

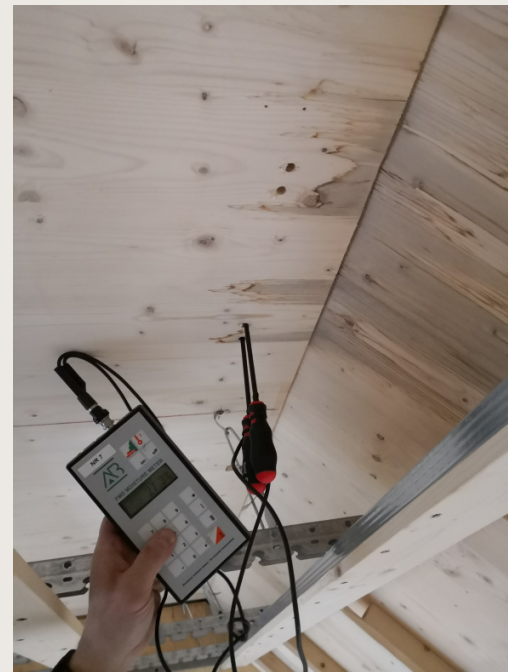


Fukt og trekonstruksjoner

Mari Sand Austigard, Ph.D

Hvem er Mycoteam – og hvem er jeg

- Nøytralt, uavhengig konsulentfirma med kontor i Oslo og Trondheim.
- Startet i 1986, nå 39 ansatte.
- Flest biologer, ellers bygningsteknisk/ treteknologisk bakgrunn.
- Rådgivning, inspeksjoner, laboratorieanalyser.
- Eget laboratorium: Mugg, råte, asbest, støv, DNA, malingsfilmer mm. Fra inspeksjoner og tilsendt.
- Treteknolog (skogfag) fra NMBU, Ph.D i vannopptak i trevirke
- I Mycoteam fra 2006, hovedarbeidsområde: Råte- og konstruksjonsavdelingen, mest trevirke og fukt.



Bygningsøkologi – grunnlag for biologisk vekst i hus

- Fysiske forhold som påvirker vekst og overlevelse av organismer i bygninger (vann, oksygen, temperatur, næring, pH, sporstoffer, lys og lignende).
- Vann er viktigst!
 - Sopp trives under samme temperaturer som oss – men enkelte kan vokse ned til 0°C, andre opp til over 75°C.
 - Bygningsmaterialer er fulle av cellulose; fin mat for sopp!



Sopp – en lynrask innføring

- Eget rike, om lag 100 000 kjente arter.
- Finnes på hele jordkloden, under de aller fleste forhold.
- Noen arter har fruktlegemer (hatt/kjuka osv).
 - svært liten del av soppens legeme. Det meste er soppstrenger (nede i jorda eller inne i materialene soppen vokser i).
- Sopp fordøyer organisk materiale, produserer ikke selv.
- Fordøyelse utenfor soppens celler, kan bare ta inn flytende næring - trenger fukt!
- Sopp spres med sporer; mikroskopiske «frø».



Muggsopp – rask vekst, leit for lungene

- Muggsopp bryter ned enkelt tilgjengelig materiale; mat, papir, tekstiler – ikke tre.
- Vokser på overflaten av materialer. Produserer sporer raskt og i store mengder.
- Små sporer som kan gi allergiske reaksjoner eller luftveisproblemer.
- Avhengige av fuktigheten *i overflaten av materialer* for spiring og vekst.
- Gir misfarging, og ofte ubehagelig lukt.
- Noen muggsopper kan åpne strukturen i trevirke slik at det lettere tar opp vann.



Muggsoppvekst på gipsplate.

Råtesopp – langsommere men mer destruktive

- Tre består av cellulose og lignin, og er vanskelig å bryte ned.
- Råtesopper har avanserte kjemiske systemer. For å bryte ned tre trengs høy fuktighet; helst opp mot 30 %. Under 20 vektprosent er trygt.
- To hovedtyper: Brunråte og hvitråte.
 - Brunråte er vanligst i hus – typiske arter er kjellersopp, hvitkjuke og ekte hussopp. Gir brunt virke som sprekker på tvers.
 - Hvitråte er vanligere i skogen, og gir opptrevlet, lys ved.
- Brunråtesopper bryter ned cellulosen, som er trevirkets «armering». Raskt stor reduksjon i styrken; ca 5 % vekttap gir ca 50 % lavere bruddstyrke.



In-situ klima er viktigst

- Makroklima (Vestlandet) – lokalklima (bygning) – mikroklima (vegg) – **in-situ klima** (nedre hjørne mot øst)
- Eksponering!
- Dette kan i stor grad styres av detaljering.
- Takutstikk, avstand til grunnen, vannfeller...



Bygging for varighet - gamlemåten

- Skrå tak med gode takutstikk.
- Klaring mellom sårbare deler av konstruksjonen og grunnen (grunnmur).
- Offersjikt ytterst; kledning, evt. overflatebehandling på kledningen som enda et offersjikt.
- Jevnlig vedlikehold, særlig av utsatte detaljer.
- Ingen hensyntagen til miljø eller helse; kreosot, blyhvitt etc etc.
- Deler som kan skiftes ut!

Er det mulig å få med noe av dette over i moderne byggeri?



Arkitektur – estetikken styrer løsningene

- Geometrien styrer i stor grad risiko for fuktskader, både i byggefase og bruksfase.
- Må tenkes på i konseptfasen!
 - Eksempel: Utvendig balkong med tette vegger = basseng = innvendig nedløp = større behov for takhøyde.
- Spenstige bygg tøyer gjerne grensene for hva materialer og løsninger kan levere.
- Ønskedrøm: Arkitekter som gjør konstruktiv beskyttelse trendy!



Prosjektering – fuktbevissthet

- Risiko for byggfukt inn i prosjekteringsfasen – grunnlag for god oppfølging og valg av strategi i byggefasen.
- Risiko for vannlekkasjer i bruksfasen inn i tankesettet – hvor reparerbart bygger vi?
 - Kan man komme til deler av konstruksjonen som vil bli berørt ved rørbrudd/lekkasjer?
 - Kan enkeltdeler av konstruksjonen skiftes ut?
 - Hvor fuktømfintlige er materialene?



Prosjektering – fuktbevissthet

- Sett krav (og ressurser) til arkitekten:
Alle detaljer må tegnes ut!
- Mangelfull detaljprosjektering: En hovedårsak til at det går galt.
- Ved usikkerhet rundt detaljer og løsninger: Spør en venn!
 - Bygningsfysikk
 - Bygningsbiologi
 - Materialkunnskap
- Det kan bli dyrt å ta lett på detaljprosjekteringen!
 - Sitat fra jurist: Sett ned foten, realitetsorienter kunden.

Prosjektering og byggefase – materialkunnskap!

- Ulike materialer har ulik toleranse for fukt.
- Gips tåler minst, OSB, sponplater og kryssfiner tåler lite, heltre tåler en god del.
- Viktig å kjenne fuktegenskapene til ulike materialer ved risikovurdering, både mht byggfukt og vurdering av risiko for skader i driftsfasen.



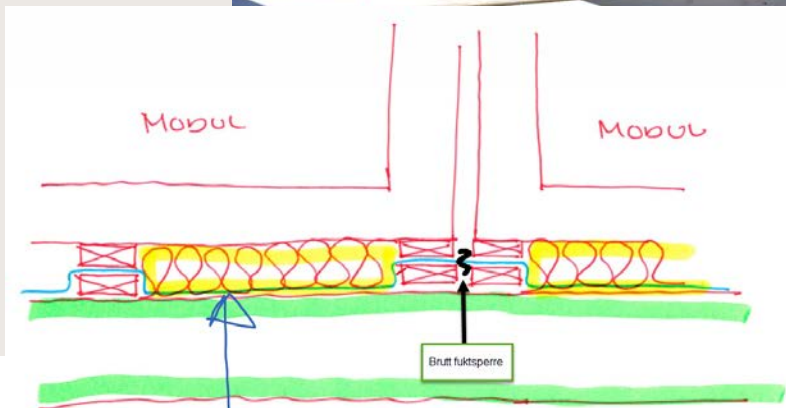
Byggefasen – hvordan bygge fuktsikkert?

- Nedbør kommer!
- Holde bygget tørt? Tørke det etter at værhud er på? Fjerne vann ved nedbør?
- Valget må kobles med risiko:
 - Vær: Hvor og når bygges det?
 - Materialer: Hva tåler det vi vil bruke?
 - Biologi/dimensjonsstabilitet!
- Elementer og KL-tre: Kan ikke satse på å få et stort bygg opp i en godværsperiode.
 - Mer fuktømfintlig enn betongdekker.
 - Overflatebehandling for beskyttelse i byggefasen?



Byggefasen – hvordan bygge fuktsikkert?

- Modulbygg – hva med styresviller, hvordan legge fuktsikring?
- Styresvillene blir ofte våte før modulene heises inn.
- Vi har erfart at det varierer om fuktsperre legges over eller under styresvillene.
- Med kontakt mellom betong og svill vil svilla tørke svært sakte.
- Trolig lettere å støpe styresviller...



Byggefasen – hva gjør vi når det har blitt vått?

- Kan konstruksjonen tørke?
 - Nedstøpte sviller i delevvegger...
- Rekkefølge!
 - Ikke isoler før taket er tett!
- Materialelegenskaper!
 - Hva kan tørkes og hva kan man like gjerne skifte først som sist?
- Husk at tilført fuktighet må ut!
 - Påstøp gir store mengder tilført fukt.
 - Impregnert tre er vått, må tørke før innlukking (eller la være å bruke det...)



Byggefasen – hva gjør vi når det har blitt vått?

- Tørk av trebygninger må skje med forsiktighet.
- Massivtre som blir vått og deretter tørkes vil sprekke – særlig hvis det tørker for fort.
 - Enda en grunn til å holde det tørt i byggefasen!
 - Produsenter: Kun naturlig luftsirkulasjon, ingen varme, helst ikke vifter.



Materialkombinasjoner kan gi hodebry

- Et spesialtilfelle: Trekubber direkte mot betong. (NB: Maks krymp/svelling!)
- Tre til bruk innendørs leveres med fuktinnhold tilpasset inneklima, dvs. svært tørt (rundt 10 vekt-%).
- Krever 60 % RF i borehull i betongen (mot vanligvis strengeste krav på 80 %).
- Ikke lett å oppnå i byggefasen. Vil nås i løpet av de første årene av bruksfasen – men i mellomtida kan gulvet fort ha reist seg.



Byggefasen – fokus på fasade og utvendige detaljer!

- Fasade og utvendige detaljer er viktig, men blir ofte stemoderlig behandlet.
- Moderne bygg: Utfordrende arkitektur, snaue profiler, flate tak. Gir ekstremt høye krav til materialer og utførelse:
 - Gode detaljer – mangler ofte.
 - God kvalitet på materialer (anbefaler kjemisk trebeskyttelse på utsatte flater!).
 - Dyktige håndverkere med fullt fokus, hele dagen hver dag – skal godt gjøres å få til.
- Dette gir konsulenter og advokater fulle ordrebøker – takk takk!



Foto: Johnny Bratseth, Romsdalsmuseets fotoarkiv

KL-tre og byggfukt: Tak

- Etasjeskillere og vegger kan tørke etter at neste etasje er montert, går stort sett bra.
- Tak er den største utfordringen.
 - Tak over tak – mulig å få til?
 - Provisorisk tekking (tildekking med presenninger fungerer dårlig!).
 - Logistikk: Tekking etter hvert som elementene monteres, stående vann fjernes fortløpende. Begrenser vannopptaket i KL-treet.



KL-tre og byggfukt: Festepunkter for innheising

- Må ha gode festepunkter for sikker og presis innheising.
- Freses ned i elementenes overside, danner små bassenger.
- Himlinger skal ofte være synlige, derfor ikke gjennomgående.
- Vannopptak i lengderetning i hvert lag – langt inn i elementene (70 cm målt)
- Tettes etter montering? Dreneres?



KL-tre og byggfukt: Gulv- påstøp rett på dekke



- Gjøres i mange massivtrebygg.
- Ingen kapillærbryter under, skal være forbindelse mellom sjiktene.
- Gjennomtenkt ift statikk, lyd og brann, - men hva med fukt?
- Støpen tilfører vann, men svært basisk; ikke forhold for soppvekst.

KL-tre og byggfukt: Gulv- påstøp rett på dekke

- Kan fort bli stygge skjolder på planet under hvis det regner på massivtredekke med påstøp.
- Oppsug i vegger er heller ikke så vakkert.
- Kan løses med sliping – men det koster tid og penger.
- Vente med påstøp til bygget er tett, og unngå avrenning av vann ved støping og ev. vanning – eller kalkulere med sliping!



Standarder og krav

- **NS 3516** – utførelsesstandard for tre.
- **NS 3514** – fuktsikker bygging.
- Alle prosjekter skal ha fuktsikringsansvarlig og fuktkontrollplan, unntak for mindre prosjekter.
- Fuktmåling gjøres etter NS 3511 og NS 3512.
- Krever et bevisst valg av nivå på værbeskyttelse.
- **BREEAM** – kan hente poeng for fuktsikkerhet. Viser til NS 3511 og 3512 samt byggdetaljblad 474.533: *Byggfukt. Uttørring og forebyggende tiltak.*

Hea 09 - Fuktsikkerhet

BREEAM – VURDERINGSKRITERIER

1 poeng

1. Lage plan for fukthåndtering i prosjekteringsfasen og byggeprosessen.
Planene skal bl.a. omfatte materialfukt, tildekking mot nedbør og kontroll av fukt før montering og innbygging
2. Utarbeide prosjektilpassede sjekklister for fuktsikring i prosjekteringen og byggefasen.
3. Dokumentere kritiske fuktverdier ved produktet.

2 poeng (første poeng er oppnådd, samt):

4. Dokumentere at uttørring av konstruksjoner er foretatt i henhold til metoder anbefalt i Byggdetaljer 474.533.
5. Dokumentere fuktmålinger og metode i henhold til NS 3511 og NS 3512.

Tre poeng (første to poeng må være oppnådd)

6. Bygging under tak (telt) eller andre tilsvarende fuktsikkerhetstiltak.

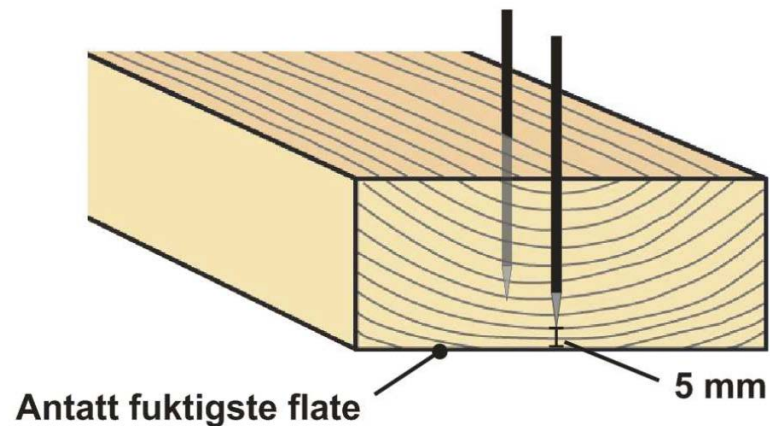
Fuktkontrollplan – krav i NS 3514, 3516 og BREEAM

- NS 3514: Skal minst inkludere:
 - Fuktsikring – plan og organisering
 - Bestilling, lagring og mottak materialer
 - Værbeskyttelse
 - Byggtørking og klimatisering
 - Fuktmåling
 - Håndtering av avvik
- I tillegg kreves fuktsikringsmøter og – runder.
- Mycoteam og andre rådgivere kan bistå med å lage fuktplaner!



Fuktmåling – NS 3512

- Krav til fuktnivå før lukking
- Utstyrskrav
 - Hammerelektrode
 - Isolerte elektroder
 - Kompensering for treslag og temperatur
- Krav til plassering av målepunkter
 - 0,5 cm fra antatt fuktigste flate
- Krav til antall målepunkter
 - Hver 5. meter i bunnsvill (!)
 - Massivtre, elementer mv.: Vurderes i hvert tilfelle.



Figur 2 – Målepunkt

Sperresjikt: De lærde strides

- KL-tre (massivtre): Med eller uten sperresjikt på utvendig side av elementene?
- SINTEF 2011, prosjekt mht sperresjikt i vegg: Må ha sperresjikt for å unngå luftlekkasjer.
- SINTEF 2013, beregning av U-verdier for vegg: Løsning vist og beregnet uten sperresjikt.
- Praksis: Vegger bygges uten sperresjikt, elementskjøter tettes med tape.
- Ser ut til å fungere greit, bygningene oppfyller tetthetskravene i TEK.



Sperresjikt og kompakte tak i KL-tre

- Praktisk erfaring: Svært lave lekkasjetall uten sperresjikt. (Forbehold: Ferdig uttørket til bruksfasenivå ved testing?)
- SINTEF 2008: Alle beregnede løsninger tørka over tid. Dampbrems mer gunstig enn dampsperre ved innbygget byggfukt.
- Praktisk erfaring: Svært vanskelig å tørke tak som har blitt våte hvis det ligger dampbrems eller –sperre oppå.
- Konklusjon?
 - Tørt element: Dampbrems?
 - Vått element: Ikke sperresjikt?



Noen eksempler på oppfølgingssaker i nybygg

- Byggfukt
- Byggefeil med påfølgende fuktskader
 - Fasader
 - Tak
 - Terrasser, balkonger, svalganger



Prosjekterings- /byggefeil: Fasader som ikke funker

- Rekkehusprosjekt nær kysten i Rogaland, flate tak og fasader i Royalimpregnert tre. Ca 5 år gammelt.
- Manglende drenering av inntrengt vann bak kledningen.
- Mangelfullt beslagsarbeid, dårlige detaljer rundt avslutning av beslag.
- Misfarging på fasaden, høy fukt og soppvekst i konstruksjonen i forbindelse med dører og vinduer.



Uheldig prosjektering: Svalganger i KL-tre

- Utkragende svalganger i KL-tre med limtrebjelker i forkant.
- Ingen membran på gangbanen.
- Forsøk på fuktsikring med elastisk fuge i skjøten mellom KL-tre og limtre.
- Virket som vannfelle, omfattende råtesoppskader i massivtredekket og limtrebjelkene i løpet av få år.
- Utbedring: Omfattende utskifting. KL-treet ført helt ut, membran på gangbanen og beslag på bjelken.



Byggfukt: Nedstøpte sviller



- Triple sviller i yttervegg, de to nederste trykkimpregnert og våte ved montering.
- Papp under, over og på utsiden, påstøp inn mot innvendig sidekant.
- Ingen uttørking i nedre to sviller, etter hvert vekst av bakterier og muggsopp.
- Omfattende utskifting av sviller i alle yttervegger.

Byggfukt: Lydvegg i KL-tre

- Lydisolert innervegg, dobbelt KL-tre med innblåst trefiberisolasjon mellom.
- Elementer på svill, påstøp inntil – «kanal» midt i vegg.
- Isolasjon blåst inn før taket var tett – og så kom styrtregnet.
- Trefiberisolasjonen svært våt, måtte fjernes for å få tørket konstruksjonen.
- Muggsopp på sviller inne i hulrommet, måtte tørrisblåses.



Vannskade i bruksfasen – KL-tre

- Drypplekkasje av gråvann i to år, utett kobling til baderomskabin. Påstøp fjernet for kontroll av elementet under.
- Vått minst 4 cm ned i elementet.
- Muggsoppvekst på oversiden av elementet.



Vannskade i bruksfasen – KL-tre

- Muggvekst kun ca 2 mm ned i virket.
- Kabinen ble flyttet, dekket slipt og tørket.
- Kabinen flyttet tilbake, nytt påstøp og belegg.
- Tilsvarende skader i vanlige trebygg: Vanligvis omfattende riving av plate- og isolasjonsmaterialer, tørking og rengjøring av bjelker, sviller og stendere.



Forskningsprosjekt KL-tre – oppfukting og soppvekst

- Samarbeid mellom Mycoteam og Treteknisk.
- Brannskillevegger i 2014, kompakte tak i 2017.
- Uttørkingsforsøk og muggforsøk.
- 1x1 m moduler til uttørking, små moduler til muggforsøk.
- Dobbelt KL-tre med isolasjon mellom, bindingsverk med dobbel gips på begge sider.



Skillevegg: Muggsoppvekst

- Etter en uke var det tydelig etablert muggsoppvekst i bindingsverkselementet, etter to uker var det moderat til rik vekst.
- Etter fire uker var det ikke synlig muggsoppvekst på KL-treelementet, men tapeavtrekk viste sparsom vekst.



Kompakt tak: Muggsoppvekst

- Isolasjonstype svært utslagsgivende for vannopptak.
- Trefiberisolasjon og løs mineralull: Rik vekst allerede første uka i bjelkelag og kantstilt skrudd element, moderat i krysslimt tre.
- Trykkfast mineralull og EPS: Økende muggvekst gjennom forsøket, men aldri mer enn sparsom vekst.
- Noe mer vekst i skrudde elementer enn i krysslimt tre, også mellom lameller.



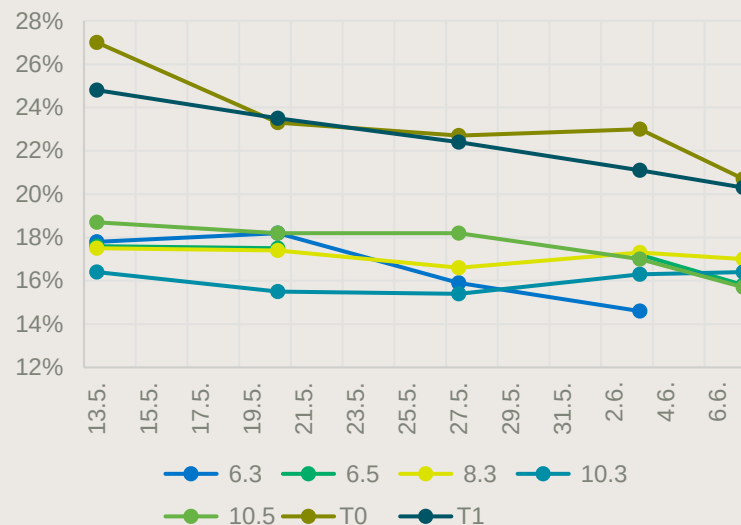
Lærdom fra uttørkingsforsøkene

- Vertikalt krysslimt tre inn mot våt isolasjon går overraskende bra.
- Trolig årsak: Et lite luftsjikt mellom isolasjon og tre. Uten tilførsel av fritt vann tørker elementet raskt i overflaten pga fukttransport innover i treet, lite vann blir tilgjengelig på treoverflaten – dermed lite muggsoppvekst.
- Horisontalt krysslimt tre: Våt isolasjon ned mot treoverflaten gir kontinuerlig tilførsel av fritt vann.
- Dampbrems på oversiden av våt treoverflate hindrer uttørking av elementet – men dersom en dampbrems hindrer oppfukning fra våt isolasjon virker den skadebegrensende (forutsetter at alle gjennomføringer er helt vanntette... Mulig å få til?).

KL-tre – oppfukting av kompakt tak i nybygg

- Veidekkeprosjekt – krysslimt tre som bærende dekke i kompakt, flatt tak.
- Oppfukting grunnet rørbrudd etter at isolasjon og tekking var montert.
- Forsøkt tørket ut med tilførsel av store mengder luft i isolasjonssjiktet.
- Dampbrems mellom massivtre og isolasjon – lite uttørking i massivtreet.
- Etter fjerning av dampbrems tørket dekket ned til 20 % på tre og en halv uke.

Fuktforløp gjennom 3 ½ uke etter åpning



Kompakt tak i KL-tre: Dampbrems eller ikke?

- Veidekkes konklusjon: Dersom tak i krysslimt tre fuktes opp av nedbør før det tekkes, bruker de ikke dampbrems mellom dekket og isolasjonssjiktet.
- Oppfølging med fuktlogging i prosjekt der dekket regnet ned og isolasjon og tekking ble lagt etter svabring har vist jevn nedgang. Målte verdier under 20 vektprosent i løpet av kort tid.
- Trolig vil det fungere godt å bygge i KL-tre uten sperresjikt rett på utsida, jfr. beregninger fra SINTEF i 2007. Krever at elementskjøter og gjennomføringer er lufttette, også over tid. Dette må følges over tid i eksisterende byggeprosjekter – om ti år veit vi mer!
- Sentralt spørsmål: Hvor mye bufrer trevirket i elementene?
- Ønskedrøm: Fuktlogging i et stort antall nybygg i KL-tre!
- SINTEF-prosjekt om massivtre i tak på gang, forhåpentlig veit vi mer om sperresjikt når de har fått litt tid på seg.



Takk for oppmerksomheten – og ta gjerne kontakt!

mari@mycoteam.no

Mycoteam as
Forskningsveien 3b
Postboks 5 Blindern
N-0313 Oslo

www.mycoteam.no