

Eksponering i norske sagbruk

Anne Straumfors, Wijnand Eduard, Helle Laier Johnsen, Bente Ulvestad, Raymond Olsen, Hanne Line Daae, Kristin Halgard, Syvert Thorud, Lene Madsø, Anani Afanou, Grete Friisk og Ine Pedersen

Sammendrag

For å undersøke om dagens eksponering i norske sagbruk har uheldige effekter på luftveiene og induserer luftveisinflammasjon, ble personlig eksponering for torakal og inhalerbart støv, harpikssyrer, endotoksin, soppsporer, samt flyktige forbindelser som terpener, kartlagt ved 11 norske sagbruk. Kartleggingen inkluderte 11 ulike jobbgrupper/avdelinger vinter og sommer, og antas å være representativ for den norske sagbruksindustrien. Eksponering for torakalt støv var gjennomsnittlig lav i forhold til gjeldende grenseverdi for trestøv, mens eksponering for inhalerbart støv overskred denne grensen ved tørrsortering om sommeren. Store eksponeringskontraster for de andre undersøkte komponentene ble observert både innad i og mellom avdelinger og sesonger. Arbeid med tørrsortering medførte høyest eksponering for harpikssyrer, både i torakal og inhalerbar støvfraksjon. Eksponering for endotoksin og sopp var høyest om sommeren, spesielt ved råsortering, saga og tørrsortering, men for soppsporer også i høvleri og kombiverk. Eksponering for flyktige forbindelser, som terpener var høyest ved råsortering og arbeid i saga. Konsentrasjonen av de fleste komponentene var høyest om sommeren, mens det for harpikssyrer i torakalt støv så ut til å være høyest om vinteren. Det gjennomsnittlige eksponeringsnivået for både soppsporer og endotoksin overskred de foreslåtte, henholdsvis anbefalte, grenseverdiene i flere avdelinger om sommeren. Ulikhetene og kontrastene vil studeres videre for å undersøke hvilke faktorer som har størst betydning for eksponering og mulige helseeffekter.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
Forord	3
Takk	4
Bakgrunn og målsetting	4
Eksponeringsmålinger	5
Prøvetakingsstrategi	5
Analysemetoder	6
Resultater	7
Støveksponering	7
Eksponering for harpikssyrer	8
Eksponering for endotoksin	9
Eksponering for sopp	11
Eksponering for monoterpener	12
Eksponering for sesquiterpener	13
Litteraturhenvisninger	14
Vedlegg	16
Tabeller over eksponering i norske sagbruk inndelt i avdelinger og sesong	16

Forord

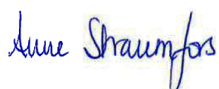
Denne rapporten er resultatet av eksponeringsmålinger ved 11 ulike norske sagbruk foretatt gjennom vinter- og sommersesongene i 2013 og 2014. Målingene ble foretatt i regi av Statens Arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) i forbindelse med prosjektet «Eksponering og luftveiseffekter i Norske sagbruk». Prosjektet startet i 2012 og er en longitudinell studie over 5 år som har som mål å undersøke om dagens eksponering i sagbrukene har uheldige effekter på luftveiene og om den induserer luftveisinflammasjon.

Prosjektet er strategisk forankret i Norges Forskningsråds forskningsprogram «Sykefravær, arbeid og helse», som også har bidratt økonomisk, og i STAMIs forskningsstrategiske mål om å skape kunnskap om sammenheng mellom arbeid, sykdom og helse, kartlegge sammenheng mellom arbeid og helse, vurdere risiko og bidra til forbyggende tiltak, samt gjøre kunnskap om sammenheng mellom arbeid og helse kjent i Norge. Prosjektet er videre forankret blant partene i norsk arbeidsliv gjennom etablert referansegruppe bestående av representanter for arbeidsgiver- og arbeidstakersiden ved sagbrukene, samt Fellesforbundet.

Prosjektet bygger på en tidligere tverrsnittsstudie utført ved STAMI i 1980-årene av eksponering for soppsporer i kapp-sorterverk og sammenheng med luftveissymptomer og antistoffer i blod, skandinaviske undersøkelser av terpeneksponering og effekter hos sagbruksarbeidere, samt kartlegging av trestøveksponering og helseeffekter i dansk møbelindustri.

Prosjektet består av en yrkeshygienisk del med eksponeringskartlegging og en arbeidsmedisinsk del med helseundersøkelser. Denne rapporten beskriver eksponeringsresultatene fra den yrkeshygieniske delen, som er den hittil mest omfattende eksponeringskartlegging i sagbruksindustrien i og utenfor Norge.

Oslo, den 9. november 2016



Anne Straumfors

Prosjektleder for eksponeringskartleggingen

anne.straumfors@stami.no

Tlf: 23 19 53 38

Prosjektgruppe:

Helle Laier Johnsen (Prosjektleder)	Anne Straumfors	Bente Ulvestad	Wijnand Eduard
--	-----------------	----------------	----------------

Eksponeringsgruppen:

Anne Straumfors	Raymond Olsen	Anani Afanou	Wijnand Eduard
Hanne Line Daae	Lene Madsø	Grete Friisk	Ine Pedersen
Kristin Halgard	Syvert Thorud		

Takk

Prosjektgruppen takker referansegruppen, samt ledelse og ansatte ved de deltakende bruk for samarbeidet. Ragnhild Martinsen Ånestad og Berit Bakke takkes for verdifull medvirking i eksponeringsgruppen tidlig i prosjektet.

Bakgrunn og målsetting

Norsk sagbruksindustri omfatter over 200 sagbruk spredt over hele Norge, og sysselsetter ca. 5000 ansatte. I tillegg er også ansatte i treforedlingsindustrien, deriblant 70 000 tømmerere og snekkere, eksponert for trestøv. Kols og astma er invalidiserende sykdommer som forekommer hyppigere i yrker med eksponering for støv og gasser. The American Thoracic Society (ATS) hevder at så mye som 10-20 % av astma og kols tilfeller er relatert til eksponeringer på arbeidsplassen¹. Sagbruksarbeidere eksponeres for organisk støv (trestøv, mikroorganismer, harpikssyrer (diterpener) og endotoksiner) og damp (monoterpener) under håndtering og prosessering av tømmer. Arbeid med «myke» treslag som gran og furu har vært knyttet til hudirritasjon, allergi og luftveisplager, mens eksponering for trestøv fra harde treslag som eksotisk tre, eik og bøk kan være kreftfremkallende. Nylig har også gran og furu blitt merket som kreftfremkallende i Arbeidstilsynets grenseverdiliste². På norske sagbruk er det Norsk gran (*Picea abies*) og furu (*Pinus Sylvestris*) som benyttes, og resultatene i denne rapporten er begrenset til disse treslagene.

Tre består hovedsakelig av cellulose, polyose, og lignin, men inneholder også en mengde terpener. Sammensetningen av monoterpener varierer med treslag, og α -pinen, β -pinen, Δ^3 -Karen, β -phellandren og limonen er de vanligste. Monoterpener er flyktige og frigjøres fra kjerneveden ved saging og høvling. Eksponering for monoterpener har blitt assosiert med irritasjoner i øyne, munn og svelg, tetthet i brystet, nedsatt lungefunksjon, økt bronkial aktivitet og luftveisinflammasjon³⁻⁶.

Både gran og furu utsondrer harpiks gjennom spesielle harpikskanaler i treverket ved reparasjon av skader i treet. Disse kanalene er større i furu enn i gran, dermed kan man forvente høyere eksponering av harpikssyrer fra furu enn fra gran. Harpikssyrer deles hovedsakelig inn i to kategorier, abietin-typer og pimarintyper. Abietinsyre er en av hovedharpikssyrene i furu og gran, og har blitt assosiert med allergisk sensibilisering, respiratoriske symptomer og astma ved arbeid med furu⁷⁻⁹.

Før saging blir tømmeret lagret utendørs i fuktige omgivelser som kan fremme vekst av sopp og bakterier. Lagret tømmer er derfor ofte kolonisert av sopp^{10,11} og bakterier¹². Etter saging kan sopp vokse på trelasten dersom den ikke har tilstrekkelig lavt vanninnhold, for eksempel ved mellomlagring av fersk skåren trelast før tørking og i løpet av det første døgnet i tretørka. Dette kan føre til eksponering for sopp sporer ved håndtering av trelast etter tørking, spesielt ved sortering av trelast og til dels ved saging og høvling av tørket trevirke. Eksponering for luftbårne sporer er kjent for å ha forårsaket allergisk alveolitt (såkalt «justerverksyke») blant ansatte på sagbruk¹³⁻¹⁵.

Ulike bakterier kan vokse både inni og utenpå treet, og aerosolisering av disse ved håndtering og prosessering av tømmeret kan utgjøre en helsefare¹⁶. Dette gjelder spesielt Gram-negative bakterier som er kilde til endotoksiner, celleveggkomponenter som er sterkt inflammatoriske og har vært assosiert med utvikling av luftveisplager i en rekke bransjer¹⁷⁻¹⁹. Det er vist at det kan være betydelig eksponering for endotoksin i sagbruk som prosesserer furu²⁰.

Dette betyr at det er mange komponenter i støvet på et sagbruk som kan gi helseeffekter ved inhalasjon, mens bidraget av hver enkelt er lite kjent. Prosjektet «Eksponering og luftveiseeffekter i Norske sagbruk» har som mål å undersøke om dagens eksponering i sagbrukene har uheldige effekter på luftveiene og om den inducerer luftveisinflammasjon. For å oppnå disse målene har sagbruksarbeidernes eksponering for trestøv, terpenyler, harpikssyrer, endotoksiner og sopp blitt karakterisert (denne rapporten). Samtidig har lungefunksjon samt forekomsten og utviklingen av inflammatoriske effekter og symptomer i øvre og nedre luftveier blitt undersøkt over 4 år (siste gang vinter 2016/2017). Assosiasjonen mellom eksponering og helseeffekter vil bli undersøkt når resultatene av begge delene av prosjektet foreligger. Den brede eksponeringskartlegging i dette prosjektet kan muligens gi mer informasjon om hvilke komponenter i sagbruksmiljøet som gir helseeffekter når eksponeringsmålingene skal knyttes opp til helsedataene fra den arbeidsmedisinske delen av prosjektet.

Eksponeringsmålinger

Prøvetakingsstrategi

Det ble gjort full-skift personlig prøvetaking av over 200 personer to dager på rad i henholdsvis sommersesongen og i vintersesongen. Deltakerne bar en sekk med prøvetakingsutstyr der innsugningsåpningen på prøvetakingsenhetene var plassert på sekkens frontside, så nær pustesonnen som mulig. De ansatte arbeidet hovedsakelig innen avdelinger/jobbgrupper som sag, råsortering, høvleri, tørrsortering, lager/ferdigvare, vedlikehold, tørke, og transport internt på sagbrukene. I tillegg ble ansatte ved en avdeling for takstolproduksjon på et sagbruk inkludert en sesong. Rengjøring i produksjonen og noe vedlikehold inngikk i de fleste jobbgruppene som en del av vanlige gjøremål, mens ansatte i vedlikeholdsgruppen for det meste var dedikert til reparasjoner på sagbrukene. I tre sagbruk kunne ikke arbeid i sag skiller fra råsortering, og i disse tilfellene ble de ansatte gruppert i en separat jobbgruppe sag/råsortering. Rundt 25 ansatte ble inkludert i hver jobbgruppe, og 4 repeterte målinger på disse antas være representative for norske sagbruk og tilstrekkelig for å studere hver gruppes homogenitet og mulige eksponeringskontraster. Treimpregnering er ikke inkludert i eksponeringsmålingene siden dette innebærer eksponering for helt andre stoffer enn direkte trestøvrelaterte eksponeringer.

Prøvetaking av ulike størrelsesfraksjoner av støvet: Torakal støvfraksjon består av støvpartikler som er små nok ($< 30 \mu\text{m}$) til å passere strupehodet og trenge ned i lungene, mens inhalerbart støv også inneholder større partikler som vil deponeres i de øvre luftveier, som nesene. Det ble primært benyttet torakalt prøvetakingsutstyr for å kunne relatere eksponeringen til lungeeffekter, men for relasjon til effekter i neseslimhinnen er også parallelle subset av inhalerbart trestøv samlet inn i sag, høvleri og tørrsortering.

Den aritmetiske middelverdien (AM) (gjennomsnittet) av eksponeringsmålingene er i resultatene fremstilt grafisk fordelt på de ulike avdelingene sommer versus vinter. Variasjonen i eksponeringen er nærmere angitt i tabeller over eksponeringen i hver enkelt avdeling som median, AM, minimum og maksimum. Fordelingen av prøveantall over avdeling, sesong, støvfraksjon og eksponeringskomponent er også angitt i tabellene. På grunn av forventninger om eksponeringsforskjeller mellom sommer og vinter er resultatene angitt separat for sommer og vinter

i hver avdeling. I den grafiske fremstillingen er summen av alle harpikssyrene og summen av alle monoterpenene inkludert, mens tabellene inneholder informasjon om hver enkelt komponent.

Analysemetoder

Støv

Torakalt støv ble samlet opp på polyvinylklorid (PVC) filter plassert i en BGI GK2.69 sykklon påsatt en Millipore 37 mm prøvetakingskassett og med en luftgjennomstrømningshastighet på 1.6 L/min. Inhalerbart støv ble samlet inn på 5,0 µm PVC filter plassert i en GSP inhalerbar prøvetakingskassett med en luftgjennomstrømningshastighet på 3.5 L/min. Støvmengden på filteret ble bestemt gravimetrisk og eksponeringen angitt i mg/m³.

Harpikssyrer

Harpikssyrer ble analysert i de samme torakale og inhalerbare støvprøvene hvor støveksponeeringen ble bestemt. Harpikssyrer ble ekstrahert fra støvet med metanol og deretter separert og bestemt ved hjelp av væskeskromatografi med massespektrometrisk deteksjon (LC-MS). Eksponeringen er angitt i ng/m³ for fem ulike harpikssyrer, samt for summen av alle fem harpikssyrer. De fem harpikssyrene var 7-oxo-dehydroabietinsyre(7-OXO), dehydroabietinsyre (DHAA), levopimarsyre (LPA), abietinsyre (AA) og isopimarsyre (IPA).

Monoterpenener

Til prøvetaking av monoterpenener ble det benyttet kullrør med luftgjennomstrømningshastighet på ca. 50 ml/min. Prøvene ble analysert ved gaskromatografi, og eksponeringen angitt i µg/m³ for fire ulike monoterpenener (α-pinen, β-pinen, 3-karen og limonen), samt p-cymen, som er et aromat, og summen av alle fem forbindelser.

Sesquiterpenener

Til prøvetaking av sesquiterpenener ble det benyttet Tenax TA adsorbenttrør med luftgjennomstrømningshastigheten på ca. 50 ml/min. Prøvene ble analysert med termodesorpsjon-gaskromatografi-massespektrometri (ATD-GC-MS). Det ble påvist flere sesquiterpenener, men kun α-longipinen ble identifisert, fordi det var umulig å få tak i standarder for de andre påviste sesquiterpenene. Eksponeringen er derfor angitt for α-longipinen og i tillegg for summen av alle påviste sesquiterpenener (inkludert α-longipinen) oppgitt som α-longipinen ekvivalenter (ng/m³).

Endotoksin

Prøver for endotoksinanalyse ble samlet opp på 37 mm glassfiberfilter. Torakalt støv ble samlet opp på filter plassert i en BGI GK2.69 sykklon påsatt en Millipore 37 mm prøvetakingskassett og med en luftgjennomstrømningshastighet på 1.6 L/min. Inhalerbart støv ble samlet inn på filter plassert i en GSP inhalerbar prøvetakingskassett med en luftgjennomstrømningshastighet på 3.5 L/min. Endotoksiner ble ekstrahert fra støvet og analysert med Limulus Amoebocyt Lysat assay, og eksponeringen angitt i endotoksinenheter per m³ luft (EU/m³).

Soppsporer

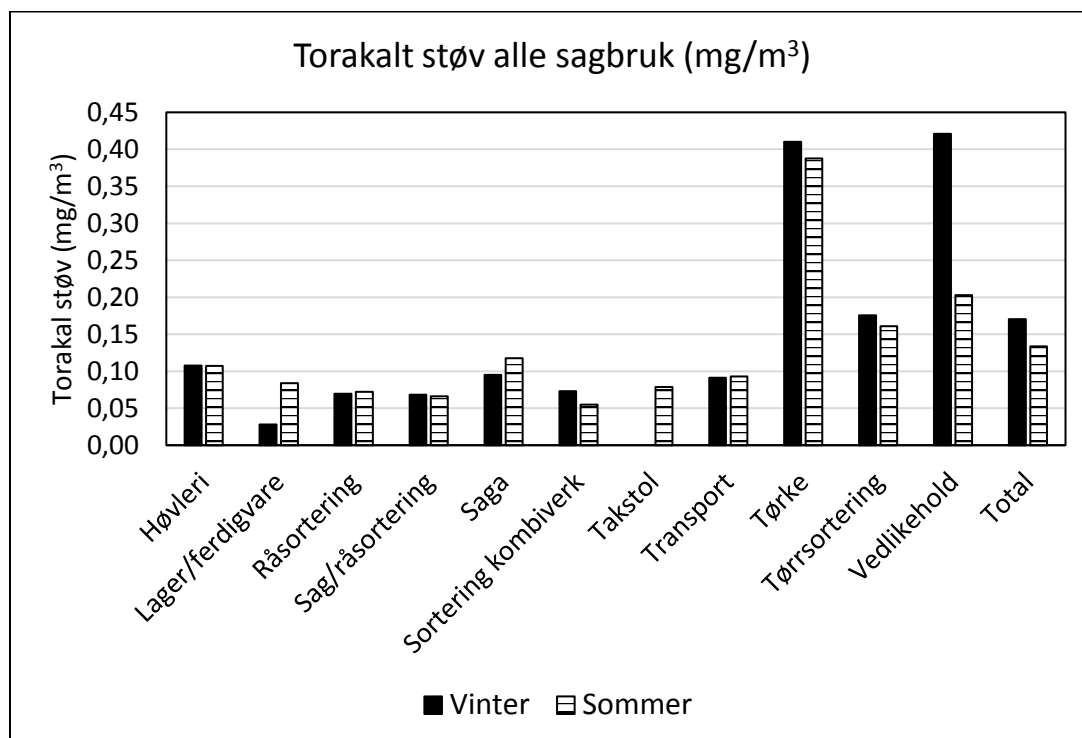
Prøver for kvantifisering av soppsporer ble samlet opp på 37 mm polykarbonat (PC) filter. Torakalt støv ble samlet opp på filter plassert i en BGI GK2.69 sykron påsatt en Millipore 37 mm prøvetakingskassett og med en luftgjennomstrømningshastighet på 1.6 L/min. En sektor av filteret ble preparert direkte for scanning elektronmikroskopisk (SEM) analyse. Inhalerbart støv ble samlet inn på filter plassert i en GSP inhalerbar prøvetakingskassett med en luftgjennomstrømningshastighet på 3.5 L/min. Det inhalerbare støvet ble vasket av filteret med fosfatbufret saltvann og en del av det ble preparert for SEM analyse. Antall sporer i prøvene ble bestemt ved telling av 100 mikroskopfelt ved 3000x forstørrelse, og eksponeringen angitt som antall sporer/m³ luft.

Resultater

Resultatene er i det følgende fremstilt for hver eksponeringskomponent fordelt over hver jobbgruppe/avdeling. Eksponeringen i hver jobbgruppe/avdeling er også tabulert mer detaljert i vedlegg.

Støveksponering

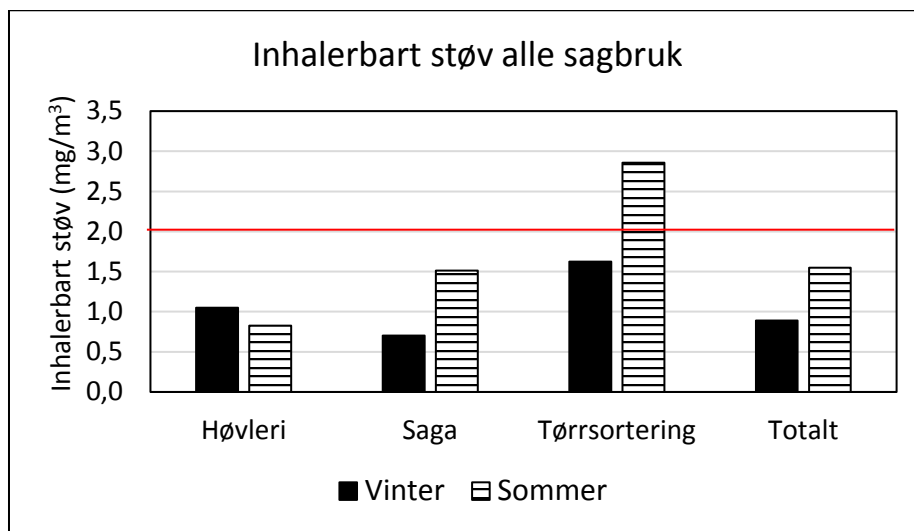
På alle sagbruk var eksponering for torakalt støv lav sammenlignet med grenseverdien for trestøv fra myke treslag på 2 mg/m³, og det ble ikke observert store forskjeller mellom sommer og vinter (figur 1). Det var likevel kontraster mellom avdelinger. Ansatte som jobbet med vedlikehold og tørke var høyest eksponert.



Figur 1. Eksponering for torakalt støv sommer og vinter i de ulike avdelingene.

Gjennomsnittlig eksponering for inhalerbart støv var generelt sett lavt i forhold til grenseverdien for trestøv fra myke treslag på 2 mg/m³ luft², men ved tørrsortering om sommeren var nivået høyere

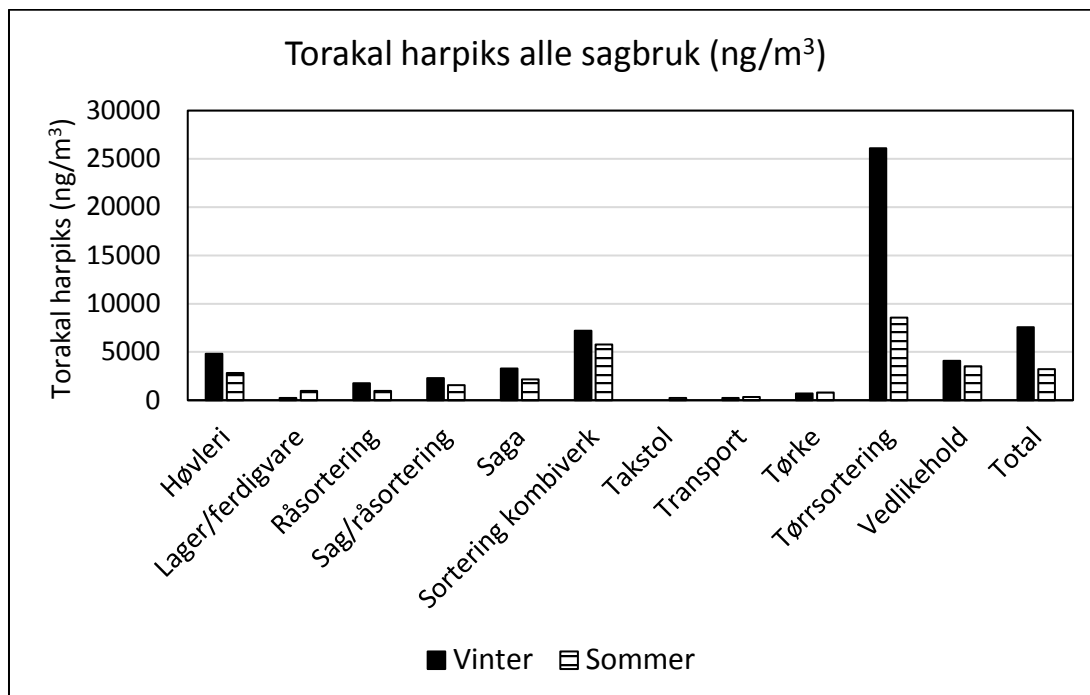
enn grenseverdien (figur 2). Dette er en grenseverdi for totalstøv, en fraksjon av det inhalerbare støvet. Dersom støveksponeringen hadde blitt målt som totalstøv, ville eksponeringsnivåene dermed vært lavere enn vist i figur 2 og tabell 1-13.



Figur 2. Eksponering for inhalerbart støv sommer og vinter i høvleri, sag og tørrsorteringsavdeling. Rød linje angir grenseverdi for eksponering for støv fra myke treslag på 2 mg/m³.

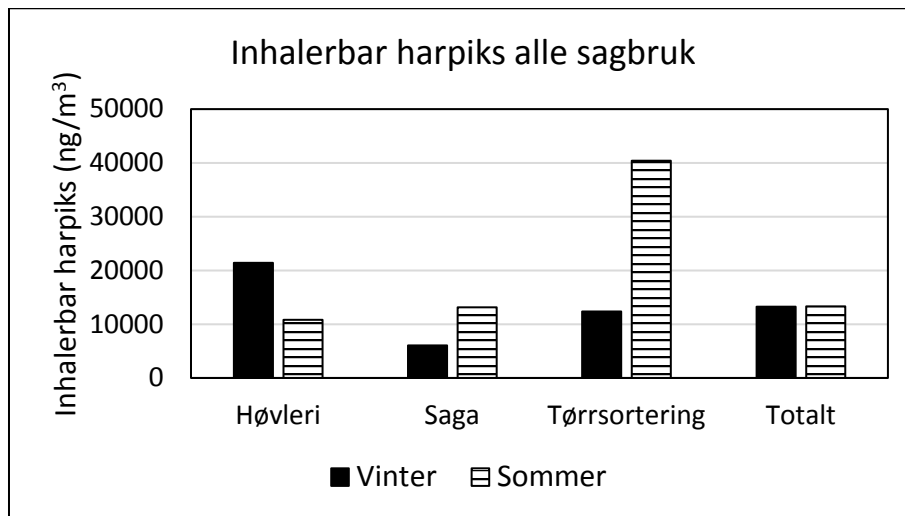
Eksponering for harpikssyrer

Eksponering for harpikssyrer i den torakale støvfraksjonen viste svært store variasjoner både innen en avdeling og mellom avdelinger (figur 3). Tørrsortering ga den høyeste eksponeringen, spesielt om vinteren, deretter kom sortering på kombiverk, sag og høvleri. Det finnes ingen grenseverdi for harpikssyrer i eller utenfor Norge.



Figur 3. Eksponering for harpikssyrer i den torakale støvfraksjonen sommer og vinter i de ulike avdelingene.

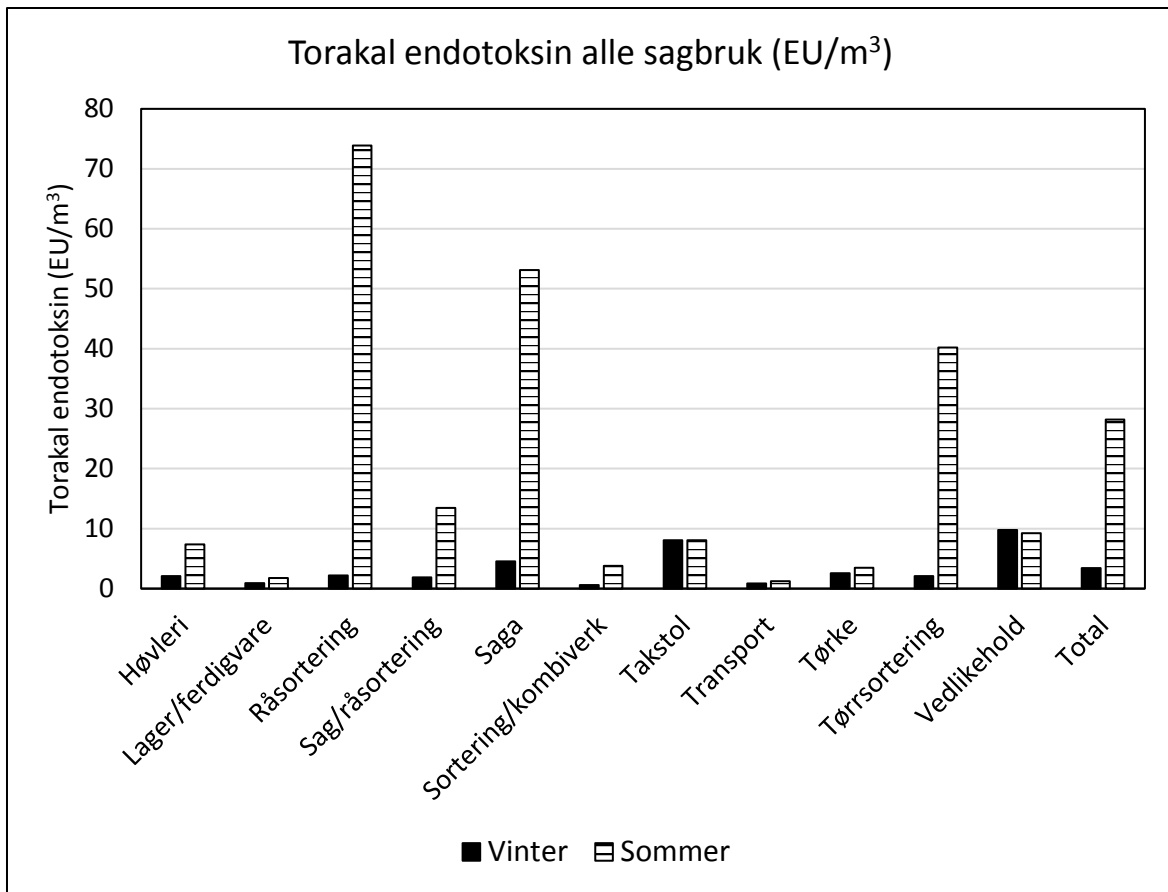
Eksponering for harpikssyrer i inhalerbar støvfraksjon var høyest ved tørrsortering, men i motsetning til den torakale fraksjonen, gjaldt dette spesielt om sommeren for den inhalerbare fraksjonen.



Figur 4. Eksponering for harpikssyrer i den inhalerbare støvfraksjonen sommer og vinter i høvleri, sag og tørrsorteringsavdeling.

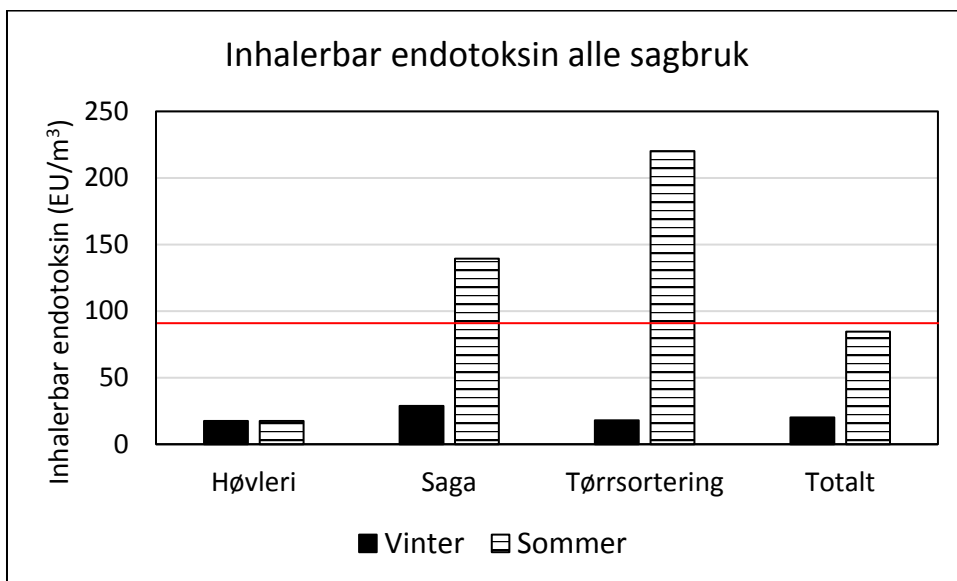
Eksponering for endotoksin

I de fleste avdelinger var gjennomsnittseksponeringen for torakalt endotoksin lav i forhold til den helsebaserte anbefalte grenseverdien på 90 EU/m³ luft (figur 5), men siden variasjonen var stor, kunne enkelte ansatte overskride denne eksponeringsgrensen²¹. Høyest eksponering var i råsorteringsavdelingen, saga, og tørrsorteringsavdelingen.



Figur 5. Eksponering for torakal endotoksin sommer og vinter i de ulike avdelingene.

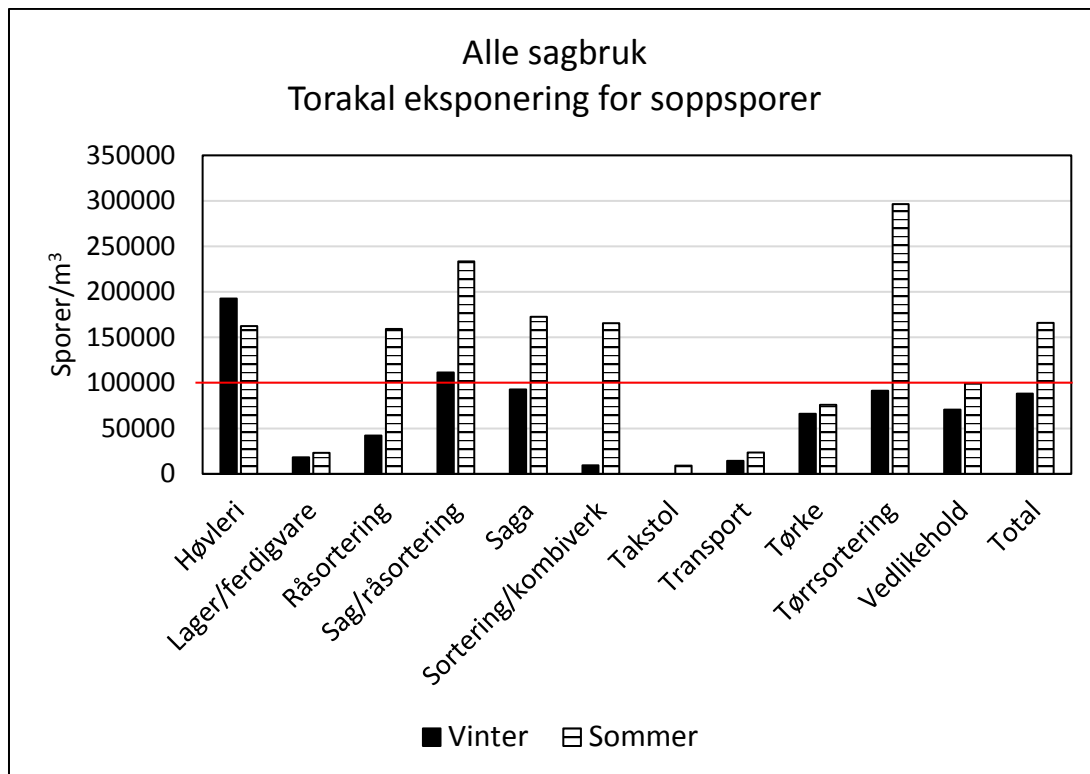
Om sommeren var gjennomsnittseksponeringen for inhalerbar endotoksin høyere enn grenseverdien på 90 EU/m³ i både saga og tørrsorteringsanlegget, mens om vinteren var eksponeringen lavere (figur 6). Eksponeringen i høvleri var under grenseverdien både sommer og vinter.



Figur 6. Eksponering for inhalerbart endotoksin sommer og vinter i høvleri, sag og tørrsorteringsavdelingene. Rød linje angir helsebasert anbefalt grenseverdi for inhalerbart endotoksin på 90 EU/m³.

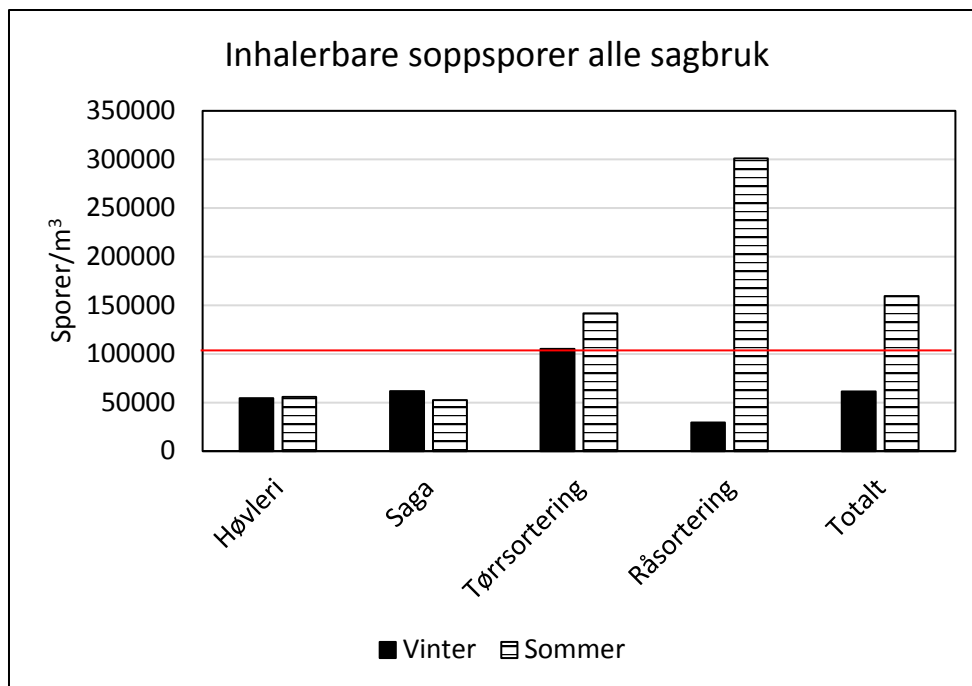
Eksposering for sopp

Eksposering for soppsporer i den torakale støvfraksjonen var svært variabel og avhengig av jobbgruppe og sesong. Høyest eksposering var ved arbeid i tørrsorteringsavdelingen, saga, råsorteringsavdelingene og høvleri (figur 7). Eksposeringen var høyere enn det laveste observerte effektnivået (LOEL) for sporer uten spesiell toksisitet på 1×10^5 sporer/ m^3 luft²² i alle disse jobbgruppene om sommeren, og i høvleri og sag/råsortering om vinteren. Vedlikeholdsarbeid om sommeren tangerte denne grensen. Bare i høvleri var eksposeringen høyere om vinteren enn om sommeren. LOEL verdien for soppsporer er basert på en litteraturstudie utført for «Den nordiske ekspertgruppen for kriteriedokumentasjon av helserisiko ved kjemikalier»²².



Figur 7. Eksposering for soppsporer i torakal støvfraksjon sommer og vinter i de ulike avdelingene. Rød linje angir LOEL for sporer på 1×10^5 sporer/ m^3 luft.

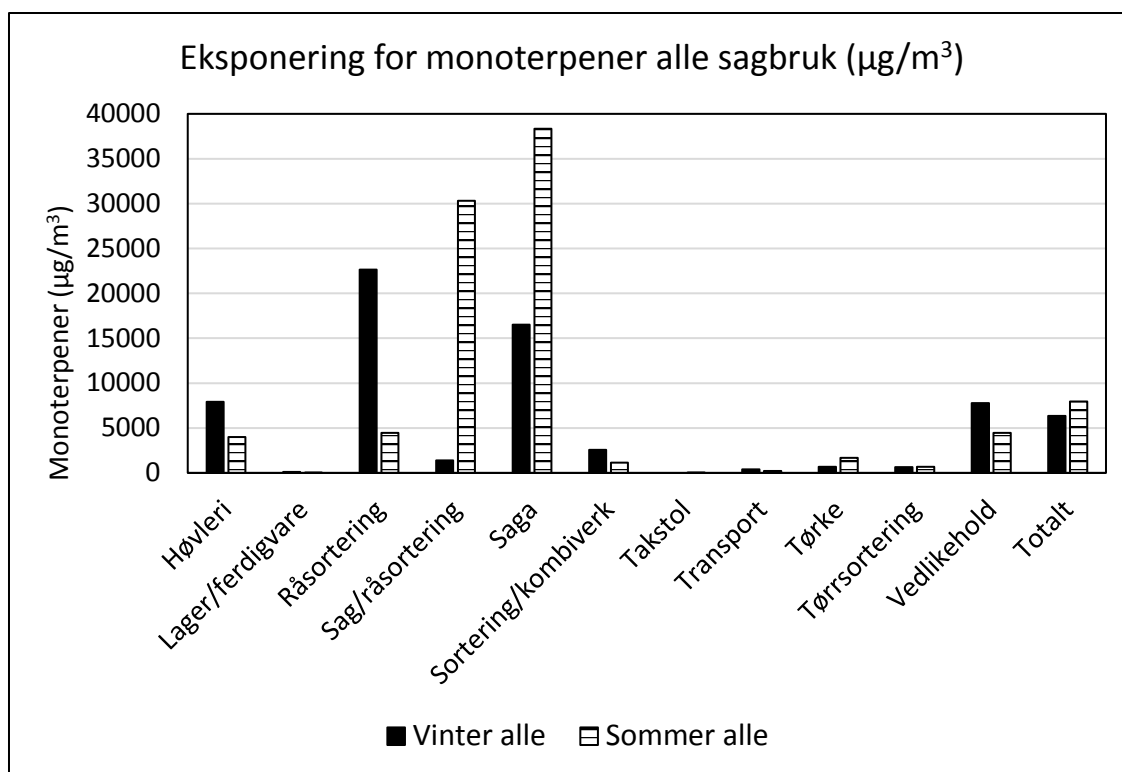
Eksposering for inhalerbare soppsporer var over LOEL for generelle soppsporer uten spesiell toksisitet i tørrsorteringsavdelingen, råsorteringsavdelingen og i totalgjennomsnittet for alle avdelinger (figur 8). Det høye nivået ved råsortering er imidlertid basert på bare 6 prøver, slik at resultatet fra denne jobbgruppen er forbundet med noe større usikkerhet enn for de andre gruppene. Soppeksponeringen i saga kan ha sitt opphav i vekst på tømmeret før det avbarkes og sages. Dette blir med skåret trelast videre til sortering. Soppsporer kan utvikle seg videre på ferskt skåret trelast som blir liggende en stund før tørking. Forholdene for soppveksten på tømmer og mellomlagret trelast kan være bedre med varme kombinert med fuktighet om sommeren enn om vinteren, og dermed gi høyere eksponeringsnivå om sommeren. Etter tørkeprosessen vil soppsporer fortsatt være tilstede og spres i lufta ved tørrsortering og høvling.



Figur 8. Eksponering for inhalerbare soppспорer sommer og vinter i høvleri, sag og tørrsorteringsavdelingen. Rød linje angir LOEL for спорer på 1×10^5 спорer/m³ luft.

Eksponering for monoterpener

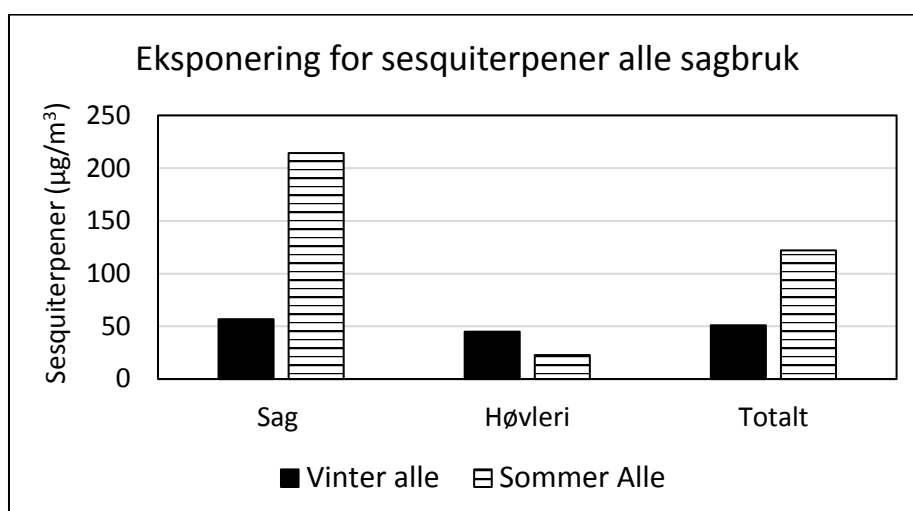
Eksponering for monoterpener var lavere enn grenseverdien for monoterpener på 140 mg/m³ luft². Imidlertid varierte eksponeringen betraktelig innen avdelinger og mellom avdelinger, men var gjennomsnittlig høyest i saga og råsorteringsavdelingen. I saga og kombinert sag/råsortering var eksponeringen høyere om sommeren enn om vinteren, mens det i høvleri og råsortering var høyere eksponering om vinteren enn om sommeren. Det er i tråd med forventningene at eksponeringen for disse flyktige forbindelsene er høyere når tømmer og trelast er ferskt slik som ved saging og råsortering, mens forbindelsene også blir frigitt fra ferskskârne flater ved høvling.



Figur 9. Eksposering for monoterpener sommer og vinter i de ulike avdelingene.

Eksposering for sesquiterpener

Eksposering for sesquiterpener var mye lavere enn for monoterpener. Målinger av sesquiterpener er sjelden og det finnes ingen grenseverdi for disse flyktige forbindelsene. Dersom disse forbindelsene skulle gi en helseeffekt selv ved lave eksponeringsnivå er det ikke sannsynlig at denne sammenhengen kan skilles fra monoterpeneksposeringen når dette skal sammenstilles med resultatene fra helseundersøkelsen.



Figur 10. Eksposering for sesquiterpener sommer og vinter i sag og høvleri.

Litteraturhenvisninger

- 1 Balmes J, Becklake M, Blanc P et al. American Thoracic Society Statement: Occupational contribution to the burden of airway disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2003;167:787-797.
- 2 Arbeidstilsynet. Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisikogrupper og biologiske faktorer (Forskrift om tiltaks- og grenseverdier) *Forskrift, best.nr. 704*, Trondheim, Norge: Direktoratet for Arbeidstilsynet 2013.
- 3 Dahlqvist M, Ulfvarson U. Acute effects on forced expiratory volume in one second and longitudinal change in pulmonary function among wood trimmers. *American Journal of Industrial Medicine* 1994;25:551-8.
- 4 Eriksson KA, Stjernberg NL, Levin JO, Hammarstrom U, Ledin MC. Terpene exposure and respiratory effects among sawmill workers. *Scand J Work Environ Health* 1996;22:182-90.
- 5 Hedenstierna G, Alexandersson R, Wimander K, Rosen G. Exposure to Terpenes - Effects on Pulmonary-Function. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 1983;51:191-198.
- 6 Johard U, Larsson K, Lof A, Eklund A. Controlled Short-Time Terpene Exposure Induces an Increase of the Macrophages and the Mast-Cells in Bronchoalveolar Lavage Fluid. *American Journal of Industrial Medicine* 1993;23:793-799.
- 7 Ayars GH, Altman LC, Frazier CE, Chi EY. The Toxicity of Constituents of Cedar and Pine Woods to Pulmonary Epithelium. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 1989;83:610-618.
- 8 Demers PA, Teschke K, Kennedy SM. What to do about softwood? A review of respiratory effects and recommendations regarding exposure limits. *American Journal of Industrial Medicine* 1997;31:385-398.
- 9 Hessel PA, Herbert FA, Melenka LS, Yoshida K, Michaelchuk D, Nakaza M. Lung health in sawmill workers exposed to pine and spruce. *Chest* 1995;108:642-6.
- 10 Dickinson DJ, Levy JF. A Review of Methods Used to Study the Microbial Ecology of Timber and Forest Products. *Methods in Microbiology* 1990;22:479-496.
- 11 Strong N, Webber J, Eaton R. Factors affecting the fungal colonization of pine lumber. *Forest Pathology* 2005;35:195-203.
- 12 Rossell SE, Abbot EGM, Levy JF. Bacteria and Wood - Review of Literature Relating to Presence, Action and Interaction of Bacteria in Wood. *Journal of the Institute of Wood Science* 1973:28-35.
- 13 Wimander K, Belin L. Recognition of Allergic Alveolitis in the Trimming Department of a Swedish Sawmill. *European Journal of Respiratory Diseases* 1980;61:163-167.
- 14 Halpin DMG, Graneek BJ, Lacey J et al. Respiratory Symptoms, Immunological Responses, and Aeroallergen Concentrations at a Sawmill. *Occupational and Environmental Medicine* 1994;51:165-172.
- 15 Halpin DMG, Graneek BJ, Turnerwarwick M, Taylor AJN. Extrinsic Allergic Alveolitis and Asthma in a Sawmill Worker - Case-Report and Review of the Literature. *Occupational and Environmental Medicine* 1994;51:160-164.
- 16 Dutkiewicz J, Skorska C, Krysinska-Traczyk E, Dutkiewicz E, Matuszyk A, Sitkowska J. Response of sawmill workers to work-related airborne allergens. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 2001;8:81-90.
- 17 Castellan RM, Olenchock SA, Kinsley KB, Hankinson JL. Inhaled Endotoxin and Decreased Spirometric Values - an Exposure Response Relation for Cotton Dust. *New England Journal of Medicine* 1987;317:605-610.
- 18 Schwartz DA, Thorne PS, Yagla SJ et al. The Role of Endotoxin in Grain Dust-Induced Lung-Disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 1995;152:603-608.

- 19 Zejda JE, Barber E, Dosman JA et al. Respiratory Health-Status in Swine Producers Relates to Endotoxin Exposure in the Presence of Low Dust Levels. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 1994;36:49-56.
- 20 Douwes J, McLean D, van der Maarl E, Heederik D, Pearce N. Worker exposures to airborne dust, endotoxin and beta(1,3)-glucan in two New Zealand sawmills. *American Journal of Industrial Medicine* 2000;38:426-430.
- 21 Netherlands HCot. Endotoxins. Health-based recommended occupational exposure limit. In: Safety DeCoO (ed.) *publication no. 2010/04OSH*: The Hague: Health Council of the Netherlands 2010.
- 22 Eduard W. Fungal spores: A critical review of the toxicological and epidemiological evidence as a basis for occupational exposure limit setting. *Critical Reviews in Toxicology* 2009;39:799-864.

Vedlegg

Tabeller over eksponering i norske sagbruk inndelt i avdelinger og sesong

Tabell 1. Eksponering i norske sagbruk alle avdelinger og sesonger

Torakal eksponering						
Eksponeringskomponent	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	
Støv (mg/m ³)	486	0,15	0,09	<0.03	4,60	
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	486	212	97	0,06	7150
	DHAA (ng/m ³)	486	2019	715	0,40	47090
	LPA (ng/m ³)	486	623	98	0,70	22263
	AA (ng/m ³)	486	1690	299	0,60	50119
	IPA (ng/m ³)	486	1018	224	0,40	30378
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	486	5560	1596	4,1	151446
Endotoksin (EU/m ³)	483	15	1,7	<0,5	1014	
Soppsporer (antall/m ³)	478	124359	39742	4090	5103490	
Inhalerbar eksponering						
Eksponeringskomponent	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	
Støv (mg/m ³)	90	1,3	0,7	0,03	17	
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	92	1083	595	14	14778
	DHAA (ng/m ³)	92	5111	3352	57	35706
	LPA (ng/m ³)	92	1128	396	4	14120
	AA (ng/m ³)	92	3600	1391	16	42539
	IPA (ng/m ³)	92	2383	1172	19	20545
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	92	13306	6871	115	104847
Endotoksin (EU/m ³)	91	56	13	0,8	1076	
Soppsporer (antall/m ³)	86	114040	44473	6025	1734080	
Eksponering for terpenar						
Eksponeringskomponent	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	
α-pinen (µg/m ³)	393	4418	480	3	100000	
β-pinen (µg/m ³)	393	589	74	3	12678	
3-karen (µg/m ³)	371	1644	109	2	45180	
p-cymen (µg/m ³)	393	119	12	1	3329	
Limonen (µg/m ³)	393	386	46	3	9814	
Sum monoterpenar (µg/m ³)	393	7058	769	15	161463	
α-Longipinen (µg/m ³)	50	3863	1774	7	44842	
Sum sesquiterpenar (ng/m ³)	50	89422	38721	103	979213	

Tabell 2. Eksponering sommer versus vinter i norske sagbruk

Torakal eksponering											
Alle avdelinger		Sommer					Vinter				
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		226	0,13	0,09	<0,03	3,7	260	0,17	0,09	<0,03	4,6
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	226	148	90	0,06	936	260	267	111	0,06	7154
	DHAA (ng/m ³)	226	1240	596	3,0	10170	260	2695	846	0,4	47089
	LPA (ng/m ³)	226	285	84	0,7	5695	260	918	125	0,7	22263
	AA (ng/m ³)	226	980	229	0,6	25716	260	2307	409	0,7	50119
	IPA (ng/m ³)	226	583	162	0,4	8697	260	1395	294	0,5	30378
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	226	3237	1281	7,3	34391	260	7581	1906	4,1	151446
Endotoksin (EU/m ³)		225	28	5,3	<0,5	1014	258	3,4	1,1	<0,5	95
Soppsporer (antall/m ³)		222	165989	62723	4375	2905068	256	88257	29313	4090	5103490
Inhalerbar eksponering											
Alle avdelinger		Sommer					Vinter				
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		50	1,5	0,7	0,06	17	40	0,9	0,7	0,03	3,6
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	51	1284	411	14	14778	41	833	683	82	3771
	DHAA (ng/m ³)	51	5086	3369	57	25409	41	5143	3334	487	35706
	LPA (ng/m ³)	51	1038	457	4	14020	41	1241	383	46	10313
	AA (ng/m ³)	51	3563	1329	16	42539	41	3647	1453	165	28181
	IPA (ng/m ³)	51	2366	1205	19	20545	41	2405	1095	99	18259
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	51	13337	6710	115	104847	41	13268	7032	917	96229
Endotoksin (EU/m ³)		50	85	29	0,8	1076	41	20	7	2	78
Soppsporer (antall/m ³)		46	159491	44473	6321	1734080	40	61770	37066	6025	392453

Eksponering for terpenier										
Alle avdelinger	Sommer					Vinter				
Eksponeringskomponent	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
α -pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	174	5246	522	3	99853	219	3760	417	7	92000
β -pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	174	586	73	4	9107	219	589	74	3	12678
3-karen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	152	1862	155	3	34755	219	1493	97	2	45180
p-cymen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	174	135	12	2	3329	219	106	12	1	1784
Limonen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	174	375	42	3	7858	219	394	48	3	9814
Sum monoterpenier ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	174	7961	836	15	147200	219	6340	705	23	161463
α -Longipinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	23	5137	2313	79	44842	23	2366	1623	7	7439
Sum sesquiterpenier (ng/m^3)	27	122056	50377	2218	979213	27	51113	37839	103	179008

Tabell 3. Eksponering i saga i norske sagbruk

Torakal eksponering											
Saga		Sommer				Vinter					
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		24	0,12	0,09	0,03	0,3	36	0,1	0,07	0,02	0,4
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	24	71	51	1,4	212	36	148	105	6,3	578
	DHAA (ng/m ³)	24	1045	634	96	3802	36	1187	812	35	5052
	LPA (ng/m ³)	24	151	132	20	456	36	394	177	6,3	2945
	AA (ng/m ³)	24	347	263	41	1047	36	868	436	15	6162
	IPA (ng/m ³)	24	561	295	32	2074	36	680	292	10	3267
Sum harpikssyrer(ng/m ³)		24	2176	1412	198	6958	36	3277	1874	72	16650
Endotoksin (EU/m ³)		27	53	22	0,9	612	36	4,6	2,3	0,4	20
Soppsporer (antall/m ³)		24	172563	64213	4765	1579458	33	92608	54100	4090	72182
Inhalerbar eksponering											
Saga		Sommer				Vinter					
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		12	1,5	0,5	0,2	8	13	0,7	0,6	0,03	2
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	12	2045	345	111	14778	14	509	374	82	2562
	DHAA (ng/m ³)	12	4399	3570	350	22459	14	2421	1686	596	7760
	LPA (ng/m ³)	12	881	297	79	4430	14	589	216	59	3649
	AA (ng/m ³)	12	2479	1022	156	12771	14	1347	570	285	6122
	IPA (ng/m ³)	12	2347	1665	113	9531	14	1184	557	197	4068
Sum harpikssyrer(ng/m ³)		12	13150	7038	841	63970	14	6049	3691	1284	18362
Endotoksin (EU/m ³)		13	139	79	12	892	14	29	22	4	67
Soppsporer (antall/m ³)		10	52654	41009	6321	158400	11	61811	47958	6224	202363

Eksposering for terpenier										
Saga	Sommer					Vinter				
Eksposeringskomponent	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
α -pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14	25635	8482	521	96016	23	9950	4422	245	92007
β -pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14	2822	1435	162	9107	23	1739	1081	46	12678
3-karen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14	7024	4797	35	23768	23	3524	242	19	45180
p-cymen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14	807	342	19	3329	23	239	72	5	1784
Limonen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14	2060	664	60	7858	23	1071	578	48	9814
Sum monoterpenier ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14	38348	15354	797	140078	23	16522	7322	376	161463
α -Longipinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14	9211	3538	441	44842	12	2769	2630	7	6565
Sum sesquiterpenier (ng/m^3)	14	214252	86897	7843	979213	12	56875	54349	103	113045

Tabell 4. Eksponering i sag/råsortering i norske sagbruk

Torakal eksponering											
Sag/råsortering		Sommer				Vinter					
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		25	0,07	0,05	0,01	0,2	14	0,07	0,07	0,03	0,1
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	25	132	112	18	368	14	250	109	0,4	1953
	DHAA (ng/m ³)	25	759	524	111	1923	14	945	782	64	2740
	LPA (ng/m ³)	25	121	29	1,0	527	14	177	102	9,0	1062
	AA (ng/m ³)	25	269	114	0,6	934	14	532	347	34	2617
	IPA (ng/m ³)	25	290	90	0,5	1134	14	383	278	30	1634
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	25	1571	901	258	4449	14	2286	1505	148	10006
Endotoksin (EU/m ³)		22	13	8,4	0,7	73	13	1,8	1,4	<0,5	4,0
Soppsporer (antall/m ³)		22	233495	138240	55393	1041812	17	111325	92153	4445	339098
Inhalerbar eksponering											
Sag/råsortering		Sommer				Vinter					
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		5	0,8	0,7	0,4	1,7	3	0,5	0,5	0,4	0,7
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	5	535	441	259	1016	3	546	683	202	754
	DHAA (ng/m ³)	5	2550	3015	867	3902	3	3160	3732	985	4764
	LPA (ng/m ³)	5	318	360	83	550	3	479	388	115	935
	AA (ng/m ³)	5	982	916	293	1651	3	1492	1566	413	1499
	IPA (ng/m ³)	5	1100	963	238	2224	3	1199	1443	251	1902
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	5	5485	5712	1740	8631	3	6877	7883	1966	10783
Endotoksin (EU/m ³)		4	56	54	26	91	3	20	9	5	45
Soppsporer (antall/m ³)		4	114800	115968	34040	193226	6	47108	53085	7560	85242

Eksponering for monoterpener										
Sag/råsortering	Sommer					Vinter				
Eksponeringskomponent	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
α -pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17	20226	518	27	99853	10	887	263	11	3654
β -pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17	1608	172	9	6802	10	277	53	3	1173
3-karen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17	30381	31377	24016	34755	10	101	73	4	322
p-cymen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17	341	12	3	1544	10	17	7	2	55
Limonen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17	1065	68	3	4919	10	113	38	3	443
Sum monoterpener ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17	30300	769	41	147200	10	1395	430	23	5648

Tabell 5. Eksponering i råsorteringsavdelingen i norske sagbruk

Torakal eksponering											
Råsortering		Sommer				Vinter					
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		15	0,07	0,07	0,01	0,2	20	0,07	0,07	0,01	0,2
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	15	99	60	19	388	20	125	97	11	426
	DHAA (ng/m ³)	15	445	370	44	1556	20	704	622	132	3076
	LPA (ng/m ³)	15	71	71	8,2	221	20	177	112	13	518
	AA (ng/m ³)	15	186	150	15	599	20	437	317	46	1810
	IPA (ng/m ³)	15	167	107	11	490	20	305	212	36	1484
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	15	967	845	98	3192	20	1748	1429	267	7313
Endotoksin (EU/m ³)		16	74	29	0,4	288	20	2,2	0,8	0,6	20
Soppsporer (antall/m ³)		18	159266	80305	9906	1051402	22	41955	28978	4406	179369
Inhalerbar eksponering											
Råsortering		Sommer				Vinter					
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		4	0,5	0,4	0,1	1,1	-	-	-	-	-
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	4	432	264	102	1098	-	-	-	-	-
	DHAA (ng/m ³)	4	1554	1852	562	1948	-	-	-	-	-
	LPA (ng/m ³)	4	291	322	42	480	-	-	-	-	-
	AA (ng/m ³)	4	617	697	154	921	-	-	-	-	-
	IPA (ng/m ³)	4	693	781	145	1064	-	-	-	-	-
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	4	3586	4257	1252	4579	-	-	-	-	-
Endotoksin (EU/m ³)		4	29	20	4	72	-	-	-	-	-
Soppsporer (antall/m ³)		6	31223	141557	12076	1276136	2	29454	-	6551	52358

Eksponering for monoterpener										
Råsortering	Sommer					Vinter				
Eksponeringskomponent	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
α -pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	12	2618	2546	264	5688	20	12296	5152	198	46273
β -pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	12	1016	1089	87	1937	20	1951	1586	82	5573
3-karen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	12	261	232	19	636	20	6375	2299	17	23142
p-cymen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	12	102	90	11	212	20	473	205	10	1755
Limonen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	12	463	477	34	974	20	1555	688	43	5834
Sum monoterpener ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	12	4462	4485	414	9458	20	22649	9752	350	82597

Tabell 6. Eksponering i sortering/kombiverk i norske sagbruk

Torakal eksponering											
Sortering/kombiverk		Sommer				Vinter					
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		2	0,06	0,06	0,04	0,07	3	0,07	0,07	0,04	0,11
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	2	161	161	149	172	3	196	150	104	333
	DHAA (ng/m ³)	2	1868	1868	1659	2077	3	2488	1925	1470	4069
	LPA (ng/m ³)	2	986	986	432	1541	3	675	491	389	1145
	AA (ng/m ³)	2	1698	1698	1305	2092	3	2412	1592	1522	4122
	IPA (ng/m ³)	2	1078	1078	764	1392	3	1427	942	839	2499
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	2	5791	5791	4332	7250	3	7197	5099	4324	12167
Endotoksin (EU/m ³)		2	3,8	3,8	3,2	4,4	3	0,6	0,6	0,6	0,6
Soppsporer (antall/m ³)		4	165716	153738	88978	266410	1	9249	9249	9249	9249
Inhalerbar eksponering											
Sortering/kombiverk		Sommer				Vinter					
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		-	-	-	-	-	2	0,7	0,7	0,5	0,9
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	-	-	-	-	-	2	1023	1023	688	1358
	DHAA (ng/m ³)	-	-	-	-	-	2	9712	9712	6570	12854
	LPA (ng/m ³)	-	-	-	-	-	2	3030	3030	2084	3975
	AA (ng/m ³)	-	-	-	-	-	2	9893	9893	6452	13335
	IPA (ng/m ³)	-	-	-	-	-	2	5661	5661	4026	7297
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	-	-	-	-	-	2	29319	29319	19819	38818
Endotoksin (EU/m ³)		-	-	-	-	-	2	5	-	4	7
Soppsporer (antall/m ³)		2	357178	-	311968	402387	-	-	-	-	-

Eksponering for monoterpener										
Sortering/kombiverk	Sommer					Vinter				
Eksponeringskomponent	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
α -pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2	791	791	272	1311	1	1700	1700	1700	1700
β -pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2	40	40	13	68	1	83	83	83	83
3-karen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2	239	239	99	378	1	618	618	618	618
p-cymen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2	25	25	7	43	1	34	34	34	34
Limonen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2	37	37	12	62	1	131	131	131	131
Sum monoterpener ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2	1132	1132	403	1861	1	2565	2565	2565	2565

Tabell 7. Eksponering i tørke i norske sagbruk

Torakal eksponering											
Tørke		Sommer				Vinter					
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		12	0,4	0,08	0,01	3,7	13	0,4	0,06	0,01	4,1
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	12	43	14	3,0	298	13	83	38	3,6	594
	DHAA (ng/m ³)	12	410	110	21	2212	13	351	226	33	1744
	LPA (ng/m ³)	12	77	5,6	0,7	849	13	43	27	6,8	195
	AA (ng/m ³)	12	158	13	0,6	1731	13	127	69	16	584
	IPA (ng/m ³)	12	108	22	0,4	1068	13	114	74	16	609
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	12	796	181	51	5484	13	719	452	78	3727
Endotoksin (EU/m ³)		12	3,5	0,7	0,2	13	13	2,6	0,8	0,6	20
Soppsporer (antall/m ³)		10	75811	74434	10146	167411	12	65881	29201	4953	328191
Inhalerbar eksponering											
Tørke		Sommer				Vinter					
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		2	8,5	-	0,3	17	-	-	-	-	-
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	2	89	-	14	165	-	-	-	-	-
	DHAA (ng/m ³)	2	413	-	91	736	-	-	-	-	-
	LPA (ng/m ³)	2	24	-	4	45	-	-	-	-	-
	AA (ng/m ³)	2	102	-	23	181	-	-	-	-	-
	IPA (ng/m ³)	2	116	-	28	205	-	-	-	-	-
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	2	745	-	160	1331	-	-	-	-	-
Endotoksin (EU/m ³)		2	2	-	0,8	2	-	-	-	-	-

Eksponering for monoterpener										
Tørke	Sommer					Vinter				
Eksponeringskomponent	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimim	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimim	Maksimum
α -pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10	1094	938	43	2598	13	418	378	122	884
β -pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10	166	88	20	483	13	105	83	6	412
3-karen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10	372	318	16	770	13	92	80	15	325
p-cymen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10	39	25	2	120	13	13	10	4	48
Limonen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10	66	40	7	146	13	54	44	12	177
Sum monoterpener ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10	1664	1403	73	3994	13	682	627	235	1569

Tabell 8. Eksponering ved tørrsortering i norske sagbruk

Torakal eksponering											
Tørrsortering		Sommer				Vinter					
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		44	0,16	0,16	0,02	0,50	53	0,18	0,17	0,01	0,5
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	44	363	316	32	936	53	648	608	0,08	2320
	DHAA (ng/m ³)	44	3034	2300	210	10170	53	8757	7015	0,41	47089
	LPA (ng/m ³)	44	930	502	17	5695	53	3435	1345	1,9	22263
	AA (ng/m ³)	44	2502	1684	118	11953	53	8440	5766	1,1	50119
	IPA (ng/m ³)	44	1724	977	66	8697	53	4804	2753	0,5	30378
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	44	8554	5350	456	34391	53	26084	18450	4,1	151446
Endotoksin (EU/m ³)		43	40	9,0	<0,5	708	51	2,1	1,2	<0,5	26
Soppsporer (antall/m ³)		45	296281	78782	6155	2905068	54	91443	40104	4608	696163
Inhalerbar eksponering											
Tørrsortering		Sommer				Vinter					
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		8	2,9	1,2	0,3	8	4	1,6	1,6	0,8	2,6
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	8	3148	2053	393	8407	4	1537	1551	697	2349
	DHAA (ng/m ³)	8	14024	15715	3533	25409	4	5967	5279	3168	10141
	LPA (ng/m ³)	8	3565	2115	760	14020	4	628	647	276	942
	AA (ng/m ³)	8	12617	8971	2697	42539	4	2575	2281	1090	4650
	IPA (ng/m ³)	8	7049	5791	1725	20545	4	1669	1413	756	3094
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	8	40404	37577	10461	104847	4	12376	11143	6372	20847
Endotoksin (EU/m ³)		8	220	75	13	1076	4	18	15	2	40
Soppsporer (antall/m ³)		9	141580	24354	6564	655412	6	105340	74192	26174	299912

Eksponering for monoterpener										
Tørrsortering	Sommer					Vinter				
Eksponeringskomponent	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
α -pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	36	393	303	8	1718	49	370	203	25	2852
β -pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	36	58	31	4	467	49	63	39	3	368
3-karen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	36	167	80	3	965	49	155	30	3	1731
p-cymen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	36	17	7	2	107	49	10	5	2	83
Limonen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	36	28	15	3	178	49	38	17	3	252
Sum monoterpener ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	36	663	464	36	3049	49	637	344	39	5264

Tabell 9. Eksponering ved høvleri i norske sagbruk

Torakal eksponering											
Høvleri		Sommer				Vinter					
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		44	0,11	0,09	0,01	0,3	43	0,11	0,09	0,02	0,41
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	44	175	127	34	766	43	186	164	21	564
	DHAA (ng/m ³)	44	1153	738	180	6743	43	1897	1600	280	5618
	LPA (ng/m ³)	44	226	99	30	2282	43	475	317	2,1	2062
	AA (ng/m ³)	44	779	476	106	5801	43	1414	940	41	5579
	IPA (ng/m ³)	44	486	289	58	3343	43	854	557	32	3087
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	44	2818	1793	411	18936	43	4826	3767	376	16735
Endotoksin (EU/m ³)		43	7,4	2,5	<0,5	115	42	2,1	0,8	0,2	15
Soppsporer (antall/m ³)		41	162507	50223	6325	2216884	41	192519	41251	4557	5103490
Inhalerbar eksponering											
Høvleri		Sommer				Vinter					
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		13	0,8	0,7	0,08	1,9	15	1,0	0,8	0,2	3,6
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	14	774	836	151	1316	15	1093	830	150	3771
	DHAA (ng/m ³)	14	4350	3927	712	10224	15	7977	6696	727	35706
	LPA (ng/m ³)	14	766	538	131	2924	15	2151	1519	46	10313
	AA (ng/m ³)	14	3037	7477	333	9809	15	6280	4787	266	28181
	IPA (ng/m ³)	14	1918	1511	246	5718	15	3946	2193	183	18259
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	14	10845	9859	1573	29767	15	21436	16923	1571	96229
Endotoksin (EU/m ³)		14	18	11	3	54	15	18	5	2	78
Soppsporer (antall/m ³)		11	55928	15732	6398	405848	15	54487	13162	5025	392453

Eksponering for terpenier										
Høvlari	Sommer					Vinter				
Eksponeringskomponent	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
α-pinen (µg/m ³)	30	2658	1084	31	12052	27	5152	1581	20	34977
β-pinen (µg/m ³)	30	176	86	7	786	27	424	116	5	2780
3-karen (µg/m ³)	30	948	524	3	4060	27	1884	264	5	12841
p-cymen (µg/m ³)	30	80	28	2	469	27	110	32	2	646
Limonen (µg/m ³)	30	151	74	3	704	27	339	81	5	2080
Sum monoterpenier (µg/m ³)	30	4013	1831	50	17908	27	7909	2545	40	53322
α-Longipinen (ng/m ³)	13	751	343	79	3363	11	1926	760	117	7439
Sum sesquiterpenier (ng/m ³)	13	22769	10867	2218	82440	11	44827	23649	1272	179008

Tabell 10. Eksponering i lager/ferdigvare avdeling i norske sagbruk

Torakal eksponering											
Lager/ferdigvare		Sommer				Vinter					
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		8	0,08	0,08	0	0,22	9	0,03	0,03	0,01	0,05
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	8	20,1	10,8	0,06	94	9	18	12	1,1	67
	DHAA (ng/m ³)	8	889	246	16	4610	9	133	125	23	263
	LPA (ng/m ³)	8	17	6,0	0,7	92	9	16	9,4	2,8	51
	AA (ng/m ³)	8	25	1,4	0,6	159	9	49	46	6,8	158
	IPA (ng/m ³)	8	21	1,9	0,43	131	9	32	35	6,1	84
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	8	972	270	31	5010	9	248	232	51	623
Endotoksin (EU/m ³)		8	1,8	1,5	0,5	4,3	10	0,9	0,7	0,6	1,5
Soppsporer (antall/m ³)		6	22967	18543	10045	49924	10	18104	7817	4811	81997
Inhalerbar eksponering											
Lager/ferdigvare		Sommer				Vinter					
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		2	0,2	-	0,09	0,4	-	-	-	-	-
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	2	115	-	21	210	-	-	-	-	-
	DHAA (ng/m ³)	2	605	-	148	1062	-	-	-	-	-
	LPA (ng/m ³)	2	116	-	5,2	226	-	-	-	-	-
	AA (ng/m ³)	2	335	-	19	652	-	-	-	-	-
	IPA (ng/m ³)	2	274	-	26	521	-	-	-	-	-
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	2	1444	-	219	2610	-	-	-	-	-
Endotoksin (EU/m ³)		1	47	-	47	47	-	-	-	-	-

Eksponering for monoterpener										
Lager/ferdigvare	Sommer					Vinter				
Eksponeringskomponent	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
α -pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5	18	15	3	42	9	47	53	14	64
β -pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5	7	5	4	14	9	12	11	6	18
3-karen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4	4	4	3	5	9	13	11	3	35
p-cymen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5	3	3	3	3	9	3	3	2	6
Limonen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5	4	4	3	9	9	20	7	5	92
Sum monoterpener ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5	35	29	16	72	9	95	88	65	201

Tabell 11. Eksponering ved vedlikehold i norske sagbruk

Torakal eksponering											
Vedlikehold		Sommer					Vinter				
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		25	0,20	0,11	0,01	0,90	38	0,42	0,20	0,04	4,61
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	25	77	54	20	291	38	355	104	0,06	7154
	DHAA (ng/m ³)	25	927	359	125	6419	38	1767	863	114	22068
	LPA (ng/m ³)	25	102	46	8,7	451	38	336	112	0,7	6683
	AA (ng/m ³)	25	2120	166	40	25716	38	889	364	58	15073
	IPA (ng/m ³)	25	287	129	18	1605	38	750	311	45	10791
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	25	3513	772	299	34307	38	4097	1853	267	61769
Endotoksin (EU/m ³)		25	9,2	1,1	0,4	117	39	9,7	2,3	<0,5	95
Soppsporer (antall/m ³)		27	98943	37904	4625	1138393	35	70485	25159	4337	964552
Inhalerbar eksponering											
Vedlikehold		Sommer					Vinter				
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		-	-	-	-	-	3	0,4	0,4	0,4	0,5
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	-	-	-	-	-	3	308	108	106	711
	DHAA (ng/m ³)	-	-	-	-	-	3	1510	599	487	3443
	LPA (ng/m ³)	-	-	-	-	-	3	124	58	52	260
	AA (ng/m ³)	-	-	-	-	-	3	637	179	165	1567
	IPA (ng/m ³)	-	-	-	-	-	3	421	114	99	1051
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	-	-	-	-	-	3	3000	1050	917	7032
Endotoksin (EU/m ³)		-	-	-	-	-	3	6	5	5	7
Soppsporer (antall/m ³)		2	82476	-	52812	112141	-	-	-	-	-

Eksponering for monoterpener										
Vedlikehold	Sommer					Vinter				
Eksponeringskomponent	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
α -pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25	2773	742	63	22399	35	4775	3510	18	38779
β -pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25	529	97	8	3322	35	859	823	7	4540
3-karen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25	925	121	33	9998	35	1539	243	2	16778
p-cymen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25	66	19	3	485	35	116	77	1	815
Limonen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25	251	72	6	1295	35	473	278	6	3673
Sum monoterpener ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25	4471	1114	117	36616	35	7762	5422	38	64585

Tabell 12. Eksponering ved intern transport på norske sagbruk

Torakal eksponering											
Transport		Sommer					Vinter				
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		19	0,09	0,06	0,01	0,4	31	0,09	0,05	0	0,6
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	19	9,1	6,9	0,06	44	31	14	8,2	0,07	78
	DHAA (ng/m ³)	19	284	194	8,22	2659	31	146	65	9,4	1056
	LPA (ng/m ³)	19	9,7	5,8	0,7	36	31	12	6,1	1,3	66
	AA (ng/m ³)	19	20,5	3,1	0,6	111	31	34	20	0,7	188
	IPA (ng/m ³)	19	17	14	0,4	78	31	28	19	3,8	135
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	19	341	248	22	2668	31	234	164	17	1474
Endotoksin (EU/m ³)		19	1,2	0,7	<0,5	6,9	31	0,9	0,7	0,3	3,3
Soppsporer (antall/m ³)		17	23530	20292	4375	50526	31	14298	7094	4360	111814
Inhalerbar eksponering											
Transport		Sommer					Vinter				
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		2	0,3	-	0,06	0,6	-	-	-	-	-
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	2	35	-	17	53	-	-	-	-	-
	DHAA (ng/m ³)	2	190	-	129	251	-	-	-	-	-
	LPA (ng/m ³)	2	32	-	15	49	-	-	-	-	-
	AA (ng/m ³)	2	107	-	60	155	-	-	-	-	-
	IPA (ng/m ³)	2	81	-	46	117	-	-	-	-	-
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	2	446	-	266	625	-	-	-	-	-
Endotoksin (EU/m ³)		2	4	-	4	4	-	-	-	-	-

Eksponering for monoterpener										
Transport	Sommer					Vinter				
Eksponeringskomponent	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum	Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
α -pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17	148	79	11	538	32	244	111	7	2533
β -pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17	29	11	4	165	32	36	24	4	176
3-karen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17	46	33	7	152	32	95	23	2	1298
p-cymen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17	4	4	2	11	32	7	5	2	50
Limonen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17	13	6	3	71	32	26	15	3	250
Sum monoterpener ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17	228	126	23	822	32	407	214	24	4141

Tabell 13. Eksponering i takstolavdeling på ett norsk sagbruk

Torakal eksponering						
Takstol		Sommer				
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		6	0,08	0,08	0,01	0,1
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	6	33	3,4	0,06	104
	DHAA (ng/m ³)	6	124	26	3,0	396
	LPA (ng/m ³)	6	9,5	4,4	1,3	27
	AA (ng/m ³)	6	35	10	0,8	107
	IPA (ng/m ³)	6	29	6,4	1,7	91
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	6	230	51	7,3	671
Endotoksin (EU/m ³)		6	8,0	5,5	0,05	26
Soppsporer (antall/m ³)		6	9140	5069	4905	29659
Inhalerbar eksponering						
Takstol		Sommer				
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
Støv (mg/m ³)		2	0,7	-	0,1	1,3
Harpikssyrer	7-OXO (ng/m ³)	2	25	-	14	35
	DHAA (ng/m ³)	2	69	-	57	81
	LPA (ng/m ³)	2	5	-	4	6
	AA (ng/m ³)	2	18	-	16	19
	IPA (ng/m ³)	2	21	-	19	23
	Sum harpikssyrer(ng/m ³)	2	137	-	115	159
Endotoksin (EU/m ³)		2	5	-	2	9
Soppsporer (antall/m ³)		2	887393	-	40707	1734080
Eksponering for monoterpener						
Takstol		Sommer				
Eksponeringskomponent		Antall	Gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksimum
α-pinen (µg/m ³)		4	25	29	3	40
β-pinen (µg/m ³)		4	6	6	4	9
3-karen (µg/m ³)		4	5	5	3	8
p-cymen (µg/m ³)		4	2	2	2	2
Limonen (µg/m ³)		4	3	3	3	4
Sum monoterpener (µg/m ³)		4	42	45	15	62