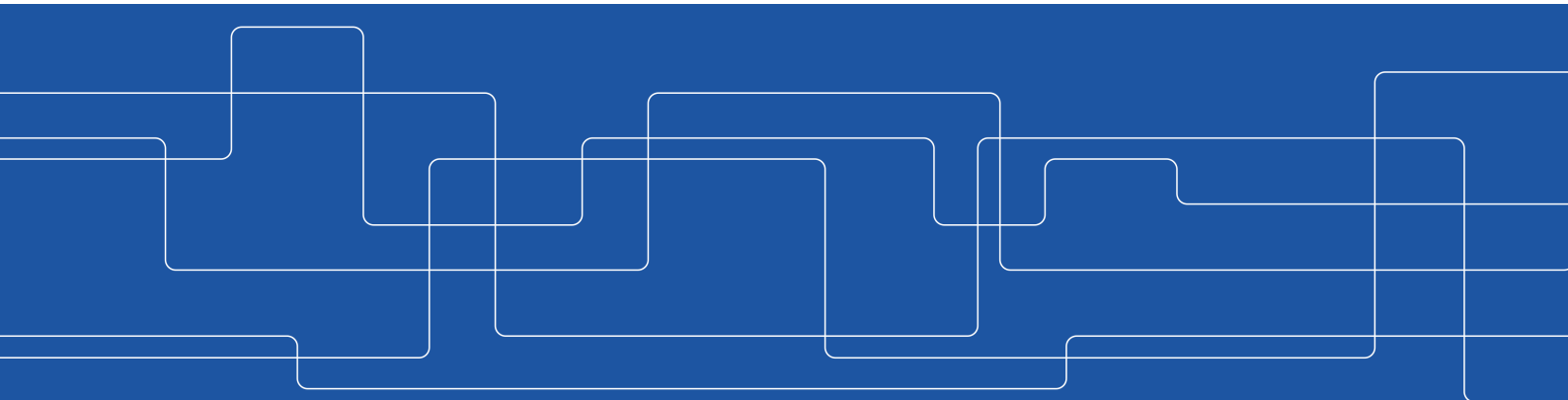




Civilingenjörsprogram i
TEKNISK MATEMATIK
2016

Skolan för teknikvetenskap

2 mars 2015



Innehåll

1	Generella uppgifter	2
1.1	Skolans motivering: vad tillför programmet KTH?	2
1.1.1	Programmets profil	2
1.1.2	Teknikområdet Teknisk matematik	3
1.1.3	Teknisk matematik stärker KTH	3
1.1.4	Utformningen av programmet	5
1.2	Programnamn	11
1.3	Programtyp och omfattning	11
1.4	Studerandemålgrupp	11
1.5	Behörighetskrav	11
1.6	Urval	11
1.7	Studieform	11
1.8	Undervisningsspråk	11
1.9	Planerat studerandeantal	14
1.10	Lärarkapacitet	14
1.11	Arbetsmarknad	15
1.12	Övergripande program mål	18
1.13	Kortfattad beskrivning av programinnehåll med uppgift om kursgivande enheter	19
1.14	Yttranden från andra kursgivande skolor än programskolan	21
1.15	Kurslista	22
1.16	Uppfyllande av nationella mål	26
1.17	Förhållande till andra program på KTH	29
1.18	Studerandeutbyte	32
2	Programspecifika uppgifter	33
2.1	Uppfyllande av lokala examensföreskriftens krav för kandidatexamen	33
2.2	Uppfyllande av lokala examensföreskriftens krav för civilingenjörsexamen	33
2.3	Mappade masterprogram	33
2.4	Behövs det nyutveckling av masterprogram?	34
A	Förslag till läro- och timplan	35
B	Förkunskapskrav och progression	38
C	Mer statistik	39
D	Medverkande	42
	Referenser	43
E	Handlingsprogram utifrån ett genusperspektiv	45

Figurer

1	Antalet förstahandssökande på några program på KTH, CTH och LTH	12
2	Andelen kvinnor på några program på KTH, CTH och LTH	13
3	Andel högskolepoäng per ämnesområde och årskurs i Teknisk matematik	19
4	Jämförelse av ämnesinnehåll mellan några program på KTH, CTH och LTH	29
5	Antalet förstahandssökande på TM+TF på KTH, CTH och LTH	30

6	YouGov: Program och områden som känns intressanta för unga kvinnor	39
7	Antalet förstahandssökande per plats på några program på KTH, CTH och LTH	40

Tabeller

1	Antal högskolepoäng per ämnesområde och årskurs i Teknisk matematik	19
2	Antalet förstahandssökande på några program på KTH, CTH och LTH	39
3	Antagningspoäng på några program på KTH, CTH och LTH	41

1 Generella uppgifter

1.1 Skolans motivering: vad tillför programmet KTH?

Men hjälp av avancerad matematik och högpresterande datorer kan man idag göra realistiska simuleringar av komplexa system in i minsta detalj. Exempelen är många och går att finna både inom traditionella områden som industri och teknik, och nyare områden som bioinformatik, bildbehandling och IT. Hög matematisk kompetens krävs även för att analysera och visualisera stora datamängder.

1.1.1 Programmets profil

Teknisk matematik är ett attraktivt program skapat för att möta samhällets nuvarande och framtida behov av civilingenjörer med kvalificerade kunskaper i matematik, matematisk modellering, datalogi och simuleringsteknik. Programmet har en tydlig profil mot modern ingenjörsmatematik (analysera, modellera, simulera) som idag ses som ett av de mest kraftfulla verktyg som finns för att besvara olika frågeställningar inom naturvetenskap, samhälle och teknik. Att arbeta med hela kedjan, från ett givet problem och en matematisk modell via simuleringar och beräkningar med effektiva datoralgoritmer till resultat, visualisering och utvärdering, kommer att ligga som en röd tråd genom hela utbildningen.

På Teknisk matematik kommer studenterna att läsa betydligt mer matematik än på andra civilingenjörsprogram på KTH. Förutom den traditionella matematiken så kommer en stor tonvikt att ligga på matematisk modellering och hur man med generella matematiska teorier och modeller kan beskriva en rad olika förlopp både inom klassiska områden som fysik och mekanik och inom områden som exempelvis bild- och signalbehandling och modern kryptering. Att arbeta med modellering från ett generellt matematiskt perspektiv snarare än utgående från en specifik tillämpning är unikt för programmet (i jämförelse med andra program på KTH) och efter utbildningen kommer en civilingenjör i Teknisk matematik att ha en områdesoberoende djup och flexibel kunskap inom matematiskt modellbygge samt ha en stor förståelse för matematikens roll i tekniska system.

En annan viktig del av programinnehållet i Teknisk matematik är simuleringsteknik. Inom många branscher är simuleringar ett oundgängligt verktyg i utvecklingsarbetet som ersättning för, eller som komplement till, fysiska experiment. Att använda datorer och simuleringsteknik, för att studera och få en förståelse för komplexa system, kommer att spela en central roll i programmet. Numeriska metoder liksom programmering och datalogi introduceras tidigt och finns med under hela utbildningens gång. För att tydliggöra att simuleringsteknik är ett viktigt komplement till den klassiska matematiken är numerisk analys integrerad i några av de grundläggande matematikkurserna.

Integrationen av numerisk analys och simuleringsteknik med grundläggande matematik utgör en viktig komponent i modern ingenjörsmatematik. Med hjälp av simuleringsteknik kan man komma lite längre än med de traditionella analytiska metoderna vilket öppnar upp möjligheter att direkt se kopplingar mellan matematik och olika tillämpningar. Dessutom är användningen av datorer och programvara i undervisningen ett mycket bra pedagogiskt hjälpmedel för att exempelvis visualisera och studera abstrakta begrepp och teorier.

Idag är det även viktigt att ha förmågan att kunna utnyttja moderna datorers fulla kapacitet genom att skriva och använda effektiva algoritmer och datastrukturer. Denna förmåga kommer studenterna att träna upp i de programmerings- och datalogikurser som programmet ger.

En annan aspekt som genomsyrar programmet är kommunikation och förmågan att förmedla matematik både skriftligt och muntligt.

Programmet kommer att erbjuda en stor valfrihet. Drygt 30 hp kommer att vara valfria under år två och tre. Här kan studenterna välja att läsa mer matematik eller bredda sig mot någon tillämpning. Den stora andelen valfria poäng gör även att det passar bra med en utbytetermin på ett annat lärosäte. Efter tre år väljer studenterna ett tvåårigt masterprogram inom huvudsakligen matematik och datalogi, se avsnitt 2.3.

Sammantaget ser vi en civilingenjör från Teknisk matematik i en modern ingenjörssroll som problemlösare. Med ett starkt matematiskt självförtroende och en förmåga att se kopplingen mellan matematik och hur den kan användas för att lösa ett givet problem tillsammans med kunskapen om effektiva simuleringsalgoritmer kommer en civilingenjör i Teknisk matematik vara väl rustad för att hantera framtidens utmaningar inom många olika teknikområden.

1.1.2 Teknikområdet Teknisk matematik

Definition av teknikområdet Teknisk matematik syftar till att utveckla och att skapa grundläggande förståelse för matematiska teorier, metoder och modeller som ligger till grund för teknisk utveckling.

Jämför definitionen av huvudområdet Teknisk fysik: "Teknisk fysik syftar till att skapa grundläggande förståelse för de fysikaliska fenomen och processer som ligger till grund för teknisk utveckling." (VR, 2010)

Beskrivning av teknikområdet Teknisk matematik handlar om att använda matematiska teorier, metoder och modeller för att föra teknikutvecklingen framåt. Förutsättningarna ligger i ett välutvecklat teori- och metodbygge baserat på såväl inomvetenskaplig som tillämpningsnära forskning och utveckling. Den generella karaktären hos matematikämnet gör det möjligt att använda samma matematiska grund till att lösa problem inom många olika tillämpningsområden. Likaså kan lösningar som tagits fram i nära anslutning till en tillämpning via generalisering och abstraktion komma till användning i helt andra tillämpningar. Simulering gör det möjligt att genomföra virtuella experiment som skulle varit omöjliga att genomföra i verkligheten.

1.1.3 Teknisk matematik stärker KTH

Vi anser att Teknisk matematik är ett strategiskt viktigt program för KTH. Detta baserar vi bland annat på följande punkter.

- **Arbetsmarknad:** Teknisk matematik är en attraktiv utbildning med bred arbetsmarknad där kompetensen efterfrågas (se 1.11).
- **Etablerad:** Teknisk matematik är en etablerad civilingenjörsutbildning i Sverige som startade i Lund 2002 och på Chalmers 2008 men saknas på KTH.
- **Rekrytering:** Vi förväntar oss ett högt söktryck med hög andel kvinnliga sökanden och att utbildningen dessutom attraherar nya studentgrupper som idag väljer bort KTH (se nedan).
- **Masterprogram:** Masterprogrammen i matematik har mycket hög kvalitet enligt Universitetskanslersämbetets undersökning 2012. Teknisk matematik blir en naturlig ingång till dessa (se UKÄ nedan).
- **Lärarkompetens:** Matematikinstitutionen är en stark utbildnings- och forskningsmiljö med stora resurser för utveckling av utbildningen på flera nivåer (se RAE nedan).

Förväntat söktryck och könsfördelning

I Figur 1 och 7 samt i Tabell 2 visas hur antalet förstahandssökande på ett antal utvalda civilingenjörsprogram, som ligger nära Teknisk matematik, på KTH, CTH och LTH varierat från år 2001 till år 2014. Eventuella farhågor att ett civilingenjörsprogram i Teknisk matematik på KTH kommer att påverka de närliggande programmen negativt går inte att utläsa från statistiken, t ex så varierar söktrycket till Datateknik och Elektroteknik på liknande sätt på alla tre lärosäten. Statistiken indikerar att det är helt nya studentgrupper som söker till teknisk matematik. Intervjuer med studenter från Teknisk matematik vid LTH och CTH bekräftar detta.

Andelen kvinnor som antas till Teknisk matematik på CTH och LTH ligger oftast minst 10%-enheter över andelen kvinnor för Teknisk fysik, se Figur 2, och detsamma har gällt för KTH:s kandidatprogram i Simuleringsteknik och virtuell design. Även om det kan antas att ett civilingenjörsprogram i Teknisk matematik på KTH också skulle attrahera kvinnor i lika hög andel som motsvarande program på CTH och LTH, så har en handlingsplan för att utforma programmet också utifrån ett genusperspektiv, tagits fram för denna ansökan, se bilaga E.

Masterprogrammen håller mycket hög kvalitet

Vid UKÄ:s kvalitetsutvärdering av utbildningarna inom matematik fick KTH:s masterutbildning inom matematik omdömet *mycket hög kvalitet* med avseende på fem av de sex utvärderade målen. Detta var det bästa resultat som erhöles på någon av de utvärderade utbildningarna och det placerar inte bara KTH i topp när det gäller utbildning inom matematik i Sverige, utan också matematik främst när det gäller de utvärderade masterutbildningarna på KTH. Följande citat ger ett exempel på bedömarens motivering [1].

”**Motivering:** Ett urval om sexton självständiga arbeten har granskats. En stor majoritet av uppsatserna visar på mycket hög måluppfyllelse både vad gäller brett kunskande och fördjupade kunskaper inom vissa delar av området. En övervägande majoritet av uppsatserna visar även på mycket hög måluppfyllelse när det gäller fördjupad insikt i aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete med aktuella referenslistor och hänvisningar till nyligen publicerade forskningsarbeten. Bilden av den mycket höga måluppfyllelsen bekräftas av självvärderingen och intervjun. I självvärderingen framkommer också att både bredd och djup säkras vilket bekräftades och förstärktes under intervjun. Sammantaget bedöms måluppfyllelsen vara mycket hög.

UKÄ

Att komplettera den framstående masterutbildningen i matematik med en kandidatdel som leder till civilingenjörsexamen förefaller som en naturlig strategi från KTH:s sida när det gäller att ytterligare stärka kvaliteten inom civilingenjörsutbildningen.

RAE utvärderingen

Vid KTH:s genomgripande utvärdering av forskningen, RAE2012, framkom att forskningen inom matematik på KTH håller mycket hög nivå. Panelen skriver bland annat följande i sin rapport [2].

”This is an exceptionally strong unit, which is among the best of the comparable mathematics programmes in the world. Research is of high quality, and graduate education is top notch. Members of the unit are innovative in their use of mathematics with applications in industry and society. The leaders in each research area are young and dynamic and provide an excellent research environment. Every research group within this UoA produces world-class, highly original research, and several individuals are world

leaders in their fields. The entire panel was deeply impressed by several of the recent results, which are having a great impact in their respective fields.

RAE panel

I sina diskussioner med institutionsledningen och i en preliminär version av sin rapport uttryckte panelen också sin förvåning över att KTH inte har en matematikutbildning när det finns en så stark forskningsmiljö och utbildningspotential. Det är viktigt för KTH att bygga vidare på sina starka sidor och att ha en civilingenjörsutbildning i teknisk matematik är ett sätt att utnyttja den potential som finns inom institutionen för matematik på ett kraftfullt sätt.

Internationellt perspektiv

Internationellt kan man hitta ett brett spektrum av utbildningar som bygger på den kraftfulla kombinationen av ämnen matematik–datorer/simulering–teknik/industri. Det föreslagna civilingenjörsprogrammet Teknisk matematik ansluter till väl etablerade utbildningstraditioner och de utexaminerade ingenjörerna kommer att ha en internationellt välkänd och attraktiv utbildningsprofil. Dock används inte alltid namnet ”Teknisk matematik”/”Engineering Mathematics” för utbildningar av detta slag.

Vi ger här några kommentarer om utbildningar vid DTU, ETH, Imperial College och TU Eindhoven. De liknar alla den föreslagna utbildningen i Teknisk matematik och vid planeringen av detta förslag har vi tagit intryck av dessa speciellt intressanta förebilder.

Utbildningen ”Matematik og teknologi” vid DTU i Köpenhamn är en bachelorutbildning som ger civilingenjörsexamen efter något av ett antal olika masterprogram. Huvudspåret på masternivå är ett masterprogram i matematisk modellering och beräkningskunskap. Utmärkande för utbildningen på DTU är den stora valfriheten för studenterna. Redan i årskurs 2–3 kan studenterna utforma utbildningen efter sin egna intressen.

Vid ETH i Zürich finns två parallella bachelorprogram i matematik respektive beräkningsmatematik, som båda leder fram till masterprogram i tillämpad matematik, beräkningsvetenskap, statistik och finansmatematik. Strukturen och innehållet i dessa program liknar det föreslagna programmet Teknisk matematik, vilket bör gynna utbytet av studenter.

Imperial College i London har bachelor och masterutbildningar i ”Mathematics and Computer Science” med specialiseringar i bland annat matematik och beräkningslogik, eller beräkningsstatistik. En styrka här är samarbetet mellan institutionerna för matematik och datavetenskap.

Utbildningen ”Industrial and Applied Mathematics” vid TU Eindhoven består av breda grundkurser i tillämpad matematik, tillsammans med övning i matematisk modellering och kommunikation. Det som utmärker utbildningen är den starka kopplingen till industri och näringsliv. Genom hela utbildningen ges projektuppgifter som är utformade i samarbete med partners från industrin.

1.1.4 Utformningen av programmet

Programmål och kursinnehåll behandlas under 1.12–1.16. Nedan beskriver vi tre andra viktiga aspekter av utbildningens genomförande: pedagogiskt utvecklingsarbete, näringslivssamverkan och kvalitetsarbete.

Programanpassning och utvecklingsarbete inom matematik

En stor andel av kurserna i programmet finns inom Skolan för teknikvetenskap och framförallt inom Institutionen för matematik. Detta ger stora möjligheter för samarbete och samordning mellan kurser och pedagogiskt utvecklingsarbete. Programmet aktualiserar också utveckling av befintliga kurser som kommer att ingå i programmet.

För att ge en bild av vilken omfattning och bredd det pedagogiska utvecklingsarbetet har get vi här en kort beskrivning av en rad olika utvecklingsprojekt som pågår och som kommer att vara till nytta vid utvecklingen av Teknisk matematik.

Integration av matematik och numerisk analys (CFATE/TSVDK) Kombinerade kurser i matematik och numerisk analys för Farkostteknik och Simuleringsteknik: SF1666/67 Tillämpad linjär algebra, SF1668 Matematisk och numerisk analys I och SF1669 Matematisk och numerisk analys II; har under ett antal år utvecklats av ett lärarlag bestående av lärare från avdelningarna för matematik och numerisk analys. En viktig ingrediens i Teknisk matematik är en fortsättning av detta utvecklingsarbete.

Numeriska metoder (CTKEM) Kursen SF1520 Numeriska metoder och grundläggande programmering har under 2014 utvecklats för Teknisk kemi i nära samarbete med de ansvariga för kurserna KD1080 Kemisk dynamik och KE1170 Transportprocesser, så att studenterna direkt tillämpar de numeriska metoderna för att lösa system inom sitt område.

Samarbetet mellan kurserna i numeriska metoder och kemi ser vi som en mall för gemensam kursutveckling för flera kurser på programmet i Teknisk matematik, t ex kursen i miljömodellering, där det måste bli tydligt hur simuleringar, statistik och sannolikhetsanalyser kan användas inom miljöområdet.

Statistik och sannolikhetslära (CSAMH) Kursen SF1901 Statistik och sannolikhetslära har utvecklats i nära samarbete med programansvarig på Samhällsbyggnadsteknik så att de data som analyseras känns relevanta för studenterna på programmet.

Differentialekvationer (CFATE) Kursen SF1635 Differentialekvationer II för Farkostteknik har i flera omgångar utvecklats för att studenterna ska tillämpa sina kunskaper på problemställningar aktuella för sitt område, t ex strukturoptimering och instabiliteter i roterande system.

Flipped Classroom Under 2014 har korta videofilmer som stödjer studenternas lärande inför föreläsningar och övningar skapats inom kurserna SF1625 Envariabelanalys och SF1626 Flervariabelanalys.

Peer Instruction Efter att Fredrik Lundell visat på möjligheterna med Peer Instruction i grundläggande mekanik har Lars Filipsson och flera andra lärare använt Peer Instruction-pedagogik, bland annat i SF1624 Algebra och geometri, SF1625 Envariabelanalys och SF1626 Flervariabelanalys. Det finns mycket som pekar på att detta kommer att kunna utvecklas och användas i större omfattning i matematikkurserna i fortsättningen.

Vidareutbildning Våren 2014 höll tre matematiklärare en lärarkurs om undervisning av matematik på svenska för matematikinstitutionens lärare och doktorander. Skolans pedagogiska utvecklare inom matematik använder korta inspelade filmer för erfarenhetsutbyte mellan övningsassistenter (eftersom de undervisar samtidigt och därmed inte kan auskultera på varandras övningar).

Kursutvärdering Kursutvärderingsenkäten, Learning Experience Questionnaire (LEQ) används på flera kurser däribland alla kurser i numerisk analys där en av de pedagogiska utvecklarna på Skolan för teknikvetenskap, Ninni Carlsund Levin är drivande. Detta arbete kommer att kunna ligga till grund för ett genomarbetat system för kursutvärdering och kursanalys inom Teknisk matematik.

Kandidatexamensarbeten På finansiell matematik har arbetssättet kring kandidatexamensarbeten utvecklats mycket under de senaste två åren. Studenterna väljer själva ett ämne, skriver ett projektförslag, kommenterar och betygsätter varandras projektförslag, deadline för inlämning av projektför-

slag som ska godkännas, vidare deadlines, etc. När kandidatexamensarbetet i Teknisk matematik ska utvecklas kommer detta att vara en viktig utgångspunkt.

Stora grundkurser Ett genomgripande förändringsarbete har genomförts och fortgår när det gäller det stora grundkurserna i matematik, SF1624 Algebra och geometri, SF1625 Envariabelanalys och SF1626 Flervariabelanalys. Arbetet grundar sig i en undersökning som gjordes 2008 [3] och har lett till att grundkurserna är mer fokuserade på grundläggande begreppsförståelse och problemlösningsförmåga.

Kursutveckling inom andra kurser

Det nya programmet i Teknisk matematik föranleder också kursutveckling inom andra kurser. När det gäller kurserna i mekanik och fysik har arbetet påbörjats och vi beskriver här vad som redan har gjorts och vad som planeras att göras.

Mekanik Mekanikkurserna har de senaste åren utvecklats positivt, med undervisning med Peer Instruction och Flipped Classroom, men också muntlig redovisning av övningsuppgifter innehållande reflektion kring energiförbrukning och produktion av grön energi. För bättre uppfyllelse av programmålen behövs ytterligare utveckling av modellering, simulering och visualisering, både i grund- och fortsättningskursen. Det Maple-baserade programmet Sophia, utvecklat på institutionen för mekanik, möjliggör modellering av komplexa system med energimetoder, analytisk eller numerisk lösning, och sedan visualisering och animering av lösningarna för reflektion och diskussion. Sophia har tidigare använts som ett verktyg för frivilliga övningsuppgifter i fortsättningskursen i mekanik, men dess användning kommer att utvecklas ytterligare för att passa programmet. Ökat fokus kommer också att ligga på träning att ta fram en matematisk modell för problemställningar med ofullständig information, vilket kräver att studenten själv formulerar antaganden.

Fysik Teknisk matematik innehåller en nyutvecklad fysikkurs på 9 hp i åk 2 med ett upplägg som är anpassat för programmet. Kursen skiljer sig på avgörande punkter från hur samma material undervisas på andra program. Kursen kommer till stor del att bygga på redan utfört utvecklingsarbete i kursen SI1135 Klassisk fysik på 6 hp för Simuleringsteknik. Den kursen har undervisats och utvecklats under två årskurser med gott resultat. Den bärande idén är att datorn används som ett huvudverktyg och komplement till den traditionella matematiska och experimentella framställningen av fysiken. Datorer används i stället för laboratorieexperiment samt för att lösa matematiska problem. Denna inställning är ny och anpassad till en arbetsmarknad där alla arbetsuppgifter kommer att ha datorinslag och har en generell kvalitet som är viktig för alla ingenjörer, inte minst inom Teknisk matematik. Den utvecklade kursen innehåller dessutom inslag av Peer Instruction vilket ger en uppskattad förnyelse av pedagogiken.

Kursinnehållet i Klassisk fysik är el-våg-termo, som tillsammans med mekaniken (som är en separat kurs) utgör den klassiska fysiken och är en startpunkt för modern ingenjörsvetenskap. I den nya kursen för Teknisk matematik kommer dessutom kvantfysik att ingå och undervisas med samma utgångspunkt. Kursens upplägg är att identifiera en matematisk modell för ett fysikaliskt system, ofta en differentialekvation, och diskutera vilken fysik som modellen beskriver, t ex partiklar eller vågor. Modellen behandlas matematiskt och/eller numeriskt. Modellen kan simuleras och animeras i form av datorexperiment som ger nya insikter om matematiken och fysiken. Frågor om modellens giltighet och matematiska approximationers giltighet kan studeras genom simulering.

Ytterligare en bärande idé är att allt datorarbete sker på studenternas egna datorer vilket syftar till att efterlikna en realistisk arbetssituation. Kursens mål är inte att ersätta eller begränsa den matematiska behandlingen, utan att använda datorn för att låta både matematiken och den praktiska problemlösningen utvecklas fullt ut. Detta nya sätt att studera fysik leder till viktiga insikter och färdigheter som kan tilltala många.

Näringslivsanknytning

Att ha starka kopplingar till näringslivet genom hela utbildningen är viktigt av många anledningar både för studenter och lärare på programmet. Bland annat får studenterna en insikt i vad som väntar efter examen och inom vilka områden man kan jobba efter sin utbildning. Dessutom leder det också till att lärarna på programmet får bättre kunskaper om vilka kompetenser som efterfrågas på arbetsmarknaden vilket i sin tur leder till att både kurser och programmet utvecklas i en för arbetsmarknaden relevant riktning.

”Arbetslivsanknytningen tror jag gör stor skillnad för de studenter som upplever att de haft en dylik. Att var duktig på matte är silver, men att kunna använda den, för att göra skillnad i praktiken, är guld.

Ola Widlund, ABB

Nedan följer några förslag på aktiviteter i programmet kopplade till näringslivet.

Gästföreläsningar från företagsrepresentanter På Simuleringsteknik innehåller kursen Perspektiv på simuleringsteknik en serie lunchseminarier med gästföreläsningar där olika företag berättar om hur de arbetar med simuleringsteknik på sitt företag. Till seminarierna är alla studenter på programmet inbjudna. Exempel på deltagande företag är Algorithmica Research AB, DICE, Svenska Kraftnät, SMHI och ABB. Detta har varit mycket uppskattat av studenterna och är något vi även tänker erbjuda studenterna på Teknisk matematik.

Vi kommer även att verka för att inslag av gästföreläsningar förekommer på en stor del av programmets kurser.

Arbetsgruppen för Teknisk matematik har redan haft kontakt med personer på bland annat ABB, Ericsson, Scania, Swedbank och Systecon. Dessa har uttalat sig mycket positivt kring programmet och framtida samarbete vilket vi kommer att utnyttja för bland annat gästföreläsningar.

Projektidéer/data från företag Ett viktigt inslag i många av kurserna på Teknisk matematik är projektarbeten av varierande storlek. I kursen Analytiska och numeriska metoder som är en av kärnkurserna i programmet planerar vi att jobba med större projekt som har näringslivsanknytning. Tanken är att vi tillsammans med företag konstruerar projekt med intressanta och öppna frågeställningar vars lösning kräver alla de centrala delar som vi genomgående arbetar med i programmet; analys och modellering, simulering, visualisering, validering och rimlighetsbedömning samt presentation av resultat. Här kommer vi till stor utsträckning använda oss av verkliga problem med data från industrin.

På inriktningen mot finansiell matematik på masterprogrammet Tillämpad matematik och beräkningsmatematik har man nyligen lanserat Finance Lab i samarbete med Algorithmica Research AB. Inom många av kurserna i utbildningen kommer studenterna att kunna använda riktig och omfattande data direkt från Nasdaq/OMX i olika typer av tillämpade projekt. Erfarenheter från detta samarbete kommer vi även kunna ha nytta av i vårt arbete med Teknisk matematik.

Examensarbeten på kandidat- och masternivå Vi har god erfarenhet av studenter som gör sina examensarbeten i industrin och planerar att ta fram ett antal examensarbeten särskilt anpassade till studenterna på Teknisk matematik. På masternivå finns idag samarbeten med företag som ABB, Atlas Copco, COMSOL, Elektro, Ericsson Research, FMV, FOI, GE Global Research, Green Cargo, If Skadeförsäkring, Jeppesen, Lynx Asset Management, Optimization Partner, Raysearch Laboratories, Scania, Skandia, Svensk Exportkredit, Swedbank, Swedish Space Corporation, Tonium, Vattenfall och Volvo Construction Equipment.

Även examensarbeten på kandidatnivå skulle kunna formuleras och utföras i samarbete mellan KTH och lämpliga företag.

Alumniträffar Inom doktorsprogrammet i Tillämpad och beräkningsmatematik anordnas via KTH Alumni årligen en alumniträff för alla de som doktorerat inom tillämpad matematik på KTH. Dessa tillfällen ger en god möjlighet att knyta kontakter med företag som i hög grad håller på med verksamheter som är relevanta för Teknisk matematik.

Slutsatser från NOTIS Slutrapporten för NOTIS-projektet (Naturvetenskap och teknik i samhället) listar tre områden där lärarna behöver stöd för att öka arbetslivsanknytningen i utbildningen [4]:

- **handlingsutrymme** – motiv och incitament från utbildningsstödande system och strukturer;
- **handlingsförmåga** – pedagogiska verktyg, egna erfarenheter och inspiration från förebilder och nätverk.
- **samverkan med externa intressenter** – arbetsmarknadens parter och regionen.

SCI-skolan har flera goda exempel på kursnivå hur arbetslivsanknytning kan nås på ett effektivt sätt. Några av dessa projekt finns redovisade i *Guide to Challenge Driven Education* [5] som nyligen lanserades på KTH. Fokus i dessa projekt är ofta grupparbete och tillverkning av produkter enligt CDIO och kurserna pågår över flera perioder. Med ett smart projektupplägg, som involverar flera obligatoriska kurser, kan man få till en naturlig progression, nå ett bättre djup och stimulera ett bättre samarbete mellan lärare, och samverkan med externa intressenter.

TU Eindhoven Kandidat- och masterprogrammen i Industrial and Applied Mathematics på TU Eindhoven (TUE) är utvecklade med en stark näringslivsanknytning. Hans Sterk, programansvarig på TUE, var inbjuden till ett grundutbildningsseminarium på matematikinstitutionen under hösten 2014 för att ge sina erfarenheter kring programutveckling tillsammans med externa intressenter. Visionen för Teknisk Matematik är delvis inspirerad av följande ledord för programmen på TUE:

- “Educate engineers who will be able to make significant and innovative contributions to society throughout their career.”
- “Through a deeper understanding of the fundamentals of Mathematics and Computer Science improve the development of meaningful solutions to societal problems.”

Kandidatprogrammet på TUE har ofta mindre problem från industrin i flera kurser. Problemen löses ofta i grupp. Masterprogrammet på TUE har modelleringsveckor där företag presenterar problemställningarna på måndagen och studenterna sedan ska presentera sina resultat muntligt på fredagen. Det kan till exempel gälla strömning av olja, transport av gas och spridning av luftföroreningar. TUE har hittat bra modeller för kortare verklighetsknutna projekt i kurser som passar bra för det sättet som Teknisk Matematik är upplagt.

Kvalitetsarbete under programmets gång

Det är av stor vikt att ett kontinuerligt kvalitetsarbete bedrivs i programmet. Dels inom och mellan kurser, dels i utformningen av programmet i sin helhet. På SCI-skolan har vi en lång tradition av Kaizen: de som har den exekutiva makten över programmet, dvs lärarna, träffas regelbundet för att se över vad som kan göras bättre och genomför kontinuerligt små justeringar. På Farkostteknik träffas lärarna i årskurs 1–3 ungefär var tredje vecka under en halvtimme per årskurs. Studentrepresentanter träffar programledningen innan Kaizenmötena men de närvarar inte under mötet. Detta förfarande ger studenterna möjligheten att tala friare.

Fokus på Kaizenmötena är inte praktiska aspekter (som schemaläggning av examination kurser emellan) utan kurs- och programutveckling. Kaizenmötena bidrar också till att trimma ihop lärarna på programmet till ett arbetslag som har programmets bästa för ögonen och inte bara fokuserar på sina egna kurser och ämnen.

På Teknisk fysik har sektionen startat ett nytt kvalitetsprojekt. För varje kurs, cirka en period före kursstart, så ordnar studienämnden ett möte med kursansvarig lärare, en student som läst kursen tidigare och en student som ska läsa kursen. Denna form är nog ett bra komplement till Kaizenmöten.

Programmet Teknisk matematik kommer att ledas av ett programråd som preliminärt består av programansvarig, vice programansvarig (kanske från CSC), grundutbildningsansvarig på SCI, lärarrepresentant(er), studentrepresentant och näringslivsrepresentant. Programrådet tar över arbetet från den nuvarande arbetsgruppen och under programmets uppstart kommer programrådet att koordinera utbildnings- och kursplaner. Programrådet ansvarar för att utvärdera och utveckla programmet och genomföra de aktiviteter som inte bedrivs inom ramen för någon kurs.

Som på skolans övriga program så kommer programledningen varje år att arrangera ett programkollegium, med ett speciellt tema, för alla programmets lärare och programhandläggare.

Programaktiviteter

Programmet kommer att arrangera särskilda informationsträffar om kurser, masterprogram och internationella utbyten. Det kommer även att finnas studentkaizenmöten där alla studenterna är inbjudna för att diskutera programmets utformning. Möjlighet till inblick i masterprogrammen kan ges genom att informera om och bjuda in studenter i de lägre årskurserna till aktiviteter på de mappade masterprogrammen, t ex examensarbetspresentationer och postersessioner.

1.2 Programnamn

Teknisk matematik/Engineering Mathematics

1.3 Programtyp och omfattning

Civilingenjörsprogram, 300 hp.

1.4 Studerandemålgrupp

Målgruppen är studenter intresserade av fördjupade kunskaper i matematik och dess tillämpningar inom olika områden.

För att få till en bredare rekrytering, vilket är ett av skolans mål [6], så utformas programmet med fokus på att vara mer inkluderande (se Bilaga E om genusaspekter).

1.5 Behörighetskrav

Som övriga civilingenjörsprogram (godkänt i Fysik 2, Kemi 1 och Matematik 4).

1.6 Urval

Detsamma som övriga civilingenjörsprogram på KTH. Därutöver matematik- och fysikprovet som nu tillämpas på Teknisk fysik, Elektroteknik, Farkostteknik samt kandidatutbildningen Simuleringsteknik och virtuell design.

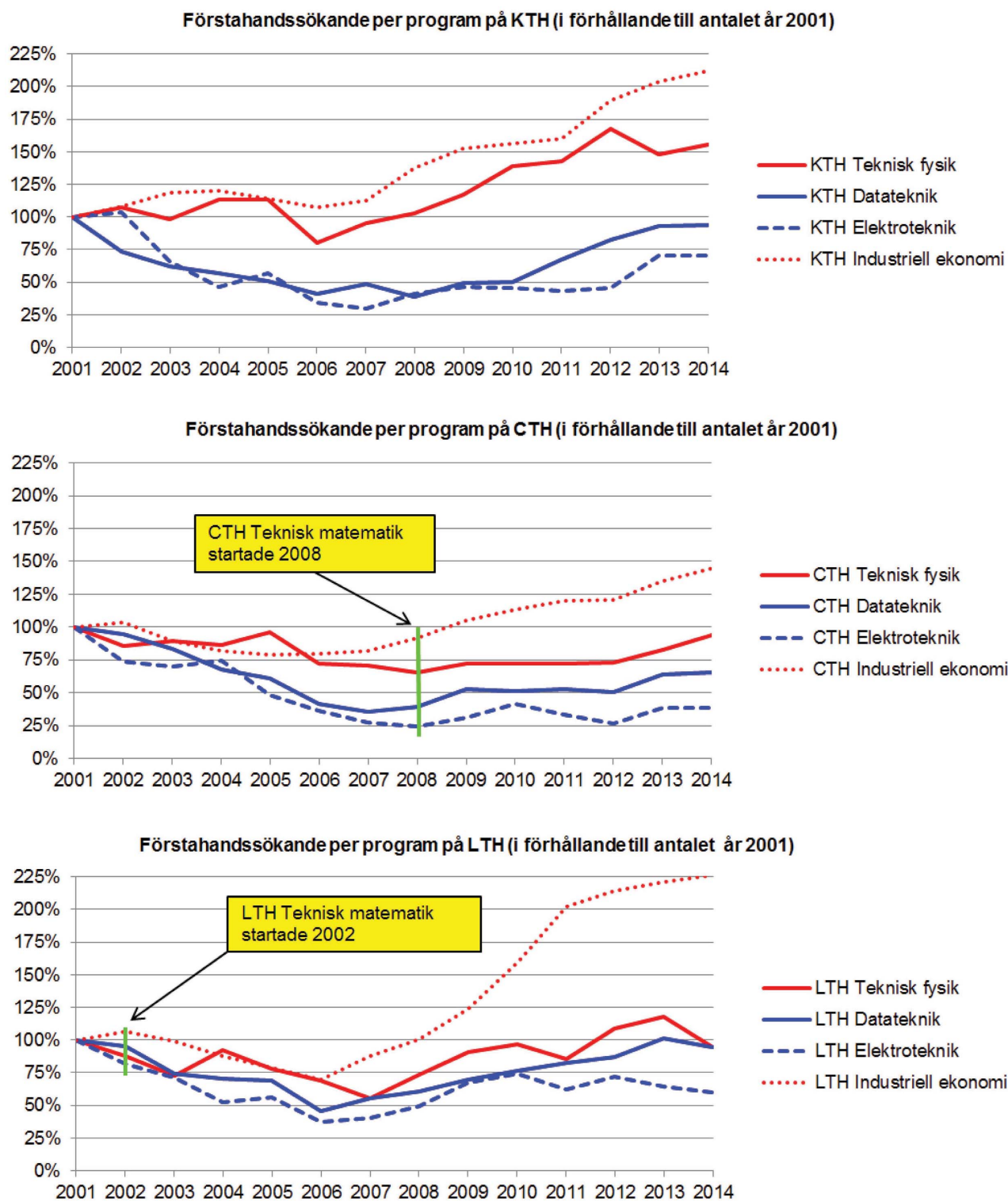
Utvärderingen av matematik- och fysikprovet på KTH [7] visar att provet har en förmåga att lyfta fram studenter med intresse för matematik och fysik, som annars hade haft svårt att komma in via de andra urvalsgrupperna. Bland studenter som antas via provet är det, i jämförelse med de andra urvalsgrupperna, fler som påbörjar sina utbildningar och färre som gör avbrott. Även om provet breddar rekryteringsbasen så bidrar det negativt till könsfördelningen då färre kvinnor än män skriver provet. Detta gäller även högskoleprovet. Statistiken från Teknisk matematik på Chalmers, där matematik- och fysikprovet också används för urval, visar dock att andelen kvinnor som antas har legat på 30–40% under 2012–2014, se Figur 2.

1.7 Studieform

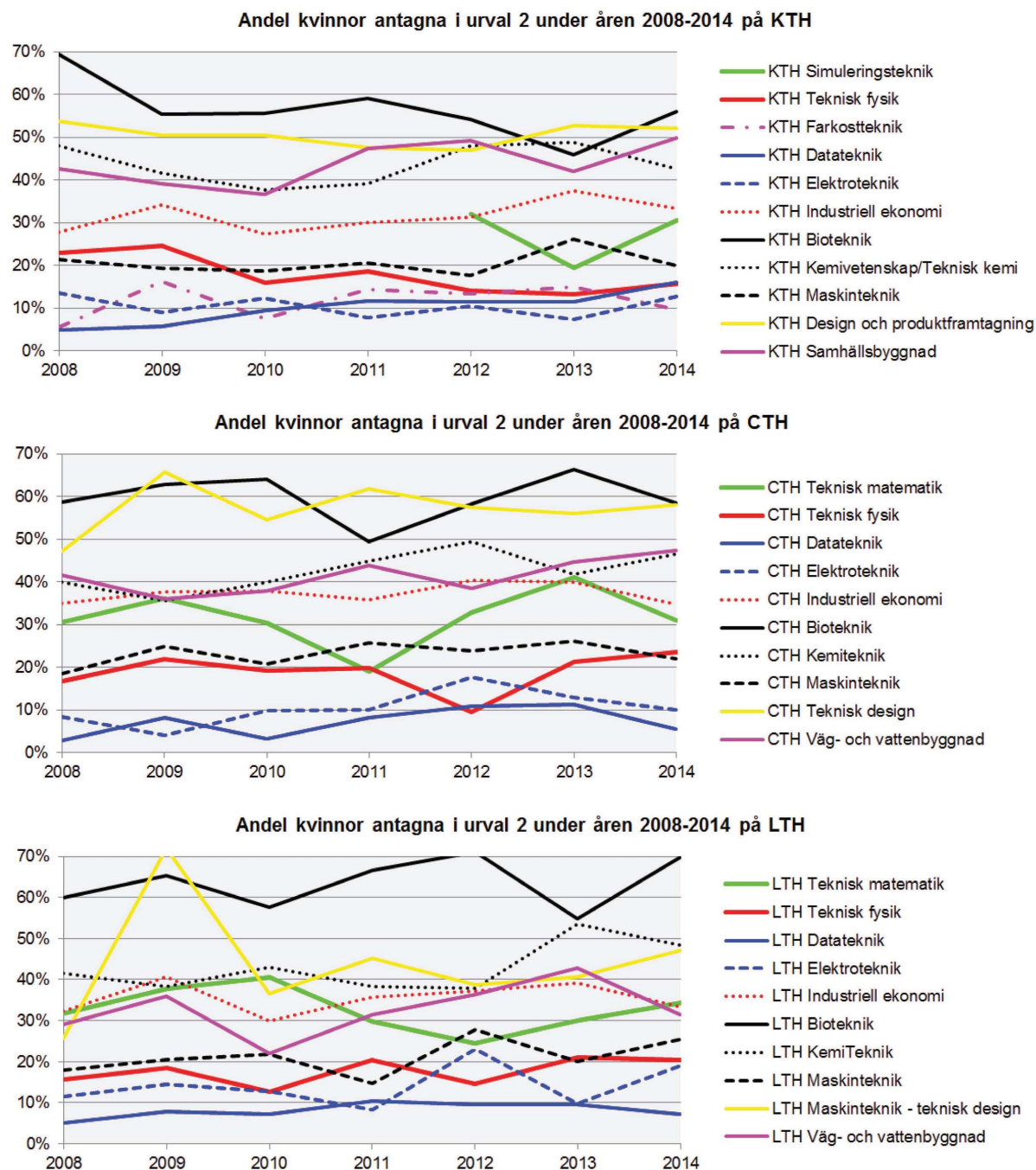
Helfart

1.8 Undervisningsspråk

Svenska de tre första åren. Engelska de två sista åren.



Figur 1: Utvecklingen av antalet förstahandssökande på några program på KTH, CTH och LTH under 2001–2014.



Figur 2: Andelen kvinnor bland antagna på några program på KTH, CTH och LTH under 2008–2014.

1.9 Planerat studerandeantal

Initialt räknar vi med att anta cirka 40 studenter. På sikt skulle detta kunna höjas till 60 studenter. Programmet kommer att ersätta kandidatprogrammet i Simuleringsteknik och virtuell design. Därmed kommer resurser i princip finnas inom skolan för det nya programmet inom befintligt verksamhetsuppdrag.

1.10 Lärarkapacitet

Lärarkapaciteten (professorer, lektorer, biträdande lektorer och adjunkter) inom matematik, mekanik och teoretisk fysik är per 2015-02-27:

Institution	Avdelning	Antal	12+ hp	7.5–11.5 hp	Andel
Matematik	Matematik	33	7	7	42%
Matematik	Matematisk statistik	10	2	0	20%
Matematik	Optimeringslära & systemteori	6	1	3	67%
Matematik	Numerisk analys	8	1	4	63%
Mekanik		27	6	2	30%
Fysik	Teoretisk fysik	13	3	5	62%

Poängantalet avser högskolepedagogiska kurser på ECE-skolan. Utöver dessa har flera lärare högskolepedagogisk utbildning från andra lärosäten, men systemet VIS visar bara de som förvärvat sin högskolepedagogiska utbildning på KTH.

SCI-skolan har i dialog med ECE-skolans avdelning för Högskolepedagogik efterlyst högskolepedagogiska kurser som är mer inriktade mot matematik för att, enligt skolans verksamhetsuppdrag för 2015, öka antalet lärare som har högskolepedagogisk utbildning.

Inget nytt rekryteringsbehov finns.

Som tidigare nämnts reflekterade utvärderingspanelen i RAE2012 över den outnyttjade resurs när det gäller matematikutbildning som finns i den starka forskningsmiljön i matematik. Trots den uppenbara potentialen saknas en tydlig ingång till matematikstudier på grundnivå.

För lärarkapaciteten inom andra skolor, se deras respektive utlåtanden.

1.11 Arbetsmarknad

Arbetsmarknadens behov

Arbetsmarknadsutsikterna för tekniska matematiker är enligt flera källor mycket goda. I rapporten *Arbetsmarknaden för akademiker år 2019* från SACO kan vi läsa följande:

”Matematikers och statistikers kompetens är efterfrågad, och det är idag lätt att få jobb. Kompetensen efterfrågas inom allt fler branscher och områden i takt med att de matematiska modellerna och applikationerna blivit alltmer komplexa.

Saco [8, s. 69]

I en rapport från CareerCast rankas matematiker som det bästa bland 200 yrken. Arbetsmarknaden är bred och flexibel och tillväxten inom området anges som mycket god (23% tillväxt de närmaste 8 åren). De närliggande yrkena statistiker och aktuarie rankas som nummer tre och fyra [9].

Svenskt näringsliv har återkommande påtalat bristen på svenska ingenjörer med matematisk spetskompetens och behovet är växande. Vi har här samlat några uttalanden från representanter för svenskt näringsliv.

Sandvik Materials Technology om simulering:

”Vi behöver matematiker som kunniga i avancerad simuleringsteknik, och det är svårt att hitta här hemma.

Peter Gossas [10]

Volvo lastvagnars forsknings- och utvecklingschef om virtuella experiment:

”Matematik är grunden för hela utvecklingen. Den kommer in hela tiden. Det finns ett oerhört stort antal områden att räkna på.

Anders Ydegård [11]

Fraunhofer–Chalmers research Centre for Industrial Mathematics som arbetar med implementering av avancerad matematik och algoritmer:

”Framtiden pekar mot fler och fler produktvarianter och nya produkter och industrin gör allt för att ge kunden valfrihet. Tekniken går också framåt i ett rasande tempo, vilket ger ett ökat behov av avancerad matematik och simulering.

Johan S Carlson, FCC [12]

Det tvärvetenskapliga konsortiet Simovate grundades i Umeå 2009 med målsättningen att ta fram integrerade simuleringsprogram och metoder för industrin.

”Med fungerande verktyg kan ingenjörerna gå snabbare från idé till lösning och den långsiktiga målsättningen är att vi med Simovate ska öka konkurrenskraften och tillväxten inom fordons-, verkstads- och processindustrin. Väl fungerande simuleringsverktyg är faktiskt helt avgörande för hela innovationsprocessen.

Martin Servin, projektkoordinator i Simovate [13]

MackAldener och Swartling på Scania R&D om ingenjörsmässighet:

”Matematiken är för oss ingenjörer vad löparbanor är för en friidrottare. Det är där vi har nött konsten att ställa upp ansatser, formulera problem i dess renaste form och det är dit vi måste återvända genom hela vår yrkeskarriär för att hålla formen.

Magnus MackAldener och Fredrik Swartling, chefer på Scania R&D [14]

Det finns en stor efterfrågan på djupa kunskaper inom matematik och datalogi. Kanske ännu viktigare är en allmän analytisk förmåga, något som studenterna i hög grad tränas i inom detta program.

Slutsatsen är att det finns ett stort behov av den kunskap och de färdigheter som ges av ett civilingenjörsprogram i teknisk matematik. Med det nya programmet utökas rekryteringsbasen jämfört med de ingångar vi har idag och vi ges möjligheten att examinera civilingenjörer med en tydlig matematikprofil som inte motsvaras av våra befintliga program.

Omvärldsanalys

Civilingenjörsprogrammet i teknisk matematik skulle bli unikt i Stockholmsområdet då det saknas ett yrkesinriktat matematikprogram i Mälardalsregionen. Närmast konkurrerande program skulle förmodligen vara motsvarande civilingenjörsprogram på Lund och Chalmers. Av statistiken i Tabell 2 att döma, förefaller inte dessa civilingenjörsprogram att konkurrera med matematikprogrammen på Lunds och Göteborgs universitet. Därför bedömer vi att det nya programmet inte kommer att konkurrera nämnvärt med kandidatprogrammet i matematik på Stockholms universitet. Det finns även ett litet masterprogram i Teknisk matematik på Mälardalens högskola med 15–20 platser (6 registrerade 2014).

Då civilingenjörsprogram ges på svenska är den direkta konkurrensen med program utanför Sverige bedömd som liten. Det kan givetvis hända att programmet attraherar studenter som annars skulle sökt sig utomlands.

Utbildningen och yrkesrollen

Civilingenjörsprogrammet i teknisk matematik är tänkt att förbereda studenterna för en ingenjörroll där matematisk modellering, simulering och problemlösning står i centrum. Med sin djupa kunskap inom detta område kommer civilingenjören från teknisk matematik att kunna delta i forsknings- och utvecklingsarbete inom många olika tillämpningsområden där andra ingenjörer står för specialistkunskaper inom den specifika tillämpningen. Det kan röra sig om fysikaliska tillämpningar där civilingenjörer från teknisk fysik deltar med sina djupa kunskaper inom fysik, datalogiska tillämpningar där civilingenjörer från datateknik bidrar med specialistkunskap inom datalogi och programmering, eller maskintekniska tillämpningar tillsammans med civilingenjörer från farkostteknik eller maskinteknik.

De masterprogram som är valbara för studenterna från teknisk matematik är också valbara för studenter från andra civilingenjörsprogram, som teknisk fysik, datateknik, elektroteknik och farkostteknik, men studenterna från teknisk matematik kommer in i masterprogrammen med en unik profil mot matematisk modellering och simulering, vilket gör att den färdiga civilingenjören skiljer sig från den som utbildats inom ramen för de befintliga programmen.

Redan tidigt i utbildningen kommer studenterna att arbeta i projekt med öppnare frågeställningar och där deras förmåga att delta i utvecklingsarbete tränas. Detta med fokus på de matematiska aspekterna och med en medvetenhet om vad som är generella lösningsmetoder och vad som är specifikt i den givna problemställningen.

Kursen *Ingenjörsvetenskap* ger redan under första året studenterna möjlighet att sätta sig in i vad det innebär att arbeta som ingenjör. Detta kommer senare att vidareutvecklas i projekt i kursen *Analytiska och numeriska metoder* under andra året. Dessutom kommer kandidatexamensarbetet inom teknisk matematik utvecklas för en progression inom detta område, med en koppling till näringslivet.

Många tillämpningar bygger på allt mer avancerade matematiska modeller och för att vara rustade för en yrkesroll där det är centralt att kunna sätta sig in i nya modeller och teorier är det viktigt att

studenterna från teknisk matematik får en gedigen grund i matematik och utvecklar den matematiska självsäkerhet som krävs för att arbeta med framtidens utmaningar.

”Kurser i projektledning och ledarskap är inte så intressant: det tar ändå 2 år att lära sig att jobba när man är klar student. Vi söker personer med djup kunskap, för det kan inte vi på samma sätt uppnå, främst inom matematik och matematisk statistik.

Ola Hammarlid, Swedbank

Exempel på företag

De som har tagit examen inom våra befintliga masterprogram hittar man idag bland annat på stora industriföretag såsom ABB, Atlas Copco, Ericsson, Scania och Volvo; konsultföretag såsom McKinsey, försäkrings- och finansföretag såsom Folksam, If, Nordea, SEB, Skandia och Swedbank; och många mindre företag. Några fortsätter med doktorandstudier. Nedan följer exempel på var färdiga ingenjörer från Teknisk matematik i Lund arbetar:¹

- Medviso AB (medicinska bilder)
- Riksbanken (forskningsassistent)
- Cybercom (konsult IT)
- TAT (The Astonishing Tribe), IT (eget företag)
- Professionellt pokerspel
- Cellavision AB (medicinsk teknik, bild)
- Deloitte, försäkring/risk (konsult)
- Ericsson EMP (mjukvaruutveckling)
- ÅF (Ångpanneföreningen), industriell automation
- Accenture Technology Solutions (systemutveckling)
- Danske Bank (analytiker)
- Maurer Söhne (konstruktör)
- WWOOF, Argentina (volontär internationellt hjälparbete)
- Illuminate Labs AB (datorgrafik)
- Flextronics, elektronik, telekom
- Nordea (systemanalytiker)
- Danske Bank (analytiker)
- Vattenfall (prissättningsanalytiker)
- Sony-Ericsson (utvecklingsingenjör radio)
- Ericsson Mobile Platforms EMP
- Regeringskansliet
- Google Zurich
- Accenture (konsult systemteknologi)
- Danske Bank (analytiker)
- Uddcomb Engineering (beräkningsingenjör)
- Illuminate Labs AB (datorgrafik)
- Scalado, Idéon Science Park
- J.P. Morgan (bank)
- Axis Communications
- Capital Research AB
- Perlos, Idéon Science Park
- Mobile Heights AB
- FCG (Financial Compliance Group)
- Combine Control Systems AB
- Storytel
- E.ON Försäljning
- Tobii Technology
- Vanderbilt University, Institute for Software Integrated Systems
- Schemagi
- ABB Robotics

Som doktorand (eller liknande):

- LTH, byggnadsfysik (forskning, eget företag)
- LTH, numerisk analys
- LTH, matematisk statistik (miljö, finans, mm)
- Biomedicinskt centrum, immunteknologi
- Chalmers, Material- och tillverkningsteknik
- Simula Research Laboratory, geologisk beräkningsteknik
- Universitetet Geneve, finans
- LTH, matematik, (bild)
- Cambridge University, tillämpad matematik
- LTH, informationsteori
- Cornell University, finans
- Chalmers, tillämpad mekanik
- LU, klinisk fysiologi
- Trinity College (Dublin), Centre for Bioengineering
- LTH, hållfasthetslära
- LTH, elektrovetenskap
- KTH, signalbehandling
- LTH, reglerteknik
- Chalmers, materialteknik
- KTH, Computer Vision and Active Perception Lab
- KTH, numerisk analys

¹Se http://www.student.lth.se/tekniskmatematik/faerdiga_civilingenjoerer_pi/.

1.12 Övergripande program mål

Utöver högskoleförordningens mål för civilingenjörsexamen gäller följande program mål.

Kunskap och förståelse

För civilingenjörsexamen i teknisk matematik ska studenten

- visa bred och djup kunskap i matematik samt väsentligt fördjupad kunskap inom vissa delar av matematiska såväl som andra vetenskaper och därvid visa förståelse för de matematiska begreppens och verktygens användbarhet och begränsningar,
- visa god kunskap om hur matematiska modeller implementeras genom programmering och god förståelse för matematiska modellers och numeriska metoders användbarhet och begränsningar, och
- visa kunskap om matematikens roll som universellt språk i samhällets tekniska utveckling samt visa förståelse för betydelsen av abstraktion och teoribyggnad.

Färdighet och förmåga

För civilingenjörsexamen i teknisk matematik ska studenten

- visa förmåga att matematiskt formulera och analysera problem, även där matematiken ursprungligen inte är synlig, att resonera kring modellernas begränsningar och förtjänster, samt att återföra lösningar och analysresultat till ursprungsproblemet,
- visa förmåga att konstruera och implementera algoritmer, att med datorns hjälp simulera och visualisera förlopp, att utvärdera datorberäkningar och identifiera likheter i modeller och metoder inom olika vetenskaps- och teknikområden, och
- visa förmåga att använda det matematiska språket för att kommunicera och samverka med andra, såväl tekniker som icke-tekniker, såväl muntligt som skriftligt.

Programmålen är inspirerade av programmålen för Teknisk matematik på Lunds tekniska högskola och programmålen för kandidatprogrammet i simuleringsteknik och virtuell design på KTH.

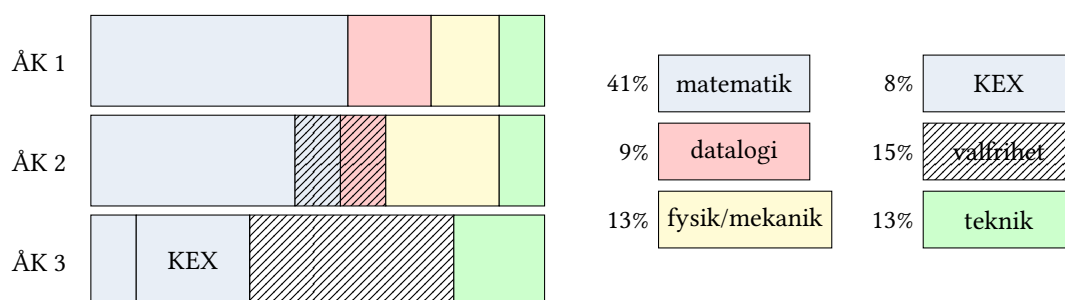
1.13 Kortfattad beskrivning av programinnehåll med uppgift om kursgivande enheter

Programmet har en stark betoning av matematik och relativt mycket datalogi. Uppdelat på område så läser en student under de tre första åren

årskurs	matematik	datalogi	fysik/mekanik	teknik	KEX	valbara
1	34,0	11,0	9,0	6,0		
2	33,0	6,0	15,0	6,0		
3	6,0			12,0	15,0	27,0
summa	73,0	17,0	24,0	24,0	15,0	27,0

Tabell 1: Antal högskolepoäng per ämnesområde och årskurs i Teknisk matematik

Bland poängen i årskurs två ingår 6 hp valfri matematik och 6 hp valfri datalogi. De valfria poängen i årskurs tre väljs bland ett stort antal kurser inom matematik, datalogi, mekanik/fysik och teknik. Av dessa är även 15 hp helt valfria. KEX betecknar kandidatexamensarbete, dvs examensarbete på grundnivå.



Figur 3: Andel högskolepoäng per ämnesområde och årskurs i Teknisk matematik

Första årets kurser liknar övriga civilingenjörsprogram med två lite speciella kurser:

- **Matematisk kommunikation** — en profilkurs för Teknisk matematik, och
- **Ingenjörsvetenskap** — en kurs med starkt fokus på modellering, läses även av Civilingenjörer och lärare och Öppen ingång.

Matematisk kommunikation är inspirerad av en liknande kurs på Lunds tekniska högskola. Syftet är att tidigt börja arbeta aktivt och reflekterande med det matematiska språket. Hur läser man matematik? Hur skriver man matematik? Hur löser man matematiska problem? Kursbok är den utmärkta *How to think like a mathematician: A companion to undergraduate mathematics* av Kevin Houston.

Kärnan i **Ingenjörsvetenskap** är matematisk modellering av vitt skilda problem. Dessutom ingår ingenjörsmässiga färdigheter (uppskattning och rimlighetsbedömning), kommunikation (huvudsakligen muntlig) samt ingenjörens roll i samhället (teknikhistoria, ingenjörssidentiteten). Huvudtanken är att studenterna arbetar med matematiken som ett naturligt verktyg vid modellering av allehanda enkla och komplexa fenomen.

Dessutom ingår två datalogikurser det första året och numerisk analys är integrerat i kursen i linjär algebra på liknande sätt som hos Farkostteknik och Simuleringsteknik.

Under andra året ingår en stor kurs om differentialekvationer (15 hp) som läses parallellt med en fysikkurs (9 hp). Båda dessa är skraddarsydda för Teknisk matematik. Under andra och tredje året ingår två teknikkurser som utvecklas särskilt för Teknisk matematik: en i miljömodellering och en i medicinsk bildanalys.

Många andra civilingenjörsprogram har idag en särskild perspektivkurs i årskurs 1. Vi har valt att inte inrätta en sådan då programmets profil och röda tråd: matematik, programmering, modellering, simulering och kommunikation; är väl representerat i första årets kurser. Därutöver kan ingenjörnsrollen inom Teknisk matematik förstärkas genom programaktiviteter vid sidan av kurserna.

Kursgivande enheter

- AL ger 1 obligatorisk kurs i miljömodellering,
- DD ger 2 obligatoriska datalogikurser och flera valbara kurser,
- EF ger 1 obligatorisk kurs: ingenjörsvetenskap,
- EI ger 1 valbar kurs,
- EL ger 1 obligatorisk kurs: reglerteknik,
- EQ ger 1 valbar kurs,
- HL ger 1 obligatorisk kurs i medicinsk bildanalys och en valbar,
- IS ger 1 valbar kurs,
- SD ger 2 valbara farkostkurser,
- SE ger 2 valbara hållfasthetskurser,
- SF ger merparten av alla kurser,
- SG ger 2 obligatoriska mekanikkurser och 1 valbar fortsättningskurs, och
- SI ger 1 obligatorisk fysikkurs.

1.14 Yttranden från andra kursgivande skolor än programskolan

CSC – Datavetenskap och kommunikation

Programmering och tillämpad datalogi samt flera valbara kurser inom datalogi.

EES – Elektro- och systemteknik

Ingenjörsvetenskap och reglerteknik samt teoretisk elektroteknik (valbar) och tidsdiskreta signaler och system (valbar)

ICT – Informations- och kommunikationsteknik

Datorteknik och komponenter (valbar).

ABE – Arkitektur och samhällsbyggnad

Miljömodellering

STH – Teknik och hälsa

Medicinsk bildanalys samt valbar grundkurs i medicinsk teknik.

1.15 Kurslista

Se bilaga A för en preliminär läro- och timplan och bilaga B för ett diagram över kursernas inbördes beroende.

Årskurs 1

Enbart obligatoriska kurser:

SF1xxx (ny)	Envariabelanalys	7,5
SF1xxx (ny)	Flervariabelanalys	7,5
SG1xxx (ny?)	Mekanik, grundkurs	9,0
DD1xxx (ny)	Programmering	5,0
DD1320	Tillämpad datalogi	6,0
SF1901	Sannolikhetsteori och statistik I	6,0
SF1xxx (NY)	Linjär algebra med numerisk analys, del 1	9,0
SF1xxx (NY)	Matematisk kommunikation	4,0
EF1100	Ingenjörsvetenskap	6,0
		60,0

En- och flervariabelanalys är omarbetade kurser av de befintliga kurserna SF1602 och SF1603 Differential- och integralkalkyl II, del 1+2. Samläses med CTFYS2016.

Mekanik, grundkurs är en vidareutveckling av SG1130 Mekanik I. Vi strävar efter att öka andelen matematisk modellering tidigt i utbildningen. Samläses eventuellt med CTFYS2016.

Programmering i Python är en omarbetning av DD1345. Samläses med CTFYS2016.

Tillämpad datalogi behandlar algoritmer och datastrukturer i Python. Samläses med CINEK2 och CMETE2.

Sannolikhetsteori och statistik läses av större delen av KTH. Samläses med CTFYS2016.

Linjär algebra med numerisk analys, del 1 är en ny kurs med integrerad numerisk analys efter förebild från CFATE1 och TSVDK1. Här introduceras Matlab.

Matematisk kommunikation ger en introduktion till hur man presenterar matematiska resonemang i olika sammanhang. Även introduktion till matematisk teoribyggnad och behovet av stringent bevisföring. Jämför med FMA085 på LTH.

Ingenjörsvetenskap är en kurs fokuserad på modellering. Läses i nuläget av COPEN1. Kan komma att anpassas efter programmet. Se även ED1100 Ingenjörsvetenskap 7,5 hp som läses av CLGYM1.

Årskurs 2

Obligatoriska kurser:

SF1xxx (NY)	Analytiska och numeriska metoder	15,0
SI1xxx (ny)	Fysik	9,0
SF1xxx (NY)	Fourieranalys	6,0
SG1xxx	Mekanik, fortsättningskurs	6,0
SF1xxx (ny)	Linjär algebra med numerisk analys, del 2	6,0
AL1xxx (NY)	Miljömodellering	6,0
		48,0

Analytiska och numeriska metoder är en nyutvecklad kurs som behandlar ordinära och partiella differentialekvationer både ur ett analytiskt och numeriskt perspektiv. Teori och numerisk analys integreras med moderna beräkningsalgoritmer för att lösa tillämpade problem modellerade med differentialekvationer. En stor del av kursen examineras i form av datorlaborationer och projektarbete. Här kommer studenterna även att stöta på kommersiell programvara (COMSOL Multiphysics) för numerisk lösning av partiella differentialekvationer. Kursen kommer att samverka med fysikkursen från vilken intressanta tillämpningar kan hämtas.

Fysik är en utökad variant av SI1135 Klassisk fysik 6,0 hp som läses av TSVDK1. Innehåller både klassisk fysik (inklusive termodynamik) och mer modern fysik såsom Schrödingerekvationen. Utvecklas av Mats Wallin.

Fourieranalys behandlar bl a Fourierserier och Fouriertransformer, ortogonala polynom, Hilbertrum, integrationskärnor och distributioner. Jämför med andra delen av SF1629 Differentialekvationer och transformer II 9,0 hp. Även i denna kurs ser vi möjligheten att integrera beräkningsteknik i form av snabba Fouriertransformer (FFT) och spektralmetoder för att lösa differentialekvationer.

Mekanik, fortsättningskurs är en vidareutveckling av SG1113 Mekanik II. Vi strävar efter att öka andelen matematisk modellering tidigt i utbildningen. Samläses med CTFYS2016.

Linjär algebra med numerisk analys, del 2 är en ny kurs med integrerad numerisk analys efter förebild i CFATE1 och TSVDK1. Fortsättningskurs med t ex singulärvärdesdekomposition, matrisfaktoriseringar, generaliserade egenvektorer, Jordankanonisk form, konditionstal mm.

Miljömodellering – jämför med KTH AL2135 och Chalmers MVE345. Kursen utvecklas av Maria Malmström (Industriell ekologi) i samarbete med matematikinstitutionen.

Villkorligt valbara kurser (12 hp). Minst en matematikkurs och minst en datalogikurs av de villkorligt valbara kurserna ska läsas (se nedan). Alla dessa kurser (8 matematikkurser och 10 datalogikurser) är befintliga kurser vars förkunskapskrav är uppfyllda i och med ettans kurser med ett fåtal undantag². De ges i olika perioder men de flesta går över två perioder vilket innebär att belastningen över året ändå kan göras ganska jämn. Bland de valfria kurserna är följande mest lämpade att läsa i årskurs två.

SF2736 ³	Diskret matematik	7,5
SF1628	Komplex analys	6,0
DDx352	Algoritmer och komplexitet	7,5–9,0
DD2310	Javaprogrammering för Pythonprogrammerare	1,5
DD2385	Programutvecklingsteknik	6,0

Läser man under årskurs 2–3 bara en datalogikurs rekommenderas Algoritmer och komplexitet. Ett standardval i årskurs två som schemat särskilt kan anpassas efter är Diskret matematik och Algoritmer och komplexitet.

²Algoritmer och komplexitet kräver Diskret matematik. Man kan t ex läsa Diskret matematik på hösten och Algoritmer och komplexitet på våren. Programutvecklingsteknik kräver Javaprogrammering för Pythonprogrammerare. Mjukvarukonstruktion kräver Programutvecklingsteknik

³Kommer att flyttas till grundnivå HT2016.

Årskurs 3

Obligatoriska kurser (33 hp) och valbara kurser (27 hp), förberedelse för kandidatexamensarbete och masterprogram.

EL1000	Reglerteknik	6,0
SF1811	Optimeringslära	6,0
HLxxxx (NY)	Medicinsk bildanalys	6,0
SA106X (NY?)	Examensarbete inom teknisk matematik, grundnivå	15,0

Reglerteknik kan samläsas med CTFYS3.

Optimeringslära är även valbar för CTFYS3 och CINEK3 och vissa masterprogram. Ges nu en gång om året men kommer kanske att ges både höst och vår i framtiden.

Medicinsk bildanalys är en kurs under utveckling på STH-skolan. Jämför med HL2012 Medicinsk bildrekonstruktion i 3D och HL2008 Simuleringsmetoder i biomedicinsk teknik (master: medicinsk teknik). Utvecklas av Mats Nilsson.

Examensarbete inom teknisk matematik, grundnivå — strukturen på KEX-arbetet kommer att styras upp mer än i dagsläget för att garantera att målen uppfylls.

Av de valbara kurserna är 15 hp helt valfria och kan till exempel ägnas åt språk som förberedelse för utbytesstudier eller åt teknikkurser. Minst 12 hp ska läggas på några av följande villkorligt valbara kurser (matematik/datalogi/mechanik/övriga):

SF2736 ³	Diskret matematik	7,5
SF1628	Komplex analys	6,0
SF2729 ³	Grupper och ringar	7,5
SF2713 ³	Analysens grunder	7,5
SF1904	Markovprocesser, grundkurs	3,0
SF2930	Regressionsanalys	7,5
SF2935	Moderna metoder för statistisk inlärning	7,5
SF1538	Projekt i simuleringsteknik	7,5
DD1352	Algoritmer, datastrukturer och komplexitet (höst)	9,0
DD2352	Algoritmer och komplexitet (mer teoretisk, vår)	7,5
DD2310	Javaprogrammering för Pythonprogrammerare	1,5
DD2385	Programutvecklingsteknik	6,0
DD1361	Programmeringsparadigm	7,5
DD1350	Logik för dataloger	6,0
DD1368	Databasteknik	6,0
DD1396	Parallellprogrammering	3,0
DD1393	Mjukvarukonstruktion	10,5
IS1500	Datorteknik och komponenter	9,0
SE1xxx (NY)	Hållfasthet med FEM	9,0
SE1020	Hållfasthetslära, grundkurs	9,0
SG1215	Strömningsmekanik (för F)	4,0
SG1217	Strömningsmekanik (för B och T)	6,0
SE1025	FEM för ingenjörstillämpningar	6,0
SD1120	Ljud och vibrationer	7,5
SD2125	Signaler och mekaniska system	6,0
HL1007	Medicinsk teknik, grundkurs	6,0
SF2565	Programkonstruktion i C++ för tekniskt-vetenskapliga beräkningar	7,5
EI1240	Teoretisk elektroteknik	9,0
EQ1120	Tidsdiskreta signaler och system	6,0

Javaprogrammering för Pythonprogrammerare är en webbaserad kurs som behöver läsas innan Programutvecklingsteknik.

Mjukvarukonstruktion är en projektkurs med projekt från näringslivet. Förkunskapskrav är Programutvecklingsteknik.

Hållfasthetslära med FEM är en ny obligatorisk kurs för Teknisk fysik 2016.

FEM för ingenjörstillämpningar har som förkunskapskrav Hållfasthetslära.

Ljud och vibrationer har som förkunskapskrav Hållfasthetslära och Strömningsmekanik. I nuläget obligatorisk för CFATE2, valfri CTFYS3 och obligatorisk i ett spår i masterprogrammet Teknisk mekanik.

Teoretisk elektroteknik läses idag av CTFYS2/3. Matchar inte någon specifik masterutgång men bra breddningskurs som passar in i programmet.

Årskurs 4–5

Det är möjligt att få civilingenjörsexamen inom ramen för programmet genom att välja något av följande program (se även avsnitt 2.3):

TTMAM	Tillämpad matematik och beräkningsmatematik
TMAKM	Matematik
TCSCM	Datalogi
TTEMM	Teknisk mekanik
TSCRМ	Systemteknik och robotik
TMAIM	Maskininläring ⁴
TTLSM	Trådlösa system

De obligatoriska/rekommenderade förkunskapskraven går att uppnå genom de valbara kurserna i årskurs 2 och 3:

Tillämpad matematik och beräkningsmatematik Läs SF2930 Regressionsanalys. Gärna SF2935 Moderna metoder för statistisk inläring.

Matematik Läs minst 3 av kurserna SF2736 Diskret matematik, SF1628 Komplex analys, SF2729 Grupper och ringar och SF2713 Analysens grunder.

Datalogi Läs SF2736 Diskret matematik, DDx352 Algoritmer och komplexitet, DD2385 Programutvecklingsteknik och gärna några fler datalogikurser.

Teknisk mekanik Läs Hållfasthetslära och Strömningsmekanik. Gärna några fler mekanikkurser.

Systemteknik och robotik Inriktar du dig på det mer teoretiska spåret *Systems and Control Theory*, nära kopplat till reglerteknik, så läs gärna SF1628 Komplex analys och EQ1120 Tidsdiskreta signaler och system. Inriktar du dig på spåret *Robotics and Autonomous System*, inriktat mot robotik, datorseende och maskininläring, så fokusera mer på datalogi.

Maskininläring Gärna DD1368 Databasteknik.

Trådlösa system Läs EQ1120 Tidsdiskreta signaler och system. Gärna SF1628 Komplex analys.

⁴Eventuellt kommer detta program i framtiden att försvinna och ersättas med ett nytt program inriktat mot stora och komplexa datamängder. Se avsnitt 2.4.

1.16 Uppfyllande av nationella mål

I arbetet med uppfyllandet av nationella mål har vi utgått från förslaget till målstruktur för master/civilingenjör med etappmål efter tre år [15, s. 5]. Det är naturligt att de kurser som är obligatoriska får ta ett större programansvar och i synnerhet de kurser som är skräddarsydda för Teknisk matematik. En övergripande ambition är dock att även utveckla kurser som ges för andra program i en riktning mot programmets mål. Vi tror att detta också gynnar de andra programmen.

Skräddarsydda kurser för Teknisk matematik med särskilt ansvar för många programmål inkluderar:

Matematisk kommunikation med skriftlig och muntlig framställning och projektarbeten i grupp,
Analytiska och numeriska metoder med projektarbeten och datorlaborationer,
Fysik med arbete i grupp, kamratlärande, modellering och datorlaborationer,
Miljömodellering med modellering och projektarbeten,
Medicinsk bildanalys med modellering och projektarbeten, och
Kandidatexamensarbete som innehåller de allra flesta målen.

Gemensamma kurser med särskilt ansvar inkluderar:

Ingenjörsvetenskap med modellering, skriftlig och muntlig framställning och teknikens roll,
Mekanik I och II med modellering, och
Reglerteknik med laborationer.

Nedan följer etappmålen efter tre år och de kurser som särskilt bidrar till målen nämns.

Kunskap och förståelse

- ▶ visa kunskap och förståelse inom området teknisk matematik, inbegripet kunskap om områdets vetenskapliga grund, kunskap om tillämpliga metoder inom området, fördjupning inom någon del av området samt orientering om aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete

Till detta bidrar alla kurserna i hög grad. De valbara kurserna, framförallt inom matematik och datalogi, leder till fördjupning inom någon del. Orientering om aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete förekommer främst inom senare kurser såsom **Fourieranalys**, **Optimeringslära** och **Medicinsk bildanalys** samt valbara kurser.

Färdighet och förmåga

- ▶ visa förmåga att söka, samla, värdera och kritiskt tolka relevant information i en problemställning
- ▶ visa förmåga att självständigt identifiera, formulera och lösa problem samt att analysera och utvärdera olika tekniska lösningar
- ▶ visa förmåga att planera och genomföra uppgifter inom givna ramar

Matematisk kommunikation introducerar alla tre målen. Modellering är en central aspekt i **Ingenjörsvetenskap** som sedan fördjupas i kurserna i **Mekanik**, **Fysik**, **Miljömodellering** och **Medicinsk bildanalys**. Öppna problemställningar förekommer i ett flertal kurser med början i de inledande analys- och mekanikkurserna. I **Analytiska och numeriska metoder** så förekommer projektarbeten där man behöver välja och utvärdera lämpliga metoder. I **Kandidatexamensarbetet** förekommer alla målen i hög utsträckning.

- visa sådan färdighet som fordras för att självständigt arbeta inom det område som utbildningen avser

Detta mål introduceras på ett särskilt vis i **Matematisk kommunikation**. Kursaktiviteter såsom kamratlärande (peer instruction) bidrar också till detta mål. Delar av det som matematisk kommunikation täcker in kan också examineras i andra kurser, t ex kan uppgifter i vissa kurser rättas av andra lärare och utifrån detta mål för att få till ett naturligt lärarsamarbete. **Kandidatexamensarbetet** är den sista etappen.

- visa förmåga att integrera och använda kunskap,
- visa förmåga att kritiskt diskutera företeelser, frågeställningar och situationer, samt modellera skeenden, med utgångspunkt i relevant information

Ingenjörsvetenskap introducerar modellering och arbetar mot det andra målet. **Mekanikkurserna** bygger vidare på detta. I **Fysik-** och **teknikkurserna** i årskurs 2 och 3 (**Miljömodellering**, **Reglerteknik**, **Medicinsk bildanalys**) så får studenterna visa att de har integrerat matematikkunskaperna och kan använda dem. Flera av de valbara kurserna examinerar mot båda målen, t ex ställer de valbara matematikkurserna höga krav på en kritiskt och systematiskt integrerad kunskap. **Kandidatexamensarbete** utgör det sista steget.

- visa förmåga att beskriva och utveckla enklare förslag till produkter, processer och system med hänsyn till människors förutsättningar och behov och samhällets mål för ekonomiskt, socialt och ekologiskt hållbar utveckling

Inom Teknisk matematik är det företrädesvis processer, metoder och tekniska lösningar som utvecklas.

Inom **Miljömodellering** kommer ekologiskt hållbar utveckling in på ett naturligt vis men detta är inte kursens huvudfokus (vilket är modellering inom miljöområdet). På samma sätt är det naturligt att ta hänsyn till ekonomiskt och socialt hållbar utveckling i **Medicinsk bildanalys**.

I övriga kurser kan hållbarhetsaspekter komma in i relevanta exempel som passar in i programmets profil och med korrekt svårighetsgrad. Dessutom bör hållbarhetsaspekten också genomsyra hela programmet. Ett exempel på detta är att vi förordar simuleringar istället för kostsamma experiment såsom i Fysik-kursen.

- visa förmåga att i samarbete planera, genomföra och redovisa givna uppgifter

Uppgifter som genomförs i grupp förekommer i ett flertal kurser, däribland i **Matematisk kommunikation** (projektuppgifter), **Programmering** och **Tillämpad datalogi** (programmeringslaborationer), **Linjär algebra och numerisk analys**, **Analytiska och numeriska metoder** (datorlaborationer och projektuppgifter), **Fysik** (datorexperiment), **Miljömodellering** (projektarbete/datorlaborationer), **Medicinsk bildanalys** (projektarbete/datorlaborationer), **Reglerteknik** (traditionella laborationer och datorprojekt). Därtill förekommer grupparbeten som läraaktiviteter men inte som examinationsmoment i flera andra kurser.

- visa förmåga att på svenska, och i viss mån även på engelska, muntligt och skriftligt redogöra för och diskutera information, problem och lösningar i dialog med olika grupper

Grunden för detta mål läggs i **Matematisk kommunikation** där både skriftlig och muntlig framställning examineras. Arbetet sker i dialog med övriga kursdeltagare. **Ingenjörsvetenskap** examinerar också mot detta mål. Projektuppgifter i **Analytiska och numeriska metoder**, **Miljömodellering** och **Medicinsk bildanalys** görs skriftligt och i några fall muntligt. **Kandidatexamensarbetet** kan utformas så att arbetet pågår i dialog med andra grupper. Läraaktiviteter som ger träning mot detta mål, såsom seminarier, ska

ingå i flera andra kurser. Detta inkluderar aktiviteter där man ger bra och dåliga exempel på rapporter och aktivt diskuterar förtjänster och brister.

De skriftliga inlämningsuppgifter som förekommer som examinationsmoment i kurserna i **Mekanik** skulle kunna utvecklas för att även träna den muntliga förmågan.

Värderingsförmåga och förhållningssätt

- ▶ visa förmåga att (inom området Teknisk matematik) göra bedömningar med hänsyn till relevanta vetenskapliga, samhälleliga och etiska aspekter
- ▶ visa insikt om kunskapens och teknikens roll i samhället, och om människors ansvar för hur de används
- ▶ visa förmåga att identifiera sitt behov av ytterligare kunskap och att utveckla sin kompetens

Etiska och samhälleliga aspekter som kommer in i programmet inkluderar: etiska regler kring intervjuer och behandling av personuppgifter vid statistiska undersökningar (statistikkurser), etik i grupp-arbete, reflektioner kring manliga och kvinnliga ingenjörroller i samhället (i **Ingenjörsvetenskap**), samhälleliga och etiska aspekter kan komma in i **Medicinsk bildanalys**.

Teknikens roll i samhället ingår explicit i **Ingenjörsvetenskap**. Genom fokuset på matematik och simulering i hela programmet så ökar förståelsen för matematikens kraft i tillämpningar men även dess begränsningar och svagheter. Med kraftfulla verktyg kommer större ansvar. Det finns dålig matematik: brister i modellering, simulering och beräkningar kan få katastrofala följder.

Det tredje målet kommer in redan i det att studenterna behöver välja kurser och sätta ihop sin egen kompetensprofil. Här har återkommande programaktiviteter en stor betydelse. Dessa kan beskriva hur programmet och dess kurser är utformade, ge information om valbara kurser och masterprogram samt relevansen för näringslivet. Däremot ska studenterna på egen hand aktivt undersöka de kurser och masterprogram som erbjuds, ha kontakt med företag och utforma sin egen utbildning. Programaktiviteter kan också utformas med aktiviteter som leder till att studenterna reflekterar över sina val.

Ingenjörsfärdigheter, progression och CDIO

I högskoleförordningen från 2007 höjdes ambitionsnivån vad gäller ingenjörsmässiga färdigheter och förmågor betydligt och examensmålen baseras på samma intentioner som CDIO [16, II.C, III.A]. Vi har ovan kortfattat nämnt hur dessa mål kommer in i utbildningen på olika nivåer.

En viktig del av CDIO-modellen är design- och byggkurser. Syftet med dessa kurser är att ge studenterna erfarenheter av projekt med liknande inriktning som yrkesverksamma ingenjörer inom området. I synnerhet får studenterna integrera och tillämpa kunskap från tidigare kurser och använda sin kommunikations- och samarbetsförmåga. I Teknisk matematik är inte produkter såsom farkoster i fokus utan utvecklingen av processer, metoder och tekniska lösningar. I synnerhet är det frågan om att simulera förlopp och att arbeta med hela kedjan från problemformulering till modeller, simuleringar och beräkningar och att utvärdera resultaten med återkoppling till det ursprungliga problemet. Jämför med programmålen under färdighet och förmåga i avsnitt 1.12.

Kommunikation introduceras bland annat i Matematisk kommunikation och Ingenjörsvetenskap. Modellering introduceras i Ingenjörsvetenskap och Mekanikkurserna. De första stegen mot simulering tas redan i Linjär algebra med numerisk analys. Alla dessa färdigheter integreras och tränas ytterligare i Analytiska och numeriska metoder och Fysik i årskurs 2. De kommer även in i teknikkurserna Miljömodellering, Reglerteknik och Medicinsk bildanalys och i kandidatexamensarbetet.

Måluppfyllnad efter fem år

Visa god måluppfyllnad oavsett masterval.

1.17 Förhållande till andra program på KTH

Bland programmen på KTH är Teknisk fysik det som ligger närmast Teknisk matematik och därefter kanske Datateknik, Farkostteknik och Industriell ekonomi. Programmet har utformats så att många av kurserna i årskurs ett går att samläsa med Teknisk fysik och studenterna bör organisatoriskt tillhöra F-sektionen.

Överlapp med Teknisk fysik

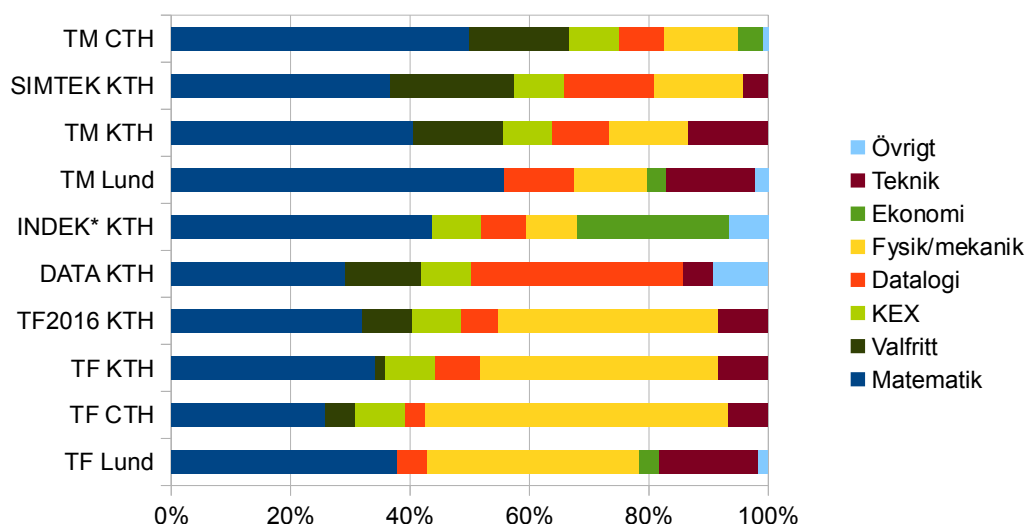
Alla masterprogrammen på Teknisk matematik är öppna för Teknisk fysik men med normal studiegång är det svårt att uppnå de rekommenderade förkunskapskraven för masterprogrammen i Tillämpad matematik och beräkningsmatematik, Matematik och Datalogi från Teknisk fysik. Även i de fall då de följer samma masterprogram så får de utexaminerade ingenjörerna i Teknisk matematik en annan profil och kan komma djupare i ämnet under masterdelen.

Överlapp med Datateknik

Några av masterprogrammen på Teknisk matematik är även öppna för Datateknik (där de flesta väljer master i datalogi). Datalogi har en betydligt större vikt i Teknisk matematik än Teknisk fysik men skillnaden mot Datateknik får dock ändå anses som stor.

Överlapp med Industriell ekonomi

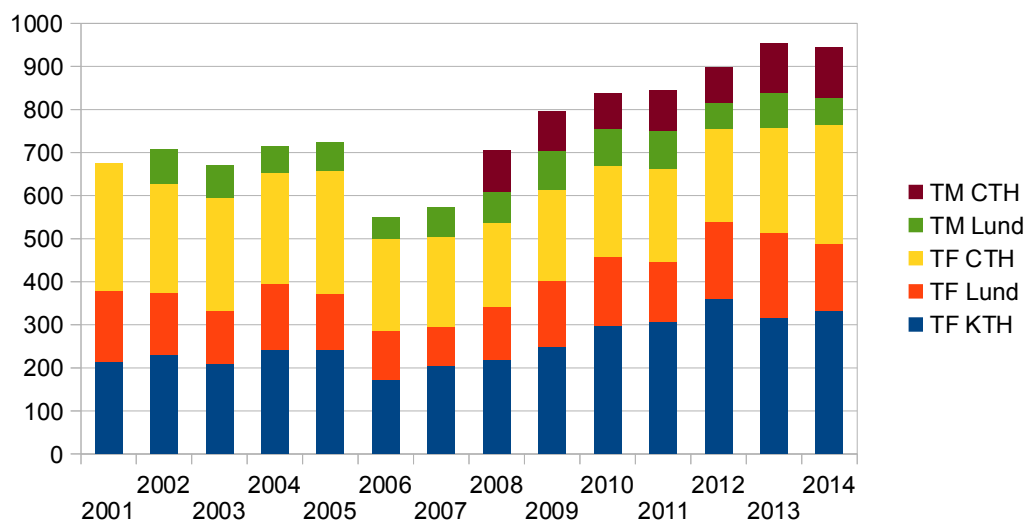
I Industriell ekonomi finns ett spår mot Tillämpad matematik. De som läser detta inriktar sig oftast mot finansiell matematik. De läser främst ekonomi och matematik. För att ta en civilingenjörsexamen i Industriell ekonomi måste studenterna dock fortsätta med masterprogrammet i Industriell ekonomi (TIEMM). Inom detta masterprogram kan de läsa spåret finansiell matematik eller optimeringslära och systemteori som båda kan innehålla relativt mycket matematik. Dock ingår det 33–40,5 hp obligatoriska kurser inom management under detta masterprogram.



Figur 4: Jämförelse av ämnesinnehåll under årskurs 1–3 mellan det nya programmet (TM KTH) och några närliggande program i Sverige. TF2016 KTH är det förslag till *Nya Teknisk Fysik* som kom i januari 2015. För INDEK baseras uppgifterna på spåret mot Tillämpad matematik.

Konkurrens vid rekrytering

Enligt en enkätundersökning gjord av F-sektionen skulle runt en tredjedel av nuvarande F-studenter överväga att i första hand söka Teknisk matematik. Statistiken över Chalmers och Lund tyder dock på att söktrycket på Teknisk fysik inte sjönk nämnvärt då Teknisk matematik startades i Lund och på Chalmers (se Figur 5). Se även Figur 1 och 7 samt Tabell 2.



Figur 5: Antalet förstahandssökande på Teknisk matematik och Teknisk fysik på KTH, CTH och LTH under 2001–2014.

Övergång från Öppen ingång

Eftersom det finns 3 hp valfrihet i varje period under ÅK2 så är det ganska lätt att få till en bra övergång från Öppen ingång till Teknisk matematik. Nedan är ett förslag till övergång.

I nuläget läser Öppen ingång följande kurser.

SG1102 Mekanik, mindre kurs, 6 hp kompletteras med SG1301 Mekanik, påbyggnadskurs 3 hp (sommar).

DD1310 Programmeringsteknik, 6 hp motsvarar DD1xxx Programmering 5 hp.

SF1624 Algebra och geometri, 7,5 hp kompletteras med SF1605 Kompletteringskurs i linjär algebra 1,5 hp.

SF1625 Envariabelanalys, 7,5 hp kompletteras med SF1606 Kompletteringskurs i differential- och integralkalkyl 3 hp.

SF1626 Flervariabelanalys, 7,5 hp kompletteras med kursen ovan.

SF1659 Matematik, baskurs, 4,5 hp kan ingå i Teknisk matematik i stället för SF1xxx Matematisk kommunikation 4 hp (kurserna är dock i nuläget väldigt olika).

SH1008 Miljöfysik och miljö kemi, 9 hp kan möjligen ersätta AL1xxx Miljömodellering i ÅK2 (dock två mycket olika kurser).

SF1546 Numeriska metoder, grundkurs, 6 hp överlappar till viss del med numerikbiten i linjär algebra-kursen och Analytiska och numeriska metoder i ÅK2. Förmodligen inte mycket att göra åt detta.

Återstår två kurser i årskurs 1 för Teknisk matematik:

DD1320 Tillämpad datalogi, 6,0 hp läses i årskurs 2, period 1–2 (med Teknisk fysik) eller period 3–4 (med Teknisk matematik mfl).

SF1901 Sannolikhhetsteori och statistik, 6,0 hp läses i årskurs 2, period 4, istället för Miljömodellering.

Återstår 6 hp valfrihet under årskurs 2 vilket ska läggas på en av de villkorligt valbara matematikkurserna. Årskurs 3 blir identisk bortsett från att de måste välja minst en datalogikurs.

Öppen ingång är mitt inne i ett förändringsarbete och övergångsplanen kan behöva att förändras.

Samläsning

Bland de obligatoriska kurserna så samläses 5–6 kurser med Teknisk fysik (32–38 hp). En av dessa kurser är också gemensam med Elektroteknik. Därutöver samläses en kurs med Industriell ekonomi och Medieteknik. De valbara kurserna i årskurs 2 och 3 samläses med övriga program i samtliga fall. I några fall är kurserna obligatoriska i andra program, främst Datateknik, Teknisk fysik och Farkostteknik.

Kursen Ingenjörsvetenskap är i nuläget alternativ-obligatorisk för Öppen ingång (period 3). En koordinering så att Teknisk matematik kan samläsa denna kurs, eller en utveckling av denna, med Öppen ingång torde vara möjlig.

De nya matematikkurserna som ingår i Teknisk matematik och Teknisk fysik 2016 kommer att utvecklas parallellt för de båda programmen. Även i de fall då två liknande kurser inte kommer att samläsas och har olika fokus, så kommer de att utvecklas i nära samarbete. T ex kan samma lärare vara examinator för båda kurserna för att garantera att kvaliteten är hög på båda programmen.

1.18 Studerandeutbyte

De befintliga masterprogrammen har ett bra utbyte med universiteten FAU Erlangen, TU Berlin, TU Delft, N5T (Nordic Five Tech) och UCL (Leuven/Louvain, Belgien). Alla med double degree-master. Det förekommer även regelbundet lärarutbyte med Erlangen. Andra starka partners inkluderar ETH, EPFL och TU München. Sedan i höst har ett nytt samarbete med Indian Institute of Technology Guwahati startas inom masterprogrammet Computer Simulations for Science and Engineering (COSSE).

Utöver dessa samarbeten så sker regelbundna utbyten med Madrid, Turin, Milano, Hong Kong, Singapore och Australien.

Utbytesavtal inom ämnet 11.1 (matematik) finns med:

Ecole Centrale Paris	ETH
Ecole Centrale de Lille	FAU Erlangen
Ecole Centrale de Lyon	Karlsruhe IT
Ecole Centrale de Marseille	U Mainz
Ecole Centrale de Nantes	LMU München
Keio University	TU München
INP Grenoble	Universidad Complutense Madrid
ENSTA	U Paris VI
Ecole Polytechnique	Ecole Nationale des Ponts et Chausees
EPFL	U Cambridge
U Zürich	TU Delft

2 Programspecifika uppgifter

2.1 Uppfyllande av lokala examensföreskriftens krav för kandidatexamen

Programmet uppfyller den lokala examensföreskriften om kurser på 180 hp varav

- minst 25 hp matematiska-naturvetenskapliga ämnen;
- minst 90 hp (inklusive 15 hp examensarbete) med successiv fördjupning inom huvudområdet för utbildningen

(se Tabell 1 på sidan 19).

2.2 Uppfyllande av lokala examensföreskriftens krav för civilingenjörsexamen

Den lokala examensföreskriften föreskriver kurser om 300 hp varav

- matematiska-naturvetenskapliga ämnen om minst 45 hp och därutöver minst 180 hp (inklusive 30 hp examensarbete) i ämnen centrala för teknikområdet;
- minst 90 hp på avancerad nivå, varav minst 60 hp (inklusive 30 hp examensarbete) i ämnen centrala för teknikområdet

Det andra kravet är uppfyllt eftersom masterprogrammen uppfyller detta mål. Det första kravet är uppfyllt eftersom de första tre åren innehåller minst 165 hp i ämnen centrala för teknikområdet.

2.3 Mappade masterprogram

Följande sju masterprogram är mappade mot Teknisk matematik.

- **Tillämpad matematik och beräkningsmatematik:** beräkningsmatematik, finansiell matematik, matematisk statistik, optimeringslära och systemteori
- **Matematik**
- **Datalogi:** autonoma system, datasäkerhet, IT-Management med Enterprise Architecture, programsystemteknik, språkteknologi, teoretisk datalogi, beräkningsbiologi, ljud och musik
- **Systemteknik och robotik:** Systems and Control Theory, Electrical Energy Systems, Networked Control Systems, Robotics and Autonomous System
- **Teknisk mekanik:** strömningsmekanik, hållfasthetsteknik, ljud och vibrationer
- **Maskininlärning:** tillämpad maskininlärning, beräkningsbiologi
- **Trådlösa system:** Information Processing and Transmission, Wireless Communications and Networks, Wireless Multimedia

En klar majoritet av studenterna förväntas välja Tillämpad matematik och beräkningsmatematik. Ett nytt masterprogram i stora och komplexa datamängder är under planeringsstadiet, se avsnitt 2.4. En ny inriktning inom datalogi mot visualisering är också under planeringsstadiet. Båda dessa inriktningar passar väl in i profilen för Teknisk matematik.

De mappade masterprogrammen är de program som har minst ett spår med ett tydligt och starkt inslag av matematik och/eller programmering och där rimliga förkunskaper går att uppnå inom ramen för valfriheten.

Det finns även andra ämnen där fördjupade kunskaper i matematik är värdefulla. Exempel på detta är ekologisk modellering, beräkningskemi och trafiksimulering. Vi har dock inte hittat något lämpligt masterprogram med dessa inriktningar som passar in i profilen för Teknisk matematik. Förslagsvis skulle man istället kunna inrätta ett samarbete med dessa ämnen inom ramen för masterprogrammet i Tillämpad matematik och beräkningsmatematik.

Dessutom finns följande två masterprogram där ena året läses utomlands och ger en dual-master.

- **Datorsimuleringar inom teknik och naturvetenskap (TDTNM)**, Computer simulation for Science and Engineering (COSSE), Erasmus Mundus
- **Ingenjörstillämpad matematik (TITMM)**, Master's Programme, Applied and Engineering Mathematics, Nordic 5 Tech

I nuläget går dessa masterprogram inte att mappa mot ett civilingenjörsprogram eftersom studenterna inte kan garanteras en plats.

2.4 Behövs det nytutveckling av masterprogram?

Nej. Det finns dock planer på ett nytt masterprogram inom stora och komplexa datamängder (*big data*) som drivs av CSC-skolan, EES-skolan, ICT-skolan och, till viss del, SCI-skolan. Detta masterprogram har fokus på både datalogi och matematik: infrastruktur och arkitektur för att hantera stora datamängder (*data engineering*) och dataanalys (*data science*). Programmet skulle passa mycket väl in i Teknisk matematik. Detta masterprogram skulle förmodligen ersätta bland annat masterprogrammet i Maskinlärning.

A Förslag till läro- och timplan

Nedan är ett förslag till läro- och timplan utifrån följande premisser:

- kurser som samläses med teknisk fysik är placerade enligt det senaste förslaget från arbetsgruppen för CTFYS2016 (2015-01-12);
- andra kurser som samläses och befintliga kurser är huvudsakligen placerade i de perioder som de ges under i dagsläget.

Årskurs 1

Följande kurser samläses med Teknisk fysik, åk 1:

- Analys 1 och 2,
- Programmering, och
- Sannolikheteori och statistik.

Tillämpad datalogi samläses med Industriell ekonomi (vissa inriktningar) och Medieteknik, åk 2. Nuvarande poängfördelning 3+3 kommer att ändras.

Mekanik kan samläsas med Maskinteknik, Design & Produkt eller Teknisk fysik (ges i period 3–4 i tre olika kursomgångar). Teknisk fysik har dock poängfördelningen 6.5+2.5.

En variant av ingenjörsvetenskap ges för Civilingenjörer och lärare (period 1) och en annan för Öppen ingång (period 3). Eventuell samläsning?

Per 1	Per 2	Per 3	Per 4
Analys 1 (7.5) (5)	(2.5)	Analys 2 (7.5) (6)	(1.5)
Linjär algebra med numerisk analys (9.0) (4.0)	(5.0)	Mekanik (9.0) (4.5)	(4.5)
Program- mering (5.0)	Ingenjörsvetenskap (6.0)	Tillämpad datalogi (6.0) (4)	(2)
Matematisk kommunikation (4.0) (1.0)	(1.5)	(1.5)	Sannolikhets- teori och statistik (6.0)
15	15	16	14

Årskurs 2

Följande kurser samläses med Teknisk fysik:

- Mekanik, fk

En villkorligt valfri kurs på hösten och en på våren. En i matematik, en i datalogi.

Ett alternativ med samläsning av Linjär algebra, fk med Teknisk fysik presenteras nedan.

Linjär algebra med num., fk (6.0)	Analytiska och nume- riska metoder (15.0) (7.5)	Fourier- analys (6.0)
Mekanik, fk (6.0)	Fysik (9.0) (4.5)	Miljömodel- lering (6.0)
12	12	12

Årskurs 3

Följande kurser samläses med Teknisk fysik:

- Reglerteknik (även obligatorisk för Elektroteknik), och
- Optimeringslära (valfri för Teknisk fysik).

Optimerings- lära (6.0)	Medicinsk bildanalys (6.0)	Kandidatexjobb (15.0) (7.5)
Reglerteknik (6.0)		
12	6	7.5

De flesta valbara kurser ligger i period 1–3. Möjligen kan kandidatexjobbet läggas enbart eller huvudsakligen i period 4 (t ex 5+10 hp).

Valbara kurser, åk 2+3

Förutom Hållfasthet med FEM (obligatorisk för Teknisk Fysik 2016 i årskurs 2) är alla dessa kurser befintliga kurser och placeringen den nuvarande eller planerade i CTFYS2016. För att underlätta att välja en kurs på hösten och en kurs på våren i årskurs 2 så kan placeringen av kurserna behöva att ändras något. För att få studiemedel från CSN för heltidsstudier måste man läsa minst 30 hp på hösten och 30 hp på våren: det räcker t ex inte med 27,5 hp på hösten och 32,5 hp på våren.

Komplex analys har tidigare varit en obligatorisk kurs för teknisk fysik men kommer inte att vara det efter 2016. Detta kan aktualisera en utveckling av kursen.

Följande valfria kurser är obligatoriska för Teknisk fysik:

- Hållfasthet med FEM (åk 2),
- Strömningsmekanik för F (åk 3), och
- Teoretisk elektroteknik (åk 3).

Följande valfria kurser är obligatoriska för Datateknik:

- Parallellprogrammering (åk 1),
- Logik för dataloger (åk 2),
- Programmeringsparadigm (åk 2),
- Databasteknik (åk 2),
- Datorteknik och komponenter (åk 2),
- Mjukvarukonstruktion (åk 2), och
- Algoritmer, datastrukturer och komplexitet 9,0 hp (åk 3).

Följande valfria kurser är obligatoriska för Farkostteknik:

- Ljud och vibrationer (åk 2),
- Strömningsmekanik för B/T (åk 2),
- FEM för ingenjörstillämpningar (åk 3), och
- Signaler och mekaniska system (åk 3).

Vad gäller hållfasthets- och strömningsmekanik-kurserna så rekommenderar vi från ett programperspektiv de kurser som ges för Teknisk Fysik eftersom de innehåller en högre grad av modellering, simulering och visualisering.

Per 1	Per 2	Per 3	Per 4
Komplex analys (6)	Diskret matematik (7.5)		
Analysens grunder (7.5)		Projekt i simuleringsteknik (7.5) (2.5) (5.0)	
	Grupper och ringar (7.5)		
	Moderna met. för stat. inläring (7.5)	Regressionsanalys (7.5)	
Algoritmer, datastrukturer och komplexitet (9.0) (6.0) (3.0)		Algoritmer och komplexitet (7.5) (4.5) (3.0)	
Datorteknik och komponenter (9.0) (4.5) (4.5)			Programutvecklingsteknik (6.0)
Logik (6.0) (3.0) (3.0)		Databasteknik (6.0) (4.0) (2.0)	
Programmeringsparadigm (7.5) (4.5) (3)			Parallellprogrammering (3.0)
	Mjukvarukonstruktion (10.5) (2.5) (7.5) (7.5)		
	Strömningsmekanik (för F) (4.0)	Strömningsmekanik (för B/T) (6.0)	
FEM för ingenjörstillämp. (6.0)	Signaler och mekaniska system (6.0)	Ljud och vibrationer (9.0) (3.0) (6.0)	
Hållfasthetslära, grundkurs (9.0) (3.0) (6.0)		Hållfasthetslära med FEM (9.0) (4.0) (5.0)	
Programkonstruktion i C++ för tekniskt-vetenskapliga beräkningar (7.5)		FEM för ingenjörstillämp. (6.0)	
Teoretisk elektroteknik (9.0) (6.0) (3.0)			Tidsdiskreta signaler och system (6.0)
Medicinsk teknik, grundkurs (6.0)			

Alternativ årskurs 2

Följande kurser samläses med Teknisk fysik:

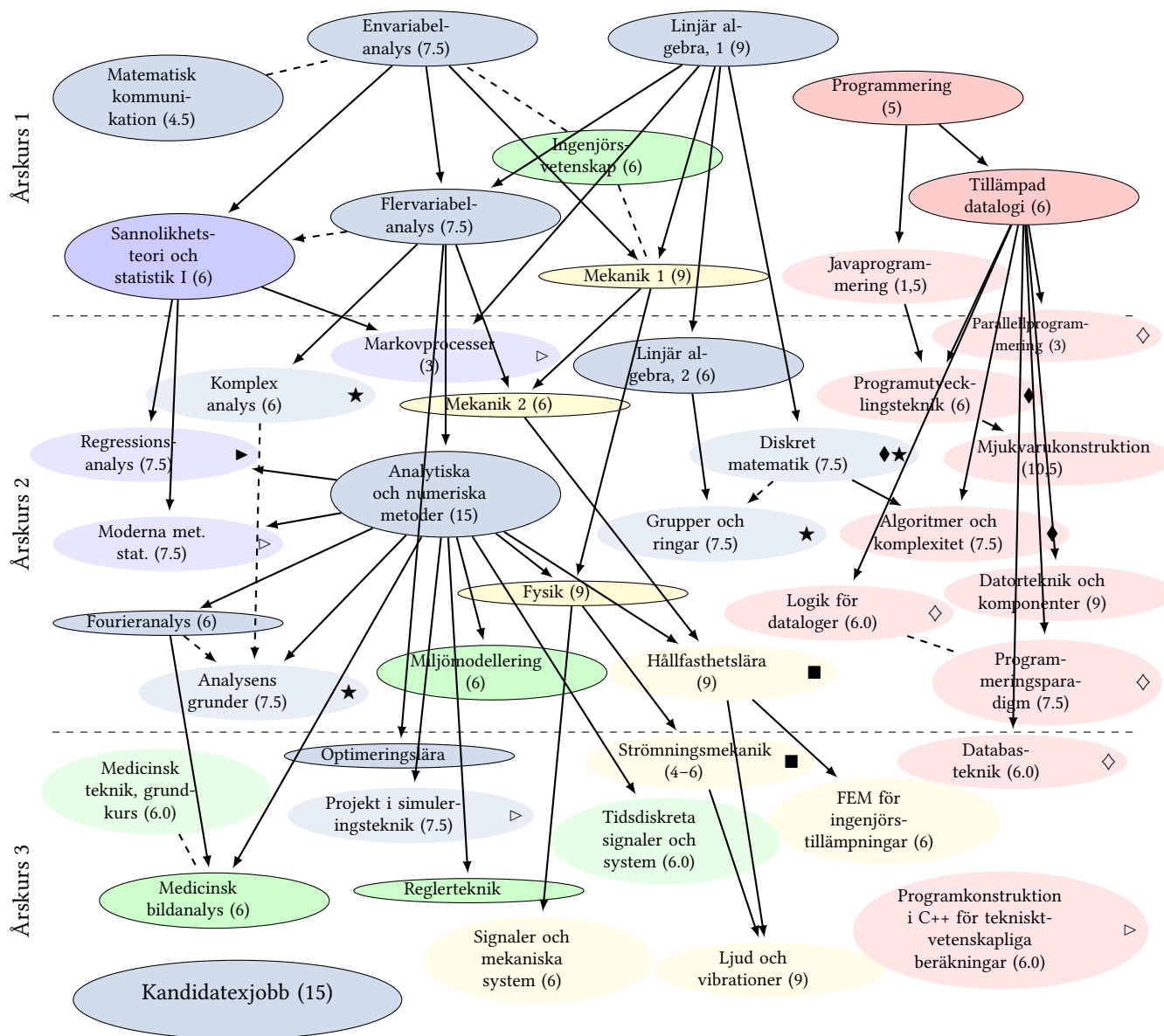
- Mekanik, fk
- Linjär algebra, fk (helt eller delvis)

En villkorligt valfri kurs på hösten och en på våren.

En i matematik, en i datalogi.

Analytiska och numeriska metoder (15.0)			Linjär algebra med num., fk (6.0)
(6)	(6)	(3)	
Mekanik, fk (6.0)	Fysik (9.0)		Miljömodellering (6.0)
	(6)	(3)	
		Fourier-analys (6.0)	
12	12	12	12

B Förkunskapskrav och progression



Årskursplacering gäller enbart de obligatoriska kurserna.

Teckenförklaring

- / ○ Matematik, obligatorisk/valfri kurs
- / ○ Datalogi, obligatorisk/valfri kurs
- / ○ Mekanik eller fysik, obligatorisk/valfri kurs
- / ○ Teknik, obligatorisk/valfri kurs
- ▶ / ▷ Förkunskapskrav/rekommenderad för master i tillämpad matematik och beräkningsmatematik
- ★ Förkunskapskrav för master i matematik (3 av 4)
- ◆ / ◇ Förkunskapskrav/rekommenderad för master i datalogi
- Förkunskapskrav för master i teknisk mekanik

C Mer statistik

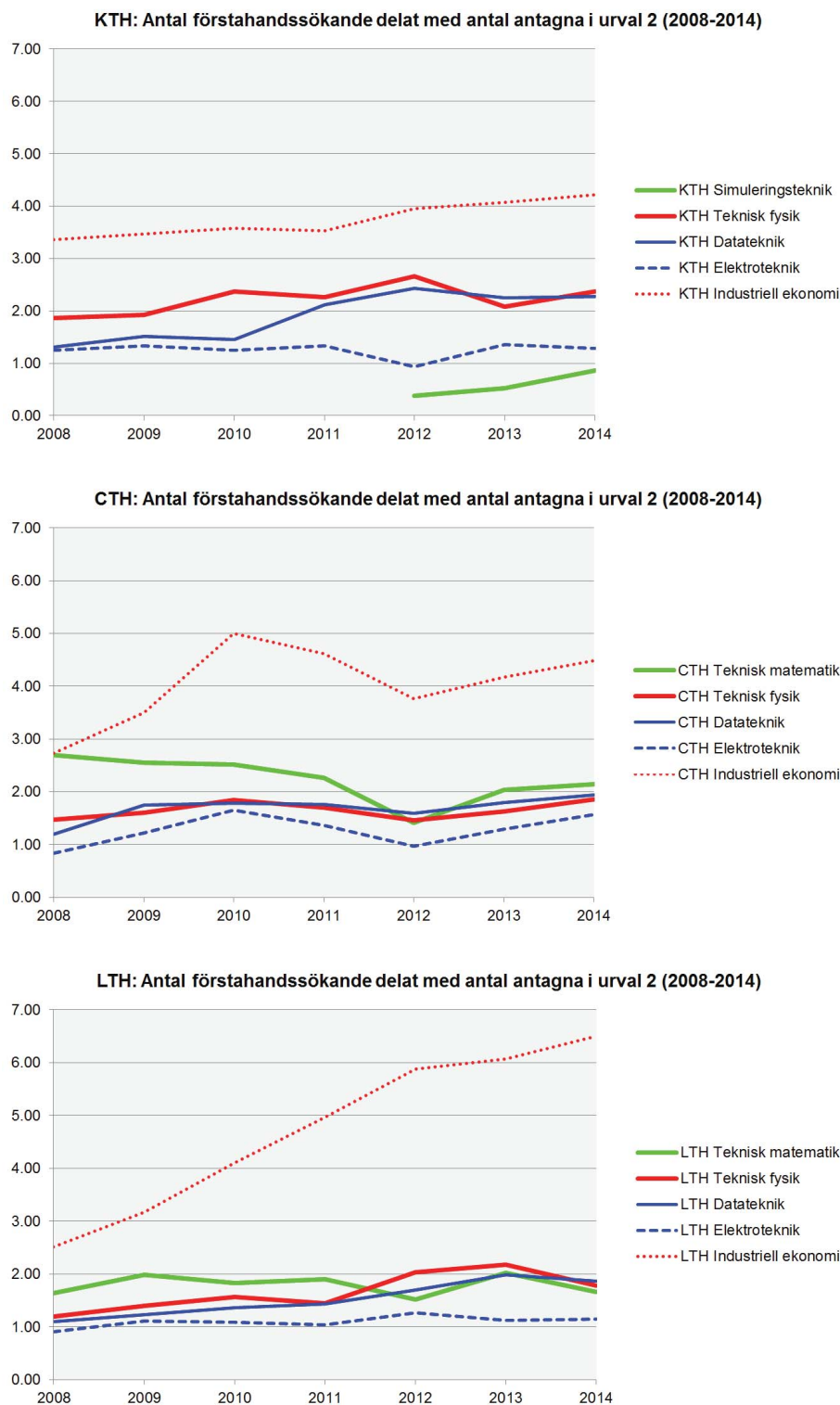
	Antal förstahandssökande													
Universitet: utbildningsprogram	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
CTH: Cívling Datateknik	322	304	269	217	196	134	115	126	171	166	171	162	207	212
CTH: Cívling Elektroteknik	283	209	199	210	136	103	78	70	88	117	95	76	110	110
CTH: Cívling Industriell ekonomi	418	432	374	343	330	334	344	383	438	475	503	504	563	605
CTH: Cívling Teknisk fysik	295	253	264	256	284	214	209	194	214	212	214	215	245	276
CTH: Cívling Teknisk matematik (40-50 platser)	-	-	-	-	-	-	-	97	92	83	95	82	114	118
KTH: Cívling Datateknik	486	357	303	277	248	199	236	188	240	245	326	401	452	454
KTH: Cívling Elektroteknik	157	163	104	73	89	54	47	65	73	71	68	72	110	110
KTH: Cívling Industriell ekonomi	352	379	418	424	401	377	397	483	537	550	564	667	716	747
KTH: Cívling Teknisk fysik	214	229	211	243	172	204	220	250	297	306	359	317	332	332
KTH: Cívling Farkostteknik	258	275	232	240	248	206	141	174	172	122	135	167	116	145
KTH: Kand Simuleringsteknik (40 platser)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	19	31
LTH: Cívling Datateknik	248	237	184	175	171	114	137	151	172	189	204	216	252	235
LTH: Cívling Elektroteknik	160	131	114	84	90	60	65	79	108	119	100	115	103	96
LTH: Cívling Industriell ekonomi	302	323	300	265	237	211	265	304	374	480	611	646	668	683
LTH: Cívling Teknisk fysik	166	146	121	153	130	114	92	122	151	161	142	181	196	157
LTH: Teknisk matematik (40 platser)	-	81	75	62	67	50	69	72	89	86	89	62	81	63
GU: Matematikprogrammet, kandidat	31	45	47	40	57	37	24	26	23	31	23	24	34	37
LU: Matematikprogrammet, kandidat	15	15	15	14	21	12	8	9	22	18	22	26	22	22
LU: Matematikprogrammet, kandidat (engelska)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	6
SU: Matematikprogrammet, kandidat	-	-	-	-	-	-	-	25	34	34	34	53	47	59
KI: L�karprogrammet	861	961	1158	1261	1332	1316	1456	1714	1772	1965	1728	1810	1925	2248
Handelsh�gskolan i S�hlm: CivEkon	1896	1941	1791	1780	1920	1677	1366	1286	1470	1556	1833	1797	1841	2084

Tabell 2: Antalet förstahandssökande på några program på KTH, CTH och LTH under 2001–2014.



Figur 6: Vilka program och områden känns intressanta? Från studie om unga kvinnors uppfattning om tekniska utbildningar [17, s. 22].

Antalet förstahandssökande per antagningsplats i urval 2 f r åren 2008–2014 visas i Figur 7. Teknisk matematik på CTH och LTH har runt 2 sökande per antagningsplats, i nivå med Teknisk fysik på KTH, som ligger högre än motsvarande program på CTH och LTH. Noterbart är sänkningen för Teknisk matematik på CTH  r 2012 då de ökade programmets planeringstal från 40 till 50. Andelen studenter som i första hand vill studera Teknisk matematik är stabilt hög.



Figur 7: Antalet förstahandssökande per antagningsplats på några program på KTH, CTH och LTH under 2008–2014.

Antagningspoäng (urval 2)	2010				2011				2012				2013				2014			
	BI	BII	HP	MAFY	BI	BII	HP	MAFY	BI	BII	HP	MAFY	BI	BII	HP	MAFY	BI	BII	HP	MAFY
CTH: Civing Datateknik	18.70	17.27	1.40	-	18.39	18.86	1.40	-	18.40	17.19	1.30	-	19.00	17.70	1.50	-	18.40	18.30	1.55	-
CTH: Civing Elektroteknik	19.17	17.75	1.30	-	17.82	18.80	1.20	-	18.00	17.00	1.20	-	18.80	17.60	1.35	-	19.50	18.24	1.45	-
CTH: Civing Industriell ekonomi	21.91	22.00	1.70	-	21.72	21.85	1.70	-	21.76	21.77	1.70	-	21.81	22.00	1.70	-	21.65	21.91	1.65	-
CTH: Civing Teknisk fysik	20.80	20.17	1.60	30	20.90	20.04	1.50	30	20.74	19.00	1.60	30	20.50	19.07	1.55	30	21.30	19.10	1.70	-
CTH: Civing Teknisk matematik	21.36	22.50	1.80	30	21.00	21.40	1.70	32	19.70	18.96	1.60	30	20.70	19.90	1.65	30	20.90	19.00	1.70	-
KTH: Civing Datateknik	18.77	17.20	1.20	-	19.50	19.09	1.30	-	20.30	20.02	1.60	-	19.40	19.04	1.50	-	19.00	19.50	1.45	-
KTH: Civing Elektroteknik	19.00	16.57	1.10	-	18.90	17.61	1.10	-	18.19	17.60	1.30	-	19.00	18.86	1.30	30	19.07	18.55	1.25	30
KTH: Civing Industriell ekonomi	21.80	22.00	1.60	-	21.50	21.55	1.60	-	21.70	21.70	1.70	-	21.81	22.00	1.70	-	21.90	22.00	1.70	-
KTH: Civing Teknisk fysik	21.50	20.72	1.70	-	21.90	21.60	1.60	30	22.10	22.11	1.70	30	22.10	21.71	1.65	30	22.30	22.00	1.75	32
KTH: Civing Farkostteknik	18.20	17.04	1.00	-	18.92	17.90	1.00	32	19.50	17.98	1.30	34	18.90	18.30	1.20	36	18.90	19.02	1.20	30
KTH: Kand Simuleringsteknik	-	-	-	-	-	-	-	-	13.90	12.12	0.70	-	12.52	12.44	0.55	-	12.34	12.83	0.35	-
LTH: Civing Datateknik	17.40	17.13	1.00	-	17.70	17.24	1.10	-	18.26	17.73	1.30	-	19.00	18.60	1.35	-	18.90	19.40	1.45	-
LTH: Civing Elektroteknik	17.52	17.87	1.00	-	18.20	17.60	1.00	-	18.70	18.32	1.30	-	18.30	18.78	1.35	-	19.40	18.35	1.35	-
LTH: Civing Industriell ekonomi	21.50	21.55	1.60	-	21.90	22.01	1.60	-	22.10	22.05	1.70	-	22.20	22.30	1.70	-	22.30	22.30	1.75	-
LTH: Civing Teknisk fysik	20.40	20.80	1.40	-	20.90	20.70	1.40	-	21.52	16.66	1.60	-	21.40	20.90	1.60	-	21.56	20.70	1.60	-
LTH: Civing Teknisk matematik	20.50	18.80	1.40	-	20.76	20.80	1.50	-	20.70	19.60	1.50	-	20.75	20.34	1.60	-	21.00	21.75	1.60	-
BI:	Sökande med gymnasiebetyg utan komplettering																			
BII:	Sökande med gymnasiebetyg med komplettering																			
HP:	Sökande med resultat från högskoleprov																			
MAFY:	Resultat från Matematik-Fysikprovet																			

Tabell 3: Antagningspoäng på några program på KTH, CTH och LTH under 2010–2014.

D Medverkande

Arbetsgruppen som utarbetat förslaget har utgjorts av följande personer.

- Mats Boij (matematik)
- Mattias Dahl (matematik)
- Katarina Gustavsson (matematik, PA simuleringsteknik och virtuell design)
- David Rydh (matematik, sammankallande)
- Gunnar Tibert (mekanik/farkost, GA)
- Mats Wallin (teoretisk fysik)
- Tobias Bolin (student, simuleringsteknik och virtuell design)
- Niclas Fuglesang Geuken (student, teknisk fysik)
- Erik Lindström (student, chef för utbildningsinflytande på THS)

Vi vill också rikta vårt tack till alla som har läst delar av förslaget och kommit med synpunkter, däribland de som nämns nedan.

Program- och grundutbildningsansvariga

- Kristian Bjerklöv (SCI, PA Master i matematik)
- Ninni Carlsund (SCI, PA COPEN)
- Olov Engwall (CSC, GA)
- Lars Filipsson (SCI, tidigare PA CFATE)
- Henrik Hult (SCI, PA Doktorsprogram i tillämpad matematik)
- Anna-Karin Högfeldt (ECE, PA-nätverk)
- Patric Jensfält (CSC, PA Master i systemteknik och robotik)
- Joakim Lilliesköld (EES, GA, PA CELTE)
- Filip Lindskog (SCI, PA Master i tillämpad matematik och beräkningsmatematik)
- Mats Nilsson (STH, GA, PA CMEDT)
- Mårten Olsson (SCI, PA CTFYS)
- Hans Thunberg (SCI, tidigare PA CL och COPEN)

Övrigt fakultet

- Nicholas Apazidis (SCI, mekanik)
- Jonas Bergström (SU, matematik)
- Tomas Ekholm (SCI, matematik)
- Anders Forsgren (SCI, matematik)
- Michael Hanke (SCI, matematik)
- Xiaoming Hu (SCI, matematik)
- Johan Håstad (ordf SMC, CSC, teoretisk datalogi)
- Viggo Kann (CSC, teoretisk datalogi)
- Erwin Laure (CSC, högprestandaberäkningar)
- Jan Scheffel (EES, fusionsplasmafysik)

- Roy Skjelnes (SCI, matematik, huvudstudierektor)
- Krister Svanberg (SCI, matematik)
- Anders Szepessy (SCI, matematik)
- Dan Zenkert (SCI, farkost)
- Ozan Öktem (SCI, matematik, CIAM-koordinator)

Doktorander och studenter

- Simon Larson (SCI, doktorand matematik, examen från Teknisk matematik på CTH)
- Sara Pålsson (SCI, doktorand matematik, examen från Teknisk matematik på LTH)
- Rebecca Staffas (ordf. F-sektionen på KTH)

Näringslivsrepresentanter

- Beatrice Jonsson (Scania, KTH-koordinator)
- Ola Hammarlid (Swedbank)
- Ola Widlund (ABB Corporate Research)
- John Mattsson (Ericsson Research Security)
- Maria Edwardsson (Ericsson Research Radio Access Technologies)
- Stefan Parkvall (Ericsson Research Radio Access Technologies)
- Björn Hårdemark (Raysearch Laboratories, forskningschef)

Referenser

- [1] *Kvalitetsutvärdering av matematik och matematisk statistik och närliggande huvudområden*, UKÄ 411-00308-13, 2013, <http://www2.hsv.se/download/kvalitet/matematik-och-matematisk-statistik-2012.pdf>.
- [2] *RAE2012 – KTH Research Assessment Exercise 2012*, KTH, <https://www.kth.se/en/forskning/rae>.
- [3] Boij, M. & Svanberg, K., *Enkätundersökning om matematikens roll i civilingenjörsutbildningen på KTH*, 2008
- [4] Borglund, D., *NOTIS-projektet: Slutrapport levererade till Europeiska Socialfonden*, KTH, ECE-skolan, September 2014.
- [5] Magnell, M., & Högfeldt, A.-K., *Guide to Challenge Driven Education*, ECE Teaching and Learning in Higher Education No 1, 2015.
- [6] *Leif brinner för breddad rekrytering*, Campi, 13 nov 2014, <https://campi.kth.se/nyheter/leif-brinner-for-breddad-rekrytering-1.519505>.
- [7] Geschwind, L. & Söderlind, J., *Utvärdering av matematik- och fysikprovet vid KTH*, Rapport, KTH, 7 okt 2014.
- [8] Karlsson, P., *Framtidsutsikter: Arbetsmarknaden för akademiker år 2019*, SACO 2014, http://www.saco.se/globalassets/saco/dokument/rapporter/2014_framtidsutsikter.pdf.
- [9] *The Best Jobs of 2014*, CareerCast.com, <http://www.careercast.com/jobs-rated/best-jobs-2014>.

- [10] *Brist på matematik tar Sandvik till Indien*, Ny Teknik, 5 mars 2008, http://www.nyteknik.se/nyheter/innovation/forskning_utveckling/article267090.ece.
- [11] *Matematik finns i allt*, 2010, Kungliga vetenskapsakademiens klass för matematik i samarbete med Svenska Matematikersamfundet och Svenska Statistikfrämjandet, <http://nkmat.kva.se/wp-content/uploads/2014/02/mathematics-highdimensional110310.pdf>.
- [12] *Matematik som teknologi*, Forskarbladet.se, 14 juni 2014, <http://forskarbladet.se/index.php/artiklar/matematik-som-teknologi/>.
- [13] *Simuleringsdriven innovation*, Forskarbladet.se, 26 juni 2013, <http://forskarbladet.se/index.php/artiklar/simuleringsdriven-innovation/>.
- [14] MackAldener, M. & Swartling, F., *Ingenjörsmässighet är vad Sverige behöver*, jan 2015, <http://tinyurl.com/p6xl4pl>.
- [15] Rosén, A. et al, *Programsmål inom den nya utbildningsstrukturen på KTH*, Rapport, KTH, 24 juni 2010.
- [16] Edström, K., Klasén, I., Hanson, M., Karlsson, S., och Malmström Jonsson, E., *Strategi för utveckling av samtliga KTHs ingenjörsutbildningar: anpassning och uppdatering av CDIO-modellen*, Proceedings från 2:a Utvecklingskonferensen för Sveriges ingenjörsutbildningar, 2009, Lunds Tekniska högskola.
- [17] *Unga kvinnor om teknisk vidareutbildning: En kvalitativ undersökning november 2014*, YouGov i samarbete med KTH.



Skolan för teknikvetenskap
2015-03-02

Några tankar om rekrytering och genusaspekter i utbildningens innehåll och genomförande

Inledning

Vid starten på arbetet med ansökan för ett Civilingenjörsprogram i Teknisk Matematik var Gustav Amberg, KTH:s vicerektor för fakultetsförnyelse och jämställdhet, inbjuden till arbetsgruppen och påtalade vikten om att ta med genusaspekter i utvecklingen av programmet. På Gustavs inrådan kontaktade vi lämpliga personer som kunde hjälpa oss i arbetet med detta, bl.a. Maja Fjæstad (ABE-skolan), Kristina Edström (ECE-skolan) och Annika Vänje (STH-skolan). Maja blev utnämnd till statssekreterare i den nya regeringen och tog tjänstledigt från KTH, Kristina hade inte möjlighet att hjälpa till men kom med tips, bl.a. om Andreas Ottemos utredning för Chalmers 2008 (Ottemo, 2008). Andreas kontaktades tidig höst 2014, men han var i slutfasen av sin doktorsavhandling och hade då av naturliga skäl inte tid att hjälpa oss. I referensgruppen för Andreas rapport satt Annika Vänje som kontaktades och hon var villig att hjälpa till, men hade alltför ont om tid för att ta en större roll. Eftersom Ottemos rapport visade att det redan fanns många utredningar på området och exempel på lärosäten som kraftigt ökat andelen kvinnor som rekryterats samt ökat andelen som stannade kvar och slutförde sin utbildning valde arbetsgruppen, genom grundutbildningsansvarig Gunnar Tibert, att sammanfatta utredningarnas viktigaste slutsatser rörande rekrytering och genusaspekter i utbildningens innehåll och genomförande i denna rapport.

Rekrytering av kvinnor

KTH:s rekryteringsavdelning har under de senaste åren gjort målgruppsundersökningar i syfte att förstå hur gymnasie studenter, framförallt kvinnor, uppfattar KTH:s program och lärmiljö. Den 18 februari 2015 lanserades kampanjen KTH Giants, (Klackenberg, 2015), i syfte att få unga, ambitiösa tjejer att söka till KTH:s civilingenjörsutbildningar inom Data, Informationsteknologi och Elektroteknik. Kampanjens utformning bygger på färsk fokusgruppsintervjuer av gymnasie studenter (YouGov, 2014). Utformningen av kampanjen har delvis redan mött kritik: "Jag är rädd för att filmen gör KTH en björntjänst. Jag tror att smarta unga tjejer blir förbannade i stället. Varför ska de lockas till KTH med en film som mer för tankarna till schamporeklam?" (Ahlbom, 2015). Snickars & Vänje (2006) konstaterar också i sin utredning för regeringen att rekryteringskampanjer inte ger de långvariga effekter som eftersträvas:

"De senaste åren har en rad olika satsningar på rekrytering av kvinnor till ingenjörsutbildningarna genomförts av de tekniska universiteten. Medel har bland annat lagts på uppsökande verksamhet på gymnasieskolorna, sommarkurser vid universiteten riktade till tjejer på grund- och gymnasieskolenivå, samt material i form av text för att öka andelen kvinnor på ingenjörsutbildningarna... Det innebär att en rad åtgärder har vidtagits för att fler kvinnor ska bli yrkesverksamma inom den tekniska sektorn. En brist i dessa aktiviteter har varit att de varit inriktade på just rekrytering till utbildningarna. Det har inte skett någon större kritisk granskning som i praktiken påverkat utformningen av utbildningarna, innehållet eller de sociala aspekterna under utbildningen... Utan att dra förhastade slutsatser kan därför sägas att rekryteringsverksamheten i stort varit inriktad på att locka tjejer till de tekniska universiteten. Innehåll i utbildning och sociala aktiviteter har inte stått i fokus. Andelen kvinnliga studenter har inte heller ökat utan som skrivs tidigare i denna handlingsplan minskat."

Dessa observationer delas också av Andreas Ottemo och Torgny Roxå (Wigerfelt, 2010):

"Det har genom åren gjorts många utredningar om rekryteringar och resultaten blir ständigt desamma. Det arrangeras jippon och teknikdagar, med tanken att gymnasisterna ska lockas till teknisk utbildning när de får se hur spännande det är. Och när det inte funkar söker man sig allt längre ner i åldrarna." (Ottemo)

"...ett av problemen är att högskolorna länge varit alltför konservativa och ovilliga till förändringar av utbildningen. Han ser att en paradox i detta har vuxit fram: Hur länge kan utbildningarna undvika att förändras i en tid när samhällsomvandlingen som den tekniska kulturen drivit fram botar att göra de egna utbildningarna gammalmodiga?" (Roxå)

"Det finns andra perspektiv på rekryteringsproblemet om man blickar utomlands... Istället för att se de inledande åren som ett stälbad för att sälla fram de mest lämpade till en elitutbildning, borde man fråga sig vad studenterna upplever som stimulerande. Ingenjörsutbildningen behöver helt enkelt en ny identitet." (Ottemo)

Ottemo pekar också på att förändringar i utbildningarnas utformning och innehåll är nyckeln till att varaktigt förbättra andelen kvinnor på ingenjörsutbildningar ([Wigerfelt, 2010](#)).

Tydligare information om vilka färdigheter som utbildningen leder till lyfts också fram som viktigt för rekrytering ([Snickars & Vänje, 2006](#)):

"En väsentlig aspekt när det gäller att rekrytera och utbilda fler kvinnor och en vidare grupp av män inom IT-området är att tydligt informera om vilka färdigheter en utbildning leder till, så kallade "learning outcomes". Denna information bör rikta sig till ungdomar på behörighetsgivande utbildningar samt nyligen examinerade från dessa utbildningar. Lärosätena bör göra satsningar på att informera blivande studenter vad utbildningarna innehåller och vad de leder till."

Arbetet på Carnegie Mellon University i slutet av 1990-talet då de på 5 år höjde andelen kvinnor från 7 (7 av 96) till 42% (54 av 130) på Datateknikutbildning visar att bra rekryteringsinsatser är en viktig del för att fler kvinnor ska se tekniska utbildningar som bra utbildningar ([Margolis & Fisher, 2002](#)).

Utbildningens genomförande och innehåll

KTH-studien av [Snickars & Vänje \(2006\)](#), med fokus på IT-utbildningar, listar ett antal åtgärder som lärosätena kan göra för att förbättra andelen kvinnor på dessa utbildningar. Deras utgångspunkt har varit:

- "1. det är inte kvinnorna som är ansvariga för och själva ska lösa minoritetssituationen;*
 - 2. det är inte kvinnorna som ska anpassa sig till rådande strukturer och värderingar.*
- Det krävs ett förändringsarbete där kvinnor och män är delaktiga i dimensioner som (användningen av) symboler, rådande strukturer, kommande yrkesroller och sociala aktiviteter".*

Förändringsarbete på flera nivåer betonas också av KTH:s prorektor i relation till kampanjen KTH Giants ([Klackenberg, 2015](#)):

"–Jag brukar säga att KTH:s anor och traditioner är en otrolig styrka för ett lärosäte, men kan just i sådana här frågor vara en begränsning. Allt var inte bättre förr. För att attrahera tjejer handlar det inte om att ändra programmen utan att snarare kulturen i hur man bemöter, berättar, involverar och engagerar alla studenter till vardags på KTH."

Några av de åtgärder som föreslås av [Snickars & Vänje \(2006\)](#) är:

"Lärosätena ska se över IT-utbildningarnas innehåll utifrån ett samhällsperspektiv och utveckla dessa så att studenterna ges möjlighet att gå inriktningar med ett tvärvetenskapligt perspektiv på IT."

"Lärosätena ska bygga upp fadderverksamheter inom berörda utbildningar i syfte att skapa kontakter mellan de få kvinnor som går utbildningarna."

"Lärosätena bör få i uppdrag att utbilda lärare, programansvariga samt forskarhandledare vid aktuella program och ämnesområden i genusperspektiv på teknik och pedagogik."

”Varje enskilt lärosäte som bedriver högre IT-utbildning ska samarbeta med gymnasieskolan och grundskolan i den aktuella regionen. Syftet är att höja kunskapsnivån hos lärarna när det gäller datateknik och genusperspektivets betydelse.”

De nämner också att ”Det är även viktigt att bryta homogeniteten genom att försöka attrahera en vidare grupp av män, representerad av olika åldrar, sociala bakgrunder och etnicitet.” (Snickar & Vänje, 2005).

Utmärkelsen ”Årets Teknikvinna” tilldelades 2013 grundare av webbplatsen womengineer.org för sitt ”brinnande intresse för att locka tjejer till ingenjörsyrket” (Obminska, 2013). Läser man inläggen från studenter och yrkesverksamma hittar man flera beskrivningar av studenternas lärandemiljö. En student (Karlsson, 2015) skriver så här om matematikkursen i envariabelanalys:

”Upplägget var däremot ingenting att klaga på. Alla lär sig olika och denna kurs var verkligen blandad. Vi hade allt från föreläsningar, övningar, seminarier till ’SI-möten’. Föreläsningarna var som vid de flesta kurserna väldigt grundläggande och en aning långsamma. Övningarna var riktigt grymma (om man gick till rätt asse = lärarassistent). Vid seminarierna kunde man plocka bonuspoäng till tentan genom att vid varannat tillfälle skriva ett litet prov, och till de andra lämna in en uppgift. SI-mötena var tillfällen för att i små grupper av människor i klassen diskutera det vi tyckte var svårt och hjälpa varandra. Jag gick inte på SI-mötena men enligt mina vänner var de givande. Men som sagt, alla pluggar olika.”

Andra kurser fick inte lika bra omdömen; detta är bara en students åsikter, men det är tydligt att varierad och valfri pedagogik uppskattas. Vikten av en god pedagogik som rekryterande och som viktig för att studenterna inte ska hoppa av utbildningen påpekas av (Margolis & Fisher, 2002):

”We have noted in earlier chapters that good teaching is especially important to women because failures in pedagogy or in curricular integration affect women disproportionately. Our main effort in this regard was to use the teaching assignment process to put better, more experienced, and more senior teachers (note that these are not always correlated!) into the earliest courses of the curriculum, where women reported having the most distress.”

”We have noted that a curriculum that places technology in the context of its real-world uses and impact is appealing to female students. Some of the elements of a contextual approach include

- Early experiences that situate the technology in realistic settings,*
- Curricula that exploit the connections between computer science and other disciplines, and*
- Diverse problems and teaching methods that appeal to a broad variety of learning styles.”*

Margolis & Fisher (2002) arbetade för att förändra kulturen på datateknikprogrammet för att attrahera en bredare grupp studenter:

”We have observed in preceding chapters that many students and faculty picture computer science students as narrowly focused, intense hackers. For students for whom this is not an appealing work style and whose career aspirations extend beyond narrowly technical work, this image can be repellent or discouraging. One of the aims of higher education must be to provide students with a broad picture of possibilities and to create an environment where alternate models are valued and respected. Faculty must be mindful of ways that the hacker culture becomes an ideal that is consciously and unconsciously promoted.”

Utbildning i jämställdhet, mångfald och likabehandling

Snickars & Vänje (2006) diskuterar tidigare jämställdhetssatsningar i Sverige och vikten av utbildning av lärare i genusfrågor:

”NyIng-programmet som genomfördes av Linköpings universitet under andra halvan av 1990-talet på regeringens uppdrag hade för avsikt att förnya ingenjörsutbildningarna och innefattade även ett genusperspektiv. Här kan nämnas den rapport 'Att undervisa kvinnliga ingenjörer' som Minna Salminen Karlsson (1998) skrev om kvinnor vid dessa utbildningar. Hon tog bland annat upp vilken betydelse kön hade i undervisningssituationen samt lärares attityder och förhållningssätt till kvinnor som är teknologer. De förslag till åtgärder som NyIng lade fram när det gällde, vad de kallades för, genusperspektivet kom att användas mer på individnivå i form av enskilda lärare som var intresserade av frågan... Ett lärande på grupp- respektive organisationsnivå skedde aldrig, därmed inte heller någon varaktig förändring. Detta visar att det är centralt att väva in ett genusperspektiv i den ordinarie verksamheten.”

”För att kunna skapa en mer långsiktig förändring krävs att kunskapsnivån om genus, teknik och pedagogik höjs hos lärare och programansvariga vid berörda utbildningar.”

”NyIng rekommenderade i sin slutrapport (Ingemarsson & Björck, 1999) att arbetet med att se över och förbättra det sätt på vilket kvinnors behov och preferenser möts av teknisk högskoloutbildning behöver intensifieras, både när det gäller innehåll, undervisningsmetoder och interaktionsmönster mellan studenterna sinsemellan samt mellan studenter och lärare.”

”Vidare konstaterades att genusaspekter på utbildningen har en förändringspotential i sig. Att utgå från en minoritetsgrupps behov och perspektiv stimulerar nytänkande och ifrågasättande av gamla praktiker i utbildningen.”

”NyIng projektet lyfter även fram att det är angeläget att de tekniska högskolornas lärare får ökade kunskaper om kön i utbildningssammanhang, för att öka medvetenheten om hur utbildningen upplevs av manliga respektive kvinnliga studenter oavsett undervisningsmetod.”

Utbildning av alla lärare i genusfrågor lyfter också [Margolis & Fisher \(2002\)](#) fram:

“A second area of greater attention to teaching involved the integration of a unit on diversity, particularly gender equity, into the teaching assistant training provided by the School of Computer Science to its graduate students.”

SCI-skolans grupp för Jämställdhet, Mångfald och Likabehandling (JML-grupp) har i två omgångar arrangerat en JML-utbildning, först för ledningsgruppen och JML-gruppen, och därefter för anställda med personalansvar eller särskilda uppdrag. På våren 2015 kommer den att ges för tredje gången för all anställda på skolan. Inbjudan från vice skolchef, ordförande i JML-gruppen, anger detta:

”Denna inbjudan går ut till dig eftersom du som medarbetare spelar en betydande roll för organisationskulturen. Utbildningen är ett viktigt led i strävan att skapa en ännu bättre arbetsmiljö på skolan. Målet med utbildningen är att medvetandegöra den egna kulturen och arbetssättet för att kunna arbeta för en mer öppen och inkluderande kultur, speciellt att få in jämställdhet, mångfald och likabehandling (JML) på ett medvetet sätt i vårt vardagliga arbete.”

Att det inte är enkelt att föra in genusaspekter i undervisningen vittnar [Fjellström \(2003\)](#) om:

”De engagerade lärarna har sett över den pedagogiska praktiken i form av kurslitteratur, kursplaner, gruppuppgifter eller examinationsfrågor för att kunna belysa ämnets sociala praktik eller sammanhang men i betydligt mindre omfattning kunnat ta ett helhetsgrepp om den undervisningspraxis och de könsmönster/-problem som finns inom högskolan.”

”Erfarenheterna visar också på ett vanligt förekommande motstånd mot de könsmedvetna undervisningsstrategierna från såväl studenter som lärarkollegor. Motståndet från kollegorna kan vara både aktivt och passivt och grundas inte sällan på föreställningar om att 'det inte finns några könsaspekter i ämnet' eller att 'undervisningen inte gynnas av att läraren gör skillnad på studenterna’.”

”Dessa berättelser illustrerar mångfalden i aspekter som kommer upp då lärare delar med sig av sina funderingar kring undervisning och kön. Några aspekter som jag ser är; föreställningar om kön och om kroppsspråk, förhållningssätt till lärarrollen, strategier och handlingsberedskap i undervisning och examination samt funderingar kring makt och sexualitet. För mig kom berättelserna att väcka många frågor kring komplexiteten i könsproblematiken i högskollärares vardag, bristen på strategier och diskussionspartners, den generella osäkerheten i lärarrollen och bristen på kunskap.”

Ett färskt exempel i matematisk statistik från Norge visar att det finns behov att verkligen se över vilka typer av problem som studenterna får i kurserna ([Lindahl, 2014](#)).

Rekommendationer från studierna

Det framgångsrika arbetet med datateknikprogrammet på Carnegie Mellon resulterade i några rekommendationer till andra lärosäten ([Margolis & Fisher, 2002](#)):

- Förbättra lärmiljön

”...based on our research and our implementation experience, we recommend several measures without hesitation to any educational institution. The first is to pay ferocious attention to the quality of the student experience. ...women and other students who do not fit the prevailing norm are disproportionately affected by problems like poor teaching, hostile peers, or unapproachable faculty. Perhaps the most important place to start is the classroom experience. Early courses at many institutions use a “weed-out” approach, targeting high failure and attrition rates to let only the brightest and most committed through. It is a near certainty in such cases that many bright and committed women will conclude that they are not bright or committed enough and select themselves out.”

- Synliggör relevansen för ämnet

“...to develop an awareness in both the curriculum and the culture of the many facets and impacts of computing. This means providing students, early in their careers, with opportunities to see the technology at work in practice. It means contextualizing the work they are asked to do, so they can understand why they are being asked to do it. It means providing them with role models and career information that will help them to picture themselves as professionals in the discipline. It means working not only with students but with faculty and staff, as well, to understand that there are many ways to be a successful computer scientist.”

- Programansvarig som kan driva igenom förändringar...

“...a champion, somebody who will take the responsibility to push on the problem until results are achieved. Theories and policies are important but useless without sustained attention to the details. A substantial portion of the faculty at large must be receptive, but it takes more than receptivity to create change. Further, the person or people with accountability for the program must be in a position of appropriate authority to cause needed changes to be made.”

- ...anpassade till lärosätets förhållanden och förutsättningar

“...reform efforts must be suited to the local environment. One size does not fit all; the problem that pinches most at one institution may be a second- or third-order issue at another. Before picking a favorite intervention from the literature, from imagination, or even from our own list of recommendations, departments would be well advised to take the time to survey the local landscape, talk to students and faculty (perhaps through a nonthreatening third party), and prioritize interventions that focus on the most urgent local issues.”

I arbetet med utveckling av ett civilingenjörsprogram Teknisk matematik på KTH har förbättring av pedagogik och lärmiljö varit ett mål ändå från början och vi har genomfört en liten kartläggning av de goda idéer och initiativ till förändringar som på KTH och andra lärosäten, t.ex. ([Larsson et al., 2008](#); [Natiello & Zetterqvist, 2007](#); [Jansson & Bengtsson, 2013](#)), redan genomförts och utvärderats. Vi har även uppmärksammat det förändringsarbete som

genomförts på Chalmers för att synliggöra ämnets relevans i tidiga kurser (Wedelin & Adawi, 2012a; Wedelin & Adawi, 2012b). Det är också tydligt utifrån detta korta arbete att programmets kontinuerliga kvalitetsarbete, bl.a. i form av regelbundna Kaizen-möten, måste ha ett starkare och kontinuerligt fokus på genusaspekter; för att dessa aspekter ska få den uppmärksamhet de behöver. Utbildning i jämställdhet, mångfald och likabehandling för alla skolans lärare är mycket bra men inte tillräckligt.

Referenser

- Ahlbom, Helen, "Tror smarta unga tjejer blir förbannade, KTH", <http://www.nyteknik.se/asikter/kronikor/article3885981.ece>, 2015-02-19
- Fjellström, Mona, *Lärares upplevelser av könsproblematik i undervisningen – hur kan högskolepedagogisk utbildning stötta?*, Utvecklingskonferens för högre utbildning 2003, s. 56–60.
- Jansson, Cecilia & Bengtsson, Ninni, *Kvinna i den mansdominerade utbildningen: En kvalitativ studie om hur lärare bemöter kvinnliga studenter på en mansdominerad teknisk utbildning*, Examensarbete, Institutionen för didaktik och pedagogisk profession, Göteborgs universitet, 2013. <http://www.liu.se/cetis/atlasa/documents/c-jansson-n-bengtsson.pdf>
- Karlsson, Jessica, *Årkurs 1 – Period 1*, <http://womengineer.org/2015/02/18/arkurs-1-period-1>, 2015-02-18.
- Klackenberg, Jill, *Giganter visar vägen till KTH*, <https://intra.kth.se/kth-informerar/meddelanden/giganter-visar-vagen-till-kth-1.544799>, 2015-02-18.
- Larsson, Elisabeth, Pålsson, Stefan, Rantakokko, Jarmo, von Sydow, Lina & Thuné, Michael, *Gender-aware course reform in scientific computing*, Uppsala Universitet, November 2008
- Lindahl, Björn, *Barbröstade slavkvinnor i prov*, http://www.svd.se/nyheter/utrikes/slavkvinnor-i-skolprov-uppror-i-norge_3541078.svd, 2014-05-08
- Margolis, Jane & Fisher, Allan, *Unlocking the Clubhouse: Women in Computing*, 2002, The MIT Press.
- Natiello, Mario & Zetterqvist, Lena, *Finns det skillnader i kvinnliga och manliga teknologers inställning till samarbetslärande i matematikundervisningen?*, Matematikcentrum, Lunds universitet, 2007.
- Obminka, Ania, "Vi vill inspirera ingenjörstudenter", <http://www.ingenjoren.se/2013/10/vi-vill-inspirera-ingenjorstudenter>, 2013-10-17.
- Ottemo, Andreas, *Rekryteringsarbete och genusmönster i rekryteringen till Chalmers utbildningar på EDITZ-området*, Chalmers Teknisk Högskola, 2008-12-31.
- Ottemo, Andreas, *Att locka unga till en teknisk utbildning: olyckliga utgångspunkter och alternativa strategier*, Lärande i LTH, Nr. 11, 2010.
- Snickars, Folke & Vänje, Annika, *Jämställd IT-utveckling för ökad tillväxt: handlingsplan för att främja jämställdheten inom IT-området med fokus på akademien*, Kungliga Tekniska Högskolan, Dnr. V-2006-0972, doss 29.
- Wedelin, Dag & Adawi, Tom, *Bridging theory and practice: an inquiry-based course in mathematical modelling and problem solving*, Proceedings of the ICEE conference, Turku, Finland, 30 July – 3 August, 2012a.
- Wedelin, Dag & Adawi, Tom, *How to design small realistic problems – experiences from a course in mathematical modelling and problem solving*, Chalmers, opublicerad, 2012b.

Wigerfelt, Christer, *Tekniska högskolor enkönade med attitydproblem*,
<http://www.jamiprogram.se/Aktuellt/Nyheter/fulltext//tekniska-hogskolor-enkonade-cid928773>, 2010-03-31.

YouGov, *Unga kvinnor om teknisk vidareutbildning - en kvalitativ undersökning november 2014*, KTH, 2014.