

Helseeffekter av flyktige organiske forbindelser (VOC) fra furu og gran

Knut R Skulberg
Anders Q Nyrud
Lars O Goffeng
Armin Wisthaler

Bakgrunn

- Tidligere eksperimenter i laboratorier har vist at terpener kan forårsake irritasjon på øyne. Spesielt er det trukket fram reaksjoner mellom terpen og ozon og dannelse av reaktive kjemiske forbindelser.
- Ett eksponeringsforsøk på mennesker viste ingen sensorisk irritasjon fra øye og nese og heller ingen lungeeffekter. Ved et eksperimentelt forsøk med eksponering av monoterpener på celler fant en ikke økt betennelsesreaksjon. på celler.
- Eksponering av kjemiske gasser fra rengjøringsprodukter, f.eks formaldehyd og terpener var assosiert med øket risiko for å utvikle astma.
- Framtiden fører med seg tettere hus, mindre ventilasjon og dermed er det enda viktigere at avgassing fra materiale i bygg ikke er helseskadelig. Eksperimentelle forsøk, laboratorieforsøk og intervensjoner, vil gi vitenskapelige resultater av høyere kvalitet enn tverrsnittsundersøkelser.

Metode og utvalg

- Metode
 - Dobbelblindet, randomisert, kryss-over intervensjon
 - Intervensjonen er eksponering for VOC fra furu, mens kontroll er eksponering fra gran
- Ethiske forhold
 - Forsøket godkjent av Regional etisk komite
- Utvalg
 - 30 personer mellom 20 og 40 år, menn og kvinner
 - Friske forsøkspersoner, 3 med lett/moderat allergi

Forsøkskammeret

- Lokalisert på HiOA
- Kammer på 2 x 2 x 2 meter, inneholder to deler hvor 2 forsøkspersoner sitter i en del og en del hvor eksponeringen er (furuplankene)
- Eksponering i to timer
- Frivillig, ble overvåket hele tiden gjennom vindu, kommunikasjon via Skype



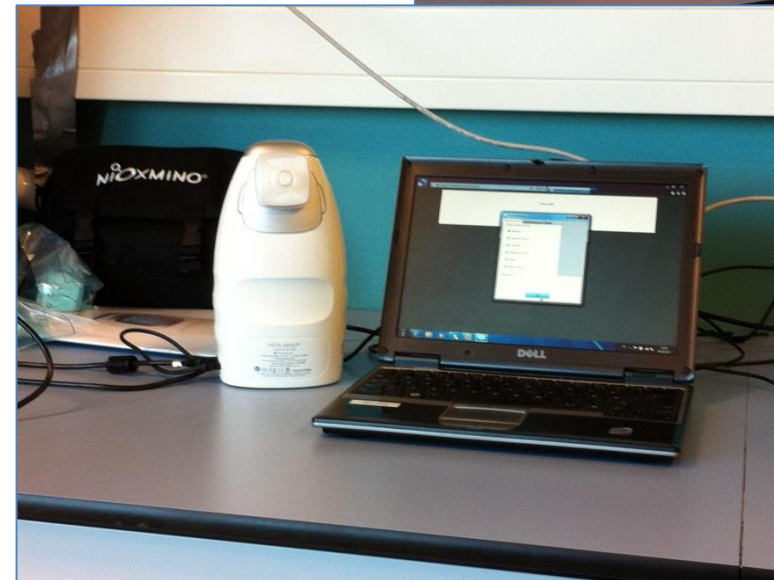
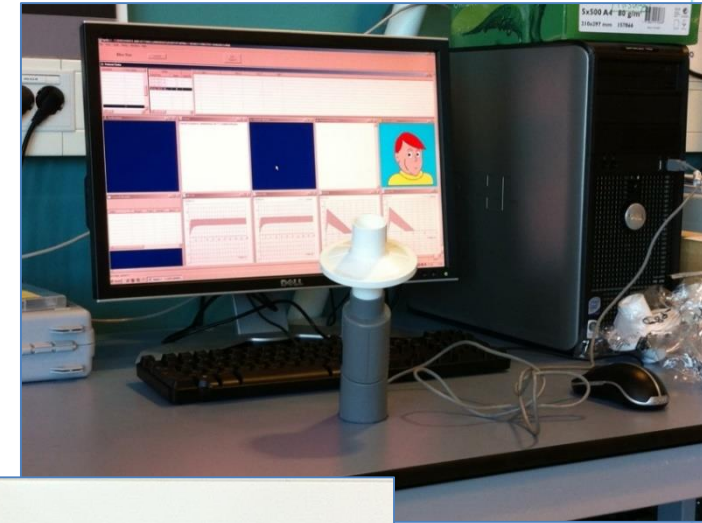
Eksponeeringsmålinger

- Kontinuerlig måling av forskjellige flyktige organiske forbindelser (VOC) fra furu (intervensjon) og gran (kontroll), utført av NILU
- Kontinuerlig måling av CO₂, temperatur og relativ fuktighet, utført av HiOA

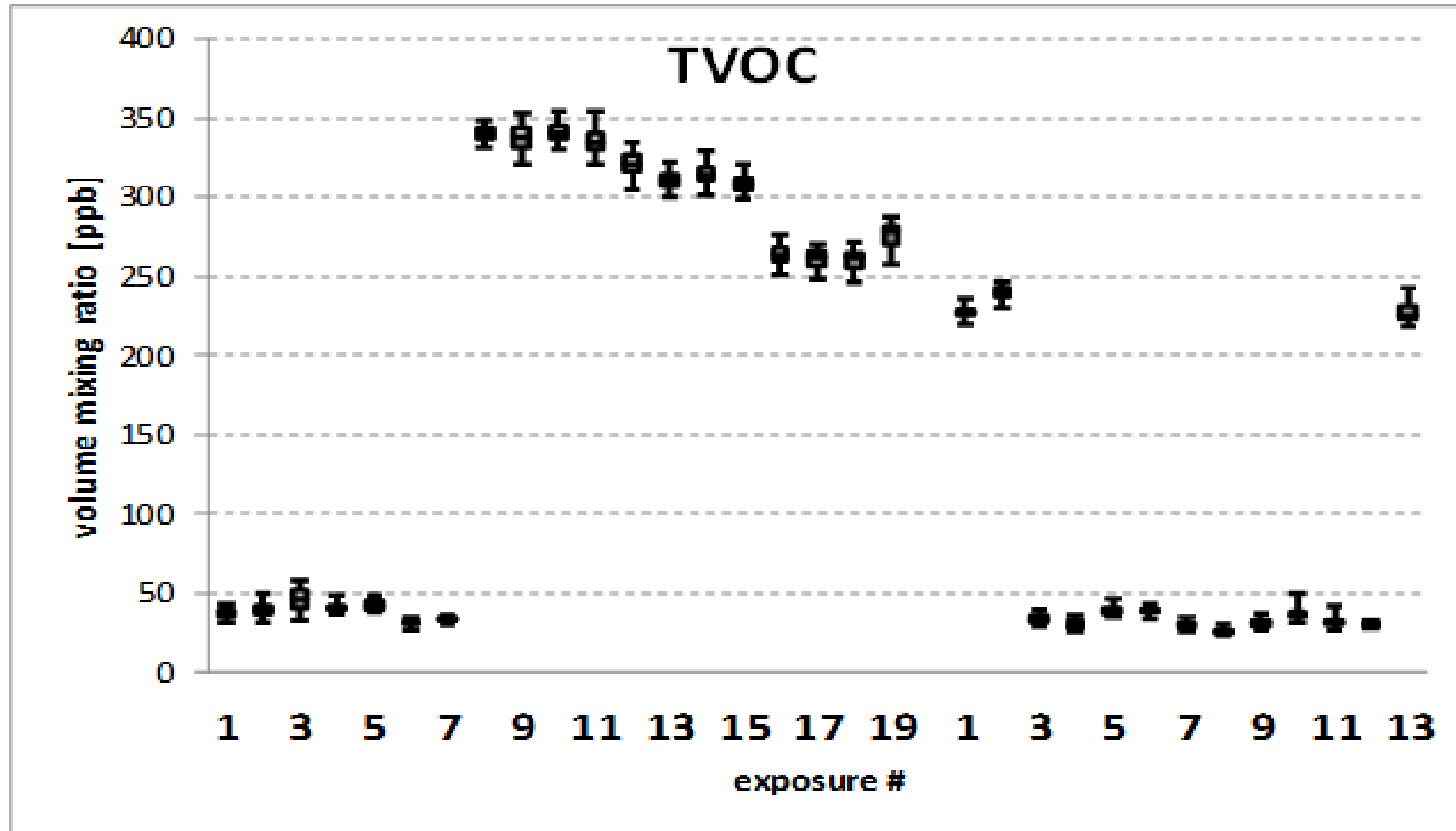


Helsemålinger

- Subjektive metoder
 - Spørreskjema (Örebro)
 - Skjema for opplevelse av eksponering
- Objektive metoder
 - Spirometri (FVC, FEV1, PEF, MEF50)
 - NO-måling
 - Blunkefrekvens
 - To nevropsykologiske tester
- Utført av HiOA, NAAF og STAMI



Resultater fra eksponeringen (1)



Resultater fra eksponeringen (2)

- Målinger av enkelt VOC viste at de seks høyeste subgruppene var monoterpener, metanol, acetone/propanol, acetaldehyd, maursyre og eddiksyre. Emisjonene av monoterpenene inneholdt hovedsakelig **α -pinen og Δ^3 -caren**. Gjennomsnitt av median eksponering av disse seks subgruppene var $1111 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maksimum eksponering var $1332 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og minimum eksponering var $867 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Konsentrasjoner av VOC for de seks subgruppene var **høyere i intervensjonsgruppen enn grenseverdier i europeiske nasjonale standarder**, dette er vanligvis på $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Konsentrasjonen av VOC i kontrollgruppen lå på $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$. **Det er således etablert en eksperimentell situasjon**

Helseeffekter (irritasjon i øvre slimhinner)

- Ingen statistiske signifikante forskjeller mellom **subjektive symptomer** fra øyne, nese, svelg og hoste mellom intervensjonsgruppen og kontrollgruppen.
- Ingen statistisk signifikante forskjeller i **frekvens av blinking** mellom intervensjonsgruppen og kontrollgruppen.
- **Spirometrien** måler fire målte verdier. Tre av disse viste ingen statistiske signifikante forskjeller mellom de to forsøksgruppene. FEV1, (mengde luft du puster ut det første sekundet) viste en statistisk signifikant forskjell i den enkle analysen, men ikke i den justerte analysen. Variabelen “førverdien” vil ha stor innvirkning på mulig endring i intervensjonsforsøk. Vi fant også at forskjellen mellom de to endringene var en økning av FEV1 i kontrollgruppen og ingen reduksjon i intervensjonsgruppen.
- Ingen statistisk signifikant forskjell i forhold til **NO i utpustet luft** mellom intervensjonsgruppen og kontrollgruppen. I intervensjonsgruppen så vi en reduksjon av NO-verdien. Dette indikerer at en allergisk mekanisme ikke vil forårsake irritasjonsplager hos mennesker ved eksponering for terpenener fra furu.



NO
Allergi

Helseeffekter (Generelle symptomer)

To av fem generelle symptomene viste en statistisk signifikant forskjell mellom de to forsøksgruppene i den enkle analysen, men ikke i den justerte analysen.

	Control group (N = 30)		Intervention group (N = 30)	
	Before	Change*	Before	Change*
Reaction time	263.4	5.8	257.4	4.13
Color word time	582.0	-11.77	586.7	-6.47
False positive	0.87	-0.10	1.2	-0.60
Non reaction	1.77	-0.37	2.1	-1.13

De nevropsykologiske testene viste ingen statistisk signifikant forskjell mellom de to forsøksgruppene

Diskusjon (1)

- Svært viktig at en **øker antall intervensjoner** for å frambringe bedre kunnskap. Kan trekke fram BestVent, ledet av SintefByggforsk, som gjennomfører intervensjonsstudier nå
- **Våre resultater** er i overensstemmelse med den tyske humane eksponeringsstudien fra 2011.
- **Reaksjoner mellom terpener og ozon** vil være viktig i forbindelse med betennelses-reaksjoner. I vårt forsøk var det en høy ventilasjon i eksponeringskammeret, CO₂ på rundt 500, og dermed også tilførsel av ozon utenfra. Ozon vil reagere svært raskt med terpener og gi mer potente «kjemiske forbindelser» som vil kunne gi betennelsesreaksjoner.
- **Allergi** forekommer hos ca 30 % av den norske befolkning. I ettertid av forsøket, med dagens kunnskap, hadde vi ønsket å inkludert flere moderate allergikere.

Diskusjon (2)

- Måling av **kognitive funksjoner** blir lagt inn som en «helsevariabel» i flere og flere intervensjoner.
- I en artikkel av Allen et al, (2016) finner de: **Results:** On average, cognitive function scores were 61 % higher on the Green building day and 101 % higher on the two Green+ building days than on Conventional building day ($P < 0.0001$). VOCs and CO₂ were independently associated with cognitive scores.
- Ved sammenligning mellom vårt studie og Allen et al (2016) finner vi:
 - samme nivå av CO₂ som Green+ (ca 500 ppm)
 - i kontrollgruppen har vi samme nivå av VOC ($< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) som i Green+
 - i intervensjonsgruppen har vi en gjennomsnittlig konsentrasjon av $1111 \mu\text{g}/\text{m}^3$, det dobbelte av Conventional building day.
- Vårt studie indikerer at VOC fra furu ikke påvirker kognitiv funksjon, mens Allen et al (2016) studie indikerer at VOC fra «vanlig kontor» påvirker kognitiv funksjon negativt.

Referanser

- Englund, F. (1999). Emissions of volatile organic compounds (VOC) from wood. Rapport I 9901001. Stockholm: Swedish Institute for Wood Technology Research.
- Wolkoff P., Clausen P.A., Wilkins C.K., Nielsen G.D. 2000. Formation of strong airway irritants in terpene/ozone mixture, *Indoor Air*, 10, 82-91.
- Gminski, R., Tang, T., Mersch-Sundermann, V. 2010. Cytotoxicity and genotoxicity in human lung epithelial A549 cells caused by airborne volatile organic compounds emitted from pine wood and oriented strand boards. *Toxicol Lett.* 2010 Jun 16;196(1):33-41.
- Gminski, R., Marutzky, R., Kevekordes, S., Fuhrmann, F., Bürger, W., Hauschke, D., Ebner, W., Mersch-Sundermann, V. 2011. Sensory irritations and pulmonary effects in human volunteers following short-term exposure to pinewood emissions. *Journal of Wood Science* 57, 436-445.
- Nøjgaard J.K., Christensen K.B., Wolkoff P. 2005. The effect of human blink frequency of exposure to limonene oxidation products and methacrolein, *Toxicology Letters*, 156, 241-251.
- Allen, J.G, MacNaughton, P., Satish, U., Santanam, S., Vallarino, J., et al. Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments. *Environmental Health Perspectives* (Online); Research Triangle Park 124.6 (Jun 2016): 805.