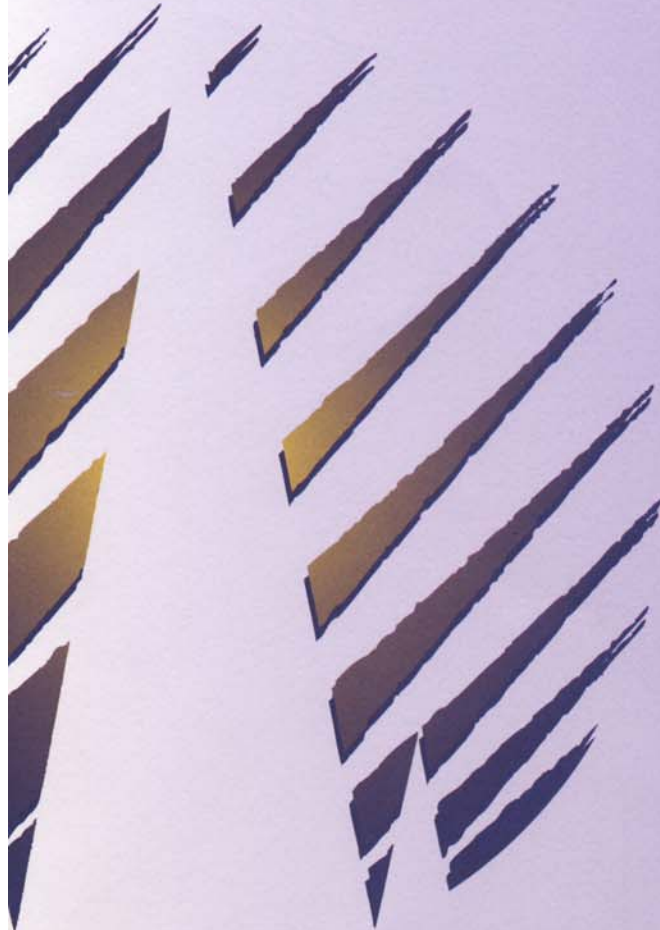


HiST/AITeL - RAPPORT nr 1 2004  
Avdeling for informatikk og e-læring  
Høgskolen i Sør-Trøndelag



## Erfaringer med bruk av Lego Mindstorm Robolab og objektorientert programmering i Prosjektfaget



**SKRIFTSERIER VED HØGSKOLEN I SØR-TRØNDELAG**

**ISBN 82-7877-100-6**

**ISSN 1503-0423**

**HiST/AITeL Rapport nummer 1**

**Erfaringer med bruk av Lego Mindstorm Robolab og  
objektorientert programmering i Prosjektfaget.**

**av**

**Grethe Sandstrak og Bjørn Klefstad**

grethe.sandstrak@aitel.hist.no

bjorn.klefstad@aitel.hist.no

**Høgskolen i Sør-Trøndelag  
Avdeling for informatikk og e-læring  
juni 2004**

## Sammendrag

I denne rapporten legger vi fram våre erfaringer med bruk av Lego Mindstorm Robolab i prosjektfaget. Rapporten ser også nærmere på målsettingen med å ta dette i bruk i undervisningen på Høgskolenivå.

Rapporten har følgende inndeling:

Kapittel 1 ser nærmere på hva Lego Mindstorm Robolab er og hvordan vi kan koble Javaprogrammering opp mot utvikling av legoroboter. Videre går vi nærmere inn på fagopplegget.

Kapittel 2 tar for seg resultater fra spørreundersøkelser foretatt blant 1 kl. dataingeniør ved AITeL høsten 2003.

Kapittel 3 inneholder de konklusjoner vi har kommet fram til. Vi har sett at faget har skapt et godt læringsmiljø, hvor studenter har fått utbytte av teamsamarbeid, økt motivasjon og læringseffekt for Java-programmering og har hatt det gøy.

## Innhold

Sammendrag.....	3
Forord.....	5
Innledning.....	6
1. Faget.....	7
1.1. Om teknologien.....	7
1.2. Fagets gjennomføring.....	9
2. Undersøkelser.....	10
2.1. Oppsummering av studentenes tilbakemeldinger.....	13
3. Konklusjon.....	13
4. Ressurser.....	15

## Forord

Vi har gjennomført faget PO 701D Prosjektteknikk i perioden høsten 2003 for 1. kl dataingeniør ved Høgskolen i Sør-Trøndelag ved Avdeling for informatikk og e-læring. I denne rapporten oppsummerer vi våre erfaringer med bruk av Lego Mindstorm Robolab i prosjektundervisning.

Vi har tatt utgangspunkt i at målgruppen for denne rapporten ikke nødvendigvis har bakgrunn innenfor fagfeltet programmering. Det er lagt vekt på våre erfaringer og studentenes tilbakemeldinger i forbindelse med det pedagogiske opplegget.

Takk går til Olav Skundberg for verdifulle tilbakemeldinger i forbindelse med rapporten og hjelp med publisering.

Bjørn Klefstad og Grethe Sandstrak

## Innledning

Lego Mindstorm Robolab er pr i dag i bruk på flere ulike nivåer innen undervisning. Du finner det i bruk helt i fra barneskolen og oppover til og med Universitet og Høgskoler. Denne artikkelen tar for seg våre erfaringer med å ta i bruk dette på Høgskolenivå. Et naturlig spørsmål som da dukker opp er hva vi ønsker å oppnå med å bruke Lego Mindstorm Robolab. I vårt tilfelle har vi brukt dette med bakgrunn i tre ulike målsettinger:

- Studentene skal få økt forståelse for objektorientert programmering (Java)
- Studenten skal praktisere hvordan man arbeider i Team
- Studenten skal gjennomføre et prosjektarbeid og ha det gøy

Objektorientert programmering oppleves av svært mange studenter som vanskelig. I starten blir det mange nye begreper å forholde seg til og man må holde mange baller i luften samtidig. Man må jobbe en tid med de grunnleggende tingene før man begynner å se sammenhengene og forstår hvordan objektorienteringen er bygd opp. For mange oppleves denne mellomfasen som frustrerende. Og det er nettopp i denne fasen vi kan se nytteverdien av å ta i bruk Lego Mindstorm Robolab. Da får den enkelte student prøvd ut små kodebiter som overføres til Legoroboten og de får prøvd ut programkoden i praksis. På denne måten kan de eksperimentere litt med programkoden og umiddelbart se virkningen av dette i praksis. Vi har laget et øvingsopplegg som bygger videre på den programkoden de allerede har laget i starten. På den måten illustreres nytteverdien av å lage selvstendige generelle kodebiter som vi kan benytte oss av senere. Kravene til objektorientering av programkoden øker utover i kurset. Lego Mindstorm Robolab er derfor godt egnet som støttefag til grunnkurs i Javaprogrammering.

Å arbeide i team er i utgangspunktet en praktisering av Nils Arne Eggens godfotteori. Det gjelder å sette det kollektive i sentrum fremfor å arbeide for å fremme egne interesser. Du skal ta felles ansvar for de områdene der du har spesielle kvaliteter og dermed gjøre de andre god. Først setter man opp et felles mål for teamet og avklarer hvordan de ønsker at samarbeidet skal gjennomføres (arbeidskontrakt). Deretter bidrar alle teammedlemmene på best mulig måte, slik at teamet i fellesskap når det oppsatte målet. For å få prøvd ut dette i praksis må studentene løse en felles oppgave, som er av en slik karakter at det krever at de samarbeider. Og det er her Lego Mindstorm Robolab kommer inn i bildet. For å kunne løse oppgavene kreves det at teamet er kreative i sin utforming av løsning, behersker legobygging og at de behersker de tekniske utfordringene med å lage et program og overføre dette til Legoroboten. I praksis vil vi ganske raskt se at enkelte teammedlemmer bidrar mest på den kreative siden, mens andre er kløppere til å bygge Lego, mens atter andre igjen har sin styrke på programmeringssiden. Bruken av Lego Mindstorm Robolab er derfor godt egnet for å praktisere arbeid i team.

I de aller fleste prosjektarbeid er det fokus på dokumentasjonen av hva som er gjennomført. Dette betyr at studentene må produsere store mengder rapporter og føler at deres kreativitet kveles av mengden rapporter. Selve oppgaven som skulle løses var ikke all verden og gjennomføringen gikk greit, men så oppleves produksjonen av alle rapportene som nærmest altoverskyggende. Ved bruk av Lego Mindstorm Robolab får man prøvd ut om det endelige produktet fungerer i praksis. Man kan forholde seg til et konkret resultat, en selvbygd legorobot. Og når denne testes ser man raskt om resultatet fungerer eller ikke. Studenten

opplever det som svært positivt å forholde seg til et konkret resultat og at de får konsentrert seg om å løse oppgaven istedenfor å produsere mange rapporter. Lego Mindstorm Robolab gir også studentene utfordringer på mange ulike plan og de har det gøy underveis. Dette avspeiles blant annet i at de som regel bruker langt mer tid enn forventet på å løse de ulike oppgavene. De bygger, programmerer, tester, gjør endringer, tester igjen, osv. til de kommer frem til et tilfredsstillende resultat. Dette bidrar igjen til at studentene generelt får et mye mer positivt forhold til programmering. Bruken av Lego Mindstorm Robolab vekker også konkurranseinstinktet hos studentene og de legger mye vekt på å lage en bedre løsning enn de andre teamene.

## 1. Faget

Faget PO 701D Prosjektteknikk har vært kjørt for 1. kl dataingeniør ved Høgskolen i Sør-Trøndelag ved Avdeling for informatikk og e-læring. Faget vektet med 6 studiepoeng og evalueres som Bestått/Ikke bestått. Fagmål:

- Studentene skal lære å samarbeide om en konkret oppgave (Lego Mindstorm Robolab).
- Studenten skal praktisere hvordan man arbeider i Team
- Studenten skal gjennomføre et prosjektarbeid og ha det gøy
- Studentene skal få økt forståelse for objektorientert programmering (Java)

### 1.1. Om teknologien

I dette kapitlet ser vi nærmere på hva Lego Mindstorm Robolab er og hvordan vi kan koble Javaprogrammering opp mot utvikling av legoroboter.

#### **Lego Mindstorm Robolab**

Lego Mindstorm Robolab er en serie fra LEGO som brukes til å utvikle og programmere roboter. Den sentrale enheten i Robolab er RCXen (Robotics Command Explorer):



**Figur 1.1-1 Robotics Command Explorer (RCX)**

RCX enheten kan sies å være en datamaskin i miniutgave. Den har en prosessor, hukommelse for å lagre programmer, infrarød sender og mottaker, LCD-miniskjerm og høyttaler. I tillegg finnes det utganger hvor man kan koble til motorer og sensorer. Minnekapasiteten til RCXen er meget begrenset i forhold til dagens datamaskiner.

Når man går til innkjøp av Robolab-pakken, så følger det med et hendelsesstyrt, grafisk programmeringsverktøy. Brukeren trenger ikke skrive kode og det kreves ingen programmeringskunnskaper for å ta dette i bruk. Bakdelen med verktøyet er at man ikke får utnyttet alle mulighetene som ligger i RCX - enheten. Fordelen er at man som uerfaren programmerer får en grafisk framstilling av hvordan et program er bygd opp med moduler, hendelser, kontrollstrukturer og variabler. I kurset vi har gjennomført, ble ikke dette programmeringsverktøyet tatt i bruk.

Det grafiske programmeringsverktøyet beskrevet over, brukes ikke i prosjektfaget, i stedet utnyttes RCXens muligheter til å la seg programmere i programmeringsspråket Java. Studentgruppen følger kurset Grunnleggende programmering i Java parallelt med prosjektfaget og får dermed to innfallsvinkler på grunnopplæringen i programmering og objektorientering.

For å gjennomføre prosjektfaget er et blitt foretatt en del investering i utstyr. Studentene deles inn i team som består av fire personer. Hvert av disse teamene får utlevert et Robolabsett som inneholder det som trengs for å utvikle en avansert robot. I tillegg finnes det et lite lager med ekstra motorer, RCXer og andre spesialdeler. Dette pga av flere ting:

- Slitasje, vanlige legoklosser holder som kjent i årevis, men spesialdeler som motorer og RCXer som inneholder en del elektronikk, kan etter noen sesongers bruk bli defekte.
- Prosjektgjennomføring. For å imøtegå studentens kreativitet i forbindelse med valg av egendefinerte prosjektoppgaver, trengs det ekstra deler, slik at oppgavene kan realiseres. For eksempel et team som ønsker å lage to roboter som kommuniserer med hverandre. Da trenger de to RCXer og Robolabsettet inneholder kun en.

## Programmering av RCX enheten

En målsetting med kurset er å gi studentene økt forståelse for programmeringsspråket Java og objektorientering. Dette gjøres som nevnt ved å la studentene programmere robotene i en litt begrenset versjon av Java - LeJOS – Lego Java Operating System.

For å kunne kjøre et dataprogram, må programkoden (som vi har skrevet inn i en editor) oversettes til maskinkode som datamaskinen forstår. Java og LeJOS gjør dette ved først å bruke en *kompilator* som oversetter programkode til bytekode. De datamaskiner eller RCXer som har støtte for Java/LeJOS kan da kjøre denne koden via en *tolker* som oversetter bytekoden til maskinkode.

LeJOS og Java bruker samme kompilator, men ulike tolkere. Java bruker en JVM (Java Virtual Machine), mens LeJOS bruker RCX-firmware, som er en liten JVM som må overføres til RCXen før egne programmer kan overføres til den.

Selv om LeJOS bruker samme kompilator som Java så er det noen begrensinger i forhold til Java.



For å skrive programmene er det mulig å bruke en vanlig teksteditor, men vi har gode erfaringer med å bruke TextPad i faget Programmering i Java. Derfor har vi valgt å konfigurere denne editoren til også å kunne compilere LeJOS kode. Dette for å gi studentene et så likt utviklingsmiljø, i forhold til faget Programmering i Java, som mulig.

## 1.2. Fagets gjennomføring

Fagopplegget for kurset er todelt, den første delen tar sikte på å gi studentene en innføring i teamteori, Java programmering og å bli kjent med de ulike delene av legosettet (motorer, trykksensorer, lyssensorer osv), Del to vies til en selvvalgt prosjektoppgave. Gjennom hele kurset skal studentene arbeide i team (grupper) bestående av 4-5 studenter.

I og med at dette er et prosjektfag gis det ikke mange forelesninger, i stedet fordeler man lærerressursene mellom enkelte forelesninger, veiledning på labb og teammøter. Noen emner blir forelest og til hvert emne er det utviklet en leksjon som dekker det aktuelle emnet. Kurset har ingen lærebok og dermed blir disse leksjonene en viktig del av studentenes læringsprosess. I tillegg brukes Internett flittig som informasjonskilde i forhold til lego og Javaprogrammering.

Videre avholdes det jevnlig teammøter. Teammøtene er formelle møter som inkluderer alle teammedlemmene og faglærer. Det gjennomføres fire teammøter pr semester. Ekstraordinære teammøter kan avholdes ved behov. Det enkelte team har ansvar for å skrive møteinnkalling, møtereferat og lede møtene. De ulike rollene roterer innad i gruppen slik at alle teamets medlemmer får prøvd seg som møteleder og referent.

Med bakgrunn i en studentgruppe fra 1.klasse ingeniør har vi utarbeidet et øvingsopplegg som er tilpasset de faglige forutsetninger som denne studentgruppen innehar. I praksis betyr dette at progresjonen i øvingsopplegget er nøye knyttet opp mot faget Grunnleggende programmering i Java som kjøres parallelt. Øvingene går fra å være lærerstyrte, hvor vært team gis detaljerte instruksjoner for hvordan oppgavene skal løses, til gradvis å bli mer studentstyrte med større rom for egne løsninger og kreativitet.

Del to av kurset inneholder en selvvalgt prosjektoppgave. Ut fra de erfaringer og det studentene har lært i del 1 av kurset, skal de velge seg en prosjektoppgave med utgangspunkt i de lego-delene hvert team disponerer. Krav som stilles til oppgaven er at den skal være løsbart, av passende størrelse og det skal skrives prosjektdokumentasjon i form av en projekthåndbok. Før studentene setter i gang skal oppgavevalg godkjennes av faglærer. Vi har sett svært mange ulike varianter av legoroboter som resultat av prosjektet. For eksempel traverskran, graftegner, kalkulator som skriver ut resultatet på papir, drinkmikser, nonstop sorterer, marsmallowsgriller, båt, brusboksoppsamler, tåknuser, danserobot som kommuniserer med en annen robot samtidig som de veksler på å spille musikk. Så her er det nesten bare fantasien og kreativiteten som setter grenser.

## 2. Undersøkelser

For å få en oversikt over hvilke reaksjoner og tanker studentene hadde om fagopplegget som ble gitt, ble det gjennomført en spørreundersøkelse. Spørreundersøkelsen var lagt opp på en slik måte at studentene skulle svare på ulike spørsmål ved å krysse av for ulike svaralternativ. Det var også mulighet for de som ville komme med andre tilbakemeldinger enn det spørsmålene ga rom for.

Det ble registrert totalt 66 besvarte spørreskjemaer. Av tilbakemeldinger som kom fram utenom spørsmålene kan nevnes:

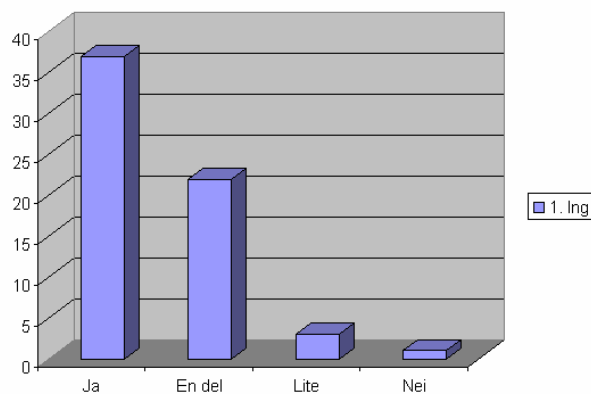
”Gruppearbeidet var mye bedre og artigere enn forventet”, ”Prt = veldig artig fag”, ”Kult med lego”, ”Lett!”, ”Morsomt”, ”Gøyalt fag”, ”Moro fag”, ”Heilt topp fag”, ”Morsomt fag”, ”Ganske moro”, ”Alt for dårlig tid på hovedprosjektet i forhold til rallyet”, ”Liten tid på siste prosjektoppgave”.

Studentene gjenspeiler faglærernes bilde av at studentene har trivdes med faget og at team-samarbeidet har fungert bra.

Et av områdene vi var interessert i å få tilbakemeldinger på var prosjektteknikkfaget sett i sammenheng med faget Programmering i Java. Dette er et fag som studentene tradisjonelt sliter med og et av målene med Prosjektteknikkfaget er å støtte opp om Java-programmering. Videre var vi interessert i tilbakemeldinger på team-samarbeidet og fagets vanskelighetsgrad.

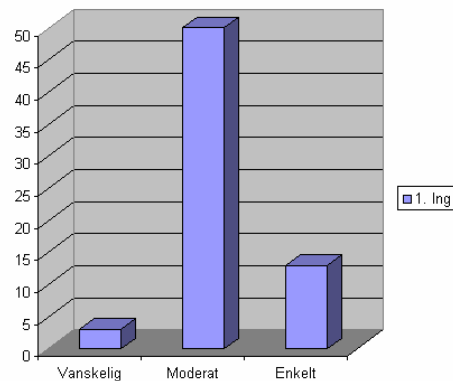
Under følger en presentasjon over noen av resultatene fra spørreundersøkelsen blant studentene, med kommentarer under hver figur.

### 1. Har dette faget gjort det morsommere å jobbe med programmering?



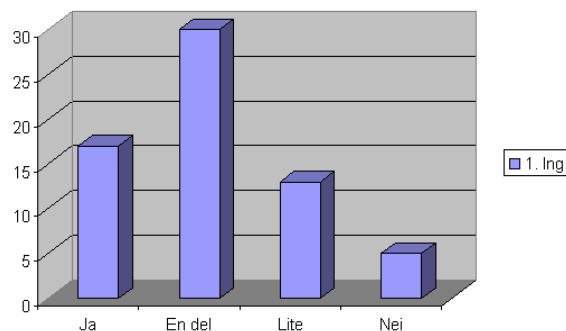
Som vi ser av figuren over erfarte de aller fleste studentene at det kan være morsomt å drive med programmering. Dette er en gunstig effekt i og med at man jobber mer med ting man synes er morsomt. Og programmering er et fag som må jobbes aktivt med gjennom hele semesteret.

2. *Hvordan vil du karakterisere vanskelighetsgraden i faget?*



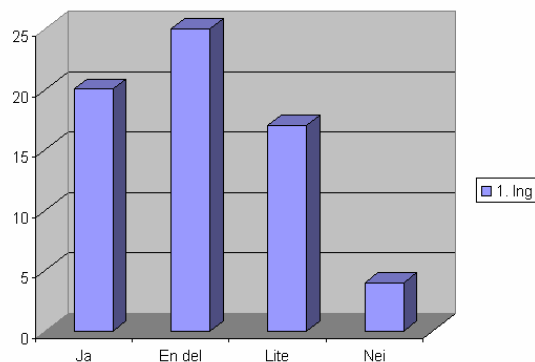
For å sikre at flest mulig av studentene skulle sitte igjen med en positiv opplevelse av dette faget, har vi fokusert på at vanskelighetsgraden ikke skulle være for høy. Som vi ser av tilbakemeldingene fra studentene har vi lyktes med dette.

3. *Skapte prosjektteknikkfaget behov for å lære mer Java?*



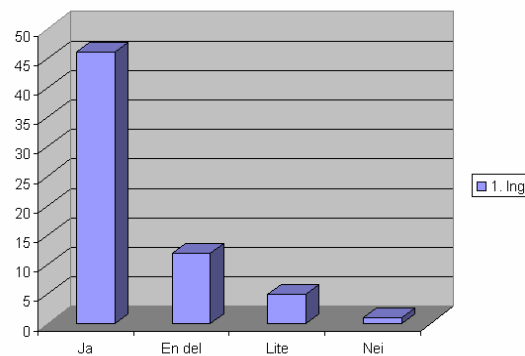
Som tidligere nevnt skal prosjektteknikkfaget støtte opp om faget programmering i Java. Vi ønsket at prosjektteknikkfaget skulle være en "teaser" for å lære mer Java. Progresjonen i prosjektteknikkfaget har derfor ligget litt i forkant av Java-faget, nettopp for å forsøke skape et slikt behov. Som vi ser av studentenes tilbakemeldinger så har majoriteten nettopp opplevd dette slik.

4. *Har gjennomføringen av dette faget ført til større forståelse for objektorientering og grunnleggende Javaprogrammering?*



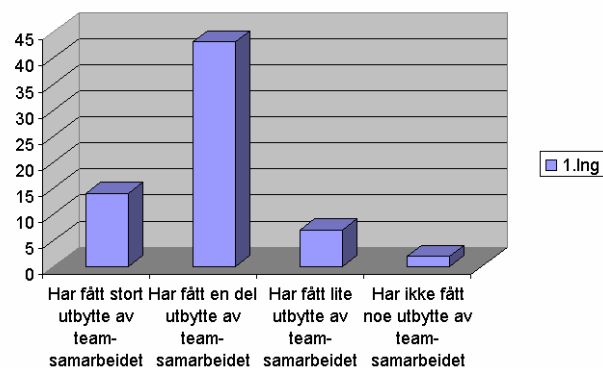
Objektorientering er et vanskelig emne i Java. Prosjektteknikkfaget har derfor prøvd å lage et tilpasset opplegg som skal forsøke å belyse emnet fra en mer praktisk vinkling gjennom øvingsopplegget. Hovedandelen av studentene mener at de ved hjelp prosjektteknikk faget har fått økt egen forståelse for objektorientering. Her er det viktig å ta høyde for at studentene kanskje ikke har tilstrekkelig grunnlag for å vurdere dette selv.

5. *Så dere nytteverdien av objektorientering underveis i kurset (for eksempel gjennom gjenbruk av kode)?*



Figuren over viser at de aller fleste studentene ikke bare mener de fikk en større forståelse for objektorientering, men at de også ser nytteverdien av det. Dette har de også vist gjennom øvingsopplegget hvor de i de første øvingene ikke brukte objektorientering. Fra og med øving 4 så vi en klar utvikling i retning objektorientering i studentenes øvingsarbeid. Bruk av klasser og gjenbruk av kode sto nå sentralt i programmeringsarbeidet. Dette indikerer at studentene har fått en dypere forståelse for objektorientering.

6. *Hva har team-samarbeidet gitt deg i din læringsprosess?*



Det siste området vi ville ha tilbakemeldinger på var team-samarbeidet sett i forhold til den enkelte students læringsprosess. De aller fleste studentene fant en god støtte i arbeidsformen. Hvert team utnytter den enkeltes students individuelle ferdigheter/ressurser for å komme fram til en felles løsning av en problemstilling og gjennom dette arbeidet nå fagets læringsmål.

## 2.1. Oppsummering av studentenes tilbakemeldinger

Resultatene fra spørreundersøkelsen kan oppsummeres:

- Faget skapte behov for å lære mer Java
- Økte motivasjonen for Java-programmering
- Skapte sosiale relasjoner
- Økt trivsel blant studentene
- Skapte større forståelse for objektorientering

## 3. Konklusjon

Ut fra tilbakemeldingene fra studentene og faglærers observasjoner fra teammøter, prosjekt- og øvingsarbeid, kan vi konkludere med at fagopplegget vi har gjennomført har fungert bra i forhold til oppsatte faglige mål.

I forhold til teamarbeid så har de aller fleste teamene fungert bra, og majoriteten av studentene har hatt utbytte av samarbeidet i læringssammenheng.

Et av fagmålene er å støtte opp om Javaprogrammering. Dette har vi lyktes med i stor grad. De største fordelene med opplegget kan oppsummeres:

- Visualisering av Java-programkode. Resultatet av programkoden vises fysisk på en robot. Teori er prøvd ut i praksis.
- Reelt utviklingsmiljø demonstreres – Studentene programmerer, overfører koden til roboten og sjekker om den oppfører seg som den skal. Erfaringer i dette faget har vist at testing og utprøving tar mye tid – noe som er i samsvar med programvareutviklingsprosessen.
- Motivasjonsskaper. Programmering oppfattes mer positivt når det settes inn i denne konteksten. Som resultat legges det ned mer tid og arbeid i programmering.
- Studentene har trivdes med faget og har hatt det moro.

Å skrive et program er en utfordrende og kreativ erfaring, målet er å løse et problem – stort eller lite. Dette kommer godt fram i forhold til både rallybilløpet og prosjektoppgaven, som har gitt studentene utfordringer på flere ulike områder:

- Robot må utvikles på bakgrunn av de materialene det enkelte team disponerte.
- Tekniske løsninger måtte utarbeides, som for eksempel differensial på drivakslingen dersom de brukte kun en motor til fremdriften, tannstangstyring på forhjulene for å kunne manøvrere utenom ulike hindringer, girkasse dersom det oppstod behov for dette osv.

- Programkoden skulle være objektorientert og studentene måtte lage egne klasser som de brukte og de måtte bruke ferdiglagde klasser.
- De måtte lage programkoden med omhu slik at det var plass i minnet på RCXen når programmet skulle overføres og tolkes. RCXen har et begrenset minne.
- Det måtte tas hensyn til ytre omgivelser – for eksempel lysforhold. Ulike rom har forskjellig lysforhold, som kan påvirke lyssensorer.
- Teamene måtte fungere godt sammen for at de skulle rekke over de ulike arbeidsoppgavene og få til et tilfredsstillende resultat.

## 4. Ressurser

Prosjektfagets hjemmeside [Online] Tilgjengelig: [http://www.aitel.hist.no/fag/\\_phk1/](http://www.aitel.hist.no/fag/_phk1/)

I tilknytning til Lego Mindstorm Robolab og leJOS så finnes det mange ressurser på Internett. Under finner dere en samling av nyttige lenker vi har brukt i undervisningen.

Giulio Ferrari [et al.]. 2002: "Programming Lego Mindstorms with Java, The ultimate tool for Mindstorms Maniacs". Rockland, Mass. : Syngress ISBN 1-928994-55-5

Lego produkter LEGO Group, 2003 [Online] Tilgjengelig:  
<http://www.lego.com/eng/products/next/>

Lego's side om utdanning. LEGO Group, 2003 [Online] Tilgjengelig:  
<http://www.lego.com/dacta/home.asp>

Artikkel om Lego Mindstorm [Online] Tilgjengelig:  
[http://folk.uio.no/terjekk/foredrag/datalego/artikkel1\\_Lego.htm](http://folk.uio.no/terjekk/foredrag/datalego/artikkel1_Lego.htm)

Lejos's side [Online] Tilgjengelig: <http://lejos.sourceforge.net/>

Lejos API [Online] Tilgjengelig: <http://lejos.sourceforge.net/apidocs/index.html>

Java API [Online] Tilgjengelig: <http://java.sun.com/j2se/1.4.2/docs/api/index.html>



HØGSKOLEN  
I SØR-TRØNDELAG

Avdeling for helse- og sosialfag  
Avdeling for lærerutdanning og tegnspråk  
Avdeling for teknologi  
Avdeling for informatikk og e-læring  
utgir:

### HiST-rapport

- avhandlinger
- monografier
- prosjektrapporter

### HiST-notat

- artikler
- foredrag, konferanseinnlegg
- notater, delrapporter

Avdeling for økonomisk-administrativ utdanning  
utgir:

### TØH-serien

Formålet med skriftseriene er å

- stimulere den enkelte til å publisere og dokumentere sitt faglige arbeid
- profilere høgskolens faglige/vitenskapelige arbeid
- dokumentere den faglige/vitenskapelige aktivitet overfor interne og eksterne instanser

*Skriftseriene kan bestilles hos de avdelinger som utgir seriene.  
Høgskolen i Sør-Trøndelag, 7004 Trondheim • Telefon 73 55 90 00*