

Självständiga laborationer i reglerteknik

Martin Enqvist, Peter Rosander och Daniel Petersson

Sammanfattning—Vid ämnesområdet reglerteknik vid Linköpings universitet ges sedan cirka tio år ett antal laborationer i en mer självständig form än vad som traditionellt har varit fallet inom civilingenjörsutbildningen. Dessa självständiga laborationer kännetecknas av ett lärarlett introduktionstillfälle följt av en veckas arbete på egen hand för studenterna och därefter någon typ av redovisning eller skriftlig examination. I detta konferensbidrag beskrivs upplägget på dessa laborationer samt erfarenheter från några omgångar av kursen Industriell reglerteknik. Sammanfattningsvis kan man säga att resultatet av det självständiga laborationsupplägget har varit gott. Bland annat verkar de flesta studenterna uppskatta att det blir mindre stressigt att hinna med laborationsuppgifterna. Det verkar även vara så att studenterna lägger ner mer tid på laborationerna med detta upplägg, vilket förhoppningsvis gör att de lär sig mer. En fördel för de inblandade lärarna är att det blir färre undervisningstimmar totalt och i synnerhet färre som måste schemaläggas kvällstid.

INLEDNING

LABORATIONER är ett viktigt inslag i teknisk utbildning eftersom de ger en naturlig möjlighet att ta upp de praktiska inslag som finns i ingenjörsyrket och träna studenterna inför sin framtida yrkesroll. Syftet kan också vara att illustrera teoretiska resultat och metoder. Laborationer är dock en relativt dyr undervisningsform, både med tanke på de lärar- och personalresurser som krävs och den utrustning som studenterna ska använda. Det är därför viktigt att laborationer är pedagogiskt och kostnadsmässigt effektiva. Denna artikel handlar om *självständiga laborationer*, som är ett sätt att åstadkomma detta.

KONCEPTET SJÄLVSTÄNDIGA LABORATIONER

För att kunna prata om självständiga laborationer i denna artikel börjar vi med att definiera vad vi menar med begreppet. De självständiga laborationer som beskrivs här kännetecknas av ett lärarlett introduktionstillfälle följt av cirka en veckas arbete på egen hand för studenterna och därefter någon typ av redovisning eller skriftlig examination. Laborationssalen och utrustningen finns tillgänglig dygnet runt för att studenterna ska kunna planera det självständiga arbetet som de finner lämpligast och det finns även möjlighet att få hjälp av en lärare vid ett antal inplanerade resurstillfällen. Syftet med detta laborationsupplägg är att minska tidspressen och den styrda inläringen som är vanlig vid mer traditionella laborationer och att uppmuntra till ett djupare lärande och ökad kreativitet.

I kursen Industriell reglerteknik, som ges för civilingenjörsstudenter som går sitt fjärde år, ingår tre stycken laborationer. Dessa är sedan några år upplagda på detta självständiga sätt.

Alla författarna arbetar på Avdelningen för reglerteknik på Institutionen för systemteknik vid Linköpings universitet. E-post: {maren,rosander,petersson}@isy.liu.se

Två av dem är hårdvarulaborationer där studenterna har fri tillgång till laborationsprocesserna för att kunna lösa uppgifterna på egen hand medan den tredje laborationen kan lösas enbart med datorsimuleringar.

Den första laborationen har titeln *Styrning av legofabrik*. Syftet med denna laboration är att programmera en legobilsfabrik (göra ett styrprogram) så att den automatiskt bygger legobilar. Laborationen utförs i grupper om två studenter. Målen för laborationen är beskrivna i form av en kravspecifikation, som finns i laborationskompendiet, med krav som måste uppfyllas för att bli godkänd. I laborationskompendiet finns även en beskrivning av hur utrustningen används, samt några förberedande uppgifter för att hjälpa studenterna att komma igång. Laborationen börjar med ett introduktionstillfälle på två timmar då laborationshandledaren förklarar hur utrustningen fungerar samt finns till hands för studenterna när de börjar. Därefter har studenterna själva cirka en vecka på sig att utföra laborationen.

Laborationssalen finns, som sagt, till förfogande hela dygnet alla dagar i veckan och studenterna bokar själva de tider när de vill arbeta i en kalender. Ifall något skulle gå sönder eller studenterna behöver hjälp så finns det ett webbaserat fråge- och felanmälningsformulär där studenterna kan få kontakt med laborationsassistenten. Om studenterna har frågor som inte går att besvara via mejl eller vill diskutera något så finns det schemalagda resurstillfällen.

Vid examinationstillfället kontrollerar laborationshandledaren att studenternas program uppfyller kravspecifikationen genom att studenterna demonstrerar när en legobil byggs. I examinationen ingår även ett moment där två grupper byter plats och implementerar *ett* fel i varandras kod och sedan byter tillbaka till sin egen station igen. Detta görs för att grupperna även ska få se en annan grupps kod, och inse att det finns många möjliga lösningar, samt för att kontrollera att studenterna är väl förtrogna med sin egen kod och kan hitta felet. Det ingår också ett moment där studenterna förklarar sin kod och tankarna bakom den för laborationsassistenten.

Den andra laborationen har titeln *Inställning och implementering av PID-regulatorer med framkoppling*. Syftet med denna laborationen är att studenterna ska implementera och ställa in en regulator ”på riktigt”, och därmed ställas inför en del av de praktiska problem som man kanske inte har tänkt på när teorin behandlades. Denna laboration är i utförandet uppbyggd på samma sätt som den förra. Den börjar med ett introduktionstillfälle på två timmar där laborationsprocesserna presenteras och studenterna får bekanta sig med dem och laborationshandledaren finns tillgänglig för att svara på frågor. Även i denna laboration har studenterna ungefär en vecka på sig att göra laborationen och fri tillgång till laborationssalen. Det finns dock inget fråge- eller felanmälningsformulär till denna laboration, men självklart schemalagda resurstillfällen

då studenterna kan ställa frågor. Skillnaden i denna laboration ligger, förutom i innehållet, i examinationen. Denna laboration examineras genom att fyra laborationsgrupper om två studenter där alla grupper haft varsin process att styra träffas och presenterar sin lösning för de andra grupperna och vad som är speciellt för just deras process. Lösningen ska även uppfylla den givna kravspecifikationen för att bli godkänd. De andra grupperna får ställa frågor och laborationshandledaren finns där som en diskussionsledare och ställer frågor samt försöker hålla igång diskussionen.

Den tredje och sista laborationen har titeln *Modellbaserad prediktionsreglering av destillationskolonn*. Den skiljer sig på några punkter från de andra laborationerna. Den startar dock som de två första med ett introduktionstillfälle på två timmar. Denna laboration kan man klassificera som en lite mer *torr* laboration då studenterna endast simulerar sitt resultat och ej har tillgång till en fysisk laborationsprocess. Laborationen utförs precis som de förra i grupper om två studenter. Studenterna får även denna gång cirka en vecka på sig att slutföra laborationen. Skillnaden gentemot övriga laborationer är att examinationen sker genom en skriftlig rapport. I laborationskompendiet finns det specificerat vilka frågor som ska besvaras i rapporten. Denna laboration kan man klassa som den, av de tre, som är minst självständig i den mening att det inte är en kravspecifikation som ska uppfyllas utan laborationskompendiet är mer detaljerat i sin beskrivning av hur laborationen ska genomföras. Det lämnas dock en hel del frihet för studenterna att välja exakt hur de löser problemen. I denna laboration finns det bara två schemalagda resurstillfällen. Detta har dock fungerat bra, vilket antagligen beror på att denna laboration är mer torr än de andra.

I de två första laborationerna beskrivna ovan ingår det även moment som kan beskrivas som *peer-reviewing*, alltså moment där studenterna själva granskar och utvärderar varandras material och ger återkoppling. I den första laborationen sker detta då studenterna granskar varandras kod och får tips och idéer på alternativa lösningar och i den andra laborationen sker det då presentationen av laborationen genomförs i ett diskussionsforum. Detta är ett kursmoment som har visat sig vara nyttigt och givande för studenterna och som, i olika former, även används i andra reglertekniska kurser vid Linköpings universitet [1].

TEKNISKA HJÄLPMEDEL

Ett viktigt syfte som laborationer fyller är att koppla utbildningen till en framtida yrkesroll [2]. En viktig aspekt för att uppnå detta är att använda industriell mjuk- och hårdvara vid genomförandet av laborationerna. I legolaborationen används programmet CODESYS samt PLC:er från ABB för att styra fabrikerna medan MATLAB används för att designa och implementera regulatorer i de andra två laborationerna. Vid implementeringen av PID-regulatorn används också REAL-TIME WORKSHOP och xPC-target för att automatgenerera exekverbara filer.

Förutom att ge relevans åt laborationerna finns det också stöd i litteraturen för att användning av datorhjälpmedel (som till exempel MATLAB) har positiva effekter på inlärningen av och förståelsen för matematik [3]. Då reglerteknik i grunden är

ett relativt matematiskt ämne är det rimligt att anta att liknande effekter kan uppstå även här.

STUDENTERFARENHETER

Kursen Industriell reglerteknik är en vidareutveckling av en tidigare kurs, Digital styrning, i vilken två av de tre laborationerna inte hade samma grad av självständighet som i dagens kurs. Om man jämför kursvärderingen för Digital styrning från 2007 med de för Industriell reglerteknik för åren 2008-2011 ser man att medelvärdet av svaren på frågan "Laborationerna var givande och bidrog till min förståelse av ämnet" har ändrats över tiden. Skalan är sådan att 5 betyder att man instämmer helt och 1 att man inte alls instämmer i påståendet. År 2007 var medelvärdet 4.09 på denna fråga för Digital styrning och 2008-2011 var det 4.41, 4.47, 4.45 respektive 4.58 för Industriell reglerteknik. Under dessa år har graden av självständighet ökat ett par gånger, dels en större förändring inför 2008 års kurs och dels en mindre inför 2010 års kurs.

I kursvärderingen 2011 fanns det även en fråga "Jag tycker att laborationsupplägget i denna kurs (med intro- och redovisningstillfällen och mycket självständigt arbete däremellan) gör att laborationerna blir mer givande än med ett traditionellt upplägg". Av de 26 studenter som besvarade frågan satte 13 stycken en 5:a, 9 stycken en 4:a, 3 stycken en 3:a och en student en 1:a.

I kursvärderingarna finns det även möjlighet för studenterna att lämna fritextsvar. År 2007 skrev flera av studenterna att den tredje laborationen, som var av en traditionell typ, var för lätt och för tillrättalagd och att den därför inte gav så mycket ökad förståelse för ämnet.

Ur ett ämnesmässigt perspektiv har alla laborationernas innehåll växt under de aktuella åren. Kravspecifikationerna i de två första laborationerna har utökats så att fler kursmoment numera examineras på dessa laborationer. Likaså har nivån på de tredje laborationen ökat så att denna laboration nu tar upp implementering (programmering) av modellbaserade prediktionsregulatorer istället för att som tidigare bara handla om hur sådana regulatorer kan användas och ställas in.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att det verkar som om studenterna som fyller i kursvärderingen är mer nöjda med dagens självständiga laborationsupplägg än med det tidigare mindre självständiga upplägget, trots att laborationerna samtidigt har blivit mer krävande. Eftersom studenterna klarar laborationerna i samma grad som tidigare verkar det därför som om de lägger mer tid på dem med dagens upplägg eller att upplägget gör att de lär sig effektivare.

LÄRARERFARENHETER

Lärar erfarenheterna av självständiga laborationer är huvudsakligen positiva. Bland annat leder det faktum att studenterna gör det mesta av laborationsarbetet på egen hand till att de oftast inte har en assistent tillgänglig ifall de fastnar på något moment. I sådana situationer har studenterna normalt två alternativ, antingen att försöka hitta en lösning på egen hand eller att spara problemet till ett resurstillfälle där en assistent finns tillgänglig. Båda dessa alternativ leder typiskt till att de frågor som man som lärare kan få är mer genomtänkta och

reflekterande än de som man vanligen får under traditionella laborationer. Den tidspress som ofta finns vid traditionella laborationer gör att studenterna där ibland ställer ganska grundläggande frågor till assistenten för att snabbt kunna gå vidare med uppgifterna. Vid självständiga laborationer är tidspressen lägre och studenterna känner därför troligen inte samma behov av att snabbt komma fram till en lösning. Det finns också tid för assistenten att ge mer utförliga svar på de frågor som ställs.

Vad det gäller kursekonomin har inte självständiga laborationer någon uppenbar nackdel jämfört med traditionella laborationer. I kursen Industriell reglerteknik har antalet schemalagda lärartimmar för laborationerna snarare minskat än ökat efter införandet av självständiga laborationer. Studenterna får dessutom tillbringa klart fler timmar med laborationsutrustningen så utnyttjandegraden för de ofta ganska dyra laborationsprocesserna ökar därmed.

Ur ett schemaläggningsperspektiv är det självständiga laborationsupplägget också gynnsamt eftersom det gör att färre laborationer behöver schemaläggas på kvällar.

DISKUSSION

Laborationer ses ofta som ett självklart inslag i teknisk och naturvetenskaplig utbildning, men det hindrar inte att det har riktats en del kritik mot deras utformning. Mycket av kritiken handlar om att de alltför sällan är upplagda så att de på ett genomtänkt sätt stöder studenternas lärande [2]. I modern forskning kring undervisning och lärande betonas det ofta att det är önskvärt om studenter tillämpar *djuplärande* istället för *yllärande* och att ett av undervisningens viktigaste syften är just att möjliggöra detta djupare lärande [4].

I [4] nämns ett antal faktorer som kännetecknar bra undervisning och som uppmuntrar ett djuplärande. Ett par av dessa faktorer går ut på att man bör göra kursmaterialet så stimulerande som möjligt, att man bör uppmuntra studenternas självständighet och att examinationen bör vara sådan att den ger maximal återkoppling till studenterna. Att självständiga laborationer uppmuntrar studenter till eget arbete och tänkande mer än traditionella laborationer verkar vara ganska uppenbart. Att själv planera laborationens utförande bör rimligtvis upplevas som mer stimulerande än att få ett färdigt formulär där man ska fylla i uppmätta siffervärden på streckade rader. Vad det gäller faktorerna självständighet och stimulering verkar därför självständiga laborationer ha goda möjligheter att förbättra studenternas lärande.

Som nämndes ovan består examinationen av legolaborationen både av en demonstration och en felsökning. Eftersom en felsökning av ett styrprogram testar en persons förståelse av programmet uppmuntrar den helt klart ett djupt lärande. Man skulle dock kunna vara tydligare med att det finns alternativa lösningar på laborationen, till exempel genom att studenterna i samband med demonstrationen av programmet får förklara för en annan grupp hur de har löst några centrala problem.

En viktig förutsättning för att studenterna ska uppnå ett bra lärande vid ett undervisningsmoment är att kraven som ställs är lagom höga och att arbetsbelastningen hålls på en rimlig nivå [4]. Ett viktigt inslag i den kritik som framförts mot

laborationer är just att det ofta ställs över- eller underkrav. Det kan därför vara befogat att fråga sig hur det är med laborationerna i Industriell reglerteknik. Vad det gäller dessa tyder erfarenheterna från de senaste åren på att kraven är på en ganska lagom nivå. Trots att studenterna arbetar självständigt med industriell programvara så lyckas de allra flesta slutföra laborationerna på den utsatta tiden. En annan fördel med självständiga laborationer är att laborationen löper över en längre tid. Därmed minskar stressen att hinna slutföra laborationsuppgiften som brukar uppkomma i slutet av traditionella laborationer. Detta scenario kan självklart även uppkomma under självständiga laborationer om man skjuter upp allt arbete till dagen innan redovisning. Här tjänar introduktionstillfället ett viktigt syfte i att se till att alla laborationsgrupper åtminstone kommer igång med lösandet av uppgiften.

I [5] beskrivs en studie utförd vid Umeås universitet, där det undersöks om en laboration som utförs enligt traditionellt *kokboksförfarande* ger ett annat resultat än om laborationen utförs som en fri laboration. I deras undersökning, som involverade totalt 190 studenter i en kemikurs, jämfördes tre stycken laborationsformer: en traditionell laboration, en fri laboration där studenterna får några frågor och laborationssalen står till deras förfogande för att hitta svar på frågorna samt den sista formen som är en lite mera kontrollerad fri laboration där det bland annat ingår en avstämning halvvägs genom laborationen för att se hur det går. Den sista formen är den som är mest lik den form som beskrivs här och som används i kursen Industriell reglerteknik.

I artikeln nämns att alla studenter som genomförde någon av de fria laborationerna enkelt kunde beskriva vilka experiment de hade utfört och hur. Däremot kunde endast hälften av de studenter som utfört den mer styrda laborationen beskriva vad de hade gjort. Detta återspeglades även i de frågor studenterna ställde. De studenter som utförde de friare laborationerna hade högre frekvens av reflekterande frågor än de andra. Detta är även något som laborationsassistenterna i kursen Industriell reglerteknik har lagt märke till.

Slutsatsen de kommer fram till i artikeln är att den fria versionen av laborationen gav aktivare studenter som bättre förstår vad och varför de gör experimenten. En annan intressant slutsats de kommer fram till i artikeln är att när de jämför den helt fria laborationen med den fria laborationen där det även ingår hjälp med planering samt avstämning halvvägs genom laborationen, så märkte de att denna arbetsform gav ännu mer för studenterna. Speciellt gällde det för de studenter som hade problem med planering och behövde återkoppling under laborationen. Många av de slutsatser som presenteras i [5] har även observerats av laborationsassistenterna i kursen Industriell reglerteknik och motiverar än mer formen självständiga laborationer. Ett sätt att öka återkopplingen under utförandet av laborationerna vore att införa det webbaserade fråge- och felanmälningsformulär som används i legolaborationen även i de andra två laborationerna.

SLUTSATSER

Slutsatsen som man kan dra från de erfarenheter och den diskussion som presenterats här är att självständiga laborationer med tydligt definierade mål verkar ha en viktig funktion

att fylla. Självständiga laborationer verkar i högre grad än vanliga laborationer gynna ett djupt lärande samt stimulera studenternas kreativitet.

REFERENSER

- [1] C. Lundquist, M. Skoglund, K. Granström, och T. Glad, "How peer-review affect student learning," *3:e utvecklingskonferensen för Sveriges ingenjörsutbildningar*, 2011.
- [2] H. Hult, "Laborationen - myt och verklighet," Rapport nr. 6, Centrum för universitetspedagogik, Linköpings universitet, 2000.
- [3] R. Pierce och K. Stacey, "Observations on students' responses to learning in a CAS environment," *Mathematics Education Research Journal*, vol. 13, nr. 1, 2001.
- [4] P. Ramsden, *Learning to Teach in Higher Education*. London: Routledge, 1992.
- [5] C. A. R. Berg, V. C. B. Bergendahl, och B. K. S. Lundberg, "Benefiting from an open-ended experiment? A comparison of attitudes to, and outcomes of, an expository versus an open-inquiry version of the same experiment," *International Journal of Science Education*, vol. 25, nr. 3, sid. 351–372, 2003.