

# Læreplan i Anvendt Matematikk og Robotikk - Programfag i Utdanningsprogram for Yrkesfag med Studiekompetanse

Eirik Kvalheim og James Fox

October 13, 2018

## Formål

I et høyteknologisk samfunn hvor roboter løser stadig flere oppgaver, er fagets hensikt å gjøre elevene kvalifisert til å delta i fremste rekke av denne teknologiutviklingen. Uavhengig av videre karriærevalg vil en grunnleggende forståelse av teknologiens oppbygning og virkemåter være en nødvendig del av fremtidens kompetanse. Fagets skal derfor forberede elevene på jobber innenfor robotikkfagfeltet, samt videre robotikkrelaterte studier på universitetsnivå. Da faget blant annet består av et halvt år med prosjektbasert læring hvor elevene jobber i team på ett halvårig prosjekt, skal det også fremme entrepenørskap og selvstendig læring, og være en virkelighetsnær simulering av arbeidslivet. Faget i seg selv har som formål å gi elevene teorigrunnlaget for å forstå hvordan en robot er bygd opp, da spesielt med tanke på software. Matematisk modellering er sentralt for å forstå oppbygningen av softwaren, og faget vil derfor introdusere endel matematiske konsepter som vanligvis dekkes på universitetsnivå. Disse konseptene er essensielle for å opprettholde og utvikle et høyteknologisk samfunn, og fagets egenart vil derfor også bidra til forståelse av matematikkens betydning i samfunnet, og til utvikling av argumenterende, analyserende og utforskende ferdigheter. Fagets formål inkluderer også et dannelsesperspektiv, som betyr at opplæringen blant annet skal fremme elevenes selvstendighet, samarbeids-, og kommunikasjonsevne.

## Struktur

Faget er et tredjeårs fag hvor man igjennom Vg1 og Vg2 utnytter synergieffekten som oppstår ved å trekke paralleller og sammenhenger mellom AMOR og andre fag i studieløpet.

For riktig gjennomføring av faget kreves det derfor to års forberedelser, hvor detaljene rundt koordineringen med involverte fag er spesifisert under.

## Gjennomføring

Faget er lagt opp til å bestå av en teoretisk del på høsthalvåret, deretter en prosjektdel på vårhalvåret. I teoridelen er det ønskelig med teori og praksis om hverandre slik at teorien visualiseres, og elevene får relevante praktiske erfaringer blant annet for prosjektdelen. Grad av praksis vil avhenge av avsatte ressurser.

## Koordinering med andre fag

Anvendt Matematikk og Robotikk baserer seg på et samarbeid med følgende fag:

- Engelsk ENG1001 og ENG1003, eller lignende fag.
- Matematikk MAT1013, REA3022 og REA3024
- Fysikk REA3004 og REA3005
- Data- og elektronikksystemer ELE1001
- Automatiseringssystemer ELE1003 og AUT2001

Samarbeidet med disse fagene sammenfaller med de enkelte fagenes læreplan, og man vil kunne oppnå en synergieffekt mellom fagene motivert av FYR - Fellesfag, Yrkesretting og Relevans.

## Engelsk

Koordineringen med engelskfaget går over to år og inneholder følgende aspekter

- Vg1
- Gi et overordnet inblikk i hvordan roboter kan modelleres matematisk.
    - \* Symbolsk representasjon
    - \* Konfigurasjonsrom, Tilstandsrom og Arbeidsrom
    - \* Foroverkinematikk
    - \* Inverskinematikk
    - \* Hastighetskinematikk
    - \* Dynamikk
  - Gi et overordnet inblikk av roboters mekaniske aspekter.
    - \* Kraftkilder
    - \* Kontroll og Styringsmetoder
    - \* Applikasjonsområder, Geometrisk oppbygging og typiske konfigurasjoner
      - Albuemanipulator (RRR) og 6-aksede roboter
      - Kartesisk manipulator (PPP)
      - Sylindrisk manipulator (RPP)
      - SCARA (RRP)
      - Parallele manipulatorer
- Vg2
- Gi et overordnet inblikk av roboters mekaniske struktur
    - \* Manipulatorer
    - \* Mobile Roboter
  - Gi et overordnet innblikk i robotikkens verden
    - \* Industrielle Roboter
    - \* Avanserte Roboter
    - \* Sosiale Roboter
    - \* Medisinske Roboter
    - \* Personlige Roboter

## Matematikk

Koordineringen med matematikk går over tre år og omfatter følgende fag

- T1 Kunne utlede og anvende cosinussetningen, for eksempel med Pythagoras læresetning. Kunne bruke trigonometri og geometri i planet til å løse inverskinematiske problemer.
- R1 Det er viktig at eleven oppnår en god og intuitiv forståelse av enhetssirkelen. Man vil i AMOR bygge videre på forståelsen rundt tallsystemene, det er derfor viktig at elevene har god og grundig forståelse av de 1-dimensjonale tallsystemene  $\mathbb{N}$ ,  $\mathbb{Z}$ ,  $\mathbb{Q}$  og  $\mathbb{R}$ . Eleven skal kunne bruke kjente geometriske resultater til å løse inverskinematiske problemer geometrisk, i tillegg til å løse inverskinematiske ligninger algebraisk.
- R2 Utføre beregninger med 3-dimensjonale vektorer, og regne ut kryssprodukt for disse. Løsning av inverskinematikk algebraisk og geometrisk. Analysere og beregne dynamiske ligninger for en robot.

## Fysikk

Koordineringen med fysikk går over to år og omfatter følgende fag

- F1 Utforske girforhold, utvekslinger og kraft nødvendig for diverse robotikkapplikasjoner. Bruke bevaringslover for mekanisk energi til å utlede en dynamisk modell av en robotmanipulator.
- F2 Utforske fysikken rundt myke robotapplikasjoner. Kunne utlede dynamiske modeller av mobile roboter.

## Data- og elektronikksystemer

Koordinering med Data- og elektronikkfaget foregår i første klasse og omfatter følgende

- Vg1 Kunne utvikle egne programmer ved hjelp av programmeringspråket C++. I dette inngår å bruke og forstå grunnleggende elementer som variabler, strukter, arrays, løkker og funksjoner. Det omfatter også bruk av biblioteker, feilsøking, generalisering, gjenbruk av løsninger.

## Automatiseringssystemer

Koordineringen med Automatiseringsfaget går over to år og omfatter følgende aspekter

- Vg1 Kunne redegjøre for de mest sentrale elementene innenfor reguleringsteknikk, da spesielt PID kontrollere og de forskjellige komponentenes egenskaper. Kunne beskrive prinsippene ved forskjellig type aktuatorer brukt i roboter, og beskrive måleprinsipper for sensorer for måling av fysiske størrelser som lys, lyd, varme og kraft, i tillegg til sensorer som enkodere, resolve, potensiometere og hastighetssensorer.
- Vg2 Kunne utvikle egne programmer ved hjelp av programmeringspråket C++. I dette inngår å bruke og forstå grunnleggende elementer som variabler, strukter, arrays, løkker, funksjoner, tester og brukerinteraksjon i terminal. Det omfatter også bruk av biblioteker, feilsøking, generalisering, gjenbruk av løsninger, samt elementer spesifikt for C++ som pekere og minnehåndtering. Elevene skal også kunne vurdere og analysere egen og andres programkode.

## Hovedområder

Hovedområdene i faget vil springe ut fra matematikken og omfatte følgende temaer

### Anvendt Matematikk

Hovedområdet handler om anvendelse av sentrale resultater fra lineær algebra, i tillegg til grunnleggende forståelse for 1-, 2-, og 4-dimensjonale tallsystemer. Det dreier seg om regning med komplekse tall og quarternioner, og homogene transformasjoner. Grunnleggende teknikker innebærer enkel matriseregning, utregning av determinanter og inverser av matriser. Videre handler hovedområdet om forskjellige representasjoner av rotasjoner både i planet og rommet. Sentrale begreper er lineærtransformasjoner, rotasjoner og quarternioner.

### Matematisk Modellering av Roboter

Hovedområdet handler om å skape representasjoner av roboter gjennom matematisk modellering, både ved hjelp av digitale verktøy og manuelle beregnere. Videre handler hovedområdet om å løse kompliserte ligningssystem på forskjellige måter, blant annet ved geometrisk modellering. I hovedområdet inngår også beregning av uoppnåelige posisjoner og robotens romslige bevegelse. Sentrale begreper er forover-, invers-, og hastighetskinematikk, dynamikk og singulariteter.

### Robotikk

Hovedområdet handler om å skape en helhetlig oversikt over robotikken, blant annet ved refleksjon og etikk, og også ved å knytte teorien opp imot praksis, da spesielt i form av programmering. Det dreier seg om programmering med produsentspesifik programvare, programmering av reguleringsystemer basert på en robots dynamiske modell, og programmering ved bruk av meta operativsystemet ROS. Videre handler hovedområdet om å redegjøre for hvordan en robot sanser og forstår verden, som et grunnlag for diskusjon rundt hvordan roboter kan tilpasse beslutningstakingsprosessen til omgivelsene. Sentrale begreper er virkelighetsforståelse, beslutningstaking og programmering.

### Prosjektarbeid

Hovedområdet handler om å gi elevene rom til å ufolde sin kreative side, og samtidig lære om prosjektarbeid fra et administrativt ledelsesperspektiv. Det dreier seg om om å arbeide med større robot prosjekter over lang tid, fremme entrepenørskap, og bidra til kumulativ kunnskapsøkning. Videre handler hovedområdet om å forholde seg til gjeldende regelverk, normer, HMS krav, og rutiner for kvalitetssikring og internkontroll. Det omfatter å planlegge, risikovurdere, sluttkontrollere og dokumentere, ved bruk av typesettingssystemet LaTeX. Sentrale begreper er dokumentering, prosjektarbeid, og kumulativ kunnskapsøkning.

## Timetall

Timetall er oppgitt i 60 minutters enheter. Da konseptene i faget krever modningstid er det særdeles viktig at faget undervises ukentlig. Faget skal være 6 timer i uken, som totalt gir 252 timer for et 42 ukers skoleår.

## Grunnleggende Ferdigheter

Grunnleggende ferdigheter er integrert i kompetansemålene der de bidrar til utvikling av og er en del av fagkompetansen. I Anvendt Matematikk og Robotikk forstås grunnleggende ferdigheter slik:

*Å kunne uttrykke seg muntlig og skriftlig* i Anvendt Matematikk og Robotikk innebærer å formulere logiske resonnementer, forklare en tankegang og sette ord på oppdagelser, ideer og hypoteser, i tillegg til å kommunisere med leverandører, kollegaer og fagfolk fra andre fagområder. Det vil si å stille spørsmål, delta i samtaler og drøftinger av matematiske situasjoner og problemer, og argumentere for egne løsningsforslag. Det vil også si å delta i vurderinger og planlegging tilknyttet sikkerhet og valg av faglige løsninger. Å uttrykke seg skriftlig innebærer å planlegge arbeidsoppdrag og å dokumentere og rapportere inn utførte arbeidsoppdrag og avvik, samt å formulere matematiske bevis ved bruk av korrekt matematisk notasjon og logisk gyldige slutninger. I tillegg betyr det å skrive matematiske symboluttrykk og sette opp eller tegne tabeller, diagrammer, grafer og geometriske figurer.

*Å kunne lese* i Anvendt Matematikk og Robotikk innebærer å trekke relevant informasjon ut av en tekst og kunne forstå symbolsk representasjon av roboter. Det betyr å forstå matematiske symboluttrykk og logiske resonnementer knyttet til fagspesifikke tekster. Det vil også si å forstå og tolke gjeldende regelverk og direktiver, i tillegg til organisert visuell informasjon, som DH-tabeller, grafer og geometriske figurer.

*Å kunne regne* i Anvendt Matematikk og Robotikk er den mest grunnleggende ferdigheten. Det innebærer fortrolighet med valg av operasjon og fortrolighet med de ulike regneoperasjonene. Å regne betyr å benytte nye operasjoner som å regne ut determinant eller inversen til en matrise. Det vil også si å bruke teori og lineær algebra til å vurdere rimeligheten av svar.

*Å kunne bruke digitale verktøy* i Anvendt Matematikk og Robotikk innebærer å programmere, konfigurere og feilsøke på ulike robot-installasjoner. Det innebærer å bruke digitale verktøy til omfattende beregninger, simuleringer og visualiseringer, samt å utlede, bearbeide og presentere matematisk informasjon i elektronisk form. I tillegg vil det si å vurdere robotens hensiktsmessighet og begrensninger i simuleringer, i tillegg til å gjøre informasjonssøk ved feilretting på både simuleringer og installasjoner.

# Kompetansemål

## Anvendt Matematikk

Mål for opplæringen er at eleven skal kunne

- gjøre rede for de forskjellige tallsystemene opp til og med quarternionene, og redegjøre for quarternionenes relevans i dagens teknologi
- regne med komplekse tall og quarternioner, og representere komplekse tall samt quarternioner på matriseform
- beskrive rotasjonsmatrisenes oppbygning samt representere en sekvens med rotasjoner i rommet med hensyn på fikserte og ikke fikserte aksekors
- representere rotasjoner i planet med komplekse tall og representere rotasjoner i rommet i form av euler vinkler, roll-pitch-yaw, akse-vinkel
- beskrive rotasjoner i rommet med quarternioner og kunne regne fram og tilbake mellom quarternionene og rotasjonene
- beskrive, redegjøre for og regne med vektorer og lineærtransformasjoner i planet og rommet
- for  $2 \times 2$  og  $3 \times 3$  matriser, bruke enkle regneregler for matriser som transponering, invers, addisjon, subtraksjon, multiplikasjon, samt regne ut egenverdier og egenvektorer
- regne ut determinanter for  $2 \times 2$  og  $3 \times 3$  matriser og forklare determinantens betydning for lineærtransformasjonen
- for en lineær transformasjon, kunne regne med, og beskrive, begrepene lineær uavhengighet, basis og rang, samt regne ut og visualisere homogene transformasjoner

## Matematisk Modellering av Roboter

Mål for opplæringen er at eleven skal kunne

- bruke matematiske modelleringsverktøy som Matlab for å digitalt kunne representere en vilkårlig robot konfigurasjon
- redgjøre grundig for hva foroverkinematikk og inverskinematikk går ut på, samt bruke Denavit-Hartenberg konvensjonen til å beregne foroverkinematikken til en vilkårlig robot
- løse inverskinematikk-problemer algebraisk, geometrisk, og numerisk/ved hjelp av digitale verktøy
- vise en overordnet forståelse av hva Jacobi matrisen beskriver, og regjøre for forskjellige singulariteter og deres påvirkning på roboten, i tillegg til å beskrive mulige forebyggende tiltak
- beregne Jacobi matrisen for en vilkårlig robot, og bruke denne til å utlede robotens singulariteter samt robotens dynamikk

## Robotikk

Mål for opplæringen er at eleven skal kunne

- vise et reflektert forhold til roboters etiske påvirkning i samfunnet, ens egen og andres rolle i dette, og drøfte argumenter for ulike synspunkt vedrørende konsekvenser
- presentere en helhetlig oversikt over robotikkfaget som fagfelt, og kunne gjøre rede for de forskjellige fagområders vinkling på robotikken og hva det er for dem
- redegjøre for en robots mekaniske aspekter og struktur, samt beskrive fordeler, ulemper og bruksområder relatert til disse egenskapene
- beskrive, redegjøre for, og drøfte kjente resultater og utfordringer i forskningsområdene baneplanlegging, beslutningstaking og navigering, samt samtidss lokalisering og kartlegging
- knytte den matematiske teorien opp imot et praktisk funksjonelt perspektiv og demonstrere dette ved prosjektarbeid
- programmere roboter med produsent-spesifikke programmeringsverktøy og programmeringsspråk på en effektiv og fagmessig måte
- bruke programmeringsspråket C++ og meta operativsystemet ROS til å programmere og styre en robot. I det inngår å
  - opprette ROS-Pakker og Cakin arbeidsområde
  - opprette ROS noder
  - bruke ROS topics og ROS services for å analysere data og tilstand for en robot
  - opprette Publisher/Subscriber forhold
  - simulere og visualisere
  - bruke kommandovinduer, teksteditorer og operere i et linux miljø
- benytte dynamikken til en robot i et reguleringsteknisk perspektiv for å kontrollere roboten
- beskrive måleprinsipper for ulike sensorer brukt i mobile roboter, herunder radar, lidar, ultralyd, kamera, sonar, RFID, og andre relevante sensorer for robotens eksterne omgivelser, i tillegg til interne tilstandssensorer som temperaturssensorer, enkodere, resolve, potensiometere, hastighetssensorer, og andre relevante sensorer som bidrar til robotens virkelighetsforståelse

## Prosjektarbeid

Mål for opplæringen er at eleven skal kunne

- lage fremdriftsplaner, mål og skjemaer for arbeidsoppgaver og materialbehov etter arbeidsbeskrivelser
- arbeide prosjektbasert med større robot prosjekter over lang tid, hvor det holdes jevnlig møtevirksomhet igjennom prosjektledelse
- vurdere hvilke regelverk og normer som gjelder for arbeidet som skal utføres og anvende dette
- utføre risikovurdering og vurdere tiltak for ivaretagelse av person- og maskinsikkerhet, i tillegg til å gjøre faglige vurderinger av eget og andres arbeid
- programmere en robot selvstendig, enten ved bruk av produsent spesifikk programvare, eller meta operativsystemet ROS
- planlegge, sluttkontrollere og dokumentere arbeidet i en prosjektrapport ved bruk av typesettingssystemet LaTeX
- regjøre for begrepet *kumulativ kunnskapsøkning* i en virksomhetssammenheng, og bidra med tiltak for å sikre dette
- utføre arbeid på robot installasjoner fagmessig, nøyaktig og i overensstemmelse med krav til helse, miljø og sikkerhet og rutiner for kvalitetssikring og internkontroll

## Vurdering

Vurderingen i faget består av underveisvurderinger som både er karaktergivende og ikke-karaktergivende. De ikke-karaktergivende underveisvurderingene kommer som en form av prosjekthjelp i siste halvår. Det skal være 5 karaktergivende underveisvurderinger første halvår, som tilsammen teller 20% av den endelige karakteren i faget. To innenfor hovedområdet Anvendt Matematikk, en innen hovedområdet Matematisk Modellering av Roboter, og to innen hovedområdet Robotikk. I tillegg skal det avholdes en eksamen etter endt førstehalvår, som teller 30%. Denne eksamen skal omhandle hovedområdene Anvendt Matematikk, Matematisk Modellering av Roboter, og Robotikk. Eksamenen skal ha en valgfri eksamensform, det vil si at elevene skal kunne velge å gjennomføre eksamen muntlig eller skriftlig. De resterende 50% av vurderingen i faget kommer som følge av et prosjektarbeid i siste halvår. Den karaktergivende vurderingen skal kun fremkomme etter endt prosjekt, men det skal minimum forekomme månedlige ikke-karaktergivende underveisvurderinger i form av prosjekthjelp og tilbakemeldinger i siste halvår.

Det skal forekomme to midveisevalueringer, en i midten av hvert halvår, samt to sluttevalueringer, en etter hvert endt halvår. I midtveisevalueringer skal elevene evaluere sin egen prestasjon, progresjon og kunnskap i faget. I sluttevalueringene skal elevene evaluere faget samt sin egen innsats og kompetanse.