

## FAKULTET FOR NATURVITENSKAP OG TEKNOLOGI

### SÆRBESTEMMELSER

Sivilingeniørstudiet ved Fakultet for naturvitenskap og teknologi er organisert i fire studieprogrammer:

- Fysikk og matematikk
- Industriell kjemi og bioteknologi
- Materialteknologi
- Nanoteknologi

#### Studieprogram og studieretninger

Undervisning ved fakultetets fire studieprogrammer gis ved fakultetets institutter som tilbyr følgende studieretninger:

##### Studieprogram Fysikk og matematikk

Institutt for fysikk: Biofysikk og medisinsk teknologi  
Teknisk fysikk

Institutt for matematiske fag: Industriell matematikk\*

##### Studieprogram Industriell kjemi og bioteknologi

Institutt for kjemisk prosesssteknologi: Kjemisk prosesssteknologi

Institutt for kjemi: Kjemi m/følgende hovedprofiler:  
- Organisk kjemi  
- Fysikalsk kjemi

Institutt for bioteknologi: Bioteknologi

Institutt for materialteknologi: Materialkjemi og energiteknologi

##### Studieprogram Materialteknologi

Institutt for materialteknologi: Materialteknologi

##### Studieprogram Nanoteknologi\*\*

Nanoelektronikk  
Bionanoteknologi  
Nanoteknologi for materialer, energi og miljø

\* Institutt for matematiske fag er organisert under Fakultet for informasjonsteknologi, matematikk og elektroteknikk, og studenter som velger Studieretning for industriell matematikk vil bli administrert av dette fakultetet f.o.m. 3. årskurs.

\*\* Tverrfakultært studieprogram administrert av Fakultet for naturvitenskap og teknologi.

### Læringsmål

#### Studieprogram Fysikk og matematikk

Sivilingeniøren i fysikk og matematikk har grundige kunnskaper i fagområdene matematikk og fysikk, samt kjemi, statistikk og databehandling, og dyptgående kunnskaper innen utvalgte områder av industriell matematikk, teknisk fysikk, eller biofysikk og medisinsk teknologi. Studiet gir en generisk og analytisk kompetanse som kan anvendes i industri, forskning, konsulentvirksomhet, undervisning og offentlig sektor. Denne kompetansen danner en plattform for videre studier og forskning, innen matematikk eller fysikk spesielt, men også innen andre områder av naturvitenskap og teknologi. Sivilingeniøren i fysikk og matematikk har kunnskaper og ferdigheter til å møte kontinuerlige endringer i moderne teknologi. Forøvrig har kandidaten den generelle kompetanse som er felles for sivilingeniørstudiet ved NTNU.

#### Kunnskaper

Sivilingeniøren i fysikk og matematikk har:

- Solide grunnkunnskaper i fysikk- og matematikkfagene.
- Brede matematisk-naturvitenskapelige, teknologiske og datatekniske basiskunnskaper som grunnlag for metodeforståelse, anvendelser, faglig fornyelse og omstilling.

- Dybdekunnskap innen et begrenset felt knyttet opp mot aktiv forskning, herunder tilstrekkelig faglig innsikt til å ta i bruk nye forskningsresultater.

#### Ferdigheter

Sivilingeniøren i fysikk og matematikk kan:

- Definere, modellere og analysere sammensatte matematisk-naturvitenskapelige og teknologiske problemer, herunder treffe velbegrunnede valg av relevante metoder og instrumenter, og anvende disse.
- Bidra til helhetlige løsninger av matematisk-naturvitenskapelige og teknologiske problemer, herunder kunne utvikle løsninger i en tverrfaglig kontekst.
- Gjøre selvstendige og kritiske vurderinger av analyseverktøy, metoder, tekniske modeller, beregninger og løsninger.
- Gjennomføre selvstendige forsknings- og utviklingsprosjekt som en del av et fagmiljø.
- Videreutvikle sin faglige kompetanse ved doktorgradsstudier og forskning innenfor matematikk, fysikk eller annen naturvitenskap og teknologi.
- Fornye og omstille seg faglig, herunder utvikle sin faglige kompetanse på eget initiativ og overføre kunnskap mellom ulike fagfelt.

#### **Studieretning Industriell matematikk:**

Sivilingeniøren i industriell matematikk er i stand til å bidra til å løse et vidt spektrum av naturvitenskapelige problemer av interesse for industri, næringsliv og offentlig forvaltning med rigorøs og praktisk utnyttelse av kunnskap i matematiske fag.

#### Spesifikke kunnskaper og ferdigheter

Sivilingeniøren i industriell matematikk:

- Har grundige kunnskaper i matematisk modellering, matematisk analyse, numeriske metoder, statistikk og databehandling.
- Har spisskompetanse innen utvalgte områder av statistikk, numerisk matematikk eller matematiske disipliner som er anvendbare innen industri, næringsliv og offentlig forvaltning.
- Har dybdekunnskaper innen et begrenset område av de matematiske fag som ligger nært opp mot aktiv forskning, og som gir kompetanse for å ta i bruk nye forskningsresultater.
- Kan sette opp matematiske og statistiske modeller for sammensatte matematisk-naturvitenskapelige og teknologiske problemer, gjøre rigorøse kvalitative analyser av disse, samt diskretisere og realisere simuleringer.
- Kan anvende sin spisskompetanse i matematiske fag mot et bredt utvalg av anvendelser innen naturvitenskap og teknologi.

#### **Studieretning Teknisk fysikk:**

Sivilingeniøren i teknisk fysikk kan bidra til å løse et vidt spektrum av naturvitenskapelige problemer av interesse for industri, næringsliv og offentlig forvaltning med utnyttelse av kunnskap i teoretisk og eksperimentell fysikk.

#### Spesifikke kunnskaper og ferdigheter

Sivilingeniøren i teknisk fysikk:

- Har brede og grundige kunnskaper i fysikk og matematikk, basert på innføringsemnene i matematikk, klassisk fysikk og kvantefysikk, og påfølgende obligatoriske emner som dekker generell teori (kvantemekanikk, statistisk fysikk, elektromagnetisk teori) og sentrale tema som naturlig kombinerer teori og eksperiment (faststoff-fysikk, optikk, kjerne- og strålingsfysikk, måleteknikk, instrumentering).
- Har spisskompetanse innen utvalgte områder av eksperimentell og/eller teoretisk fysikk, basert på valgbare emner i siste halvdel av studiet.
- Har dybdekunnskap innen et begrenset område av fysikk som ligger nært opp mot aktiv forskning ved Institutt for fysikk, ved enkelte andre institutt på NTNU, eller i relevant ekstern virksomhet.
- Kan tenke helhetlig og angripe naturvitenskapelige og teknologiske problemer med et bredt spekter av metoder basert på teori, eksperimenter og modellering/simuleringer, eller en kombinasjon av disse.

#### **Studieretning Biofysikk og medisinsk teknologi:**

Sivilingeniøren i biofysikk og medisinsk teknologi har i tillegg til sin dybdekompetanse tilstrekkelig biologisk og medisinsk kunnskap til å kunne arbeide selvstendig med biofysiske og medisinsk-teknologiske problemstillinger av relevans for industri, helsevesen og offentlig forvaltning.

#### Spesifikke kunnskaper og ferdigheter

Sivilingeniøren i biofysikk og medisinsk teknologi:

- Har brede og grundige kunnskaper i fysikk og matematikk, basert på innføringsemnene i matematikk, klassisk fysikk og kvantefysikk, og påfølgende obligatoriske emner som dekker biokjemi og cellebiologi og sentrale tema

som naturlig kombinerer teori og eksperiment av relevans for biofysikk og medisinsk teknologi (optikk, kjerne- og strålingsfysikk, måleteknikk, instrumentering, molekylær biofysikk).

- Har spisskompetanse innen utvalgte områder av biofysikk og medisinsk teknologi, basert på valgbare emner i siste halvdel av studiet, som for eksempel spesialisering i fysikk og teknologi som brukes for å karakterisere struktur og funksjon av biologiske systemer, inkludert ulike metoder for mikroskopisk og makroskopisk biomedisinsk avbildning, eller kunnskap om biologiske effekter av fysiske påvirkninger, inkludert ioniserende stråling, og utnyttelse av fysikkbaserte metoder i medisinsk diagnostikk og terapi.
- Har dybdekunnskap innen et begrenset område av biofysikk eller medisinsk teknologi som ligger nært opp mot aktiv forskning ved Institutt for fysikk, ved samarbeidende fagmiljøer innen medisinsk teknologi, eller i relevant ekstern virksomhet.
- Kan tenke helhetlig og angripe naturvitenskapelige og teknologiske problemer med et bredt spekter av metoder basert på teori, eksperimenter og modellering/simuleringer, eller en kombinasjon av disse.

## Studieprogram Industriell kjemi og bioteknologi

Sivilingeniøren innen industriell kjemi og bioteknologi skal forstå hvordan og hvorfor atomer, molekyler og materialer, vekselvirker eller reagerer i fast fase og i løsnings. Dette inkluderer termodynamikk, reaksjonskinetikk, kvantemekanikk, relevante eksperimentelle metoder og beskrivende organisk og uorganisk kjemi. Sivilingeniøren kan utføre grunnleggende eksperimenter og beregninger knyttet til disse emnene, og besitter brede basiskunnskaper og –ferdigheter innen matematikk, fysikk, IKT, formidling og samfunnsmessige vurderinger av kjemisk teknologisk virksomhet. Sivilingeniøren har teoretiske og eksperimentelle kunnskaper og ferdigheter på høyt nivå innen sin spesialisering, dvs innen kjemi, kjemisk prosesseteknologi, bioteknologi eller materialkjemi. Nivået tillater kandidaten å a) bidra til kjemisk industris verdiskapning ved å vedlikeholde, videreutvikle og fornye eksisterende industrielle prosesser, b) lede slik virksomhet, og c) begynne et doktorgradsstudium ved et internasjonalt anerkjent universitet, d) arbeide innen offentlig forvaltning.

## Læringsmål

### 1. Kunnskaper

Sivilingeniøren innen industriell kjemi og bioteknologi har:

- 1.1 Brede og solide basiskunnskaper innen matematikk, informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT), kjemi, fysikk, mekanikk og statistikk som gir grunnlag for metodeforståelse, anvendelser, faglig fornyelse og omstilling innen kjemisk og bioteknologisk industri og forskning.

Sivilingeniøren kan gjøre rede for flg grunnleggende tema:

- 1.1.1 Matematikk: Funksjoner av en og flere variable, maksima og minima. Taylorrekker. Integrasjon, areal, buelengde og volum. Vektoranalyse. Greens, Stokes og Gauss teoremer. Ordinære og partielle differensiallikninger. Fourierrekker og Fouriertransform. Laplacetransformen. Lineæralgebra, egenverdiproblemer og diagonalisering. Numeriske metoder. Innføring i Matlab.
- 1.1.2 IKT: Informasjonsteknologiske muligheter innen fagfeltet. Anvendelse av numeriske metoder og Matlab. Matematisk modellering.
- 1.1.3 Generell og uorganisk kjemi: Grunnleggende kjemisk formelspråk og termodynamikk. Hovedtrekk ved grunnstoffenes kjemi og periodiske egenskaper. Grunnleggende aspekter ved elektrokjemi. Gassers egenskaper, reaksjonstyper i løsninger, reaksjonskinetikk. Krystallfeltteori og koordinasjonskomplekser.
- 1.1.4 Organisk kjemi: Nomenklatur, struktur og reaktivitet til hovedklasser av organiske stoffer. Reagenser for syntetiske transformasjoner. Reaksjonsmekanismer.
- 1.1.5 Kvantekjemi og bindingslære: Grunnleggende kvantemekaniske prinsipper og kvantemekanikkens anvendelser på atomer og molekyler, herunder molekylorbital-teorien. Anvendelser innen spektroskopi. Grunnleggende aspekter ved moderne beregningskjemiske metoder.
- 1.1.6 Kjemisk termodynamikk og elektrokjemi: Termodynamikk, kjemisk likevekt, blandingers termodynamikk, kolligative egenskaper og faselikevekter. Elektrolyttløsninger og elektrokjemiske celler. Elektrolytters ledningsevne, dissosiasjonsgrad, kalorimetri, partielle molare volum. Måling av reaksjonshastighet.
- 1.1.7 Laboratorieferdigheter: Grunnleggende sikkerhet i laboratoriet. Kvalitativ og kvantitativ kjemisk analyse, spektroskopiske metoder og uorganisk og organisk syntese. Potensialmålinger i elektrokjemiske celler. Måling av grunnleggende termodynamiske størrelser.
- 1.1.8 Bioteknologi: Cellers struktur, cellefunksjon, metabolisme og energiomsetning; enzymkatalyse; prosessene fra DNA via RNA til protein; DNA-replikasjon og rekombinasjon; regulering av genuttrykk; cellulær differensiering; mutasjoner og mutanter; rekombinant DNA-teknologi; utveksling av DNA mellom celler; genomics teknologier; bioinformatikk

- 1.1.9 Fysikk: Svinge- og bølgelære, elektromagnetisme og optikk. Elektriske kretser.
- 1.1.10 Strømnings- og varmetransport: Grunnleggende fysisk og matematisk beskrivelse av strømning i væsker og gasser. Kraftbalanser på kontrollvolumer. Eulers og Bernoullis likninger. Mekanismer for varmetransport og virkemåten til industrielle varmevekslere.
- 1.1.11 Statistikk: Sannsynlighetsregning, sannsynlighetsfordelinger, lineær regresjon, forsøksplanlegging.
- 1.1.12 Prosessteknikk: Masse- og energibalanser for stasjonære prosesser med reaksjon, separasjon og resirkulasjon. Likevektsberegninger og likevekts sammensetning i en reaktor.
- 1.1.13 Kjemisk reaksjonsteknikk: Reaksjonsmekanismer med særlig vekt på samspillet mellom diffusjon, masse- og varmeoverføring og kjemisk reaksjonshastighet, herunder heterogen katalyse og reaksjoner mellom gasser, væsker og faste stoffer. Dimensjonering og beregning av omsetningsgrad og utbytte for reaktorsystemer basert på masse- og energibalanser.
- 1.2 Innsikt i filosofi- og vitenskapshistorie, vitenskapsteori, etikk og argumentasjonsteori for å bli i stand til å forholde seg reflektert til sitt fagområde og til vitenskapene generelt.
- 1.3 Innsikt i økonomi, prosjektledelse, industriell økologi, miljørisiko, helse miljø og sikkerhet for å kunne lede prosjekter og annen industriell virksomhet på en effektiv, økonomisk og samfunnsgagnlig måte.
- 1.4 Brede vitenskapelige og teknologiske kunnskaper innen de kjemiske og bioteknologiske disipliner, inklusive metoder og redskaper som nyttes i vitenskapelige undersøkelser.
- 1.5 Dybdekunnskap innen en av ferdypningsretningene (1) Bioteknologi, (2) Kjemi, (3) Kjemisk prosesseteknologi, og (4) Materialkjemi og energiteknologi. På et utvalgt område innen den valgte ferdypningen skal denne kunnskapen være ført fram til dagens forskningsfront eller fram til aktuelle forsknings- og utviklingsoppgaver innen en ledende industri, og den skal gi tilstrekkelig faglig innsikt til å ta i bruk nye forskningsresultater. Dybdekunnskapen danner en god basis for å kunne gi innovative bidrag til ny kunnskap innen materialutvikling eller nye prosesser.
  - 1.5.1 Dybdekunnskap innen ferdypningsretning 1, se læringsmål for ferdypninger.
  - 1.5.2 Dybdekunnskap innen ferdypningsretning 2, se læringsmål for ferdypninger.
  - 1.5.3 Dybdekunnskap innen ferdypningsretning 3, se læringsmål for ferdypninger.
  - 1.5.4 Dybdekunnskap innen ferdypningsretning 4, se læringsmål for ferdypninger.

## 2. Ferdigheter

Kandidaten kan etter gjennomgått studium

- 2.1 Anvende sine kunnskaper til å løse teknologiske utfordringer innen kjemisk og bioteknologisk industri, forskning eller forvaltning på en selvstendig og systematisk måte ved å analysere problemstillinger, formulere deloppgaver og frambringe innovative løsninger, også i nye og ukjente situasjoner. I dette arbeidet har hun en kritisk holdning til gammel og ny kunnskap mht. dens begrensninger, tvetydighet og ufullstendighet, og ved behov kan hun identifisere og tilkalle nødvendig ekspertise. Dette omfatter:
  - 2.1.1 Kunne utføre grunnleggende beregninger og eksperimenter innen emnene oppført ovenfor.
  - 2.1.2 Arbeide med å vedlikeholde, forbedre og fornye industrielle kjemiske og bioteknologiske prosesser basert på disse kunnskapene.
  - 2.1.2 Arbeide med alternative og innovative løsninger av problemstillinger ved valg av kjemiske og bioteknologiske prosesser.
  - 2.1.3 Gjennomføre undersøkelser som kan belyse om foreslåtte teknologiske og økonomiske metoder og teknikker er samfunnsmessig akseptable.
  - 2.1.4 Detaljere foreslåtte metoder og løsninger til en slik grad at de kan implementeres.
- 2.2 Arbeide selvstendig og i tverrfaglige grupper. Samarbeide effektivt med spesialister og om nødvendig ta egne initiativ.
  - 2.2.1 Arbeide selvstendig og i grupper med teknologiske og/eller vitenskapelige oppgaver av høy kompleksitet.
  - 2.2.2 Planlegge og gjennomføre prosjekter, delegerte og koordinerte oppgaver, håndtere konflikter, vurdere sterke og svake sider ved en selv og andre.
  - 2.2.3 Håndtere oppgaver som synes å være enkle, men som senere viser seg å trenge tilleggskunnskap.

## 3. Generell kompetanse

Kandidaten skal etter gjennomgått studium kunne

- 3.1 Kommunisere effektivt om eget arbeid, som for eksempel løsning av oppgaver, kunnskapsformidling, gjøre vurderinger og komme med presise konklusjoner både for fagfolk og ikke-spesialister (inkl. rapportering og presentasjoner, samt yte vesentlige bidrag til vitenskapelige publikasjoner).
  - 3.1.1 Gi velstrukturerte presentasjoner for ulike tilhørere ved å bruke moderne presentasjonsmidler.
  - 3.1.2 Skrive velstrukturerte og klare rapporter og bidrag til vitenskapelige publikasjoner.
  - 3.1.3 Formidle etterspurt kunnskap og resultater til andre på en klar og overbevisende måte.
  - 3.1.4 Kunne lese, tolke og oppsummere engelskspråklig faglitteratur skriftlig og muntlig.

- 3.2 Vurdere og forutsi teknologiske, etiske og samfunnsmessige effekter av eget arbeid. Ta ansvar for arbeidets virkning på en bærekraftig og samfunnsmessig utvikling samt økonomi.
  - 3.2.1 Gjennomføre oppgaver hvor bærekraftig utvikling tas hensyn til.
  - 3.2.2 Identifisere moralske dilemma, beskrive aktører og være klar over egen posisjon.
  - 3.2.3 Gjennomføre risikoanalyser og kjenne sikkerhetsinstrukser for eget arbeid.
  - 3.2.4 Utføre gjennomførighets-studier av teknologiske oppgaver (realiserbare prosjekter).
- 3.3 Aktivt oppdatere egen kompetanse gjennom livslang læring.
  - 3.3.1 Sette seg inn i hovedlinjene i kunnskapsutviklingen av eget fagfelt, følge med i hvordan teknologiske og vitenskapelige grenser flyttes for derigjennom å erkjenne behovet for faglig oppdatering.
  - 3.3.2 Ved behov ha god kontakt med lærekrefter ved NTNU og være i stand til å etablere internasjonale faglige nettverk.

## Læringsmål for fordypninger

### Studieretning Bioteknologi

Kandidater med studieretning bioteknologi skal ha inngående (god) kunnskap om kjemisk struktur og funksjon av biomolekyler, metabolisme og biosyntese og energiomsetningen i cellen. De skal ha grunnleggende kunnskap om kjemisk struktur, fysiske egenskaper samt biologisk funksjon og teknologiske egenskaper hos viktige biopolymerer. De skal forstå hvordan den genetiske informasjonen i prokaryote og eukaryote organismer er organisert og realisert, og ha grunnleggende innsikt i hvilke metoder som benyttes for å studere dette. De skal ha en basal forståelse av hvordan innsikten benyttes i anvendt bioteknologi, og kunne foreslå eksperimentelle løsninger på vanlige problemstillinger som oppstår i basal og anvendt sammenheng. Kandidatene skal vite hvordan bakterieceller er bygd opp og fungerer, og ha en forståelse av bakteriers levesett og interaksjoner med omgivelsene. De skal også ha ferdigheter i mikroskopi og mikrobiell arbeidsteknikk. Kandidatene skal ha gode eksperimentelle ferdigheter innen bioteknologiske laboratorieteknikker og være istand til å planlegge prosjekter, systematisk bearbeide faglig informasjon og legge frem resultater både skriftlig og muntlig.

### Studieretning Kjemi

#### Organisk kjemi

Kandidatene skal ha inngående kjennskap til de mest sentrale organisk kjemiske reaksjoner, reagensutvalg og deres mekanismer, og kunne anvende disse praktisk og teoretisk. De skal kunne analysere organisk kjemiske problemstillinger, herunder retro-syntese, og vurdering av sikkerhet, og gjøre rasjonelle valg for syntese-strategi og reagenser. De skal kunne gjennomføre og planlegge organiske synteser av varierende lengde, mekanistiske studier og optimaliseringsoppgaver. Kandidaten skal kunne velge egnet rensemetode for en gitt blanding, og kunne anvende ekstraksjon, destillasjon, krystallisasjon, sublimasjon og kromatografiske metoder og annet for rensing. Kandidatene skal kunne karakterisere og analysere stoffer, materialer, stoffblandinger og prosesser ved å anvende ulike analyseteknikker herunder spektroskopiske metoder (UV, IR, MS, NMR, m.m.) og kromatografiske metoder (GC, HPLC, m.m.). Kandidatene skal være i stand til å utvide egen kunnskap også i tilgrensende fagområder bla ved å benytte faglitteratur, databaser og nettbaserte ressurser. I en forskningsrettet yrkessammenheng skal kandidatene være i stand til å planlegge og å gjennomføre forskningsoppgaver innen de områdene som er nevnt ovenfor. I en industriell produksjonssammenheng skal uteksaminerte kandidater være i stand til å lede en produksjonsenhet innen organisk kjemisk relatert kjemi og å arbeide med forbedring og videreutvikling av slike produksjonsprosesser, selvstendig eller i samarbeid med et forskningsmiljø. I yrker innen forvaltning skal kandidatene kunne benytte sin stoffkunnskap, reaksjonskunnskap og evne til kunnskapsvervelse i eget og tilgrensende fagfelt for å kunne gi hensiktsmessige råd og veiledning. Et påfølgende PhD studium styrker de omtalte kompetansemål.

#### Fysikalsk kjemi

Kandidatene skal ha inngående kjennskap til de mest sentrale begrep og metoder innen fysikalsk kjemi, og kunne anvende disse praktisk og teoretisk. Kandidatene skal ha kunnskap om klassisk termodynamikk, spontanitet og likevekt i kjemisk-fysiske systemer, faselikevekter, systemer med variabel sammensetning, ideelle og reelle blandinger, kolligative egenskaper, termodynamikk av elektrokjemiske celler, kinetikk, fenomenologiske likninger og beskrivelse av kjemiske reaksjoner. I tillegg skal kandidatene ha kunnskaper om hvordan kvantemekanikk kan anvendes på enkle systemer, hydrogenatomet og atomorbitaler, symmetri i molekyler og elementær gruppeteori, Pauliprinsippet og elektronspinn, Born-Oppenheimer-approximasjon, molekylorbitalteori, elektroniske overganger, rotasjons- og vibrasjonsbevegelser i molekyler og magnetisk resonans spektroskopi. Kandidatene skal være istand til å vurdere egne og andres måleresultater samt tilegne seg praktiske ferdigheter innen måling av partielle molare volum, væske-gass likevekter, bestemmelse av reduksjonspotensial for en elektrode, ledningsevneundersøkelser, kjemisk likevekt, opptak av UV/vis/IR spektra og enkle molekylberegninger.

Kandidatene skal også kunne gjøre vurdering av sikkerheten i forbindelse med laboratorieforsøk. Kandidatene skal være i stand til selvstendig å utvide egen kunnskap i beslektede fagområder bl.a. ved å benytte elektroniske databaser. I en forskningsrettet yrkessammenheng skal kandidatene være i stand til å planlegge og gjennomføre forskningsoppgaver innen de områdene som er nevnt ovenfor. I en industriell produksjonssammenheng skal uteksaminerte kandidater være i stand til å lede en produksjonsenhet som baserer seg på fysisk kjemi og å arbeide med forbedring og videreutvikling av slike produksjonsprosesser, enten selvstendig eller i samarbeid med et forskningsmiljø. I yrker innen forvaltning skal kandidatene kunne benytte sin kunnskap og evne til kunnskapsvervelse i eget og tilgrensende fagfelt, til å gi hensiktsmessige råd og innstillinger.

### **Studieretning Kjemisk prosesssteknologi**

Kandidater fra studieretningen Kjemisk Prosesssteknologi har kunnskaper om industrielle prosessers kjemiske grunnlag og tekniske gjennomføring. Utover grunnleggende kunnskaper og ferdigheter (som spesifisert under Studieprogrammet for Industriell Kjemi og Bioteknologi) har kandidater med denne studieretningen videregående kunnskaper og ferdigheter som omfatter:

Termodynamisk metodelære og tilstandsmodellering av multikomponente systemer. Forståelse av ulike enhetsoperasjoner ved å identifisere de viktigste variablene og evne til velbegrunnede valg av egnet enhetsoperasjon for å separere komponenter i gass, væske og faststoff. Utforming av hele prosessanlegg, beregning av masse og energibalanser ved overslagsberegninger og med kommersielle beregningsverktøy, valg av konstruksjonsmateriale og dimensjonering av prosessutstyr for å beregne investeringskostnader og driftskostnader i vurderingen av prosjekters lønnsomhet. Regulering av prosessen, reguleringssymbolene, klassifisering av variable og alternative reguleringsstrukturer.

Avhengig av valgt spesialiseringsretning har kandidatene kunnskap om matematisk modellering og simulering, materialteknologi, overflatekjemi og polymerkjemi, reaktorteknologi, katalyse og petrokjemi, bioenergi og fiberteknologi eller regulering av kjemiske prosessanlegg og systemteknikk for industrielle og biologiske prosesser.

Uteksaminerte kandidater kan vurdere gjennomførbarheten av kjemitekniske prosesser fra et prosess teknisk og økonomisk perspektiv ved å utføre beregninger av masse- og energibalanser, enklere investeringsanalyser og andre prosessøkonomiske forhold. Kandidatene kan vurdere endringer i kjemiske prosessanlegg for å forbedre enhetsoperasjoner med tanke på bedret produktkvalitet, miljøkonsekvenser og økt produksjon. Innenfor sin spesialisering kan kandidatene bidra til nytenkning og praktisk implementering av ideer for nye kjemiske prosesser og konsepter innenfor forskning og industri. Kandidatene er i stand til å planlegge og å gjennomføre eksperimentelle undersøkelser innenfor sitt fagområde med tilhørende risikovurdering.

### **Studieretning Materialkjemi og energiteknologi**

Kandidater med studieprofilen Materialer for energiteknologi har inngående kunnskaper om materialer som deltar funksjonelt i energiproduksjon og energiomsetning med vekt på fornybar energi og relaterte felt. Profilen er således avgrenset ved at konstruksjonsmaterialer benyttet i energiprosesser ikke er en del av profilen.

Kandidater med studieprofilen har utover grunnleggende kunnskaper og ferdigheter (som spesifisert under Studieprogrammet for Industriell Kjemi og Bioteknologi) videregående kunnskaper og ferdigheter innen materialkjemi som omfatter:

- Elektrokjemisk termodynamikk, kinetikk med anvendelser innen materialframstilling og –stabilitet (korrosjon).
- Struktur og egenskaper til metaller og keramer.
- Elektronstruktur og funksjonelle egenskaper (magnetiske, elektriske, optiske) for faste stoffer.
- Egenskaper til relevante nanostrukturerte materialer.
- Kan gjøre rede for og utføre eksperimentelle metoder innen disse emnene.

Kandidatene har videre inngående kjennskap til de mest sentrale funksjonelle materialene i a) solceller, b) brenselceller, c) vannelektrolyseprosesser og d) gass-separasjon. De forstår den sentrale virkemåten og prinsippene bak disse innretningene og hvilken funksjon materialene har i dem, og de kan også kunne redegjøre for sammenhengen mellom materialkvalitet og ytelse. For utvalgte prosesser kan de kunne vurdere/bedømme og velge materialer for prosessene.

Uteksaminerte kandidater kan utføre enkle beregninger knyttet til materialene for prosessene, og for utvalgte prosesser innen sin spesialisering er de i stand til å utføre mer avanserte beregninger innen materialdesign. Kandidatene kan også utføre eksperimentelle målinger relatert til utvalgte prosesser innen sin spesialisering.

## Studieprogram Materialteknologi

Kandidater utdannet innen studieprogrammet Materialteknologi skal kunne arbeide innen materialteknologisk virksomhet som omfatter framstilling, bearbeiding, fabrikasjon, bruk og resirkulering av materialer. Kandidatene skal ha en grunnleggende forståelse av hvordan materialenes mikrostruktur og bruksegenskaper styres av deres kjemiske sammensetning og av hvordan de blir produsert og behandlet. Metaller, keramer, kompositter, plaster og enkelte funksjonelle materialer inngår i dagens opplegg.

### 1. Kunnskaper

Materialteknologen skal ha:

- 1.1 Brede og solide basiskunnskaper innen matematikk, informasjons- og kommunikasjons-teknologi (IKT), kjemi, fysikk, mekanikk og statistikk som gir grunnlag for metodeforståelse, anvendelser, faglig fornyelse og omstilling innen materialteknologisk virksomhet.  
De individuelle fagdisiplinene omfatter følgende tema:
  - 1.1.1 Matematikk: Funksjoner av en og flere variable, maksima og minima. Taylorrekker. Integrasjon, areal, buelengde og volum. Vektoranalyse. Greens, Stokes og Gauss teoremer. Ordinære og partielle differensiallikninger. Fourierrekker og Fouriertrans-form. Lineæralgebra, egenverdiproblemer og diagonalisering. Numeriske metoder. Innføring i Matlab.
  - 1.1.2 IKT: Informasjonsteknologi. Anvendelse av numeriske metoder og Matlab. Matematisk modellering.
  - 1.1.3 Material- og elektrokjemi: Gassers egenskaper, reaksjonstyper i løsninger, likevekts-læren, termokjemi og reaksjoners drivende kraft, elektrokjemi, kinetikk og bind-ingslære. Kort om organisk kjemi. Laboratorieøvinger.
  - 1.1.4 Fysikk: Dynamikk, svinge- og bølgelære, elektromagnetisme, optikk.
  - 1.1.5 Mekanikk: Statikk, fasthetslære, krefter i konstruksjoner, spennings- og tøynings-analyse, hovedspenninger og flytkriterier.
  - 1.1.6 Statistikk: Sannsynlighetsregning, sannsynlighetsfordelinger, lineær regresjon, forsøksplanlegging.
- 1.2 Innsikt i filosofi- og vitenskapshistorie, vitenskapsteori, etikk og argumentasjonsteori for å bli i stand til å forholde seg reflektert til sitt fagområde og til vitenskapene generelt.
- 1.3 Innsikt i teknologiledelse og i ett eller flere av fagområdene økonomi, industriell økologi, miljørisiko, helse, miljø og sikkerhet for å kunne lede prosjekter og annen industriell materialteknologisk virksomhet på en effektiv, økonomisk og samfunnsgagnlig måte.
- 1.4 Brede vitenskapelige og teknologiske kunnskaper innen de materialteknologiske disiplinene, inklusive metoder og redskaper som nyttes i materialvitenskapelige undersøkelser. Fagområdet har forskjellig abstraksjonsnivå, fra laboratorievirksomhet til grunnleggende teori, inkludert en reflektert forståelse av fagenes struktur og relasjoner til andre fagområder.  
Fagområdet omfatter følgende disipliner:
  - 1.4.1 Grunnleggende kunnskaper: Termodynamikk, transportfenomener, fluiddynamikk (mekanisk teori, strømning, energi, impulsbalanse) og varmestrømning (energibalanse, varmeledning, varmeoverføring, stråling).
  - 1.4.2 Struktur til metaller, polymerer og keramer: Krystallstrukturer, defektstrukturer fra atom- til makronivå, effekt av deformasjon og tekstur, faseomvandling.
  - 1.4.3 Materialframstilling: Fra råstoff til flytende metall, raffinering, resirkulering, samt ulike metoder for pulverproduksjon av kerambaserte forbindelser.
  - 1.4.4 Materialelegenskaper: Mekaniske egenskaper (styrke, seighet, utmatting, siging), funksjonelle egenskaper (elektrokjemiske-, elektriske-, termiske- og magnetiske egenskaper), korrosjon og korrosjonsbeskyttelse.
  - 1.4.5 Materialproduksjon: Støping (størkning), deformasjon (valsing, ekstrudering, smiing, forming), sammenføyning (sveising, liming). Keramiske formingsmetoder og sintring.
  - 1.4.6 Modellering: Matematisk modellering og simulering av materialelegenskaper og materialteknologiske prosesser.
  - 1.4.7 Karakterisering: Materialkarakterisering (metallografi, lys- og elektronmikroskopi, røntgendiffraksjon, dilatometri, materialprøving). Karakterisering av funksjonelle egenskaper (elektriske, magnetiske, optiske). Eksperimentalt teknisk kunnskap (planlegging og gjennomføring av eksperimenter, tolkning av resultater, vurdering av måleusikkerhet).
- 1.5 Dybdekunnskap innen en av hovedprofilene (1) Metallproduksjon og resirkulering, (2) Materialutvikling og -bruk, (3) Materialer for energiteknologi, se læringsmål for hovedprofiler, HP1 – HP3. På et utvalgt område innen den valgte fordypningen skal denne kunnskapen være ført fram til dagens forskningsfront eller fram til aktuelle forsknings- og utviklingsoppgaver innen en ledende industri, og den skal gi tilstrekkelig faglig innsikt til å ta i bruk nye forskningsresultater. Dybdekunnskapen danner en god basis for å kunne gi innovative bidrag til ny kunnskap innen materialutvikling eller nye prosesser.

## 2. Ferdigheter

Materialteknologen skal kunne

- 2.1 Anvende sine kunnskaper til å løse materialteknologiske utfordringer innen industri og forskning på en selvstendig og systematisk måte ved å analysere problemstillinger, formulere deloppgaver og frambringe innovative løsninger, også i nye og ukjente situasjoner. I dette arbeidet skal materialteknologen ha en kritisk holdning til gammel og ny kunnskap mht. dens begrensninger, tvetydighet og ufullstendighet, og ved behov skal han kunne identifisere og tilkalle nødvendig ekspertise.
  - 2.1.1 Arbeide med å forbedre materialegenskaper og materialteknologiske prosesser for framstilling, raffinering og bearbeiding av metaller (smeltebehandling, termiske forhold, deformasjonsbetingelser, overflatebehandlinger, sveisebetingelser, osv.) samt framstilling, forming og sintring av keramer, avhengig av hvilken fordypning som velges.
  - 2.1.2 Arbeide med alternative og innovative løsninger av materialrelaterte problemstillinger ved valg av materialer for spesifikke anvendelser, materialbehandlinger og forhold tilpasset ulike bruksområder inkludert utvikling og bruk av nanomaterialer.
  - 2.1.3 Gjennomføre undersøkelser som kan belyse om foreslåtte teknologiske og økonomiske metoder og teknikker er samfunnsmessig akseptable.
  - 2.1.4 Detaljere foreslåtte metoder og løsninger til en slik grad at de kan implementeres.
- 2.2 Arbeide selvstendig og i tverrfaglige grupper. Samarbeide effektivt med spesialister.
  - 2.2.1 Arbeide selvstendig og i grupper med teknologiske og/eller vitenskapelige oppgaver av høy kompleksitet.
  - 2.2.2 Planlegge og gjennomføre prosjekter, delegerte og koordinerte oppgaver, håndtere konflikter, vurdere sterke og svake sider ved en selv og andre.

## 3. Generell kompetanse

Materialteknologen skal kunne

- 3.1 Kommunisere effektivt om eget arbeid, som for eksempel løsning av oppgaver, kunnskapsformidling, gjøre vurderinger og komme med presise konklusjoner både for fagfolk og ikke-spesialister (inkl. rapportering og presentasjoner, samt yte vesentlige bidrag til vitenskapelige publikasjoner).
  - 3.1.1 Gi velstrukturerte presentasjoner for ulike tilhørere ved å bruke moderne presentasjonsmidler.
  - 3.1.2 Skrive velstrukturerte og klare rapporter og bidrag til vitenskapelige publikasjoner.
  - 3.1.3 Formidle etterspurt kunnskap og resultater til andre på en klar og overbevisende måte.
  - 3.1.4 Kunne lese, tolke og oppsummere engelskspråklig faglitteratur skriftlig og muntlig.
- 3.2 Vurdere og forutsi teknologiske, etiske og samfunnsmessige effekter av eget arbeid. Ta ansvar for arbeidets virkning på en bærekraftig og samfunnsmessig utvikling samt økonomi.
  - 3.2.1 Gjennomføre oppgaver hvor bærekraftig utvikling tas hensyn til.
  - 3.2.2 Identifisere moralske dilemma, beskrive aktører og være klar over egen posisjon.
  - 3.2.3 Gjennomføre risikoanalyser og kjenne sikkerhetsinstruksjoner for eget arbeid.
  - 3.2.4 Utføre gjennomførlighets-studier av teknologiske oppgaver (realiserbare prosjekter).
- 3.3 Aktivt oppdatere egen kompetanse gjennom livslang læring.
  - 3.3.1 Sette seg inn i hovedlinjene i kunnskapsutviklingen av eget fagfelt, følge med i hvordan teknologiske og vitenskapelige grenser flyttes for derigjennom å erkjenne behovet for faglig oppdatering.
  - 3.3.2 Ved behov ha god kontakt med lærekrefter ved NTNU og være i stand til å etablere internasjonale faglige nettverk.

## **Læringsmål for hovedprofiler**

### 1. Metallproduksjon og resirkulering

#### Kunnskaper

Kandidater med studieprofil Metallproduksjon og resirkulering skal ha

- inngående kunnskaper om framstillings- og raffineringprosesser som er viktige for norsk materialproduserende industri, med hovedfokus på prosesser innen metallindustrien (ferrolegerings- og lettmetallindustrien), inklusive karbotermiske prosesser, elektrolyse og raffineringprosesser,
- dyptgående innsikt og forståelse av hva som bestemmer kjemisk likevekt og hvordan dette kan beskrives i Gibbs energifunksjoner og i fasediagram,
- kunnskap om industrielle transportfenomener som varme- og massetransport for énfase- og flerfasesystemer.

#### Ferdigheter

Kandidatene skal kunne

- beregne energiforbruk for de enkelte prosessene og evaluere reduksjon av energiforbruk og metoder for energigjenvinning,



- beregne industrielle masse- og varmestrømmer,
- beregne og kontrollere sammensetningen til sluttprodukter.

Videre skal kandidatene være i stand til å

- lede produksjonsenheter innen metallproduserende industri,
- drive forsknings- og utviklingsarbeid innenfor sin enhet,
- anvende sine kunnskaper til å evaluere nye og innovative prosesser innen fagfeltet,
- evaluere energi- og miljøkonsekvenser for industrielle prosesser.

## 2. Materialutvikling og –bruk

### Kunnskaper

Kandidater med studieprofilen Materialutvikling og -bruk skal ha

- inngående kunnskaper om videreutvikling og bruk av konstruksjonsmaterialer og noen funksjonelle materialer med hovedvekt på keramer. Sentrale tema er støping, forming, bearbeiding, prosessering, sammenføyning, korrosjon, overflatebeskyttelse, materialprøving, matematisk modellering, karakterisering, bearbeidings- og bruksegenskaper (mekaniske egenskaper, korrosjonsmotstand), samt sammenhengen mellom materialenes kjemiske sammensetning, prosessering, mikrostruktur og egenskaper. Noe avhengig av fagvalg skal kandidatene ha gode kunnskaper innen de aller fleste av disse temaene, og de skal ha dybdekunnskaper innen utvalgte områder.

### Ferdigheter

I en industriell produksjonssammenheng skal uteksaminerte kandidater kunne

- arbeide innenfor eller lede en produksjonsenhet for støping eller videre bearbeiding,
- arbeide med forbedring og videreutvikling av slike produksjonsprosesser, enten selvstendig eller i samarbeid med et forskningsmiljø.

I en industriell brukssammenheng skal kandidatene kunne

- velge ut riktige typer materialer, sammenføyingsmetoder og korrosjonsforebyggende tiltak for ulike bruks- og driftsbetingelser,
- iverksette undersøkelser (selvstendig eller i samarbeid med et forskningsmiljø) for å komme fram til riktig materialvalg og -behandling.

I en forskningsrettet yrkessammenheng skal kandidatene kunne

- planlegge og gjennomføre forskningsoppgaver innen et eller flere av de nevnte områdene (jfr. Kunnskaper).

## 3. Materialer for energiteknologi

### Kunnskaper

Kandidater med studieprofilen Materialer for energiteknologi skal ha

- inngående kunnskaper om materialer som deltar funksjonelt i energiproduksjon og energiomsetning med vekt på fornybar energi og relaterte felt (profilen er således avgrenset ved at konstruksjonsmaterialer benyttet i energiprosesser ikke er en del av profilen),
- inngående kjennskap til de mest sentrale funksjonelle materialene i a) solceller, b) brenselceller, c) vannelektrolyseprosesser og d) gass-separasjon.

### Ferdigheter

Kandidatene skal

- forstå den sentrale virkemåten og prinsippene bak disse innretningene og hvilken funksjon materialene har i dem,
- kunne redegjøre for sammenhengen mellom materialkvalitet og ytelse,
- vurdere/bedømme og velge materialer for utvalgte prosesser.

Uteksaminerte kandidater skal kunne

- utføre enkle beregninger knyttet til materialene for prosessene,
- utføre mer avanserte beregninger innen materialdesign for utvalgte prosesser,
- utføre eksperimentelle målinger relatert til utvalgte prosesser.

## **Studieprogram Nanoteknologi**

Sivilingeniøren i nanoteknologi har en kunnskapsbasis innen de grunnleggende fagområdene fysikk, kjemi, biologi og matematikk kombinert med bred og detaljert kunnskap om produksjon, analyse og bruk av nanosystemer. Sivilingeniøren har breddekunnskaper som gir forståelse for bruk av nanoteknologi innen bioteknologi, elektronikk, fornybar energi, materialteknologi, medisin og spisskompetanse for selvstendig å kunne implementere nanoteknologi innen minst ett av områdene. Sivilingeniøren har også en solid bakgrunn innen teknologi og etikk

som grunnlag for å kunne adressere samfunnsnyttene av nanoteknologi i relasjon til etiske aspekter og miljøaspekter.

Studiet gir en kombinasjon av generisk og spesifikk kompetanse som kan anvendes i industri, forskning, innovasjon, konsulentvirksomhet og offentlig sektor. Denne kompetansen danner en plattform for direkte verdiskaping og for videre studier og forskning innen fagområder som tar i bruk nanoteknologi. Sivilingeniøren i nanoteknologi har kunnskaper og ferdigheter til initiere forandringer/utvikling i teknologi mot nanoteknologi og kan møte kontinuerlige endringer i fremtidens teknologi og forståelsen/implementeringen av nanoteknologi. Forøvrig har kandidaten den generelle kompetansen som er felles for sivilingeniørkandidater fra NTNU.

## Læringsmål

### 1. Kunnskaper

Nanoteknologen har:

- Brede basiskunnskaper innen matematikk, kjemi, fysikk og biologi samt grunnleggende datatekniske kunnskaper, som kandidaten kan benytte for å beskrive nanoskala-fenomen og -system og deres opprinnelse og egenskaper.
- Solide kunnskaper og forståelse av egenskaper til systemer basert på nanoteknologi og deres anvendelse, samt metoder for produksjon og analyse av slike systemer, som gir grunnlag for metodeforståelse, anvendelser, faglig fornyelse og omstilling innen nanoteknologisk virksomhet.
- Dybdkunnskaper innenfor en av spesialiseringene bionanoteknologi, nanoelektronikk eller nanoteknologi for materialer, energi og miljø kombinert med reflektert forståelse for relasjoner til andre fagområder.
- Dyptgående innsikt i sammenhengen mellom makroskopiske og mikroskopiske egenskaper til systemer og komponenter.
- Inngående kunnskaper om metoder for kontrollert generering av strukturer og karakterisering av disse.
- Innsikt i filosofi- og vitenskapshistorie, vitenskapsteori, etikk og argumentasjonsteori for å bli i stand til å forholde seg reflektert til sitt fagområde, og kan problematisere om implementering av nanoteknologi.
- Innsikt i utvalgte temaer innen økonomi, prosjektledelse, industriell økologi, miljørisiko, helse miljø og sikkerhet for å kunne lede prosjekter og industriell virksomhet basert på nanoteknologi på en økonomisk, sikkerhetsmessig forsvarlig og bærekraftig måte.

### 2. Ferdigheter

Kandidaten kan:

- Anvende sine kunnskaper innen nanovitenskap og nanoteknologi til løse teknologiske utfordringer innen industri og forskning på en selvstendig og systematisk måte ved å analysere problemstillinger, formulere deloppgaver og frambringe innovative løsninger, også i nye og ukjente situasjoner, herunder designe, produsere, teste og implementere nye systemer basert på nanoteknologi.
- Integrere kunnskaper innenfor fysikk, kjemi, biologi og materialer med metoder for å generere og karakterisere nanostrukturer med spesifikke egenskaper for å skape nye produkter og teknologiske løsninger.
- Utvikle og implementere nanoteknologimetoder innen tradisjonelle fagområder og industri.
- Arbeide selvstendig og i tverrfaglige grupper, samarbeide effektivt med spesialister og ta egne initiativ.
- Fornye og omstille seg faglig, herunder kunne utvikle sin faglige kompetanse på eget initiativ.
- Gjennomføre et selvstendig, avgrenset forsknings- eller utviklingsprosjekt innen nanoteknologi under veiledning.

### 3. Generell kompetanse

Nanoteknologen kan

- Kommunisere effektivt om eget arbeid, som for eksempel løsning av oppgaver, kunnskapsformidling, gjøre vurderinger og komme med presise konklusjoner både for fagfolk og ikke-spesialister (inkl. rapportering og presentasjoner, samt yte vesentlige bidrag til vitenskapelige publikasjoner).
- Vurdere teknologiske, etiske og samfunnsmessige effekter av eget arbeid og ta ansvar for arbeidets virkning på en bærekraftig og samfunnsmessig utvikling samt økonomi.
- Bidra til nytenkning og innovasjon basert på sin nanoteknologiske kompetanse.

## Studieretning Nanoelektronikk

Kandidater med studiestudieretning nanoelektronikk skal ha inngående kunnskaper om hvordan nye funksjoner i nanoskala materialer kan benyttes for å skape sensorer og elektroniske komponenter på nanoskala.

### Spesifikke kunnskaper og ferdigheter:

- Har brede og grundige teoretiske og praktiske kunnskaper om fabrikasjon av nanoskala komponenter, inkludert elektroniske, optiske, magnetiske og bio/kjemisk-grenseflate-baserte komponenter.
- Har spisskompetanse innen halvlederfysikk, faststoff-fysikk og avansert kvantemekanikk og anvendelser innen nanoelektronikk/kvanteelektronikk, eksempelvis enkelt-elektron-transistorer og mikro- og nanoelektronikk.

mekaniske systemer.

- Har spisskompetanse innen utvalgte områder av avansert elektromagnetisme, nano-magnetisme, elektrooptikk/laserfysikk, fotoniske krystaller og metamaterialer og anvendelser innen optiske og magnetiske komponenter på nanoskala, eksempelvis nano-fotonikk/nano-optoelektronikk, optiske sensorer/detektorer, spintronikk, og magnetiske minner.

I en forskningsrettet yrkessammenheng skal kandidatene være i stand til å planlegge og gjennomføre forskningsoppgaver innen et eller flere av de områdene som er nevnt ovenfor.

### **Studieretning Bionanoteknologi**

Kandidaten med studieretning Bionanoteknologi har følgende spesifikke kunnskaper og ferdigheter:

- Har dyptgående kunnskap om og forståelse av fysiske fenomen relevante på cellulært og sub-cellulært nivå.
- Har inngående kunnskap i molekylærbiologi, molekylærmedisin og bioteknologi, kunnskap som kandidaten kan benytte for god og effektiv kommunikasjon med forskere utøvende leger og annet helsepersonell innen medisin.
- Har dyptgående kunnskaper innenfor viktige områder av nanofabrikasjon for anvendelse av nanoteknologi i medisinsk forskning og medisinsk diagnostikk, så vel som i andre områder innen bionanoteknologi.
- Har inngående erfaring i bruk av avanserte karakteriseringsverktøy for analyse av biologiske systemer, inkludert karakterisering på nm-skala.
- Har dyptgående ferdigheter i utvalgte områder som nanofabrikasjon og biologisk funksjonalisering av organiske og uorganiske nanostrukturer.

I en forskningsrettet yrkessammenheng skal kandidatene være i stand til å planlegge og gjennomføre forskningsoppgaver innen et eller flere av de områdene som er nevnt ovenfor

### **Studieretning Nanoteknologi for materialer, energi og miljø**

Nanoteknologi for materialer, energi og miljø omfavner et bredt område innenfor nanoteknologi. Kandidater med denne studiestudieretning skal ha inngående kunnskaper om framstilling, bearbeiding og fabrikasjon av ulike typer nanostrukturer. I tillegg skal kandidaten ha grunnleggende forståelse av hvordan materialenes kjemiske sammensetning og indre struktur, kombinert med størrelseseffekter styrer deres bruksegenskaper.

#### Spesifikke kunnskaper og ferdigheter:

- Kandidaten har brede og inngående teoretiske og praktiske kunnskaper om ulike fabrikasjonsmetoder for nanopartikler, nanostaver, nanorør, nanotråder, 3-D nanostrukturer og porøse nanomaterialer. I disse metodene inngår blant annet våtkjemiske syntesemetoder, gassfasereaksjoner og fysiske deponeringsteknikker. Materialene som kandidaten skal ha kjennskap til inkluderer polymerer, keramer, metaller, biomaterialer, uorganiske materialer og myke materialer.
- Kandidaten har gode kunnskaper innenfor selvmontering av nanostrukturer for å danne nye og sammensatte funksjonelle materialer.
- Kandidaten har dyptgående kunnskaper om og kan karakterisere materialer med funksjonelle egenskaper som elektronisk og ionisk ledningsevne, isolerende, optiske, magnetiske, katalytiske og mekaniske egenskaper. Størrelseseffekter er også en viktig del av både teori og praksis innenfor dette feltet.
- Kandidaten kan bruke avansert vitenskapelig utstyr for syntese og karakterisering av ulike nanostrukturer og nanostrukturerte materialer.
- Kandidaten har inngående kunnskaper om hvordan ovennevnte materialer og egenskaper kan implementeres i ulike teknologiske anvendelser spesielt rettet mot energi og miljø, men også noe kunnskap innenfor informasjon- og kommunikasjonsteknologi, og medisinsk teknologi. Innenfor nanomaterialer for energi og miljø skal kandidaten også kunne definere fundamentale prinsipper og konsepter for de ulike anvendelsene.
- Kandidaten skal demonstrere nytenkning og kunne arbeide med innovative løsninger av materialrelaterte problemstillinger ved valg av materialer, strukturer og framstillingsmetoder for implementering i spesifikke anvendelser innenfor nanoteknologi for energi og miljø.

I en forskningsrettet yrkessammenheng skal kandidatene være i stand til å planlegge og gjennomføre forskningsoppgaver innen ett eller flere av de områdene som er nevnt ovenfor.

### Opptaks- og rangeringsordninger

Opptakskrav til de 5-årige studieprogrammene er:

- Utdanning fra videregående skole som gir generell studiekompetanse/realkompetanse i tillegg til spesielle opptakskrav - R2 + Fysikk 1 / 3MX + 2FY eller tilsvarende. I R2 / 3MX kreves gjennomsnittskarakter 4,0 eller bedre.
- Forkurs i ingeniørfag.
- Utenlandsk utdanning som gir rett til immatrikulering ved norske universiteter i tillegg til spesielle opptakskrav R2 + Fysikk 1 / 3MX + 2FY eller tilsvarende.

Opptakskrav til de 2-årige studieprogrammene er:

- 3-årig ingeniørutdanning fra statlig høyskole/ingeniørhøyskole, normalt med eksamen fra den linje/studieretning som svarer til søkt studieprogram på sivilingeniørstudiet. Sivilingeniørstudiets Matematikk 1-4 + statistikk skal være dekket, det vil si at søkerne minst må ha bestått eksamen i fagene Matematiske metoder I, II og III (eller tilsvarende) + statistikk i ingeniørutdanningen (tilsammen minimum 30 studiepoeng matematikk og statistikk fra ingeniørhøgskolen). Det kreves en nedre karaktergrense på 2,5 for opptak.

Se <http://www.ntnu.no/studier/opptak/masterprogramiteknologi> for utfyllende informasjon.

### Praksis

Det stilles krav til 12 ukers relevant praksis i løpet av det 5-årige studiet. For studenter som opptas til 2-årig studieprogram, er kravet 6 ukers relevant praksis. Korteste godkjennbare praksisperiode er 2 uker. Den foreskrevne praksis skal være godkjent før masteroppgaven tas ut. For øvrig vises det til praksisforskriftene ([www.ntnu.no/studier/reglement](http://www.ntnu.no/studier/reglement)).

### Overgangsordninger

For bestemmelser om overgang til andre studieprogram for allerede opptatte studenter, henvises det til Opptaksforskriften, kapittel IV, §30 og 31 (<http://www.lovdatab.no>).

Søknadsfrist er:

- Første mandag etter undervisningsstart i høstsemesteret
- 15. januar for vårsemesteret

### Generelle bestemmelser om emnevalg (utdanningsplan)

For studenter som er tatt opp til studier på 60 studiepoeng eller mer, skal utdanningsplan inngås mellom studenten og fakultetet i løpet av første semester. En utdanningsplan er en gjensidig avtale mellom den enkelte student og NTNU som skal sikre den nødvendige studieprogresjon og gjennomføring fram mot avsluttende grad.

Utdanningsplanen viser innholdet og progresjonen i den planlagte utdanningen for studenten. Når du legger emner inn i utdanningsplanen, blir du samtidig vurderingsmeldt i disse emnene.

Dersom du ønsker opptak til ett eller flere adgangsbegrensede emner, må du undervisningsmelde deg i disse innen 1. juni for høstsemesteret og 1. desember for vårsemesteret.

Utdanningsplanen kan endres etter avtale med fakultetet. Frist for bekreftelse av utdanningsplan er 15. september for høstsemesteret og 15. februar for vårsemesteret. Valg av emner i alle årskurs foregår elektronisk ved registrering i Utdanningsplanen på Studentweb.

I årskurs med valgmuligheter godkjenner fakultetene utdanningsplanen. Det tillates normalt ikke at obligatoriske emner eller at de sentrale grunnlags- og basisemnene byttes ut. Emner som er fullført ved NTNU før opptak til studieprogrammet, kan godkjennes i utdanningsplanen som obligatoriske/valgbare emner.

### Frister og valg

- |                |   |
|----------------|---|
| 1. september:  | Frist for betaling av semesteravgift for høstsemesteret   |
| 15. september: | Frist for å bekrefte utdanningsplanen i høstsemesteret (melding til vurdering)<br>Frist for å søke om særordning til eksamen i høstsemesteret |
| 15. november:  | Frist for annullering av vurderingsmelding i høstsemesteret ("trekkfrist")  |
| 1. desember:   | Frist for melding til undervisning i vårsemesteret (adgangsbegrensede emner)  |
| 1. februar:    | Frist for betaling av semesteravgift for vårsemesteret  |
| 15. februar:   | Frist for å bekrefte utdanningsplanen i vårsemesteret (melding til vurdering)<br>Frist for å søke om særordning til eksamen i vårsemesteret   |
| 30. april:     | Frist for annullering av vurderingsmelding i vårsemesteret ("trekkfrist")   |
| 1. juni:       | Frist for melding til undervisning i høstsemesteret (adgangsbegrensede emner)   |

### Valg av studieretning/hovedprofil/valgbare emner

Studentene i 2. årskurs skal innen 15. mai registrere valg av studieretning og innen 1. juni registrere valg av emner for studiet i 3. årskurs. Dette skjer elektronisk ved registrering i Utdanningsplanen. Ved en eventuell plassbegrensning ved de ulike studieretningene vil opptak skje etter konkurranse på grunnlag av gjennomsnittskarakter fra 1. og 2. årskurs. På grunn av plassbegrensninger må studentene velge alternativt. For studenter opptatt i 2-årig masterprogram blir opptakskriteriene lagt til grunn.

Studenter som ønsker å benytte seg av mulighetene for å ta et årskurs som deltidsstudium, må velge full fagkrets for årskurset senest 15. september.

Vi viser til studieplanen for informasjon om hovedprofiler og valgbare emner. I tillegg til obligatoriske emner velges emner slik at kravet om 30 studiepoeng pr. semester er oppfylt.

Etter søknad til fakultetet kan andre valgbare emner enn de som fremgår av de enkelte hovedprofiler i tabellene godkjennes. Valgbare emner kan skiftes ut med andre emner under forutsetning av fakultetets godkjenning. Normgivende faktor for utskifting av emner er studiepoengene. Den enkelte student må ved avvik fra de anbefalte emner ved de enkelte studieretninger og hovedprofiler påse at det ikke oppstår kollisjon mellom to eller flere emner på eksamensplanen.

Endringer i valg av hovedprofil og emnevalg tillates normalt ikke foretatt etter 1. september for høsteksamen og 1. februar for våreksamen for den eksamensperiode hvor første gangs prøve i emnet/emnene skal være avlagt.

### **Universitetssenteret på Svalbard (UNIS)**

Studenter ved Fysikk og matematikk kan ta deler av studiet på Svalbard. Et opphold ved UNIS vil være mest relevant for studenter som ønsker å spesialisere seg innen energi- og miljøteknologi. Det er mulig å studere ett eller to semestre i 4. eller 5. årskurs på UNIS såfremt studieopplegget passer inn i den aktuelle studieretningen og med fagvalget ved NTNU.

Studiehåndbok, søknadsskjema, opptaksreglement og informasjon om UNIS finnes på følgende URL-adresse: <http://www.unis.no/>.

Studiehåndbok kan også bli tilsendt ved henvendelse til: UNIS, Postboks 156, N-9171 Longyearbyen. Telefon: 79023300, fax: 79023301, e-post: [studadm@unis.no](mailto:studadm@unis.no).

### **Adgang til avsluttende eksamen**

For å få adgang til avsluttende eksamen i de enkelte emner må kandidaten på tilfredsstillende måte ha utført de obligatoriske aktivitetene tilhørende emnet. Hvilke aktiviteter som kreves utført i de enkelte emner, er nærmere spesifisert i emnebeskrivelsene.

### **Teknostart**

Teknostart er et spesielt opplegg i første semester for studenter i det 5-årige sivilingeniørstudiet, hvor de to første ukene av semesteret settes av til Teknostart. Timeplanen for disse spesielle ukene er forskjellig fra timeplanen i de andre ordinære ukene i semesteret. Hensikten med Teknostart er å motivere studentene for studiet ved at de skal gjennomføre et gruppebasert prosjektarbeid (5-8 studenter pr. gruppe) innenfor valgt fagområde (studieprogram). Dette skal bidra til å få et bedre innblikk i hva studiet går ut på, og bl.a. å forstå hvor viktig matematikken er som verktøy i studiet. En del av opplegget er også å gjennomføre en selvrefleksjon omkring det å arbeide i grupper, og det gis en kort innføring i studieteknikk.

Mer informasjon om Teknostart finnes på hjemmesiden: <http://www.ntnu.no/teknostart/>.

### **Fellesemner**

Fellesemnene er obligatoriske i alle bachelorgrader og integrerte masterstudier ved NTNU. De utgjør tilsammen 22,5 studiepoeng, og skal fortrinnsvis avlegges tidlig i studiet. Fellesemnene består av:

#### Examen philosophicum (Ex. phil.)

Examen philosophicum (ex. phil.) EXPH0001 Filosofi og vitenskapsteori, er på 7,5 studiepoeng, og er et felles obligatorisk emne for alle studenter ved NTNU. For de fleste studentene inngår ex. phil. som et obligatorisk emne i første semester av studiet.

#### Examen facultatum (Ex. fac.)

Emnene som går under examen facultatum (Ex. fac.) er også på 7,5 studiepoeng. Dette er et programspesifikt emne som skal tas i første semester og inngår i de fleste studier som en del av fordypningen/hovedprofilen i bachelorgraden.

### Perspektivemne

Perspektivemnet skal representere en annen studiekultur enn det studieprogrammet studenten er tatt opp til. For sivilingeniørutdanningen er det vedtatt at perspektivemnet skal være T1Ø4258 Teknologiledelse. I de to neste ikke-teknisk-modulene i hhv. 7. og 9. semester (3. semester i 2-årig program) skal det velges et komplementært emne i hht. retningslinjer og lister vedtatt i FUS.

### **Eksperter i Team**

Intensjonen med det tverrfaglige prosjektemnet Eksperter i Team (EiT) er å forberede studentene på tverrfaglig samarbeid i yrkeslivet. Studentene gis trening i å anvende sin fagkunnskap på faglige utfordringer i samfunnet. Studenten skal utvikle innsikt, ferdigheter og holdninger slik at studentgruppa kan kommunisere faglig og løse en tverrfaglig problemstilling. Hver student går inn i samarbeidet som ekspert på sitt fagfelt. Gjennom gruppearbeidet skal studenten utvikle innsikt i egen faglig kompetanse og gruppeatferd, og kunne bruke den i samarbeid med andre. En rapport om egen vurdering av teamprosessen utgjør en viktig del av emnet.

Valg av Eksperter i Team foregår i høstsemesteret i 4. årskurs (7. semester).

For mer informasjon om Eksperter i Team henvises det til felles emnebeskrivelse for hele NTNU (se egen side etter tabellene), og til hjemmesiden til emnet: <http://www.ntnu.no/eit/>.

### **Fordypningsordningen**

Fordypningen i 9. semester utgjør enten 22,5 eller 15 studiepoeng, og består av et fordypningsprosjekt og et fordypningsemne. Fordypningsprosjektet utgjør 15 eller 7,5 studiepoeng. Ved valg av fordypningsprosjekt på 7,5 studiepoeng må det velges et ordinært høstsemne i tillegg. Dette emnet velges fra en liste som blir fastsatt for hvert studieprogram. Fordypningsemnet utgjør 7,5 studiepoeng og består av et relevant ordinært emne eller et "skalleme" som består av 2 av de fordypningstemaene som er angitt i emnebeskrivelsen. Studenten skal velge blant de aktuelle temaene.

Valg av fordypningsordning foregår i 8. semester. Oppstart for prosjektarbeidet er første undervisningsuke i høstsemesteret. Frist for innlevering er siste eksamensuke (uke 51). Kontinuasjon i fordypningsemner avholdes ved utsatt eksamen i august.

### **Masteroppgaven**

Oppgaven utføres som regel i tilknytning til det instituttet hvor man har tatt fordypningen i 9. semester. Masteroppgaven utføres normalt i 10. semester og har en varighet på 20 uker.

Generelt for uttak av masteroppgave:

- Masteroppgaven kan tas ut når prosjektet er innlevert og eksamen i alle øvrige emner er bestått.
- Foreskreven praksis må være godkjent..

Masteroppgaven gis normalt innen fagområdene som tilbys ved NT-fakultetets institutter. Kandidatene kan velge oppgavens art dersom det aktuelle instituttet finner det gjennomførbart. Etter søknad fra kandidaten kan instituttet tillate at masteroppgaven gis ved et annet av NTNUs fakulteter eller ved annen institusjon/bedrift, dersom særlige hensyn gjør dette ønskelig. Slik søknad må inneholde begrunnelse og en uttalelse fra den aktuelle institusjonen/bedriften. Instituttet utpeker i hvert tilfelle en faglærer for oppgaven.

Kandidatene skal sende beskjed om masteroppgaven til instituttet innen 15. desember i 9. semester. Masteroppgaven skal normalt påbegynnes i uke 2 i 10. semester. Besvarelsen leveres i 3 eksemplarer til instituttet innen fristens utløp.

Dersom fakultetet i spesielle tilfeller skal fravike kravet om at alle emner i fagkretsen skal være bestått, skal det tas hensyn til

- Omfanget av de gjenstående emner
- Om de gjenstående emner er vesentlige for gjennomføringen av masteroppgaven

Kort tid etter at oppgaven er påbegynt, skal kandidaten i samarbeid med faglærer/veileder sette opp en plan for arbeidet. Kandidaten har krav på minst en ukentlig konferanse med faglærer eller hans/hennes stedfortreder. For øvrig skal kandidaten utføre arbeidet selvstendig.

For nærmere opplysninger om bestemmelsene for masteroppgaven henvises til utfyllende regler til Studieforskriften ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.

### **Prosjektarbeider**

Ved instituttene kan det være prosjektarbeider utover Eksperter i Team - tverrfaglig prosjekt og fordypningsprosjektet. Disse prosjektarbeidene kan omfatte prosjekterings- og konstruksjonsoppgaver, programutviklings- og laboratorieoppgaver, teoristudier, kollokvier og spesialforelesninger. Oppgavene kan være individuelle eller ha form av gruppearbeider. Prosjektarbeider velges i samråd med og godkjennes av vedkommende institutt.

**HMS-opplæring i første semester**

I sitt første semester skal samtlige studenter ved fakultetet gjennomgå et obligatorisk HMS-kurs. Kurset innbefatter sikkerhetsopplæring, brannkurs og førstehjelpskurs for arbeid i laboratorier. Nærmere informasjon om dette gis ved studiestart.

**Ekskursjoner**

I 3. årskurs arrangeres hovedekskursjon for hele årskurset. I tillegg blir det i tilknytning til undervisningen i enkelte emner arrangert obligatoriske ekskursjoner av kortere varighet.

**Internasjonal utveksling**

Studentene i det 5-årige sivilingeniørstudiet kan normalt søke studieopphold i utlandet i 7. og/eller 8. semester og få dette godkjent som en del av mastergraden i teknologi/sivilingeniør. Forutsetningen for å få studieoppholdet godkjent, er at fagplanen legges fram og godkjennes før studentene reiser. Søknadsfrist for forhåndsgodkjennelse av fagplanen i utlandet er medio februar måned i 3. årskurs. Semesteret/årskurset i utlandet vil ikke bli registrert i utdanningsplanen før vitnemål fra utenlandsk studiested er godkjent av fakultetet.

Studenter som opptas i 2-årig studieprogram fra ingeniørhøgskole, kan søke om studieopphold i utlandet i 3. semester i masterstudiet. Disse studenter vil ikke få mastergraden i teknologi/sivilingeniør fra NTNU dersom studieoppholdet utenlands utgjør mer enn ett semester.

**Engelskspråklige masterprogram**

Fakultetet gir 2-årig masterprogram i "Medical Technology", "Light Metals Production", "Chemical Engineering" og "Silicon and Ferroalloy Production". Emnene som inngår i disse studieprogrammene, vil bli undervist på engelsk. Studenter i det 5-årige sivilingeniørstudiet som ønsker fordypning innenfor Light Metals Production, vil kunne søke fakultetet om å få tatt inn emner fra det engelskspråklige masterprogrammet. Det er imidlertid en forutsetning at det ikke oppstår kollisjoner i eksamensplanen.