|  |  |
| --- | --- |
|  | NTNU / IVT RAPPORT |
|  | TITEL: |
|  | ***Rapport fra Laboratorieutvalget 2012/2013 Fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi*** |
| **Fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi**  Addresse: Høgskoleringen 6, NTNU  NO-7491 Trondheim  NORWAY  Telephone: +47 73 59 45 01  Fax: +47 73 59 37 90  Enterprise No.: NO 974 767880 MVA |
| FORFATTER(E): |
| Steinar Nordal (leder), Arnfinn Emdal, Morten Grønli,  Terje Jacobsen, Sigbjørn Sangesland, Andreas Echtermeyer, Sverre Steen, Anne Karoline Simonsen, Knut Sørby |
| KUNDE: |
| IVT ved Asbjørn Rolstadås og Ingvald Strømmen |
| ABSTRAKT: | |
| Denne rapporten er strategidokument for utvikling av laboratoriene ved IVT fram mot 2020 og er skrevet av et utvalg oppnevnt av Dekanus. Arbeidet er utført i to deler, første del ble avsluttet med en foreløpig rapport i juni 2011. Arbeidet ble gjenopptatt høsten 2012 på basis av IVT sin nye strategiplan for forskning, kalt "Fagplanen for IVT" vedtatt i 2012. I denne endelige versjon av rapporten er det tatt hensyn til høringsinnspill fra instituttene av januar 2013.  40 % av alle arealene IVT disponerer er knyttet til laboratoriedriften. 22 % av de faste ansatte har sin arbeidsplass i laboratorier og verksteder. Utvalget framhever det potensial som ligger i NTNUs laboratorier og anbefaler at IVTs ledelse satser sterkt på laboratorier som et virkemiddel for å realisere strategiplaner og ambisiøse mål i fagplanen.  NTNU kan nå lengst gjennom å videreutvikle laboratoriene i samarbeid med SINTEF, industri og næringsliv innen et internasjonalt forskernettverk. Skal en satsing på laboratorier lykkes, forutsetter dette at vitenskapelig ansatte identifiserer seg med laboratoriene og eksperimentell forskning. Dette innebærer at instituttkontorer og laboratorier bør ligge i nærheten av hverandre.  Utvalget peker på og rapporterer herved laboratoriebehov for 13 av fagplanens 16 forskningsområder. Nøkkelen til stor forskningsaktivitet i laboratorier er PhD-aktivitet. IVT bør, som del av fagplanen, øke antallet PhD-kandidater ved å utnytte mulighetene i forskningsrådet gjennom SFF, SFI, FME samt EU-programmer og andre forskningsprogrammer i regi av industri og/eller statlige etater. Andel PhD-forskning i laboratoriene bør økes fra 20 % til 30 %. Andel inntektsbringende oppdrag med lite forskning i regi av NTNU er i dag ca. 35 %, men bør begrenses til 20 %. Dette betyr at PhD-stipender må ledsages av følgemidler. IVT bør øke bruken av laboratoriene til undervisning fra 15 % til 20 % ved å legge til rette for selvdrevet studentaktivitet. NTNU og IVT sin ledelse oppfordres til å arbeide for en endring av finansieringskategori for studiet MSc i teknologi slik at denne avspeiler behov for undervisning i laboratorier.  En del laboratorier fremstår i perioder som lite utnyttet. Driften kan effektiviseres og arealene kan utnyttes bedre. Dette krever kapasitet og fokus på laboratorieledelse og teknisk personale. IVT bør, samtidig med at en konsentrerer seg om å fylle dagens laboratoriearealer med aktivitet innen undervisning og forskning, melde seg på i kampen om midler til modernisering ved ombygging og nye bygg.  Fagplanen peker på 4 målområder: Energi, Marin, Infrastruktur og Industriell verdiskapning. Utvalget tillater seg på denne basis å skissere en mulig framtidig inndeling av laboratoriene i 5 større enheter på lang sikt, kanskje 20 år fram i tid. En framtidig organisering må sikre nærhet mellom laboratoriene, vitenskapelig ansatte og studenter. Som et utgangspunkt for utredning og diskusjon kunne enhetene være:   1. a) Laboratorium innen geologi og petroleum – Gløshaugen/Valgrinda  b) Laboratorium innen energi og prosessteknikk – utvikles på basis av dagens EPT lab på Gløshaugen 2. Laboratorium innen marin teknikk – oppfølging av Ocean Space initiativet, Tyholt 3. Laboratorium innen infrastruktur, bygg, vann og miljø, byggkonstruksjon – Lerkendal-Gløshaugen Syd 4. Laboratorium innen konstruksjoner, materialer, design og produksjon – utbygging i Perleporten   Det er en del å hente i samarbeid mellom laboratoriene på IVT basert på informasjon om utstyr og fasiliteter. Det foreslås at det opprettes et koordinerende organ på fakultetsnivå for laboratoriene og verkstedene på IVT. | |

[1 INNLEDNING 8](#_Toc349741138)

[1.1 Utvalgets mandat 8](#_Toc349741139)

[1.2 Utvalgets sammensetning 9](#_Toc349741140)

[2 FØRINGER FOR LABORATORIESTRATEGI VED IVT 10](#_Toc349741141)

[2.1 Strategisk plan NTNU 2011 – 2020: ”Kunnskap for en bedre verden” 10](#_Toc349741142)

[2.2 Strategisk plan for IVT-fakultetet 10](#_Toc349741143)

[2.2.1 Satsing på laboratorier i undervisningen 10](#_Toc349741144)

[2.2.2 Fagplanen - satsing på laboratorier i forskningen. 10](#_Toc349741145)

[2.3 Prioriterte forskningsområder 12](#_Toc349741146)

[3 DAGENS IVT-LABORATORIER 13](#_Toc349741147)

[3.1 Kort oversikt over de ulike laboratoriene ved IVT 13](#_Toc349741148)

[3.2 Laboratorie- og verkstedsarealer 14](#_Toc349741149)

[3.3 Ansatte i IVTs laboratorier og verksteder 16](#_Toc349741150)

[3.4 Bruk av laboratoriene i undervisning og til PhD-forskning 17](#_Toc349741151)

[3.4.1 Emneundervisning 17](#_Toc349741152)

[3.4.2 Prosjekt- og MSc-oppgaver 18](#_Toc349741153)

[3.4.3 Omfang av laboratorierelaterte PhD-oppgaver 18](#_Toc349741154)

[3.5 Oversikt over bruk av ressurser i IVTs laboratorier fordelt på aktiviteter 19](#_Toc349741155)

[3.6 Finansiering av laboratorieundervisning 19](#_Toc349741156)

[3.7 Fellesfunksjoner 21](#_Toc349741157)

[3.7.1 Dagens situasjon vedrørende verksteder 21](#_Toc349741158)

[3.7.2 Instrumentering, elektro og datatjenester 22](#_Toc349741159)

[3.8 Status vedrørende "Perleporten-prosjektet" 22](#_Toc349741160)

[4 HMS 23](#_Toc349741161)

[5 HUSLEIE 25](#_Toc349741162)

[6 SCENARIOER 2021 28](#_Toc349741163)

[6.1 Tre ulike scenarioer 2021 28](#_Toc349741164)

[6.2 Høringsinnspill våren 2011 på scenarioene fra instituttene ved IVT 28](#_Toc349741165)

[7 LABORATORIESTRATEGI 29](#_Toc349741166)

[7.1 Strategi for å øke utnyttelsen av dagens laboratorier 29](#_Toc349741167)

[7.1.1 Måltall for vektlegging av ulike aktiviteter i laboratoriene 30](#_Toc349741168)

[7.1.2 Fellestjenester - mekaniske verksteder 30](#_Toc349741169)

[7.1.3 Fellestjenester - instrumentering, elektro og datatjenester 30](#_Toc349741170)

[7.1.4 Behov for teknisk personale 31](#_Toc349741171)

[7.1.5 Koordinering på tvers av instituttgrenser 31](#_Toc349741172)

[7.2 Tanker om framtidig organisering 31](#_Toc349741173)

[7.2.1 Innspill vedørende Perleporten i relasjon til mulig samling av IPK og IPM 32](#_Toc349741174)

[7.2.2 Bygningstekniske forhold 33](#_Toc349741175)

[8 STRATEGI FOR BRUK AV LABORATORIENE TIL UNDERVISNING 34](#_Toc349741176)

[8.1 Innspill fra undervisningsutvalget ved IVT 34](#_Toc349741177)

[8.2 Innspill fra Studentrådet IVT 34](#_Toc349741178)

[9 STRATEGI FOR BRUK AV LABORATORIENE TIL FORSKNING 36](#_Toc349741179)

[9.1 Metoder for leting etter og utvinning av olje og gass 38](#_Toc349741180)

[9.2 Marine operasjoner og installasjoner i krevende marint miljø 40](#_Toc349741181)

[9.3 Materialer og konstruksjoner utsatt for krevende laster 42](#_Toc349741182)

[9.4 CO2-fangst og -lagring 45](#_Toc349741183)

[9.5 Sikkerhet, risikoanalyse og forebygging av store ulykker 46](#_Toc349741184)

[9.6 Rent vann til Norge og verden 47](#_Toc349741185)

[9.7 Naturgass, olje og biomasse – prosessering, transport og sluttbruk 50](#_Toc349741186)

[9.8 Offshore vindkraft 52](#_Toc349741187)

[9.9 Et bærekraftig og innovativt industrielt Norge 55](#_Toc349741188)

[9.10 Vannkraft til Norge og verden 58](#_Toc349741189)

[9.11 Bærekraftig samfunnsutvikling 60](#_Toc349741190)

[9.12 Metodikk for kartlegging, karakterisering og bærekraftig utvinning av Norges faste mineralressurser på land og på havbunnen 61](#_Toc349741191)

[9.13 Trygge, effektive og miljøriktige transportløsninger på veg, bane og kyst 64](#_Toc349741192)

[9.14 Sikker, miljøvennlig og energieffektiv skipsfart 67](#_Toc349741193)

[9.15 Energieffektive og funksjonelle bygninger 69](#_Toc349741194)

[9.16 Prosjektering, planlegging og ledelse av komplekse prosjekter 72](#_Toc349741195)

[APPENDIX 1 SCENARIO 1: “LABORATORIER I INTERNASJONAL FØRSTEDIVISJON” 1](#_Toc349741196)

[APPENDIX 2 SCENARIO 2: SVENSK: “BEVISST PRIORITERING” 6](#_Toc349741197)

[APPENDIX 3 SCENARIO 3: FORVITRING 9](#_Toc349741198)

**SAMMENDRAG**

Rapporten er et strategidokument for utvikling av laboratoriene ved IVT fram mot 2020. Strategien for laboratoriene er en integrert del av IVT sin strategi for undervisning, forskning, formidling og nyskapning.

IVT har store laboratorier og betydelig laboratorievirksomhet illustrert ved at ca. 40 % av alle arealene som IVT disponerer er knyttet til laboratoriedriften, samt at fast ansatte i laboratorier og verksteder utgjør ca. 22 % av antall fast ansatte ved IVT.

Rapporten framhever det potensial som ligger i NTNUs laboratorier og anbefaler at IVTs ledelse velger å satse sterkt på laboratorier som et virkemiddel for å nå IVT-fakultetets mål om å være internasjonalt fremragende. NTNU bør samtidig sikre sin nasjonale nøkkelposisjon gjennom å kunne tilby Norges beste laboratorier innen de forskningsområder fagplanen ved IVT av juni 2012 har pekt ut. Denne rapporten skisserer konkrete satsinger i laboratoriene for realisering av fagplanen.

Utvalget gjør seg til talsmann for en sterk faglig kobling mellom NTNUs laboratorier og norsk næringsliv. NTNU bør utnytte det potensiale som ligger i samarbeid med SINTEF og andre partnere. Samtidig bør staten bidra sterkt til finansiering av undervisning og grunnforskning. Norge står i finansiell særstilling i Europa og Norge har mulighet til å benytte denne situasjonen til investering for framtiden mellom annet gjennom oppbygging av forskningsinfrastruktur på NTNU. Topp moderne laboratorier med avansert vitenskapelig utstyr vil tiltrekke seg de beste internasjonale samarbeidspartnerne innen forskning. Slik kan laboratoriene på NTNU levere et vesentlig bidrag til arbeidet for en bedre verden. Markedsføring for realisering av en slik visjon er en lederoppgave.

En satsing på laboratorier vil lykkes dersom vitenskapelig ansatte identifiserer seg med laboratoriene og eksperimentell virksomhet. Et viktig tiltak for å oppnå dette er laboratoriefokus ved ansettelser slik at vi har mange i den vitenskapelige staben som vil forske i laboratorier. Nøkkelen videre er økt antall PhD-studenter i laboratoriene.

Dette fordrer økt tilgang på stipend og forskningsmidler. NTNU bør ha ambisjoner om å styrke inngrepet med EU-forskningen, være i tett dialog med NFR, og satse videre på store forskningsprosjekter i laboratoriene gjennom initiativ av typen SFF, SFI, FME. Satsingen krever nært inngrep med industri og næringsliv samt gode internasjonale nettverk innen forskning.

IVT bør bruke sine laboratorier mer i undervisning og i den grad det er praktisk mulig åpne laboratoriene for selvdrevet studentaktivitet. Gjennom økt og riktig bruk av laboratorier i undervisning kan NTNU skape interesse for og fokus på laboratorier på både kort og lang sikt. Studentene må få møte laboratoriene i emner tidlig i studiet og gis mulighet til å velge laboratorieaktiviteter videre fram mot et eksperimentelt prosjekt og en eksperimentell hovedoppgave. Nøkkelen til suksess ligger etter utvalgets mening i å drive undervisning i laboratoriene etter ”gjøre selv” prinsippet fremfor demonstrasjoner i regi av laboratoriepersonalet. Bruk av studentassistenter og PhD-kandidater som laboratorieveiledere gir kapasitet og muligheter.

Utvalget har estimert den tid som benyttes til ulike typer aktiviteter i laboratoriene ved IVT. Det er store lokale variasjoner, men det anslås at mindre enn 5 % benyttes til undervisning i emner, 10 % til assistanse ved MSc og prosjekt i 5. årskurs, 20 % til assistanse ved PhD prosjekter, mens 35 % benyttes til annen forskning og inntektsbringende oppdrag. 30 % er intern tid til vedlikehold, formidling (skolebesøk etc.), fore­fallende arbeid og administrasjon. Utvalget mener at omfanget av undervisningsassistanse i emner, prosjekt og MSc bør økes fra 15 % til minst 20 %. Andelen knyttet til PhD-forskning bør kunne økes til minst 30 %, mens opptil 20 % bør kunne nyttes til relevante inntektsbringende oppdrag. Vedlikehold, formidling, forefallende arbeid, administrasjon samt uspesifisert tid forventes uendret og vil legge beslag på opp mot  
30 %.

Omfattende bruk av laboratoriene i undervisningen er grunnen til at det koster ekstra å utdanne sivilingeniører sammenlignet med utdanning av kandidater uten eksperimentell virksomhet. NTNU bør vise fram laboratoriedelen av utdanningen. Over statsbudsjettet ble NTNU i 2011, gjennom den produksjonsbaserte finansieringsandelen, tildelt kr 48 850 pr. IVT-student mens satsen for en realfagskandidat var kr 65 000, for arkitekter kr 97 000 og for legestudiet kr 127 000 pr. kandidat. Den lave IVT-satsen reflekterer ikke på noen måte det faktiske behov for laboratorier i undervisning på IVT. NTNU og IVT sin ledelse oppfordres til å arbeide for en endring av finansieringskategori for studiet MSc i teknologi.

Det har vært et problem å finansiere drift av mange av IVTs laboratorier, og løsningen har blitt å utføre eksternt finansierte oppdrag fra næringslivet. Utvalget støtter en begrenset andel oppdrag for industri og næringsliv for å sikre driftsmidler, så lenge dette gir relevant næringslivskontakt, erfaring i bruk av utstyr og ikke fortrenger, men fremmer undervisning og forskning. En negativ trend, som har dominert i mange år med hensyn på finansiering av nyinvesteringer og drift, ser ut til å være i ferd med å snu.

Der det er formålstjenlig bør NTNU utvikle, drive og markedsføre sine laboratorier i samarbeid med SINTEF, der NTNU har et særlig ansvar for undervisning og grunnleggende forskning, der NTNU og SINTEF samarbeider innen anvendt forskning og der SINTEF har ansvar for de fleste rent kommersielle prosjektene.

Dersom det er formålstjenlig kan NTNU gjennomføre også rent kommersielle prosjekter.

Ulike organisatoriske løsninger finnes for laboratoriesamarbeid NTNU / SINTEF. Mens eksempelvis MARINTEK drifter laboratorier som eies av NTNU i samarbeid med Institutt for marin teknikk, drifter Institutt for Energi og Prosessteknikk store laboratorieprosjekter for både NTNU og SINTEF. Utvalget anbefaler at en viderefører ulike modeller for organisering og drift av laboratoriene, men NTNU må sørge for en organisering som sikrer tilstrekkelig innflytelse, ønsket utvikling og tilgang til økt bruk av laboratoriene i undervisning og forskning. Utvalget anbefaler at NTNU i stor grad drifter laboratoriene på vegne av fellesskapet. Dette vil kreve økt ledelseskapasitet på NTNU knyttet til laboratorier.

IVT må sikre at gode HMS-rutiner finnes og etterleves i alle sine laboratorier.

Utvalget har utarbeidet tre scenarioer for IVT sine laboratorier i 2021, se vedlegg. Det er ønskelig at NTNU bygger sin laboratoriestrategi på en nøkternt realistisk, men likevel ambisiøs versjon av Scenario (1) **Laboratorier i internasjonal førstedivisjon.** Dette er et optimistisk scenario preget av stor PhD-aktivitet i laboratorier, der vitenskapelig ansatte identifiserer seg med forskning i laboratoriene og tiltrekker seg forskningsprosjekter fra NFR, EU og industri.

Utvalget har diskutert en mulig omorganisering av laboratoriene på IVT uten at innspill vedrørende dette er tilstrekkelig utredet i samråd med de aktuelle fagmiljøene til å komme med konkrete anbefalinger. Utvalget er overbevist om at laboratoriene bør knyttes nær den vitenskapelige virksomheten. Instituttene er den operative enheten for forskning og undervisning og laboratoriene bør ut fra dette ligge direkte under instituttene. I så fall bør en omorganisering/deling/sammenslåing av laboratorier følge en tilhørende omorganisering av instituttene eller omfordeling av ansvar mellom instituttene for ulike fagfelt.

Optimal utnyttelse av eksisterende bygningsmasse må tilstrebes og tjenlige prosesser vil kunne initieres ved innføring av husleie. Likevel må en passe seg for ikke kun å optimalisere innen eksisterende bygningsmasse. Norge er et av de land i Europa der folketallet øker raskest. Sammen med utviklingen innen oljesektoren, innen havbruk og med de krav til infrastruktur dette gir, vil behovet for antall utdannede ingeniører og forskning fra IVT fortsette å øke. På lang sikt blir nåværende bygninger for begrensende og konserverende dersom en sikter mot laboratorier i verdensklasse. Om 30 år ser vi for oss at Gløshaugen har gjennomgått store bygningsmessige endringer. IVT sine strategiske vyer må knyttes opp mot bygningsmessig behov slik at renovering, eventuell flytting til andre bygg eller nye bygg inngår i en helhetlig, langsiktig plan.

Fagplanen peker på 4 målområder: Energi, Marin, Infrastruktur og Industriell Verdiskapning.

Utvalget tror disse målområdene også kan benyttes til å skissere en retning for framtidige satsinger på laboratoriesiden. Utvalget tillater seg derfor å kaste inn følgende om en mulig organisering av laboratoriene i 5 større enheter på lang sikt:

1. (a) Laboratorium innen geologi og petroleum – Gløshaugen/Valgrinda

(b) Laboratorium innen energi og prosessteknikk – utvikles på basis av dagens EPT-lab på Gløshaugen

1. Laboratorium innen marin teknikk – oppfølging av Ocean Space initiativet, Tyholt
2. Laboratorium innen infrastruktur, bygg, vann og miljø, byggkonstruksjoner, Gløshaugen Syd
3. Laboratorium innen konstruksjoner, materialer, design og produksjon – utbygging i Perleporten

Implisitt i dette er en tilsvarende organisering av fakultetets institutter. Dette hindrer ikke en mulig løsning der to institutter samlokaliserer sine laboratorier i en koordinert, tung IVT-satsing, på samme måte som NTNU/SINTEF i dag har parallell virksomhet i felles laboratorieareal. Videre bearbeiding forutsetter prosesser der SINTEF er involvert. I noen tilfeller er det naturlig med delte løsninger.

Det foreslås at det opprettes et koordinerende organ på fakultetsnivå for laboratoriene og verkstedene på IVT. Koodineringsorganet skal bidra til optimal utnyttelse av kompetansen innenfor mekaniske verksteder, innenfor instrumentering og forsøkskjøring (maskiner, personell etc.), erfaringsoverføring, bidra til synliggjøring samt å sikre god HMS-praksis. Det er et sterkt behov for informasjon om fasiliteter og utstyr og kompetanse på tvers av instituttgrensene. Utvalget foreslår at IVT sine laboratorier, utstyr og kompetanse vises fram gjennom oppdaterte nettsider koblet til en database for enkel utstyrsoversikt, slik at en lett kan finne hvilket utstyr som er tilgjengelig og hvor.

Utvalget har vurdert behovet for og organiseringen av de mekaniske verkstedene ved IVT. I dag er flere små verksteder nedlagt eller slått sammen og antall verkstedsansatte ved IVT er redusert sammenlignet med situasjonen for 10 – 20 år siden. Det tette samarbeidet med SINTEF er fremtredende vedrørende verksteder, og verkstedstjenester kan ikke vurderes uten å se på helheten.

Utvalget ser at laboratorievirksomheten, gjennom oppbygging, drift og vedlikehold av ulike forskningsrigger, krever nær tilgang på verkstedstjenester. Større laboratorier ved IVT bør derfor fortsatt ha mekaniske verksteder og kompetanse som en integrert del av laboratoriet. Utvalget mener en eventuell samling av verkstedstjenestene på IVT (eventuelt på Gløshaugen) til et felles verksted ikke vil fungere. IVT har flere godt utstyrte verksteder som kan tilby spesielle, avanserte verkstedtjenester til IVTs laboratorier. Det er et dilemma at enkelte laboratorier ved IVT likevel benytter eksterne verkstedstjenester og det er et mål at bedre koordinering av verkstedene kan gi bedre utnyttelse av IVTs egne verkstedressurser.

Utvalget ser et spesielt behov for kontakt mellom de som arbeider med instrumentering og forsøksstyring slik at en kan få mer ensartede systemer, som også kan beherskes av PhD kandidater og andre. Et initiativ bør tas i denne sammenheng.

I kapittel 9 av denne rapporten presenterer utvalget laboratoriebehov for 13 ut av de 16 forskningsområder som er prioritert i Fagplanen for IVT av juni 2012. De 16 områdene er:

1. Nye metoder for å finne mer olje og gass og utvinne mer fra eksisterende reservoarer
2. Marine operasjoner og installasjoner i krevende marint miljø
3. Materialer og konstruksjoner
4. CO2 fangst og lagring
5. Sikkerhet, risikoanalyse og forebygging av store ulykker
6. Rent vann til Norge og verden
7. Naturgass og olje – prosessering, transport og sluttbruk
8. Offshore vindenergi
9. Bærekraftig og innovativt industrielt Norge
10. Vannkraft til Norge og verden
11. Bærekraftig samfunnsutvikling
12. Metodikk for kartlegging, karakterisering og bærekraftig utvinning av Norges faste mineralressurser på land og på havbunnen
13. Trygge, effektive og miljøriktige transportløsninger på vei, bane og kyst
14. Sikker, miljøvennlig og effektiv skipsfart
15. Energieffektive og funksjonelle bygninger
16. Prosjektering, planlegging og ledelse av komplekse prosjekter

Laboratoriebehov innen område 5,11 og 16 (her markert i lys grått) er ikke prioritert av utvalget. For de andre områdene er nødvendige laboratorier for forskning listet opp og kort beskrevet i lys av fagplanens prioriteringer. Siden arbeidet med realiseringen av fagplanens ambisjoner er i startgropen og områdekoordinatorene nettopp er utnevnt, nøler mange fagmiljøer med å prioritere mellom ulike delaktiviteter og med å angi detaljerte behov for ressurser og utstyr. Dette fører til at beskrivelsene av behov på noen områder er på et overordnet nivå. Der det ikke er tvil er utstyrsbehov i noen grad angitt.

Utvalget ønsker at oppfølgingen av denne innstillingen skjer på to nivåer:

1. Øke utnyttelsen av laboratorier - det bør først og fremst fokuseres på å fylle dagens laboratoriearealer med aktivitet innen undervisning og forskning i tråd med forslagene i denne rapporten.
2. Etablere og forankre overordnede vyer om framtidig lokalisering og organisering av IVT sine laboratorier.

Det er viktig å legge føringer på nivå 2 så tidlig og så veldefinert at den løpende utvikling på nivå 1 underbygger en langsiktig strategi og utvikling.

# INNLEDNING

## Utvalgets mandat

Fra IVTs ledelse:

*"Utvalget skal vurdere laboratoriesituasjonen ved IVT-fakultetet og fremme forslag til en strategi for utvikling av laboratorier for utdanning og forskning ved IVT.*

*Utvalget skal med utgangspunkt i eksisterende laboratorier og bygningsmasse, eksisterende planer for campusutvikling samt det behov for forskning og utdanning som forventes å eksistere i år 2020 utarbeide et scenario for hvilke laboratorier IVT har på dette tidspunkt, hva slag nøkkelutstyr de inneholder og hvordan de anvendes internt og eksternt. Scenariet kan gjerne være tredelt med en optimistisk, realistisk og pessimistisk profil. Det skal også basere seg på de planer for fremtidens studier som er under utvikling ved fakultetet samt ta i betraktning det arbeid som gjøres i ”perleportprosjektet”, det forprosjektet for infrastruktur for lavenergi bygninger som Forskningsrådet finansierer samt den prosess som skjer i forhold til videreutvikling av de marintekniske laboratorier. IVT-fakultetet arbeider med en strategiplan for 2011 – 2015 hvor ett av elementene er utarbeidelse av nye fagplaner for forskning. Utvalget skal koordinere sitt arbeid med scenarier med dette strategiarbeidet.*

*På grunnlag av det realistiske scenariet samt høringsuttalelser som fakultetet vil innhente skal utvalget komme med et forslag til en revidert langtidsplan for investering i vitenskapelig utstyr og infrastruktur for perioden 2011 – 2020. Behovene skal prioriteres. Det skal tas hensyn til samfunnsbehov for forskning innenfor antatt viktige områder i forhold norske og europeiske planer.*

*I tillegg skal utvalget gjøre en vurdering av følgende forhold:*

* *Organisering og drift av laboratoriene – hvilke endringer bør iverksettes for å få til en mest mulig effektiv drift og utnyttelse av laboratoriene? Er det behov for endringer i lokalisering, bemanning og organisatorisk tilknytning?*
* *Hvordan laboratoriene skal benyttes – hvilke tjenester skal tilbys til næringsliv og samfunnet for øvrig og hva slags samspill skal vi ha internt og eksternt? Samarbeidet med SINTEF skal vurderes spesielt.*
* *Finansiering av laboratoriene – hvordan skal virksomheten finansieres (investering og drift) gjennom egne midler og oppdragsinntekter?*
* *Fellestjenester – er det behov for fellestjenester, f. eks. i form av sentralverksted eller administrativ støtte?"*

Følgende tillegg til mandatet er formidlet fra fakultetet sommeren 2012:

"*Laboratorieutvalget leverte en foreløpig innstilling fra sitt arbeid 24. juni 2011. Denne var basert på en utarbeidelse av tre scenarioer som ble levert 1. februar 2011 samt de høringsuttalelser fakultetet mottok fra instituttene. Den foreløpige rapporten utgjør et strategidokument for utvikling av laboratoriene ved IVT fram mot 2020. Den gir ingen anbefalinger på prioriteringer mellom IVT sine ulike fagområder eller vedrørende utstyr. Utvalget uttrykte at disse må komme som et resultat av fagplanarbeidet som nå er ferdigstilt. Laboratorieutvalget bes om å fullføre rapporten og levere sin endelige innstilling. Vi ser for oss at denne fortsatt ikke inneholder en prioritert liste over investeringsobjekter, men utgjør et revidert strategisk dokument.* **"**

## Utvalgets sammensetning

Utvalget er oppnevnt av IVT fakultetet ved Dekanus Ingvald Strømmen:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Andreas Echtermeyer | Professor | IPM - Institutt for produktutvikling og materialer |
| Arnfinn Emdal | Amanuensis | BAT - Institutt for bygg anlegg og transport, - Geoteknikk |
| Morten Grønli | Sjefsingeniør | EPT - Institutt for energi- og prosessteknikk |
| Jan Terje Hakvåg | Avdelingsingeniør | IPK - Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk |
| Terje Jacobsen | Forskningsdirektør | SINTEF Byggforsk |
| Steinar Nordal (leder) | Professor | BAT - Institutt for bygg anlegg og transport, - Geoteknikk |
| Sigbjørn Sangesland | Professor | IPT - Institutt for petroleumsteknologi og anvendt geofysikk |
| Anne Karoline Simonsen | Senioringeniør | NTNU Økonomi og Eiendom |
| Sverre Steen | Professor | IMT - Institutt for marin teknikk, - Marine konstruksjoner |

Jan Terje Hakvåg døde sommeren 2012. Nytt medlem fra august 2012 er:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Knut Sørby | Professor | IPK - Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk |

# FØRINGER FOR LABORATORIESTRATEGI VED IVT

## Strategisk plan NTNU 2011 – 2020: ”Kunnskap for en bedre verden”

NTNU sin strategiske plan, "Kunnskap for en bedre verden", har en ambisiøs undertittel: "NTNU – internasjonalt fremragende". Laboratoriestrategien til IVT-fakultetet tar spesielt tak i følgende mål i NTNU sin strategiske plan: ”*NTNU har førsteklasses laboratorier og infrastruktur for forskning og utdanning*”.

## Strategisk plan for IVT-fakultetet

I planperioden 2012 – 2020 er det overordnete forskningsmålet for IVT:

*"Sikre Norges bærekraft som et velutviklet, konkurransedyktig samfunn hvor det er godt å leve. Gjennom dette vil IVT bidra med kunnskap for en bedre verden."*

### Satsing på laboratorier i undervisningen

IVT sin strategiplan av 2010 uttrykker at fakultetet ønsker å satse på bruk av laboratorier i undervisningen. ”*Gode og effektive* ***læringsformer bl.a. med økning av laboratorie- og feltbasert undervisning*** *skal utvikles. …. Et meget viktig område er* ***undervisning som støttes av fysiske eksperimenter i laboratorier og av undersøkelser i felt****. Her er det både snakk om utstyr og fysisk nærhet mellom hensiktsmessige undervisningsrom og undervisningslaboratorier. Denne koplingen mellom undervisningsrom og laboratorier gir mulighet til god bearbeiding av sammenhengen og nødvendigheten av eksperimenter knyttet til teoretiske modeller.”*

### Fagplanen - satsing på laboratorier i forskningen.

Fagplanens prioriteringer stiller opp ambisiøse mål for forskning og forutsetter konkret satsing i laboratorier. Fagplanen setter opp fire hovedmål for de strategiske satsingene ved IVT, Figur 1:

Ingeniørvitenskap og teknologi for bærekraft og nyskaping

Figur 1 Overordnede forskningsmål

**1: Sikrere, renere og effektiv energi (Energi)**

Norge er en stormakt på energi og vårt næringsliv og våre eksportinntekter er nært knyttet til dette. Samtidig er det et dilemma at verdens avhengighet av fossil, karbonbasert energi skaper globale klimaendringer. IVTs kompetanse skal brukes til å løse og/eller minske disse utfordringene langs hele verdikjeden for å fremskaffe, distribuere og bruke energi.

**2. Funksjonell og bærekraftig infrastruktur og bygget miljø. (Infrastruktur/bygget miljø)**

Deler av Norges infrastruktur trenger en kraftig rehabilitering og/eller fornying. Fornybare energikilder stiller nye krav til kompetanse og utbygging, og klimaendringer stiller nye krav til våre bygninger og infrastruktur. Dette krever ny kunnskap og innovative løsninger. IVTs kompetanse og fagområder er helt grunnleggende for å løse disse utfordringene.

**3. Større verdiskaping i Norge basert på kompetanse og naturressurser (Verdiskaping)**

Det norske samfunnet er avhengig av en bærekraftig verdiskaping, og industrien er ryggraden i denne verdiskapingen. Utvikling og utnytting av teknologi for å utvikle, produsere og levere produkter og tjenester, basert på våre naturgitte og kompetansemessige forutsetninger må prioriteres. Fremtidens produkter, produksjonssystemer, verdikjeder og infrastruktur må møte kravene til bærekraft og konkurranseevne, og prosesser og produkter må effektiviseres og støttes av intelligente systemer.

**4. Sikre Norges posisjon som verdensledende i havrommet (Havrommet)**

Norge forvalter store havområder og er internasjonalt anerkjent som en kompetent og konkurransedyktig forvalter. 70 % av klodens overflate er hav, og ressursene i havet og sjøtransport blir stadig viktigere etter som verdens befolkning vokser. Den norske maritime klyngen er unik, vi er verdensledende på offshore olje og gassvirksomhet og på havbruk og fiske. Denne posisjonen skal vi bygge videre på. Norge skal være best i verden til å utforske, utnytte og forvalte “Den blå planeten”.

IVT er i 2012 vertskap for, eller deltaker i til sammen 14 forskningssentra av typen SFF, SFI og FME. Disse skal fullføres i planperioden, og nye strategiske satsninger skal koordineres med eller bygge videre på disse, se Tabell 1. Et nytt SFF senter starter opp på IVT den 1. januar 2013 innen marin teknikk: AMOS - Centre for Autonomous Marine Operations and Systems.

Tabell 1 Oversikt over sentra hvor IVT er involvert pr 01.04.2012

|  |  |
| --- | --- |
| **Senter (-utløpsår)** | **Full tittel og lenke til nettside** |
| SFF CeSOS (-2012) | Center for Ships and Ocean Structures \* |
| SFF Geohazards (-2012) | International Center for Geohazards |
| SFF CBC (-2017) | Center for Biomedical Computing |
| SFI IO-Center (-2014) | Integrated Operations in Petroleum \* |
| SFI Norman (-2014) | Norwegian Manufacturing Future |
| SFI Coin (-2014) | Concrete Innovation Center \* |
| SFI SIMLab (-2014) | Structural Impact Laboratory |
| SFI Create (-2014) | Aquaculture Technology |
| SFI FACE (-2014) | Multiphase Flow Assurance Innovation Center |
| FME Nowitech (-2017) | Norwegian Research Center for Offshore Wind Technology |
| FME BIGCCS (-2017) | International Carbon Capture and Storage Research Center |
| FME Cedren (-2017) | Center for Environmental design of Renewable Energy |
| FME ZEB (-2017) | Zero Emmission Buildings |
| FME Cenbio (-2017) | Bioenergy Innovation Center |
| FME CenSES (-2017) | Center for Sustainable Energy Studies |
| SFI SAMCOT (-2019) | Sustainable Arctic and Marine Coastal Technology \* |
| SFI SBBU (-2019) | Drilling and Wells for Improved Recovery |

\* IVT er vertsfakultet

## Prioriterte forskningsområder

Fagplanen identifiserer 16 forskningsområder hvor IVT i dag har en klar styrke eller strategisk interesse av å satse. Disse er kategorisert i tre grupper ut fra situasjonen i 2012:

* *Excellence*: forskningsområder hvor IVT i 2012 har internasjonalt ledende faggrupper, basert på internasjonal uavhengig evaluering, Tabell 2.
* *Styrkeområd*e: Forskningsområder hvor IVT i 2012 har styrke gjennom internasjonalt anerkjente og nasjonalt ledende faggrupper, Tabell 3.
* *Utviklingsområde*: strategisk viktige forskningsområder hvor IVT har internasjonalt gode faggrupper med utviklingspotensial innenfor nasjonalt viktige områder, Tabell 4.

Tabell 2 De fem excellente forskningsområdene. Mål: Forsvare sin posisjon i verdensklasse.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nr** | **Forskningsområde** | **Sentrale faggrupper ved IVT** | **Forsknings-mål** | **Ansvarlig koordinator** |
| 1 | Nye metoder for å finne mer olje og gass og utvinne mer fra eksisterende reservoarer | Petroleumsteknologi og anvendt geo­fysikk  Petroleumsgeologi | Energi | Jon Kleppe (IPT) |
| 2 | Marine operasjoner og installasjoner i krevende marint miljø | Marine konstruksjoner,  Marin byggteknikk | Havrommet | Asgeir Sørensen (IMT)  Nestleder Knut Høyland (BAT) |
| 3 | Materialer og konstruksjoner | SIMLab, marine konstruksjoner, Materialer, konstruksjonsteknikk | Teknologi/ system | Andreas Echtermeyer (IPM) |
| 4 | CO2 fangst og lagring | Termisk energi, Petroleumsteknologi og anvendt geo­fysikk, Ingeniørgeologi | Energi | Leder Sverre Quale (EPT) |
| 5 | Sikkerhet, risikoanalyse og forebygging av store ulykker | RAMS | Teknologi/ system | Leder Stein Haugen (IPK) |

Tabell 3 De seks utvalgte styrkeområdene. Mål: Gjøre sterke miljøer fremragende

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nr** | **Forskningsområde** | **Sentrale faggrupper ved IVT** | **Forskningsmål** | **Ansvarlig koordinator** |
| 6 | Rent vann til Norge og verden | Vann og avløpsteknikk | Infrastruktur/  bygget miljø | Sveinung Sægrov (IVM) |
| 7 | Naturgass og olje – prosessering, transport og sluttbruk | Termisk energi, strømningsteknikk, industriell prosessteknikk | Energi | Ole Jørgen Nydal (EPT) |
| 8 | Offshore vindenergi | Marine konstruksjoner, marin bygg­teknikk, geoteknikk, strømningsteknikk | Energi | Olav Bolland (EPT)  Nestleder Michael Musculus (BAT) |
| 9 | Bærekraftig og innovativt industrielt Norge | Produksjonsledelse, produktdesign, produktutvikling, produksjonssystemer | Verdiskaping | Jan Ola Strandhagen ( IPK)  Nestleder Torgeir Welo ( IPM) |
| 10 | Vannkraft til Norge og verden | Vassdragsteknikk, Strømningsteknikk | Energi | Leder Nils Ruther (IVM)  Torbjørn Nielsen (EPT) |
| 11 | Bærekraftig samfunnsutvikling | Industriell økologi | Teknologi/system | Leder Edgar Hertwich (EPT) |

Tabell 4 De fem utvalgte utviklingsområdene. Mål: Gjøre gode miljøer sterkere

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nr** | **Forskningsområde** | **Sentrale faggrupper ved IVT** | **Forsknings-mål** | **Ansvarlig koordinator** |
| 12 | Metodikk for kartlegging, karakterisering og bærekraftig utvinning av Norges faste mineralressurser på land og på havbunnen | Geologi, Mineralutvinning og HMS, Ingeniørgeologi, Marine systemer, marine strukturer, Petroleumsteknologi og anvendt geofysikk | Verdiskaping | Mai Brit Mørk IGB) |
| 13 | Trygge, effektive og miljøriktige transportløsninger på vei, bane og kyst | Veg og transport, betong, konstruksjons-mekanikk, geologi, geoteknikk, bygg og anleggsteknikk, marin byggteknikk, geomatikk | Infrastruktur/ bygget miljø | Inge Hoff (BAT)  Nestleder Jochen Køhler (KT) |
| 14 | Sikker, miljøvennlig og effektiv skipsfart | Marine systemer, termisk energi, RAMS, Marine konstruksjoner | Havrommet | Bjørn Egil Asbjørnslett ( IMT) |
| 15 | Energieffektive og funksjonelle bygninger | Energiforsyning og klimatisering av bygninger, Bygg og anleggsteknikk, | Infrastruktur/bygget miljø | Stig Geving(BAT)  Nestleder Hans Martin Mathisen (EPT) |
| 16 | Prosjektering, planlegging og ledelse av komplekse prosjekter | Bygg og anleggsteknikk, Prosjekt- og kvalitetsledelse | Teknologi/  system | Bjørn Andersen ( IPK)  Nestleder Olav Torp (BAT) |

# DAGENS IVT-LABORATORIER

## Kort oversikt over de ulike laboratoriene ved IVT

IVT fakultetet består av 10 institutter som alle har laboratorier slik det fremgår av Tabell 5.

Tabell 5 IVT-fakultetets laboratorier med stikkord som indikerer virksomheten

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Institutt** | **Fork.** | **Laboratorium / virksomhet i laboratorium** | **Lokalisering** |
| Bygg, anlegg og transport | BAT | Vegteknikk, Kjøresimulator, Byggetekniske laboratorier, Geoteknikk, Islaboratorium, Kyst og havnelaboratorium (Valgrinda) , - SINTEF Byggforsk | GLØS /VALGR |
| Energi og prosessteknikk | EPT | 11 dellaboratorier innen samlebetegnelsene: Varmeteknisk, Strømningsteknisk, Vannkraft, SINTEF Energi | GLØS |
| Geologi og bergteknikk | IGB | Mineralogi, Oppredning, Ingeniørgeologi, Bergmekanikk  - SINTEF G&B | GLØS |
| Konstruksjonsteknikk | KT | Tunglab, Betonglab, Tre, Dynamikk, SIMLab  - SINTEF Materialer og kjemi | GLØS |
| Marin teknikk | IMT | Havbasseng, Slepetank, Kavitasjon, Konstruksjon, Maskineri - SINTEF Marintek | TYHOLT |
| Petroleumsteknologi og anvendt geofysikk | IPT | Bore og produksjonslaboratorium (hall), Reservoarlaboratorium | VALGR |
| Produktdesign | IPD | Designlaboratorium, modellverksted – Samarbeid Arkitekt | GLØS |
| Produksjons og  kvalitetsteknikk | IPK | Verktøymaskiner, Robotteknologi og automatisering, Verkstedteknisk måleteknikk. Datamaskinassistert produksjon  - SINTEF Teknologiledelse | VALGR |
| Produktutvikling og  materialer | IPM | Produktutvikling og realisering. Forming av metaller, Kompositter og polymerer, konstruksjonsintegritet  - SINTEF Materialer og kjemi | GLØS |
| Vann og miljøteknikk | IVM | Membranlaboratorium , Vannanalyselaboratorium , Vassdragslaboratorium , Avløpsvannrensing, Feltstasjoner  - SINTEF Byggforsk | VALGR |

IVT fakultetet har en omfattende og variert virksomhet i laboratoriene. Virksomheten kan deles i:

* Undervisningsvirksomhet
* Forskning inklusive PhD-forskning
* Oppdragsvirksomhet
* Formidling

Flere laboratorier ved IVT er drevet i et nært samarbeid med SINTEF. Samarbeidets omfang og organisering varierer betydelig fra institutt til institutt. Eksempelvis driftes de Marintekniske laboratoriene på Tyholt av SINTEF for både NTNU og SINTEF, mens laboratoriet på EPT driftes av NTNU for både SINTEF og NTNU.

Enkelte institutter har laboratorier som har sitt utspring i faggrupper ved instituttet og organisasjonsformen kan der variere fra faggruppe til faggruppe, som til eksempel på BAT, hvor deler av laboratoriet driftes av NTNU og andre deler eies og driftes av SINTEF.

De fleste av IVT sine laboratorier har mekaniske verksteder integrert i laboratoriet eller separat. Flere laboratorier har ansatte som driver med instrumentering, forsøksstyring og datainnsamling.

## Laboratorie- og verkstedsarealer

Omfanget av laboratorievirksomheten reflekteres i noen grad av laboratorie- og verkstedsarealene. IVT-fakultetet har sammen med NT-fakultetet de klart største laboratorie- og verkstedsarealene ved NTNU, slik det fremgår av Figur 2. Mens NT-fakultetet har ca. 35 000 m2 har IVT ca. 30 000 m2 når en summerer brutto areal i databasen Lydia under betegnelsene laboratorier/spesialrom, verksteder og studentlaboratorier. Stolpene i Figur 2 angir de laboratoriearealene som disponeres av NTNU mens arealer disponert av SINTEF alene er ikke tatt med. Flere arealer er fordelt prosentvis mellom NTNU og SINTEF og NTNU sin andel er da regnet med. Relevante arealer disponert av SINTEF alene er vist i Figur 5.



Figur 2 Oversikt over laboratoriearealer ved NTNU fordelt på fakulteter (fra Lydia 2011)

Variasjonen i laboratoriearealer mellom IVT-fakultetets institutter er stor, slik det framgår av Figur 3. Forkortet instituttbetegnelse er forklart i Tabell 5. Betegnelsen laboratorieareal er i denne figuren nyttet som en samlebetegnelse på kategoriene laboratorier/spesialrom og studentlaboratorier. Mens EPT har de klart største laboratoriearealene, ca. 8 000 m2, følger BAT, KT og IMT med ca. 4 000 m2, som gitt av de grønne stolpene.

IPK definerer sitt verksted som et laboratorium siden det forskes mellom annet på verktøymaskiner, og fremstår derfor i dette diagrammet uten verksted.



Figur 3 Oversikt over laboratorie- og verkstedsarealer ved IVT fordelt på institutt (fra Lydia 2011)



Figur 4 Arealer disponert av IVT fakultetet, (fra Lydia 2011)

Figur 4 viser oversikt over alle IVT fakultetets arealer, som i sum er 89 452 m2. Laboratorier/spesialrom og verksteder samt studentlaboratorier ved IVT utgjør i 2011 til sammen   
(24 087 + 3 727 + 2 700) m2 =30 514 m2. Videre kan det trolig antas at minst 50 % av lagerarealet er knyttet til laboratoriedriften. Det legges derfor til et lagerrelatert ”labareal” på (8 416)/2 = 4 208 m2, totalt gir dette 34 722 m2.

IVT sine arealer knyttet til laboratorievirksomheten kan dermed oppsummeres til:   
(34 722) / (89 452) = 39 % eller altså ca. 40 %, noe som understreker hvor omfattende laboratorievirksomheten er ved IVT fakultetet.



Figur 5 Oversikt over laboratoriearealer registrert på SINTEF og NTNU fordelt på IVT institutt (fra Lydia 2012)

Figur 5 viser laboratoriearealer ved IVT sammenholdt med laboratoriearealer registrert på beslektede SINTEF avdelinger, fordelt etter beste skjønn på IVT sine institutter ut fra lokalisering og type aktivitet. Framstillingen er nyttig for å illustrere at laboratoriene ved IVT ikke kan vurderes uten å se på de beslektede SINTEF laboratorier siden tjenester i stor grad utveksles mellom disse.

## Ansatte i IVTs laboratorier og verksteder

Tabell 6 viser at IVT fakultetet ved årsskiftet 2010-2011 hadde 76 faste fulltids stillinger i laboratorier og verksteder, hvorav 24 primært arbeider i verksteder. Databasen for statistikk om høgre utdanning (DBH) opererer med begrepet ansatte i støttestillinger. De laboratorie- og verkstedansatte tilhører i hovedsak denne gruppen, men i støttestillinger regnes også inn datastøtte. Antall faste ansatte i IVTs laboratorier og verksteder er illustrert grafisk i Figur 6, som også viser antall lærlinger. EPT dominerer antall lærlinger med 9 av 11.

En kan legge merke til at de ansatte i laboratorier og verksteder utgjør 75,9/340,8 = 22 % av antall faste ansatte ved IVT og 75,9 / 181,3 = 42 % i forhold til antall ansatte i faste undervisningsstillinger, og 75,9 /(340,8 + 487) = 9 % av summen av fast antall ansatte og registrerte PhD-kandidater.

Tabell 6 Antall ansatte på IVT fakultetet. Tall fra Database for statistikk om høgre utdanning, (DBH) april 2011 i hvite felt til venstre. Tall fra IVT fakultetet og instituttene i skraverte felt til høyre, desember 2010.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Institutt*** | ***Totalt faste*** | ***Adm*** | ***Undervisn*** | ***Støtte*** | ***Registrerte PhD kand*** | ***Lab & Verksted*** | ***Verksted*** |
| Institutt for bygg, anlegg og transport | 46,6 | 5,5 | 29,6 | 11,5 | 62 | 12 | 4 |
| Institutt for energi- og prosessteknikk | 58,7 | 11,5 | 28,8 | 18,4 | 97 | 20,4 | 8,4 |
| Institutt for geologi og bergteknikk | 27,2 | 4 | 16,2 | 7 | 15 | 7 | 0 |
| Institutt for konstruksjonsteknikk | 37,6 | 5,6 | 21,5 | 10,5 | 42 | 9 | 1 |
| Institutt for marin teknikk | 41 | 6,4 | 22 | 12,6 | 94 | 11 | 3,5 |
| Institutt for petroleumstekn. og anvendt geofysikk | 28,1 | 4,6 | 16,5 | 7 | 61 | 5 | 3 |
| Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk | 20,8 | 3,8 | 13 | 4 | 37 | 3 | 2 |
| Institutt for produktdesign | 10,5 | 0,5 | 8 | 2 | 13 | 1,5 | 0 |
| Institutt for produktutvikling og materialer | 23,8 | 4,8 | 14 | 5 | 33 | 3 | 1 |
| Institutt for vann- og miljøteknikk | 16,5 | 2,8 | 10,7 | 3 | 33 | 4 | 1 |
| Fakultetsadminstrasjonen | 30 | 25 | 1 | 4 |  | 0 | 0 |
| TOTALT IVT - ansatte | 340,8 | 74,5 | 181,3 | 85 | 487 | **75,9** | **23,9** |



Figur 6 Antall ansatte i IVT sine laboratorier og verksteder ved årsskiftet 2010-2011, basert på tall fra IVT fakultetets administrasjon og instituttene

## Bruk av laboratoriene i undervisning og til PhD-forskning

### Emneundervisning

Undervisning i laboratoriene kan deles i to kategorier, (1) Emnerelatert undervisning i laboratoriene, (2) Utførelse av prosjekt og hovedoppgave i laboratoriene. Laboratorieaktivitet knyttet til PhD regnes som forskning og ikke undervisning. Undervisningsutvalget har innhentet informasjon fra instituttene om omfanget på emnerelatert undervisning i laboratoriene ved IVT, Tabell 7. Totalt er det rapportert 81430 studenttimer når feltundervisning, ekskursjoner og undervisning i datalaboratorier ikke er med.

Tabell 7 Antall studenttimeverk i laboratorium og felt ved IVT i 2010,  
(Tall fra Undervisningsutvalget IVT ved Svein Remseth, 2011)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Institutt** | **lab** | **felt** | **totalt lab & felt** |
| BAT | 7362 | 250 | 7612 |
| EPT | 4704 |  | 4704 |
| IGB | 9954 | 14413 | 24367 |
| KT | 7695 |  | 7695 |
| IMT | 7470 |  | 7470 |
| IPD | 17635 |  | 17635 |
| IPK | 8456 |  | 8456 |
| IPM | 14000(\*) |  | 14000(\*) |
| IPT | 1110 | 1024 | 2134 |
| IVM | 3044 | 2303 | 5347 |
| **sum** | **81430** | **17990** | **99420** |

(\*) For IPM manglet korrekte tall for 2010 slik at der er tall for 2011/2012 formidlet av Knut Sørby i dialog med IPM

Antall registrerte studenter ved IVT i 1. til 4. klasse er 2 376 for 2010/11, (<http://dbh.nsd.uib.no/>). Hver student mottar etter dette (81430)/(2 376) = 34 timer emnerelatert laboratorieundervisning pr. år. Ser vi dette i relasjon til antall undervisningstimer tilbudt pr. år, får vi en prosentandel laboratorie- og feltrelatert undervisning: (34 timer/år) / (5 timer/uke/emne ∙ 8 emner ∙ 14 uker) = 34/560 = 6 %, dvs. at 6 % av dagens emneundervisning er laboratorierelatert. Utvalget vurderer tallmaterialet som noe usikkert. Stikkprøver viser at verifisering vil kreve intervju med hver enkelt faglærer (eller student) fremfor en passiv innrapportering. Det er sterk grunn til å tro at vi har en viss overrapportering. Utvalget velger derfor å estimere det faktiske omfanget til ca. 5 %. Med ca. 5 % emnerelatert laboratorieundervisning, så er likevel dette, etter utvalgets oppfatning, relativt bra, men tallet bør kunne økes noe. Emnerelatert undervisning i laboratoriene krever tilrettelegging og assistanse fra ansatte. Omfanget på assistansen er estimert som følger: Det antas at gruppeundervisning med 5 studenter pr. gruppe i 2 timers lange laboratorieøvinger og en times innsats fra laboratoriepersonell pr. gruppe og øving tilsier bruk av (81430) / (2\*5) = 8134 timer innsats fra laboratoriestaben pr. år. En ansatt i laboratoriet har ca. 1 700 arbeidstimer pr. år. Med 76 ansatte i laboratorier vil den emnerelaterte assistansen utgjøre (8143) / (76\*1 700) = 6 % av de ansattes totale tid. Gitt usikkerheten i tallmaterialet illustrerer tallene at omfanget av ressursbruken inn mot emnerelatert undervisning i laboratoriene ved IVT er i størrelsesorden 5 %.

Oppsummert gir dette at studentene benytter i størrelsesorden 5 % av sin undervisningstid i laboratorium. De laboratorieansatte benytter i størrelsesorden 5 % av sin tid til å bistå i gjennomføring av undervisningen.

### Prosjekt- og MSc-oppgaver

IVT-fakultetet produserte i årene 2007 til 2011 i gjennomsnitt 525 MSc-kandidater pr. år, (<http://dbh.nsd.uib.no/>). Basert på generalisering av stikkprøveopptelling er det estimert at antall MSc-oppgaver med tungt laboratorieinnhold er i størrelsesorden 25 % av 525, noe som tilsier ca. 131 MSc-oppgaver i IVTlaboratoriene pr. år. Det er anslått at det antallet studenter som gjennomfører prosjekt i 8. semester i laboratorium er likt antall hovedoppgaver utført i laboratoriene ved IVT. 25 % av prosjekt- og MSc-oppgaver i laboratoriene vurderes som bra, men en økning av aktivitet knyttet til et økt antall studenter bør være mulig. Prosjekt- og MSc-oppgaver krever tilrettelegging og assistanse fra ansatte i laboratoriene. Antar vi at en prosjekt/MSc-kandidat i laboratoriet i gjennomsnitt for hele det femte året mottar 100 timer assistanse fra laboratoriepersonell så tilsvarer dette en total assistanse på 131\*100 = 13 100 timer. Dette betyr at laboratoriepersonell bruker ca. 10 % av sin tid på prosjekt- og masterstudenter, (13 100 timer) /(76 ansatte\*1700 timer/år) = 10 %. Tallet vil øke hvis antall studenter øker.

### Omfang av laboratorierelaterte PhD-oppgaver

IVT hadde i november 2012 registrert ca. 480 PhD-kandidater (tall fra IVTs administrasjonen). I middel fikk 64 kandidater pr. år tildelt PhD-graden ved IVT i perioden fra 2007 til 2011, basert på tall fra: <http://dbh.nsd.uib.no/>, som vist i Tabell 8.

Tabell 8 Antall PhD-kandidater uteksaminert fra IVT

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Institutt** | **2007** | **2008** | **2009** | **2010** | **2011** |
| Institutt for bygg, anlegg og transport | 10 | 4 | 7 | 10 | 12 |
| Institutt for energi- og prosessteknikk | 17 | 11 | 9 | 12 | 20 |
| Institutt for geologi og bergteknikk | 3 | 4 | 1 | 4 | 1 |
| Institutt for konstruksjonsteknikk | 1 | 8 | 8 | 5 | 9 |
| Institutt for marin teknikk | 6 | 19 | 13 | 7 | 18 |
| Institutt for petroleumsteknologi og anv. geofysikk | 6 | 4 | 7 | 7 | 9 |
| Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| Institutt for produktdesign | 1 | 1 | 1 | - | 1 |
| Institutt for produktutvikling og materialer | 8 | 6 | - | 4 | 7 |
| Institutt for vann- og miljøteknikk | 5 | 2 | 3 | 1 | 5 |
| Uspesifisert underenhet | 3 | - | - | 3 | 2 |
| **Sum** | **63** | **62** | **52** | **57** | **88** |

Antall registrerte PhD-kandidater (480) relativt til avlagte grader tilsier at mange registrerte kandidater ikke er aktive. Antall aktive PhD-kandidater estimeres til (64 PhD-kand) \* (4,5 år / kand) = 288 kandidater. Stikkprøvetelling anslår at hele 50 % av disse har betydelig arbeid i laboratoriet. Dette innebærer at IVTs laboratorier kontinuerlig leverer tjenester til ca. 144 PhD-kandidater. Utvalget mener det er store muligheter for å øke omfanget på PhD-forskning i laboratoriene og at NTNU bør ha ambisjoner om dette. PhD-kandidater er i større grad en ressurs enn en veiledningsbelastning. PhD-kandidatene trenger likevel assistanse fra laboratoriepersonell. Regner vi at en PhD-kandidat i gjennomsnitt får 200 timer assistanse pr. år tilsvarer PhD-aktiviteten i laboratoriene en ressursbruk på (144 kandidater\*200 timer/år) / (76 ansatte\*1 700 timer/år) = ca. 22 % av total tid. Med den gitte usikkerheten i beregningen velger utvalget ut fra en helhetsvurdering å anslå at våre laboratorieansatte i dag bruker ca. 20 % av sin tid på PhD-prosjekter.

## Oversikt over bruk av ressurser i IVTs laboratorier fordelt på aktiviteter

På basis av anslått tidsforbruk hos de faste ansatte i laboratoriene, har utvalget anslått omfanget av undervisning, MSc- og PhD-aktiviteter i laboratoriene, Tabell 9.

Tabell 9 Fordeling av aktiviteter i IVTs laboratorier

|  |  |
| --- | --- |
| **Aktivitet / kostnadsbærer** | **Andel av total tid** |
| Undervisning emner | Ca. 5 % |
| Undervisning knyttet til Prosjekt og MSc | Ca. 10 % |
| PhD forskning | Ca. 20 % |
| Annen forskning og inntektsbringende oppdrag | Ca. 35 % |
| Intern tid til vedlikehold, formidling (besøk etc.),  forefallende arbeid og administrasjon | Ca. 30 % |

## Finansiering av laboratorieundervisning

Staten finansierer i dag lokaler og faste ansatte, mens utstyr er kjøpt på eksterne prosjekt og for NFR- eller NTNU-bevilgninger til vitenskapelig utstyr. Midler til drift kommer i de fleste tilfeller fra overskudd på oppdragsprosjekter. NTNU gis bevilgning dels som en basisbevilgning og dels basert på produksjon. Bevilgning knyttet til produsert utdanning utgjør 22 % av den totale bevilgningen til NTNU i 2011, mens 23 % knyttes til produsert forskning (inklusive vitenskapelig utstyr). For 2011 er omtrent 55 % basisbevilgning, se Tabell 12. Basisbevilgningen til NTNU er historisk begrunnet ut fra en startverdi satt i 2002 med utgangspunkt i kvalitetsreformen. Laboratorier og ansatte i laboratorier fremgår ikke som en identifiserbar del av basisbevilgningen, se Tabell 12, selv om basisbevilgningen i utgangspunktet skulle finansiere ca. 60 % av den totale virksomheten ved NTNU og dermed også gi bidrag til IVT sine laboratorier. Produksjonen innen undervisning honoreres avhengig av en finansieringskategori, se Tabell 10. Det 5-årige masterprogrammet i teknologi er i hovedsak plassert i kategori D og honoreres likt med HF og SVT fag, noe som en kan stille seg undrende til i lys av behovet for laboratorieundervisning og de ressurser IVT benytter på laboratorier. 40 % av IVT sine arealer er knyttet til laboratoriearealene og 22 % av de faste ansatte jobber kun i laboratorier og verksteder. Går en dypere inn i tallmaterialet ser en at IVT tilbyr flere typer emner og studier og middel for IVT pr kandidat er 48 850 kr/år, som er noe høyere enn 46 000 kr/år som er satsen på kategori D alene, se Tabell 10. Middelverdien på 48 850 kr/år pr. student for IVT er beregnet ut fra de offisielle produksjonstall i dbh, <http://dbh.nsd.uib.no/>,Tabell 11.

Omfattende bruk av laboratorier i undervisningssammenheng er det sterkeste argumentet for økt bevilgning pr. siv.ing. kandidat. En strategi for å øke laboratorieundervisningen på IVT må følges av målrettet arbeid for å endre kategori på det 5-årige masterprogram i teknologi.

Tabell 10 Kategorier for produksjon av kandidater ved U&H og beløp pr år, kilde: økonomiavdelingen NTNU

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Kategori** | **Beskrivelse** | **Beløp 2011** |
| A | Profesjonsstudiene i medisin og odontologi, veterinærstudiet, kunstakademiet (NTNU), film- og fjernsynsutdanning (HiL) og scenografi og skuespill (HiØ). | 127 000 |
| B | 5-årige masterprogram i arkitektur og industridesign, utøvende kunst- og musikkutdanninger på lavere og høyere grad, grunnutdanning i produktdesign, grunnutdanning i animasjon, profesjonsstudiene i psykologi og farmasi, samt grunnutdanning i ortopediingeniør. | 97 000 |
| C | Realfag, teknologi, fiskerifag og kunst på høyere grads nivå, faglærerutdanning i musikk, dans og drama. | 65 000 |
| D | Humanistiske, samfunns- og idrettsvitenskapelige fag på høyere grads nivå, 5-årige masterprogram i teknologi, bibliotek samt økonomi og administrasjon på høyere grads nivå, årsstudium i praktisk pedagogisk utdanning. Grunnutdanning i fysioterapi, mensendieck, bioingeniør, ergoterapi, radiografi,audiograf, døvetolk, reseptar, tannteknikk, tannpleie, fotojournalist, jordmor, stråleterapi, ABIOK-utdanninger (videreutdanning i anestesi-, barne-, intensiv-, operasjons- og kreftsykepleie), visuell kommunikasjon, tekniske mediefag (film og fjernsynsproduksjon), samt allmennlærerutdanning med fordyping i musikk. | 46 000 |
| E | Sykepleier-, vernepleier-, allmennlærer-, førskolelærer-, yrkesfaglærer, journalist-, ingeniør- og dyrepleierutdanning. Profesjonsstudiet i juss, faglærerutdanning i praktisk estetiske fag, faglærerutdanning i kroppsøving. Teknologisk og maritim utdanning, realfag, idrettsfag, kunstfag og fiskerifag på lavere grads nivå. Videreutdanning i helsesøster, psykisk helse og tegnspråk. | 40 000 |
| F | Humanistiske og samfunnsvitenskapelige fag på lavere grads nivå, økonomi og administrasjon på lavere grads nivå, revisor-, sosionom-, barnevernspedagog- og bibliotekarutdanning, samt ex.phil og diverse videreutdanninger. | 32 000 |
| G | Inn- og utreisende studenter | 7 000 |

Tabell 11 Grunnlag for bevilgning til NTNU på basis av undervisningsrelatert produksjon ved IVT.   
Kilde: statistikk for høyere utdanning, <http://dbh.nsd.uib.no/>



Tabell 12 Bevilgning til NTNU basert på produksjon og basisbevilgning.   
Kilde: statistikk for høyere utdanning, http://dbh.nsd.uib.no/



## Fellesfunksjoner

### Dagens situasjon vedrørende verksteder

Utvalget har vurdert behovet for og organiseringen av verkstedtjenester ved IVTs laboratorier. Sammenlignet med situasjonen for 10 til 20 år tilbake er flere små verksteder i dag nedlagt eller slått sammen og antall verkstedansatte er redusert.

De fleste laboratoriene ved IVT har i ulikt omfang tilgang til verkstedtjenester lokalt, se Figur 7, som viser en oversikt over verkstedsarealene ved IVT og det nære samspillet med SINTEF. Arealene deles i en ren NTNU-del, en felles del og en ren SINTEF-del. Verkstedene inngår i større grad enn før som en integrert del av laboratoriene og ansatte i verkstedene er i stor grad med å vedlikeholde, bygge utstyr og forsøksrigger i det tilhørende laboratoriet.

**Kort om de mekaniske verkstedene ved IVT sine institutter:**

*Bygg, anlegg og transport* har laboratorier nær knyttet til faggruppene og et godt utstyrt verksted med CNC utstyr og to ansatte. I tillegg har instituttet en ansatt i elektronikkverksted. En begrenset ekstern virksomhet gir inntjening som støtter nyinvesteringer og drift.

*Energi- og prosessteknikk* har ett stort verksted i Varmeteknisk Laboratorium (VATL) og to mindre satellitt-verksted i Vannkraftlaboratoriet og Strømningsteknisk Laboratorium som er tett integrert med laboratorievirksomheten. En omstrukturering av verkstedtjenesten er under planlegging i forbindelse med rehabilitering av VATL (ESFRI2-prosjektet).

*Geologi og bergteknikk* har ikke eget verksted, men nærhet til NTs verksted og SINTEFs verksted.

*Konstruksjonsteknikk* samarbeider med SINTEF som er driver av deres felles verksted. Konstruksjonsteknikk har eget ansvar for deler av verkstedet, eget trebearbeidingsverksted og instrumenteringsverksted med elektronikk-kompetanse.

*Marin teknikk* har et verksted tilknyttet konstruksjonslaboratoriet og i tillegg en ansatt i separat verksted drevet av MARINTEK knyttet til de hydrodynamiske laboratorier. I tilknytning til den lille sleperennen ”Lilletanken” finnes et mindre verksted der studenter selv kan fremstille enkle modeller i lette materialer (skum og tre).

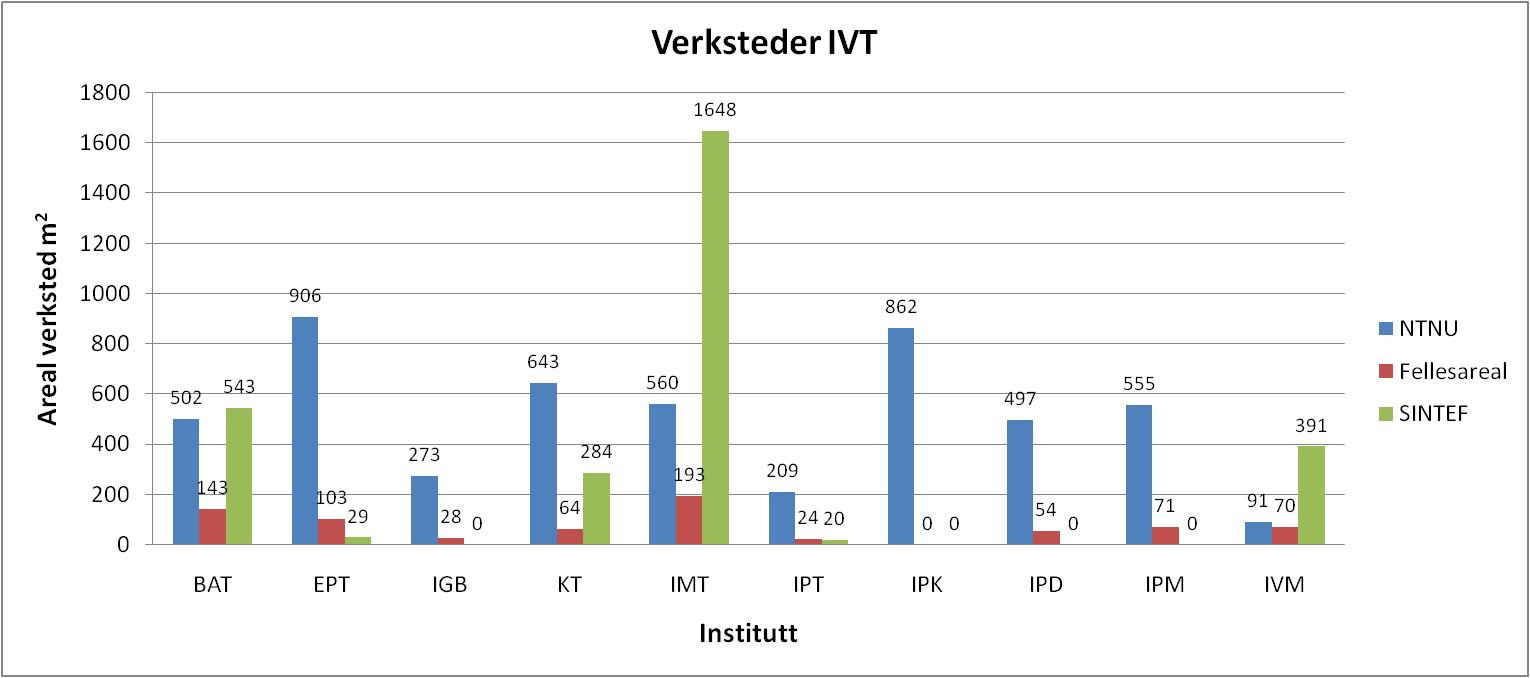
*Petroleumsteknologi og anvendt geofysikk* har et verksted med tre ansatte som også arbeider i laboratoriet.

*Produksjons- og kvalitetsteknikk* har et laboratorium for undervisning innen og forskning på forming, bearbeiding og maskinering som også utgjør et stort verksted. Verkstedet har en rekke avanserte verktøymaskiner med manuelle fresemaskiner, dreiebenker og boremaskiner, ny maskin for additiv tilvirkning, CNC-styrte frese- og dreiemaskiner (3- og 5-akse), to maskiner for ulike typer gnist-bearbeiding, slipemaskiner og sveiseutstyr.

*Produktdesign* har ikke tradisjonelt mekanisk verksted, men et verksted der studenter kan utforme modeller og prototyper mest i papp, tre og plast.

*Produktutvikling og materialer* har et tradisjonelt verksted som i dag benyttes mest til undervisning hvor det gis opplæring i enkel bruk av dreiebenk, sveising med mer.

*Vann- og miljøteknikk* har et mindre verksted i Valgrinda med en mann, som også arbeider i NHL-laboratoriet.



Figur 7 Verkstedarealer ved IVT

### Instrumentering, elektro og datatjenester

Behovet for elektronikk og datatjenester i laboratoriene er økende. Nye muligheter er knyttet til mer avansert sensorteknologi og nye målemetoder. Flere verksteder har en eller to personer som driver med instrumentering, styring og datainnsamling. De som arbeider på dette området bør gis en arena å møtes på, for å sikre kvalitet og et godt fagmiljø for ansatte som arbeider med slike tjenester.

## Status vedrørende "Perleporten-prosjektet"

IVT har en tid hatt et utredningsprosjekt i gang for å se på samarbeid mellom og videre utvikling av laboratoriene ved Institutt for konstruksjonsteknikk, Institutt for produktutvikling og materialer samt Institutt for produksjons og kvalitetsteknikk. Alle disse instituttene har laboratorier som driver med ulike sider ved materialtesting og materialbearbeiding, tradisjonelt med vekt på metaller. Prosjektet er betegnet ”Perleportenprosjektet”, og har hatt som hovedmål:

* Sikre godt samvirke og optimal arbeidsdeling mellom laboratoriene
* Optimalisere ressursbruk mht. personell og utstyr på tvers av instituttgrensene
* Etablere en økonomisk modell for godt samvirke
* Se på en strategi for videre utvikling

Det er gjennom prosjektet utviklet nye prosedyrer for administrasjon og økonomi i laboratorieprosjekter. Modellen er implementert og i daglig bruk ved Institutt for konstruksjonsteknikk. Modellen innebærer at alle tjenester levert av laboratoriet belastes prosjekter, der prosjektene kan være alt fra laboratorieundervisning i emner til eksterne prosjekter for et oljeselskap. Modellen baseres på leiestedskostnader.

En strategi under tittelen: ”De norske laboratorier for konkurransekraft” ble lansert i gjennom prosjektet med tanke på å søke om midler til storskala infrastruktur. Nedslagsfeltet var mellom annet mekanisk industri innen for eksempel

* Masseproduksjon av forbruksprodukter og komponenter
* Enkeltkomponenter og systemer i prosessanlegg
* Marine konstruksjoner og installasjoner
* Store anleggskonstruksjoner som broer og bygg

KT, IPM og SINTEF MK har en felles laboratoriekomité som har som oppgave å se på status for laboratoriene innen området mekanisk prøving hos de respektive avdelinger/institutt.

# HMS

Kapittelet er basert på innspill fra HMS-koordinator Kristen Gjervan ved IVT fakultetet.  
  
HMS gjelder alle deler av virksomheten, men får gjerne størst oppmerksomhet i forbindelse med laboratorier og verksteder, samt feltarbeid/ekskursjoner. Målet er å ta vare på sikkerheten til studenter og ansatte, samt å hindre unødig belastning av det ytre miljøet. Økt studentaktivitet i laboratorier og verksteder vil innebære en HMS-utfordring, ikke minst dersom studentaktiviteten i større grad enn før skal være selvdrevet.

I tillegg skader på enkeltpersoner kan uønskede hendelser bidra til at NTNU får negativ oppmerksomhet. Eksempler på dette er ”Rosenborgsaken” som har versert i mange år. I 2010 hadde Arbeidstilsynet en gjennomgang av enkelte kjemimiljø på Gløshaugen. Det ble avdekket en rekke betydelige avvik og medførte oppslag i media. I etterkant av en uønsket hendelse er håndtering av media en krevende oppgave.

Våre studenter og samarbeidspartnere forventer og krever i økende grad at vi har fokus og kunnskap om systematisk arbeid med HMS. NTNU har i de senere år profesjonalisert sitt HMS-arbeid. NTNUs HMS-avdeling har utført et betydelig arbeid med å utarbeide retningslinjer og veiledninger. HMS-avdelingen avholder kurs innenfor en rekke områder, og det er mulig å invitere avdelingen til instituttet f. eks. for å få hjelp til å komme i gang med risikovurdering. Hovedoppgaven til HMS-avdelingen er å bidra til at fakultet og institutt har de nødvendige ”verktøy” til å gjøre HMS-arbeid som er lovpålagt eller har grunnlag i interne retningslinjer.

Mye av det praktiske HMS-arbeidet må gjøres lokalt, ikke minst i vedrørende aktivitet i laboratoriet. Erfaringen er at fokus på dette temaet varierer mye mellom institutter, og i mange tilfeller er avhengig av en enkelt person. For å kunne drive systematisk HMS-arbeid så må det være kontinuitet. Instituttleder som har det formelle ansvaret, blir skiftet ut med jevne mellomrom. Den største utfordringen i den senere tid ved IVT-fakultetet har vært hyppig skifte av kontorsjefer som ofte også er HMS-koordinatorer. Det har vist seg å sette HMS-arbeidet ved instituttet langt tilbake. Løsningen for å gjøre oss mindre sårbare er å innføre rutiner hvor oppgavene blir fordelt på flere personer. Vi må også bli bedre på å dokumentere prosedyrer og tiltak som gjøres. På mange områder så utfører instituttene de pålagte oppgaver, men kan ikke i ettertid fremskaffe den dokumentasjon som kreves. Dokumentasjon vil gjøre skifte av nøkkelpersoner mindre problematisk.

NTNU har i samarbeid med SINTEF utarbeidet en laboratorie- og verkstedhåndbok i engelsk og norsk utgave. Den er produsert i lommeformat og skal være tilgjengelig for alle i lab./verksted. Enkelte miljøer krever at studenter og ansatte underskriver på at de har lest håndboken for å få adgang til lab./verksted. Slike ordninger bør gjøres allmenne.

Fakultetet har (videre-)utviklet et e-læringskurs i grunnleggende HMS. Kurset ble ferdig i februar 2011 og driftes av firmaet Trainor (www.trainor.no). Kurset er ment for både studenter og ansatte og krever kun tilgang til PC, og tar ca. en time å gjennomføre. Kurset er ment å erstatte tidligere grunnkurs som ble gjennomført som klasseromsundervisning. Det utløser ingen kostnader for instituttene å melde på ansatte og studenter. Ved bestått kurs er det mulig å skrive ut kursbevis. Instituttet kan også gå inn å se hvem som har gjennomført kurset. Fakultetet har pr i dag et ønske om at alle studenter og ansatte skal gjennomføre dette kurset, men et omforent et opplegg for å sikre at det blir gjennomført er ikke på plass. Minst ett av våre institutter krever godkjent kurs for studenter og ansatte før adgangskortet til lab./verksted aktiviseres. Utvalget støtter at dette gjøres til et allment krav.

Grunnkurset må følges opp med informasjon om lokale forhold. Ved bruk av maskinelt utstyr eller kjemikalier kreves det spesiell opplæring, og ved behov veiledning av kyndig person under bruk.

I forbindelse med at instituttene våren 2011 presenterte sitt HMS-arbeid for fakultetet kom det frem at det er varierende praksis ved lab. arbeid etter ordinær arbeidstid. Her må fakultetet vurdere felles kjøreregler som f. eks. at det skal være minst en ansatt tilstede og at det alltid må være minst to personer samtidig i verksted/lab. Unntak kan være aktuelt for enkelte studentlaboratorier. Fakultetet bør også stille et minimumskrav til opplæring i praktisk førstehjelp.

Når det gjelder HMS og ansvar så står det følgende i Laboratorie- og verkstedhåndboken:

**”2.2 Ansvar og oppgaver i linjen**

Ledere på alle nivå ved NTNU har ansvar for at bestemmelsene gitt i AML(§2-1, §3-1, §3-2, §2-3 (3)) og øvrig lovgivning innen HMS, blir overholdt. Ansvaret kan ikke overføres til andre. Definerte oppgaver knyttet til ulike deler av HMS-arbeidet kan delegeres til ansatte ved enheten, for eksempel HMS-koordinator, lokal strålevernskoordinator o.l. All fordeling av oppgaver skal dokumenteres skriftlig.”

”Alle” har et ansvar når det gjelder HMS. I håndboken står det følgende:

”**2.2.4 Arbeidstakere som har til oppgave å lede eller kontrollere andre arbeidstakere**   
Personer som har til oppgave å lede eller kontrollere andre arbeidstakere eller studenter i arbeid i laboratorier, verksteder eller felt skal:

* Planlegge for fullt forsvarlig arbeidsmiljø
* Kontrollere, jfr. IK-forskriften § 5, at virksomheten foregår forskriftsmessig.

Disse personene skal ha dokumentert HMS-kunnskap og bør delta på HMS-plattformen og andre aktuelle moduler i NTNUs HMS-opplæring, se http://www.ntnu.no/adm/hms/opplaring"

I håndboken står følgende når flere aktører deler lokaler:

” NTNU deler flere steder lokaler/aktiviteter med andre virksomheter (eksempelvis SINTEF og St. Olavs Hospital Universitetssykehuset). I slike tilfeller skal ansvarlig leder sørge for at det inngås skriftlig avtale mellom virksomhetene, hvor det skal fremgå hvilken virksomhet som regnes som hovedbedrift med ansvar for samordning av HMS-arbeidet i felles lokaler/aktiviteter.”

NTNU er i ferd med å anskaffe et databasert avvikshåndteringssystem.

Høsten 2010 oppnevnte dekanus Ingvald Strømmen et HMS ressursutvalg med følgende mandat og sammensetning fram til 31.12.12:

”Ved IVT skal ressursutvalget ha en proaktiv rolle i HMS-arbeidet. Utvalget skal være en pådriver for læring på tvers mellom instituttene Instituttenes selvangivelser skal drives i grønn retning. Utvalget skal fungere som en orakeltjeneste overfor instituttene.”   
Professor ved IPK – Stein Haugen

HMS-koordinator IVT – Kristen Gjervan (sekretær)

HMS-koordinator EPT– Erik Langørgen

HMS-koordinator KT – Kjell Ove Slutås (leder)”

HMS ressursutvalget kan bidra til å koordinere retningslinjer og til erfaringsoverføring mellom fakultets institutter. Vårens presentasjonsrunde fra instituttene viste at enkelte miljøer var spesielt gode innenfor enkelte områder, f eks risikovurdering, kjemikaliehåndtering eller rutiner i forbindelse med feltkurs.

Laboratorieutvalget vil fremheve betydningen av at alle ansatte og studenter kjenner og følger HMS krav og rutiner. Laboratorieutvalget oppfordrer til at alle studenter må ta e-læringskurset i HMS, skrive under på en HMS erklæring før uttak av prosjekt og delta i en orientering / få opplæring om risiko i det konkrete laboratoriet de skal jobbe i, enten som del av laboratorieundervisningen i et emne, prosjekt- eller MSc-oppgave.

# HUSLEIE

Det følgende er basert på innspill fra og diskusjon med Stig Erik Holiløkk, IVT fakultetet.

I mars 2012 vedtok styret ved NTNU en ny modell for internhusleie, og Rektor ble gitt fullmakt til å bestemme innfasing av ordningen. Den nye modellen og konsekvenser ved implementering har vært tatt opp ved flere ledermøter og styret på IVT.

Dagens internhusleiemodell er en passiv modell der enhetene (fakultetene, Vitenskapsmuseet og sentraladministrasjonen) i budsjettfordelingen får dekket sine arealkostnader med unntak av en fast egenandel for husleie knyttet til bidrags- og oppdragsaktivitet (BOA). Dagens modell gir ingen insentiver for enhetene til å utnytte arealene bedre eller til å bli mer kostnadseffektive i sin arealbruk. I den vedtatte internhusleiemodellen vil den direkte koblingen mellom bevilgning og faktiske arealkostnader fjernes for å gi insentiver for mer effektiv arealbruk.

Etter ny modell for beregning av internhusleie vil areal IVT fakultetet faktisk disponerer eller benytter deles inn i tre kategorier, Figur 8:

* **Arealrammen** er areal som dekkes av den statlige bevilgning til leietaker. Ved innføring av modellen fastsettes arealrammen som fakultetets dagsaktuelle totale leieareal fratrukket overdekningsareal og beregnet BOA-areal. Leieareal regnes eksklusive fellesrom og arbeidsplasser for master da disse dekkes av bevilgning i tillegg til arealrammen. Arealrammen fryses for 3 år og den vurderes hvert 3. år for å ta hensyn til betydelige endringer i aktivitet.
* **BOA-areal** er areal som kan knyttes til BOA. Det beregnes basert på areal pr. årsverk til kontor og forskningsareal og antall BOA-årsverk pr. fakultet (uskravert felt innen sirkelen).
* **Overdekningsareal** er areal som tilsvarer (eventuell) overdekning av arbeidsplasser og støtteareal i forhold til veiledende normer. I tillegg regnes undervisningsrom som ikke er fellesrom inn i overdekningsareal for den enhet som er leietaker.

**BOA-areal**

**Arealramme Overdekningsareal**

Figur 8 Husleie – arealdefinisjoner. (Illustrasjon hentet fra NTNU styresak 15/12.)

Ovredekningsareal beregnes for kontorer ut fra et normert antall kvadratmeter pr. ansatt slik at et overdekningsareal framkommer dersom et fakultet har unormalt store kontorarealer i forhold til antall ansatte.

Romtyper som laboratorier, spesialrom, verksted, lager, trafikkareal mm. normeres ikke som arbeidsplasser, men inngår i fakultetets leieareal uten normering.

Dagens laboratoriearealer ligger derfor i sin helhet i den store sirkelen. Laboratoriearealet deles i areal som skal dekkes av den statlige bevilgningen og areal som skal dekkes av "overhead" på BOA. BOA – arealets størrelse beregnes på basis av antall BOA - ansatte på fakultetet. Andelen er gitt av forholdet mellom antall BOA - ansatte i forhold til totalt antall ansatte på fakultetet. På IVT har vi ca. 600 ansatte totalt og ca. 218 BOA - ansatte slik at BOA andelen av IVT sine laboratorier vil være på ca. 218/600 ≈1/3 av totalt laboratorieareal, (tallet 600 er gjennomsnitt 2009-2011, og tallet 218 er gjennomsnitt 2007-2011).

Modellen innebærer at den skraverte delen av den store sirkelen definerer et laboratorieareal som er vurdert å være strategisk nødvendig for virksomheten innen det aktuelle fagområdet og dette arealet skal derfor dekkes av den statlige bevilgningen.

Etter innføring av modellen må økte arealkostnader som følge av arealutvidelse som hovedregel dekkes av fakultetene selv med økte inntekter fra interne og eksterne kilder. Reduserte arealkostnader vil komme fakultetene til gode ved at arealrammen (den skraverte arealdelen) ikke endres ved oppsigelse av arealer i 3 års - perioden. Unntak gjelder ved oppsigelse av laboratorier og spesialrom som ikke kan benyttes av andre leietakere uten betydelig tilpasning. For slike areal vil fakultetene beholde bevilgningen som dekker kostnadene for det oppsagte arealet i 1 år etter avgivelse. Ved utbygging av campus vil arealrammen til aktuelle fakulteter vurderes i forbindelse med den årlige budsjettprosessen.

Tidsplan for innføring av BOA relatert husleie

Vedrørende husleiekostnader i forbindelse med BOA-areal så er det pr. november 2012 ikke avklart når dette vil gjøres gjeldende. De siste signalene fra NTNU sentralt indikerer at en gradvis implementering vil kunne skje i 2014. Med gradvis implementering menes at modellen for BOA-arealkostnadene vil innføres med en tredjedels virkning det første året, deretter to tredjedeler, og til slutt full implementering det tredje året. Grunnen til at husleien for BOA-arealet ikke blir innført ved samme tidspunkt og frekvens som overdekningsarealet er at en revisjon av NTNUs inntektsfordelingsmodell (IFM) er ment å kompensere for de økte kostnadene ved den nye modellen for internhusleie. Derfor vil husleien for BOA-arealet innføres samtidig og ved samme takt som ny IFM. Vi har også tidligere år fått beregnet en BOA-husleie på fakultetet. Denne har ikke vært direkte knyttet opp mot arealbruk og har kun vært prisjustert for å følge en årlig vekst.

Nettoeffekt

En revisjon av IFM vil medføre økte inntekter til IVT gjennom infrastrukturkomponenten. Denne delen av IFM er blant annet ment å dekke kostnader knyttet til drift av laboratorium. Komponenten beregnes med bakgrunn i lønnskostnader for tekniske ansatte og driftskostnader i laboratorium.

***Beregning av husleie for IVT sine laboratorier***

I det følgende tas det utgangspunkt i det antall kvadratmeter laboratorieareal ved IVT som er registrert på NTNU (ikke på SINTEF eller andre leietakere). Dette tallet er i 2012 ca. 31 345 m2 dersom en summerer brutto areal i databasen Lydia under betegnelsene K3: laboratorier/spesialrom og verksteder med tillagt trafikkareal. Studentlaboratorier er ikke med i dette arealtallet.

I henhold til ovenstående vil den NTNU registrerte laboratoriearealene ved IVT bli delt i to:

(a) "Labareal med bevilgningsdekket husleie" =   
totalt labareal\* (antall faste vitenskapelig ansatte)/(totalt antall vitenskapelig ansatte inklusive alle BOA ansatte) = 31 345 m2\*(600-218)/600) ≈ 19 900 m2   
Husleie for dette arealet (skravert areal i Figur 8) betales i sin helhet av statsbevilgningen. "Labareal med bevilgningsdekket husleie" fryses for 3 år men vurderes hvert 3. år for å ta hensyn til eventuelle betydelige endringer i aktivitet.

(b) "BOA labareal" =   
totalt labareal\*(antall BOA ansatte)/(totalt antall vitenskapelig ansatte inklusive alle BOA ansatte) = 31 345 m2\*(218/600) ≈ 11 400 m2.  
Husleie for 80 % av dette arealet skal betales av BOA midler. 20 % av "BOA labareal" ansees å brukes som undervisningareal og dekkes i sin helhet av NTNU. "BOA labareal" som det skal betales for er da ut fra dagens BOA tall: 11 400 \* 0,8 = 9 100 m2.

Grovt sett skal altså NTNU gjennom statlig bevilgning dekke husleie for vel 2/3 av IVT sine laboratoriearealer, mens husleie for opp mot 1/3 av IVT sine laboratoriearealer forutsettes dekket av BOA midler.

Dette skulle innebære en omtrentlig årlig laboratorierelatert husleiekostnad fra BOA midlene på i størrelsesorden: 9 100 m2 \* 1 262 kr/m2 = 11,5 mill.

BOA-omsetningen ved IVT er ca. 400 mill. kr pr år.

***Noen konsekvenser***Svært mange av IVT sine BOA ansatte er PhD-kandidater. Husleie for laboratorier innebærer at IVT systematisk og konsekvent må ha en overhead på eksternt finansierte PhD-kandidater. Hver ny PhD-kandidat utløser med dagens tall en økning i årlig laboratorierelatert husleie på kr. (11,5 mill. /218) = kr. 53 000.

Om modellen skulle overføres fra fakultet til institutt ville laboratorier med stor BOA aktivitet i dag relativt sett få en liten statlig bevilgning for husleie, mens laboratorier uten BOA aktivitet i dag vil få full statlig dekning av husleie. Dette kan gi uheldig utslag, eksempelvis på institutter med høy BOA-aktivitet og store labareal, slik at husleie som må dekkes over BOA blir stor. Siden man ikke uten videre kan ta inn husleien for lab-delen som overhead på alle PhD-kandidatene vil det være nærliggende å dekke inn lab-husleien som lableie, og den kan da lett bli så høy at labrelatert forskning taper.

Det er grunn til å merke seg at dersom en finansiell krise skulle innebære at størstedelen av BOA aktiviteten forsvinner vil IVT i henhold til modellen sitte uten husleiedekning for 1/3 av sine laboratorier.

Det er også grunn til å være oppmerksom på at «internprising» lett kan oppleves som et hinder mot samarbeid – man vegrer seg for å sende penger ut av eget institutt (eller til nabokontoret!). Dersom internpriser ukritisk settes basert på reelle, fulle kostnader blir resultatet ofte redusert samarbeid med sub-optimalisering som resultat.

# SCENARIOER 2021

## Tre ulike scenarioer 2021

Laboratorieutvalget har, slik det er gitt i mandatet, utviklet tre scenarioer for IVTs laboratorier i år 2020. De tre scenarioene er formet som reportasjer i Aftenposten 1. februar 2021 og finnes gjengitt vedlegg A. Scenarioene er utviklet med assistanse fra Impello Management AS ved Frode Iglebek. Scenarioene kan betegnes som følger:

**(1) Laboratorier i internasjonal førstedivisjon**  
– et optimistisk scenario. IVT har maktet å skape sterke laboratorier der undervisning, forskning og industrirettet virksomhet går hånd i hånd i samarbeid med SINTEF og andre partnere

**(2) Bevisst prioritering**  
– tøff nasjonal arbeidsdeling og knallhard prioritering fører til vekst på noen få områder og nedprioritering av laboratorier på flere sentrale områder innen IVT. Gikk babyen ut med vaskevannet?

(**3) Forvitring**  
– lite fokus på nytten av laboratorier samtidig som økt kostnad, noe handlingsvegring og eksempelvis internfakturering gir drastisk reduksjon i laboratorievirksomheten ved IVT

Scenarioene er skrevet for å peke på relevante muligheter og trusler knyttet til utvikling av IVTs laboratorier. Hensikten er å peke på mulighetene slik at IVT kan utnytte dem. Likeledes er trusler skrevet inn i scenarioene slik at IVT kan møte disse og unngå uønsket utvikling.

## Høringsinnspill våren 2011 på scenarioene fra instituttene ved IVT

Høringsinnspillene fra IVT sine institutter støtter en utvikling i retning av Scenario1 men uttrykker at dette scenarioet er vel optimistisk.

Scenario 2 gjør seg til talsmann for en hard prioritering av visse laboratorier på bekostning av andre. I høringsinnspillene peker alle instituttene på behovet for og potensialet i sitt laboratorium og indikerer dermed at en nedbygging, slik det for flere områder er skissert i Scenario 2, er klart uønsket.

Scenario 3 ansees svært uønsket og får utover dette lite fokus i høringsinnspillene.

Instituttene samstemmer i til dels betydelig satsing på laboratorier og ser for seg økt aktivitet i laboratoriene innen både undervisning og forskning. Det pekes på mangel på penger til drift av laboratoriene. Det pekes også på at reduksjon i antallet laboratorieansatte, noe som gjør det vanskeligere å drive og utvikle laboratoriene.

**Konklusjon:**

Ambisjonene i Scenario 1: "Laboratorier i internasjonal førstedivisjon" bør kombineres med nøktern realisme og legges til grunn for fakultetets laboratoriestrategi.

# LABORATORIESTRATEGI

Utvalget anbefaler at oppfølgingen av denne innstillingen skjer på to nivåer:

1. Øke utnyttelsen av laboratorier - det bør først og fremst fokuseres på å fylle dagens laboratoriearealer med aktivitet innen undervisning og forskning i tråd med forslagene i denne rapporten.
2. Etablere og forankre overordnede vyer om framtidig lokalisering og organisering av IVT sine laboratorier.

Det er viktig å legge føringer på nivå 2 så tidlig og så veldefinert at den løpende utvikling på nivå 1 underbygger en langsiktig strategi og utvikling.

## Strategi for å øke utnyttelsen av dagens laboratorier

IVT har store laboratorier og betydelig laboratorievirksomhet illustrert ved at ca. 40 % av alle arealene IVT disponerer er knyttet til laboratoriedriften, samt at faste ansatte i laboratorier og verksteder utgjør 22 % av antall faste ansatte ved IVT.

Utvalget vil framheve det potensial som ligger i NTNUs laboratorier og anbefaler at IVTs ledelse velger å satse sterkt på laboratorier som et virkemiddel for å nå IVT fakultetets mål om å være internasjonalt fremragende og samt de ambisiøse målene i fagplanen.

En del laboratorier fremstår i dag i perioder som lite utnyttet. Driften kan effektiviseres og arealene kan utnyttes bedre. Dette krever kapasitet og fokus på laboratorieledelse og teknisk personale.

Laboratorieaktiviteten bør økes innen forskning. Realisering av fagplanen for IVT av 2012 gir prioriteringer og muligheter.

Laboratorieaktiviteten bør økes innen undervisning gjennom undervisning i flere utvalgte emner gjennom hele studiet samt flere laboratorieorienterte prosjekt og masteroppgaver.

Laboratorieaktiviteten i regi av IVT bør reduseres hva gjelder oppdrag som ikke har forskningsmessig relevans.

NTNU bør sikte mot topp moderne laboratorier som er attraktive for samarbeidspartnere nasjonalt og internasjonalt. Norge er i en særstilling hva gjelder å ha råd til dette. Dette er noe NTNU bør selge inn.

Vitenskapelig ansatte må identifisere seg med laboratoriene og eksperimentell virksomhet. Et viktig tiltak for å oppnå dette er laboratoriefokus ved ansettelser slik at den vitenskapelige staben er i godt inngrep med laboratoriene. Nøkkelen videre er økt antall PhD-kandidater i laboratoriene. Dette fordrer økt tilgang på stipend og forskningsmidler. IVT bør realisere fagplanen for forskning gjennom å styrke inngrepet med EU-forskningen, være i tett dialog med NFR og satse videre på store forskningsprosjekter i laboratoriene gjennom initiativ av typen SFF, SFI, FME. Satsingen krever nært inngrep med industri og næringsliv samt gode internasjonale nettverk innen forskning.

Utvalget gjør seg til talsmann for en sterk faglig kobling mellom NTNUs laboratorier og norsk næringsliv. NTNU kan nå lengst gjennom å videreutvikle laboratoriene i samarbeid med SINTEF og andre partnere. Samtidig bør staten bidra direkte sterkere til finansiering av undervisning og grunnforskning. NTNU og SINTEF bør samarbeide om å utvikle, drive og markedsføre sine laboratorier.

IVT må sikre at gode HMS-rutiner finnes og etterleves i alle sine laboratorier.

### Måltall for vektlegging av ulike aktiviteter i laboratoriene

Utvalget har estimert tid benyttet i dag til ulike typer aktiviteter i laboratoriene ved IVT. Det er store lokale variasjoner, men det anslås at mindre enn 5 % benyttes til undervisning i emner, 10 % til assistanse ved prosjekt og MSc i 5. årskurs, 20 % til assistanse ved PhD-prosjekter, mens 35 % benyttes til annen forskning og inntektsbringende oppdrag. 30 % er intern tid til vedlikehold, formidling (besøk etc.), forefallende arbeid og administrasjon.

NTNU har de siste 10 - 20 år ikke hatt økonomi til å finansiere driften av laboratoriene utover å dekke arealkostnad og lønn til et synkende antall teknisk ansatte. Dette har ført til en vanskelig situasjon med hensyn til fornyelse av utstyr. Løsningen har i flere laboratorier vært å satse på eksternt finansierte oppdrag fra næringslivet, noe som i noen grad har fortrengt forskning og undervisning i laboratoriene. Utvalget ser nødvendigheten av en begrenset andel oppdrag for industri og næringsliv for å sikre driftsmidler, så lenge denne gir relevant næringslivskontakt, erfaring i bruk av utstyr og ikke fortrenger, men fremmer undervisning og forskning.

Utvalget mener at omfanget av undervisningsassistanse i emner, prosjekt og MSc bør økes til minst 20 %. Andelen knyttet til PhD-forskning bør kunne økes til minst 30 %, mens opptil 20 % bør kunne nyttes til relevante inntektsbringende oppdrag. Vedlikehold, formidling (besøk etc.), forefallende arbeid og administrasjon vil legge beslag på de resterende 30 %.

Tabell 13 Andel ulik aktivitet i IVTs laboratorier, status og mål

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Aktivitet** | **Andel av total tid**  **Dagens situasjon** | **Andel av total tid**  **Forslag til måltall** |
| Undervisning emner, prosjekt og MSc | Ca. 15 % | Ca. 20 % |
| PhD-forskning | Ca. 20 % | Ca. 30 % |
| Inntektsbringende oppdrag med lite forskning | Ca. 35 % | Ca. 20 % |
| Intern tid til vedlikehold, formidling (besøk etc.),  forefallende arbeid og administrasjon | Ca. 30 % | Ca. 30 % |

### Fellestjenester - mekaniske verksteder

Utvalget har vurdert behovet for og organiseringen av verkstedtjenester ved IVTs laboratorier. I dag er flere små verksteder nedlagt eller slått sammen og antall verkstedansatte ved IVT er redusert. Det tette samarbeidet med SINTEF er fremtredende og verkstedtjenester kan ikke vurderes uten å se på helheten.

Utvalget ser at laboratorievirksomheten, gjennom oppbygging, drift og vedlikehold av ulike forskningsrigger, krever nær tilgang på verkstedtjenester. Større laboratorier ved IVT må derfor fortsatt ha mekaniske verksteder og kompetanse som en integrert del av laboratoriet. Utvalget mener en eventuell samling av verkstedtjenestene på IVT (eventuelt på Gløshaugen) til et felles verksted ikke vil fungere.

IVT har spesielt avanserte verktøymaskiner i laboratoriet til Institutt for Produksjon og Kvalitetsteknikk (IPK), som mellom annet driver forskning på verktøymaskiner og automatisert maskinering. IPK-laboratoriet fremstår som IVTs best utstyrte mekaniske verksted og har et særlig potensial til å kunne levere spesielle, avanserte verkstedtjenester til IVT-fakultetets laboratorier. Utvalget vil oppfordre IPK til å tilby sine spesielle verkstedtjenester til hele IVT. Gjennom intern markedsføring av tjenesten vil omfanget på etterspørselen vise om IPK kan øke bemanningen og dermed kapasiteten på spesielle verkstedtjenester levert fra IPK til IVT.

### Fellestjenester - instrumentering, elektro og datatjenester

Behovet for elektronikk og datatjenester i laboratoriene er økende. Det kan være krevende for enkeltpersoner alene å henge med på utviklingen innen avansert sensorteknologi og nye målemetoder og felles systemer innen IVT bør vurderes. Utvalget ser et spesielt behov for kontakt mellom de som arbeider med instrumentering, forsøksstyring og dataakkvisisjon på IVT. Ved dels bruk av felles programvareplattform for instrumentering kan erfaring overføres. Det bør være et mål at studenter i økende grad også selv kan sette opp enkel instrumentering for registrering av data på en bærbar datamaskin.

### Behov for teknisk personale

IVT har en rekke laboratorier med mye avansert og komplisert utstyr. Det pekes fra flere hold på at flere laboratorier på IVT mangler teknisk personale til å operere sofistikert utstyr. Ofte benyttes utstyret av PhD-kandidater og kompetansen forsvinner den dagen kandidaten er ferdig. Med kompetent teknisk personale vil laboratorier og utstyr kunne utnyttes mer optimalt.

HMS krav innebærer at en del teknisk personell ikke kan operere alene. Håndheving og oppfølging av HMS regler ovenfor alle ansatte og studenter krever tid og ressurser fra laboratoriepersonalet.

Tilsetting av teknisk personal med spesiell kompetanse bør vurderes på like linje med tilsetting av professorer for å dekke forskning på satsningsområder.

Økt tilgang på teknisk fagpersonell med spesialkompetanse kan i noen grad dekkes gjennom ekstern finansiering i samvirke med PhD-er og PostDoc men kost-nytte-vurderinger vil antagelig vise at egen investering i mer teknisk kompetanse vil være lønnsomt.

Det foreslås at IVT tar en gjennomgang av bemanningen i tekniske stillinger knyttet til laboratorium og verksted, vurderer eksisterende og nye finansieringskilder og eventuelle økninger i antallet dekket gjennom statsbevilgningen i lys av aktivitet, produksjon og strategi.

### Koordinering på tvers av instituttgrenser

Samarbeid på tvers mellom laboratorier på IVT bør bli bedre. Det er et sterkt behov for informasjon om fasiliteter og utstyr og kompetanse på tvers av instituttgrensene. Det bør tilrettelegges for enkel utveksling av tjenester og assistanse på tvers av instituttgrensene, basert på en rimelig internleie.

Utvalget foreslår at IVT sine laboratorier, utstyr og kompetanse vises fram gjennom oppdaterte nettsider koblet til en database for enkel utstyrsoversikt, slik at en lett kan finne hvilket utstyr som er tilgjengelig og hvor. Databasen, evt. en del av denne med tilgangsbegrensninger, bør også kunne fungere som en oversikt over tid for neste service, tid for oppgradering av programvare på datastyrt utstyr, HMS sertifisering etc. Etablering av en slik database og tilhørende nettsider bør være en administrativ oppgave for IVT, mens vedlikehold av nettsidene og databasen bør tillegges laboratorieledelsen på hvert institutt.

Det foreslås at det opprettes et koordinerende organ på fakultetsnivå for laboratoriene på IVT. Organet bør sikre erfaringsoverføring og samkjøring. Formålet må være god arbeidsdeling og effektiv drift til gjensidig nytte.

KT, IPM og SINTEF MK har en laboratoriekomité som har som oppgave å se på status for laboratoriene innen området mekanisk prøving hos de respektive avdelinger/institutt, og å se på muligheter for å samordne mht. organisering og ledelse. Dette arbeidet bør videreføres.

## Tanker om framtidig organisering

Utvalget mener at ansvaret for laboratoriene må følge ansvaret for forsknings- og undervisningsaktiviteten i laboratoriene. Laboratoriene bør derfor organisatorisk ligge under tilhørende institutt.

Dette innebærer at en endring i organisering av laboratoriene ikke kan sees uavhengig av organisering av instituttene.

Utvalget er opptatt av fysisk nærhet mellom en laboratorieorientert forskningsgruppe, studentene og det laboratoriet de benytter. Flytting av laboratorier bør innebære flytting av kontorer og studentarbeidsplasser for det tilhørende fagmiljøet. Utflytting av laboratorier fra Gløshaugen til andre lokasjoner (slik som for det planlagte nye Elkraftlaboratoriet på Blaklia i regi av SINTEF Energi / NTNU Elkraft og Statnett) er forståelig ut fra plassbehov og HMS-utfordringene ved å drive tunge laboratorier på Gløshaugen, men skaper en avstand til studentene som en skal vurdere nøye.

IVT bør, samtidig med at en konsentrerer seg mest om å fylle dagens laboratoriearealer med aktivitet innen undervisning og forskning, likevel melde seg på i kampen om ombygging og nye bygg. Siktemålet kan være i størrelsesorden 20 år fram.

Optimal utnyttelse av eksisterende bygningsmasse må tilstrebes og tjenlige prosesser vil kunne initieres ved innføring av husleie. Likevel må en passe seg for ikke kun å optimalisere innen eksisterende bygningsmasse. Norge er et av de land i Europa der folketallet øker raskest. Sammen med utviklingen innen oljesektoren og innen havbruk og med de krav til infrastruktur dette gir, vil dette øke behovet for antall utdannede ingeniører og forskning fra IVT. På lang sikt blir nåværende bygninger for begrensende og konserverende, ikke minst når en sikter mot laboratorier i verdensklasse. IVT sine vyer om bygningsmessig utvikling inklusive full renovering, eventuell flytting eller nye bygg bør tas med i Campusutviklingsprosjektet.

Fagplanen peker på 4 målområder: Energi, Marin, Infrastruktur og Industriell Verdiskapning.

Utvalget tror disse målområdene også kan benyttes til å skissere en retning for framtidige satsinger på laboratoriesiden. Utvalget tillater seg derfor å kaste inn følgende om en mulig organisering av laboratoriene i 5 større enheter på lang sikt, som følger:

1. (a) Laboratorium innen geologi og petroleum – Gløshaugen/Valgrinda

(b) Laboratorium innen energi og prosessteknikk – utvikles på basis av dagens EPT lab på Gløshaugen

1. Laboratorium innen marin teknikk – oppfølging av Ocean Space initiativet, Tyholt
2. Laboratorium innen infrastruktur, bygg, vann og miljø, byggkonstruksjoner, Lerkendal – Gløshaugen Syd
3. Laboratorium innen konstruksjoner, materialer, design og produksjon – utbygging i Perleporten.

Implisitt i dette er en tilsvarende organisering av fakultetets institutter. Dette hindrer ikke en mulig løsning der to institutter samlokaliserer sine laboratorier i en koordinert, tung IVT-satsing, på samme måte som NTNU/SINTEF i dag har parallell virksomhet i felles laboratorieareal. Videre bearbeiding forutsetter prosesser der SINTEF er involvert. I noen tilfeller er det naturlig med delte løsninger.

### Innspill vedørende Perleporten i relasjon til mulig samling av IPK og IPM

Utvalget velger å belyse problemstillingen med innspill fra IPK som etter dialog med IPM uttaler:

"*I følge NTNUs stab for eiendomsforvaltning kan det være aktuelt å sette i gang rehabilitering/oppgradering av bygningsmassen omkring Perleporten. Dette vil berøre laboratorier og verksteder ved IPM og KT. Det er i den forbindelse reist spørsmål om det kan være mulig å samordne IPKs laboratorier med IPMs og eventuelt KTs laboratorier i Perleporten.*

*IPKs laboratorium består i hovedsak av laboratorier for robotteknikk, automatisering, verktøymaskiner og verkstedteknisk måleteknikk. Laboratoriene er kombinerte undervisnings- og forskningslaboratorier. Utstyret i laboratoriene benyttes også til verkstedtjenester for egen forskningsaktivitet og for andre avdelinger ved NTNU og SINTEF, og i noe grad eksternt.*

*Ved IPK er holdningen at en flytting av laboratoriene fra Valgrinda til Perleporten ikke er ønskelig. Slik de fleste oppfatter det vil flytting av laboratoriene også innebære flytting av de faste og midlertidige ansatte som er knyttet til faggruppen Produksjonssystemer. En slik oppdeling av instituttet vil påvirke instituttets samlede aktivitet negativt.*

*Faggruppen Produksjonssystemer samarbeider tett med SINTEF Raufoss Manufacturing avdeling Trondheim, som også er en stor bruker av IPKs laboratorier. I en eventuell flytteprosess er det naturlig at SINTEF Raufoss Manufacturing flytter samtidig.*

*Spørsmålet om sammenslåing av laboratoriene i Perleporten er delvis den samme problemstillingen som ble diskutert i oppfølgingen av faggruppeevalueringen som ble gjennomført ved IVT-fakultetet våren 2011. I oppfølgingen ble det diskutert en sammenslåing av de faggruppene ved IPK og IPM som har aktivitet på bearbeidingsprosesser og produksjonsteknologi. IPK trekker fram følgende fordeler ved en sammenslåing av faggrupper:*

* *En sammenhengende verdikjede fra metalliske råemner til ferdige produkter kan dekkes av ett institutt.*
* *Mange problemstillinger i produksjonsprosessene er felles for alle ulike operasjonstyper, særlig gjelder dette prosessovervåking og automatisering.*
* *Et samlet miljø vil ha større ”forskningsstyrke” og større synlighet for omverdenen.*
* *Felles laboratorier kan gi bedre ressursutnyttelse og være en styrke for NTNU totalt sett.*

*Ulemper er som nevnt mulighet for oppløsning og svekkelse av IPK, men i et langsiktig perspektiv påpeker IPK følgende:*

*En mulig løsning kan være at hele IPK og noen samarbeidende SINTEF-avdelinger flytter til Perleporten. Dette kan gi mulighet for tettere faglig samarbeid uten at det er nødvendig med en organisatorisk endring. Denne løsningen vil imidlertid kreve store bygningsmessige endringer i retningen som er antydet i Visjon Perleporten. Det vil være et langsiktig prosjekt å gjennomføre. Men det er det som fra vårt ståsted kanskje gir den beste løsning for forskning og undervisning i industriproduksjon ved NTNU.*

*Holdningen ved IPM og KT til en samordning av laboratorier er dels at det kan være en ok løsning, dels at man ikke umiddelbart ser gevinstpotensialet på laboratoriesiden. Det kan finnes fordeler når det gjelder verkstedtjenester tilknyttet laboratoriene, der det i dag er behov for et sterkere tilbud."*

Fra KT kommenteres dette innspillet slik:

*"KTs laboratorier sto ferdig i 1960 etter 7 års planlegging og bygging og med store investeringsbidrag fra Hydro og SINTEF, som NTH ikke ville klart seg uten. Næringslivsbidrag vil vi nok ikke klare oss uten i dag heller, når det gjelder et nybygg. Selv om KTs laboratorier er gamle, har laboratorie/verksteddelen av bygningen vist seg å være tilstrekkelig fleksibel. Derfor har KT investert betydelig for å vedlikeholde og bygge ut prøvingsanleggene. Videre oppgradering er ønskelig. KTs laboratorier og verksteder er rettet mot konstruksjons- og materialprøving mens IPK og IPM driver forskning innen verkstedteknikk og produksjon i sine laboratorier, selv om IPM også har sin styrke på materialforskning. Det er nettopp på materialforskning KT og IPM allerede har et utmerket samarbeid. Fra KT sin side er det ikke en opplagt gevinst i en laboratoriefusjon mellom KT, IPK og IPM."*

Utvalget konkluderer fra dette med at en bør vurdere samling av IPM og IPK i Perleporten området på sikt og at samarbeidet med KT innen laboratorievirksomhet utvikles videre.

### Bygningstekniske forhold

Utvalget ønsker å framholde følgende:

* Norsk hydroteknisk laboratorium i Klæbuveien (NHL), (kyst og havn, vann og miljø, kjøresimulator.) NTNU og SINTEF møter store utfordringer i et gammelt bygg som er dyrt i drift og kanskje lite tilpasset dagens behov.
* Lerkendalbygget (Byggteknisk) – Gløshaugen syd: Videre utbygging må ta hensyn til at det i dag består av dårlig bygningsmasse med dårlig arealutnyttelse. En eventuell samling av byggområdet må vurderes i lys av dette.
* IPT – Valgrinda. Er dette rett lokasjon for et mulig fremtidig samlet geologi – petroleum – laboratoriesenter, eller har IGB så sterk tilknytning til miljøer på NT fakultetet at lokalisering på Gløshaugen er mer optimalt?
* EPT: NTNU har oppgradering av Varmeteknisk Laboratorium (ESFRI2) høyt på prioriteringslisten. Hvordan utvikle den totale bygningsmassen for EPT laboratoriene best mulig?
* Perleporten: Eksisterende bygninger har potensial og en bør arbeide for helhetlig samling av miljøer gjennom utvidelser og nybygg. Nær forestående oppgraderinger må gjøres med dette for øye.
* IMT – Ocean Space: Initiativet bør støttes.

# STRATEGI FOR BRUK AV LABORATORIENE TIL UNDERVISNING

IVT bør bruke sine laboratorier mer i undervisning og i den grad det er praktisk mulig åpne laboratoriene for selvdrevet studentaktivitet. Gjennom økt og riktig bruk av laboratorier i undervisning kan NTNU skape interesse for laboratorier blant studentene og derigjennom mellom annet øke rekrutteringen til laboratorierelaterte PhD-prosjekter.

Studentene må få møte laboratoriene i emner tidlig i studiet og gis mulighet til å velge laboratorieaktiviteter videre fram mot et evt. eksperimentelt prosjekt og en eksperimentell hovedoppgave. Nøkkelen til suksess ligger etter utvalgets mening i å drive undervisning i laboratoriene etter ”gjøre selv” prinsippet fremfor demonstrasjoner i regi av laboratoriepersonalet. Bruk av studentassistenter og PhD-kandidater som laboratorieveiledere gir muligheter. For å heve nivået og øke bruken av laboratoriebasert undervisning krever dette en viss innføring av studentene i måleteknikk. Dette må innarbeides i de fagene der lab-basert undervisning er relevant.

Flere institutter peker på at laboratoriearealene er ikke alltid optimalt utnyttet i dag, men potensialet er stort. I noen laboratorier kan mye oppnås med relativt lite ekstra ressurser spesielt på undervisningssiden.

## Innspill fra undervisningsutvalget ved IVT

* Følgende innspill er kommet fra undervisningsutvalget ved IVT:
* Alle studentene skal møte IVT-s laboratorier minst en gang i løpet av de 4 første semestrene.
* I alle emner i de 4 første semestrene der det er mulig og naturlig skal det gis undervisning i laboratoriet.
* Bruk av laboratoriene i undervisning i lavere årskurs skal prioriteres fremfor undervisning i laboratoriet i høyere årskurs dersom ressursbruk fremtvinger begrensninger.
* Hovedutfordringen er manglende driftsmidler til å kjøre undervisningslab. IVT avsetter i dag 1,5 mill spesielt til dette. Dette er svært beskjedent i forhold til ambisjonene om undervisningslab. Riktig fordelig mellom instituttene må likevel sikres og er avhengig av korrekt rapportering av omfanget av undervisningslab. Store forskjeller i rapportering av faktisk omfang synes å forekomme i dag. Antallet faktiske student-lab-timer ønskes klarlagt. Synliggjøring av laboratorier i siv.ing.- utdanningen er avgjørende for å argumentere for kostnadene ved å utdanne en sivilingeniør.
* Feltarbeid bør vurderes på linje med laboratoriearbeid.

## Innspill fra Studentrådet IVT

Utvalget gir sin tilslutning til følgende innspill fra Studentrådet IVT, gjengitt i forkortet utgave:

*Kvaliteten på dagens undervisning i laboratoriene kan løftes ved mellom annet følgende tiltak:*

* Det burde stilles krav til HMS-opplæring. Studentene må få innføring i rutiner, avviksmelding, håndtering av utstyr osv. En student bør på lik linje med forskere være skikket til å ha tilgang til laboratoriene. I tillegg må avviksrapportering i forbindelse med laboratorievirksomhet fungere og benyttes.
* Studentarbeidsplasser tilknyttet lab. Det er ofte for trangt på laboratoriet for å kunne utføre nødvendig etterarbeid. Det er derfor svært viktig at det finnes fasiliteter for å kunne støtte studentene i etterarbeidet (spesielt da det ofte er gruppearbeid ifb med laboratoriebasert undervisning).
* Det bør rettes fokus på kvalitetssikring og videreutvikling (modernisering) av laboratorieundervisningen.
* Det må være flere veiledere/stud.ass med tilstrekkelig kompetanse i tilknytning til en del av dagens laboratorievirksomhet.
* En del av dagens utstyr som benyttes til undervisning i laboratoriene er utdatert eller gått i stykker. Moderne utstyr som benyttes til forskning bør også benyttes i undervisningen. Dette er spesielt viktig hvis laboratorievirksomheten benyttes som vurdering av studentene i emnet (påvirker karakteren).
* Behovet for laboratorievirksomhet må vurderes emnevis (laboratorieundervisningen må være et hjelpemiddel til å oppnå læringsmålene i emnet).
* Opplevelsen i laboratoriet må knyttes opp mot forståelsen av teori (anvendelse av teori).
* Eksamensrelevans (læringsmål/pensum).
* Kvaliteten må være god (er det behov for et kvalitetssikringssystem spesifikt for laboratorievirksomheten?).
* Arbeidsmengden før, under og etter laboratorieøvinger burde ikke være for stor eller for liten. Her er det en fin balansegang som har mye å si for læringsutbyttet hos studentene.
* Laboratorieundervisningen i emner må fordeles utover semesteret. Et samarbeid mellom de ulike faggruppene/institutt vil kunne utelukke at flere laboratoriefag blir lagt til samme tid.
* Studentrådet IVT ønsker en form for erfaringsutveksling og erfaringsoverføring mellom institutter og studieprogrammer på IVT, for eksempel en ”beste praksis” funksjon som kunne motivere og inspirere til bedre laboratoriebasert undervisning.

# STRATEGI FOR BRUK AV LABORATORIENE TIL FORSKNING

NTNU kan nå lengst gjennom å videreutvikle laboratoriene i samarbeid med SINTEF og / eller andre partnere. Der NTNU og SINTEF samarbeider om laboratorier bør disse utvikles, drives og markedsføres slik at:

(1) NTNU har et særlig ansvar for undervisning og grunnleggende forskning

(2) NTNU og SINTEF samarbeider innen anvendt forskning

(3) SINTEF har ansvar for de fleste rent kommersielle prosjektene

Dersom det er formålstjenlig kan NTNU gjennomføre også rent kommersielle prosjekter.

Fagplanens prioriteringer stiller opp ambisiøse mål for forskning og forutsetter konkret satsing i laboratorier.

Utvalget har identifisert betydelig behov for laboratorier innen 13 av de 16 forskningsområdene. Se Tabell 14 og påfølgende beskrivelser.

Utvalget ser det ikke som relevant å rangere de 13 prioriterte forskningsområdene fra fagplanen innbyrdes og ser det derfor heller ikke som relevant å rangere tilhørende laboratorier. Gjennom fagplanarbeidet er de nødvendige prioriteringer allerede gjort og for realisering av fagplanen bør alle utvalgte områder gis mulighet til å lykkes med sine strategier for laboratorirelatert forskning.

Laboratoriebehov innen område 5,11 og 16 (se Tabell 14) er ikke prioritert av utvalget.

For de andre områdene er nødvendige laboratorier for forskning listet opp og kort beskrevet i lys av fagplanens prioriteringer. Siden arbeidet med realiseringen av fagplanens ambisjoner er i startgropen og områdekoordinatorene nettopp er utnevnt, nøler mange fagmiljøer med å prioritere mellom ulike delaktiviteter og angi detaljerte behov for ressurser og utstyr. Dette fører til at beskrivelsene av behov på noen områder er på et overordnet nivå. Like fullt har utvalget forsøkt å liste opp konkrete laboratoriebehov innen hvert område. Utstyrsbehov er i noen grad angitt, der det ikke er tvil om behovet.

Utvalget konstaterer at detaljeringsnivået er svært ulikt på de innspill vi har mottatt. Dette er i noen grad forsøkt balansert gjennom forkorting av noen beskrivelser og innhenting av supplerende opplysninger på andre områder, men detaljeringsgraden er fortsatt betydelig.

Tabell 14 Laboratorier relevante for forskningsområdene angitt i Fagplanen

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | **Excellente forskningsområder  Mål: Forsvare sin posisjon i verdensklasse** | | | | | **Utvalgte styrkeområder Mål: Gjøre sterke miljøer fremragende** | | | | | **Utvalgte utviklingsområder Mål: Gjøre gode miljøer sterkere** | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| **IVT Institutt** | **Laboratorium / virksomhet i laboratorium** | Finne mer olje og gass og utvinne mer | Marine oper. Install. i krevende marint miljø | Materialer og  konstruksjoner | CO2 fangst og lagring | Sikkerh, risik og forebygg av store ulykker | Rent vann til Norge og verden | Naturgass, olje og biomasse prosessering, transp bruk | Offshore vindenergi | Bærekraftig og innovativt industrielt Norge | Vannkraft til Norge og verden | Bærekraftig samfunnsutvikling | Metodikk for faste minressurs på land og sjø havbunnen | Trygge, effektive og miljøriktige transportløsn. vei, bane, kyst | Sikker, miljøvennlig og effektiv skipsfart | Energieffektive og funksjonelle bygninger | Prosjektering planlegging led av komplekse prosjekter |
| BAT  Bygg, anlegg og transport | Vegteknikk,  Marin byggteknikk, Geoteknikk, Husbygg, Kjøresimulator - SINTEF Byggforsk |  | x |  |  |  |  |  | **X** |  |  |  |  | **X** |  | **X** |  |
| EPT  Energi og prosessteknikk | 11 del-laboratorier innen: Varmeteknisk, Strømningsteknisk, Vannkraft, SINTEF Energi |  | x |  | **X** |  |  | **X** | x |  | **X** |  |  |  | x | **X** |  |
| IGB  Geologi og bergteknikk | Mineralogi, Oppredning, Ingeniørgeologi, Bergmek. - SINTEF G&B | x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **X** | **X** |  |  |  |
| KT Konstruksjons teknikk | Tunglab, Betonglab, Dynamikk, SIMLab – SINTEF Matr. og kjemi |  |  | **X** |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **X** |  | x |  |
| IMT  Marin teknikk | Havbasseng, Slepetank, Kavitasjon, Konstr. Maskineri, SINTEF Mtek |  | **X** | x |  |  |  |  | **X** |  |  |  | x |  | **X** |  |  |
| IPT Petroleumstek. og anv. Geofys. | Bore og produksjonslab (hall), reservoarlab | **X** |  |  | x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| IPD Produktdesign | Designlaboratorium, modellverksted – Samarbeid Arkitekt |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |
| IPK  Produksjons og kvalitetsteknikk | Verktøymaskiner, robotteknologi, DAP – SINTEF tekn.ledelse |  |  |  |  |  |  |  |  | **X** |  |  |  |  |  |  |  |
| IPM Produktutvikling og materialer | Produktutvikling og realiseringslab. Forming av metaller, Kompositter og polym., konstruksjonsintegritet – SINTEF Matr&Kjemi |  |  | **X** |  |  |  |  | x | **X** |  |  |  |  |  |  |  |
| IVM  Vann og miljøteknikk | Membran, Vannanalyse, Vassdr, Avløpsvannrens, Feltstasj. - SINTEF Byggf |  |  |  |  |  | **X** |  |  |  | **X** |  |  |  |  |  |  |

## Metoder for leting etter og utvinning av olje og gass

**FRA FAGPLAN:**

**Tilknyttet forskningsmål**: Energi

**Kompetansesenter, mest aktuelle faggrupper ved IVT**: Petroleumsteknologi og anvendt geofysikk (IPT), Petroleumsgeologi (IGB)

**Sentrale forskningsutfordringer**: Den globale energietterspørsel anslås å øke med rundt 50% de neste 25 årene. Hydrokarboner forventes å fortsatt utgjøre 60-80% av energitilførselen. For å klare dette må vi finne flere olje- og gassfelt, og utvinne bedre fra eksisterende felt. På norsk sokkel er det fortsatt et stort potensiale for nye felt, som siste års funn i så vel modne som nye områder har vist. Det er ennå store arealer som ikke er undersøkt. Den gjennomsnittlige utvinningsgraden fra norske oljefelt må økes kraftig fra dagens 46%. Deponering av CO2 og bruk av CO2 for å øke utvinningen av olje vil få sterkt fokus fremover.

**Innledning**

Laboratoriene for petroleumsteknisk forskning og undervisning ved NTNU er lokalisert i Petroleumsteknisk senter, S.P. Andersens vei 15A, og administrert av Institutt for petroleumsteknologi og anvendt geofysikk. Laboratoriene for geologi og bergteknikk er lokalisert på Gløshaugen. Laboratoriene er sentrale i arbeidet med utvikling av nye metoder for økt utvinning av olje- og gass, økt sikkerhet og mer kostnadseffektive løsninger for olje- og gassutvinning. Området har god tilgang på finansiering i et godt marked. Det er identifisert et betydelig behov for oppgradering av utstyr og utbygging av arealer.

**Nødvendige laboratorier**

Institutt for petroleumsteknikk (IPT):

* Geomekanisk laboratorium
* Bore- og produksjonslaboratorium
* Reservoarteknisk laboratorium

Institutt for geologi og bergteknikk (IGB):

* Lysmikroskopering
* Kjemisk-mineralogisk laboratorium
* EM-lab med tynnsliplaboratoriet

**Geomekanisk laboratorium (IPT).** NTNU og SINTEF Petroleumsforskning (SPF) har et nært samarbeid innenfor bergartsfysikk og formasjonsmekanikk. Laboratoriet har bergmekaniske presser og tilhørende triaksialceller for målinger av mekaniske egenskaper, (retnings­avhengige) P- og S-bølgehastigheter, akustisk emisjon og permeabilitet under spennings­forhold og temperaturer representative for konvensjonelle petroleumsreservoarer. I tillegg finnes spesialutstyr for studier av sandproduksjon og hullstabilitet i hule sylindriske prøver, samt spesialutstyr for måling på små prøver (cm – mm skala). Laboratoriet er lokalisert i SPFs lokaler og drives av SPF. SPF har vedtatt en betydelig utvidelse av denne aktiviteten med blant annet investering i nybygg og nytt avansert utstyr.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

Det er ønskelig at NTNU gir støtte til å etablere et tilknyttet studentlaboratorium for å kunne tilby laboratorieundervisning som del av emnene innen fagområdet.

**Bore- og produksjonslaboratorium (IPT).** Dette består av et boreslamlaboratorium og aktiviteter i hallbygget ved IPT hvor arealet disponeres 2/3 av NTNU og 1/3 av SPF. Boreslam­laboratoriet inneholder standard utstyr for preparering og måling av boreslamegenskaper av vann- og oljebaserte borevæsker. Standard parametere er tetthet, viskositet, filtertap, emulsjons­stabilitet. Alle studenter som velger fagområdet "Boring" må gjennomføre et laboratorieprogram. Alle forskningsprosjekt hvor boreslam inngår bruker laboratoriet som en støttefunksjon. Eksempel på pågående forskningsprosjekter er rigg for modellering/måling av trykkforhold i borehull under rigg hiv-bevegelse og modellering/måling av moment og kroklast. I forskningsprogrammet SFI - SBBU (Senter for boring og brønn for bedre utvinning) legges det opp til utstrakt samarbeid med SINTEF, International Institute of Stavanger (IRIS) og Universitetet i Stavanger (UIS), og det forventes økt laboratorieaktivitet som følge av dette.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

Det er behov for å renovere eksisterende laboratorium og bygge opp utstyr for studier innenfor boring, brønnteknologi, brønn-reservoar interaksjon og undervannsproduksjon. I ny plan er dette kalkulert til 5 MNOK.

**Reservoarteknisk laboratorium (IPT).** Dette består av mange mindre laboratorier med hovedformål å bestemme viktige bergarts-, fluid- og strømningsparametre som inngår i evalueringen av olje- og gass-reservoarer: Kjerneanalyselaboratoriet har utstyr for måling av porøsitet, permeabilitet, relativ permeabilitet, kapillærtrykk som funksjon av metning, elektriske parametre o.a. Utstyret er hovedsakelig spesialutstyr, men også mye standardutstyr som pumper, fluidbeholdere, ratemålere, trykkgivere etc. Dette er det laboratoriet hvor alle basismålingene for reservoaranalyse gjøres.

Laboratoriet for mikrobiell økt utvinning ble bygd opp i perioden 2004-2010 og inneholder apparatur for visualisering av fluidstrøm av olje og vann med bakterier på poreskala-nivå og i tillegg apparatur for måling av grenseflatespenning og kontaktvinkler. Laboratoriet har hovedsakelig blitt benyttet i et større forskningsprosjekt innen mikrobiell økt oljeutvinning, men kan også benyttes i forskningsprosjekt hvor formålet er å finne metoder for økt utvinning fra våre oljereservoarer. Laboratoriet benyttes i dag kun til forskning, men burde absolutt blitt innlemmet i den reservoartekniske undervisningen. Dette vil kreve oppbygging av flere apparaturenheter.

Laboratoriet for røntgenskanning av kjerneprøver inneholder en ombygd medisinsk skanner for studier av prøver og fluidstrømning (f.eks. vann eller gass som fortrenger olje) i store kjerneprøver. Laboratoriet har også en mikro-CT som benyttes i poreskalastudier av metoder for økt oljeutvinning. IPT har søkt om midler (60 millioner kroner) fra Norges Forskningsråds INFRA program til oppbygging av et senter for økt oljeutvinning. I følge det regjeringsoppnevnte utvinningsutvalgets (Åm-utvalget) rapport: ”Økt utvinning på norsk kontinentalsokkel”, er det påkrevet at forskningsaktiviteten intensiveres og at de reservoartekniske laboratoriene utbygges slik at vi oppnår høyest mulig utvinningsgrad i våre oljereservoarer. Instituttet har derfor planer om oppgradering av eksisterende laboratorier samt utbygging av fluid- og kjerneanalyselaboratorier for eksperimentelle studier ved reelle reservoarforhold (høye trykk og temperaturer). Denne oppgraderingen vil bli forsøkt finansiert fra flere kilder; NTNU, instituttets konto for laboratorieinvesteringer, NFR-og industri-prosjekter. De reservoartekniske laboratoriene trenger mer plass for forskning og undervisning innen bruk av surfaktanter (såpe), fluider med nanopartikler (nanofluid) og CO2 for økt utvinning. Mikromodellapparatur, roterende dråpe apparatur for måling av ultralave grenseflatespenninger og avansert reometer er anskaffet for forskning og undervisning innen avanserte metoder for økt oljeutvinning og den nye instrumentparken og den eksperimentelle aktiviteten vil kreve mer laboratorieplass. Forsknings- og undervisningsaktiviteten innen CO2 lagring i vann og olje/gass reservoarer vil også kreve mer plass. Mye av denne forskingen foregår nå i laboratoriene til SINTEF Petroleumsforskning men med stadig flere master- og PhDstudenter involvert i disse prosjektene bør NTNU ha et eget CO2-laboratorium for lagringsstudier. Dette vil kreve mer plass og utstyr for måling av diffusjon og dispersjon av CO2 i vann ved realistiske lagringsforhold.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

* Økt antall apparaturenheter for undervisning
* Oppgradering av eksisterende laboratorier samt utbygging av fluid- og kjerneanalyselaboratorier for eksperimentelle studier ved reelle reservoarforhold (høye trykk og temperaturer).
* Utover det arealet som disponeres i dag har IPT behov for ytterligere 400 – 600 m2.

**Laboratorier for mikroskopering, tynnslip og kjemisk-mineralogisk lab (IGB).**  Se også beskrivelser under område 3 og område 12. Omfatter også XRD og EM-lab og er viktig for karakterisering av mineralogi, tekstur og poreegenskaper for reservoarmekanikk. Dette inkluderer basisundervising i mikroskopering for et stort antall studenter i petroleumsgeofag, og bruk av ulike laboratoriefasiliteter i master og PhD-utdanningen i petroleumsgeologi.

## **Marine operasjoner og installasjoner i krevende marint miljø**

**FRA FAGPLAN:**

**Tilknyttet forskningsmål**: Havrommet

**Kompetansesenter, mest aktuelle faggrupper ved IVT**: Marine konstruksjoner (IMT), marin byggeteknikk (BAT),

**Sentrale forskningsutfordringer**: De siste 10 år har vist økende kommersiell og politisk interesse for både Arktis, offshore vind teknologi og havbruk. I tillegg skal vi fortsatt bygge opp under olje og gass utvinning. EU har konkrete politiske mål om vesentlig økt andel vindenergi, som betyr utbygginger i mer krevende marine miljøer (større vanndyp enn tidligere), og økt fokus på sikkerhet og driftsregularitet. USGS anslår at 30 % av verdens uoppdagete olje befinner seg i Arktis, i tillegg er det store mengder gass i områdene. Disse farvannene er sårbare og langt borte fra annen infrastruktur. Sikker og pålitelig design, installasjon og drift av bunnfaste og forankrede konstruksjoner, rørledninger og skip til arktiske forhold gir nye teknologiske utfordringer og krever grundigere kunnskap om det fysiske miljøet enn hva som er tilgjengelig i dag. Videre ekspansjon av havbruk og fornybar energi vil foregå offshore på eksponerte lokaliteter. Erfaring fra offshore olje og gass vil videre kunne benyttes til utvikling av disse næringene.

**Innledning**

Laboratorier er et sentralt virkemiddel for å skaffe ny kunnskap, verifikasjon og validering av metoder og konstruksjoner nødvendige for å utføre komplekse marine operasjoner. Marine operasjoner i krevende maritimt miljø er en sentral motivator og anvendelsesområde for det planlagte Ocean Space Center. I dokumentasjonen for KS1 for Ocean Space Center finnes omfattende beskrivelser av laboratoriebehov og begrunnelsene for dette. Dersom Ocean Space Center ikke skulle bli realisert i overskuelig framtid vil det bli satt i gang en prosess for å sørge for oppgradering av eksisterende laboratorier ved Marinteknisk Senter. Et nytt SFF senter starter opp på IVT 1. januar 2013 innen marin teknikk: AMOS - Centre for Autonomous Marine Operations and Systems.

**Nødvendige laboratorier:**

* De marintekniske laboratorier NTNU/SINTEF på Tyholt.
* Slepetank
* Havbasseng
* Marin kybernetikk (MCLab)
* Bølgerenne og andre mindre laboratorier
* Konstruksjonslaboratorium
* Fullskala/felt
* AUR Lab
* Forskningsfartøy (Gunnerus)
* "Målepakke" for fullskalamålinger på skip i operasjon
* Laboratorier ved BAT
* Is-laboratorium
* Kyst og havnelaboratorium

**De marintekniske laboratorier NTNU/SINTEF på Tyholt (IMT).**

Det understrekes at i dokumentasjonen for KS1 for Ocean Space Center finnes omfattende beskrivelser av laboratoriebehov og begrunnelsene for dette.

Av de store laboratoriene er det først og fremst Havlaboratoriet som er viktig for testing av marine operasjoner, men også den store slepetanken og en rekke mindre spesiallaboratorier er viktige. Utvikling av metoder og verktøy for Real-time hybrid testing [[1]](#footnote-1)er et satsningsområde for Ocean Space Center, og et tema som kan egne seg for tverrfaglig satsning innen IVT (og andre deler av NTNU, som Institutt for Teknisk Kybernetikk). Det store havlaboratoriet er kostbart i bruk og lite tilgjengelig for NTNU på grunn av stor pågang på kommersielle tester.  
Et mindre bølgebasseng eksisterer, MCLab, som benyttes i utstrakt grad. Dette er for smalt og for grunt til å egne seg for mange typer tester relatert til marine operasjoner. I planene for Ocean Space Center er det derfor planlagt en større "student-havlab".

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

* Ocean Space Center
* Hovedbehov for NTNU IMT: Ny, større "student-havlab" og fornyelse av floraen av mindre spesiallaboratorier
* Hybrid modellforsøksteknikk
* Nye/oppgraderte store hydrodynamiske laboratorier
* Utvidet konstruksjonslaboratorium med testrigg for fleksible rør med økt kapasitet.

**Fullskala/Felt**

Fullskalamålinger og feltmålinger av ulike slag er meget relevant i forbindelse med de kompliserte systemene involvert i marine operasjoner. Det er derfor sterkt ønskelig å utvikle kompetanse og utstyrspakker for å kunne gjennomføre effektive og presise fullskalamålinger på sjøen. AUR-Lab[[2]](#footnote-2) er en satsning av denne typen, rettet mot undervannsrobotikk. Det er søkt om penger til en større satsning – NTNU Subsea Centre, som utvider ambisjonene og arbeidsfeltet til AUR-lab til å omfatte et bredere spekter av subsea-operasjoner. Samarbeidet med Universitetssenteret på Svalbard (UNIS) er helt vesentlig for NTNU for å kunne gjennomføre feltundersøkelser / full-skala undersøkelser i Arktis. Finansieringen er dekket av UNIS, slik at NTNU gjennom undervisning og veiledning av master og PhD studenter har mer eller mindre gratis tilgang på UNIS sin logistikk.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

* NTNU Subsea Centre (søkt om storskala infrastrukturmidler 2012)
* "Målepakke" for fullskalamålinger på skip i operasjon

**Laboratorier ved BAT**

BAT (i særdeleshet gjennom SAMCoT) driver forskning innen Arktisk marin teknologi (utaskjærs og på kysten). Hovedforskjellen mellom Arktis og tempererte strøk er at det er så kaldt i Arktis at sjøis, permafrost og ising blir vesentlig for design. Aktiviteten krever omfattende eksperimentell aktivitet, og mye av dette gjøres i samarbeid med UNIS på Svalbard. I islabben på BAT gjøres små-skala forsøk av termo-mekaniske egenskaper til ulike former for sjøis, permafrost, samt undersøkelser av friksjon mellom vei/rullebane og snø/is. Disse forsøkene er viktige for utvikling av konstitutive modeller for numeriske beregninger av is-konstruksjon (eventuelt is-konstruksjon-jord) samvirke.

BAT driver i tillegg egne hydrotekniske laboratorier innen fagområdet kyst og havn, som er samlokalisert med SINTEFs Kyst- og havnelaboratorium i Klæbuveien 153 ved Valgrinda. Disse omfatter primært utstyr og infrastruktur for å studere effekt av bølger på sedimenter, stabilitet av moloer og belastninger på forskjellige typer konstruksjoner. Dette medfører modellforsøk der vannet blir forurenset av sedimenter – urent vann. Bølgerennene bygges ofte om med fast skrånende bunn for å studere effekter av grunning og naturlig bølgebryting. BAT har også utviklet spesiell apparatur for studier av strømningsinduserte bevegelser av slanke konstruksjoner som rørledninger og stigerør.

Behov for nye / oppgraderte laboratorier:

* Islaboratoriet ved BAT er relativt nytt. Det er ikke påtrengende behov for større investeringer.
* Hydrotekniske laboratorier. ”Sjøfrid” - Bølgerenne i betong med noen glassvegger. l x b x h = 33 m x 1.0 m x 1.8 m. Hydraulisk bølgegenerator for regelmessige og uregelmessige bølger, uten kompensasjon for reflekterte bølger. Renna er bygget ca. 1975 og er moden for utskifting.   
  Prisantydning 9 mill. kr.

## Materialer og konstruksjoner utsatt for krevende laster

**FRA FAGPLAN:**

**Tilknyttet forskningsmål**: Teknologi/system

**Kompetansesenter, mest aktuelle faggrupper ved IVT**: Marine konstruksjoner (IMT), marin byggeteknikk (BAT),

Denne satsningen har fokus på materialer og har to primære utgangspunkt i IVT. Det ene utgangspunktet er materialenes karakteristikker mens det andre har fokus på disse materialenes tåleevne ved ekstrem belastning.

**1) Konstruksjoner utsatt for ekstreme laster**

**Kompetansesenter, mest aktuelle faggrupper ved IVT:** SIMLab (KT), Marine konstruksjoner (IMT), betong, (KT), Materialer - Kompositt (IPM)

**Sentrale forskningsutfordringer:** Kunnskap for innovasjon og verdiskapning innen oppførsel og design av komponenter og konstruksjoner utsatt for ekstreme lastvirkninger fra terrorisme, ulykker innen transport og innen olje- og gassnæringen. Aktuelle materialer er aluminium, stål, titan, fiberarmerte plaster, kompositter, glass og betong.

**2) Nye materialløsninger**

**Kompetansesenter, mest aktuelle faggrupper ved IVT**: Nanomekanikk (KT), Material (IPM), Bygg og anleggsteknikk (BAT), Betong (KT)

**Sentrale forskningsutfordringer**: Material og nanoteknologi er utløsende for innovasjon og verdiskapning knyttet til alle de fire hovedmålene for IVT. Utvikling av nye materialer og smarte løsninger i tillegg til karakterisering og modellering av materialer- og konstruksjoners egenskaper og oppførsel er helt sentrale tema for å sikre norsk industris utvikling og konkurranseevne i et internasjonalt marked i fremtiden. Bygg og anleggssektoren står også overfor store materialtekniske utfordringer fremover, spesielt knyttet til energieffektivt byggeri. Her vil også nanoteknologi stå sentralt.

**Innledning**

Laboratoriene betjener generisk materialteknologi inklusive byggområdet og er påkrevet for forskning og undervisning. Laboratoriene dekker undersøkelser fra nanoskala av materialer til fullskala testing av konstruksjonskomponenter, over et vidt temperaturspekter og med laster fra milligramskala opp til 500 tonn. For å dekke dette vide spekter kreves det laboratorier med vidt forskjellige egenskaper og karakter. Forskning gjøres innen: - nanoteknologi for tilpasning av materialegenskaper, - multiskala modellering, - karakterisering av materialegenskaper, - tverrfaglig modellering av materialer og komponenters egenskaper og oppførsel, - utvikling av nye materialer og konstruktive løsninger basert på kompositt og polymer materialer, -langtidsegenskaper av materialer, - tribologi (friksjon/glidning/smøring), - utvikling av nye materialer og design for energieffektive bygninger, - optimalisering av fremstillings- og produksjonsprosesser og modellering av biologiske materialer.

**Nødvendige laboratorier**

* Structural Impact Laboratory - SIMLAB (KT)
* Tunglab (KT)
* Nanomekanisk lab (KT)
* Konstruksjonslaboratoriet på Marinteknisk Senter (IMT)
* Mekanisk testlab (IPM)
* Korrosjonslab (IPM)
* Tribologilab (IPM)
* Komposittlab (IPM)

**Structural Impact Laboratory – SIMLAB (KT)**

Laboratoriet ved SIMLab/KT er utstyrt med en rekke oppsett for spesialforsøk hvor noen er rettet inn mot karakterisering av materialoppførsel ved store tøyningshastigheter og varierende spenningsnivå mens andre testoppsett benyttes for kvasistatisk eller støt/kollisjonstesting av komponenter og strukturer for validering av numeriske modeller, se også [www.ntnu.edu/simlab](http://www.ntnu.edu/simlab). Laboratoriet er godt utstyrt med hensyn på måleteknikk og analyse.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

Laboratoriet har behov for en computertomograf som kan brukes sammen med en trykk/strekk belastningsrigg for studier av hulromsendringer, coalescence (fusjon) og brudd i materialer. Et slikt utstyr vil være av stor interesse også for andre fagområder ved IVT.

**Tunglab (KT)**

KTs laboratorier kan grovt sett inndeles i Tunglab, Bruddmekanisk lab, Betonglab og Trelab. Disse laboratoriene dekker de forskjellige faggruppenes behov for eksperimentell forskning og undervisning. Til sammen utgjør disse et samlet areal på i overkant 3 000 m2. I dette finner vi også areal som benyttes til SimLab sin testutrustning. KT har et mekanisk verksted drevet av SINTEF og et snekkerverksted som støtte til prøvningsvirksomheten. KT har i en årrekke hatt 2 SFIer som i stor grad har vært knyttet opp mot laboratoriene.

Tunglab. I prøvehallen finnes utstyr for fullskala konstruksjonsprøving, dynamisk verifikasjonsprøving og universalmaskiner for prøving av materialer og komponenter. Tunglaben har servohydraulisk prøvningsutrustning i størrelsesområde 40 – 6000 kN. KT har i de senere år brukt mye ressurser på både å vedlikeholde og fornye infrastruktur til prøvningsvirksomheten. De fleste av de hydrauliske prøvningsmaskinene er mellom 25 – 30 år men er godt vedlikeholdt og fungerer derfor tilfredsstillende. Laboratoriet råder også over et eget elektroverksted med tilhørende instrumentrom.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

Laboratoriet har i mange år hatt mangelfullt ventilasjonsanlegg. 50 % av varme- og frisk­luft­aggregatene er defekt og ute av funksjon. Dette medfører dårlig kontroll med temperaturen i prøvehallen og at vi derfor i liten grad kan gjennomføre prøving etter de internasjonale standardene som setter krav til omgivelsestemperatur.

Instituttet har som visjon å kunne teste fullskala skall-, skive- og platekonstruksjoner i en utendørs testlab. Det dreier seg om å få tilgang på et område med energiforsyning og annen nødvendig infrastruktur, eksempelvis i tilknytning til Tofaselaboratoriet på Tiller. Et slikt testområde må ha utgangspunkt i et større industrielt forskningsprogram. Dette er noe som KT-instituttet arbeider med.

**Nanomekanisk Lab (KT)**

NTNU Nanomekanisk Lab (NML) ble etablert i 2006 for å møte den økende etterspørsel for evaluering i nanoskala og laboratoriet har siden dette bygget opp spesialisert og tverrfaglig kunnskap på nanomekanikk og multiskala modellering. Laboratoriet har to Hysitron TriboIndenter plattformer som utgjør komplette, automatiserte nanomekanikk testsystem. Et samarbeid med EM-laboratoriet (ElektronMikroskopering, Institutt for materialteknologi ved NT-fakultetet og IGB/IVT) har ført til at en state-of-the-art in-situ SEM nanoindentation modul er blitt tilgjengelig (høst 2012). Kombinert med et universalt mikromekanisk testutstyr som kan brukes til generisk mekanisk testing, gir dette muligheter for multi-skala mekaniske eksperimenter og målinger.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

For å øke tverrfaglig forskning trengs det videre satsing på utstyr som: - syntetisering og karakterisering av nanopartikkeltransport ved høy temperatur og trykk, - lavtemperatur vakuum nanomekanisk karakteringsutstyr og utstyr for nanomekanisk karakterisering av adhesjon av is ved lav temperatur.

**Konstruksjonslaboratoriet på Marinteknisk Senter (IMT)**

Laboratoriet er spesielt fokusert på fullskala testing av stigerør, kontroll- og kraftkabler til offshore olje- og gassutvinning, og kraft-kabler til fornybar havenergi. Det er også rigger for testing av utmatting, korrosjonsutmatting og belastninger på fagverkskonstruksjoner og andre marine konstruksjoner. Labben tar mål av seg til å dekke konstruksjonstesting av alle relevante marine konstruksjoner, og skiller seg fra konstruksjonslaboratoriet i Perleporten ved sitt fokus på marine anvendelser. Labben drives av NTNU IMT og Marintek (SINTEF) i samarbeid. Det er stort belegg av verifikasjonstester for oljeindustrien.

Det er ønske om å anskaffe en større strekkmaskin for stigerør og andre typer dypvannskabler for å kunne modellere belastninger som tilsvarer større havdyp, samt å bygge opp en testrigg for kjetting. Kjettingtestriggen er hovedsakelig av interesse for kommersielle verifikasjonstester, og prioriteres ikke av IVT.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

Ny testrigg for fleksible stigerør and andre typer dypvannskabler med 600 tonns strekk.

**Mekanisk test lab/Utmattings lab (IPM)**

Dette laboratoriet undersøker materialegenskaper og små komponenter. Utstyret har kapsitet 1 – 25 tonn og alle maskinene er egnet for utmattingstesting. Nyinvesteringer er gjort; høyoppløselig høyhastighet digitalt bildeutstyr, Raman backscattering kontinuerlige tøyningsmålere, kjøleanlegg for langtids testing under arktiske forhold, 500 bar autoklav (200 mm dia, L = 700mm). Laboratoriet er viktig for utvikling av materialer og produksjonsprosesser.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

Det meste av basisutstyret er eldre enn 20 år og trenger utbedring/oppgradering. Det trengs utstyr for utmattingstesting under lave laster (enkeltfiber, polymer film, adhesive overflater). Det trengs også utstyr for testing med mekaniske laster i kombinasjon med høyt utvendig trykk for simulering av materialoppførsel under dypvannsforhold.

**Korrosjonslab (IPM)**

Korrosjonslaboratoriet ligger i Perleporten og drives i samarbeid med SINTEF Anvendt mekanikk og korrosjon. Vårt sjøvannslaboratorium ligger hos SINTEF Sealab, Brattøra.

**Tribologi lab (IPM)**

Tribologilaboratoriet ved IPM undersøker slitasje, friksjon, smøring og overflater og drives sammen med SINTEF Anvendt mekanikk og korrosjon. Laboratoriet er godt utstyrt for forskning og industriell testing.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

Det er behov for utvikling av eget utstyr innen krevende flate-flate problematikk. Det er også behov for nytt tribometer med multipurpose egenskaper: miljøkammer, vakuumkammer, fretting (gnidningskorrosjon), høytemperatur testing til 400° og valsing.

**Kompositt/Polymer lab (IPM)**

Laboratoriet tester produksjon av kompositter og polymere og er oppgradert med ny filament spinnemaskin. Laboratoriet er godt utstyrt for vakuum basert støpe-spinneprosess og har også eldre utstyr for polymer ekstrudering.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

Nytt utstyr for bedret prosesskontroll av resin transfer molding og automatisert tape laying er nødvendig. Oppgradering av ekstruderings- og blandeutstyr er nødvendig. Dette vil kreve større lokaler.

## CO2-fangst og -lagring

**FRA FAGPLAN:**

**Tilknyttet forskningsmål**: Energi, Havrommet, Verdiskaping

**Kompetansesenter, mest aktuelle faggrupper ved IVT**: Termisk Energi (EPT), Petroleumsteknologi og anvendt geofysikk (IPT)

**Andre samarbeidspartnere:** Institutt for Kjemisk prosessteknologi (NT), SINTEF Energi AS, SINTEF Materialer og Kjemi, SINTEF Petroleumsforskning AS

**Sentrale forskningsutfordringer**

* Termiske kraftproduksjonsprosesser som muliggjør CO2‐fangst.
* Integrasjon av CO2-fangst i industrielle prosesser.
* Prosessintegrasjon av delprosesser i CO2‐fangst for lavere energibruk.
* Redusert energiforbruk i separasjonsprosesser.
* Transport og logistikk i transportsystemer for CO2.
* Sikker og effektiv lagring av CO2.
* Drift og pålitelighet for systemer med CO2‐fangst.

**Innledning**

CCS er et forskningsområde hvor NTNU/SINTEF er i verdenstoppen. Vi leder/deltar i flere store EU prosjekter og har en FME kalt BIGCCS (<http://www.sintef.no/projectweb/bigccs/>). CCS forskning er tverrfaglig, og favner mange faggrupper ved NTNU (EPT og IPT ved IVT samt Kjemisk Prosessteknologi ved NT) og SINTEF (Energi, Materialer og kjemi, Petroleum). Et viktig initiativ innenfor CCS ved NTNU/SINTEF er ECCSEL (*European Carbon Dioxide Capture and Storage Laboratory Infrastructure*), som har som ambisjon å etablere en pan-europeisk, distribuert forskningsinfrastruktur innenfor CCS med oppstart i 2015. ECCSEL ble med på det Europeiske veikartet for forskningsinfrastruktur (ESFRI Roadmap) i 2008 og står også beskrevet i det Norsk veikart for forskningsinfrastruktur som kom ut i 2012, og har derfor høy prioritet av KD/Forskningsrådet. ECCSEL koordineres av NTNU (EPT) i samarbeid med SINTEF. Kunnskapsdepartementet har bevilget 160 MNOK til bygningsmessig oppgradering av Kjemiblokk 4 og Kjemihallen (ESFRI 1) og NTNU har oppgradering av Varmeteknisk Laboratorium (ESFRI2) høyt på prioriteringslisten. Dette er kostnadsberegnet til ca. 150 MNOK. I forbindelse med Infrastrukturutlysningen høsten 2012 ble det søkt om ca. 78 MNOK til etablering av den norske noden - *ECCSEL Norway CCS RI.*

**Nødvendige laboratorier**

* ForbrenningsLab
* CO2 KarakteriseringsLab
* CO2 LagringsLab

**ForbrenningsLab (EPT/SINTEF Energi)** består av forsøksrigger hvor man kan studere grunnleggende forbrennings­fenomener fra ca. 20 kW opp til 1000 kW størrelse. Forbrenning av ulike gassblandinger og olje kan studeres, utslipp og andre viktige flammekarakteristika kan monitoreres/visualiseres med ‘*state of the art*’ måleteknikker, slik som FTIR, GC, 2D LDV, Raman spektrometer, etc. Det er nylig investert ca. 8 MNOK i et brennkammer (HIPROX) for å kunne studere forbrenningsfenomener ved høye trykk (=gassturbin) og høye O2 konsentrasjoner (såkalt *Oxyfuel* forbrenning). Et annet viktig satsningsområde er såkalt *Chemical Looping Combustion* *(CLC)* hvor det i løpet av 2013 skal bygges opp en 150 kW pilot (*Double Loop Circulating Fluidized Bed*) til en kostnadsramme på ca. 10 MNOK. Det er allerede igangsatt en bygningsmessig oppgradering i VATL i tilknytning til forbrenningsaktiviteten. Dette er kostnadsberegnet til ca. 15 MNOK, hvorav 11,5 MNOK finansieres av NTNU og 4,5 MNOK av EPT.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

I forbindelse *ECCSEL Norway CCS RI* er det søkt om 5,5 MNOK for å oppgradere av HIPROX riggen til også å kunne studere forbrenning av kull.

**CO2 KarakteriseringsLab (EPT/SINTEF Energi).** For å kunne analysere/modellere transport- og lagringssystemer for CO2 er det viktig å ha grunnleggende kunnskaper om de termodynamiske og fysikalske egenskapene (f.eks. faselikevekt) til CO2 med og uten urenheter. Det er nylig bygget en CO2Mix phase equilibrium rig for å kunne studere disse fenomenene til en verdi av ca. 14 MNOK.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

I forbindelse med *ECCSEL Norway CCS RI* er det blitt søkt om finansiering av 3 nye forsøksrigger knyttet til CO2 karakterisering:

* Depressurization flow behavior facility (12 MNOK)
* Facility for studies of solid-phase formation and low-temperature phase equilibria (10 MNOK)
* Liquid phase density and viscosity measurement apparatus (6 MNOK)

**CO2 LagringsLab (IPT/SINTEF Petroleumsforskning).** Se Reservoarteknisk Laboratorium under kapittel 9.1.

## Sikkerhet, risikoanalyse og forebygging av store ulykker

Dette fremstår ikke som et laboratorieorientert område i henhold til beskrivelsen i fagplanen. Dette er derfor ikke nærmere beskrevet i denne rapport.

## Rent vann til Norge og verden

**FRA FAGPLAN:**

**Tilknyttet forskningsmål**: Funksjonell og bærekraftig infrastruktur og bygget miljø

**Kompetansesenter, mest aktuelle faggrupper ved IVT**: Vann og avløpsteknikk (IVM), Ind Ecol (EPT),

**Sentrale forskningsutfordringer**: Befolkningsvekst, urbanisering, klimaendringer og generelt økte krav til miljøstandard skaper store utfordringer for vann og avløpssystemer som delvis er gamle og utslitte; internasjonalt men også i høy grad i Norge (jfr ”State for the Nation”, 2010). Eksempler er økende hyppighet av oversvømmelser i urbane områder og av driftsavbrudd i vannforsyning eller avløp på grunn av skader eller manglende kapasitet. Det vil være behov for meget store investeringer i denne infrastrukturen de nærmeste tiårene og ledende økonomer mener at vann og avløpsindustrien på verdensbasis vil oppleve en formidabel økonomisk vekst i det 21. århundre. Dette skaper store utfordringer og muligheter som må møtes med økt forskningsinnsats.

**Innledning**

Laboratoriene ved IVM er et sentralt virkemiddel for å kunne gi grunnleggende undervisning og forskning relatert til temaet rent vann. Fagområdet er multidisiplinært og dette vil derfor påvirke både type og behov for laboratoriestøtte. IVM har tilgang til flere laboratorier, forskningshaller og feltstasjoner som brukes i stort omfang i undervisningen og forskningen. Disse inkluderer et klassisk vannanalyselaboratorium med tilhørende spesialrom med avansert vitenskapelig analyseinstrumenter, forskningshaller for oppsett av pilotanlegg i forskjellige skala, samt en feltstasjon for urbanavrenning. I tillegg til dette benyttes laboratoriekapasitet representert ved NTNU nanolab, NTNU Sealab samt samarbeid med andre faggrupper ved NTNU (f.eks. Institutt for bioteknologi). Et godt og fungerende laboratoriefasiliteter og kapasitet er helt nødvendig for å kunne utvikle og opprettholde fagområdet rent vann på et høyt internasjonalt nivå.

Generelt kan situasjonen ved IVM-laboratoriet beskrives ved at det i de siste to år er det gjennomført en omfattende og sårt tiltrengt standardheving. Det er behov for å fullføre denne prosessen. Det største behovet er styrking på bemanningssiden (laboratorieingeniør/forsker), særlig i forhold til drift og vedlikehold av avansert analyseinstrumenter.

**Nødvendige laboratorier**

* Vannanalyselaboratoriet
* Eksperimentallaboratoriet - oppsett av småskala, benkpilot forsøk
* Forskningshall – drikkevann
* Forskningshall – avløpsvann
* IVM membranlab
* Andre laboratorier ved NTNU
  + NTNU nanolab
  + NTNU Sealab
* Feltstasjon – Risvollan

**Vannanalyselaboratoriet – Valgrinda (IVM)**

Vannkvalitetsparametere, mikroskopi (standard mikroskopi, konfokal lasermikroskop), kromatografi, avansert partikkelanalyser/karakteristikk (FFF, partikkelteller, partikkelstørrelse, Zeta potensial osv.). Vannkvalitet og vannanalyser er sentralt for all forskningen relatert til rent vann. Fasilitetene og kapasiteten til vannanalyselaboratoriet representerer en kjerneaktivitet og et absolutt behov for all forskning og undervisning av fag som inngår i temaet rent vann. Aktiviteten i laboratoriet kan beskrives som en "klassisk" analyselaboratoriet med utvidet kapasitet gjennom spesialrom tilrettelagt for mikrobiologiske analyser, mikroskopi rom (standard mikroskopi-utsyr og CLSM), kromatografi analyser (både med GC og HPLC instrumenter), avansert analytisk utstyr for partikkel karakteristikk (partikkeltellere, størrelsesfordelingsmåling, Zeta potensial), samt instrument for fraksjonering (FFF) og måling av organisk karbon og lignende. Laboratoriet brukes til forskningsoppdrag, PhD og MSc oppgaver samt ordinær undervisning. Oppgradering av avansert analytisk utstyr / instrumenter gjennom IVM memlab prosjektet har bidratt til å gjøre laboratoriet mer egnet til tverrfaglig satsning innen IVT (og andre deler av NTNU, f.eks. NTNU nanolab, NTNU Sealab, Institutt for bioteknologi). Laboratoriet drives av to tekniske stillinger, hver i 50 % stilling (den ene også 50 % tilsatt ved SINTEF Byggforsk).

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

* Utvide laboratoriearealer – dagens plass er liten og spesialrommene er små

**Eksperimentallaboratoriet – Valgrinda (IVM)**

Laboratoriet brukes primært for mindre benk-skala forsøksoppsett. Rommet er utstyrt med et lite kjølerom og et lite klimarom for kontrollerte forsøk. Aktiviteten er primært rettet mot forskningsprosjekt utført som PhD, MSc hovedoppgaver eller student prosjektoppgaver. Oppgavene inkluderer prosjekter innen drikkevann, industriellvann, avløpsvann, produsertvann. Laboratoriet brukes også i undervisningssammenheng og ved demonstrasjoner for studenter.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

* Laboratoriet fremstår som gammelt og nedslitt.
* Nytt / oppgradert infrastrukturer og laboratorieinnredning.

**Forskningshall - drikkevann – Valgrinda (IVM)**

Forskningshallen er primært brukt til oppsett av pilot anlegg for drikkevannsbehandling, men brukes også for rensemetoder for forskjellige typer prosessvann. Pilotanlegg varierer i størrelse fra små bordmodeller til mindre "fullskala" anlegg som kan ha mindre kommersielle komponenter. Aktiviteten i hallen er primært rettet mot forskningsprosjekt utført som doktorgradsstudier, MSc hovedoppgaver eller student prosjektoppgaver. Aktivitet rundt drikkevannsbehandling med fokus på fjerning av NOM, mikroorganiske forbindelser, og membranseparasjon i vannbehandling er for tiden aktuelt men det arbeides for å øke aktiviteten rettet mot avansertrensing av produsertvann. Størrelsen på hallen gjør det mulig å bygge kolonner og anlegg som er 5-6 m i høyden. Hallen er under opprusting ved hjelp av IVT-tildeling 2,6 MNOK (høsten 2012), som innebærer i hovedsak bygningstekniske arbeider og installasjon av nødvendig infrastruktur.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

* Bygningsteknisk er hallen under utbedring (høsten 2012). I fremtiden vil det være behov for tilrettelegging av anordninger for å bygge / montere pilotanlegg.

**Forskningshall - avløpsvann – Valgrinda (IVM)**

Forskningshallen er primært brukt til oppsett av pilotanlegg for rensing av avløpsvann. Hallen har anlegg for å pumpe inn kommunalt avløpsvann fra en offentlig avløpsledning. Aktiviteten i hallen er primært rettet mot forskningsprosjekt utført som forskningsoppdrag, doktorgradsstudier, MSc hovedoppgaver eller student prosjektoppgaver. Forskningsaktiviteten er rettet mot drift av små-skala pilot anlegg for biologisk rensing av avløpsvann. Fokus er på utvikling av alternative biologiske renseprosesser integrert med membranfiltrering (MBR – teknologi), med uttesting av nye konsepter og rensemetoder. Størrelsen på hallen gjør det mulig å bygge kolonner og anlegg som er 4-5 m i høyden.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

* Hallen er under opprusting høsten 2012 med minimums løsninger for å tilfredsstille de nødvendige grunnleggende HMS krav. Dette omfatter maling av gulv, nytt varme og ventilasjonsanlegg, nye porter osv.. På sikt bør anlegget totalrenoveres.
* Nye / oppgraderinger av benker og anordninger for å bygge / montere pilotanlegg.
* Opprusting og sikring av drift av pumpestasjon som forsyner hallen med avløpsvann.

**IVM memlab – Valgrinda (IVM)**

Integrering av membranteknologi i avansert vannrensing er et satsningsområde for forskningsgruppen ved IVM. Partikkel separasjon med membranfiltrering er en teknologi som vokser raskt og anvendes i behandling av alle typer vann. En forutsetning for å forske og utvikle denne teknologien er muligheten og kapasiteten til avansert analyser av både vannet som behandles og membranens karakteristikk. Gjennom prosjektet AVIT 2009 (en 4,9 MNOK bevilgning fra NFR) har IVM investert i flere avanserte analyseinstrumenterfor partikkel ­karakterisering, analyser av løste organiske forbindelser, og biofouling (e.g. vekst av biofilm og andre utfordringer fra biologiske prosesser i vann). Instrumentene inkluderer bant annet; en CLSM (confocal laser scanning microscope) for 3D analyser av biofouling på overflater (f.eks. membraner) koblet med biologisk makromolekylanalyser; en FFF (flow field fractionation) instrument med flere detektorer tilkoblet (e.g. UV, MALS, OCD, HPLC, fluorosens spektrometer) for analyser av løste organiske forbindelser (f.eks. NOM, mikroorganiske forurensninger); partikkelteller og analyse av partikkelstørrelses fordeling, Zeta potensial; en fluorosens spektrometer for EEM målinger (e.g. måling av organiske forbindelser, proteiner osv.). Instrumentene er i stor grad installert i spesialrom i vannanalyselaboratoriet. Anvendelsen av membran teknologien er innen drikkevannsbehandling, rensing av avløpsvann, rensing av industri vann (e.g. prosessvann, produsertvann, avløpsvann på skip), og resirkuleringssystemer i akvakultur. Hensikten med IVM memlab er å supplere analyse muligheter ved NTNU nanolab og danne grunnlaget for å være et nasjonalt kompetansesenter for forskning og analyser av væskeseparasjon med membranteknologi.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

* Det er benyttet rom i vannanalyselaboratoriet til oppsett av instrumenter. Disse er små og det er behov for større og mer egnede rom.

**Feltstasjon - Risvollan (IVM)**

Risvollan feltstasjon for urban avrenning er drevet av NTNU i samarbeid med Trondheim Kommune og NVE. Stasjonen består av et inngjerdet område med instrumenter og instrumenthus med en åpen overvannskanal i kjelleren. Stasjonen ble i 2010/2011 rustet opp med delvis ny instrumentering som et spleiselag mellom flere aktører. Stasjonen brukes aktivt i undervisningen og til forskningsprosjekter på MSc og PhD nivå. Det er samlet høyoppløselige data på Risvollan i over 20 år, noe som også gjør den attraktiv for større internasjonale prosjekter (EU program). Bygningsteknisk er stasjonshuset under utbedring.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

* Behov for oppgradering av snøsmeltebrett og oppsamlingskar
* Kommunikasjonslinjer (i dag basert på ISN linje)
* Instrumentering til vannkvalitetsovervåking

## Naturgass, olje og biomasse – prosessering, transport og sluttbruk

**FRA FAGPLAN:**

**Tilknyttet forskningsmål**: Energi, Havrommet, Verdiskaping

**Kompetansesenter, mest aktuelle faggrupper ved IVT**: Industriell prosessteknikk, Termisk Energi, Strømningsteknikk (EPT)

**Andre samarbeidspartnere:** Institutt for Kjemisk prosessteknologi (NT), Institutt for Teknisk kybernetikk (IME), SINTEF Energi AS, SINTEF Materialer og Kjemi, SINTEF Petroleumsforskning AS

**Sentrale forskningsutfordringer**:

Termodynamikk, fluiddynamikk, masse- og varmetransport og numerisk modellering knyttet til:

* Flerfasetransport.
* Våtgasskompresjon.
* Gassprosessering.
* LNG‐produksjon og transport.
* Tørrgasskompresjon.
* Drivstoff, varme- og kraftproduksjon fra biomasse
* Prosessintegrasjon.
* Sluttbruk av naturgass – forbrenningsprosesser og kjemisk konvertering.
* Sikkerhet - brann og gasspredning.
* Drift og pålitelighet.

**Innledning**

Det er stor aktivitet i de involverte faggrupper og laboratorier med gode rammevilkår og god tilknytning til ekstern forskning og finansiering. Området er meget vidtrekkende og omfatter:

* Flerfasetransport. Utvinning av olje og naturgass setter stadig nye krav til transport av brønnstrøm for å kunne utvikle nye felter på lønnsomt vis. Utfordringer ligger i fysisk forståelse og 3D transiente regnemodeller for flerfasestrøm.
* Våtgasskompresjon. Mange olje/gass-felter kommer til å trenge bruk av kompresjon på brønnhode for å oppnå en høy utvinningsgrad. Utstyr for våtgasskompresjon er i liten grad utviklet. Utfordringer ligger innenfor forståelse for termodynamikken for denne type flerfase fluider, samt i design og utvikling av utstyrskomponenter knyttet til kompresjon.
* Gassprosessering. Dette området omfatter separasjonsprosesser for naturgass, både for fraksjonering og for utskilling av uønskede komponenter som surgasser (CO2, H2S). Utfordringer omfatter hvordan redusere størrelse og energiforbruk i ulike separasjon-prosesser.
* LNG‐produksjon og –transport. Omfatter ulike prosess-systemer for nedkjøling, separasjon og flytendegjøring av naturgass, samt prosesstekniske forhold knyttet til transport av LNG. Utfordringene er i stor grad knyttet til prosessdesign, hvor balanse må finnes mellom lavt energibruk og kompleksitet i forhold til drift og pålitelighet. En utfordring er også design av varmevekslere med svært lave temperaturdifferanser.
* Drivstoff, varme- og kraftproduksjon fra biomasse: Forbehandling og oppgradering, transport, forbrenning, forurensing og gassrensing.
* Sluttbruk av naturgass – forbrenningsprosesser og kjemisk konvertering. Omfatter ulike typer forbrenning av naturgass, ulike prosesser hvor forbrenning inngår som for eksempel i gasskraftverk, samt prosessdesign og energibruk knyttet til syntesegassproduksjon og påfølgende produksjonsprosesser med basis i syntesegass.

**Nødvendige laboratorier**

* FlerfaseLab
* VåtgasskompresjonsLab
* GassprosesseringsLab
* KryogenLab
* BioenergiLab
* ForbrenningsLab

**FlerfaseLab (EPT).**Det fokuseres det på dynamisk strøm med tilhørende aktivitet på numerisk modellering. Olje og vann blandes ved innløp til testseksjonen og separeres i en tyngdeseparator ved utløpet. Væskene sirkuleres med flere typer pumper og måles før blandepunktet. Luft tas fra sentralsystemet, etter trykkreduksjon. Flere typer testseksjoner er montert på veggen (7 m høy) og langs en 15 m lang rett bjelke (+/- 10 grader). Instrumenteringen er i hovedsak trykk og impedansprober. Infrastrukturen er av høy kvalitet og er etablert med ekstern finansiering.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

Det vil framover fortsettes med samme strategi med vekt på dynamisk strøm, utvidelse på olje-vann strøm, kombinasjon med numerisk modellering (frontfølgemodeller). Oppgradering finansieres gjennom prosjekter med industriaktører (oljeselskaper), Forskningsråd og interne ressurser (= timebistand fra teknikere).

**VåtgasskompresjonsLab (EPT)** består i dag av en elektromotordrevet kompressor som komprimerer vann og luft. Motoren er turtallsregulert ved egen VSD. Luften som komprimeres er atmosfærisk inneluft. Vannet som benyttes trykksettes ved hjelp av egen pumpe. Formålet med riggen er å analysere og dokumentere de grunnleggende forholdene relatert til våtgass kompresjon.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

Det er nå planlagt å bygge en ny trykksatt, flerfase pumperigg med Aker Solutions for å analysere og dokumentere strømningsforhold i flerfasepumper. Anvendelse er knyttet til havbunns­kompresjon av brønnstrøm med høy andel væske. Oppgradering finansieres gjennom prosjekter med industriaktører (Statoil, GE, Aker Solutions) og interne ressurser (= timebistand fra teknikere).

**GassprosesseringsLab (EPT)** består av forsøksrigger som benyttes til å studere grunnleggende fenomener knyttet til gass-væske separering, væske-væske separering, strømning/trykktap og varmeovergang i varmevekslere. Det er de siste årene gjort betydelige investeringer (ca. 15 MNOK) i nytt utstyr med finansiering fra oljeselskaper (Statoil), Forskningsrådet og NTNU Discovery.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

Det vil kontinuerlig være behov for oppgraderinger som primært vil finansieres gjennom oppdragsforskning.

**KryogenLab (EPT/SINTEF Energi)** består av forsøksrigger knyttet til flytendegjøring, transport og lagring av Naturgass (LNG) og Hydrogen (H2). Infrastrukturen består av:

* Kalorimetre for måling av termiske størrelser (konduktivitet, spesifikk varmekapasitet) til materialer ved lave temperaturer
* Apparatur for måling av permeabilitet for porøse materialer ved lave temperaturer
* Testrigg for lagring av hydrogen i karbonmaterialer ved lave temperaturer
* Mini LNG prosessanlegg som nå er kommersialisert og tatt i bruk for re-kondensering av NG på LNG skip.
* Liq-H2 prosessanlegg for energieffektiv flytendegjøring av hydrogen

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

Nytt instrument for måling av konduktivitet i faststoff. Finansieres av EPT.

**BioenergiLab (EPT/SINTEF Energi)** består av en rekke apparaturer/instrumenter for karakterisering av brensler (bombekalorimeter, TGA, DSC, askesmeltemikroskop, ICP, FTIR, MS, GC) og flere forsøksreaktorer (*fixed bed, fluidized bed, entrained flow*) som benyttes til å studere torrefisering, pyrolyse, gassifisering og forbrenning av biomasse og avfall. En egen infrastruktur er bygget opp for testing og utvikling av vedovner etter Norsk Standard. Resultatene fra laboratorieforsøkene benyttes til (videre) utvikling av modeller og simuleringsverktøy (PRO/II, Hysis, Aspen, and GTPRO/GTMASTER). Det er gjort betydelige investeringer (ca 13 MNOK) de sener årene med støtte fra Forskningsrådet, bla. gjennom FME CenBio.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

Innenfor satsningen på biodrivstoff er det gjennom en storskala infrastruktursøknad høsten 2012 søkt om finansiering til bygging av en gassifiseringsrigg kostnadsberegnet til ca. 7 MNOK.

**ForbrenningsLab (EPT/SINTEF Energi).** Se Kapittel 9.4.

## Offshore vindkraft

**FRA FAGPLAN:**

**Tilknyttet forskningsmål**: Energi

**Kompetansesenter, mest aktuelle faggrupper ved IVT**: Strømningsteknikk (EPT), Marine konstruksjoner (IMT), Marin byggteknikk og Geoteknikk (BAT)

**Sentrale forskningsutfordringer**: Hovedutfordringen for offshore vindkraft er å redusere kostnadsnivået i alle ledd slik at energikilden blir mer konkurransedyktig. Dette krever forskning innen mange fagfelt, bl.a.:

* Offshore vind karakteristikk og aerodynamisk last
* Fundamentering og bærende konstruksjoner
* Effektiv produksjon, sammenstilling og installasjon av offshore vindmøller

**Innledning**

Offshore vindturbinanlegg er under sterk utvikling, spesielt internasjonalt. En norsk visjon er å være en aktør innen utvikling vindparker i stor skala og å være internasjonalt ledende innen forskning (NOWITEC). Offshore vindturbinforskning involverer dynamikk fra vind og vann, jordrespons og erosjon og dette krever store laboratorie- og forsøksressurser.

**Nødvendige laboratorier**

* Vindtunnel
* Marine og Hydrodynamiske laboratorier, dels utvidet med vindfasiliteter evt. virtuell del med datastyrte aktuatorer.
* Kyst- og havnelaboratorium
* Geoteknisk geodynamikklaboratorium
* Feltmålinger og fasiliteter
* Utmattingslab
* Komposittlab

**Vindtunnel (EPT)**

Vindtunnelforsøk er viktige både for videre forbedring av dagens rotor design (nye og bedre blader, kontroll etc.) og for å studere wake effekter. EPT har studert og sammenlignet målinger med numerisk modellering av wake effekter i et samarbeidsprosjekt mellom NOWITECH og NORCOWE. EPTs laboratorium har allerede internasjonal anerkjennelse for turbin/wake studier i modellskala i vår vindtunnel (Blind test #1, publisert i Renewable Energy, Blind test #2, nylig avholdt, vil bli publisert).

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

Dagens vindtunnel har en testseksjon på 11x3x2 meter men i de videre studier er det behov for en vindtunnel av dobbel størrelse. Dette for å redusere skalaeffektenes innvirkning slik at det oppnås mer realistiske eksperimenter.

**Marine og hydrodynamiske laboratorier (IMT-Tyholt)  
Kyst og havnelaboratoriet (BAT-Valgrinda)**

Ved design, installasjon og drift/vedlikehold av offshore vindenergi-installasjoner er marinteknisk kunnskap av den typen som utvikles i laboratoriene på Marinteknisk Senter en viktig faktor. Offshore vindenergi er identifisert som en av de viktige motivasjonsfaktorene for Ocean Space Center. Spesielt for flytende offshore vindturbiner er hydrodynamiske og andre marintekniske fagområder av avgjørende betydning ved design av vindturbinen. Det er mange hydrodynamiske effekter (for eksempel annen- og høyere ordens effekter og effekter som ikke faller inn under potensial strømningsteori) som krever modellforsøk i basseng for å forstå bevegelsesrespons og indusert utmatting av vindturbinens komponenter og dens bæresystem. Det gjøres allerede forsøk relatert til dette i laboratoriene på Tyholt. Installasjon og vedlikeholdsoperasjoner er avanserte marine operasjoner som også omfattes av dette fagområdet.

Kombinerte bølge – vind eksperimenter, hvor en bunnfast eller flytende vindturbin utsettes for bølger samtidig med et realistisk vindfelt, er betraktet som nødvendig. Det er i dag ingen bølgetankfasilitet i verden som kan gjøre dette. Flytende offshore vindmøller har blitt pekt ut som en pilotanvendelse for "real-time hybrid testing". Dette er et alternativ til et fullt kombinert bølge-vind-forsøk og kan beskrives som er en hardware-in-the-loop tilnærming. IMT/CeSOS utfører allerede pilotforsøk med en vindturbinmodell i bassenget hvor vindturbinens respons er simulert og erstattet med aktuatorer. Denne tankegangen kan også tilsvarende anvendes i vindtunnelen, hvor bølgeinduserte dynamiske bevegelser av en bunnplassert eller flytendene offshore vindturbin er simulert og erstattet av aktuatorer. Dette er i forskningsfronten, en gruppering i Milano har i år gjort forsøk med to frihetsgrader.

Bunnplasserte vindturbiner utsatt for ikkelineære bølgekrefter, for eksempel fra brytende bølger på grunt vann er et viktig forskningsområde. Dette er forsøk som i dag gjennomføres i bølgerenne i regi av BAT/Marin byggteknikk i kyst- og havnelaboratoriet i Klæbuveien. Denne bølgerenna er moden for utskifting, jfr. beskrivelse under område 2. For bunnplasserte konstruksjoner er samvirket mellom jord og konstruksjon påkrevd for et komplett vindturbinlaboratorium.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

* Det hydrodynamiske laboratoriebehovet er stort sett det samme som for fagplanområde 2 - Marine Operasjoner – altså at en større "student-havlab" er første prioritet for IMT i Ocean Space satsningen. I tillegg kommer behov for dynamisk testing av kraftkabler, som gjøres i konstruksjonslaboratoriet på Tyholt.
* En full 6 frihetsgrads aktuatorkontrollert plattform for "real-time hybrid testing" i vindtunnel har ennå ikke blitt gjennomført. Dette er sterkt ønskelig.
* Fremtidig løsning for ny bølgerenne i Kyst og havnelaboratoriet på Valgrinda må utredes.

**Geoteknisk geodynamikklaboratorium (BAT)**

Forskningen på fundamentering av offshore vindturbiner er eksternt finansiert av Statoil med DnV og Norconsult som partnere i form av professor og PostDoc og med PhD-støtte fra IVT.   
Jordrespons er avgjørende for bunnfaste vindturbiner og det bør fokuseres på målinger i full skala offshore. I tillegg er det nødvendig å bygge opp et geodynamisk laboratorium på NTNU. Offshore vindturbiner er utsatt for et stort antall repeterte laster fra vind og bølger og stivhet og dempningsbidrag fra jord er viktig input i strukturdesign for evaluering av egenfrekvenser og utmattingslevetid. Poretrykksoppbygging og syklisk nedbryting av styrke er avgjørende for geoteknisk dimensjonering av vindturbinfundamenter. Relevante geotekniske parametere er lavtøynings stivhet og materialdemping (tøyningshysterese). I en resonanskolonne utsettes en jordprøve for syklisk last over et bredt frekvensområde for fastlegging av dempning og egenfrekvens som gir stivhet.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

Det kreves nyinvesteringer i resonanskolonne, syklisk skjærboks og treaks med benderelement.

**Feltmålinger og fasiliteter**

Det knytter seg mange viktige forhold til monitorering av komponentene som inngår i en vindturbin. Ettersom målinger fra instrumenterte vindturbininstallasjoner er lite tilgjengelig er det pr i dag usikkerhet knyttet til kalibrering og evaluering av de numeriske simuleringsmetoder som er utviklet. Økt usikkerhet knyttet til dynamiske oppførsel og simulering oppstår når konstruksjon og fundament er utsatt for skade fra erosjon og scour.

Karakterisering av vindforholdene foran og bak en vindturbin er viktig for bedre forståelse av tilstanden og for å gjøre det mulig med en tilnærming hvor design baseres på målinger. Tradisjonell målemetodikk (ett-punkts-målinger fra kopp-anemometre og ultralyd anemometre) suppleres med moderne "Remote Sensing" teknikker (LIDAR - Light Detection And Ranging, SODAR - Sonic Detection And Ranging). Gjennom NOWITECH er EPT deleier i 2 stk LIDAR og har nylig investert i en egen LIDAR. Dette kan betraktes som begynnelsen til en ny standard for vindmålinger og gjennom EPTs deltagelse i [WindScanner.eu](http://WindScanner.eu) - prosjektet fås tilgang til det ypperste av fullskala måleteknikker på "vind". En visjon er at EPT investerer i en 1D WindScanner og gjennom våre europeiske samarbeidspartnere i [WindScanner.eu](http://WindScanner.eu) får verktøy og viten for optimalisert design av vindparker. Geomatikkmiljøet på BAT har også relevant kompetanse på fjernmåling.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

* I de senere år har det vært stor utvikling i instrumentering og trådløs sensorteknologi og det vil være formålstjenlig for NTNU å satse på utstyr og ekspertise for å kunne delta i feltinstrumentering av fullskala vindturbiner.
* Enkomplett instrumentert flytende vindturbinville være et ideelt feltlaboratorium for NTNU og vil gi unike forskningsmuligheter. NOWITECH/NTNU arbeider for tiden med et slikt laboratorium (NOWERI – Partnere CMR, SINTEF Energiforskning AS, IFE, NTNU). Det gjenstår å se hva som kan realiseres med dagens finansieringsomfang (NFR;66 mill. + andre).

**Komposittlab (IMT)**

IPM har i komposittmateriale bygget forskjellige småskala prototyper av vindturbinblader og designet NTNUs referanse turbinblad. Et nytt turbinblad med bend-twist kobling er under utvikling og testfasiliteter vil bli etablert i IPMs mekanikklab. Se beskrivelse under område 3.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

* Storskala testfasiliteter for turbinblader er ønskelig.

**Utmattings lab (IMT)**

Dette er en naturlig laboratoriekomponent for vindturbinforskning på materialsiden. Den er i detalj beskrevet under område 3.

## Et bærekraftig og innovativt industrielt Norge

**FRA FAGPLAN:**

**Tilknyttet forskningsmål**: Verdiskaping

**Kompetansesenter, mest aktuelle faggrupper ved IVT:** Produksjonsledelse (IPK), Produksjonssystemer (IPK), Produktdesign (IPD), Produktutvikling, beregning og bearbeiding (IPM)

**Sentrale forskningsutfordringer:**

Det norske samfunnet er avhengig av en bærekraftig verdiskaping, og industrien er ryggraden i denne verdiskapingen. Utvikling og utnytting av teknologi for å designe, utvikle, produsere og levere produkter og tjenester, basert på våre naturgitte og kompetansemessige forutsetninger må prioriteres. Fremtidens produkter, tjenester, produksjonssystemer, verdikjeder og infrastruktur må møte kravene til bærekraft. Prosesser og produkter må effektiviseres og støttes av intelligente systemer. Forskningen skal være målrettet mot å skape en fremtid for produksjon i Norge.

Forskningen skal gi mer grunnleggende og generisk kompetanseutvikling med fokus på etablering av teori, grunnleggende empirisk innsikt, konsepter og modeller. Forskningen skal forankres i et industrielt topplederforum og spesielt styrkes gjennom systematisk forskeropplæring koblet tett med utdanningen, og være grunnlag for anvendt forskning gjennom samarbeid med SINTEF og norsk næringsliv og forvaltning. Forskningen skal tematisk rettes mot:

* *Intelligente og utvidete produkter med høy verdiskaping*:
* *Intelligente produksjonssystemer*:
* *Bærekraftige og integrerte verdikjeder basert på ny teknologi*:

**Innledning**

Innovasjon, utvikling og produksjon av avanserte produkter er nøkkelen til fremtidig industriproduksjon i et høykostland som Norge.  Fremtidens norske samfunn og industriell virksomhet vil i stor grad være basert på robotisering og automatisering. Den neste generasjons produksjonssystemer vil være fleksible, høyt automatisert og bruke meget avanserte, såkalt intelligente metoder og maskiner. Fagplanen fokuserer på viktigheten av å utvikle og utnytte ny samlet kunnskap om menneskers forhold til produkter, produktutviklingsprosesser, ny teknologi, nye materialer, og produksjonsprosesser slik at dette danner et helhetlig grunnlag for utvikling av mer attraktive produkter og tilhørende tjenester innenfor ulike bransjer som vareproduksjon, prosessindustri, marin virksomhet, olje og gass, konsulentvirksomhet, etc. Viktige forskningsaktiviteter vil være nye bearbeidingsmetoder, med spesiell fokus på additive prosesser, automatiske prosessovervåkingssystem for optimal vedlikeholdsplanlegging, selvkorrigering og nullfeilproduksjon. Vi må videre vektlegge design i utvikling av de produktene og tjenestene som skal produseres og leveres. På disse områdene har Norge et godt utgangspunkt for å videreutvikle sin vareproduserende industri, og IPM og IPKs laboratorier vil sammen med IPD ha en posisjon som nasjonale forskningslaboratorier på området.

**Nødvendige laboratorier**

* Prototypelaboratorium
* Brukbarhets- og adferdslaboratorium
* Tunglab IPK
* Målelab
* Automasjonslab
* Robotlab
* DIM-lab
* Metallformingslaboratoriet
* Produktutviklings- og Realiseringslaboratorium

**Prototypelaboratorium (IPD)**

Laboratoriet inneholder utstyr for framstilling av ulike modeller til bruk i forskning og undervisning innen produktdesign. Modellene benyttes i ulike faser av designprosessen, og skal gjenspeile estetiske, dimensjonelle, funksjonelle og brukerorienterte aspekter. Tre, skum, plast og metall bearbeides, og det bygges avanserte mekatronikkmodeller i laboratoriet.

**Brukbarhets- og adferdslaboratorium (IPD)**

Laboratoriet brukes til forskning og undervisning på hvordan nye grensesnitt og produkter endrer brukskvalitet og brukeradferd innen bærekraftig adferd, medisinsk teknologi, mobil IKT, kontrollrom ol.  Til bruks- og adferdsstudier basert på prototypene har lab´en bruksbarhetstest-utstyr, mobilt eyetracking utstyr, stasjonære, trådløse og hodebårne kameraer, med tilhørende analysesoftware. Laben vil være viktig for satsningen på interaksjonsdesign som egen studieretning og eget forskningsområde.

**Tunglab (IPK)**

Laboratoriet inneholder som hovedutstyr manuelle fresemaskiner, dreiebenker og boremaskiner, ny maskin for additiv tilvirkning, CNC-styrte frese- og dreiemaskiner (3- og 5-akse), to maskiner for ulike typer gnist-bearbeiding, slipemaskiner og sveiseutstyr. Her drives undervisning og forskning på bearbeidingsprosesser, forskning på additiv tilvirkning. Komponentproduksjon for NTNU, SINTEF og eksterne kunder. Opplæring og praksiskurs for studenter.

**Målelab (IPK)**

NC-styrt målemaskin for høypresisjonsmåling av komponenter samt en del manuelt måleutstyr. Her drives undervisning på metrologi, og presisjonsmålinger for interne og eksterne kunder (f.eks. Roxar, Justervesenet).

**Automasjonslab (IPK)**

Montasjecelle med to hurtigarbeidende ADEPT-roboter med kamera-visjon, to datastyrte matere og ett transportbånd, en Universal Robot, utstyr for mekatronikkundervisning (jigger av ulike typer styrt av mikrokontrollere og PLC), samt avansert utstyr for bildegjenkjenning. Her foregår bl.a. undervisning på programmering av mikrokontrollere og PLC (mekatronikk), studentprosjekter (prosjekt og master) i automatisert montasje (montasjecelle), forskning og studentprosjekter på fleksibel automatisert montasje og forskning på automatisert visuell inspeksjon av komponenter. Universal Robot brukes for forskning på fjernstyring av roboter bl.a. i samarbeid med Universitetet i Budapest.

**Robotlab (IPK)**

3 Universal Robots, 2 NACHI roboter, en ABB sveiserobot, 3 AGV (selvutviklede). Her lærer studentene grunnleggende robot-programmering, samt at robotene brukes i prosjekt- og masteroppgaver. Samtidig drives forskning relatert til framtidens fabrikk, og oppdragsforskning, begge deler i tett samarbeid med SINTEF Raufoss Manufacturing.

**DIM-lab (IPK)**

Her drives undervisning og forskning på dataintegrert tilvirkning, bl.a. rapid prototyping ut fra CAD-modeller, og optimalisering av transformering fra CAD til CAM, samt utprøving av alternative formingsprosesser i tradisjonelle verktøymaskiner. Laboratoriet inneholder bl.a. en prototypemaskin for lagvis tilvirkning, men mye av utprøvingen foregår i tunglab.

**Metallformingslaboratoriet (IPM)**

Laboratoriet inneholder blant annet utstyr for ekstrudering, smiing, dyptrekking, samt ulike varianter av avanserte og adaptive formeprosesser. Laboratoriet har også diverse utstyr for kalibrering og 3D optisk måling. Utstyret benyttes for forsknings- og undervisningsformål.

**Produktutviklings- og Realiseringslaboratorium (IPM)**

Laboratoriet inneholder maskiner og utstyrsenheter for innovativ virksomhet rettet mot å kunne fremstille komplette modeller og prototyper og komponenter til disse. Laboratoriet omfatter flere del-laboratorier mellom annet en prototypelab, et tynnplateverksted, Eco-Marathon-lab, Mekatronikklab, PU-lab i samvirke med fasiliteter for CAD/CAE og annen computersimulering. IPM ønsker å styrke denne type laboratorieaktivitet gjennom å gjøre den mer forskningsorientert.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

* **Brukbarhets- og adferdslaboratorium.** Det er nødvendig med en oppgradering av dagens brukbarhetslab. Det trengs ny eye tracker, diverse videovervåkningsutstyr, touchskjermer, Arduinosutstyr, PCer og nødvendig programvare for softwareprototyping. Videre er det ønskelig med en aldringssimulator og antropometriske databaser og analysesoftware for arbeid og belastning.
* **Additive metoder.** Ved IPKs laboratorier vil det være nødvendig med oppgradering og utvidelse av

utstyr for additiv tilvirkning.  Det er behov for utstyr som er basert på LENS-prosessen eller tilsvarende, som kan benyttes for blant annet reparasjon og påleggssveising ved hjelp av additive metoder med metallpulver. På dette området går utviklingen meget raskt, og gjennom moderne laboratoriefasiliteter vil undervisning og forskning være nasjonalt ledende på området. Det eksisterende utstyret i IPKs laboratorier har bragt teknologien ut til norsk industri, og denne aktiviteten må videreføres.

* **Industrirobot.** Laboratoriet må utvides med en industrirobot for tunge bearbeidingsoppgaver. Konkrete eksempler er automatisert sliping av skipspropellblader og håndtering og sammenføyning av store jetmotorkomponenter. Det skal bygges opp et system for adaptiv bearbeiding og montasje. Utstyret vil være sentralt i forskningen på fleksibel automatisering der variasjoner i produktgeometrier er en utfordring.
* **MekaIntegrerte sensorsystemer og intelligente styringssystemer.** For satsingsområdet Intelligente og utvidete produkter vil det være nødvendig å investere i laboratorieutstyr for forskning på sensorsystemer og intelligente styringssystemer som er integrert i mekaniske produkter. På bakgrunn av økt fokus på dette området har IPM og IPK inngått et samarbeid om undervisning i mekatronikk, og det er nødvendig å løfte frem dette fagfeltet ytterligere. Det bør derfor investeres i avansert infrastruktur for et mekatronisk forskningslaborium.IPD viderefører sin satsing innen produktdesign med mekatroniske produkter, og tilrettelegger for mekatronikk-prototypebygging innen undervisning.
* Ved IPM vil det være nødvendig å fornye og oppgradere utstyr for plastisk forming, med spesiell fokus på utstyr som støtter forskningen innenfor adaptivitet i formeprosesser. Det vil også være behov for å oppgradere utstyret for automatisert sveising. Dette må sees i sammenheng med utstyrsinvesteringer som gjøres i IPKs laboratorium.

## Vannkraft til Norge og verden

**FRA FAGPLAN:**

**Tilknyttet forskningsmål**: Energi

**Kompetansesenter, mest sentrale faggrupper ved IVT**: Strømningsteknikk (EPT) og Vassdragsteknikk (IVM)

**Sentrale forskningsutfordringer**: De følgende utfordringene finnes både i Norge og andre steder i verden. NTNU har spilt og vil spille en stor rolle i kompetanseoverføring til U-land, og i brobygging mellom akademia og industri.

* Utforming av vannkraftsystemer
* Pumpekraftverk og økt effekt i eksisterende kraftverk
* Drift og vedlikehold av vannkraftturbiner
* Høytrykks vannkraftverk inkl. småturbiner og –kraftverk
* Sedimenter i vannkraftmagasin og inntak, måling og simulering
* Dammer og damsikkerhet
* Hydrologi for drift og planlegging
* Vassdragsmiljø

**Innledning**

Vannkraftfaget er tradisjonelt sett oppdelt i fagdisiplinene bygg-, maskin- og elektroteknikk med undervisning tilhørende forskjellige studieretninger. I dag er IVT-instituttene IVM, EPT og IGB involvert med Institutt for elkraftteknikk fra IME-fakultetet. På oppfordring fra bransjen er vi i gang med å samle miljøene i Norsk vannkraftsenter. Initiativtakere fra disse fire instituttene har sendt et felles brev til rektor ved NTNU, hvor de ber om at forskning og utdanning innenfor vannkraftfeltet synliggjøres for bransjen og studentene. En arbeidsgruppe er i gang med å lage et strategidokument og handlingsplan.

Laboratoriearbeid og feltmålinger vil alltid være en integrert del av forskning innenfor vannkraft og vassdragsteknikk. For å følge opp utviklingen innen numeriske beregninger av strømning i elver, rundt hydrauliske strukturer, tunnelsystemer og maskiner med numeriske modeller (CFD), er det sterkt behov for verifiserende målinger i laboratorier og felt. Et viktig element er også visualisering av strømningstilstander i vassdrag, tunnelsystem og maskiner. I tillegg er det veldig viktig å drive et moderne og funksjonelt laboratoriet for å bruke det i undervisningen.

Området preges av mange initiativ og god ekstern finansieringsvilje. Det er stor storskala forsøksvirksomhet som krever betydelig investering i forskningsinfrastruktur.

**Nødvendige laboratorier**

* Vassdragslaboratoriet på Valgrinda
* 3 hydrauliske renner, 2 av dem ny eller oppusset, 1 trenger oppussing
* 800m2 areal for skaleringsmodeller
* Automatiserte måleutstyret for alle slags frispeilstrømninger og sediment transport
* Vannkraftlaboratoriet på Gløshaugen
* Testrigg for testing av turbiner, reversible pumpeturbiner og pumper
* Pelton testrigg (en stråle)
* Strømningssløyfer for generelle strømningstekniske forsøk
* Hydrologiske Feltstasjon "Sagelva".
* Tre vassføringsstasjonar: Hokfossen, Svarttjønnbekken og Hestsjøbekken
* To klimastasjonar: Helligdagshaugen og Svartjønnbekken.
* Standard klimavariable: Temp, fukt, vind, stråling
* Snøputer på begge stasjonar
* Forskningssnøputer i samarbeid med NVE på Svarttjønbekken.
* Ny klimastasjon med avansert strålingsmåling og disdrometer for avansert nedbørmåling i Svartjønnbekken.

**Vassdragslaboratoriet på Valgrinda (IVM/SINTEF Byggforsk)**

Den store (3300 m2) hydrauliske forsøkshallen (Vassdrags- og havnelaboratoriet) ble tidligere drevet av SINTEF NHL. Nå har SINTEF trukket seg ut av vassdragsvirksomheten og instituttet driver Vassdragslaboratoriet her i denne hallen. Instituttet øker aktivitet i laboratoriet og arbeider med å fornye infrastruktur til å bli et moderne og vel utstyrt hydraulisk laboratorium til bruk både i undervisning og forskning.

I dette arbeidet blir de følgende områder prioritert:

* Grunnforskning i de hydrauliske rennene
* Kapasitetberegninger av flomoverløp av bestående vannkraftanlegg
* Tekniske løsninger for små vannkraftanlegg
* Sedimenttransport i elver og rundt vannkraftanlegg
* Sedimentering og sedimenthåndtering i vannkraftmagasin
* Damsikkerhet
* Rehabilitering og oppgradering av vannkraftanlegg

I vassdragslaboratoriet er det investert i en ny, tiltbar hydraulisk renne (MNOK 5,7 bevilgning via CEDREN samt NVE) samt i oppgradering/renovering av gammel renne med diverse tilleggsutstyr for mer enn MNOK 2 (bevilgning fra NTNU). Vassdragslaboratoriets eksperimentelle fasiliteter suppleres med diverse feltutstyr (investert ca. MNOK 3, bevilgning via CEDREN) til bruk blant annet i Sagelva hydrologiske feltstasjon og i tillegg er det inne en søknad på MNOK 1 til Forskningsrådet om et instrument til vassdragslaben, samt en søknad på MNOK 2 til feltutstyr.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

* Oppgradering av rør system for vannforsyning
* Vedlikehold av pumper for vannforsyning
* Oppgradering av Transformator for å få 400V system i hele laboratoriet
* Oppussing/oppgradering av en hydraulisk renne.

Totalt sum for investering er ca. MNOK 5.

**Vannkraftlaboratoriet på Gløshaugen (EPT)**

Vannkraftlaboratoriet har en strømningssløyfe hvor man kan teste hydrauliske turbiner, reversible pumpeturbiner (RPT) og pumper. Det er også en testrigg for Peltonturbiner i egen sløyfe. I tillegg kan vi trykksette andre rør for å gjennomføre generelle strømningstekniske forsøk. Vannkraftlaboratoriet ble totalrenovert i perioden 2003 – 2005, men nye rørsystemer, pumper og instrumentering. Turbintestriggen holder nå internasjonal standard i henhold til International Electrotechnical Commission (IEC – TC4). For at laboratoriet skal gi godkjente resultater fra modelltester, er det en forutsetning at laboratoriet oppfyller kravene til instrumentering og kalibrering. For kalibrering av volumstrøm har vi en veietank med sertifiserte veieceller. Det er en kontinuerlig prosess å opprettholde kvaliteten i laboratoriet.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

* Kavitasjonssløyfe for skovlprofiler
* Oppgradering av Pelton-testrigg til to stråler
* Høyhastighetskamere og PIV
* 3D-printer for utforming av turbiner og pumper

Totalt sum for investering er ca. MNOK 6.

**Hydrologisk Feltstasjon "Sagelva" (IVM)**

Sagelva hydrologiske forskningsfelt dekker et areal på 9,6 km2 i Jonsvannets nedbørfelt øst for Trondheim. Feltet er i dag forsynt med to klimastasjoner og tre målestasjoner for avrenning. Målestasjonen i Hestsjøen er ute av drift etter at instrumentet havarerte. Feltet har vært i kontinuerlig drift siden 1969 og fram til i dag med svært få brudd i dataserien. Begge klimastasjonene er forsynt med nedbørsmålere og sensorer for vind, temperatur og luftfuktighet. For snømålinger finnes snøsmeltemåler og snøpute samt et antall manuelle strekk med lange dataserier. Det er og data på grunnvann. Stasjonene er fornyet over de siste 6 årene stort sett med hjelp fra NVE og Statkraft, men i det siste også gjennom CEDREN. Data blir overført til NVE i Oslo over telefonlinje og lagret i NVE sin database, og NTNU kan hente data derifra. NVE står også for deler av driften av vannføringsstasjonene og klimastasjonen i Svarttjønnbekken.

Data fra Sagelva blir brukt i forskningen både på PhD- og masternivå, og som en viktig del av undervisningen i hydrologi. Sentrale forskningstema i dag er utvikling av fordelte hydrologiske modeller som kan operere med korte tidsskritt for prognosering og bruk av nedbørradar i hydrologiske modeller. Feltet er også godt egnet for forskning innen småfelthydrologi og flommer i små felt som øker i aktualitet.

Behovet for nye / oppgraderte laboratorier:

* Utstyret i Sagelva er gradvis oppgradert i løpet av de siste 6 årene takket være velvilje fra NVE og Statkraft (Trondheim Energiverk). Det er fremdeles et stort behov for videre utvikling (ny nedbørmåler Svartjjønnbekken, reparasjon av smeltemåler osv.), og spesielt trengs et stabile rammevilkår for drift og vedlikehold. Noe så enkelt som finansiering av dataoverføring er i dag fordelt på mange ulike prosjekt/kontoer som ikke er holdbart i lengda.
* Det mangler kompetanse på teknisk drift i organisasjonen. Vi trenger tilgang til personell med kunnskap om elektronikk, programmering og drift av loggere, reparasjon av instrument og planlegging/drift av stasjoner.
* Utviklingen går i retning finere tidsoppløysing i modeller og mer data er nødvendig. Derfor er det behov for en ny klimastasjon, 3 – 5 nye vannføringsstasjoner og automatiserte grunnvannsstasjonene.
* Automatiske utstyr for innsamling av vassprøver til bruk i isotopanalyser.
* Kostnader for nødvendig vedlikehold og oppgraderinger MNOK 2.5.
* I tillegg er det ønskelig og har personell for teknisk drift og vedlikehold.

## Bærekraftig samfunnsutvikling

Dette fremstår ikke som et laboratorieorientert område i henhold til beskrivelsen i fagplanen. Dette er derfor ikke nærmere beskrevet i denne rapport.

## Metodikk for kartlegging, karakterisering og bærekraftig utvinning av Norges faste mineralressurser på land og på havbunnen

**FRA FAGPLAN:**

**Tilknyttet forskningsmål:** Verdiskaping, delaktiviteter også i de andre målområdene som er definert i fagplanen

**Kompetansesenter, mest aktuelle faggrupper ved IVT:** Mineralproduksjon og HMS, Geologi, Ingeniørgeologi og bergmekanikk (IGB)

**Sentrale forskningsutfordringer:**

Økende behov for mineralressurser kombinert med utfordringer innen miljøaspekter ved leting og utvinning og behov for nye teknologiske løsninger.

Prospektering og geomodellering:

* Utvikle nye geologiske letemodeller for mineralforekomster på land og i havet
* Geologisk og geofysisk kartlegging og forekomstmodellering
* Forskning på mineraler/bergarters magnetiske egenskaper

Utvinning:

* Gruvedrift og produksjon av tilslagsmaterialer
* Oppredning med fokus på utvikling av miljøvennlig metodikk
* Resirkulering, urban mining og alternativ bruk av avgang

Deponering og miljø:

* Avgangsdeponering, spesielt sjødeponering
* Hydrogeologi og geovarme
* Geofarer og stabilitet i løsmasser
* Stabilitet og bruk av undergrunnen til lagring (eks. ”HC”, CO2)

**Innledning**

Regjeringen har annonsert en ny mineralstrategi som vil offentliggjøres i løpet av våren 2013. Dette kan åpne for et nytt bransjeprogram for mineralindustrien i regi av NFR (Normin II). Forskningsinstitusjonene har gjort et solid grunnarbeid i nært samarbeid med industrien for å utforme et forslag til et slikt rammeprogram. Resultatet av dette arbeidet er blitt presentert i en egen rapport (MinForsk (2011)) som har blitt godt mottatt av NFR. Samtidig blir det nå opprettet (fra januar 2013) et nordisk virtuelt senter, NordMin, for forskningssamarbeid og bærekraftig utvikling av mineralressurser. Oppgraderte, spesialiserte og avanserte laboratorier er en grunnleggende forutsetning for å utvikle forskningsområdet. IGB har en rekke spesiallaboratorier og er involvert i laboratorievirksomhet ved andre fakulteter, ved SINTEF og ved UiO.

Samlokaliseringen av de nevnte laboratoriene i Bergbygget er en stor fordel for IGB som vertsinstitutt innen fagplanområdet «Metodikk for kartlegging, karakterisering og bærekraftig utvinning av Norges faste mineralressurser på land og på havbunnen», og laboratoriene er viktige i satsningsområdet. Laboratoriene er under kontinuerlig utvikling, i samsvar med intensjonene for fagplanen. IGB har prioritert laboratoriestillinger, men det er viktig å ha fokus også på ressurssituasjonen fremover, spesielt med tanke på PhD stipendiater.

**Nødvendige laboratorier**

* Ingeniørgeologisk/bergmekanisk laboratorium
* Oppredningslaboratoriet
* Kjemisk-mineralogisk laboratorium
* SEM- og mikroskoperingslaboratoriene med (tynn)slip
* Magnetiske målinger
* Bore - og produksjonslaboratoriet ved IPT
* Laboratorier ved Marinteknisk senter

**Ingeniørgeologisk og bergmekanisk laboratorium (IGB)**

IGB benytter laboratoriet til undervisnings- og forskningsaktiviteter. Laboratoriet er et sameie med SINTEF og i henhold til inngått samarbeidsavtale har SINTEF daglig driftsansvar og ivaretar den eksterne oppdragsvirksomheten. Pr i dag er laboratoriet fysisk delt, men bergmekanikklaboratoriet vil i 2013 bli samlokalisert med ingeniørgeologisk laboratorium i Bergbygget. I tillegg til konvensjonelt laboratorieutstyr finnes det en rigg for fullskala boltetesting og det er nylig investert i skjærboks. Laboratoriet vil i 2013 bli oppgradert med utstyr for triaksial testing av spesielt sterke bergarter (opp til 4000 kN). Faggruppen har stor forskningsaktivitet med rundt 10 PhD- studenter og 30-35 MSc-studenter. Laboratoriene på ingeniørgeologi og bergmekanikk benyttes i dag i forbindelse med flere forskningsprosjekter, inkl. MSc og ph.d-prosjekter, spesielt innenfor feltene:

* Fullprofilboring av samferdselstunneler (spesielt borbarhetslaben)
* Nye metoder for sikring og tetting i vegtunneler (spesielt skjærboks og utstyr for styrketesting)
* Boltemetoder (bolterigg)

Det vil bli lagt opp til økt bruk av laboratoriene på disse og andre områder i tiden framover, spesielt når det nye testutstyret for bergmekaniske egenskaper er på plass, forhåpentligvis i første halvdel av 2013. Deler av laboratoriet er unikt og utgjør et kompetansesenter og referanselaboratorium både i nasjonal og internasjonal sammenheng innen borbarhetstesting og testing av sleppematerialer fra svakhetssoner. Innenfor borbarhetstesting har de mest sentrale testmetodene etter søknad nylig blitt innvilget internasjonal varemerkebeskyttelse. Laboratoriet er relevant også for fagplanens forskningsområder 1 - Metoder for leting etter og utvinning av olje og gass, 10 – Vannkraft til Norge og verden og 13 - Trygge, effektive og miljøriktige transportløsninger på veg, bane og kyst.

**Oppredningslaboratoriet (IGB)**

Oppredningslaboratoriet ved IGB er det eneste av sitt slag i Norge og har potensial til å bli europeisk ledende Aktiviteten i laboratoriet er sterkt økende. Laboratoriet har tungt utstyr for fragmentering og mineralseparasjon og en infrastruktur som muliggjør eksperimenter i pilotskala. Adgangen til viktige støttelaboratorier som partikkellaboratoriet som drives av SINTEF (i samme bygg), og instituttets kjemisk-mineralogiske laboratorier er en stor styrke. Utstyrsparken omfatter blant annet instrumentert og automatisert pilotmølle, flotasjonsutstyr fra mikro- til pilotskala, ulike magnetseparatorer (svakfelt og sterkfelt), samt sentrifuger og vaskebord for gravitativ separering. Utstyret er i stor grad industrifinansiert og maskinparken har et klart oppgraderingsbehov. IGB har søkt IVT om midler til nytt utstyr for elektrisk fragmentering (HVPF – High Voltage Puls Fragmentation). Forskningsprosjektene i oppredningslaboratoriet omfatter både NFR-finansierte prosjekt og prosjekt fullfinansiert av industrien. For tiden kjøres to nærings-PhD-prosjekt (NFR) og et større BIA-prosjekt (NFR), sistnevnte i samarbeid med SINTEF materialer og kjemi. Nærings-PhD.-prosjektene omhandler rensing av henholdsvis GGC-konsentrat og pegmatitt til kvarts/feltspat-produksjon, mens BIA-prosjektet går på utvikling av en prosess for renere hematittkonsentrat som kan brukes i direkte reduksjon. Oppredningslaboratoriet er også inne i flere nye NFR-søknader og i en EU søknad innen ”Breakthrough Solutions for Mineral Extraction and Processing in Extreme Environments (NMP.2013.4.1-2)”. I tillegg drives egenutvikling av utstyr og metoder. Maskinparken i oppredningslaboratoriet er i stor grad industrifinansiert.

**Kjemisk – mineralogisk laboratorium (IGB)**

IGB har svært gode fasiliteter for avansert mineralkarakterisering. For noen år siden anskaffet IGB state-of-the-art røntgenutstyr (XRD og XRF) og har utviklet spesialkompetanse innen Rietveld-analyse. Videreutvikling av kvantifiseringsmetodikk inngår i grunnforskning og anvendt geometallurgi. Laboratoriet inkluderer også rom for prøvepreparering og våtkjemiske analyser, samt ICP-MS bl.a. til å analysere sporstoffer i vandige løsninger. XRD-analyser benyttes av alle faggruppene ved instituttet, bl.a. til identifikasjon av leirmineraler i ingeniørgeologi og reservoarbeskrivelser (jmf. svelleleire), XRF og ICP-MS brukes i petrologisk forskning og til å påvise forurensninger i mineralråstoff og vandige løsninger. Rietveldmetoden innen XRD har vært sentral i mineralkvantifisering i flere oppdrag og forskningsprosjekt, og det er publisert artikler innen reaktivitet av aggregat i betong, kvantifisering av som feltspat råstoff og produkt og innen manganmalm oppvarmet i under ulike redox-forhold. For tiden jobbes det med metoder til bestemmelse av magnetisk og ikke magnetisk magnetkis og hvordan dette kan brukes til å forbedre prosesseringen av marmorråstoff. XRD og XRF utstyret er også sentralt i samarbeidet med Institutt for materialteknologi og Sintef materialer og kjemi på malmegenskaper, foredling av SiO2-råstoff til produksjon av solceller og Si-karbid, samt andre. For å være i front med utviklingen er det viktig at laboratoriet og software holdes kontinuerlig oppdatert, og at det etableres nettverkslisenser så studenter i større utstrekning kan få jobbe med egne data.

**Laboratorier for lysmikroskopering (IGB)**

IGB har forsknings- og undervisningslaboratorium for optisk lysmikroskopering, både for tynnslip og malmpreparater, og diverse tilleggsutstyr som fryse-varmebord til væskeinneslutnings mikrotermometri, etc. Det er også planer om anskaffelse av utstyr for Ramanspektroskopi ved IGB. Undervisning i optisk mikroskopi er sentralt for utdanning av kandidater i alle fagretninger ved IGB og deler av IPT og har ført til høy slitasje på mikroskopene og behov for å erstatte dem i løpet av kort tid. Det er også behov for nye avanserte lysmikroskop i forbindelse med nyansettelser. Lysmikroskopering inngår som en viktig del av forskning i mineralogi, petrologi, malmgeologi, og innen karakterisering av petroleumsreservoarer - både på master, PhD og professornivå – alle bruker mikroskop. Eksempler: Longyearbyen CO2 prosjektet – studium av lavpermeabelt sandsteinsreservoar. Instituttet har for tiden 3 PhD-prosjekter innen malmgeologi , samt andre innen alkali aggregatreaksjoner i betong, og innen mineralproduksjon og prosessmineralogi støttet av NTNU, forskningsrådet og næringslivet, og antallet vil øke i forbindelse med søknader fra nyansatte faglærere og NTNUs satsning innen mineraler.

**Elektronmikroskopi (EM) laboratoriet (Inst. for Materialteknologi ved NT-fak. og IGB)**

Laboratoriet for skanning elektronmikroskopi i Bergbygget eies av Institutt for Materialteknologi ved NT-fakultetet. IGB er medeier i en del av utstyret og bidrar til delfinansiering av en stilling i laboratoriet. IGB samarbeider også innen metodeutvikling, for eksempel innen kvantitativ mineralkarakterisering og partikkelteksturanalyse (PTA), EBSD (elektron backscatter diffraction) og katodeluminescens. I forbindelse med partikkelkarakterisering vil det også kunne bli aktuelt å investere i et kommersielt system (MLA eller QUEM-SCAN).

**Sliplaboratoriet**

Tynnslippreparering er støttefunksjon for lysmikroskoperings- og EM-laboratoriene som produserer ulike typer høykvalitetspreparater nødvendig for undersøkelser av bergarter og mineraler med gjennomfallende og reflektert lys. Ulike typer preparater brukes til ulike teknikker, polerte tynnslip (0,03mm tykke) montert på glassplate brukes for standard gjennomfallende-lys-mikroskopering, og ulike spesialpreparater brukes innen andre materialer (malmer, betong, væskeinneslutninger og enkelte elektronmikroskopimetoder). Laboratoriet ved IGB betjener i tillegg til egen forskning og undervisning også andre ved NTNU og eksterne. All vår aktivitet innen lysmikroskopering og elektronmikroskopering bruker preparater fra dette laboratoriet, som er kjent for høy kvalitet.

**Laboratorium for magnetiske målinger**

I forbindelse med økt satsing på mineralleting vil IGB også vektlegge geofysiske metoder - jfr. NGUs nye satsning på bedre kartlegging av Norges ressurser blant annet ved bruk av aeromagnetiske målinger. IGB vil i forbindelse med ansettelsen av Professor Suzanne McEnroe overta et vibrating sample magnetometer fra NGU til bruk i forskning og studentoppgaver. Instituttet vil også investere i feltmagnetometer og bygge opp laboratorium for standard måling av naturlig remanent magnetisering, susceptibilitet og tetthet. NTNU (ved McEnroe) er også partner i en nylig innsendt NFR infrastruktursøknad om opprettelse av et avansert Geomagnetisk laboratorium ved universitetet i Oslo. Andre partnere er universitetet i Bergen og NGU. Partnernes roller er å bidra med forskningsaktivitet. Pågående forskningsprosjekter: «MATERA ERA-Net EU 7th Framework: Novel Nanomagnetic Oxide Composites: Giant-exchange-bias storage devices». Koordinator- Suzanne McEnroe i samarbeid med Helmer Fjellvåg (UiO) og Andrew Putnis (Uni-Munster), Total budsjett 905,000 Euros. Norske partnere er finansiert av NFR- Nanomat Program, 5.8 million NOK. «Sources and nature of remanent magnetization and susceptibility: Keys to interpretation of magnetic anomalies over continental lithosphere”, prosjektforslag til vurdering hos NFR. Dette prosjektet er rettet mot mineralressursleting og utvikling av ny teknologi for magnetisk kartlegging i mineralskala.

**Bore - og produksjonslaboratoriet** ved IPT og **Laboratoriet ved Marinteknisk senter** vil kunne utteste systemer og metoder for opphenting av mineraler fra havbunnen. Slike systemer kan bestå av undervanns oppsamling og sorteringsanordninger, pumper og stigerørsystemer for transport av mineralressurser til overflatefartøy, etc. Samarbeid med AUR-Lab inngår gjennom Deep Sea Mining prosjektet, som inngår i leting etter Mineralressurser.

## **Trygge, effektive og miljøriktige transportløsninger på veg, bane og kyst**

**FRA FAGPLAN:**

**Tilknyttet forskningsmål**: Infrastruktur/ bygget miljø

**Kompetansesenter, mest aktuelle faggrupper ved IVT**: Veg og transport, betong, geomatikk, konstruksjonsmekanikk, geoteknikk, geologi, marin byggteknikk, bygge og anleggsteknikk

**Sentrale forskningsutfordringer**: Forslag til Nasjonal transportplan for 2014 til 2023 peker på at Norge har en infrastruktur som i stor grad er preget av dårlig tilstand med behov for nye løsninger og omfattende oppgradering av veg, jernbane og havner. Lignende utfordringer finnes over hele verden.

Antall drepte og skadde i vegtrafikken har gått ned i mange år, men utgjør fortsatt et alt for høyt antall. Bærekraftig planlegging og bygging skal sikre optimal infrastruktur, langsiktighet i arealutnyttelse, effektiv transport, trygge veger, gode nærmiljø, reduksjon i støy/støv og utslipp av klimagasser. Under Horizon 2020 er det satt av 31,7 milliarder euro for å løse de sosiale utfordringene Europa står ovenfor. Seks konkrete nøkkelområder er prioritert. To av disse er: (1) Smart, grønn og integrert transport og (2) Klima, råvarer og ressurseffektivitet. I regi av ECTP lanseres:”Research for Future Infrastructure Networks in Europe” (reFINE). ERA net Roads satser på: (1) Intelligent infrastructure, (2) Effektiv og varig vedlikeholds-metodikk, (3) Bærekraftige og energieffektive transportløsninger. NFR har prioritert konsekvenser av klimaendringer i sine planer.

**Innledning**

Forskningsområdet er beskrevet i hovedsatsinger på trafikkmodellering, bruer og rekordlange fjordkryssinger, vegteknologi og undergrunnsanlegg, jernbane, rehabilitering drift og vedlikehold, kyst og havn og klima, ras og flom. Området er meget vidtrekkende og favner derfor mange faggrupper og laboratorier hvor de fleste har stor aktivitet og gode rammevilkår. De involverte institutter har gjort strategiske grep for å styrke sine laboratorier. Laboratoriene har god tilknytning til ekstern forskning og finansiering. For fagplanområdet er det derfor store muligheter innen de eksisterende laboratoriene. SVV og Jernbaneverket er viktige samarbeidspartnere som står for en stor del av finansieringen innen området.

Det er identifisert områder som må vurderes i forhold til rehabilitering eller endring. Spesielt gjelder dette miljøet ved kyst og hav som sammen med SINTEF og IVM-Vassdragsteknikk er under arealmessig press som følge av innføring av husleieordningen (VHL – NHL – Klæbuveien).

**Nødvendige laboratorier**

* Trafikantadferd (kjøresimulator)
* Laboratoriet ved KT med Tunglab, Bruddmekanisk lab, Betonglab og Trelab.
* Vegteknologisk laboratorium og feltutstyr
* Ingeniørgeologisk og bergmekanisk laboratorium
* Islaboratoriet
* Kyst og havnelaboratoriet
* Geoteknikk laboratorium og feltutstyr

**Laboratorium for trafikantadferd (BAT)**

Laboratoriet eies 50/50 SINTEF/NTNU men er i hovedsak drevet og brukt av SINTEF. Det består av kjøresimulator, instrumentert bil og utstyr for måling av trafikkantadferd i felt. Kjøresimulatoren er i ferd med å bli utdatert og det er behov for en betydelig investering for å kunne følge med i utviklingen og være attraktiv for nye oppgaver. SINTEF har sendt inn en søknad om midler fra forskningsrådet (FORINFRA) for oppgradering (18 mill.).

Ettersom det i dag hovedsakelig er SINTEF som bruker laboratoriet har NTNU en utfordring med å komme over i en mer aktiv rolle i bruk og utvikling av laboratoriet.

Behovet for nye / oppgraderte laboratorier:

* Full utskifting nødvendig

**Laboratoriet ved Institutt for konstruksjonsteknikk (KT) med Tunglab, Bruddmekanisk lab, Betonglab og Trelab**

Se beskrivelse også under område 3. Dette laboratoriet omfatter utstyr for bestemmelse av mekaniske egenskaper av konstruksjonselement og materialer fra nano- til fullskala. Tester kan kjøres under varierende temperaturer fra -10°C til 200°C med kontroll av relativ luftfuktighet. I tillegg kan multi-skala simuleringer foretas for å koble mekaniske egenskaper til atomstrukturer.

Det eksisterende utstyret omfatter mellom annet spesialisert utstyr for svinn og kryp i betong, påvirkning fra is på byggematerialer, utstyr for storskala mekanisk testing og elektrokjemiske undersøkelser. Videre eier instituttet utstyr for insitu testing og måling av dynamisk respons av konstruksjoner.

Laboratoriet ved KT er velutrustet for å møte utfordringene i forskningsområdet. Løpende utvikling og fornying av utstyr vil med tiden kreve ressurser. Behov for målrettede investeringer i utstyr direkte knyttet til fagplanen må forventes å oppstå i nær fremtid.

**Vegteknologisk laboratorium (BAT/SINTEF Byggforsk)**

Laboratoriet tilhører BAT, er godt utstyrt og for store deler er det ikke behov for investeringer utover fornying og mindre utskifting av utstyr. Vinterdrift av veger er et voksende fagfelt og det planlegges opprettet et virtuelt forskningssenter hos BAT. Finansiering til dette senteret er

forankret i etatsforskningsprogrammet *Vinterdrift av veger* som har blitt vedtatt av Statens Vegvesen medio november 2012. Det planlegges flere PhD og PostDoc-studier innen vegbanefriksjon og salting. Det krever utvidelse av dagens islaboratorium ved BAT med en lengre bane der interaksjonen mellom vegoverflate og vinterdekk kan testes i mellomskala under kontrollerte forhold.

Behovet for nye / oppgraderte laboratorier:

* Rask oppbygging av nye laboratoriefasiliteter for vinterdrift er viktig for å sikre PhD-prosjektenes gjennomføring innen forskningsprogrammet. Bygningsteknisk avhenger dette av NTNU Eiendom for å gjøre området byggeklart.
* Feltutstyr og spesielt georadar utvikler seg raskt og det er stadig behov for utskifting/oppgradering av utstyr og programvare. Noen av disse investeringene kan finansieres ved hjelp av eksterne bidrag.

**Ingeniørgeologisk og bergmekanisk laboratorium (IGB/SINTEF Byggforsk)**

Beskrevet under område 12.

**Islaboratoriet (BAT)** *Frost, is, tele, vinterdrift*

BAT har historisk sett hatt stor virksomhet innen frost, primært knyttet til geoteknikk (mekaniske egenskaper til frossen jord) og vegteknologi (fryse-tine-teleproblematikk) og var ved etableringen av UNIS pådriver for teknologiforskning på Svalbard. I dag er BATs engasjement innen frost i stor grad knyttet til arktisk teknologi (jfr. område 2), med styrkemåling av is, prøvetaking og insitu målinger av egenskapene til permafrost samt målinger av egenskaper til snø og landis. Dette er aktiviteter koordinert mellom NTNU og UNIS, både i laboratorier og felt.

I islaboratoriet på BAT gjøres det i dag forsøk av termo-mekaniske egenskaper til ulike former for is og frossen jord (permafrost, tele). Synergieffektene med SAMCOT er store, spesielt i forhold til konstitutiv materialmodellering og laboratorietesting i regi av prosjektet. Islaboratoriet er nytt og har således lite investeringsbehov.

**Kyst- og havnelaboratoriet (BAT/SINTEF Byggforsk)**

BAT driver egne hydrotekniske laboratorier samlokalisert med SINTEFs Kyst- og havlaboratorium i Valgrinda og er relevant for havnebygging og farleder for sikker sjøtransport. Laboratoriet omfatter utstyr og infrastruktur for å studere effekt av bølger på sedimenter, stabilitet av moloer og belastninger på forskjellige typer konstruksjoner. For bølgeanalyser benyttes 33 m lang bølgerenna ”Sjøfrid”, med hydraulisk bølgegenerator for regelmessige og uregelmessige bølger, uten kompensasjon for reflekterte bølger. Renna er bygget ca. 1975 og må skiftes ut. Prisantydning 9 mill. kr.

Behovet for nye / oppgraderte laboratorier:

I regi av SINTEF har de hydrotekniske laboratoriene storskala fasiliteter for oppbygging av store modeller av havneområder for studier av miljølaster ved forskjellig designløsninger. Det er i dag realitetsvurderinger i forhold til kostnads/inntjeningspotensialet i denne del av laboratoriet. Det er derfor primært en diskusjon om denne laboratoriedelen skal beholdes og i så fall i hvilket omfang, dernest kommer vurderinger av oppgradering og modernisering. Disse vurderingene må ses i sammenheng med hele forskningsmiljøet i Klæbuvegen 153, som inkluderer Vassdragsteknikk ved Institutt for vann og miljø, hvor Vassdragslaboratoriet har store plassbehov for modellforsøk (jfr. Område 10 – Vannkraft til Norge og verden). BAT-Geoteknikk benytter også deler av hallen i Vassdragslaboratoriet til flomskred og større modellforsøk knyttet til Klima, ras og flom.

**Geoteknisk laboratorium (BAT)**

Geoteknisk laboratorium plasseres under bærekraft – ved utvikling av varige konstruksjoner og under klima – ras og flom, spesielt innrettet mot sikkerhet av norsk infrastruktur, økt utnytting og utbygging av kritiske områder og sikkerhet for alle former for ferdsel. Geoteknikklaboratoriet ligger i ­Lerkendalsbygget og omfatter undervisnings- og forskningslaboratorier rettet inn mot jordmaterialundersøkelser og mindre fysiske forsøk, et storskala 3-etasjers sandlaboratorium for innbygging av store sandmodeller med kjente egenskaper samt islaboratoriet som er etablert og drives sammen med BAT-Marin Byggteknikk. Geoteknikklaboratoriet gjennomfører egenfinansiert oppgradering av utstyr for kvalitetsheving/modernisering av måleapparater og instrumentering og for å oppnå kapasitetsøkning til bedre å dekke PhD/MSc-aktivitet. Geoteknikk arbeider i felt med to geotekniske borerigger (Vitenskapelig utstyr 2010) samt lastebil (BAT- strategiske midler 2011) og containerløsning for transport og oppbevaring. Geoteknikk har som partner av gjennom CoE-prosjektet International Centre of Geohazards utført omfattende bygging og gjennomføring av spesialforsøk, spesielt inn mot oppførsel og undersøkelser av bløte leirmaterialer. Disse aktivitetene videreføres direkte i NFR-prosjektet Geofuture og det tverretatlige forskningsprosjektet NIFS (Naturfare, Infrastruktur, Flom og Skred) i regi av Statens Vegvesen, Jernbaneverket og NVE. Geoteknikks laboratorium støttes av Statens Vegvesen i form av 1 stilling (Vit.ass) knyttet til laboratoriet + 40% PostDoc stilling til felt- og laboratorieforskning.

Behovet for nye / oppgraderte laboratorier:

* Hovedutfordringene knyttet til videre utvikling av geoteknisk felt og laboratorium er å øke spekteret av undersøkelsesutstyr, spesielt mot dynamisk testing av jordmaterialer, jfr. også område 8 - Offshore Wind, med resonanskolonne og dynamisk skjærboks.
* Av større infrastruktur er det et umiddelbart behov for rehabilitering av sandlaboratoriet som har gått uendret siden installasjon i 1976.

## Sikker, miljøvennlig og energieffektiv skipsfart

**FRA FAGPLAN:**

**Tilknyttet forskningsmål**: Energi og havrommet

**Kompetansesenter, mest aktuelle faggrupper ved IVT**: Marine konstruksjoner, marine systemer, termisk energi, RAMS

**Sentrale forskningsutfordringer**: Internasjonal skipsfart står for en ikke uvesentlig og dessuten økende andel av globale CO2-utslipp, samt utslipp av skadelige nitrogenoksider (NOx), svoveloksider (SOx) og partikler som påvirker helse og miljø regionalt og lokalt. Man forventer dessuten økende oljepriser og derfor drivstoffkostnader. Norge er en betydelig skipsfartsnasjon, med en stor flåte og ledende miljøer innen forskning, klassifikasjon og skipsutstyr. På denne bakgrunn er forskning innen miljøvennlig og energieffektiv skipsfart et viktig tverrfaglig tema der det er behov for kompetanse innen flere fagområder slik som hydrodynamikk, konstruksjoner, maskineri, driftsteknikk, prosjektering og logistikk, risiko og sikkerhet, marin kybernetikk og elkraft teknikk.  
Anvendelser: Maritime, Olje og gass, Fiskeri

**Innledning**

De hydrodynamiske aspektene ved skipsdesign og skipsdrift krever fortsatt eksperimentell utprøving i modellskala. Økende fokus på oppførsel i sjøgang gjør at fysiske laboratorier fortsatt vil være viktige i lang tid, selv om CFD i økende grad tar over i spørsmål om ytelse og oppførsel i kondisjoner der dynamikk er mindre viktig. Slepetank og kavitasjonstunnel er viktige laboratorier, men også maskinerilaboratorium og havbasseng, samt mindre spesiallaboratorier er relevante. Området er identifisert som en viktig driver i Ocean Space Center. Vedlikehold og oppgradering av nevnte laboratorier er nødvendig, og vil bli søkt iverksatt dersom Ocean Space Center ikke blir realisert i denne omgang. Ved fornyelse av laboratoriene skal sjøgangslaboratorier prioriteres foran laboratorier som er innrettet mot stillevannsforsøk.

Laboratoriemiljøet er godt rustet til å møte forskningsutfordringene fremover men har identifisert store investeringsbehov, spesielt knyttet til planene rundt Ocean Space Centre og ønsket om et stort sjøgangslaboratorium. I internasjonal konkurranse er en slik utvikling avgjørende for å være i fronten av forskningsfeltet.

**Nødvendige laboratorier**

* De marintekniske laboratorier NTNU/SINTEF på Tyholt.
* Slepetank/sjøgangsbasseng
* Kavitasjonstunnel
* Maskinerilaboratorium
* Fullskala/felt
* Feltmålepakke for måling på skip i operasjon

**De marintekniske laboratorier NTNU/SINTEF på Tyholt**

Slepetank er et nødvendig verktøy for studier av samvirke mellom skrog og propell, samt studier av sjøgangsegenskaper. Som del av Ocean Space Centre er det blitt foreslått å lage et sjøgangsbasseng i tillegg til eller til erstatning for den store slepetanken ved dagens Marinteknisk Senter. Denne har en lengde på 200-250 m og en bredde på 35 m, med bølgemaskiner både i kortenden og på langsiden. Dette laboratoriet muliggjør studier av sjøgangsegenskaper under mer realistiske, tredimensjonale bølgeforhold. Eksisterende slepetank har behov for vedlikehold og oppgradering.

Det er sterk internasjonal utvikling av forskningsinfrastruktur innen fagområdet. Fortsatt konkurransekraft fordrer stor satsing.

Kavitasjon er den viktigste begrensende faktoren ved design av propellere, ror og foiler. Kavitasjon er et meget komplekst fenomen, der eksperimentell utprøving er en viktig faktor. Eksisterende kavitasjonstunnel har behov for ny testseksjon og oppgradering av måleteknikk og støttesystemer.

Dagens maskinerilaboratorium burde kunne ha en sentral rolle i utviklingen av miljøvennlig og energieffektiv skipsfart. Laboratoriet er tilrettelagt for studier rundt diesel- og gassmotorer i hovedsak, mens fremtidige konsepter for økt effektivitet og "zero-emission" i større grad involverer studier rundt optimale systemløsninger og optimal drift. Det er derfor behov for en nytenkning og videreutvikling av nye forskningsområder i denne retning for å dekke de nye utfordringene som dette innebærer. Eksempler i denne retningen er eksperimentell forskning mot hybride fremdriftssystemer, diesel-/gass elektriske systemer og nye motor- og systemkonsepter for ultra høy virkningsgrad og null utslipp.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

* Ocean Space Centre
* Stort sjøgangslaboratorium
* Oppgradert kavitasjonstunnel (ny testseksjon)
* Utstyr for forskning på hybride og diesel-elektriske framdriftssystemer for skip.

**Fullskala/Felt**

Fullskalamålinger er viktig og nødvendig del av forskning på miljøvennlig skipsfart. Det går på måling av fart, effektforbruk, bølger og bevegelser, observasjon av kavitasjon på propell, og maskinerirelaterte målinger, slik som for eksempel avgassmålinger.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

* "Målepakke" for fullskalamålinger på skip i operasjon
* Fart, effekt levert propell, bevegelse i sjøgang, hastighet og posisjon
* Avgassmålinger
* Vibrasjonsmålinger på maskineri

## Energieffektive og funksjonelle bygninger

**FRA FAGPLAN:**

**Tilknyttet forskningsmål**: Energi, infrastruktur/bygget miljø

**Kompetansesenter, mest aktuelle faggrupper**: Bygg og anleggsteknikk (BAT), Energiforsyning og klimatisering av bygninger (EPT), IndEcol, Institutt for tverrfaglige kulturstudier

**Sentrale forskningsutfordringer:** Bygningssektoren står for 40 % av Norges totale landbaserte energibruk. Nullutslippsbygg, passivhus og plusshus innebærer muligheten for en betydelig reduksjon. Forskning på redusert bruk av primærenergi og energieffektivisering bør prioriteres for å nå mål for reduserte karbonutslipp. Ved nybygging og rehabilitering må materialvalg, tiltak og løsninger gi høy grad av sikkerhet mot fuktproblematikk og emisjon av skadelige stoffer og allergener, for eksempel som følge av sopp-/muggvekst. Økt isolering og lufttetting av bygg stiller større krav til pålitelige klimaanlegg for tilførsel av friskluft og fjerning av varmeoverskudd. Det er et forskningsmål at bygninger også skal kunne produsere energi. I tettbebygde områder med boliger, kontorer, skole, handlesenter og svømmehall kan overskuddsenergi utveksles mellom bygninger eventuelt eksporteres til nett. For at energieffektive bygninger skal få aksept er det viktig at nye løsninger bidrar til god lønnsomhet både privatøkonomisk og samfunnsmessig. Løsninger må også håndtere fremtidige klimaendringer.

**Innledning**

Fagplanens forskningsområde 15 er svært laboratorieintensivt og involverer storskala undersøkelser i stort omfang, særskilt knyttet til bygningselementer, klimautfordringer, innemiljø, lokal energifangst og temporær lagring av energi i bygningsmasse og andre lagre. For utvikling av varige løsninger i stadig mer krevende klimatiske forhold er materialkunnskap og -utvikling sentralt. For å oppnå målene om nær nullenergi og plusshus er det nødvendig med energieffektive tekniske installasjoner og løsninger for lokal energiomforming. Mye av utfordringen ligger i å utvikle løsninger som er pålitelige, økonomisk forsvarlige og som reelt bidrar til globalt redusert utslipp av drivhusgasser. Det foregår allerede store satsinger innen området hvor ZEB (Zero Emission Buildings) er et FME ledet av AB med deltakelse fra EPT, BAT og SINTEF.

Laboratoriene er godt rustet til å møte forskningsutfordringene innen området men svært mye hviler på NFR-INFRA-søknaden ZEB. Satsinger er dels på planstadium, dels under implementering samt dels allerede implementert. ZEB-labene inngår i søknad til NFR (255 mill.) om stor laboratorieinfrastruktur, fra IVT, AB-fakultetet og SINTEF. Ambisjonsnivået til disse laboratoriefasilitetene er avhengig av utkommet av denne søknaden. Søknaden beskriver imidlertid en del helt nødvendige laboratoriesatsinger knyttet til temaområder som passivhus, ZEB-hus og plusshus. Innen disse områdene vil det uansett vil være behov for en sterk satsing i årene fremover på oppgradering og investering av laboratoriefasiliteter.

**Nødvendige laboratorier**

* Bygningsfysikklaboratorium
* Bygningsmateriallaboratorium
* Spektrometerlaboratorium
* Elektronmikroskoplaboratorium (eksisterer ikke i dag)
* ZEB-laboratoriet (eksisterer ikke i dag)
* ZEB flexible lab (fullskala kontorbygg, living lab)
* ZEB component lab (delvis på plass, jfr beskrivelse av Bygningsfysikklaboratorium, bygningsmateriallaboratorium, spektrometerlab nedenfor)
* ZEB test cell (sendes ut på anbud i desember 2012)
* ZEB residential living lab (sendes ut på anbud i desember 2012)
* Brannteknikk
* Betonglaboratorium med
* Materiallab
* Konstruksjonslab
* Frostlab
* Kjemilab
* Korrosjonslab
* Trelaboratoriet
* Laboratorium for energiforsyning og klimatisering av bygninger

**Bygningsfysikklaboratorium, bygningsmateriallaboratorium, spektrometerlab**

Laboratoriet består av utstyr og flere mindre laboratorier som deles med SINTEF Byggforsk, noe er felleseie mens noe eies separat av enten Byggforsk eller BAT. Mye av utstyret driftes i det daglige av Byggforsk gjennom deres kommersielle virksomhet og forskningsaktiviteter. Dette gir tilgang på et til en hver tid oppdatert og fungerende laboratorium på internasjonalt nivå.

Laboratoriene benyttes endel i forbindelse med prosjekt- og masteroppgaver samt PhD-arbeid, men lite i forbindelse med undervisning på lavere nivå. Videre utvikling av laboratoriene må ses i sammenheng med ZEB-laboratoriet beskrevet senere i dette kapitlet. Det har skjedd en oppgradering av deler av laboratoriene den siste tiden.

*Bygningsfysikklaboratoriet*  plasserer seg under dette fagplanområdet på to hovedtemaer innen utvikling av ekstremt isolerende bygningsskall; 1) Fuktsikre ytterkonstruksjoner og 2) Ytterkonstruksjoner med høy energieffektivitet. Laboratorier og utstyr er rettet inn mot testing og utprøving av hele konstruksjoner eller komponenter med tanke på fukt- og varmetekniske egenskaper, gjerne med tanke på praktisk bruk av nye typer superisolerende varmeisolasjonsmaterialer og integrering av strømproduserende og varmelagrende enheter i bygningsskallet. Dette gjelder spesielt målinger knyttet til regntetthet (slagregnskap og RAWI-boks), lufttetthet (materialtesting og lufttetthetsskap), fukt i konstruksjoner (diverse klimarom, klimasimulator), varmetransport (Hot-boks) og materialegenskaper (vanndamppermeabilitet/motstand, kapillære egenskaper, termisk konduktivitet etc.). Det er nylig anskaffet en ny storskala klimasimulator som gir gode forskningsmuligheter. Dette er en installasjon som det ikke finnes mange andre av internasjonalt. I forbindelse med ZEB-prosjektet er det også investert i en dreibar Hot-box, som også skiller seg ut internasjonalt. Videreutvikling av bygningsfysikklaboratoriet må ses i sammenheng med *ZEB component lab*.

*Bygningsmaterilallaboratorium.* Økt anvendelse av nye materialer og komponenter basert på nye typer superisolerende varmeisolasjonsmaterialer, bygningsintegrerte solceller og smarte vinduer (elektrokrome vinduer) samt nanoteknologiske muligheter inngår under dette. Herunder vil inngå karakterisering og testing av egenskaper til kommersielle produkter, men også forskning på og utvikling av nye produkter. Bestandighet og levetid av disse produktene vil være viktige egenskaper som må klarlegges, f.eks. ved bruk av den nye storskala klimasimulatoren nevnt ovenfor, og andre eksisterende klimasimulatorer for akselerert aldring. Videreutvikling av Bygningsmateriallaboratoriet må ses i sammenheng med *ZEB laboratoriet*.

*Spektrometerlaboratorium (SINTEF Byggforsk)*

Spektrometerlaboratoriet består av to state-of-the-art Fourier transform infrared (FTIR) spektrometre (infrarød (IR) varmestråling) og et UV-VIS-NIR spektrofotometer (solstråling) inklusive mye tilkoblingsutstyr til begge, bl.a. forskjellige refleksjonsmoduler og integrerende sfærer. Tilkoblingsutstyret inkluderer også SOC-100 HDR for måling av emissiviteten til overflater, hvor måling av lavemisjonsbelegg løses fint med denne. Utstyret brukes til mange oppgaver, bl.a. FTIR materialkarakterisering (fingerprint, kjemiske bindinger), og bestemmelse av lys- og strålingstekniske egenskaper som f.eks. transmisjonsspekter, solfaktor og emissivitet. Applikasjonsområder er f.eks. identifikasjon av materialer, aldring og bestandighet av materialer og studier av nedbrytningsreaksjoner samt beskyttelsestiltak, og solstrålingsgjennomgang i vinduer inklusive smarte vinduer med regulering av solstrålingen.

**ZEB-laboratoriet**

I forbindelse med ZEB-prosjektet skjer det store investeringer og oppgraderinger i laboratorier ved SINTEF Byggforsk, BAT og EPT. Dette er dels knyttet mot utvidelse og videreutvikling av eksisterende laboratorier, og dels utvikling av helt nye laboratoriefasiliteter samt fullskala testbygg (living labs).

*ZEB component lab* vil bli brukt til forskning på avanserte bygningskomponenter (f.eks. smarte fasader), teknologier for energitilskudd (f.eks. bygningsintegrerte solceller) og bygginstallasjoner (f.eks. belysnings- og ventilasjonssystemer). Laboratoriet vil ikke bare huse testutstyr, men vil ha vegg og tak-fasiliteter hvor elementer kan byttes ut for reell klimaeksponering. *ZEB flexible lab* består av en stor fullskala kontorbygning hvor de fleste fasadekomponentene og tekniske systemer kan modifiseres eller erstattes. Diverse teknologier kan kobles sammen på en slik måte at de danner en komplett nullutslipps-bygning, eventuelt at deler av bygget (f.eks. ett eller flere kontorer) tilfredstiller nullutslipps-kravet. Brukerne av bygget er en del av laboratoriet, ved en "living lab" hvor de samvirker med bygget og de installerte teknologiene. *I ZEB-residental living lab* vil det bli bygd en en-etasjes bolig hvor det vil kunne forskes på brukeres interaksjon med bygg/teknikk under realistiske forhold. *ZEB test cell* vil bli brukt for testing av lavenergi integrert bygningssystemer under reelle forhold, og kan bli delt i to enheter for sammenligning av forskjellige teknologier.

Behov for nye/oppgraderte laboratorier:

* ZEB lab.
* Elektronmikroskoplaboratorium. Det er et stort behov for et elektronmikroskoplaboratorium ved vårt laboratorium, både med tanke på utviklingen av nye, avanserte bygningsmaterialer (bl.a. på nanonivå) og med tanke på karakterisering av allerede eksisterende materialer bl.a. ved klimaeksponering- og akselererte aldringsforsøk. Dette er beskrevet og begrunnet grundig i en egen søknad. Ønskemålet er et høyoppløselig (1 nm) scanning elektronmikroskop (SEM) og en mer lavoppløselig (30 nm) bordmodell SEM.

**Brannteknikk**

I utviklingen av nye typer superisolerende yttervegger og tak vil de branntekniske egenskapene ha stor betydning. Eventuell brannteknisk utprøving vil skje i samarbeid med SINTEF NBL.

**Betonglaboratorium (KT)**

I betonglaboratoriet inngår flere mindre laboratorier spesialisert på kjerneområder inne betongforskning. Materiallaben og konstruksjonslaben benyttes mye i forbindelse med studentarbeid og undervisning. De andre labene betjenes i hovedsak av labansatte. I dette miljøet er det i de senere år investert betydelig i oppgradering og fornying av laboratorieutrustningen, men på grunn av mange års manglende investeringer er det et akkumulert behov for videre arbeid med dette. Betonglaben er og har i en årrekke vært en del av COIN-programmet (Concrete Innovation Centre; 2007-2014, 210 mill. 13 PhD registrert). Aktiviteten i laboratoriene er:

Materiallab: Materialkarakterisering og analyse.

Konstruksjonslab: Tilvirkning av prøvestykker for mekanisk prøving.

Frostlab: Isabrasjon og miljøprøving.

Kjemilab: Analyse av tilsetningsstoffer.

Korrosjonslab**:** Forskning på korrosjonsmekanismer.

**Trelaboratoriet (KT)**

Institutt for Konstruksjonsteknikk har i det senere satset en del på sin eksperimentelle forskning og undervisningsaktivitet inne tre-teknologi. Dette har medført oppgradering av det klimatiserte materiallageret og et avansert programmerbart klimarom for treprøver. I samme miljø finnes også en testmaskin som muliggjør mekanisk testing i et kontrollert klima. Det tilknyttede snekkerverkstedet er utstyrt med maskiner for bearbeiding av prøver. Eksempel på forskningsprosjekter: NFR-prosjekt "Moisture induced effect on the capacity of screws and threaded bars", går til og med 2012 (4 mill.), "Rigid joints for large timber structures", går til og med 2016 (7 mill.), CITYWOOD, Søknad til NFR (med SINTEF, AB-fak, Norsk treteknisk institutt og BAT); 23 mill. 3-5 PhD er engasjert i treforskningsprosjektene.

**Laboratorium for energiforsyning og klimatisering av bygninger (EPT)**

Laboratoriet består av instrumenter/utstyr og flere rigger som deles med SINTEF Energi, noe er felleseie mens noe eies separat av enten SINTEF Energi eller EPT. Noe av utstyret driftes i det daglige av SINEF Energi gjennom deres kommersielle virksomhet og forskningsaktiviteter. De fleste oppdateringer er i senere tid utført av EPT. Laboratoriet er godt fungerende og integrert med de andre laboratoriene ved EPT. (Kuldeteknikk, næringsmiddelteknikk, vannkraft, bioenergi, vindturbin, termisk). Dette innebærer blant annet felles drift og instrumentering. Laboratoriet benyttes mye i forbindelse med prosjekt- og masteroppgaver samt PhD-arbeid. På lavere nivå brukes det noe til demonstrasjon/laboratorieøvinger. Laboratoriene må i videre­utvikling til dels sees i sammenheng med Zero Emission Building (ZEB)-aktiviteter beskrevet senere i dette kapitlet. Oppdragsforskning utføres i hovedsak som SINTEF-prosjekter.

De faste installasjonene i laboratoriet retter seg i hovedsak mot fullskala utprøving av løsninger for klimatisering av bygninger, inklusive måling av termisk og atmosfærisk inneklima. I dette inngår et klimateknisk prøverom med gulvflate på ca. 60 m2 og 3,5 meter takhøyde som brukes til utprøving av ventilasjonstekniske løsninger og romoppvarming og romkjøling. Rommet gir mulighet for simulering av uteforhold for to av veggene. I rommet kan det måles termiske ytelser, luftbevegelser, temperaturfordeling samt ventilasjonseffektivitet. Rommet kan lett bygges om slik at ulike romløsninger/romstørrelser/yttervegger kan prøves ut.

Laboratoriet inneholder en solsimulator med 30 lamper av 1000 W for prøving av solfangere. Denne er i senere tid brukt til utprøving av enkle energiløsninger for områder i solrike land som mangler moderne infrastruktur. Lampeteknologien er utdatert og en ny rigg er planlagt bygget i nærmeste framtid.

Laboratoriet inneholder også avansert utstyr/prøverom/rigger for prøving av varmepumper og komponenter til varmepumper.

Laboratoriet har også demorigger som brukes i undervisning: Undersentral med varmeavgivere for fjernvarme/vannbåren varme, ventilasjonsløsning for behovsstyrt ventilasjon, testrigg for varmegjenvinnere og ulike varmepumpeløsninger. Nylig er det installert demoanlegg for sentral driftskontroll.

Laboratoriet er utstyrt med kretser for islake (-15 oC) og tilførsel av uteluft. Dette er utstyr som brukes i forbindelse med opprigging av midlertidige testløsninger. (For eksempel for prøving av varmegjenvinnere, varmevekslere, ventilasjonsløsninger og varmepumper)

En ASHRAE testrigg har vært brukt for prøving av ventilasjonsluftfiltre men er nå lite brukt. Videre finnes en 2-D testrigg for småskala prøving av ventilasjonsløsninger for store rom/haller.

Logging gjøres i hovedsak via National Instruments LabVIEW.

En god del eksperimentelt arbeid utføres som feltmålinger. Laboratoriet har derfor en god del instrumenter som egner seg for dette formålet.

## Prosjektering, planlegging og ledelse av komplekse prosjekter

Dette fremstår ikke som et laboratorieorientert område i henhold til beskrivelsen i fagplanen. Dette er derfor ikke nærmere beskrevet i denne rapport.

#### SCENARIO 1: “LABORATORIER I INTERNASJONAL FØRSTEDIVISJON”

Scenarioene er utviklet med assistanse fra Impello Management AS ved Frode Iglebek.

*Reportasje i Aftenposten, mandag 1. februar 2021:*

**Laboratorier i internasjonal førstedivisjon.**

***– NTNUs moderne laboratorier bidrar til at norske industri- og teknologimiljø opprettholder sin markedsposisjon internasjonalt, spesielt med økende konkurranse fra Asia.* Dette uttalte lederne Mads Askin i Norsk Industri og Rolf Ræder i Norges Rederiforbund som var samlet på konferanse før helgen. De mener at økte forskningsbevilgninger fra myndighetene, og en bevisst holdning i universitetssektoren til hvilken forskningsinfrastruktur som er nødvendig for å videreutvikle Norge som kompetansenasjon, har vært avgjørende for den positive utviklingen.**

I løpet av det siste tiåret har fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi (IVT) gradvis bygget opp en laboratoriepark i internasjonal førstedivisjon med hjelp fra industri og offentlige bevilgninger. Etter en periode uten fornyelser av laboratorier og verksteder innså fakultetsledelsen at noe måtte gjøres for å sikre at NTNU også i fremtiden har den infrastruktur og forsknings­kompetanse som er nødvendig for å utdanne studenter og forskere. En hyggelig bonus er at NTNU og SINTEF nå opplever en stadig økende pågang fra nasjonale og internasjonale industri- og FoU-miljø som ønsker å benytte IVTs lab-ressurser. ZEB (Zero Emission Buildings) og CCS-laboratoriet (Carbon Capture and Storage) fremheves som gode eksempler.

*– Vi er svært fornøyde med aktiviteten og utnyttelsen av våre laboratorier. I løpet av de siste fire-fem årene har vi lyktes med å organisere lab- og verkstedsvirksomheten på en effektiv måte, noe som gjør at vi har blitt et attraktivt miljø, både for både studenter, forskere og næringsliv.* Dette uttaler en fornøyd laboratoriesjef ved IVT, Morten Grønli.

Utviklingen har likevel ikke skjedd uten sverdslag. Mye av forklaringen på IVTs suksess kan tilskrives lab-engasjerte forskere og en fremsynt fakultetsledelse som arbeidet målrettet mot NTNU-ledelsen, departementet og Forskningsrådet for å synliggjøre behovet for fornying av laboratorievirksomheten.

*– Mange har jobbet hardt og lenge for dette. Mye av årsaken skyldes nok regjeringens forskningsforlik tilbake i 2014 og en fornyet vilje til å satse på forskning i Norge. Både industrien og FoU-miljøene skal ha sin del av æren for dette,* sier Kåre Ongen som er dekanus ved IVT.

Fra 2015 økte årlige bevilgninger til nasjonal forskningsinfrastruktur til 1 milliard kroner, parallelt med at Stortinget endelig bevilget penger til bygging av Ocean Space Centre. Senteret ble åpnet for to år siden og er nå det ledende miljøet globalt innen marin teknikk.

**Positiv utvikling i norsk næringsliv**

Det går bra i norsk næringsliv. Mye skyldes en vedvarende vekst i europeisk og internasjonal økonomi de siste 7-8 årene, men også at det offentlige har satset på opprusting av samferdselssektoren, utbygging av fornybar energi og tilrettelegging for utbygging av olje- og gassvirksomhet i Lofoten/Vesterålen, Barentshavet og nordområdene. Tilgang til nye oppdrettsarealer til havs gjør at oppdrettsbransjen igjen er inne i en vekstfase. Bergverksindustrien er under revitalisering i takt med at prisene for spesialmineraler har økt dramatisk de siste årene.

Professor Øyvind K. Omedal Nomen ved Institutt for samfunnsøkonomi oppsummerer de viktigste forholdene som har bidratt til den positive utviklingen.

*– Innen samferdsel har myndighetene forsert utbyggingen av motorveier i forhold til hva som var lagt opp til i Nasjonal Transportplan fra 2014. Vedtaket om høyhastighetsbane mellom Oslo og Trondheim i fjor bidrar også til at bygg- og anleggsbransjen kommer til å ha fulle ordrebøker fremover*, sier Nomen. Han peker også på at det er en økende tendens til hjemflagging i industrien på grunn av økt bruk av automatiserte produksjonsmetoder. Forskningen på ”fremtidens fabrikk” ved Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk og kunnskapsutviklingen i EU-prosjektet “Zero Defect Manufacturing“ er eksempler på aktiviteter som gjør det mulig å revitalisere norsk industri. Andre faktorer er økt tilgang til kraft, forutsigbare energipriser for kraftkrevende industri, og en EU-harmonisering av det norske skatte- og avgiftssystemet.

*– Etter mange vanskelige år så ser det endelig ut til at den norske verftsnæringen går med overskudd. Den økende globale etterspørselen etter ny tonnasje har bidratt til at det maritime miljøet på Tyholt med sine innovative og miljøvennlige skips- og offshoreløsninger har klart å holde stand mot konkurransen fra Asia,* sier Nomen. Ved Ocean Space Centre på Tyholt er det nye havbassenget fullbooket de neste tolv månedene, og etterspørselen etter mariningeniører har aldri vært høyere.

**Norsk kompetanse forutsetning for suksess**

*– Til tross for dystre spådommer for noen år siden, så har norsk olje- og gassproduksjon klart seg bra. Selv om de store selskapene nå retter sin fokus mot regioner utenfor Norge, så er det en uttalt oppfatning i bransjen om at norsk leverandørindustri og kompetansemiljø vil være viktige suksessfaktorer for å lykkes i for eksempel Russland og Sør-Amerika. Utbyggingen i nordområdene er fremdeles uavklart, men lovende funn og høy oljepris vil nok bidra til at vi snart vil se et oppsving her,* fortsetter Nomen.

Institutt for petroleumsteknologi (IPT) har et høyt antall søkere til studiet. *– Vi er veldig komfortable med situasjonen. Vi har stor pågang fra industrien og er involvert i mange spennende forskningsprosjekter, noe som gjør oss styrket i troen på fremtiden, også på vegne av norsk oljeindustri,* sier professor Sigbjørn Sangesland ved IPT.

*– Det satses stort på offshore vindkraft ute i Europa. Selv om Norge neppe vil bli en stor vindkraftprodusent, så er kunnskapen til norske FoU-miljø svært etterspurt i utlandet. Etableringen av NOW! som selvstendig forskningsinstitutt underlagt NTNU og SINTEF er veldig positivt for Norge,* sier Nomen.

NOW! (Norwegian Offshore Wind Research Centre) ble åpnet i 2016 med stor festivitas og snorklipping av kronprins Haakon. Senteret er en sammenslåing av de to tidligere vindkraftprosjektene NORCOWE og NOWITECH. Med finansiering fra Forskningsrådet, EU, Aker, RWE og GDF SUEZ så har NOW! etablert et stort test- og laboratoriesenter i Verdal, noe som er et positivt tilskudd til den europeiske forsknings­infrastrukturen.

*– Byggenæringen har hatt gode år, og vil gå fremtiden lyst i møte. Innføringen av det nye bygningsdirektivet der alle offentlige bygg skal være nullutslippsbygg fra og med 2020 bidrar til veksten. Utfordringen er nok likevel å sikre at byggenæringen rekker å heve kompetansen raskt nok. Det EU-finansierte ZEB-prosjektet ved NTNU og SINTEF er en viktig pådriver i dette arbeidet,* sier Nomen.

**Forskningens kår**

Hvordan er det så med forskningen i Norge? I 2015 økte Forskningsrådets sine rammer for finansiering av nasjonal forskningsinfrastruktur. I tillegg til industriens økende etterspørsel etter FoU-kompetanse og avanserte laboratorietjenester, så har norske forskningsmiljø fått høy uttelling i EUs åttende rammeprogram. Den viktigste anerkjennelsen er likevel at ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructure) har innlemmet Ocean Space Centre, ZEB og CCS-laboratoriet i sitt veikart over Europas viktigste storskala forskningsinfrastrukturer. Dette gir internasjonal akademisk anerkjennelse og er utløsende for videre finansiering.

På NTNU oppleves situasjonen som god. I samarbeid med andre universiteter og forskningsinstitutter har NTNU blitt vertskap for flere store nasjonale og europeiske satsinger, såkalte FME, SFI og SFF-prosjekter. IVT-fakultetet er toneangivende innen mange av sine fagområder og har et stadig økende internasjonalt nedslagsfelt. Et suksesskriterium ved etableringen av flere av de store prosjekter er at NTNU har hatt dyktige enkeltpersoner som sammen med teamet rundt seg har etablert gode relasjoner mot industrien og bevilgende myndigheter.

*– Laboratorievirksomheten er selve bærebjelken i våre store prosjekter. Uten den langsiktige satsingen på forskning der laboratorier står sentralt, så hadde IVT neppe vært der vi er i dag,* sier professor Steinar Nordal ved Institutt for bygg, anlegg og transport. Nordal berømmer fakultetsledelsen for god strategisk tenkning og peker på noen forhold som har hatt betydning for den positive utviklingen:

* Langsiktig satsing på fornying av laboratorier og verksteder.
* Betydelig økt vitenskapelig fokus på eksperimentell virksomhet. Klar strategi og prioritering av vitenskapelige satsingsområder.
* Bedret økonomi gjennom mange prosjekter i laboratoriene for forskningsråd og industri.
* Målrettet arbeid for å etablere store, internasjonale prosjekter. Etablering av et administrativt støtteapparat ved NTNU for søking og gjennomføring av EU-prosjekter.
* Profesjonalisering av ledelse og drift av laboratorier og verksted.
* Bedre utnyttelse av laboratoriene i undervisning.
* Endret intern inntektsfordelingsmodell som gir laboratoriene bedre finansiering.
* Kunnskapsdepartementets prisstruktur for kandidatmidler er endret slik at NTNU får en bevilgning pr. teknologistudent som er på høyde med bevilgningen for en realfagsstudent.

I sum har tiltakene ført til 20 prosent økning i antall vitenskapelig og teknisk ansatte, og en dobling i antall PhD-kandidater tilknyttet lab. Det er høy aktivitet i dagens laboratorier, og utnyttelsesgraden for laboratoriene har økt fra anslagsvis 50 til 80 prosent.

**Organisering**

*– IVT og NTNU har på vitenskapelig side tatt innover seg at ansettelser er det som i realiteten styrer den strategiske retningen for forskningsaktiviteten ved universitetet. Dette gjelder også verksteddriften som i økende grad har blitt integrert med laboratoriene ved IVTs institutter. Laboratoriene har trukket til seg teknisk personale med unik kompetanse innen verkstedarbeid, instrumentering og elektronikk. Storparten av de som gjør arbeid i våre laboratorier er* *likevel* *doktorgradsstudenter, og ikke minst disse er pådrivere for anvendelse av ny teknologi. Mens flere laboratorier hadde et ”museumspreg” for noen år siden, så er dagens laboratorier preget av det nyeste som er å finne på markedet,* fortsetter Nordal.

Laboratoriene er organisert instituttvis, og med instituttleder som øverste ansvarlig. Ved de fleste instituttene er ansvar og ledelse lagt til en laboratorieleder med vitenskapelig bakgrunn. IVTs laboratorieforum har vist seg å bli en god arena for koordinering og utveksling av erfaringer mellom instituttene.

*– Vi har fått til en god ordning i samarbeid med fagforeningen der teknisk personell får mulighet til å utfolde seg i flere verksteder og laboratorier. Dette gir økt læring og motivasjon, og større fleksibilitet når det er behov for økte ressurser i enkelte oppdragsprosjekter. Vi har også innført en mer fleksibel arbeidstidsordning. Målet er ikke lenger nødvendigvis å være på jobb mellom åtte og fire, men å levere resultater, enten det tar seks eller tolv timer,* sier Nordal.

Etter mange års sameksistens har SINTEF og NTNU utviklet en god og enhetlig samarbeidsmodell for laboratoriedriften. Det er etablert gode samarbeidskonstellasjoner med andre forskningsmiljø som NGI, NGU, IFE, NORUT og CMR, og IVT har langt på vei realisert ambisjonen om å jobbe i nettverk, også internasjonalt. Laboratoriene betraktes i som en fellesressurs, selv om samarbeidskonstellasjonene kan variere fra institutt til institutt. I sum har dette bidratt til å gi en signifikant økning i utnyttelsesgraden av lab, maskiner og utstyr ved NTNU.

**Hektisk på laboratoriet**

På laboratoriet til termisk energi forbereder laboratoriesjef Morten Grønli et nytt forsøk på innemiljø i passivhus, i samarbeid med medisinsk teknologi, som skal starte om få dager. *– Vi har litt dårlig tid i dag, og en aldri så liten logistikkutfordring siden SINTEF ønsker å starte et prosjekt parallelt med at vi skal fullføre et annet oppdrag for en industrikunde denne uken. Selv om vi har stor pågang og mye å gjøre, så er det veldig positivt at studentene får lov å jobbe med reelle problemstillinger sammen med industrien,* sier en lettere stresset Grønli.

På geoteknikklaboratoriet viser Arnfinn Emdal stolt frem NTNUs største sandkasse. 48 kubikkmeter stor og nok strøsand til å holde Trondheims befolkning skadefri en hel vinter.   
*– Her kan vi lempe på sand og leire i kontrollerte omgivelser, verifisere våre datamodeller og teste ut fundamenteringen en til store bygg før engineeringen starter*, sier Emdal entusiastisk.

Om det er lek eller læring som er årsaken til at IVT-studentene er attraktive på arbeidsmarkedet vites ikke. Realitetene er at industrien etterspør kloke hoder med praktisk kunnskap, noe man har lyktes med på IVT-fakultetet.

*Underartikkel / faktaboks*

**Unik laboratorieutrustning**

**Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi (IVT) ved NTNU har bygget opp en unik laboratorie­infrastruktur de siste årene. Mye av utstyret i verdensklasse og finnes bare i Trondheim. Dette har ført til at NTNU er en attraktiv forskningspartner, både for nasjonal og internasjonal industri og for FoU-miljøene.**

**Laboratorier og utstyr i verdensklasse (et utvalg):**

* **ECCSEL – CO2 Capture Test Facility**: Storskala laboratorium på Tiller for CO2-fangst. Laboratoriet driftes av NTNU og SINTEF og er en del av en stor europeisk laboratorieinfrastruktur som omfatter karbonfangst og lagring. Testfasiliteten er en del av EU-prosjektet ECCSEL (European Carbon Dioxide Capture and Storage) som er et samarbeid mellom 10 land. ECCSEL-laboratoriene inngår i EU/ESFRIs veikart over viktige forskningsinfrastrukturer.
* **CO2 Sand Tank Lab**: Laboratorium for forskning og utprøving av CO2-lagring i undersjøiske reservoarer, og testing av konvensjonell og 4D seismikk. Laboratoriet består blant annet av et sand- og vannfylt basseng på 10x5x5 meter. Samarbeid mellom petroleumsteknologi og geoteknikk ved IVT.
* **ZEB LAB** (Zero Emission Buildings Laboratory): Testfasiliteter og forskningsarena innen miljøvennlig energi og nullutslippsbygg. Samarbeid mellom industri og flere nasjonale/internasjonale forskningsmiljø.
* **NOW!** (Norwegian Offshore Wind Research Centre): Storskala vindkraftlaboratorium i Verdal. SINTEF, NTNU, RWE, GDF SUEZ, m.fl.
* **Havmiljøbasseng**: Fysiske tester av deler av komplekse systemer der andre deler simuleres numerisk (såkalt hybrid modelltesting). Eksempler er testing av flytende produksjonsanlegg for olje/gass, flytende vindturbiner, hydrofoilbåter og sloshing i gasstanker. Lokalisert på Marinteknisk Senter på Tyholt. Samarbeid mellom NTNU-miljøene innen hydrodynamikk, kybernetikk og instrumentering/aktuatorteknologi.
* **Experimental Test Facility for Reservoir and Well Interaction:** Laboratoriet ved IPT har blant annet en 100 meter dyp brønn som benyttes til forskning innen boring, produksjon og reservoarteknikk.
* **National Facility for Improved Oil Recovery at NTNU**: Forsknings- og laboratoriesenter for utvikling og testing av metoder og løsninger som skal øke utvinningsgraden innen olje- og gassproduksjon. Samarbeid mellom NTNU, SINTEF og University of Calgary.
* **Drikkevannslab:** Laboratorium for omdanning av kloakk og avløpsvann til drikkevann, og håndtering av virus i drikkevann ved hjelp av membranteknologi.
* **Advanced Materials and Construction Lab:** Laboratoriet forsker blant annet på sensorteknologi og avansert monitorering av konstruksjoners tilstand, polymerer, kompositter og materialteknologi på nanonivå. Laboratoriet har utstyr for avansert testing i høytrykkskammer ved ekstreme temperaturer og temperaturgradienter, inkludert dypvann, samt utstyr for høyhastighetsdynamikk. Samarbeid mellom IVT- og NT-fakultetet.
* **Vegmaterialteknisk lab:** Storskala testfasilitet for testing av vegmaterialer på Heimdal. Samarbeid med Statens Vegvesen, Trafikverket i Sverige og VTT i Finland.
* **Dynamisk treaksialapparatur:** Mekanisk testing i tomograf av effekt av spenningsrotasjon i geologiske materialer. Utstyret er en revolusjon innen testing av effekten vind og bølger på responsen i jorda på bunnfaste, offshore vindmøller, og for studier av CO2-injisering og utvinning i oljereservoarer. Laboratoriet er lokalisert ved IVT.

#### SCENARIO 2: SVENSK: “BEVISST PRIORITERING”

Scenarioene er utviklet med assistanse fra Impello Management AS ved Frode Iglebek.

*Reportasje i Aftenposten, mandag 1. februar 2021:*

**Nano for liten – nano for stor?**

**NTNUs laboratorier går en usynlig fremtid i møte.**

**De senere års reduserte FoU-budsjetter og innføringen av nasjonal arbeidsdeling mellom universitetene har ført til en styrt nedbygging av laboratorievirksomheten innen flere av NTNUs forskningsområder. NTNU er tildelt det nasjonale ansvaret for medisinsk teknologi, materialteknologi, marinteknikk, klimateknologi og ny energi. Kombinasjonen av lavere FoU-bevilgninger nasjonalt og styrkingen av utvalgte nasjonale satsingsområder har ført til at det ikke lenger er mulig å opprettholde annet enn teoretisk basisundervisning i de øvrige ingeniørfagene. Med unntak av de prioriterte fagområdene, så er laboratorieundervisningen dermed en saga blott.**



*– Fordeling av faglige tyngdepunkt mellom universitetene er helt nødvendig for å møte den internasjonale konkurransen. Norge som nasjon må styrke seg på fagområder som er viktige for å løse fremtidige utfordringer og ikke spre kunnskapen tynt utover,* sier forskningsminister Åse Torsland og trekker frem klimaforskning, nye energiformer, material- og nanoteknologi som eksempler på prioriterte satsingsområder.

*– Selv om vi er enige med myndighetene om at enkelte fagområder vil være viktigere enn andre i fremtiden, så er det både naivt og historieløst å tro at norsk industri og internasjonalt ledende teknologimiljø i Norge skal kunne opprettholde sin konkurranseevne dersom fagområdene sentraliseres og nedbyggingen av laboratoriene fortsetter,* uttaler Steinar Nordal som er professor i geoteknikk ved NTNU. *– Eksempelvis vil flyttingen av petroleumsforskningen til Stavanger og geologi og geotekniske fag til Bergen føre til en rasering av flere av fagmiljøene i Trondheim*, fortsetter Nordal som understreker at han ikke snakker for sin syke mor.

**Nasjonal arbeidsdeling**

Den nye modellen for nasjonal arbeidsdeling mellom universitetene ble vedtatt i 2018 på tross av massiv motstand fra fagmiljøene. Neste år flyttes havbruksforskningen til Universitetet i Tromsø og bioteknologi/biokjemi til Universitetet for miljø- og biovitenskap på Ås. De tekniske universitetene vil fremdeles undervise i ingeniørfagene som inngår i sivilingeniørutdanningen, men ikke lenger på PhD-nivå.

I løpet av de siste åtte årene har netto årlige bevilgninger til forskningssektoren blitt redusert. Selv om antall uteksaminerte studenter har økt i samme periode så er baksiden av medaljen at forskningen har måttet lide, og investeringer i laboratorier og forskningsinfrastruktur innen de tradisjonelle ingeniørfagene nærmest er fraværende.

*– Vi forstår frustrasjonen ved NTNU, men med dagens budsjettsituasjon der flere viktige sektorer som helse, barnehager og eldre skriker etter økte bevilgninger, så har ikke Norge råd til at hvert universitet skal ha både full faglig bredde og dybde i sin forsknings- og undervisningsaktivitet,* uttaler forskningsministeren. Hun viser til de to tidligere forskningsmeldingene som la opp til tyngre og mer konsentrerte satsinger. *– Endringene i universitetsstrukturen er et resultat av en bevisst prioritering, og samsvarer med utviklingen vi også har sett i andre land. I Sverige har de valgt å fokusere på noen utvalgte områder, og så langt viser erfaringene at strukturendringene i universitetssektoren har gitt positive resultater for nasjonalregnskapet*, fortsetter Torsland.

*– Med de føringer vi har fått fra departementet de siste årene så har NTNU vært nødt til foreta utfordrende valg med hensyn til hvordan vi skal drive forskningsaktiviteten fremover,* sier NTNU-rektor Bjørn Tore Stornes i en kort kommentar. Han understreker at NTNU fortsatt vil styrke undervisning, forskning og laboratorievirksomhet som er knyttet til NTNUs nasjonale ansvarsområder. *– Jeg håper og tror at den nasjonale arbeidsdelingen vil føre til at forskningsinstituttene vil være sitt ansvar bevisst og tar et ansvar for å videreføre de fagområdene som ikke er en del av den nasjonale strategien, eksempelvis byggfag, vegbygging og produksjonsteknologi der for eksempel SINTEF står sterkt*, avslutter rektoren.

**Sakte død**

I Virtual Reality-laboratoriet ved Institutt for petroleumsforskning viser professor Sigbjørn Sangesland frem superdatamaskiner og avanserte skjermløsninger. *– Utstyret ser kanskje imponerende ut, men i praksis er det utdatert og benyttes nå bare av studentene. Selv om seismikk og reservoarsimulering ikke har blitt mindre viktig når norsk oljeproduksjon nå er på en fallende kurve, så får vi ikke lenger midler til å fornye utstyret. Datamodellene har blitt for store og komplekse,* sier Sangesland som spår en sakte død for det midt-norske petroleumsmiljøet.

Nedbyggingen av laboratorievirksomheten har ført til at den samlede interne etterspørselen etter verkstedskapasitet ved NTNU er nær halvert i løpet av de siste 2-3 årene. På grunn av økt kostnadsfokus har virksomheten blitt omorganisert og skilt ut som en egen avdeling underlagt NTNU sentralt.

I verktøymaskinlaboratoriet på Valgrinda, et steinkast fra Gløshaugen, viser overingeniør Jan Terje Hakvåg stolt frem en stor park med avanserte frese- og dreiemaskiner. *– Vi har flyttet en del utstyr fra andre steder på Gløshaugen i forbindelse med sentraliseringsprosessen, fått større lokaler og fått mye mer å gjøre, men primært for SINTEF og industrien. Kravet om at vi skal drive lønnsomt går helt klart på bekostning av studentene. Økonomiavdelingen i hovedbygget har stilt krav om at utnyttelsesgraden til verkstedet skal økes enda mer til neste år, men da blir det neppe undervisning her lenger. Outsourcing blir vel det neste*, sier Hakvåg halvt spøkefullt.

**SINTEF tar over laboratoriene**

Forskningsdirektør Terje Jacobsen ved SINTEF Byggforsk mener at selv om utviklingen i universitets­sektoren er uheldig så vil SINTEF likevel komme styrket ut av endringene på noen områder. *– Vi har tatt over ansvaret for flere av laboratoriene som er virksomhetskritiske for SINTEF. Det har medført store engangsinvesteringer og økte driftskostnader, men vi har ikke hatt noe valg. Det positive er at vi nå har full råderett over laboratoriene, og vi kan prioritere oppdragsforskning i større grad enn før. Vi frykter likevel for rekrutteringen til de fagområdene som er definert ut av de nasjonale satsingsområdene. Politikerne tror åpenbart at det ikke er mer å forske på innen byggfaget. Dette samsvarer ikke med det udekkede kompetansebehovet i byggebransjen som følge av det nye bygningsdirektivet. Miljø og energitiltak er fint og flott på papiret, men noen må finne opp løsningene dersom man skal realisere energieffektiviseringspotensialet innen bolig og næringsbygg,* sier Jacobsen.

**Ny energi i vinden**

Fremtiden er likevel ikke helsvart i Trondheim. Som følge av styrkingen innen ”ny energi” så bygger nå NTNU opp et nytt fagområde innen fusjonskraft. *– Frankrike er foregangsland i Europa og vi har nylig innledet et forskningssamarbeid med de mest sentrale miljøene. Selv om denne energiformen foreløpig oppfattes som kontroversiell i Norge – i likhet med thorium-initiativet for noen år siden – så er det en riktig beslutning å bygge opp kompetanse innen dette feltet siden vannkraft og vindkraft ikke vil kunne dekke hele Norges energibehov i fremtiden,* sier professor Fredrik U. Sjåstad Onen.

Fagmiljøet innen offshore vindkraft har også kommet styrket ut i den nasjonale prioriteringsprosessen gjennom etableringen av NOW! som selvstendig forskningsinstitutt underlagt NTNU og SINTEF. NOW! (Norwegian Offshore Wind Research Centre) er en sammenslåing av de to tidligere vindkraftprosjektene NORCOWE og NOWITEC og har sammen med EU og industrien etablert et stort test- og laboratoriesenter i Verdal, noe som er et positivt tilskudd til den europeiske forsknings­infrastrukturen og for det midt-norske FoU-miljøet.

**Ingen kursendring**

Tilbake til på Institutt for bygg, anlegg og transport børster Steinar Nordal støv av en gammel lab-modell med sugeankere som er hentet frem fra kjelleren. *– Tidligere benyttet vi denne modellen til å vise hvordan flytende oljeplattformer ble forankret i havbunnen. Selv om alt kan simuleres på data, så kan vi ikke lenger gi studentene den praktiske forståelsen lenger. Det er vel bare våre etterkommere som kan dømme om forskningsministeren tok en riktig beslutning,* avslutter han og legger modellen tilbake.

Selv om den nye universitetsmodellen foreløpig er dårlig forankret blant NTNUs aldrende forskere, så er det foreløpig ingen tegn til at forskningsministeren og politikerne kommer til å endre kurs.

#### SCENARIO 3: FORVITRING

Scenarioene er utviklet med assistanse fra Impello Management AS ved Frode Iglebek.

*Reportasje i Aftenposten, mandag 1. februar 2021:*

**I teori og praksis – eller var dét bare i teorien?**

**NTNU kan ikke lenger tilby laboratorieundervisning til studentene.**

**I løpet av de siste ti årene har nær 30% av laboratorier ved NTNU blitt omdisponert til undervisningsarealer, øvingsrom og kontorer. Selv om antall uteksaminerte sivilingeniører har økt de siste årene, så er det bare et fåtall av studentene som får anledning til å prøve ut teorien i praksis i laboratoriet. Industrien er bekymret over utviklingen, og forskningsmiljøene frykter for rekrutteringen.**

****

*– Utviklingen er uheldig. Vi utdanner kanskje Europas beste teoretikere, men jeg er redd for at næringslivet og forskningsmiljøene, og dermed Norge som nasjon, vil være taperne på lang sikt dersom vi ikke klarer å snu denne trenden*, uttaler professor Sverre Steen ved marinteknikk ved IVT. Han er dypt bekymret over at stadig mer lab-areal må vike til fordel for kontorer og økende administrativ stab ved NTNU.

**Beslutningsvegring**

Steen etterlyser en mer aktiv holdning fra ledelsen ved NTNU og fakultetene. *– I de siste 5-6 årene har alle beslutninger knyttet til lab-investeringer, finansiering og intern organisering av lab- og verksteddrift blitt utsatt. Hvis NTNUs ledelse tror at alle ingeniørtekniske problemer kan løses foran datamaskinen, så anbefaler jeg en snarlig ekskursjon utenfor Gløshaugen for å sjekke markedsbehovet,* fortsetter Steen. Han mener også at IVT-fakultet ikke har sett de langsiktige konsekvensene ved å ikke fornye laboratoriene. *– I stedet for å sitte stille og se på at utstyr og instrumentering går ut på dato, så burde IVT heller være proaktive og etablere nye og fremtidsrettede laboratorier. Det holder ikke å bare ha fokus på hva man har behov for i det neste undervisningssemesteret,* avslutter Steen.

**Redusert forskningsfinansiering**

Årsakene til nedbyggingen av IVTs laboratorievirksomhet er flere. Professor Øyvind K. Omedal Nomen ved Institutt for samfunnsøkonomi peker på noen forhold som kan ha påvirket rammevilkårene for forskningen i Norge.

*– Euro-kollapsen i 2015 har helt klart hatt en stor betydning for temperaturen i norsk og europeisk økonomi de siste fem årene. Selv om Norge ikke har blitt så hardt rammet så ser vi for eksempel at Norges andel av forskningsfinansieringen fra EU har hatt en netto nedgang. Flere sektorer, som tradisjonelt har vært tunge forskningskunder, sliter, deriblant verftsnæringen. Dette skyldes ikke bare økonomiske etterdønninger fra EU, men også det faktum at Asia er i ferd med å bli den dominerende aktøren i skipsbyggingsmarkedet,* forklarer Nomen.

Aktiviteten i slepetanken i Trondheim er bokstavelig talt nede i en bølgedal, til tross for at etterspørselsprognosene frem til 2050 viser et behov for en dobling av nybyggleveranser globalt. Mange vil i ettertid hevde at skrinleggingen av Ocean Space Centre derfor var riktig, spesielt siden Singapore og Kina har posisjonert seg tungt innen marinteknisk forskning. De siste årene har det blitt vanskeligere for Norge å konkurrere i det asiatiske markedet på grunn av Asias sterke FoU-kompetanse og nærhet til markedet.

**Fornybar energi vinner frem**

*– Når det gjelder norsk olje- og gassproduksjon så har den holdt et overraskende høyt nivå de siste årene. Funnraten er likevel på et historisk lavnivå, noe som gjør at de store selskapene nå retter sin fokus mot nye regioner. Utblåsningen på Goliat-feltet for tre år siden bidro også helt klart til at det ble satt en endelig politisk sluttstrek for utbygging av Lofoten og Vesterålen. Videre utbygging i Barentshavet og nordområdene er fremdeles uavklart, og mange i bransjen ser nok på dette som det siste halmstrået for å sikre norsk offshore-industris fremtid*, fortsetter Nom.

På russisk side av delelinjen er leteaktiviteten høy, og fase 1 av Shtokman er satt i produksjon. Nye lovende funn i Russland, Brasil og Sør-Amerika gjør at Statoil og øvrige operatører på norsk sokkel orienterer seg mot utlandet og mot utenlandske FoU-miljø. Institutt for petroleumsteknologi (IPT) har allerede sett en markant nedgang i antall søkere til studiet, og laboratorievirksomheten er sterkt redusert på grunn av reduserte forskningsbevilgninger og lavere etterspørsel fra industrien.

*– Studentene velger heller andre og mer fremtidsrettede studieretninger som fornybar energi. Med unntak av gass og LNG, så betraktes den tradisjonelle oljevirksomheten som en solnedgangs­industri, også av myndighetene. Dette har fått direkte konsekvenser for oss,* medgir professor Sigbjørn Sangesland ved IPT.

*– Offshore vindkraft er inne i en positiv utvikling, i alle fall på leverandørsiden. Selv om det norske vindkrafteventyret uteble, og Doggerbank-prosjektet ikke ble så stort som først håpet på, så er Norge likevel blitt en betydelig global leverandør av kompetanse og teknologi til europeiske offshore vindparker. Etableringen av NOW! som selvstendig forskningsinstitutt underlagt NTNU og SINTEF er et synlig bevis på at det fremdeles finnes politisk vilje til å satse langsiktig på forskning i Norge,* sier Nomen.

NOW! (Norwegian Offshore Wind Research Centre) ble etablert i 2016 og er en sammenslåing av de to tidligere vindkraftprosjektene NORCOWE og NOWITEC. Med finansiering fra Forskningsrådet, EU, Aker, RWE og GDF SUEZ så har NOW! etablert et stort test- og laboratoriesenter i Verdal, noe som er et positivt tilskudd til den europeiske forskningsinfrastrukturen.

**Ingen passivitet i byggenæringen**

*– Byggenæringen har hatt en opptur de siste fem årene, noe som dels skyldes bedret økonomi i husholdningen, og dels innføringen av det nye bygningsdirektivet,* sier Nomen. Fra og med 2020 er det krav om at alle offentlige bygg skal bygges som nullutslippsbygg. Selv om byggforskningen har måttet lide under store konjunktursvingninger, så har det EU-finansierte ZEB-prosjektet (Zero Emission Buildings) utviklet seg til å bli blant Europas fremste fagmiljø. Senteret har stor pågang fra entreprenører og arkitekter som ønsker å utvikle nye bygningstekniske løsninger.

**Underfinansiering**

Selv om alt er såre vel innen fornybar energi og i byggenæringen, så er det dyrt å drive laboratorier. Finansieringen av lab-virksomheten har vært en utfordring i mange år.

*– Et grunnleggende problem er at departementets finansiering til universitetene er knyttet direkte til antall innrullerte studenter. I dag er stykkprisen pr student lavere for tekniske studier sammenliknet med for eksempel humaniora­studier, dette til tross for at ingeniørfagene er langt dyrere å drive. Selv om NTNU i flere år har forsøkt å argumentere for dette, så har man ikke fått gehør hos departementet,* sier Nordal ved Institutt for bygg, anlegg og transport.

En annen medvirkende faktor er at NTNUs interne inntektsfordelingsmodell ikke gjør det økonomisk mulig å drive lab-undervisning. *– I praksis er det bare 4-5 fag på masternivå ved IVT som benytter laboratorier i undervisningen,* fortsetter Nordal.

Kommersielle oppdrag for industrien er et viktig inntektsgrunnlag for IVTs laboratorievirksomhet. I følge Sverre Steen så har underfinansieringen ført til at undervisning og interne forskningsprosjekter har måttet vike til fordel for betalte oppdrag. Dette er en direkte følge av at hvert laboratorium og hvert verksted er organisert som separate resultatenheter. All bruk av laboratorier og verksted skal føres på prosjekt, noe som fører til mye administrasjon.

*- Byråkratiet er i ferd med å kvele NTNUs forsknings- og undervisningsaktivitet. Mange av de vitenskapelige ansatte vegrer seg for å bruke laboratorier og verksted siden hver time skal loggføres og internfaktureres. Selv om driften er basert på selvkostprinsippet, så er timeprisen på NTNU i noen tilfeller så høy at det er rimeligere å leie tilgang til eksterne verksteder*, sier en oppgitt Steen. Den økte administrasjonen har blant annet gitt seg utslag i at deler av vannkraftlaboratoriet i fjor ble overtatt av NTNUs økonomiavdeling og regnskapstjeneste på grunn fra behov for mer plass.

IPT benytter også i økende grad eksterne lab-fasiliteter, enten hos Statoils forskningssenter i Trondheim eller ved IRIS og Universitetet i Stavanger, men tilgjengeligheten der er svært begrenset.

**Dyster fremtid**

*– Vi ser at industrien i økende grad går til utlandet for å få løst sine lab-behov. For SINTEF er denne utviklingen kritisk, spesielt siden de er avhengige av NTNUs laboratorier. I neste omgang går både NTNU og SINTEF ut som tapere i kampen om de beste hodene, og da er vi inne i en svært negativ spiral*, fortsetter Nordal. *– Et eksempel på den triste utviklingen er at studentene og linjeforeningene selv har tatt ansvar for å bygge opp to studentlaboratorier ved IVT. Selv om dugnadsånd og kronerulling fra industrien er prisverdig, så burde dette ærlig talt være NTNUs ansvar,* sier Nordal.

En gjennomgang av IVTs laboratorier viser at veglaboratoriet og geoteknisk laboratorium er lagt ned. Deler av aktiviteten er videreført hos Statens Vegvesen og NGI, men det er ikke åpent for undervisning. Marin byggeteknisk lab er overtatt av SINTEF men delvis ombygget til kontorer. Ved konstruksjonsteknikk er noen laboratorier avviklet eller slått sammen for å gi plass til lesesaler og undervisningsrom. Ved energi- og prosessteknikk er en tredjedel av vannkraftlaboratoriet blitt kontorer, og de kulde/varmetekniske laboratoriene er krympet i areal. Hos geologi og bergteknikk sliter de med utdatert utstyr og liten aktivitet. På Tyholt skriker de marintekniske laboratoriene etter vedlikehold og oppgraderinger.

*– Hadde NTNUs og IVTs ledelse tatt grep for noen år siden, så ville vi kanskje unngått denne utviklingen. Dersom hverken myndighetene, NTNU eller industrien er villige til å finansiere laboratoriene og verkstedene, så er vi redd for at vi går en temmelig dyster fremtid i møte*, avslutter Nordal. I likhet med bergmekanisk lab så går Nordal inn i pensjonistenes rekker til sommeren.

1. Fysisk testing og numerisk simulering kobles sammen i sanntid [↑](#footnote-ref-1)
2. AUR-lab: Institutt for marin teknikk, Institutt for biologi, Institutt for arkeologi og religionsvitenskap, Institutt for teknisk kybernetikk, Institutt for elektronikk og telekommunikasjon, NTNU Vitenskapsmuseet, Centre for Ships and Ocean Structures (CeSOS) [↑](#footnote-ref-2)