

Masteroppgave på NAFUMA

I dette dokumentet kan du finne eksempler på forskjellige masterprosjekter og hvem som er hovedveiledere på de forskjellige prosjektene. En likhet mellom alle prosjektene, er at du blir inkludert i NAFUMA som forskningsgruppe med personer med forskjellig bakgrunn fra hele verden, og få veiledning fra forskere, post.doc-er og PhD-stipendiater. Hvis du har spørsmål til prosjektene, metodene, eller innspill så er du velkommen til å kontakte de forskjellige prosjektansvarlige.



Våre laboratorier og kjernefasiliteter

Vi har en rekke forskjellige laboratorier, og noen av kjernefasilitetene inkluderer:

RECX; røntgenbaserte karakteriseringsmetoder

Fysikalsk karakterisering

Termisk analyse

SEM – scanning (sveip)elektronmikroskopi

STM – scanning tunneling microscopy

Optisk spektroskopi

Elektrokjemisk karakterisering

Syntese; pulver/nanomaterialer/krystaller/tynn film/mekanokjemi/solvotermal

Våre veiledere



Professor Anja Olafsen Sjøstad

a.o.sjastad@kjemi.uio.no

[Anja Olafsen Sjøstad - Department of Chemistry \(uio.no\)](#)



Professor Ola Nilsen

ola.nilsen@kjemi.uio.no

[Ola Nilsen - Kjemisk institutt \(uio.no\)](#)



Associate professor Alexey Kopusov

alexey.kopusov@kjemi.uio.no

[Alexey Kopusov - Department of Chemistry \(uio.no\)](#)



Associate professor Martin Valldor

b.m.valldor@kjemi.uio.no

[Björn Martin Valldor - Kjemisk institutt \(uio.no\)](#)



Associate professor Henrik Hovde Sønsteby

h.h.sonsteby@kjemi.uio.no

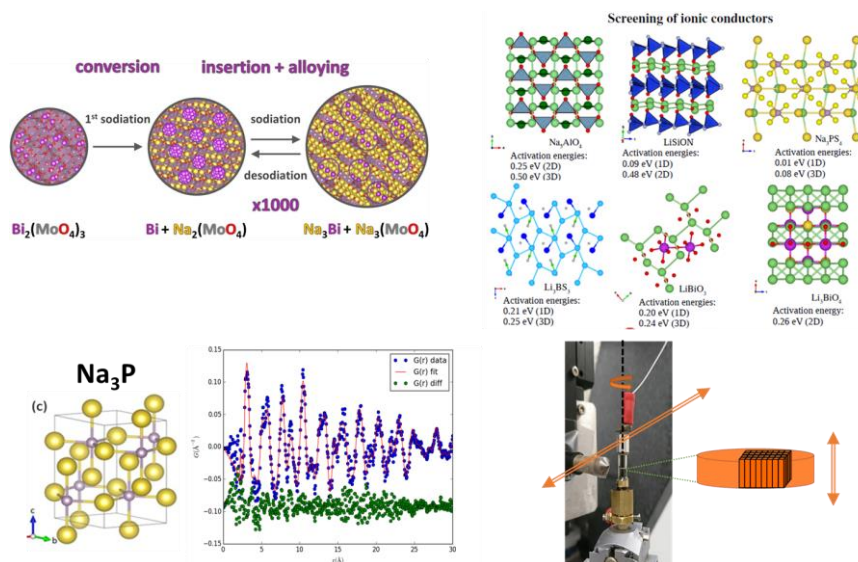
[Henrik Hovde Sønsteby – Kjemisk institutt \(uio.no\)](#)

Materialer for batterier og bærekraftig energi (Koposov, Fjellvåg, Nilsen, Sjøstad, Valldor)

Uorganiske forbindelser er spesielt viktig for mange anvendelser innen bærekraftig energiomvandling og energilagring. Ny teknologi i form av bedre solceller, bedre batterier, bruk av hydrogen som drivstoff osv baserer seg på kjemiske og fysikalske egenskaper som igjen har utspring i kjemisk binding og atomarrangement. Vi studerer slike sammenhenger. Vårt utgangspunkt er fundamental forståelse, og bruk av skarpe metoder for å forstå viktige mekanismer og fenomener. Vi samarbeider tett med forskningsinstitutter og avanserte laboratorier i inn- og utland. Studiene er i hovedsak eksperimentelle, men vi benytter også modellering til å forutsi egenskaper og til å forstå fundamentale sammenhenger. Vårt hovedfokus er i dag batterimaterialer. Dette inkluderer katoder og anoder, så vel som (fast stoff) elektrolytter. En spesiell styrke er å studere opp- og utladning gjennom «operando» studier, det vil si vi benytter diffraksjon, spektroskopi eller tomografi for å studere hvilke endringer som foregår på atomært / mikroskopisk nivå i faste forbindelser under syklingsbetingelser.

Fire konkrete prosjekter:

- Operando studier av katode og anode materialer gir direkte innsikt i hva som skjer på atomært nivå under syklung. Vi studerer både krystallinske og amorfe materialer, og benytter diffraksjon, spredning, spektroskopi (XAS) og tomografi (CT-diffraksjon, CT-PDF) metoder. Vi studerer f.eks. LNMO katoder, og en rekke ulike konverterings/legeringsanoder.
- Si som anode materiale har stor interesse i Norge pga produksjon og kompetanse, men ikke minst pga høy ladningskapasitet. Si har utfordringer på grunn av stor volumekspansjon. Dette studeres med operando teknikker. Vi forebygger gjennom bruk av kjemiske tilsetninger.
- Neste generasjon Na- og Ca-ione batterier er viktig batterikjemier som vil supplere dagens Li-ion teknologi. Disse har fordeler knyttet til tilgjengelighet på grunnstoffer og pris, dels også på levetid, men har også krevende problemstillinger med hensyn på stabilitet/reaktivitet
- Hydrogenlagring i faste stoffer er et klassisk område ved seksjonen, og har fått fornyet interesse gjennom fokus på intermetalliske legeringer med 2-3 vekt% hydrogen. Vi studerer struktur-stabilitetsforhold i samarbeid med IFE, Kjeller, i perspektiv av anvendelser.



Nanopartikler og nanostrukturer (Sjøstad, Nilsen, Koposov, Fjellvåg)

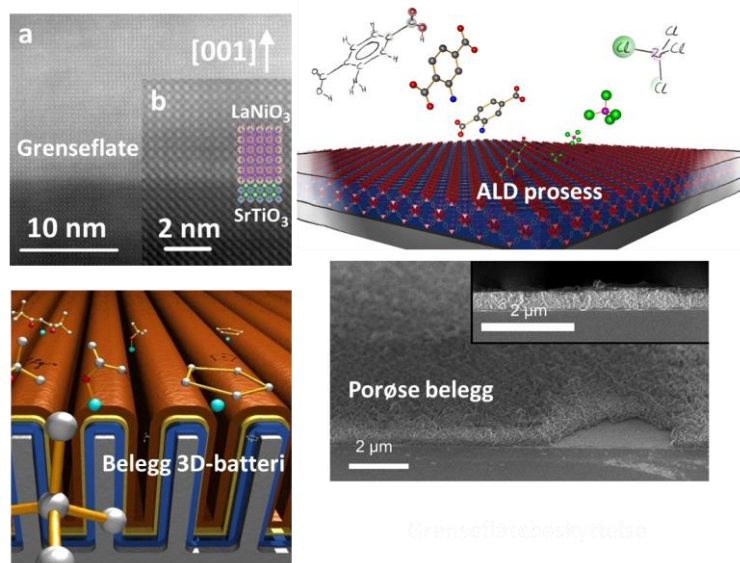
Overflatevitenskap, katalyse og miljøkjemi (Sjøstad, Nilsen, Fjellvåg)

Prosesser og tynn film materialer (Nilsen, Sønsteby, Koposov)

Vi benytter kjemiske metoder for å avsette tynne filmer/belegg på ulike overflater (substrater). I hovedsak utvikler vi prosesser for atomlagsdeponering/molekylagsdeponering (ALD/MLD), men vi fremstiller også tynne filmer gjennom sol-gel prosesser, spin-coating, spray pyrolyse og mer. Slike filmer/belegg vil kunne ha anvendbare egenskaper. Dette avhenger helt av hva slags kjemisk forbindelse som bygges som tynn film, med tykkelse i området 1 – 1000 nm. En forutsetning er at man har utviklet en prosess, basert på molekylære forløpere (precursors). Således er prosessutvikling en viktig del av forskningen for å kunne lykkes med å lage teknologisk interessante produkter. Materialene vi utvikler varierer fra komplekse oksider, fluorider, fosfater til også å være basert på organiske molekyler som i metallorganiske rammeverk (MOF). Vi kan kombinere nær sagt alle disse materialene i en og samme prosess med atomær oppløsning og lage eksotiske superstrukturer hvor vi kombinerer materialer med drastisk ulike egenskaper og kjemi. På den måten kan vi styre hva som skjer på grenseflatene mellom materialene, kontrollere hvordan eksiterte tilstander bevares og transporteres, skjerme ellers utsatte aktive molekyler fra degradering, og mye mer.

Fire konkrete prosjekter:

- Lavtemperatur epitaksi for fremtidens elektronikk: Vi har utviklet metoder for å deponere tynne filmer av et knippe materialer som gir med meget god epitaksi. Grenseflaten mot substratet er nær perfekt og uten defekter. Vi kan holde temperaturen så lav at prosessen er direkte integrerbar i dagens silisiumbaserte produksjonsteknologi. Arbeidet pågår nå videre i samarbeid med Intel.
- Porøse tynne filmer: Vi utvikler prosesser for deponering av porøse tynne filmer, både som veldefinerte metallorganiske rammeverk og som porøse oksider. Slike strukturer er gode som sensormaterialer og til å separere kjemikalier i blandinger.
- Optiske konverteringsmaterialer: Vi utvikler materialer med kombinasjon av organiske materialer som er gode til å absorbere lys og lantanider som er gode til å konvertere dette lyset til andre bølgelengder som er mer egnet til fotokjemiske prosesser. Utfordringen er dog ofte at lantanidene ikke kan sitte nær det organiske molekylet. Her er vi gode på å lage strikturer som skiller prosessene som gir tap av lys med de som gir god overføring av energi.
- Grenseflater i batterier: Li-ionebatterier består av en rekke ulike materialer som igjen danner sine grenseflater. Ikke alle disse grenseflatene er like stabile. Vi jobber med å erstatte disse grenseflatene med supertynne lag av våre materialer for å øke levetiden til batterier.

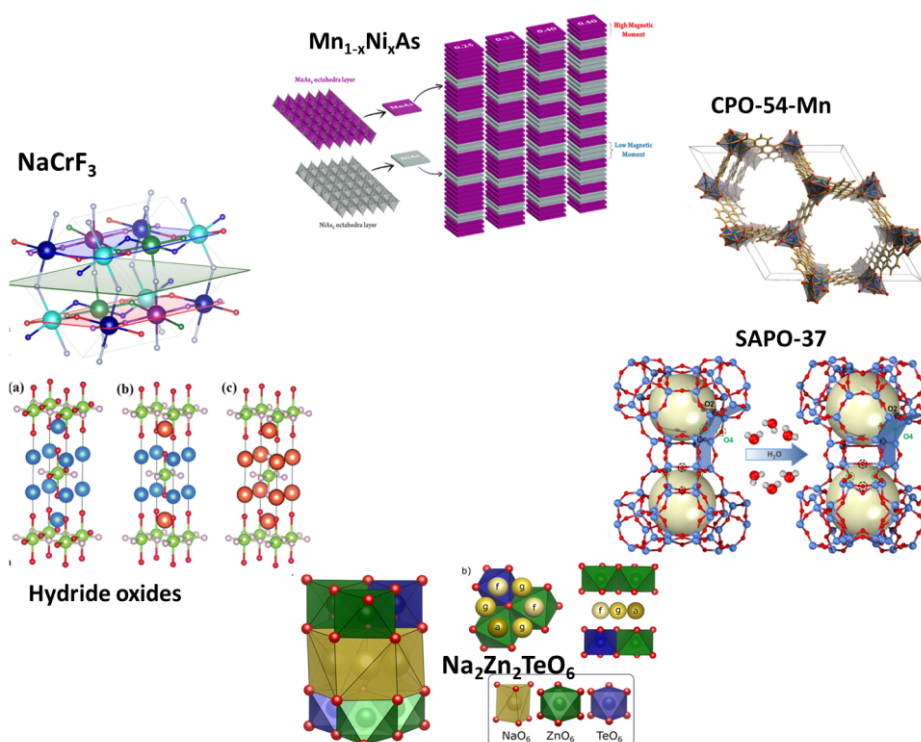


Nye funksjonelle materialer – egenskaper (Fjellvåg, Valldor, Sjøstad)

Egenskaper til faste uorganiske stoffer er direkte koblet til atomarrangementet og til de kjemiske egenskaper til grunnstoffene som inngår. Det er tydelige struktur – egenskap sammenhenger. Funksjonelle materialer er overalt i avansert teknologi; halvledere, sensorer, skjermt teknologi, dataprosessorer, datalagring, solceller, batterier, optiske komponenter, og mye mer. Hos oss fremstiller vi nye forbindelser, som ikke har blitt laget før, som dermed ikke er blitt studert, kanskje er de predikert teoretisk, men en syntesevei har manglet. Vi gjør modifiseringer av kjente forbindelser for å endre deres egenskaper, for å styrke spesielle kjemiske eller fysiske fenomener av viktighet. Vi har vårt fokus på forbindelser som enten gir oss verdifull grunnleggende innsikt, som styrker vår grunnmur av kompetanse, eller som har et tydelig anvendt potensial. Det viktigste er ikke selve anvendelsen eller et produkt, men at kunnskapen åpner opp for nye muligheter i en ulike retninger. Vi bidrar til patenterbare prosesser, nye stoffer, innovasjoner eller rett og slett, vi bidra til økt innsikt og kompetanse i en globalisert forskningsverden der forskere inspireres til å tenke nytt ut fra hva som publiseres og formidles.

Tre konkrete prosjekter:

- Forbindelser med flere anioner: Vi utvikler syntesemetoder og fremstiller nitrogen-fluorider og med mulig anvendelser innen halvlederteknologi; vi benytter strukturelle byggesteiner (tetraedre/oktaedre) med O og S ligander, og fremstiller ikke-sentrosymetriske strukturer med anvendelser innen optoelektronikk
- Fluorider/halider: Vi baserer oss på ny egenutviklet syntesemetodikk og fremstiller en rekke nye fluoridbaserte forbindelser og gjør fundamentale studier av deres struktur, magnetiske, elektriske og optiske egenskaper
- Modifiserte perovskitt oksider: Vårt fokus er elektroniske egenskaper på grensen mellom metall, halvleder og superleder, mellom ferro- og antiferromagnetisme. Vi studerer oksygen vakanser, reduserte oksidasjonstrinn og kartlegger fasediagrammer, i samspill med teori.

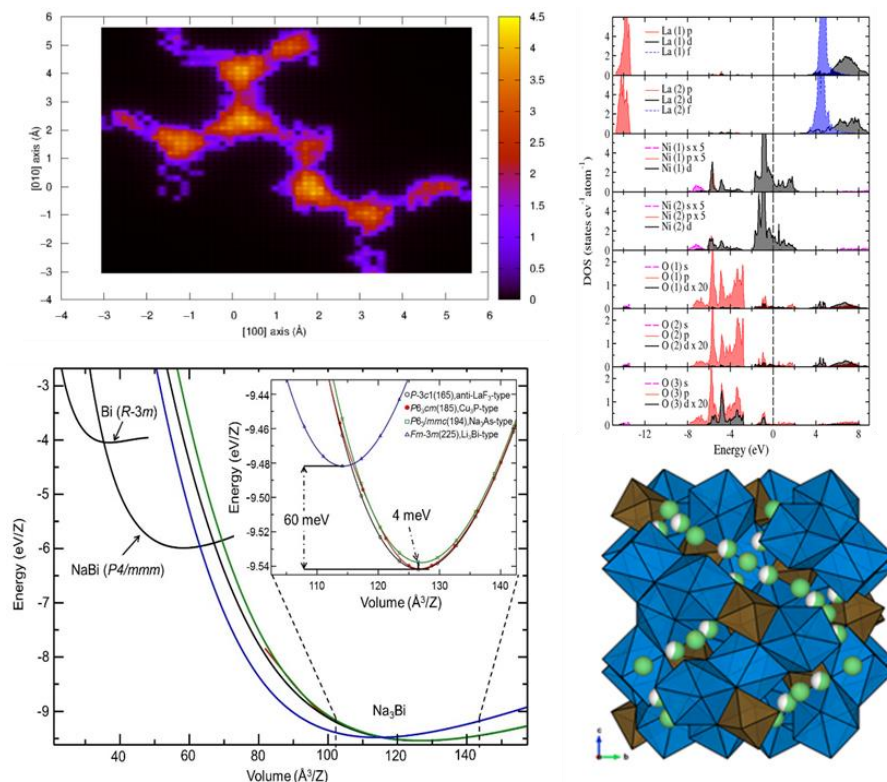


Beregningsbasert materialvitenskap (Fjellvåg, Sjøstad)

Vi integrerer teoretiske beregninger (DFT, molekylodynamikk MD) som en komplementær aktivitet til svært mange av våre eksperimentelle studier. På det viset kan vi bedre forstå sammenheng mellom atomarrangement, kjemisk binding, elektronstruktur og kjemiske/fysikalske egenskaper. På teoretisk grunnlag kan vi predikere mulig eksistens av gitte forbindelser, vi kan beregne hvilke egenskaper de vil kunne ha, for deretter evt å syntetisere disse og studere deres egenskaper. Vi kan beregne hvordan atomer beveger seg gjennom et fast stoff, det vil diffusjonsveier og aktiveringsbarrierer. Vi studerer teoretisk hvordan struktur og egenskaper endrer seg når størrelse blir liten, dvs hvordan nanopartikler og supertynne belegg (filmer) vil kunne ha andre egenskaper enn det man observerer for makroskopiske objekter. Vi kan modellere feil (defekter; stabilesekvenser i lagdelte materialer) og klarlegge hvordan det vil påvirke egenskaper. Vi beregner vibrasjonspektra og elektroniske spektra, og benytter dette til tolking av spektroskopiske data fra hjemmelab og internasjonale anlegg.

Tre konkrete prosjekter:

- Mekanismer innen Li-ion batterier: kartlegge stegvise trinn i opp/utladningssykluser for anoder og katoder, beregne potensialer og termodynamisk stabilitet.
- Hydrogenlagring: studerer hvordan hydrogen (atomært) opptas og fordeles i intermetalliske faser/(høy-entropi)legeringer, stabilitet og mulighet for nye forbedre lagringsmaterialer
- Maskinering ML/AI metoder med fokus på å effektivisere søken etter nye materialer for visse bestemte applikasjoner; katodematerialer, elektrolytter, katalysatorer osv.

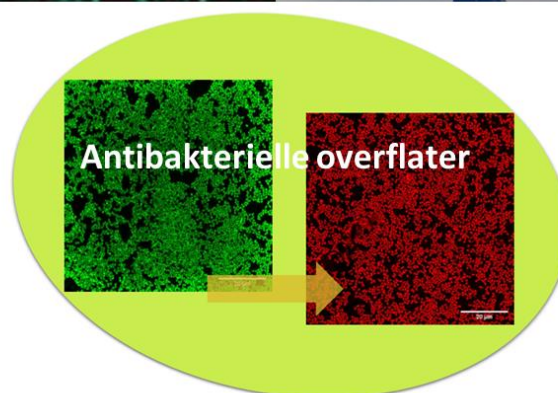
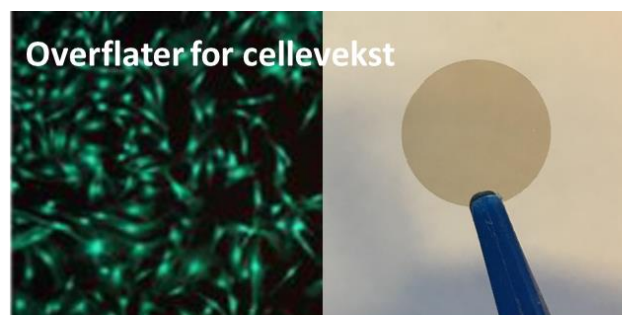


Materialer innen medisin og livsvitenskap (Nilsen, Sjøstad)

Interaksjonene mellom biologiske systemer og faste materialer styres mye ut fra form og kjemi på overflatene til de faste materialene, som belegg og frie partikler. Dette gjelder både når celler setter seg på overflater for å vokse og for å hindre vekst av bakterier, for bekjempelse av antibiotikaresistens. Vi lager overflater med kontrollert kjemi og topografi for slike formål i tillegg til å lage nanomaterialer som kan styres til å påvirke signalene mellom celler, eller som er aktive sensormaterialer til biomarkører og mye mer. Uorganisk kjemi har sin rolle innen livsvitenskap og vårt fokus er på hvordan faste materialer påvirker levende systemer eller fungerer som sensorer og aktivatorer. Vi dekker hovedsakelig disse områdene gjennom samarbeidsprosjekter med grupper innen medisin, odontologi, biologi, farmasi og analytisk kjemi. Oftest baserer vi oss på kjente materialer og utvikler metoder for å fremstille disse i den formen som trengs, men noen ganger lager vi også helt nye materialer og struktureringer for å løse oppgavene.

Tre konkrete prosjekter:

- Overflater for cellevekst: Vi utvikler nye organisk- uorganisk hybridmaterialer som fremmer cellevekst for regenerativ medisin. Arbeidet er i samarbeid Ullevål Universitetssykehus og Odontologisk institutt.
- Å styre kommunikasjonen mellom celler: Vi utvikler magnetiske nanopartikler som kan styre ionesignalene mellom cellene slik at disse kan påvirkes trådløst fra utsiden av kroppen. Arbeidet er en del av et samarbeidsprosjekt med Ullevål Universitetssykehus.
- Antibakterielle overflater: Vi utvikler fotokatalytiske overflater som viser overlegne antibakterielle egenskaper når de belyses med blått lys. Arbeidet har gitt en innovasjonspris og er et samarbeid med NIOM.

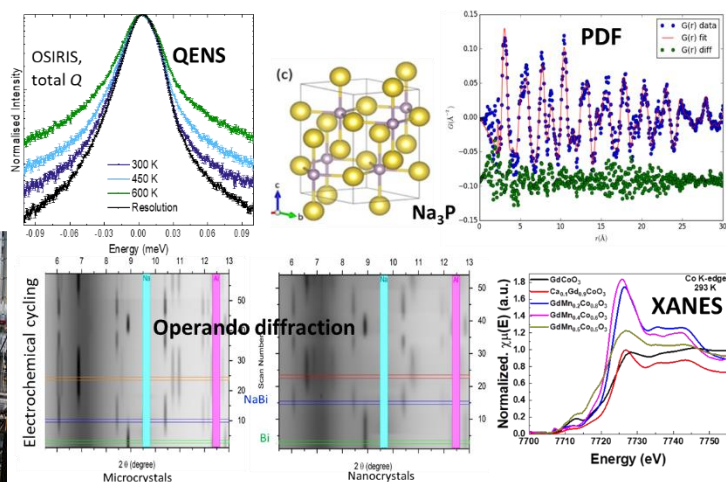
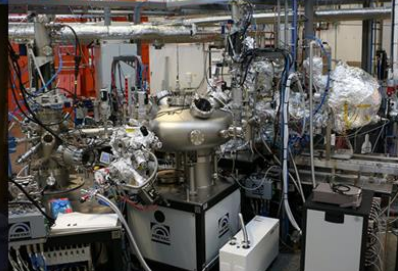


Synkrotron- og nøytronbasert forskning (Fjellvåg, Sjøstad, Valldor)

Ved hjelp av røntgen- og nøytronstråling kan vi beskrive atomarrangementet i faste stoffer. Til dette benyttes en rekke ulike teknikker. Vi får dermed innsikt i den atomære oppbyggingen, krystallstrukturen, men også om defekter og stablefeil, om strukturelle endringer som funksjon av trykk, temperatur eller felt (faseomvandlinger), om elektroniske og magnetiske egenskaper, vibrasjoner, uorden/diffusjon og mer. Eksperimenter kan utføres under spesielle ytre betingelser, kontrollert atmosfære, eller under visse reaksjonsbetingelser som er aktuelle for eksempel innen katalyse, eller for å studere endringer i elektrodematerialene i et batteri under opp/utladningssykluser, se operando studier. Eksperimentene på pulver, krystaller, nanopartikler eller tynne filmer, utføres ved storskala internasjonale anlegg der intensitet og fokusering av stråling gir muligheter for å studere svake fenomener, bestemme detaljer på grunn av høyt signal-støy forhold, gjerne kombinert med høy romlig oppløsning (herunder avbildning), høy tidsoppløsning, og når aktuelt, høy energioppløsning. Studiene inkluderer diffraksjon, tomografi, spredning, spektroskopi; herunder PDF, CT, QENS, INS, XAS, QMCD, XPS, XRR/PNR. Vi benytter nøytronanlegg som ISIS, ILL, ANSTO, J-Park, synkrotron (hard og myk røntgen) ved ESRF, SNBL@ESRF, MAX-IV, Soleil, Diamond, Bessy, PETRA.

Fire konkrete prosjekter:

- Kritiske strukturforhold for katodematerialer: kationfordeling, vakanser, utfellingsreaksjoner i LNMO ($\text{LiMn}_{1.5}\text{Ni}_{0.5}\text{O}_4$) høy-spenningskatoder – i perspektiv av elektrokjemiske egenskaper
- Stablefeil i lagdelte kunstige leirer (layered double hydroxides): kompleksitet i stabling av 2D-lag som funksjon av syntesebetingelser og interkallerte anioner og løsningsmiddel
- Struktur og magnetisk orden i Jahn Teller deformerte fluorider: Kombinert bruk av lav/høy temperatur synkrotron/nøytron metoder til å beskrive struktur/faseomvandlinger
- Dynamikk i faste stoffer: QENS/INS kombinert med diffraksjon og MD/DFT modellering av uorden og iontransport i nye forbindelser (hydridoksider) og i fast-stoff elektrolytter

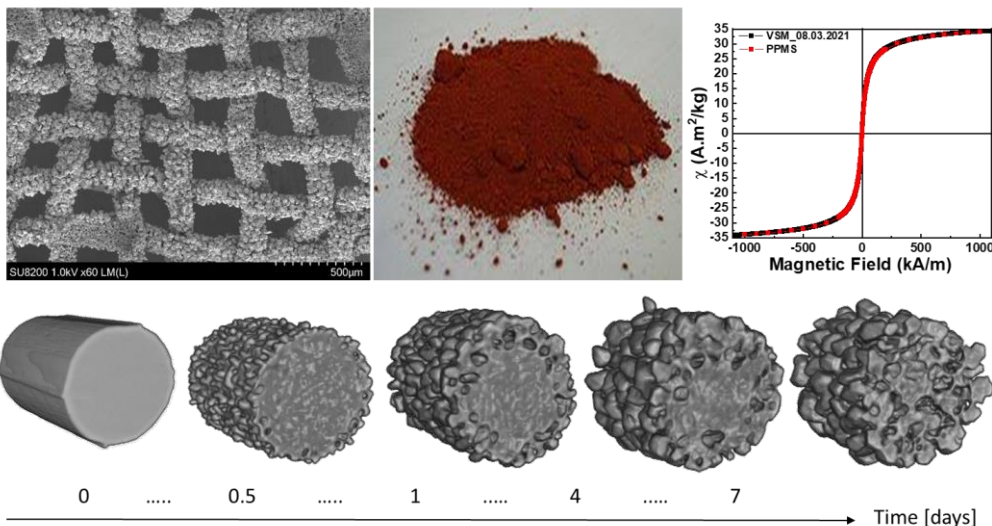


Materialer for prosessindustrien (Sjåstad, Fjellvåg, Koposov)

Uorganiske materialer, fra komponenter til pulver og belegg, fra konstruksjoner til reaktorer, har stor viktighet innen norsk prosessindustri med spenn fra produksjon av ammoniakk, kunstgjødsel, grafitt, aluminium, stål, silisium, polymerer, titandioksid, solceller, batterier, og mye mer. Bedre katalysatorer, bedre forståelse for prosessbetingelser med hensyn på kvalitet og egenskaper av produkter, inngående forståelse av hvordan sentrale kjemisk omdanninger foregår, mulighet for å utvikle nye grønnere prosesser, alt dette innebærer innsikt i uorganisk materialkemi og bruk av avanserte karakteriseringsteknikker. Vi har samarbeid med en rekke slike norske bedrifter. Samarbeidene skjer gjerne som del av større prosjekter/forskningsentere, slik som sentere for forskningsdrevet innovasjon (ICSI innen industriell katalyse), eller FMEer; forskningsentere for miljøvennlig energi (Mozees – batterier; Sysoltech – solceller).

Fire konkrete prosjekter:

- Vårt bredeste samarbeid har med Yara international, knyttet til forståelse av edelmetallbaserte katalysatorer, innfangning av flyktige metall-komponenter, omdanning av nitrogenoksider NOx, utvikling av materialer for elektrokjemiske celler.
- Samarbeidsprosjekter med norsk batteri-industri er i kraftig utvikling om omfatter studier av Si-anodematerialer, karbon som anode materialer, LNMO som katodemateriale, med mer.
- Katalysatorer og adsorbenter er, og har vært tema innen en rekke samarbeid gjennom flere tiår; og omfatter ulike prosesser, fra omdanning av metanol til olefiner (MTO prosessen) til fjerning av ammoniakk ved oksidasjon (ammonia slip catalysis)
- Karakterisering av magnetiske materialer baserer seg på vår dedikerte instrumentering og kompetanse, i første rekke knyttet til nanomagnetisme for oksidbaserte systemer for bruk i medisinsk teknologi



In-situ og operando studier (Sjåstad, Fjellvåg, Koposov)

Tre konkrete prosjekter: kun forslag

- NAP-XPS
- Anode materialer batterier
- Co-nanopartikler