



FFI-RAPPORT

19/02112

Kartlegging av muggsopp og bakteriesporer i inneluft ved Opsund tømmerrenseri

Gunnar Skogan
Marius Dybwad

Kartlegging av muggsopp og bakteriesporer i inneluft ved Opsund tømmerrenseri

Gunnar Skogan
Marius Dybwad

Emneord

Muggsopp
Bakteriesporer
Pollen
Bioaerosoler
Luftanalyser

FFI-rapport

19/02112

Prosjektnummer

1442

Elektronisk ISBN

978-82-464-3244-1

Engelsk tittel

Examining the mold and bacterial spore concentrations in indoor air at Opsund timber debarking and wood chipping factory.

Godkjenner

Marius Dybwad, *forskningsleder*

Dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ikke håndskreven signatur.

Opphavsrett

© Forsvarets forskningsinstitutt (FFI). Publikasjonen kan siteres fritt med kildehenvisning.

Sammen drag

På oppdrag fra Borregaard har Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) gjennomført månedlige luftmålinger ved Opsund tømmerrenseri i perioden mai–september 2019. Arbeidet ble utført for å kartlegge forekomst av muggsopp, bakteriesporer og pollen i inneluften i produksjonslokalet. Formålet var å undersøke om enkelte prosesser i tømmerflisproduksjonen utgjør en større kilde enn andre til muggsopp og bakterier i luften.

Ved Opsund tømmerrenseri spyles tømmerstokkene for å fjerne jord og stein før de sendes videre til barketrommelen hvor bark fjernes fra stokkene før de til slutt kuttes til flis. Muggsopp og bakteriesporer på tømmerstokkene vil følge med inn på anlegget og kan spres til luft som følge av mekanisk håndtering i barketrommel og fliskutter. Faktorer som temperatur og fuktighet under lagring og bearbeiding av tømmerstokkene vil kunne påvirke vekst av muggsopp og bakterier. Eventuell helserisiko vil avhenge av hvilke typer muggsopp som er til stede. Det er spesielt viktig å ha informasjon om forekomst av muggsopper som produserer mykotoksiner.

Denne rapporten oppsummerer gjennomføringen av og resultatene fra luftmålingene. Luftprøver ble tatt flere steder i produksjonslokalet, i kontrollrommet og ved utendørs referansepunkt. Forekomsten av muggsopp og bakteriesporer ble målt og sammenlignet med resultatene fra tilsvarende målinger utført i 2017. Resultatene fra prøvetakingene i 2017 førte til at Borregaard endret noe på sine rutiner for blant annet maskepåbud, og forhåpentligvis vil de nye målingene resultere i nye tiltak som kan redusere forekomsten av muggsopp og bakterier inne i produksjonslokalet. I denne målekampanjen ble det i tillegg utført pollentellinger for å undersøke sammenhengen mellom forekomst av pollen og muggsopp og anslå hvor stor andel av den målte muggsoppkonsentrasjonen som kan forventes å stamme fra muggsoppvekst på pollen.

Målingene viste at konsentrasjonen av muggsopp, bakteriesporer og pollen i luft var henholdsvis ca. 10, 2 og 2,5 ganger høyere i produksjonslokalet enn ved utendørs referansepunkt. Veiledende retningslinjer sier at dersom konsentrasjonen i innendørs luft er mer enn to ganger høyere, er det sannsynlig at det finnes en innendørs kilde. Resultatene fra våre målinger indikerer at produksjon av tømmerflis er en kilde til muggsopp i inneluften. Disse resultatene kan brukes til å kartlegge effekten av gjennomførte tiltak og til å utforme nye tiltak som kan redusere mengden av muggsopp og bakteriesporer i luft ved Opsund tømmerrenseri.

Summary

This report summarizes the implementation and the results from a monthly air-sampling campaign during the period May–September 2019 at the Opsund timber debarking and wood chipping factory. The work was performed on a contract from Borregaard in order to investigate the concentration of airborne molds, bacterial spores and total particles. The purpose of the study was to establish the concentration levels of molds and bacterial spores in indoor air and to examine whether some steps in the timber debarking and wood chipping process were greater sources for releasing microorganisms to the air.

At Opsund timber debarking and wood chipping factory the logs are flushed clean for soil and stones before they are debarked and cut to wood chips. Molds and other microorganisms can follow the logs into this process and become airborne due to the mechanical debarking and wood chipping processes. Studies have also shown that fungi can grow on pollen, thus the level of airborne pollen were also monitored in order to investigate the correlation between pollen and molds concentrations.

Air samples were collected inside the production hall, in the control room and at an outdoor reference point. The occurrence of mold and bacterial spores were compared with similar measurements performed during 2017. The results from the 2017 measurements led to routine changes concerning the use of dust masks in the production hall. Thus, knowledge achieved during the 2019 air sampling campaign may also result in measures to reduce the levels of fungi and other microorganisms inside the production hall.

Measurements in this study showed that the concentration of airborne molds, bacterial spores and pollen were 10, 2 and 2.5 times higher in the production hall when compared to the outdoor reference point. Common guidelines are that if the concentration of molds in indoor air is two times higher than outdoors, there is probably an indoor source. Our measurements clearly indicate that the production of wood chips is a source for molds in indoor air at Opsund. Concentrations of molds, bacterial spores and pollen in the control room were lower than at the outdoor reference point and confirm that the increased levels in the production hall does not affect the control room.

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
2 Luftprøvetaking og analyser	7
2.1 Prøvetaking	7
2.2 Mikrobiologiske analyser	8
3 Resultater	9
3.1 Ikke-biologiske data	9
3.2 Mikrobiologiske resultater	10
4 Diskusjon og konklusjon	15
Referanser	17
A Vedlegg	18

Forord

Denne studien ble utført som en del av FFIs forskningsoppdrag «Videre kartlegging og oppfølging av biologisk forurensing i inneluften ved Opsund renseri for tømmer» for Borregaard. Det ble i løpet av sommerhalvåret 2019 foretatt luftmålinger både utendørs og innendørs ved Opsund tømmerrenseri. Arbeidet ble utført for å kartlegge forekomst av muggsopp, bakteriesporer og pollen spesielt i inneluften i produksjonslokalet for å undersøke om enkelte prosesser i tømmerflisproduksjonen utgjør en større kilde enn andre til muggsopp og bakterier i luften.

Kjeller, 6. desember 2019

Gunnar Skogan

1 Innledning

Denne studien er utført i forbindelse FFI's forskningsoppdrag «Videre kartlegging og oppfølging av biologisk forurensing i inneluften ved Opsund renseri for tømmer» som har til hensikt å bistå Borregaard med luftprøvetaking og mikrobiologiske analyser av inneluften ved Opsund tømmerrenseri for å undersøke nivåene av muggsopp, bakteriesporer og pollen i produksjonslokalet og kontrollrommet. Arbeidet ble utført i perioden mai – september 2019 og er en oppfølging av et lignende oppdrag som ble utført i 2017 og beskrevet i FFI-eksternnotat 18/00890.

Resultatene fra 2017 viste at det var høyere forekomst av muggsopp både utendørs og i produksjonslokalet ved Opsund tømmerrenseri i sommermånedene enn resten av året. Det var derfor ønskelig med ny målekampanje for å skaffe ytterligere informasjon, spesielt for sommerhalvåret. Det ble også utført prøvetaking og analyser av luft i kontrollrommet for å være sikre på at konsentrasjonen av muggsopp og bakteriesporer i luft er lavere der enn i produksjonslokalet. Det finnes flere studier som viser at mikroorganismer vokser på pollen og kan være en kilde til økt forekomst av muggsopp. Det ble derfor utført pollentelling i luften ved Opsund tømmerrenseri for å undersøke om det var en sammenheng mellom mengden muggsopp og pollen. For mer informasjon om vekst av bakterier og mugg på pollen og potensielle helseeffekter vises det til en litteraturstudie utført av FFI (FFI-rapport 19/02109).

Denne rapporten oppsummerer prøvetakingen og de målte konsentrasjonene av muggsopp, bakteriesporer og pollen, samt bakgrunnsdata som temperatur, luftfuktighet og partikkelkonsentrasjon. Resultatene kan benyttes til å kartlegge effekt av gjennomførte tiltak og utforming av nye tiltak for å redusere mengden muggsopp og bakteriesporer i luft ved Opsund tømmerrenseri.

2 Luftprøvetaking og analyser

2.1 Prøvetaking

Det ble i alt utført seks luftprøvetakinger inne på Opsund tømmerrenseri i perioden mai - september 2019: 14. mai, 11. juni, 30. juli, 31. juli, 20. august og 11. september. Etter prøvetaking 30. juli opphørte produksjon av flis i ett døgn før prøvetaking ble utført 31. juli. Formålet med denne prøvetakingen var å undersøke hvor mye og hvor raskt nivåene av muggsopp og bakteriesporer i luften inne på Opsund tømmerrenseri reduseres når produksjon av flis opphører.

Luftprøvetaking ble utført med luft-til-væske lufthøsteren SASS 2300 fra Research International (Monroe, USA). SASS 2300 benytter «wettered-wall»-prinsippet og samler partikler fra 325 liter luft per minutt (lpm) til et volum på 4 – 5 ml sterilt vann. Dette gir en høy konsentreringsfaktor og økt sannsynlighet for å påvise mikroorganismer i luft. FFI's erfaringer fra bruk av SASS 2300

har vist at 60 minutter lufthøsting gir gode resultater og at det er mer hensiktsmessig å ta flere prøver enn å øke prøvetakingstiden. Det ble derfor høstet fire luftprøver à 60 minutter pr. prøvetakingdag. Det ble tatt utendørs referanseprøver ved lastepunkt nord for tømmerrenseriet, fra kontrollrommet, og ved golvnivå midt i og nedstrøms i produksjonslokalet der tømmerstokkene kuttes til flis og transporteres ut. Luftprøvene fra SASS 2300 ble etter prøvetaking oppbevart ved 4 °C til neste dag før videre analyse.

To GilAir PLUS og SKC AirChek XR5000 pumper ble koblet sammen og benyttet til å høste pollen med 37 mm VersaTrap-kassetter (SKC Inc.). Partikler dras gjennom en tynn åpning og kolliderer med en tynn glassplate påsmurt et gjennomsiktig substrat som fanger partiklene. Ved hjelp av et Sierra 826 Top-Trak termisk massestrømningsmeter ble luftstrømningshastighet for dette oppsettet målt til 8 lpm. VersaTrap-kassetten ble oppbevart tørt og mørkt ved romtemperatur i 1 – 3 døgn før mikroskopering.

Aerotrak 8220 partikkelteller (TSI Inc.) ble benyttet for å måle konsentrasjon av partikler i størrelsesområdet 0,3 – 10 µm. Aerotrak 8220 er utstyrt med en probe som registrerer temperatur og relativ luftfuktighet (RH). Resultatene er sammenlignbare med tilsvarende data fra prøvetaking utført i 2017.

I tillegg ble luftprøver tatt med SASS 3100 partikkelhøster (Research International.) som samler partikler på et filter bestående av elektrisk ladede polymerfibre som induserer ladning i partikler som passerer gjennom filteret og fanger dem. Mikroorganismer som høstes på disse filterne blir utsatt for uttørking og de er derfor ikke velegnet for dyrkningsanalyser. Filterne ble frosset ned ved -80 °C for langtidslagring og kan ved behov senere benyttes til metagenomikkanalyser for å identifisere muggsopp og bakterier ned til artsnivå.

2.2 Mikrobiologiske analyser

Tilstedeværelse av muggsopp i luftprøvene ble undersøkt ved utplating på maltekstrakt agar (MEA) pH-justert med melkesyre til pH 3,5 – 4 for å hindre bakterievekst. Det ble sådd ut 200 µl prøve i triplikater av ulike fortyngninger (erfaringsbasert) av prøvene (ufortynnet - 1000x). Agarskålene ble inkubert ved 28 °C i fem døgn før avlesning og kvantitering. Maltekstrakt agar er spesielt egnet til fremvekst av mugg og sopp sporer men er ikke et spesifikt medium og vil ikke skille mellom ulike typer muggsopp.

Tilstedeværelse av bakteriesporer ble undersøkt ved utplating av 200 µl ufortynnet prøve på Trypticase Soy Agar (TSA) tilsatt 100 mg/L cycloheximide for å hindre mugg- og soppvekst. Alikvoter av prøvene ble varmebehandlet ved 60 °C i 10 minutter før utplating for å inaktivere vegetative bakterier og gjør metoden spesifikk for bakteriesporer. Agarskålene ble inkubert ved 28 °C og avlest etter fem dager.

Det ble ikke utført analyser for artsidentifisering av bakteriesporer eller muggsopper.

Mengden pollen ble kvantitert ved mikroskopering og manuell telling av pollenkorner på objektglassene.

3 Resultater

Resultatene fra de 24 luftprøvene som ble tatt ved Opsund tømmerrenseri er vist i Vedlegg 1 og angir antall koloniformende enheter (cfu) pr kubikkmeter (m³) luft for totalpartikler, muggsopp, bakteriesporer og pollen. Disse dataene er bearbeidet og vist i Figur 3.1 – 3.5. Begge prøvetakingspunktene inne i produksjonslokalet er fremstilt i figurene for å gi et innblikk i om enkelte produksjonsaktiviteter påvirker nivåene av muggsopp, bakteriesporer og pollen mer enn andre.

Målinger utført 31. juli etter 1-døgns produksjonsopphold er vist sammen med resultatene fra de øvrige prøvetakingsdagene.

3.1 Ikke-biologiske data

Temperatur og relativ luftfuktighet (RH) inne på Opsund tømmerrenseri og utendørs på fabrikkområdet er vist i Tabell 3.1. Gjennomsnittlig partikkelkonsentrasjon og distribusjon ved hvert prøvepunkt for de fem prøvetakingsdagene med normal drift er vist i Tabell 3.2.

Tabell 3.1 *Temperatur og relativ luftfuktighet (RH) utendørs og innendørs ved Opsund tømmerrenseri.*

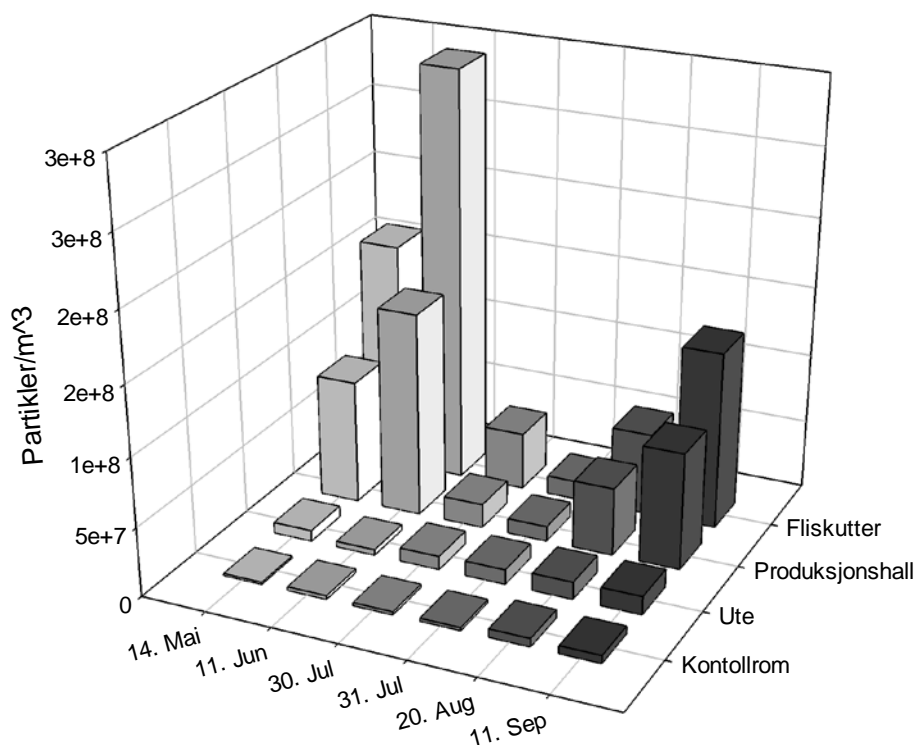
Dato	Temp. / RH utendørs	Temp. / RH midt i pr. lokale	Temp. / RH flishugger	Temp. / RH kontrollrom
14. mai	14 °C / 42 %	12 °C / 68 %	14 °C / 58 %	24 °C / 26 %
11. jun	23 °C / 41 %	17 °C / 72 %	19 °C / 61 %	23 °C / 42 %
30. jul	15 °C / 69 %	18 °C / 71 %	18 °C / 69 %	20 °C / 63 %
31. jul	18 °C / 53 %	17 °C / 58 %	17 °C / 62 %	24 °C / 42 %
20. aug	18 °C / 66 %	18 °C / 67 %	19 °C / 70 %	21 °C / 60 %
11. sep	16 °C / 63 %	17 °C / 77 %	17 °C / 81 %	21 °C / 58 %

Tabell 3.2 *Gjennomsnittlig partikkeldata utendørs og innendørs ved Opsund tømmerrenseri under prøvetakingene.*

	#/m ³	0,3 – 0,5 µm	0,5 – 1 µm	1 – 3 µm	>3 µm
Utendørs	9,7 x10 ⁶	78,7 %	15,6 %	5,4%	0,34 %
Kontrollrom	3,6 x10 ⁶	82,1 %	14,1 %	3,6%	0,24 %
Midt i prod. lokale	7,8 x10 ⁷	80,7 %	15,8 %	3,2%	0,21 %
Ved flishugger	1,4 x10 ⁸	73,2 %	22,5 %	4,2%	0,21 %

Partikkelkonsentrasjonen inne i produksjonslokalet var ved alle prøvetakinger høyere enn ved utendørs referansepunkt (Figur 3.1). Partikkelkonsentrasjonen var alltid lavere inne i kontrollrommet enn utendørs (og produksjonslokalet) og varierte mellom 19 % og 66 % av utendørs referansepunkt. I gjennomsnitt var konsentrasjonen i kontrollrommet henholdsvis ca. 40 % og 5 % av konsentrasjonen utendørs og i produksjonslokalet. Etter produksjonsstans i ett døgn (30. - 31. juli) var partikkelkonsentrasjonen i produksjonslokalet omtrent på samme nivå

som utendørs konsentrasjon og bare 11 % av gjennomsnittlig partikkelkonsentrasjon ved dager med flisproduksjon. Partikkelkonsentrasjon målt både utendørs og inne i produksjonslokalet samsvarer godt med målinger fra tilsvarende periode (mai – september) i 2017.



Figur 3.1 Konsentrasjon av partikler 0,3 – 10 μm utendørs og innendørs ved Opsund tømmerrenseri.

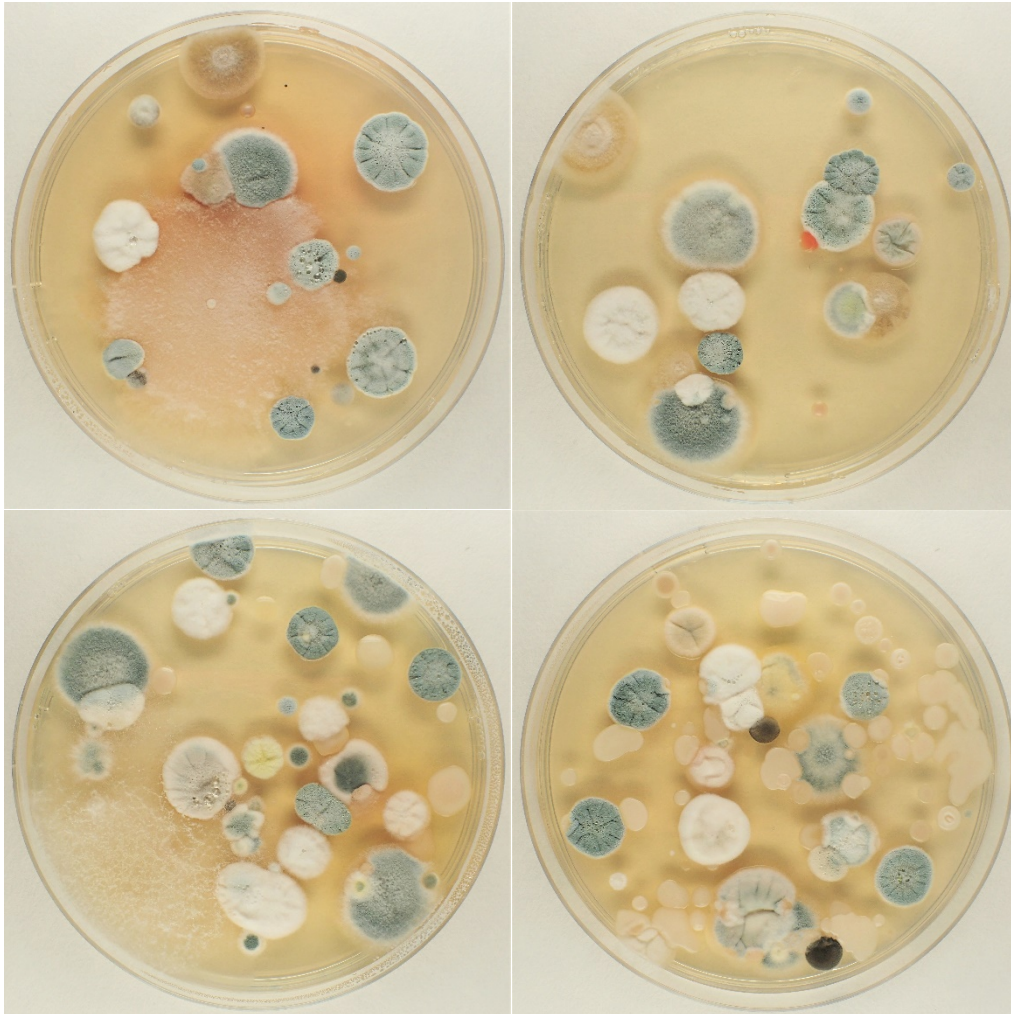
Partikkelkonsentrasjonen inne i produksjonslokalet varierte mellom å være 6 – 110 ganger høyere enn utendørs konsentrasjon og var i gjennomsnitt 32 ganger høyere enn utendørs. Ca. 95 % av partiklene var under 1 μm både innendørs og utendørs. Partikkelkonsentrasjonen var ca. 2 ganger høyere ved fliskutteren enn midt i produksjonslokalet.

3.2 Mikrobiologiske resultater

3.2.1 Muggsopp

Gjennomsnittlig konsentrasjon av muggsopp i produksjonslokalet ved Opsund tømmerrenseri var i prøveperioden 1×10^4 cfu/m³. Dette er litt høyere enn en studie fra 1984 som viste konsentrasjoner fra 1 – 6000 cfu/m³ i amerikanske hjem (Soloman et al. 1984). På en annen side er det lavere konsentrasjoner enn funn i utendørsluft i nærheten av anlegg som håndterer komposterende organisk materiale (Recer et al. 2001 og Wheeler et al. 2001), som viste

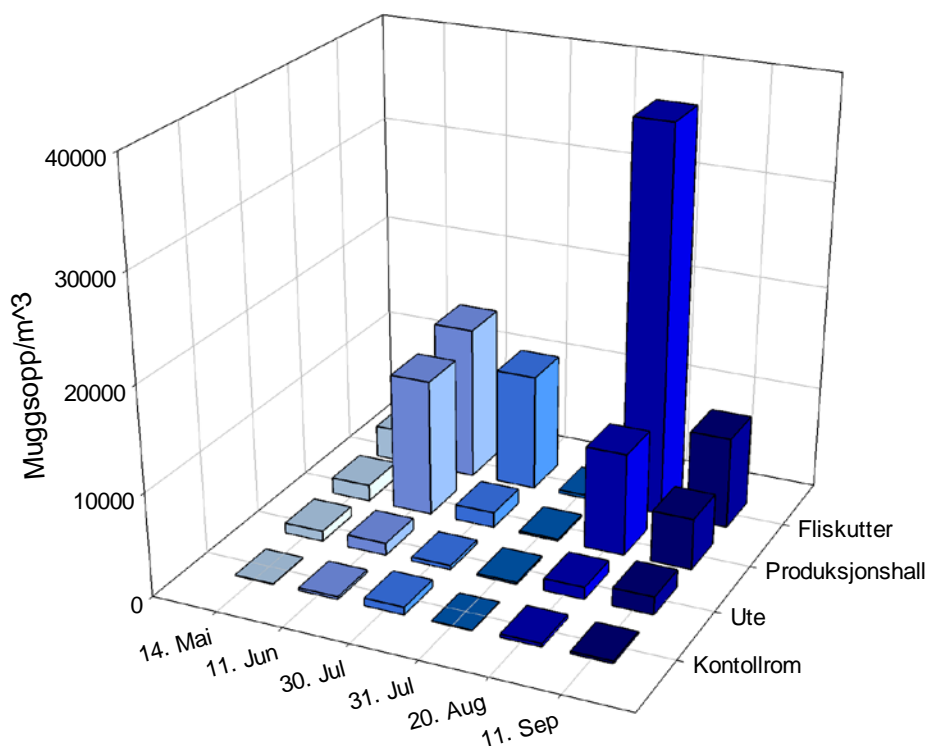
konsentrasjoner av muggsopp fra 10^4 cfu/m³ til 10^7 cfu/m³. Eksempler på hvordan prøver (11. september) dyrket på MEA vekstmedium ser ut etter fem dager er vist i Figur 3.2.



Figur 3.2 Luftprøver dyrket på Malt Extract Agar (MEA) i fem døgn. Øverst fra venstre: utendørs (1:100 fortykning), kontrollrom (1:10 fortykning), midt i produksjonslokalet (1:100 fortykning) og nederst i produksjonslokalet (1:100 fortykning).

Konsentrasjonen av muggsopp var ved alle prøvetakinger høyere i produksjonslokalet enn utendørs (1,6 - 32 ganger høyere). I gjennomsnitt var konsentrasjonen av muggsopp ca. 10 ganger høyere enn utendørs og bekrefter tidligere funn som indikerer at det finnes en kilde til muggsopp inne i produksjonslokalet. Konsentrasjon målt i produksjonslokalet 31. juli (etter produksjonsstans i ett døgn) var bare 35 % høyere enn utendørs og bekrefter dermed at produksjon av flis er kilden til økt forekomst av muggsopp i produksjonslokalet. Konsentrasjonen av muggsopp nederst i produksjonslokalet ved kutting og uttransport av flis var i gjennomsnitt ca.3 ganger høyere enn midt i produksjonslokalet. Konsentrasjon av muggsopp i kontrollrommet var i gjennomsnitt henholdsvis 51 % og 4 % av konsentrasjon utendørs og i produksjonslokalet.

Resultatene fra denne prøvetakingsperioden (mai – september 2019) viste langt lavere konsentrasjoner av muggsopp enn tilsvarende periode i 2017. Konsentrasjon ved utendørs referansepunkt og inne i produksjonslokalet var henholdsvis ca. 3 % og 10 % av konsentrasjon fra samme periode i 2017. Dette skyldes delvis at målingene utført i 2017 viste mye høyere konsentrasjoner om sommeren enn resten av året. Konsentrasjonene i perioden mai - september 2019 er henholdsvis 69 % og 79 % av konsentrasjon utendørs og i produksjonslokalet ved sammenligning med målinger utført vår, høst og vinter 2017.

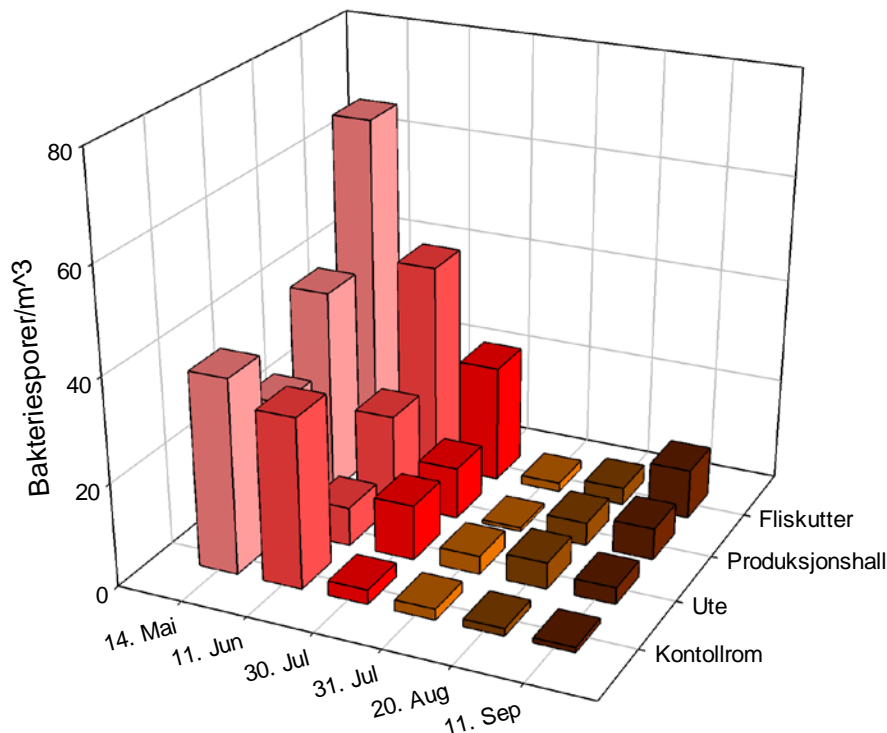


Figur 3.3 Konsentrasjon av muggsopp utendørs og innendørs ved Opsund tømmerrenseri.

3.2.2 Bakteriesporer

Konsentrasjon av bakteriesporer i luft i produksjonslokalet på Opsund tømmerrenseri varierte mellom ca. 3 cfu/m³ og 67 cfu/m³ (Figur 3.3). Utendørs konsentrasjon varierte mellom ca. 3 og 25 cfu/m³. Konsentrasjonene ved tilsvarende periode i 2017 var ca. 50 % høyere både utendørs og i produksjonslokalet. Konsentrasjonen i kontrollrommet varierte mellom ca. 1 og 38 cfu/m³ og var i gjennomsnitt 30 % høyere enn utendørs og bare halvparten av konsentrasjon i produksjonslokalet.

Det eksisterer ingen særskilte grenseverdier for bakteriesporer eller bakterier generelt i inneklimate. Konsentrasjonene som ble funnet inne på Opsund tømmerrenseri samsvarer blant annet med funn som ble gjort i utendørs bymiljø og i forbindelse med luftprøvetaking på T-banestasjoner i Oslo (Dybwad et al. 2011).



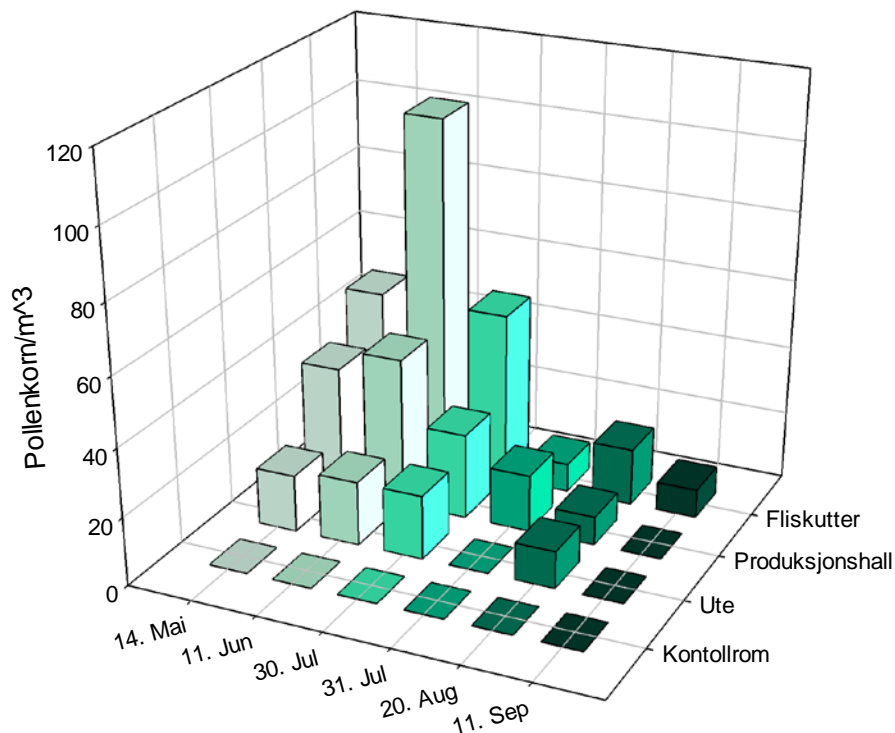
Figur 3.4 Konsentrasjon av bakteriesporer utendørs og innendørs ved Opsund tømmerrenseri.

3.2.3 Pollen

Resultatene fra telling av pollenkorner på VersaTrap glassplater viste lave verdier både utendørs, inne på kontrollrom og inne i produksjonslokalet. Målemetoden har lav strømningshastighet og det blir derfor få/ingen pollenkorner per glassplate i perioder med lav pollenspredning. Totalt volum per prøvekassett var mellom 40 og 120 liter avhengig av prøvetakssted og forventet pollenspredning. Med 40 liter luftprøve vil hvert pollenkorner tilsvare 25 pollen/m³, noe som tilsvarer moderat spredning på Norges Astma- og Allergiforbund (NAAF) sin skala. Dersom det benyttes lengre prøvetakingstid med VersaTrap-kassetten vil også konsentrasjonen av annet partikulært materiale bli høyere, noe som medfører økt bakgrunnsstøy og vanskeliggjør kvantifiseringen.

Det ble innhentet tall fra NAAFs registreringer for Oslo og østlandsområdet for alle prøvetaksdatoene. Disse viste moderat til høy spredning prøvedatoene 14. mai (42 #/m³) og 11. juni (60,2 #/m³), og beskjedne/ingen spredning 30. juli (7,3 #/m³), 31. juli (12,8 #/m³), 20. august (3,6 #/m³) og 11. september (0 #/m³). Den kraftigste spredningen av pollen var ifølge NAAFs registreringer i slutten av mars og i slutten av april. Pollenspredning vil variere noe fra dag til dag også i perioder med moderat og lav spredning og målinger utført i Oslo behøver ikke

være representative for Sarpsborg. Resultatene tyder uansett på at prøvetaking har skjedd i perioder og på dager med relativt lav pollenspredning. Målinger utført med VersaTrap i forbindelse med prøvetakingene ved Opsund tømmerrenseri viser også tilsvarende lave verdier disse dagene, med noe forhøyet forekomst i produksjonslokalet i forhold til utendørs måling.



Figur 3.5 Konsentrasjon av pollen utendørs og innendørs ved Opsund tømmerrenseri.

I litteraturstudien utført av FFI, «Forekomsten av mugg og bakterier på pollen» (FFI-rapport 19/02109) har flere studier oppgitt høyeste konsentrasjon av muggsopp som vokser på pollen til cirka 4500 cfu/g pollen. Kontamineringsnivået av mugg på pollen er derfor antatt ikke å overstige 5000 cfu/g.

I kilder som oppgir størrelsen til pollen varierer diameteren mellom 10 μm og 100 μm . Eksempelvis er pollen fra einer og selje under 20 μm , mens furu- og granpollen har en diameter på ca. 75 μm . Vekten av et pollenkorn varierer derfor mye og er i en kilde oppgitt å være 400 000 pollenkorn pr gram einerpollen (Bunderson LD. og Levetin E., 2015). Dersom 400 000 pollenkorn pr gram benyttes for å beregne forventet mengde muggsopp ut fra pollenkonsentrasjoner målt i produksjonslokalet ved Opsund tømmerrenseri tilsvarer det en gjennomsnittlig forventet muggsoppkonsentrasjon på 0,4 cfu/m³. Dette utgjør i gjennomsnitt kun 0,024 % av de målte muggsoppkonsentrasjonene. Den maksimale prosentandelen muggsopp forventet å stamme fra pollen, basert på målte konsentrasjoner av muggsopp og pollen, utgjør i denne studien derfor kun 0,13 %.

4 Diskusjon og konklusjon

Ved Opsund tømmerrenseri spyles tømmerstokkene for å fjerne jord og stein før de sendes videre til barketrommelen hvor bark fjernes fra stokkene før de tilslutt kuttes til flis. Muggsopp og bakteriesporer på tømmerstokkene vil følge med inn på anlegget og kunne spres til luft som følge av mekanisk håndtering i barketrommel og fliskutter. Faktorer som temperatur og fuktighet under lagring og bearbeiding av tømmerstokkene vil kunne påvirke vekst av muggsopp og bakterier.

Utendørs forekomst av muggsopp er i mange studier vist å variere med årstid og miljø og er høyest om sommeren og høsten i tempererte områder og lavest om vinteren i subarktiske områder. Konsentrasjonene har variert fra mindre enn 10^2 cfu/m³ vinterstid i Finland (Pasanen, 1992) og til 10^5 cfu/m³ sommerstid i tempererte områder (Gots et al., 2003). Studier av utendørs luft i California (Baxter, 2005) viste konsentrasjoner av muggsopp mellom 10^3 og 10^4 cfu/m³. Resultater fra disse studiene gir ingen grunn til å anta at det er unormal høye konsentrasjoner av muggsopp i utendørs luft ved Opsund tømmerrenseri. Målinger fra utendørs referansepunkt ved Opsund tømmerrenseri varierte i denne studien fra 10^2 cfu/m³ til 10^3 cfu/m³.

Arbeidsmiljøer som for eksempel jordbruk, komposthåndtering, sagbruk og annen treforedlingsindustri har konsentrasjoner av muggsopp som jevnlig overstiger 10^6 cfu/m³ og studier har vist variasjon fra 10^3 til 10^7 cfu/m³ (Eduard 2009). Muggsoppkonsentrasjoner helt opp til 10^{10} cfu/m³ har tidligere blitt målt i slike arbeidsmiljøer. Forekomst av muggsopp i innendørs luft ved papirmøller og i sagbruk er i en annen studie oppgitt til henholdsvis 10^3 og 10^6 cfu/m³ (Goyer et al. 2001). Dette er konsentrasjoner som er langt høyere enn de man vanligvis finner utendørs, som sjelden overstiger 10^4 cfu/m³. Laveste konsentrasjon av sopp sporer hvor det gjennom studier har blitt registrert luftveiseffekter er av Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) oppgitt til 10^5 cfu/m³, mens resultatene fra Opsund tømmerrenseri i gjennomsnitt var 1×10^4 cfu/m³. Eventuell helserisiko vil i stor grad avhenge av hvilke typer muggsopp som er tilstede. Det er spesielt viktig å ha informasjon om forekomst av muggsopper som produserer mykotoksiner.

Konsentrasjonen av muggsopp, bakteriesporer og pollen i luft var henholdsvis ca. 10, 2 og 2,5 ganger høyere i produksjonslokalet ved Opsund tømmerrenseri enn ved utendørs referansepunkt. Veiledende retningslinjer utarbeidet av Canadiske helsemyndigheter for å sammenligne luftkvalitet i innendørs luft med utendørs luft sier at om konsentrasjonen er mer enn 2 ganger høyere i innendørs luft eksisterer det sannsynlig en innendørs kilde (Health Canada 1993). Resultatene fra denne studien indikerer at produksjon av tømmerflis ved Opsund tømmerrenseri er en kilde til muggsopp i inneluft. Konsentrasjonen av muggsopp var ca. 3 ganger høyere nederst i produksjonslokalet hvor tømmer kuttes til flis enn midt i lokalet. Dette kan indikere at fliskutting er en større kilde til spredning av muggsopp til luft enn aktivitet i øverste del av produksjonslokalet. Tilsvarende tall for bakteriesporer og total partikkelkonsentrasjon var henholdsvis 1,7 og 1,8 ganger høyere.

I kontrollrommet var forekomst av muggsopp henholdsvis 51 % og 4 % av konsentrasjoner målt utendørs og i produksjonslokalet. For bakteriesporer var tilsvarende verdier 134 % og 52 %, og for totalpartikler 40 % og 5 %. Dette viser at luftkvaliteten er langt bedre i kontrollrommet enn i produksjonslokalet. Tilsvarende tall for pollen finnes ikke, da det aldri ble påvist forekomst av pollen i kontrollrommet.

På grunnlag av målte pollenkonsentrasjoner i luft ved Opsund tømmerrenseri og muggsoppvekst på pollen oppgitt til 5000 cfu/g pollen ble det beregnet hvor mye muggsopp som kan forventes å stamme direkte fra vekst av muggsopp på pollen. Disse beregningene viste at mengden muggsopp som kan forventes å stamme fra pollen var veldig lav i forhold til de målte konsentrasjonene av muggsopp. Gjennomsnittlig andel muggsopp beregnet å stamme fra pollen var kun 0,024 %. Det er dermed ikke grunn til å anta at vekst av muggsopp på pollen er en viktig kilde til økt forekomst av muggsopp i produksjonslokalet ved Opsund tømmerrenseri.

Prøvetaking utført 31. juli, etter produksjonsstans i ett døgn, viste at forekomsten av muggsopp i produksjonslokalet var sterkt redusert i forhold til 30. juli da det var normal drift. Forekomsten av muggsopp etter produksjonsstans i ett døgn varierte fra 1 % til 10 % av konsentrasjonen om ble målt på dager med normal produksjon. Konsentrasjonen av muggsopp inne i produksjonslokalet var denne dagen bare 35 % høyere enn utendørs konsentrasjon. Dette kan indikere at det er produksjon av treflis som er hovedkilden til økt forekomst av muggsopp i produksjonslokalet. Samtidig viser det at konsentrasjon av muggsopp etter produksjonsstans i ett døgn er tilnærmet lik utendørs konsentrasjon.

For å få luftprøver som er så representative som mulig for faktisk konsentrasjon av mikroorganismer og pollen under normale driftsforhold, har det forut for hver prøvetaking vært ønskelig med normal drift ved Opsund tømmerrenseri. Prøvetaking ble alltid utført med pågående flisproduksjon, men produksjonen ble ved flere anledninger startet like før eller få timer før prøvetakingen. Produksjonsstopp av ulik varighet er en del av den normale driften ved Opsund tømmerrenseri, men dette kan ha medført større variasjon i målingene enn om driften hadde vært kontinuerlig og lik forut for hver prøvetakingsdag. Variasjoner i målingene kan også inntreffe på grunn av andre aktiviteter som for eksempel spyling av golv inne på tømmermottaket og at kjøreportene inn til produksjonslokalet er åpne eller stengt. Dette vil sannsynligvis sørge for økt utlufting av produksjonslokalet og dermed lavere konsentrasjoner av mikroorganismer i luften. I tillegg kan tømmeret som benyttes i produksjonen ha vært utsatt for ulike lagringsbetingelser og ulik lagringsvarighet og dermed ha varierende grad av vekst av muggsopp og bakterier.

Referanser

- Baxter MD et al. (2005). A Regional Comparison of Mold Spore Concentrations Outdoors and Inside “Clean” and “Mold Contaminated” Southern California Buildings. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2: 8–18. DOI: 10.1080/15459620590897523.
- Bunderson LD, Levetin E. (2015). Hygroscopic weight gain of pollen grains from *Juniperus* species. *International Journal of Biometeorology* (2015) 59: 533. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0866-9>.
- Dybwad M. et al. (2011). Characterization of Airborne Bacteria at an Underground Subway Station. *Applied and Environmental Microbiology* vol. 78 no.6 (1917-1929).
- Eduard W. (2009). 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(10): 799–864.
- Gots R. E., Layton N. J. and Pirages S. W. (2003). Indoor health: Background levels of fungi. *American Industrial Hygiene Association Journal* 64:427–438.
- Goyer et al. (2001). *Bioaerosols in the Workplace: Evaluation, Control and Prevention Guide*. Occupational Health and Safety Research Institute Robert Sauvé (IRSST), Canada.
- Health Canada (1993). *Indoor Air Quality in Office Buildings: A Technical Guide*. 93-EHD-166.
- Haugen, Frida Høsøien (2019). Forekomsten av mugg og bakterier på pollen. FFI-rapport 19/02109.
- Pasanen A. L. (1992). Significance of Ambient Conditions for Prevalence of Micro-fungi in Indoor Environment. Doctoral thesis, University of Kuopio, Kuopio, Finland.
- Recer, G.M., Browne, M.L., Horn, E., Hill, K., Boehler, W. (2001). Ambient air levels of *Aspergillus fumigatus* and thermophilic actinomycetes in a residential neighbourhood near a yardwaste composting facility. *Aerobiologia* 17, 99-108.
- Soloman W. R., Burge H. P., Walsh P. J., Dudney C. S., Copenhaver D. (1984). *Indoor Air Quality*. CRC Press, Boca Raton. (174–191).
- Wheeler, P.A., Stewart, I., Dumitrean, P., Donovan, B. (2001). Health Effects of Composting - A Study of Three Compost Sites and Review of Past Data. Environment Agency R&D Technical Report P1-315/TR, 2001. Environment Agency, Bristol, UK.

A Vedlegg

Resultater fra luftprøvetaking ved Opsund tømmerrenseri. Resultat viser antall koloniformende enheter per kubikkmeter luft (cfu/m³) for kimtall, muggsopp og bakteriesporer.

ID	Sted	Dato	Muggsopp	Bakteriesporer	Pollenkorn	Partikler
BG1	Utendørs	14. mai	987	25,7	17	7,88E+06
BG2	Kontrollrom	14. mai	34	37,7	0	1,46E+06
BG3	Produksjonslokale, midt i	14. mai	1573	40,0	38	8,97E+07
BG4	Produksjonslokale, fliskutter	14. mai	3145	67,4	50	1,65E+08
BG5	Utendørs	11. jun	1176	7,5	19	4,03E+06
BG6	Kontrollrom	11. jun	248	32,9	0	2,64E+06
BG7	Produksjonslokale, midt i	11. jun	13262	17,8	44	1,48E+08
BG8	Produksjonslokale, fliskutter	11. jun	14872	22,8	104	2,97E+08
BG9	Utendørs	30. jul	380	10,7	19	9,70E+06
BG10	Kontrollrom	30. jul	732	2,8	0	2,21E+06
BG11	Produksjonslokale, midt i	30. jul	1467	10,0	25	1,73E+07
BG12	Produksjonslokale, fliskutter	30. jul	11321	22,8	50	4,16E+07
BG13	Utendørs	31. jul	179	3,5	0	1,06E+07
BG14	Kontrollrom	31. jul	36	2,1	0	2,21E+06
BG15	Produksjonslokale, midt i	31. jul	164	0,7	17	1,08E+07
BG16	Produksjonslokale, fliskutter	31. jul	318	1,7	8	1,33E+07
BG17	Utendørs	20. aug	1162	5,1	11	1,26E+07
BG18	Kontrollrom	20. aug	312	1,4	0	6,07E+06
BG19	Produksjonslokale, midt i	20. aug	9915	4,4	8	4,94E+07
BG20	Produksjonslokale, fliskutter	20. aug	37393	3,3	17	5,99E+07
BG21	Utendørs	11. sep	1723	3,2	0	1,33E+07
BG22	Kontrollrom	11. sep	221	0,9	0	5,73E+06
BG23	Produksjonslokale, midt i	11. sep	4954	6,1	0	8,47E+07
BG24	Produksjonslokale, fliskutter	11. sep	8855	9,6	8	1,29E+08

About FFI

The Norwegian Defence Research Establishment (FFI) was founded 11th of April 1946. It is organised as an administrative agency subordinate to the Ministry of Defence.

FFI's MISSION

FFI is the prime institution responsible for defence related research in Norway. Its principal mission is to carry out research and development to meet the requirements of the Armed Forces. FFI has the role of chief adviser to the political and military leadership. In particular, the institute shall focus on aspects of the development in science and technology that can influence our security policy or defence planning.

FFI's VISION

FFI turns knowledge and ideas into an efficient defence.

FFI's CHARACTERISTICS

Creative, daring, broad-minded and responsible.

Om FFI

Forsvarets forskningsinstitutt ble etablert 11. april 1946. Instituttet er organisert som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter underlagt Forsvarsdepartementet.

FFIs FORMÅL

Forsvarets forskningsinstitutt er Forsvarets sentrale forskningsinstitusjon og har som formål å drive forskning og utvikling for Forsvarets behov. Videre er FFI rådgiver overfor Forsvarets strategiske ledelse. Spesielt skal instituttet følge opp trekk ved vitenskapelig og militærteknisk utvikling som kan påvirke forutsetningene for sikkerhetspolitikken eller forsvarsplanleggingen.

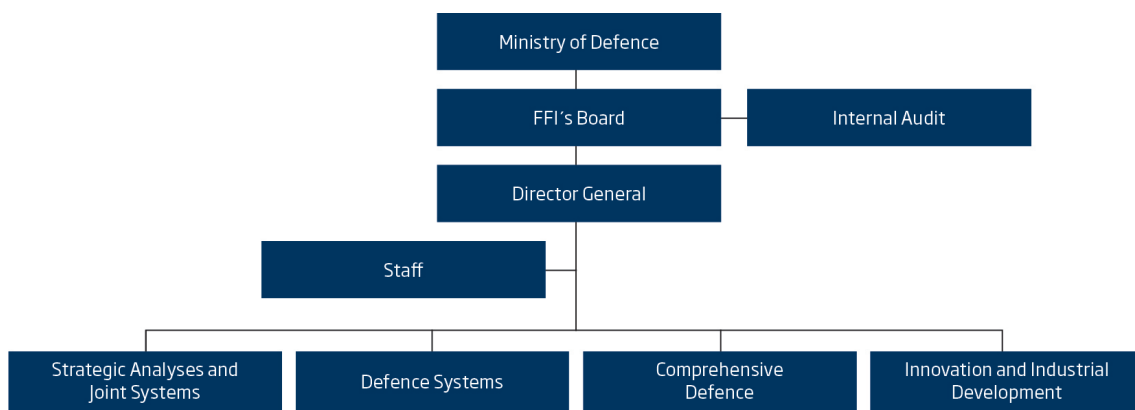
FFIs VISJON

FFI gjør kunnskap og ideer til et effektivt forsvar.

FFIs VERDIER

Skapende, drivende, vidsynt og ansvarlig.

FFI's organisation



Forsvarets forskningsinstitutt
Postboks 25
2027 Kjeller

Besøksadresse:
Instituttveien 20
2007 Kjeller

Telefon: 63 80 70 00
Telefaks: 63 80 71 15
Epost: ffi@ffi.no

Norwegian Defence Research Establishment (FFI)
P.O. Box 25
NO-2027 Kjeller

Office address:
Instituttveien 20
N-2007 Kjeller

Telephone: +47 63 80 70 00
Telefax: +47 63 80 71 15
Email: ffi@ffi.no