

Innovativ och hållbarproduktutveckling 2

GJUTGODS AV ÅTERVUNNEN TERMOPLAST

ISAK OLOFSSON, JABOB NILSSON, VIKTOR SVENSSON OCH ROBIN RAYMUNDSSON

Sammanfattning

Innovativa och hållbara produktutvecklingar är viktigare än någonsin i dagsläget. En plaståtervinningsstation med fokus på gjutning av plast ska designas och tillverkas på Blekinge Tekniska Högskola. Avgränsning från att tillverka gjutstationen och fokus på att tillverka en simpel gjutform med utvecklingspotentialer för framtida elever är vad följande rapport redovisar. Gjutformen ska gjuta en plastkub som sedan ska kunna användas till att fräsa ut andra detaljer, denna skapas först genom CAD-ritningar som blir pretotyper genom 3D skrivning. Efter olika tester med pretotyperna tillverkas en färdig prototyp i stål, denna prototyp har en CAM-kod för fräsning i CNC maskinen. Framtida idéer om tillverkning av en plaståtervinningsstation för gjutning redovisas genom 3D ritningar, likaså visas användningsområde för gjutformen i återvinningsstationen. Gjutformen går enkelt och billigt att tillverka på Blekinge Tekniska Högskola, tester med återvunnen plast har inte genomförts och kan därför inte dokumenteras. Rapporten visar på stora möjligheter för tillverkning av en plaståtervinningsstation med bland annat gjutmaskiner på Blekinge Tekniska Högskola, den tillverkade gjutformen kommer kunna appliceras i återvinningsstationen.

Table of Contents

Sammanfattning.....	1
1. Introduktion.....	2
2. Syfte & frågeställning	3
2.1 Avgränsningar.....	3
3. Bakgrund	3
3.1 Pressgjutning	3
3.2 CNC fräs	4
3.3 PLA.....	4
4. Metod	4
4.1 Uppstart och idégenerering	4
4.2 Hur kan en plaståtervinningsstation se ut med fokus på gjutning?	6
4.3 Hur ser den fysiska modellen av gjutformen ut?	7
4.4 Vilken sorts projektaktivitet skall användas i detta projekt?	9
5. Resultat.....	11
5.1 Hur kan en plaståtervinningsstation se ut med fokus på gjutning?	11
5.2 Hur ser den fysiska modellen av gjutformen ut?	12
5.3 Hur kommer modellen att kunna utvecklas framöver?	14
6. Diskussion.....	15
6.1 Hur kan en plaståtervinningsstation se ut med fokus på gjutning?	15
6.2 Hur ser den fysiska modellen av gjutformen ut?	16
6.3 Hur kommer konceptet och modellen att kunna utvecklas framöver?	16
7. Slutsats	17
8. Referenser	18
9. Appendix.....	19

1. Introduktion

Återvinning av termoplast har sedan länge varit ett aktuellt ämne och utvecklingen till att kunna återanvända plaster går framåt. Plastproduktionen är större än någonsin och därmed även avfallet. Att hitta lösningar på att återanvända plasten på ett hållbart sätt är ett måste i dagsläget och innovativa lösningar krävs. I denna rapport kommer hållbara och innovativa lösningar till återvinning

av termoplast som gjutgods redovisas. Projektet genomförs av fyra civilingenjörstudenter på Blekinge Tekniska Högskola.

2. Syfte & frågeställning

Konstruera ett koncept över en plaståtervinningsstation på Blekinge Tekniska Högskola där termoplaster kan återvinnas som nytt filament och till gjutgods med fokus på gjutgods samt en fysisk modell över en gjutform till termoplaster. Konceptet ska kunna vidareutvecklas och konstrueras av framtida studenter.

- Hur kan en plaståtervinningsstation se ut med fokus på gjutning?
- Hur ser den fysiska modellen av gjutformen ut?
- Hur kommer konceptet och modellen kunna utvecklas framöver?

2.1 Avgränsningar

Rapporten och projektet kommer avgränsas från en beskrivning av konstruktionen av en fysisk modell av gjutningsstationen och här enbart fokusera på den fysiska framtagningen av gjutformen. Gjutformen kommer därmed inte testas i den framtida stationen utan mindre tester med strävan att efterlikna den framtida modellen kommer att äga rum.

Konceptet över gjutstationen kommer att vara anpassad för att placeras på Blekinge Tekniska Högskola (BTH) och kommer att tas fram av tre projektgrupper. Projektet och rapporten kommer avgränsas från konceptgenerering av filament och plastnerbrytning. Fokus kommer ligga på gjutgods och en fysisk modell av en gjutform.

Projektet har begränsats på grund av de rådande omständigheterna kring covid-19. Till följd av de rådande omständigheterna har begränsningar uppstått kring möjligheterna av att vara i det befintliga maskinlabbet. Projektet begränsades ytterligare då utbrottet till covid-19 helt stängde skolan under en tid.

3. Bakgrund

3.1 Pressgjutning

Pressgjutning sker genom att materialet pressas in i en form under tryck. Precisionen på måtten är väldigt hög i jämförelse med andra metoder inom gjutning. Bearbetningen efter gjutning kan då minskas och detaljens pris går nedåt. Verktygen är dock normalt dyrare än verktygen i andra metoder vilket kräver att detaljerna har en stor efterfrågan så att de kan massproduceras.

3.2 CNC fräs

En fräs är en maskin som bearbetar metall eller andra fasta material genom att skära i materialet genom ett roterandes verktyg. En CNC fräs innebär att den är datorkontrollerad med en kapacitet att förflytta spindeln vertikalt längs z-axeln. Kodningen sker genom att använda ett CAM program om modellen är skapad i ett CAD program vilket gör att koden kan skrivas om från modellen till CNC fräsen.

3.3 PLA

Polylaktid (PLA) är en naturlig nedbrytningsbar termoplast som tillverkas av förnybara resurser. Vanliga råvaror är majsstärkelse eller rörsocker. PLA har en glasomvandlingstemperatur mellan 50° till 80°C och en smältpunkt mellan 173° och 178°C. I 3D-printers används olika sorters plaster som materialmatning och en av dessa plaster är PLA.

4. Metod

I metoden kommer dokumenterande händelser genom hela projektets gång redovisas och förklaras.

4.1 Uppstart och idégenerering

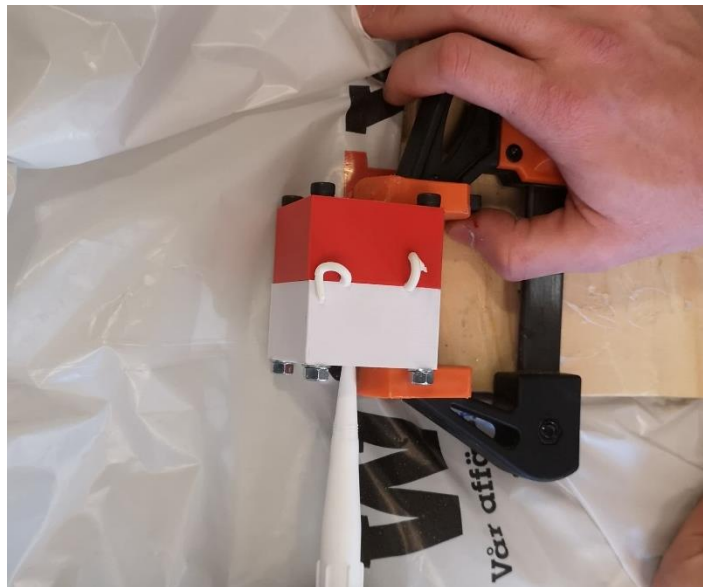
Projektet hade sin början den tredje november 2020. Ett möte med BTH innovation labs ansvariga ägde rum för att få en idé om vad det var för produkt som specifikt önskades av beställaren. Många olika idéer diskuterades, bland annat kom man fram till att ett koncept av en plaståtervinningstation på skolan där elever och lärare ska kunna ta sin plast, göra granulat av det, smälta ner och sedan skapa nytt filament till 3D skrivarna som finns på skolan och även göra gjutgods som sedan ska kunna köras in en CNC fräs eller vanlig fräs för att skapa någon specifik produkt. För denna rapport är det själva gjutgodsdelen som är i fokus. Efter detta möte diskuterade gruppen internt om olika lösningar och idéer på hur man skulle kunna gjuta plasten. De första idéerna som föreslogs var att pressa ihop granulat till den form som beställaren ville ha. Det är en simpel idé som inte kräver mycket material för att skapa men efter en del undersökning visade sig att denna metod inte fungerade då det krävdes att värma upp granulatet till sin smältpunkt. Därför utvecklades denna idé till att pressa smält granulat i en form vilket ledde till att använda en extruder som gjorde alla dessa stegen.

- Gjuta med en plastextruder

Efter att ha granskat olika plastextruders stod det klart att denna lösning överskred budgeten som vid denna tid inte hade diskuterats. Att köpa in en färdig extruder som skulle användas till att pressa in den flytande plasten i gjutformen var för dyrt.

När extrudern var det val som var bestämt blev det nya uppdraget att komma på hur gjutkuben skulle se ut. Den första idén var en gjutkub med justerbar vägg för att kunna ändra dimensionerna. Problemet med detta var att få gjutformen tät under högt tryck vilket ledde till att det skapades en gjutform med fasta mått, dock krävdes fortfarande tester. För att kunna testa idéer kring hur gjutkuben skulle kunna se ut och hur den skulle fungera gjordes prototyper genom 3D printning.

För att kunna se om gjutkuben fungerade som den skulle, utfördes ett test med gjutning av silikon.



Figur 1. Gjutning med silikon i 3D skriven gjutform.

Silikonerna fick ligga i gjutformen i cirka en vecka innan den togs ut. Silikonet hade då ännu inte stelnat helt men ytan samt större delar utom centrum hade stelnat.



Figur 2. Färdig gjutning av en silikon kub.

Ytterligare en prototyp gjordes med lite förbättringar som byggdes på den förra modellen och dessa förbättringar var att skapa två nya hål i den ena halvan där meningen var att sätta i styrypinnar. I den andra halvan skapades lite större hål mitt emot dessa styrypinnar för att få dessa halvor att passa perfekt varje gång den delades utan att få ett ojämnt resultat. Den förbättrade gjutformen testades även med ett nytt material vilket var epoxilim för att se skillnaden mellan epoxilim och silikon.



Figur 3. Efter härdning med epoxilim i prototyp gjutform med styrypinnar.

Testerna visade på att formens utformning fungerade samt att placeringen av lufthålen var korrekt. Dock fungerade silikonet och epoxilimet som aviserat från deras tillverkare och därmed inte ett optimalt materialval för att simulera plastgjutning. Men då det var funktionen av formen som testades gavs ändå önskvärda resultat och konceptet eller prototypen kunde tas vidare till en konstruktionsfas.

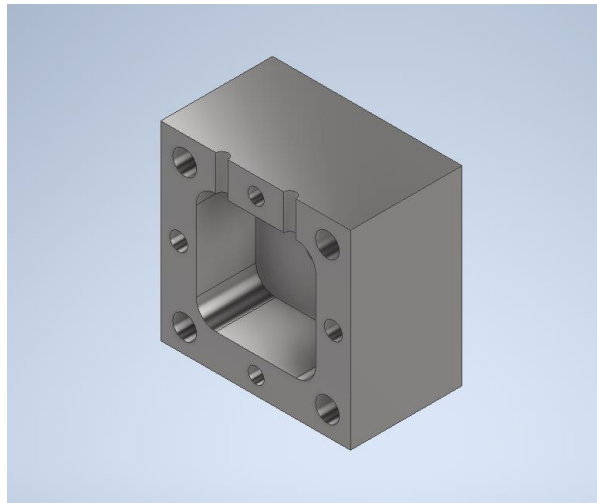
4.2 Hur kan en plaståtervinningsstation se ut med fokus på gjutning?

Till en början undersöktes lokalen där plaståtervinningsstationen skulle vara för att få en inblick i hur stor yta som fanns att jobba med. Lokalen i frågan är maskinlabbet på BTH, ytan skulle uppskattas till max tre kvadratmeter. Under en lång tid låg inte plaståtervinningsstationen i fokus när gjutkuben tillverkades. Efter ett möte med Ryan Ruvald tillkom bra idéer från en maskintillverkare för återvunnen plast [1], efter detta möte valdes det att titta närmare på två olika gjutstationsidéer, en gjutpress och en gjutugn. Dessa två maskinerna uppfyllde kraven för att få plats i maskinlabbet och även de ekonomiska kraven. I ett möte internt i gruppen diskuterades maskinernas säkerhet och även andra utvecklingsmöjligheter som var relevanta att genomföra för framtida elever. Då både

konceptet över gjutpressen och gjutugnen var beprövade koncept, beslöts det även att försöka applicera gjutformen till ett av dessa koncept.

4.3 Hur ser den fysiska modellen av gjutformen ut?

För att skapa fysiska modeller har Inventor använts då det enkelt skapas modeller och designer i detta program. När en fullständig design av detaljen har gjorts så finns ritning på den vilket gör att produkten kan produceras i verkligheten.



Figur 4. En av de två delarna i Inventor.

I detta fall så användes stål som material då detta är bra att arbeta i, tål höga spänningar och leder värme bra.



Figur 5. Diverse material och såg.

Sågen användes för att få ut två grova bearbetade bitar som senare skulle förädlas med hjälp av diverse maskiner.



Figur 6. Fräs.

Den manuella fräsen används för att bearbeta bitens ytor. Ytorna behandlas på grund av att de båda bitarna skall till sist sättas ihop med skruv, vilket gör att det behöver vara tätt mellan de båda ytorna. I normalt fall så skulle en planslip användas mellan de ytor som ska sitta ihop men då skolan ej har en sådan maskin får det räcka med ett fint skär.



Figur 7. CNC-Fräs.

CNC-fräsen användes när ytorna var klara och en G-kod hade tagits fram, se figur 18 och 19. G-koden programmerades fram eftersom det fanns flera olika sorters hål i biten som behövde bearbetas och det skulle även fräsas fram en rektangel i mitten av kuben.



Figur 8. Svarv.

Svarven användes för att bearbeta fram styrypinnarna med hög precision som sedan sattes i kuben efter att hålen som har hög tolerans har brotschats ut i en bormaskin.

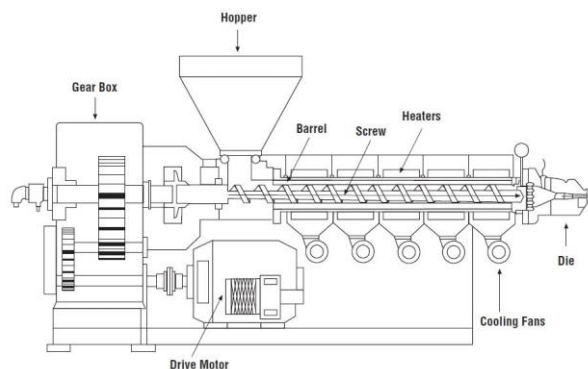
4.4 Vilken sorts projektaktivitet skall användas i detta projekt?

Waterfall användes genom hela projekt på grund av att det fanns kännedom av detta arbetssätt från föregående projektkurser. Waterfall modellen användes genom att i början av projektet gå igenom vad är det som behöver åstadkommas från gruppen av slutet av projektet. Efter att ha förstått vad uppgiften egentligen handlade om så gick gruppen vidare till steg två i modellen som kallades analysering.

Analyseringen handlade om vad som redan finns ute på marknaden. Det som undersöktes bestod av vilka materialegenskaper har diverse material och hur lätt är det att jobba med materialet.

Undersökningen gjordes främst på internet men även genom böcker på biblioteket.

Eftersom gjutning har gjorts i flera hundra år så känns det orealistiskt att komma på någon revolutionerande gjutningsmetod på två månader och detta gjorde att mycket av analysen också handlade om extrudering istället för gjutningskuben eftersom att fräsa och svarva är känt sedan innan. Det enda som angick kubens som kunde analyseras, handlade om material och hur värmeledande materialet är.



Figur 9. Bild på extruder.

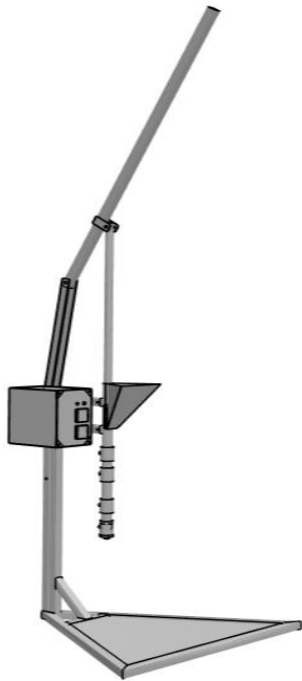
När analysering av extrudern istället gjordes så hittades det väldigt bra information på hur en extruderskruv skall se ut, vilken varme skall skyddet runt skruven hålla och vilket tryck måste skruven hålla vid körning. Även om den här designen på extruder inte är i närheten av slutgiltiga produkten så gav dessa analyser en inblick i vad som behövs göras.

När analysen tog sitt slut så började genomförandet istället. Tester gjordes genom att 3d-printning och diverse material som kunde sprutas in i kuben. Då granulatet stelnar på grund av att temperaturen sänks så hade det i en perfekt värld varit det samma för test materialet. Men eftersom skolan inte hade något granulat vilket är försåtligt så användes silikon istället. När prototypen hade testats och gett bra resultat så gick det vidare till att fräsa fram prototypen istället. Detta gjordes genom att använda de olika maskinerna i verkstaden.

När waterfall projektprocess användes så gällde det alltid att titta tillbaka på de föregående "stagens" lösningar och jämföra dessa lösningar med de praktiska lösningarna. Dessa tillbaka blickar gjordes alltid när en ny fas skedde. Dessa tillbaka blickar gav oss realistiska inblickar om vad som behövdes finslipas lite mera eller diverse idéer som kunde slängas.

5. Resultat

5.1 Hur kan en plaståtervinningsstation se ut med fokus på gjutning?

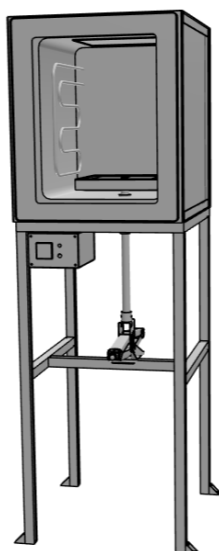


Figur 10. Pressgjutning.



Figur 11. Gjutform applicerad på extrudern.

Ett alternativ är pressgjutningen som sker manuellt via en hävstång, plasten värms upp, gjutformen kommer kunna appliceras i änden på extrudern vid utpressningen. Maskinens ställning kommer kunna tillverkas på skolan, värmeförbanden och elektroniken kommer behövas att köpa in för en mindre summa.



Figur 12. Gjutning med kompression i ugn.

Alternativ 2 är en ugn där gjutformen kommer behöva designas om för att kunna pressa ena sidan mot taket i ugnen och på så sätt gjuta plasten. Gjutugnens ställning går att tillverka på skolan medan själva ugnen, elektroniken och även en motor för pressningen kommer behöva köpas in.

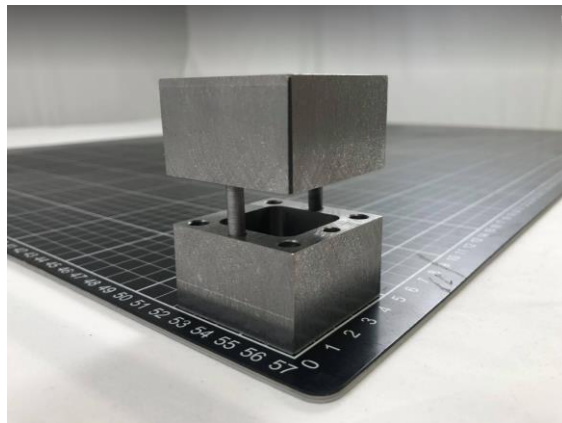
De två alternativen skulle kunna existera i samma plaståtervinningsstation där alternativ 1 är mer lämpad till mindre gjutningar och alternativ 2 fungerar bättre till gjutning av större delar.

5.2 Hur ser den fysiska modellen av gjutformen ut?

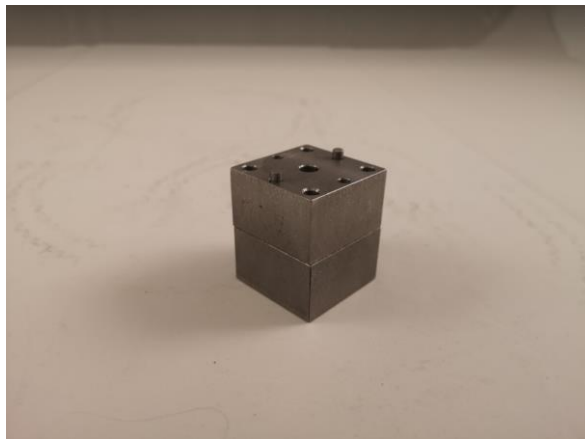
Den slutliga gjutformen var en kub tillverkat i stål som är återanvändbar till skillnad från de andra gjutformarna som designats. Ytan mot materialet som ska gjutas är slät och borde ej behöva mer behandling men ytorna mellan halvorna kunde varit slätare då det inte ska läcka under gjutning. Styrpinnarna kunde även haft bättre precision då det finns ett visst glapp som kan påverka den slutliga kuben. Det finns även ett hål på ena halvan som kommer vara gängad efter den extruder som används för att pressa i material i gjutformen. Hela gjutformen går att tillverka på skolan där det enbart är råmaterialet stål som behövs.



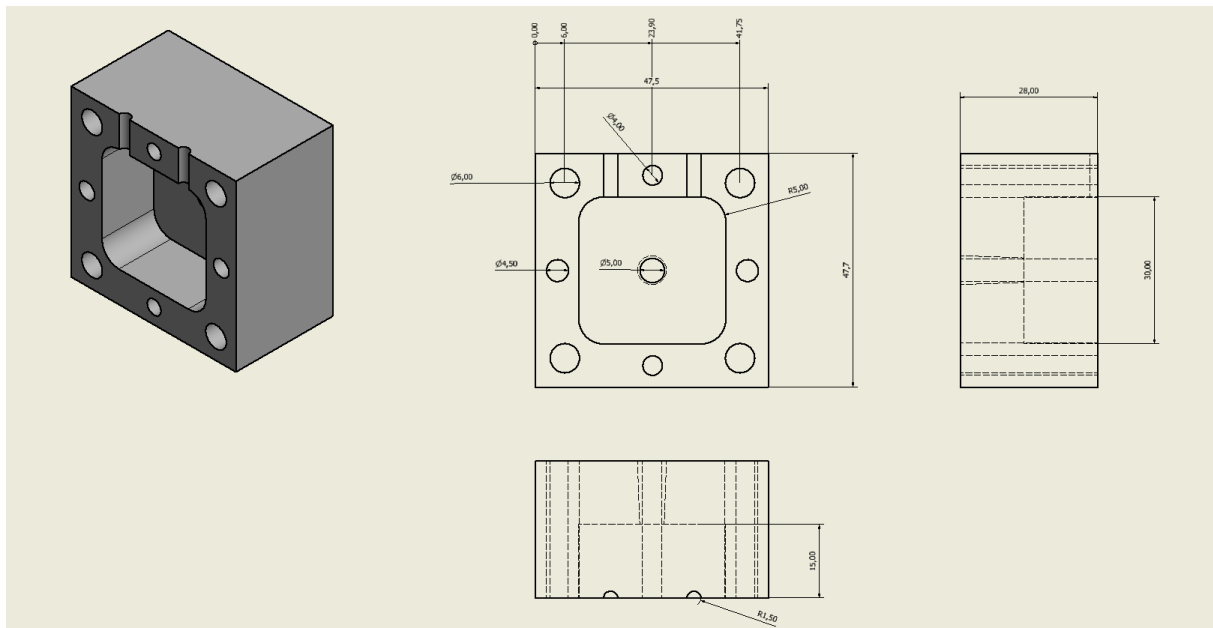
Figur 13. Delad gjutform med styrpinnar.



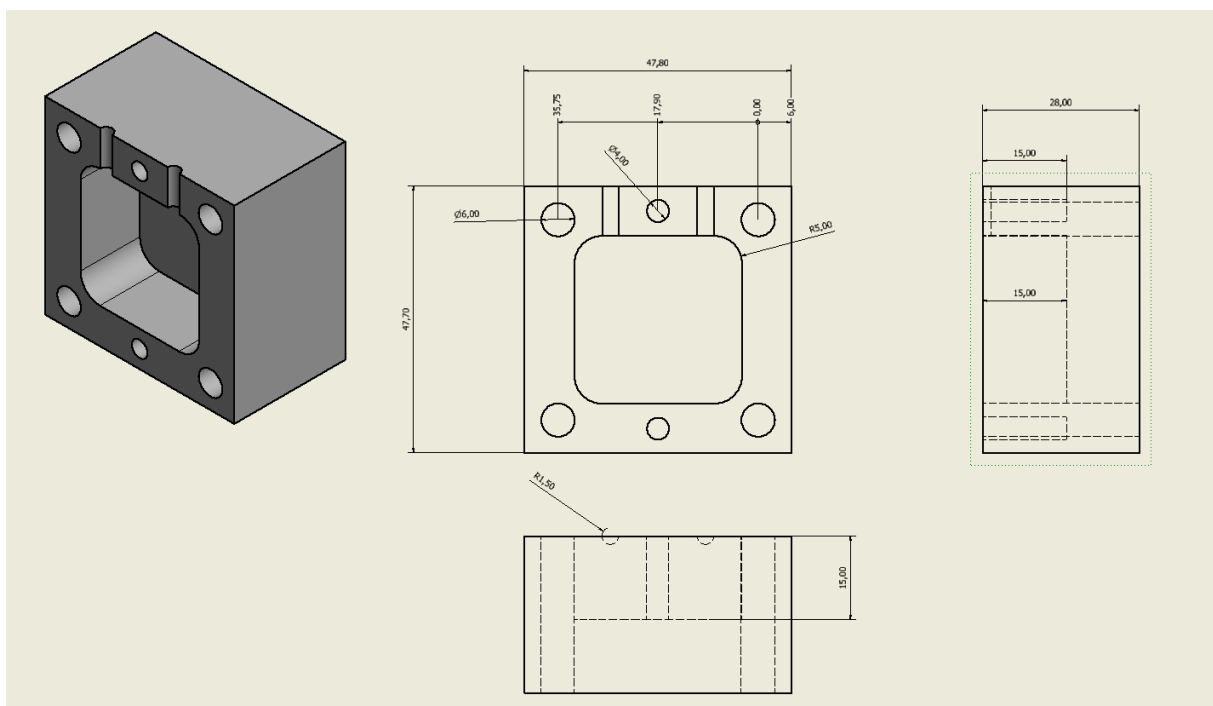
Figur 14. Demonstration av styrpinnarna.



Figur 15. Gjutkuben ihop monterad.



Figur 16. Ritning över injektionssida.



Figur 17. Ritning över slutande del.

5.3 Hur kommer modellen att kunna utvecklas framöver?

Modellen kommer att kunna utvecklas på olika sätt beroende på vad beställaren är ute efter.

Prototypen kan göras i diverse material beroende på vad för produktion beställaren är ute efter. Är det massproduktion så är vanligt slitstarkt stål utmärkt. Kostnaden för en produkt av stål kommer att i

jämförelse av mindre ädla metaller eller material vara hög, men kommer att kunna ses som en investering då hållfastheten för stålet är högt och kommer att fungera som en massproduktsform.

Om beställaren istället vill ha massa olika former så rekommenderats aluminium. Detta på grund av att det är lätt att arbeta i och att det är en hög hållfastheten samt att kostnaden inte är lika hög som för vanligt stål. Aluminium klarar även av den temperaturen som plasten har vid formsprutning vilket normalt ligger mellan 175 och 300 grader C beroende på vilket material som ska formsprutas.

Det är även väldigt viktigt att materialen som skall bli formerna klara av trycket formsprutningen ger, detta på grund av att det är väldigt viktigt att hela formen fylls och att plasten inte stelnar på vägen. Ifall dessa problem skulle uppstå så blir plasten spröd och går lätt i sönder. De viktigaste faktorerna att tänka på är plastens temperatur, trycket i extrudern, formens temperatur, kyltiden och formens dimensioner och utformning.

6. Diskussion

6.1 Hur kan en plaståtervinningsstation se ut med fokus på gjutning?

De två alternativen till plaståtervinningsstation är idéer som tagits från ett möte med Ryan Ruvald som är väldigt erfaren inom återvinning av plast, han rekommenderade en hemsida som inspirerar till att skapa plaståtervinningsmaskiner [1]. Idén är att förbättra dessa idéer och göra det möjligt för flera grupper att samarbeta. För att kunna applicera dessa maskiner i maskinlabbet på Blekinge Tekniska Högskola kommer även säkerheten behöva förbättras, framförallt om man väljer att vidare utveckla gjutning i ugn. En säkerhetsfunktion som att pressen inte vevas för hand under ugnen och riskerar att gå sönder om någon oerfaren använder den fel kan minimeras om man istället väljer att styra pressningen med motorer som styrs av datorer. Framförallt är det säkerheten mot värmen i ugnen och i extrudern som behöver förbättras, till exempel genom att bygga skydd runt så att man inte kan komma åt med händer eller liknande o på så sätt skada sig. Slutligen handlar det om att anpassa maskinerna så att de passar in i den miljö de ska finnas i och därför kan maskinerna variera en del från hur de ser ut från resultatet. Dessa stationer har tillsammans en uppskattad kostnad på max 7000 svenska kronor, vilket också är en viktig faktor. Att kunna tillverka en plaståtervinningsstation för 7000 kr istället för att köpa in en färdig plastextruder som kan ha ett pris som är 10–100 ggr mer, är av stor betydelse för skolan. Själva tillverkningen kommer i största del kunna ske på skolan då det mesta består av råmaterialet stål, de delar som behöver köpas in uppskattas inte till några större summor. Det dyraste skulle vara ugnen som skulle fungera att köpa in begagnad eller även om man skulle hitta en gammal fungerande på en återvinningsstation.

6.2 Hur ser den fysiska modellen av gjutformen ut?

Modellen eller gjutformen kom under rådande situation aldrig att testas med smält plast alltså det material den är utformad för. Dock när de andra material som testades uppstod inte de problem som skulle kunna uppstå. Vilket ger oss god tro på vår design. Det problem som återstår att lösa eller som eventuellt kan uppstå är huruvida materialet, alltså plasten eventuellt kommer att fastna i gjutformen. Från den research vi gjort om plastgjutning från framförallt Precious Plastic, kommer inte detta fram som ett befintligt problem [1]. Från det kan två slutsatser dras. Antingen är det inget problem alls eller ett problem enkelt att lösa. Oavsett kan vi inte visa upp ett bevis på att problemet inte uppstår i vår modell utan ett verkligt test med rätt material utan bara att problemet inte uppstår med våra substitut.

Vi har designat och utformat en simpel gjutform som ska vara enkel för alla att använda och med möjligheter för vidare utveckling. Vi har under kursens gång följt de krav som vår beställare haft vilket har medfört att vi inte kunnat "spåra ur" med komplicerade och möjligtvis icke funktionella idéer. Vi har uppfyllt det vår beställare ville ha och fått ett klart godkännande. Ur ett innovativt synsätt kan vi förstå att det inte är den mest komplicerade och innovativa designen som tagits fram, men målet för oss var att göra vår beställare nöjd genom att tillverka det som efterfrågades.

Processen för att få fram en fysisk modell av en gjutform medförde en stor lärdom i hur många av de maskiner som användes fungerar och kan utnyttjas något som kommer att kunna användas till framtida projekt eller uppgifter. Vilket nu gett oss en bättre inblick i hur en produktions olika delar och moment kan se ut samt en bättre förståelse för de olika momenten i en produktutvecklingsprocess. Då utnyttjandet av maskinerna gjordes i en prototypfas medförde det att vi själva fick lösa de problem som kunde uppstå samt förebygga dem. Något som gav mer än att bara följa en given ritning ur ett lärande perspektiv. Det har även varit viktigt att använda oss av våra loggböcker då det ibland kunde ske längre pauser i kursen för att kunna gå vidare med projektet utan att tiden läggs på att minnas tillbaka. På detta sätt har det fungerat att planera vad som ska göras och vad som gjorts och på så sätt hjälpt oss att gå framåt under projektet.

6.3 Hur kommer konceptet och modellen att kunna utvecklas framöver?

Modellen över gjutformen eller konceptet på gjutformen kommer ha stor kapacitet att utvecklas tillsammans med konceptet över plaståtervinningsstationen. Den nuvarande designen på gjutformen kommer enklast kunna appliceras till det tidigare diskuterade konceptet över pressgjutning, alternativ 1 över plaståtervinningsstationen. En gängning eller hållare för kuben så den enkelt kan fästas vid stationen skulle vara en punkt som kommer behöva utvecklas. Eventuellt kommer även

själva hålet för materialets väg in behöva flyttas till skarven på formen för att lufthålen ska vara i rätt position.

Hålet för materialinjektionen kan, beroende på hur själva stationen där formen ska användas till ser ut, eventuellt behöva flyttas för att lufthålen ska hamna i rätt position. Alternativt att flytta lufthålen beroende på vad som är enklast och hur stationen ser ut. En förflyttning av injektionshålet skulle dock försvåra en eventuell gängning då det sätter större krav på precisionen på passformningen.

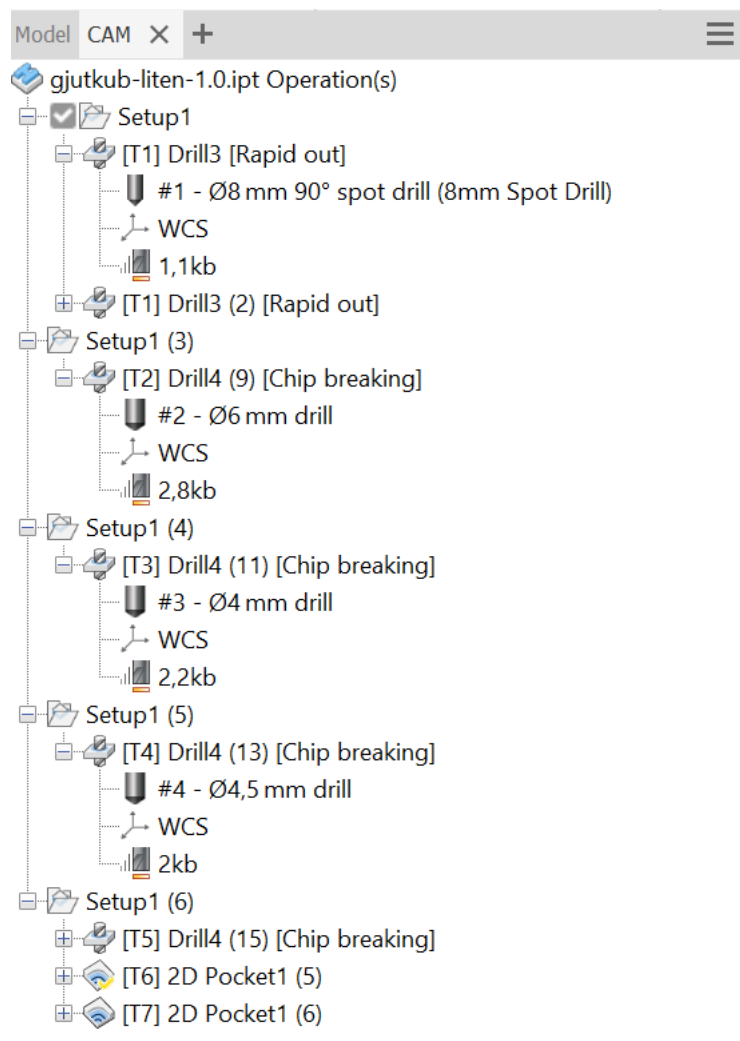
7. Slutsats

Genom användning av de tillgängliga maskinerna på BTH kan en fysisk modell över en gjutform enkelt tas fram. De framtida möjligheterna är goda för att kunna utveckla och ta vidare både konceptet och modellen för framtida elever med både ett kunskapsutvecklande och ur funktionella och ekonomiska perspektiv. Framtida tester av modellen kommer vara nödvändiga för att säkerhetsställa funktionaliteten.

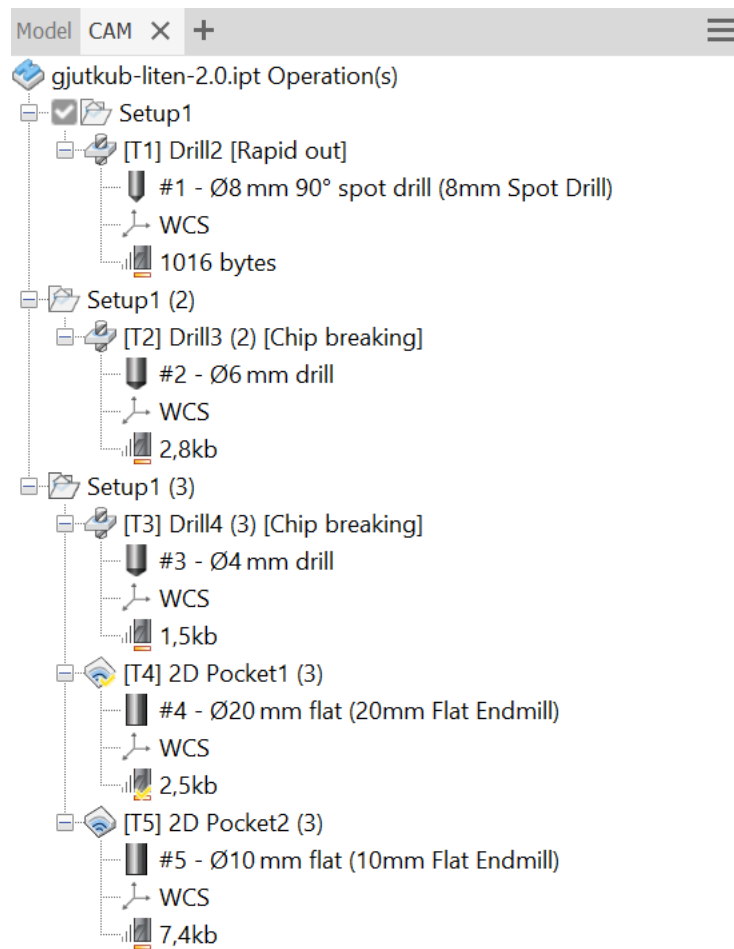
8. Referenser

[1]. Dave Hakken, <https://preciousplastic.com/index.html>

9. Appendix



Figur 18. CAM kod för sidan som är mot extrudern.



Figur 19. CAM kod för sida 2.