellig alder på de ulike individene samt den individuelle tilstanden til det aktuelle individet.

Det er en vanlig misoppfatning at man må oppnå en tilstrekkelig lav frysetemperatur og deretter opprettholde denne over tid for at det skal være en drepende effekt på insektene. Poenget med nedfrysning er derimot at det må bli så kaldt at vannet i insektet fryser til is. Når denne temperaturen er oppnådd, er insektet dødt og da er det ikke noen behov for å opprettholde denne temperaturen.

Forsøkene har vist at skjeggkreegg kan overleve ned mot $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ men ikke kaldere. Samtidig ser vi at både nymfer og voksne skjeggkre har dårlig overlevelsessevne ved lave temperaturer og de dør allerede ved temperaturer under $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Grunnen til at de har en så dårlig evne til å overleve lave temperaturer skyldes trolig at skjeggkre opprinnelig er en art som både er tilpasset til og lever i et stabilt varmt klima. De har dermed aldri hatt et press mot å utvikle kuldetoleranse, til forskjell fra opprinnelige nordiske insektarter som har tilpasset seg en naturlig, sesongmessig nedfrysning.

Konsekvensen av dette er at det er enkelt å drepe nymfer og voksne skjeggkre ved en eksponering for minusgrader. Eggene har imidlertid en betydelig større overlevelsessevne enn de utklekte individene. For sikre at eventuelle skjeggkreegg dør ved en nedfrysningsprosess, må man sørge for at temperaturen når minst $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Praktiske forhold ved nedfrysning av materialer

Resultatene viser at det er meget gode muligheter til å kunne sikre at innkommende arkivmateriale blir desinfisert ved en enkel nedfrysningsrutine.

Den praktiske problemstillingen er å sikre at det oppnås en tilstrekkelig lav temperatur i materialene til at vannet i eventuelle insekter fryser til is. Det er derfor viktig at man tilpasser nedfrysningsrutinene til de lokale forutsetningene som gjelder.

Vi ser at både plassering i fryseren samt type emballasje og materialer som ligger i emballasjen har betydning for hvor raskt nedfrysningen skjer i praksis. Man bør derfor teste ut hvilke praktiske hensyn man må ta i forhold til den aktuelle fryseren/fryserrommet som man har tilgang til, for å kunne håndtere eventuelle lokale forhold og variasjoner. Dessuten må man bli kjent med hva slags materiale man normalt sett skal håndtere, slik at rutinene blir kvalitetssikret. Vi anbefaler at man derfor bruker temperaturloggere og tester hvilke variasjoner det er med ulike materialer og forpakninger.

Med enkle rutiner der man har nok tid til å på en enkel måte kunne sikre at samtlige materialer når en temperatur på minst $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, er det garantert at det ikke kan overleve noen skjeggkre. Hvis det imidlertid av praktiske eller kapasitetsmessige grunner skulle være behov for å gjennomføre en raskere behandling, er det greit å huske på at det er svært lite sannsynlig at skjeggkre legger egg ved midlertidig opphold i utgangspunktet tørre områder og materialer. Selv om man skulle finne voksne individer i lagrede gjenstander i hyllematerialer eller esker som har stått i tørre områder, er det derfor høyst usannsynlig at det også skulle forekomme noen egg i disse materialene. Hvis man har god kontroll på hvor materialer som skal fryses ned har stått, kan man dermed tilpasse nedfrysningsprosessen i forhold til om man mistenker forekomst av egg eller ikke.

Aktuell litteratur

Hansen, L.S., 1992. Use of freeze disinfection for the control of common furniture beetle *Anobium punctatum*. In *IRG/WP/1528-92*. Stockholm: The International Research Group on Wood Preservation, pp. 1–6.

Hansen, L.S. & Jensen, K.-M.V., 2015. Heat treatment of the common furniture beetle, *Anobium punctatum* (Coleoptera: Anobiidae), at temperatures between 45 °C and 54 °C - under dry and humid conditions. In *Proceedings on the 3rd Nordic symposium on insect pest control in museums*. Stockholm, pp. 36–41.

Hansen, L.S. & Jensen, K.-M.V., 1996. Upper lethal Temperature Limits of the Common Furniture Beetle *Anobium punctatum* (Coleoptera: Anobiidae). *International Biodeterioration & Biodegradation*, pp.225–232.

Mattsson, J., 2010. *Treskadeinsekter i bygninger*, Oslo: Mycoteam AS.

Mattsson, J., 2017. The Impact of Microclimate on Biodeterioration of Wood in Historic Buildings. Dr.Philos-avhandling, NTNU.

Mycoteam, 2018. FoU Rapport januar 2018. Tilgjengelig på www.skjeggkre.no.

Skytte, T., 1993. *Bekæmpelse af museumsskadedyr ved nedfrysning*, Århus: Naturhistorisk museum.
Smith, D., 1993. Tolerance to freezing and thawing. In D. H. Jennings, ed. *Stress tolerance of fungi*. New York: Marcel Dekker Inc., pp. 145–171.

**RISE PFI AS**

Postadresse / Mail address:
N-7491 Trondheim, Norway
Besøksadresse / Visiting address:
Høgskoleringen 6B, Trondheim, Norway
Telefon / Phone: +47 73 60 50 65
e-post / e-mail: firmapost@rise-pfi.no
Org.nr / VAT no: NO 986 164 901



OPPDRAGSRAPPORT CONTRACT WORK REPORT

OPPDRAGSGIVER / ADRESSE ORDERED BY / ADDRESS

IKA Kongsberg
Frogs vei 48
3611 Kongsberg

OPPDRAG / CONTRACT WORK

Måling av slit-og rivstyrke samt flatevekt

EKSTERN PRØVE / ID/ DATO
MOTTATT
EXTERNAL SAMPLE / ID / DATE
RECEIVED

Materiale fra
1835 ubehandlet (ub) og fryst (f)
1869 ub og f,
1952 ub og f
1970-tallet ub og f
1990-tallet ub og f

Intern prøve-ID
Internal sample ID
1571436.01-05 ubehandlet
1571436.06-10 frystOPPDRAG NR. / ORDER NO.
1571436OPPDRAGSANSVARLIG / CONTACT
PERSON
Kristin Stensønes/
Øyvind EriksenDATO / UTFØRT AV DATE / EXECUTED BY
12.-16.-04.2019 Kristin Stensønes

Kristin Stensønes

SIDE 1 AV 21
PAGE 1 OF 21
DATO / DATE
23.04.2019VERIFISERT AV / UNDERSKRIFTSBERETTIGET VERIFIED BY / APPROVED BY
Øyvind Eriksen

Øyvind Eriksen

PRØVINGSMETODER / TEST METHODS

Analyseparameter	PFI-prosedyre	Internasjonal standard	Akkredite rt metode	Metodens usikkerhet
Flatevekt	04-P-A-01	ISO 536	Ja	0,4 g/m ²
Slitstyrke	04-P-A-17	ISO 1924-3	Ja	0,8 kN/m
Rivstyrke	04-P-A-05	ISO 1974	Ja	56,7 mN

ANMERKNING / COMMENTS

Meget ujevn flatevekt på de eldste kvalitetene. Usikkert om det er mulig å konkludere med nedsatt rivstyrke på grunn av dette.

FOR RESULTATER, SE PÅFØLGENDE SIDE(R)**For results, see the following page(s)**

Prøvningsresultatene som rapporteres i dette dokumentet er frembrakt ved analyse av de anførte prøvene i den stand de ble mottatt ved RISE PFI AS sitt prøvningslaboratorium. Resultatene kan ikke uten videre betraktes som representative for andre deler av det materialet prøvene er tatt fra. RISE PFI AS overtar ikke noe ansvar for bruken av analyseresultatene. Prøver oppbevares normalt i minst fire måneder etter avsluttet oppdrag, hvis ikke oppdragsgiveren har uttrykt ønske om noe annet. Denne rapporten tillates bare kopiert hvis HELE dokumentet, inklusive de anmerkingene som anføres her, inngår i det kopierte eksemplaret. DELVIS kopiering av rapporten er ikke tillatt uten skriftlig samtykke fra RISE PFI AS. Kun signert versjon av denne rapporten er gyldig.

The test results reported in this document have been achieved by tests performed on the listed samples as received by RISE PFI AS testing laboratory. The results are not necessarily representative of other parts of the sampled material. RISE PFI AS is not responsible for the use of the results. The samples will normally be stored for at least four months after completion of the tests, unless otherwise stated by the customer. This report may be copied only as a complete report, these comments included. A partial copy is only allowed with written consent from RISE PFI AS. The signed version of this report is valid.



PART OF RI.SE

RAPPORT

Kunde: IKA

Prosjekt/opdragsnr: 1571436 Prøve ID: 01-01 ubeh 1835

Dato for testing: 08.04.2019 Analysert av: KSt

Testklima: Sted for testing: Klimarom I
Temperatur: 23°C ± 1°C
Relativ fuktighet: 50 % ± 2 %

RESULTATER	01-01 ubeh 1835	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	Antall Målinger	Nøyaktighet 95% konf.nivå
FLATEVEKT, g/m²		62.6	1.80	16	0.96
Gjennomsnittlig areal, cm ²	31.0				
Inngående usikkerhet, g/m ²	0.44				
ISO-standard: ISO 536 RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-01					
SLITEGENSKAPER Maskinretn.				10	
Slitstyrke, kN/m		1.75	0.17		0.12
Slitindeks, Nm/g		27.9	2.71		1.94
Prøvelengde, mm	100				
Antall kasserte prøver	0				
Testhastighet, mm/min	99				
Inngående usikkerhet, N/m	15.7				
ISO-standard: ISO 1924-3 RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-17					
SLITEGENSKAPER Tversretn.				10	
Slitstyrke, kN/m		1.24	0.03		0.02
Slitindeks, Nm/g		19.9	0.47		0.34
Prøvelengde, mm	100				
Antall kasserte prøver	0				
Testhastighet, mm/min	100				
Inngående usikkerhet, N/m	15.7				
ISO-standard: ISO 1924-3 RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-17					

RESULTATER	0	Gjennomsnitt	Standard- Avvik	Antall Målinger	Nøyaktighet 95% konf.nivå
RIVSTYRKE Maskinretn.					
Rivstyrke, mN		277	15.5	10	11.07
Rivindeks, mNm ² /g		4.42	0.25	10	0.18
Variasjonskoeffisient, %	5.59				
Pendeltype	0				
Antall ark pr. måling	0				
Inngående usikkerhet, mN	77.5				
Pendeltype A: 09ED, nr. 1152					
Antall målinger utenfor 20-80% av maks måleområde (0-1500mN)	0				
Antall målinger med avvik mer enn 10mm fra kutt-linje	0				
ISO-standard: ISO 1974					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-05					
RIVSTYRKE Tversretn.					
Rivstyrke, mN		278	14.6	10	10.46
Rivindeks, mNm ² /g		4.44	0.23	10	0.17
Variasjonskoeffisient, %	5.27				
Pendeltype	0.0				
Antall ark pr. måling	0				
Inngående usikkerhet, mN	77.5				
Pendeltype A: 09ED, nr. 1152					
Antall målinger utenfor 20-80% av maks måleområde (0-1500mN)	0				
Antall målinger med avvik mer enn 10mm fra kutt-linje	0				
ISO-standard: ISO 1974					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-05					

Eventuelle avvik fra ISO-std:

Beregninger av inngående usikkerhet er basert på kontrollprøver med flatevekt 80 g/m², med unntak av Gurley og PPS, hvor 160 g/m² er benyttet



PART OF RI.SE

RAPPORT

Kunde: IKA

Prosjekt/opdragsnr: 1571436 Prøve ID: 01-02 ubehandlet 1869

Dato for testing: 08.04.2019 Analysert av: KSt

Testklima: Sted for testing: Klimarom I
Temperatur: 23°C ± 1°C
Relativ fuktighet: 50 % ± 2 %

RESULTATER	01-02 ubehandlet 1869	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	Antall Målinger	Nøyaktighet 95% konf.nivå
FLATEVEKT, g/m²		51.8	2.39	10	1.71
Gjennomsnittlig areal, cm ²	27.6				
Inngående usikkerhet, g/m ²	0.44				
ISO-standard: ISO 536 RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-01					
SLITEGENSKAPER Maskinretn.				10	
Slitstyrke, kN/m		1.11	0.05		0.03
Slitindeks, Nm/g		21.3	0.94		0.67
Prøvelengde, mm	0				
Antall kasserte prøver	0				
Testhastighet, mm/min	0				
Inngående usikkerhet, N/m	15.7				
ISO-standard: ISO 1924-3 RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-17					
SLITEGENSKAPER Tversretn.				10	
Slitstyrke, kN/m		1.12	0.35		0.25
Slitindeks, Nm/g		21.6	6.75		4.83
Prøvelengde, mm	0				
Antall kasserte prøver	0				
Testhastighet, mm/min	0				
Inngående usikkerhet, N/m	15.7				
ISO-standard: ISO 1924-3 RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-17					

RESULTATER	01-02 ubehandlet 1869	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	Antall Målinger	Nøyaktighet 95% konf.nivå
------------	-----------------------------	-------------------	--------------------	--------------------	------------------------------

RIVSTYRKE Maskinretn.					
Rivstyrke, mN		147	8.0	10	5.75
Rivindeks, mNm ² /g		2.84	0.16	10	0.11
Variasjonskoeffisient, %	5.46				
Pendeltype	0				
Antall ark pr. måling	0				
Inngående usikkerhet, mN	77.5				
Pendeltype A: 09ED, nr. 1152					
Antall målinger utenfor 20-80% av maks måleområde (0-1500mN)	0				
Antall målinger med avvik mer enn 10mm fra kutt-linje	0				
ISO-standard: ISO 1974					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-05					

RIVSTYRKE Tversretn.					
Rivstyrke, mN		174	8.2	10	5.85
Rivindeks, mNm ² /g		3.35	0.16	10	0.11
Variasjonskoeffisient, %	4.71				
Pendeltype	0.0				
Antall ark pr. måling	0				
Inngående usikkerhet, mN	77.5				
Pendeltype A: 09ED, nr. 1152					
Antall målinger utenfor 20-80% av maks måleområde (0-1500mN)	0				
Antall målinger med avvik mer enn 10mm fra kutt-linje	0				
ISO-standard: ISO 1974					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-05					

Eventuelle avvik fra ISO-std:

Beregninger av inngående usikkerhet er basert på kontrollprøver med flatevekt 80 g/m², med unntak av Gurley og PPS, hvor 160 g/m² er benyttet



PART OF RISE

RAPPORT

Kunde: IKA

Prosjekt/opdragsnr: 1571436 Prøve ID: 01-03 ubeh 1952

Dato for testing: 08.04.2019 Analysert av: KSt

Testklima: Sted for testing: Klimarom I
Temperatur: 23°C ± 1°C
Relativ fuktighet: 50 % ± 2 %

RESULTATER	01-03 ubeh 1952	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	Antall Målinger	Nøyaktighet 95% konf.nivå
FLATEVEKT, g/m²		78.3	0.56	10	0.40
Gjennomsnittlig areal, cm ²	31.4				
Inngående usikkerhet, g/m ²	0.44				
ISO-standard: ISO 536					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-01					
SLITEGENSKAPER Maskinretn.				10	
Slitstyrke, kN/m		2.78	0.78		0.56
Slitindeks, Nm/g		35.5	9.96		7.13
Prøvelengde, mm	0				
Antall kasserte prøver	0				
Testhastighet, mm/min	0				
Inngående usikkerhet, N/m	15.7				
ISO-standard: ISO 1924-3					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-17					
SLITEGENSKAPER Tversretn.				10	
Slitstyrke, kN/m		1.93	0.06		0.04
Slitindeks, Nm/g		24.6	0.76		0.54
Prøvelengde, mm	0				
Antall kasserte prøver	0				
Testhastighet, mm/min	0				
Inngående usikkerhet, N/m	15.7				
ISO-standard: ISO 1924-3					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-17					

RESULTATER	01-03 ubeh 1952	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	Antall Målinger	Nøyaktighet 95% konf.nivå
------------	--------------------	-------------------	--------------------	--------------------	------------------------------

RIVSTYRKE Maskinretn.					
Rivstyrke, mN		205	9.5	10	6.83
Rivindeks, mNm ² /g		2.62	0.12	10	0.09
Variasjonskoeffisient, %	4.66				
Pendeltype	0				
Antall ark pr. måling	0				
Inngående usikkerhet, mN	77.5				
Pendeltype A: 09ED, nr. 1152					
Antall målinger utenfor 20-80% av maks måleområde (0-1500mN)	0				
Antall målinger med avvik mer enn 10mm fra kutt-linje	0				
ISO-standard: ISO 1974					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-05					
RIVSTYRKE Tversretn.					
Rivstyrke, mN		234	11.1	9	8.52
Rivindeks, mNm ² /g		2.98	0.14	9	0.11
Variasjonskoeffisient, %	4.75				
Pendeltype	0.0				
Antall ark pr. måling	0				
Inngående usikkerhet, mN	77.5				
Pendeltype A: 09ED, nr. 1152					
Antall målinger utenfor 20-80% av maks måleområde (0-1500mN)	0				
Antall målinger med avvik mer enn 10mm fra kutt-linje	0				
ISO-standard: ISO 1974					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-05					

Eventuelle avvik fra ISO-std:

Beregninger av inngående usikkerhet er basert på kontrollprøver med flatevekt 80 g/m², med unntak av Gurley og PPS, hvor 160 g/m² er benyttet



PART OF RI.SE

RAPPORT

Kunde: IKA

Prosjekt/opdragsnr: 1571436 Prøve ID: 01-04 ubeh 1970

Dato for testing: 08.04.2019 Analysert av: KSt

Testklima: Sted for testing: Klimarom I
Temperatur: 23°C ± 1°C
Relativ fuktighet: 50 % ± 2 %

RESULTATER	01-04 ubeh 1970	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	Antall Målinger	Nøyaktighet 95% konf.nivå
FLATEVEKT, g/m²		79.3	0.46	10	0.33
Gjennomsnittlig areal, cm ²	31.5				
Inngående usikkerhet, g/m ²	0.44				
ISO-standard: ISO 536					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-01					
SLITEGENSKAPER Maskinretn.				10	
Slitstyrke, kN/m		4.14	0.23		0.16
Slitindeks, Nm/g		52.2	2.87		2.05
Prøvelengde, mm	0				
Antall kasserte prøver	0				
Testhastighet, mm/min	0				
Inngående usikkerhet, N/m	15.7				
ISO-standard: ISO 1924-3					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-17					
SLITEGENSKAPER Tversretn.				10	
Slitstyrke, kN/m		1.81	0.10		0.07
Slitindeks, Nm/g		22.8	1.20		0.86
Prøvelengde, mm	0				
Antall kasserte prøver	0				
Testhastighet, mm/min	0				
Inngående usikkerhet, N/m	15.7				
ISO-standard: ISO 1924-3					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-17					

RESULTATER	01-04 ubeh 1970	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	Antall Målinger	Nøyaktighet 95% konf.nivå
------------	--------------------	-------------------	--------------------	--------------------	------------------------------

RIVSTYRKE Maskinretn.					
Rivstyrke, mN		409	31.5	10	22.53
Rivindeks, mNm ² /g		5.15	0.40	10	0.28
Variasjonskoeffisient, %	7.71				
Pendeltype	0				
Antall ark pr. måling	0				
Inngående usikkerhet, mN	77.5				
Pendeltype A: 09ED, nr. 1152					
Antall målinger utenfor 20-80% av maks måleområde (0-1500mN)	0				
Antall målinger med avvik mer enn 10mm fra kutt-linje	0				
ISO-standard: ISO 1974					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-05					

RIVSTYRKE Tversretn.					
Rivstyrke, mN		426	18.2	10	13.00
Rivindeks, mNm ² /g		5.38	0.23	10	0.16
Variasjonskoeffisient, %	4.27				
Pendeltype	0.0				
Antall ark pr. måling	0				
Inngående usikkerhet, mN	77.5				
Pendeltype A: 09ED, nr. 1152					
Antall målinger utenfor 20-80% av maks måleområde (0-1500mN)	0				
Antall målinger med avvik mer enn 10mm fra kutt-linje	0				
ISO-standard: ISO 1974					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-05					

Eventuelle avvik fra ISO-std:

Beregninger av inngående usikkerhet er basert på kontrollprøver med flatevekt 80 g/m², med unntak av Gurley og PPS, hvor 160 g/m² er benyttet

Kunde: IKA

Prosjekt/opdragsnr: 1571436 Prøve ID: 01-05 ubeh 1990

Dato for testing: 08.04.2019 Analysert av: KSt

Testklima: Sted for testing: Klimarom I
Temperatur: 23°C ± 1°C
Relativ fuktighet: 50 % ± 2 %

RESULTATER	01-05 ubeh 1990	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	Antall Målinger	Nøyaktighet 95% konf.nivå
FLATEVEKT, g/m²		82.4	0.82	10	0.59
Gjennomsnittlig areal, cm ²	31.7				
Inngående usikkerhet, g/m ²	0.44				
ISO-standard: ISO 536					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-01					
SLITEGENSKAPER Maskinretn.				10	
Slitstyrke, kN/m		5.73	0.37		0.27
Slitindeks, Nm/g		69.5	4.54		3.25
Prøvelengde, mm	0				
Antall kasserte prøver	0				
Testhastighet, mm/min	0				
Inngående usikkerhet, N/m	15.7				
ISO-standard: ISO 1924-3					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-17					
SLITEGENSKAPER Tversretn.				10	
Slitstyrke, kN/m		1.90	0.05		0.04
Slitindeks, Nm/g		23.0	0.61		0.44
Prøvelengde, mm	0				
Antall kasserte prøver	0				
Testhastighet, mm/min	0				
Inngående usikkerhet, N/m	15.7				
ISO-standard: ISO 1924-3					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-17					

RESULTATER	01-05 ubeh 1990	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	Antall Målinger	Nøyaktighet 95% konf.nivå
------------	--------------------	-------------------	--------------------	--------------------	------------------------------

RIVSTYRKE Maskinretn.					
Rivstyrke, mN		505	26.9	10	19.22
Rivindeks, mNm ² /g		6.13	0.33	10	0.23
Variasjonskoeffisient, %	5.32				
Pendeltype	0				
Antall ark pr. måling	0				
Inngående usikkerhet, mN	77.5				
Pendeltype A: 09ED, nr. 1152					
Antall målinger utenfor 20-80% av maks måleområde (0-1500mN)	0				
Antall målinger med avvik mer enn 10mm fra kutt-linje	0				
ISO-standard: ISO 1974					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-05					

RIVSTYRKE Tversretn.					
Rivstyrke, mN		557	13.7	10	9.81
Rivindeks, mNm ² /g		6.76	0.17	10	0.12
Variasjonskoeffisient, %	2.46				
Pendeltype	0.0				
Antall ark pr. måling	0				
Inngående usikkerhet, mN	77.5				
Pendeltype A: 09ED, nr. 1152					
Antall målinger utenfor 20-80% av maks måleområde (0-1500mN)	0				
Antall målinger med avvik mer enn 10mm fra kutt-linje	0				
ISO-standard: ISO 1974					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-05					

Eventuelle avvik fra ISO-std:

Beregninger av inngående usikkerhet er basert på kontrollprøver med flatevekt 80 g/m², med unntak av Gurley og PPS, hvor 160 g/m² er benyttet



PART OF RI.SE

RAPPORT

Kunde: IKA

Prosjekt/opdragsnr: 1571436 Prøve ID: 01-06 fryst 1835

Dato for testing: 08.04.2019 Analysert av: KSt

Testklima: Sted for testing: Klimarom I
Temperatur: 23°C ± 1°C
Relativ fuktighet: 50 % ± 2 %

RESULTATER	01-06 fryst 1835	Gjennomsnitt	Standard- Avvik	Antall Målinger	Nøyaktighet 95% konf.nivå
FLATEVEKT, g/m²		63.4	0.60	10	0.43
Gjennomsnittlig areal, cm ²	33.2				
Inngående usikkerhet, g/m ²	0.44				
ISO-standard: ISO 536					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-01					
SLITEGENSKAPER Maskinretn.				10	
Slitstyrke, kN/m		1.24	0.24		0.17
Slitindeks, Nm/g		19.5	3.74		2.67
Prøvelengde, mm	0				
Antall kasserte prøver	0				
Testhastighet, mm/min	0				
Inngående usikkerhet, N/m	15.7				
ISO-standard: ISO 1924-3					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-17					
SLITEGENSKAPER Tversretn.				10	
Slitstyrke, kN/m		1.02	0.05		0.03
Slitindeks, Nm/g		16.1	0.73		0.52
Prøvelengde, mm	0				
Antall kasserte prøver	0				
Testhastighet, mm/min	0				
Inngående usikkerhet, N/m	15.7				
ISO-standard: ISO 1924-3					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-17					

RESULTATER	01-06 fryst 1835	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	Antall Målinger	Nøyaktighet 95% konf.nivå
------------	---------------------	-------------------	--------------------	--------------------	------------------------------

RIVSTYRKE Maskinretn.

Rivstyrke, mN		181	9.8	10	7.02
Rivindeks, mNm ² /g		2.85	0.15	10	0.11
Variasjonskoeffisient, %	5.42				
Pendeltype	0				
Antall ark pr. måling	0				
Inngående usikkerhet, mN	77.5				
Pendeltype A: 09ED, nr. 1152					
Antall målinger utenfor 20-80% av maks måleområde (0-1500mN)	0				
Antall målinger med avvik mer enn 10mm fra kutt-linje	0				
ISO-standard: ISO 1974					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-05					

RIVSTYRKE Tversretn.

Rivstyrke, mN		182	13.5	10	9.68
Rivindeks, mNm ² /g		2.86	0.21	10	0.15
Variasjonskoeffisient, %	7.45				
Pendeltype	0.0				
Antall ark pr. måling	0				
Inngående usikkerhet, mN	77.5				
Pendeltype A: 09ED, nr. 1152					
Antall målinger utenfor 20-80% av maks måleområde (0-1500mN)	0				
Antall målinger med avvik mer enn 10mm fra kutt-linje	0				
ISO-standard: ISO 1974					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-05					

Eventuelle avvik fra ISO-std:

Beregninger av inngående usikkerhet er basert på kontrollprøver med flatevekt 80 g/m², med unntak av Gurley og PPS, hvor 160 g/m² er benyttet



PART OF RI.SE

RAPPORT

Kunde: IKA

Prosjekt/opdragsnr: 1571436 Prøve ID: 01-07 fryst 1869

Dato for testing: 08.04.2019 Analysert av: KSt

Testklima: Sted for testing: Klimarom I
Temperatur: 23°C ± 1°C
Relativ fuktighet: 50 % ± 2 %

RESULTATER	01-07 fryst 1869	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	Antall Målinger	Nøyaktighet 95% konf.nivå
FLATEVEKT, g/m²		48.9	1.26	10	0.90
Gjennomsnittlig areal, cm ²	29.5				
Inngående usikkerhet, g/m ²	0.44				
ISO-standard: ISO 536					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-01					
SLITEGENSKAPER Maskinretn.				10	
Slitstyrke, kN/m		1.55	0.08		0.06
Slitindeks, Nm/g		31.8	1.58		1.13
Prøvelengde, mm	0				
Antall kasserte prøver	0				
Testhastighet, mm/min	0				
Inngående usikkerhet, N/m	15.7				
ISO-standard: ISO 1924-3					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-17					
SLITEGENSKAPER Tversretn.				10	
Slitstyrke, kN/m		0.977	0.06		0.04
Slitindeks, Nm/g		20.0	1.24		0.89
Prøvelengde, mm	0				
Antall kasserte prøver	0				
Testhastighet, mm/min	0				
Inngående usikkerhet, N/m	15.7				
ISO-standard: ISO 1924-3					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-17					

RESULTATER	01-07 fryst 1869	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	Antall Målinger	Nøyaktighet 95% konf.nivå
------------	---------------------	-------------------	--------------------	--------------------	------------------------------

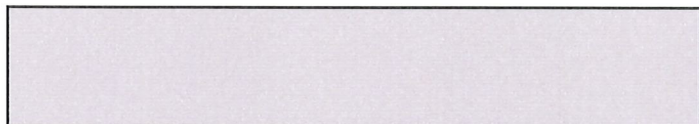
RIVSTYRKE Maskinretn.

Rivstyrke, mN		148	14.6	10	10.45
Rivindeks, mNm ² /g		3.02	0.30	10	0.21
Variasjonskoeffisient, %	9.90				
Pendeltype	0				
Antall ark pr. måling	0				
Inngående usikkerhet, mN	77.5				
Pendeltype A: 09ED, nr. 1152					
Antall målinger utenfor 20-80% av maks måleområde (0-1500mN)	0				
Antall målinger med avvik mer enn 10mm fra kutt-linje	0				
ISO-standard: ISO 1974					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-05					

RIVSTYRKE Tversretn.

Rivstyrke, mN		180	10.5	10	7.50
Rivindeks, mNm ² /g		3.67	0.21	10	0.15
Variasjonskoeffisient, %	5.84				
Pendeltype	0.0				
Antall ark pr. måling	0				
Inngående usikkerhet, mN	77.5				
Pendeltype A: 09ED, nr. 1152					
Antall målinger utenfor 20-80% av maks måleområde (0-1500mN)	0				
Antall målinger med avvik mer enn 10mm fra kutt-linje	0				
ISO-standard: ISO 1974					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-05					

Eventuelle avvik fra ISO-std:



Beregninger av inngående usikkerhet er basert på kontrollprøver med flatevekt 80 g/m², med unntak av Gurley og PPS, hvor 160 g/m² er benyttet



PART OF RISE

RAPPORT

Kunde: IKA

Prosjekt/opdragsnr: 1571436 Prøve ID: 01-08 fryst 1952

Dato for testing: 08.04.2019 Analysert av: KSt

Testklima: Sted for testing: Klimarom I
Temperatur: 23°C ± 1°C
Relativ fuktighet: 50 % ± 2 %

RESULTATER	01-08 fryst 1952	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	Antall Målinger	Nøyaktighet 95% konf.nivå
FLATEVEKT, g/m²		79.1	0.35	10	0.25
Gjennomsnittlig areal, cm ²	31.4				
Inngående usikkerhet, g/m ²	0.44				
ISO-standard: ISO 536 RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-01					
SLITEGENSKAPER Maskinretn.				10	
Slitstyrke, kN/m		3.60	0.09		0.07
Slitindeks, Nm/g		45.5	1.16		0.83
Prøvelengde, mm	0				
Antall kasserte prøver	0				
Testhastighet, mm/min	0				
Inngående usikkerhet, N/m	15.7				
ISO-standard: ISO 1924-3 RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-17					
SLITEGENSKAPER Tversretn.				10	
Slitstyrke, kN/m		2.05	0.10		0.07
Slitindeks, Nm/g		25.8	1.32		0.95
Prøvelengde, mm	0				
Antall kasserte prøver	0				
Testhastighet, mm/min	0				
Inngående usikkerhet, N/m	15.7				
ISO-standard: ISO 1924-3 RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-17					

RESULTATER	01-08 fryst 1952	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	Antall Målinger	Nøyaktighet 95% konf.nivå
------------	---------------------	-------------------	--------------------	--------------------	------------------------------

RIVSTYRKE Maskinretn.					
Rivstyrke, mN		213	10.4	10	7.41
Rivindeks, mNm ² /g		2.69	0.13	10	0.09
Variasjonskoeffisient, %	4.87				
Pendeltype	0				
Antall ark pr. måling	0				
Inngående usikkerhet, mN	77.5				
Pendeltype A: 09ED, nr. 1152					
Antall målinger utenfor 20-80% av maks måleområde (0-1500mN)	0				
Antall målinger med avvik mer enn 10mm fra kutt-linje	0				
ISO-standard: ISO 1974					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-05					

RIVSTYRKE Tversretn.					
Rivstyrke, mN		227	6.6	10	4.73
Rivindeks, mNm ² /g		2.87	0.08	10	0.06
Variasjonskoeffisient, %	2.91				
Pendeltype	0.0				
Antall ark pr. måling	0				
Inngående usikkerhet, mN	77.5				
Pendeltype A: 09ED, nr. 1152					
Antall målinger utenfor 20-80% av maks måleområde (0-1500mN)	0				
Antall målinger med avvik mer enn 10mm fra kutt-linje	0				
ISO-standard: ISO 1974					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-05					

Eventuelle avvik fra ISO-std:

Beregninger av inngående usikkerhet er basert på kontrollprøver med flatevekt 80 g/m², med unntak av Gurley og PPS, hvor 160 g/m² er benyttet



PART OF RISE

RAPPORT

Kunde: IKA

Prosjekt/opdragsnr: 1571436 Prøve ID: 01-09 fryst 1970

Dato for testing: 08.04.2019 Analysert av: KSt

Testklima: Sted for testing: Klimarom I
Temperatur: 23°C ± 1°C
Relativ fuktighet: 50 % ± 2 %

RESULTATER	01-09 fryst 1970	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	Antall Målinger	Nøyaktighet 95% konf.nivå
FLATEVEKT, g/m²		80.1	0.61	10	0.43
Gjennomsnittlig areal, cm ²	31.5				
Inngående usikkerhet, g/m ²	0.44				
ISO-standard: ISO 536					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-01					
SLITEGENSKAPER Maskinretn.				10	
Slitstyrke, kN/m		4.20	0.27		0.19
Slitindeks, Nm/g		52.4	3.34		2.39
Prøvelengde, mm	0				
Antall kasserte prøver	0				
Testhastighet, mm/min	0				
Inngående usikkerhet, N/m	15.7				
ISO-standard: ISO 1924-3					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-17					
SLITEGENSKAPER Tversretn.				10	
Slitstyrke, kN/m		1.90	0.06		0.04
Slitindeks, Nm/g		23.7	0.74		0.53
Prøvelengde, mm	0				
Antall kasserte prøver	0				
Testhastighet, mm/min	0				
Inngående usikkerhet, N/m	15.7				
ISO-standard: ISO 1924-3					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-17					

RESULTATER	01-09 fryst 1970	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	Antall Målinger	Nøyaktighet 95% konf.nivå
------------	---------------------	-------------------	--------------------	--------------------	------------------------------

RIVSTYRKE Maskinretn.					
Rivstyrke, mN		414	26.0	10	18.61
Rivindeks, mNm ² /g		5.16	0.32	10	0.23
Variasjonskoeffisient, %	6.29				
Pendeltype	0				
Antall ark pr. måling	0				
Inngående usikkerhet, mN	77.5				
Pendeltype A: 09ED, nr. 1152					
Antall målinger utenfor 20-80% av maks måleområde (0-1500mN)	0				
Antall målinger med avvik mer enn 10mm fra kutt-linje	0				
ISO-standard: ISO 1974					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-05					
RIVSTYRKE Tversretn.					
Rivstyrke, mN		444	24.1	10	17.23
Rivindeks, mNm ² /g		5.54	0.30	10	0.21
Variasjonskoeffisient, %	5.42				
Pendeltype	0.0				
Antall ark pr. måling	0				
Inngående usikkerhet, mN	77.5				
Pendeltype A: 09ED, nr. 1152					
Antall målinger utenfor 20-80% av maks måleområde (0-1500mN)	0				
Antall målinger med avvik mer enn 10mm fra kutt-linje	0				
ISO-standard: ISO 1974					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-05					

Eventuelle avvik fra ISO-std:

Beregninger av inngående usikkerhet er basert på kontrollprøver med flatevekt 80 g/m², med unntak av Gurley og PPS, hvor 160 g/m² er benyttet



PART OF RI.SE

RAPPORT

Kunde: IKA

Prosjekt/opdragsnr: 1571436 Prøve ID: 01-10 fryst 1990

Dato for testing: 08.04.2019 Analysert av: KSt

Testklima: Sted for testing: Klimarom I
Temperatur: 23°C ± 1°C
Relativ fuktighet: 50 % ± 2 %

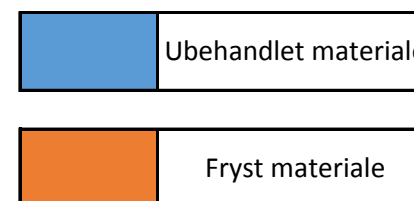
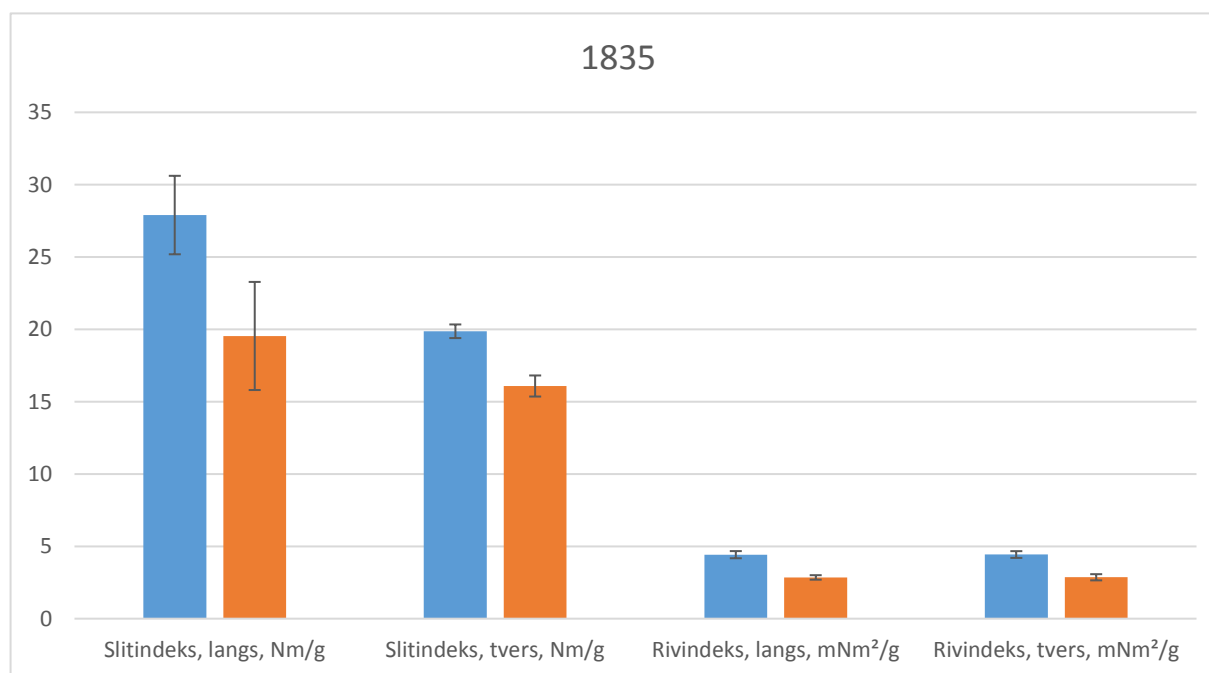
RESULTATER	01-10 fryst 1990	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	Antall Målinger	Nøyaktighet 95% konf.nivå
FLATEVEKT, g/m²		79.7	1.25	10	0.89
Gjennomsnittlig areal, cm ²	31.7				
Inngående usikkerhet, g/m ²	0.44				
ISO-standard: ISO 536 RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-01					
SLITEGENSKAPER Maskinretn.				10	
Slitstyrke, kN/m		5.55	0.21		0.15
Slitindeks, Nm/g		69.7	2.61		1.87
Prøvelengde, mm	0				
Antall kasserte prøver	0				
Testhastighet, mm/min	0				
Inngående usikkerhet, N/m	15.7				
ISO-standard: ISO 1924-3 RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-17					
SLITEGENSKAPER Tversretn.				10	
Slitstyrke, kN/m		2.00	0.05		0.03
Slitindeks, Nm/g		25.1	0.59		0.42
Prøvelengde, mm	0				
Antall kasserte prøver	0				
Testhastighet, mm/min	0				
Inngående usikkerhet, N/m	15.7				
ISO-standard: ISO 1924-3 RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-17					

RESULTATER	0	Gjennomsnitt	Standard- Avvik	Antall Målinger	Nøyaktighet 95% konf.nivå
RIVSTYRKE Maskinretn.					
Rivstyrke, mN		471	12.7	11	8.55
Rivindeks, mNm ² /g		5.91	0.16	11	0.11
Variasjonskoeffisient, %	2.70				
Pendeltype	0				
Antall ark pr. måling	0				
Inngående usikkerhet, mN	77.5				
Pendeltype A: 09ED, nr. 1152					
Antall målinger utenfor 20-80% av maks måleområde (0-1500mN)	0				
Antall målinger med avvik mer enn 10mm fra kutt-linje	0				
ISO-standard: ISO 1974					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-05					
RIVSTYRKE Tversretn.					
Rivstyrke, mN		552	17.3	10	12.36
Rivindeks, mNm ² /g		6.93	0.22	10	0.16
Variasjonskoeffisient, %	3.13				
Pendeltype	0.0				
Antall ark pr. måling	0				
Inngående usikkerhet, mN	77.5				
Pendeltype A: 09ED, nr. 1152					
Antall målinger utenfor 20-80% av maks måleområde (0-1500mN)	0				
Antall målinger med avvik mer enn 10mm fra kutt-linje	0				
ISO-standard: ISO 1974					
RISE PFI-prosedyre: 04-P-A-05					

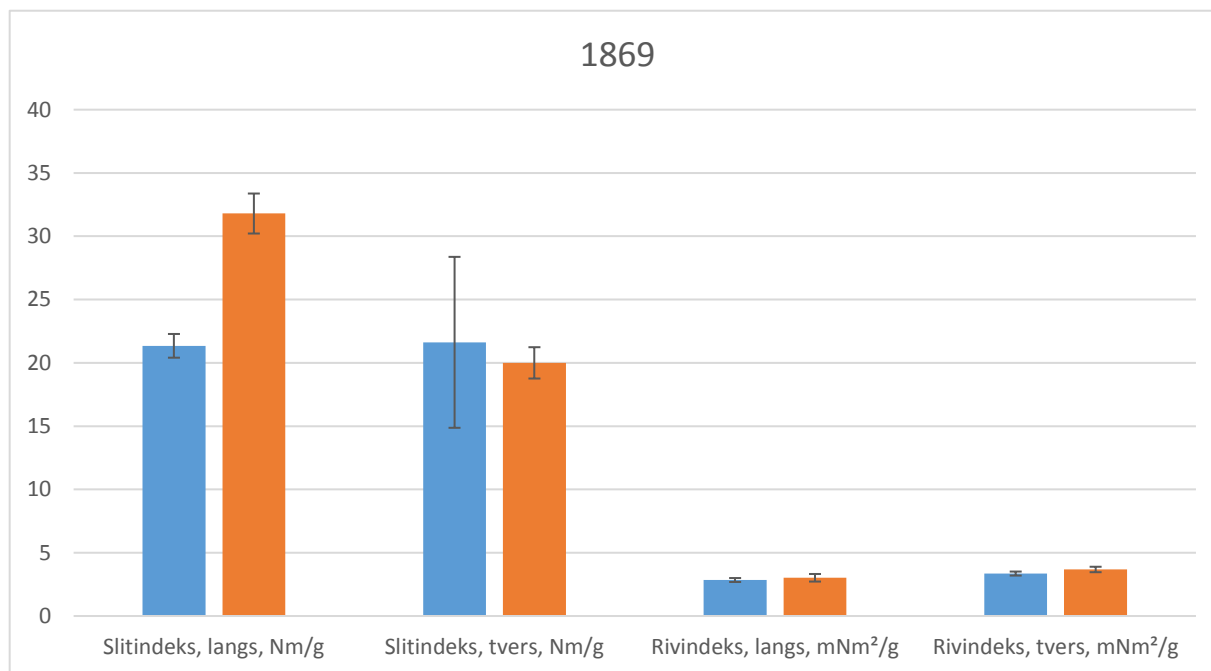
Eventuelle avvik fra ISO-std:

Beregninger av inngående usikkerhet er basert på kontrollprøver med flatevekt 80 g/m², med unntak av Gurley og PPS, hvor 160 g/m² er benyttet

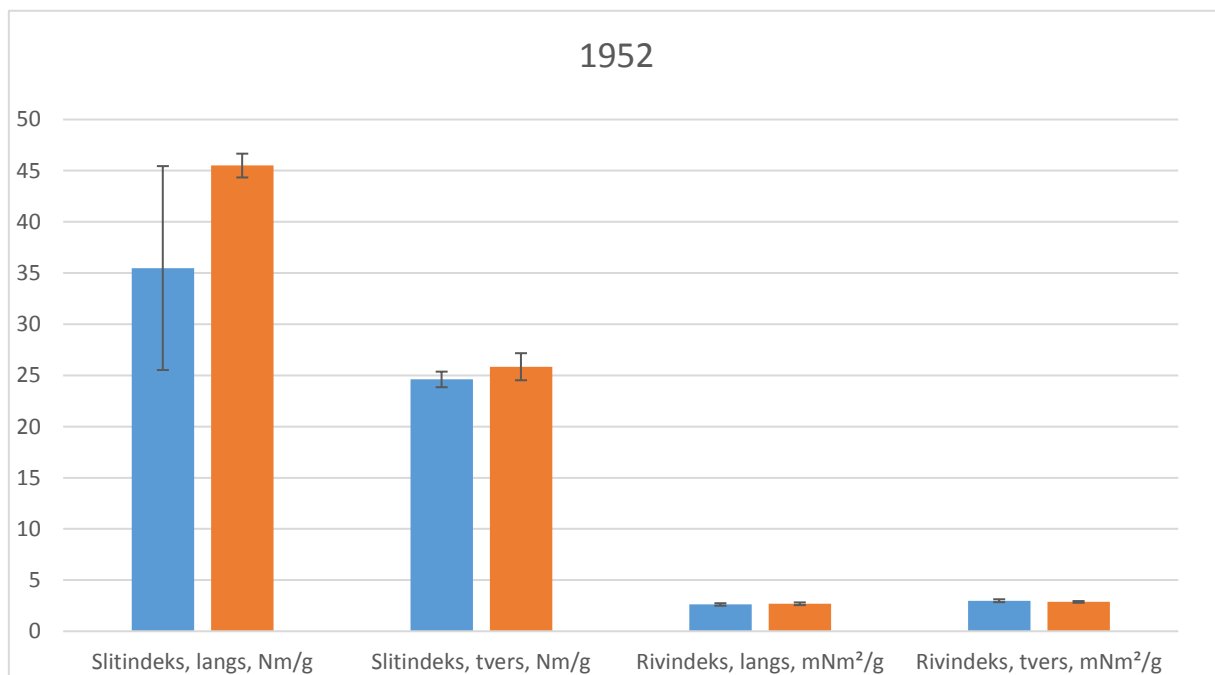
RESULTATER	01-01 ubeh 1835	Gjennom- snitt	Standard- Avvik		01-06 fryst 1835	Gjennom- snitt	Standard- Avvik
FLATEVEKT, g/m ²		62,61290323	1,795396279			63,39783	0,59961
SLITEGENSKAPER Maskinretn.							
Slitindeks, langs, Nm/g		27,90159711	2,711491583			19,54168	3,736567
Slitindeks, tvers, Nm/g		19,86810922	0,471381935			16,08415	0,728772
Rivindeks, langs, mNm ² /g		4,424008243	0,247194772			2,851832	0,15469
Rivindeks, tvers, mNm ² /g		4,435188047	0,233522496			2,862874	0,213346



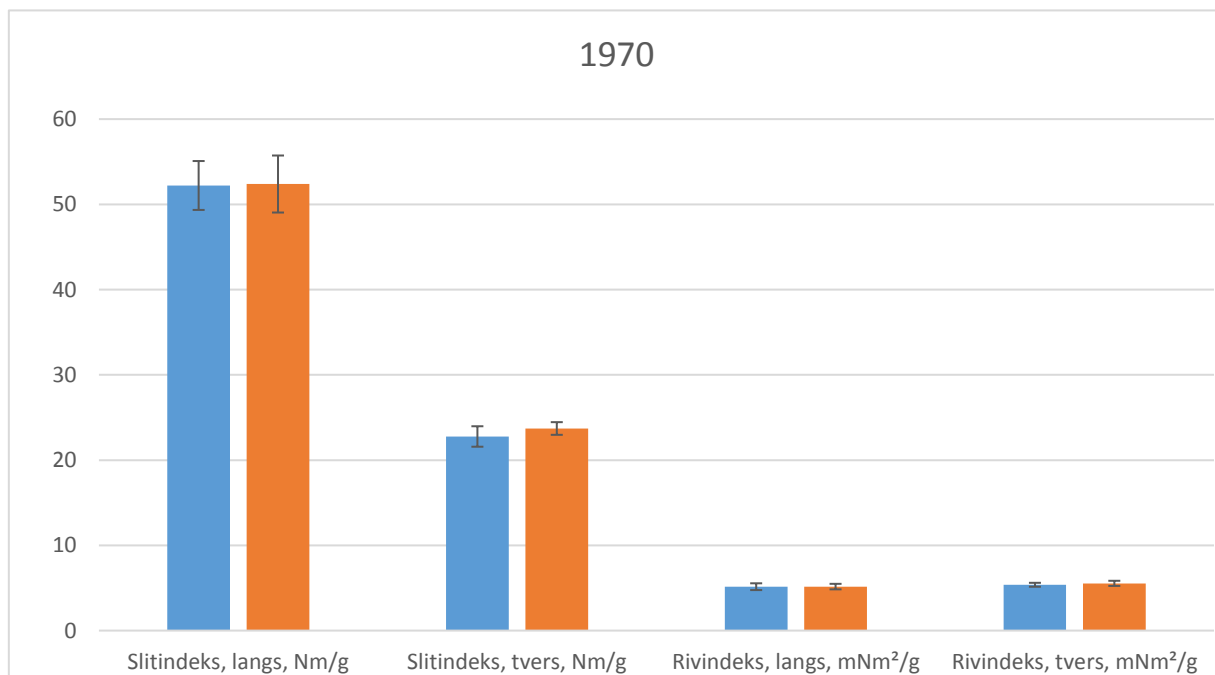
RESULTATER	01-02 ubehandlet 1869	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	01-07 fryst 1869	Gjennom- snitt	Standard- Avvik
FLATEVEKT, g/m ²		51,81946729	2,385164326		48,87532	1,26218
SLITEGENSKAPER Maskinretn.						
Slitindeks, langs, Nm/g		21,34333018	0,937482258		31,79519	1,579551
Slitindeks, tvers, Nm/g		21,61928824	6,752098693		19,99782	1,237508
Rivindeks, langs, mNm ² /g		2,842561062	0,155197457		3,019929	0,299027
Rivindeks, tvers, mNm ² /g		3,352022108	0,157841106		3,674656	0,214632



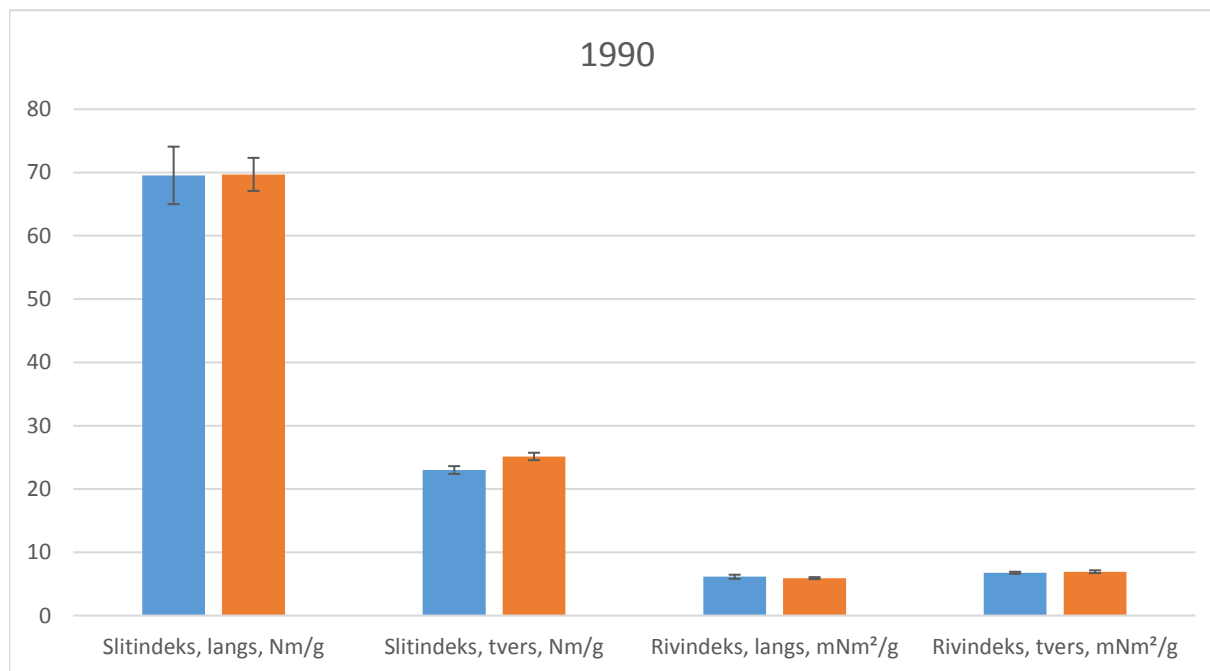
RESULTATER	01-03 ubeh 1952	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	01-08 fryst 1952	Gjennom- snitt	Standard- Avvik
FLATEVEKT, g/m ²		78,31259968	0,561107408		79,11643	0,347494
SLITEGENSKAPER Maskinretn.						
Slitindeks, langs, Nm/g		35,48598835	9,961256274		45,50256	1,163026
Slitindeks, tvers, Nm/g		24,60651297	0,761535128		25,84798	1,321965
Rivindeks, langs, mNm ² /g		2,617714146	0,121886058		2,687179	0,130976
Rivindeks, tvers, mNm ² /g		2,983768482	0,141618801		2,867925	0,083513



RESULTATER	01-04 ubeh 1970	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	01-09 fryst 1970	Gjennom- snitt	Standard- Avvik
FLATEVEKT, g/m ²		79,26984127	0,455149485		80,13651	0,606239
SLITEGENSKAPER Maskinretn.						
Slitindeks, langs, Nm/g		52,21405687	2,867119925		52,38561	3,343631
Slitindeks, tvers, Nm/g		22,77032439	1,201569376		23,70954	0,744086
Rivindeks, langs, mNm ² /g		5,153283941	0,397382414		5,162441	0,324662
Rivindeks, tvers, mNm ² /g		5,375310372	0,22927722		5,543042	0,300516



RESULTATER	01-05 ubeh 1990	Gjennom- snitt	Standard- Avvik	01-10 fryst 1990	Gjennom- snitt	Standard- Avvik
FLATEVEKT, g/m ²		82,4107425	0,817838004		79,66825	1,246169
SLITEGENSKAPER Maskinretn.						
Slitindeks, langs, Nm/g		69,54190469	4,542578013		69,70155	2,614961
Slitindeks, tvers, Nm/g		22,99457501	0,611417719		25,14176	0,585912
Rivindeks, langs, mNm ² /g		6,125415021	0,32604039	2,7048621	5,907452	0,159788
Rivindeks, tvers, mNm ² /g		6,760041023	0,166421936	3,1307191	6,927478	0,21688

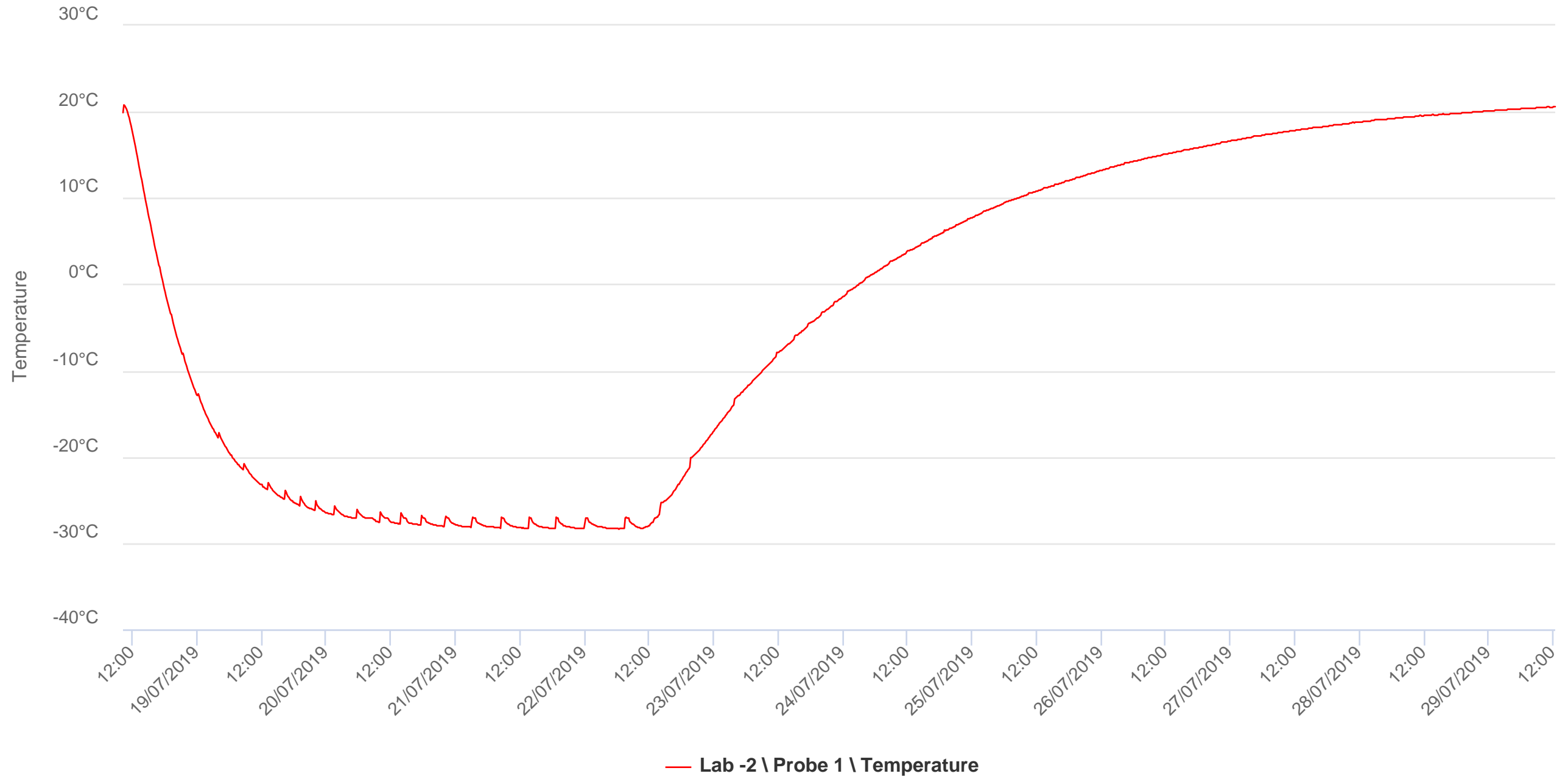


Frysing og påfølgende kontrollert tining av prøvemateriale til riv- og slitstyrketesting. Målingene ble utført rett i forkant av innfrysing, 13.03.2019, kl 13.50. Fryseren hadde en temperatur på -39,7 °C da materialet ble plassert i fryseren. 14.03.2019, kl. 09.30, hadde materialet en kjernetemperatur på -41,8 °C. Fryseren ble da slått av, og en kontrollert opptining gjennomført. Tiningen tok 48 timer, og en ny måling ble foretatt da materialet ble tatt ut. Materialet var pakket i plastposer med lynlås.

Papirtype/datatype	Måling utført før frysing 13.03.2019, kl. 13.50	Måling utført etter tining, 15.03.2019	Ubehandlet kontrollmateriale	Endring: før frysing-ved uttak fra frysing	Endring i RH: før frysing-etter frysing (%)
Materiale fra ca. 1835					
RH %	21,93	24,16	22,4	+2,23	+10,17
T °C	21,04	21,47	21,07	+0,43	
Dp °C	-1,56	0,18	-1,22	+1,74	
Tw °C	10,42	11,12	10,51	+0,7	
Materiale fra ca. 1869					
RH %	21,98	24,61	23,17	+2,63	+11,97
T °C	21,13	22,02	21,05	+0,89	
Dp °C	-1,4	0,89	-0,77	+2,29	
Tw °C	10,55	11,55	10,64	+1	
Materiale fra ca. 1952					
RH %	22,97	23,93	22,86	+0,96	+4,18
T °C	21,17	22,37	21,03	+1,2	
Dp °C	0,77	0,8	-0,96	+0,03	
Tw °C	10,7	11,67	10,49	+0,97	
Materiale fra ca. 1970					
RH %	26,93	28,63	26,25	+1,7	+4,9
T °C	21,11	22,42	21,08	+1,31	
Dp °C	1,37	3,35	0,99	+1,98	
Tw °C	11,32	12,53	11,17	+1,21	
Materiale fra ca. 1990					
RH %	23,16	24,39	22,63	+1,23	+5,31
T °C	21,14	22,56	21,06	+1,42	
Dp °C	-0,7	1,22	-1,08	+1,92	
Tw °C	10,71	11,88	10,51	+1,17	

Lab -2

Document ID: 4AD-76AEDF6



Forsøk med frysing av arkivmateriale i bølgekartong og massivkartong og påfølgende tining i magasin. Makstemperatur under frysing var - 30,2°C. Materialet ble oppbevart i fryseren i 6 dager og 5,5 timer. Etter frysing ble materialet umiddelbart flyttet til klimaregulert magasin, ved plassering i magasin var RH i magasin 37% og temperaturen 21°C. 2 uker etter at materialet ble plassert i magasin var RH i magasin 36% og temperaturen 20,5°C

Datatype	Før frysing, målt 14.10.2019 kl. 09.30	Ved uttak fra fryser, målt 20.10.19 kl. 15.00	Ved kjernetemperatur på ca. 20 °C	Ca. 2 uker etter oppnådd kjernetemperatur	Endring: før frysing- ved uttak fra frysing	Endring: før frysing- ved uttak fra frysing (%)	Endring: før frysing- kjernetemperatur ca. 20 °C	Endring: før frysing- kjernetemperatur på ca. 20°C (%)	Endring: før frysing-Ca. 2 uker etter oppnådd kjernetemperatur	Endring: før frysing-2 uker etter oppnådd kjernetemperatur på ca. 20 °C (%)
Inside bølgekartong 2										
RH %	42,59	42,79	46,04	43,46	+0,2	+0,47	+3,45	+8,1	+0,87	+2,04
T °C	21,48	-26,95	20,86	20,81	-48,13		-0,62		-0,67	
Dp °C	8,25	-35,83	8,84	7,95	-44,08		+0,59		-0,3	
Tw °C	14	-27,49	14,01	13,6	-41,49		+0,01		-0,4	
Bølgekartong 1										
RH %	37	21,95	39,54	42,45	-15,05	-40,68	+2,54	+6,86	+5,45	+14,73
T °C	21,36	-28,78	20,47	20,42	-50,14		-0,89		-0,94	
Dp °C	6,09	-43,78	6,26	7,25	-49,87		+0,17		+1,16	
Tw °C	13,16	-29,41	12,76	13,15	-42,57		-0,46		-0,01	
Bølgekartong 2										
RH %	37,41	23,69	39,05	41,23	-13,72	-36,67	+1,64	+4,38	+3,82	+10,21
T °C	21,39	-29,11	20,56	20,48	-50,05		-0,83		-0,91	
Dp °C	6,28	-43,4	6,15	6,87	-49,68		-0,13		+0,59	
Tw °C	13,15	-29,71	12,76	13,02	-42,86		-0,39		-0,13	
Massivkartong 1										
RH %	37,95	25,28	40,62	41,68	-12,67	-33,39	+2,67	+7,04	+3,73	+9,83
T °C	21,22	-29,16	20,51	20,41	-50,38		-0,71		-0,81	
Dp °C	6,33	-42,85	6,68	6,97	-49,18		+0,35		+0,64	
Tw °C	13,1	-29,74	12,95	13,03	-42,84		-0,15		-0,07	
Massivkartong 2										
RH %	37,5	26,88	39,75	41,79	-10,62	-28,32	+2,25	+6	+4,29	+11,44
T °C	21,11	-29,16	20,48	20,44	-50,27		-0,63		-0,67	
Dp °C	6,06	-42,29	6,34	7,04	-48,35		+0,28		+0,98	
Tw °C	12,95	-29,73	12,8	13,07	-42,68		-0,15		+0,12	

Forsøk med frysing av protokoller med påfølgende tining i magasin. Makstemperatur under frysing var -26,3 °C. Materialet ble oppbevart i fryseren i cirka 47 timer. Etter frysing ble materialet umiddelbart flyttet til klimaregulert magasin, ved plassering i magasin var RH i magasin 37% og temperaturen 21,2 °C. 2 uker etter at materialet ble plassert i magasin var RH i magasin 36% og temperaturen 20,5°C

Prøvested/ datatype	Før frysing, målt 09.11.2019 kl. 10.34	Ved uttak fra fryser, målt 11.11.19 kl. 09.30	Ved kjernetemperatur på ca. 20 °C målt 15.11.19 kl. 08.30	Ca. 2 uker etter oppnådd kjernetemperatur	Endring: før frysing- uttak fra frysing	Endring: før frysing- ved uttak fra frysing (%)	Endring: før frysing- kjernetemperatur ca. 20 °C	Endring: før frysing- kjernetemperatur på ca. 20°C (%)	Endring: før frysing-Ca. 2 uker etter oppnådd kjernetemperatur	Endring: før frysing-2 uker etter oppnådd kjernetemperatur på ca. 20 °C (%)
Protokoller, prøvested 1										
RH %	28,67	19	31,07	41,24	-9,67	-33,73	+2,4	+8,37	+12,57	+43,84
T °C	20,89	-14,76	20,58	20,07	-35,65		-0,31		-0,82	
Dp °C	2,05	-33,32	2,92	6,51	-35,37		+0,87		+4,46	
Tw °C	11,43	-16,72	11,6	12,7	-28,15		+0,17		+1,27	
Protokoller, prøvested 2										
RH %	28,18	34,54	30,37	37,3	+6,36	22,57	+2,19	+7,77	+9,12	+32,36
T °C	21,18	-25,14	20,59	20,03	-46,32		-0,59		-1,15	
Dp °C	2,06	-36,32	2,6	5,11	-38,38		+0,54		+3,05	
Tw °C	11,56	-25,86	11,5	12,17	-37,42		-0,06		+0,61	
Protokoller, prøvested 3										
RH %	28,19	29,31	31,02	34,94	+1,12	3,97	+2,83	+10,04	+6,75	+23,94
T °C	21,33	-25,57	20,57	20,06	-46,9		-0,76		-1,27	
Dp °C	2,2	-38,31	2,88	4,12	-40,51		+0,68		+1,92	
Tw °C	11,67	-26,32	11,58	11,77	-37,99		-0,09		+0,1	