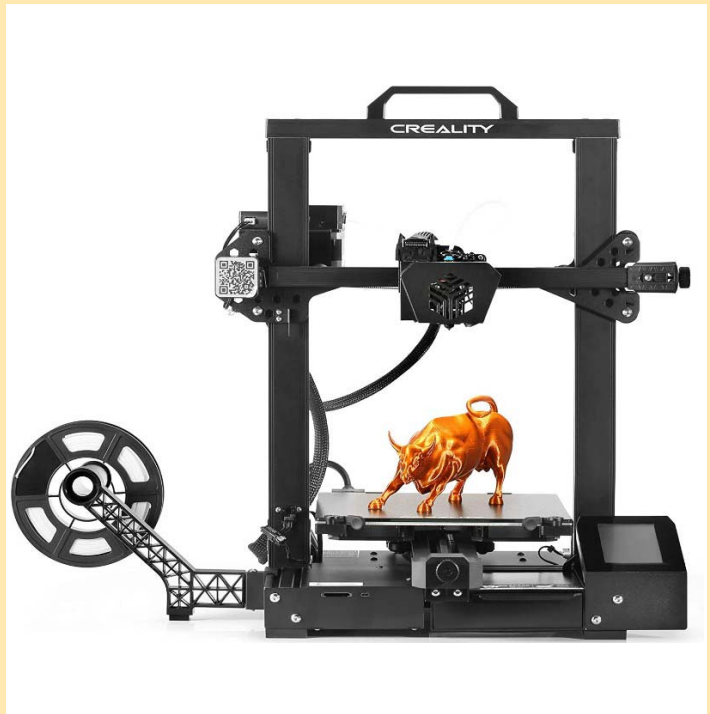


*Nils Kr. Rossing, Ola Kleiven, Anne
Birgitte Belboe, Rannvei Sæther, Eva H.
Hagen, Hanne Kile Andresen, Kristoffer
Bjørkhaug*

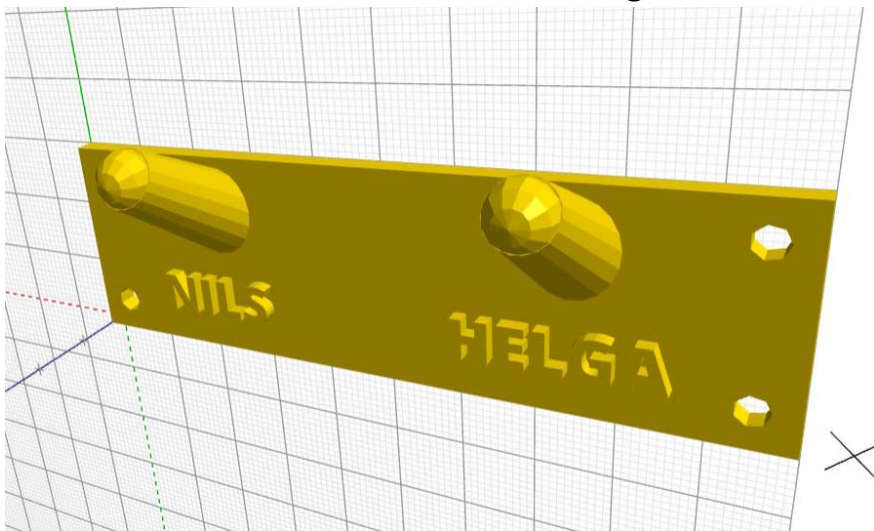
3D-modellering og 3D-printing – DeKom



Denne siden er blank

3D-modellering og 3D-printing – DeKom

Nils Kr. Rossing, Ola Kleiven, Anne Birgitte Belboe,
Rannvei Sæther, Eva H. Hagen



3D-modellering og 3d-printing– DeKom

Trondheim 2023

ISBN 978-82-92088-79-1

Layout og redigering: *Nils Kr. Rossing, Vitensenteret i Trondheim*

Tekst og bilder: *Nils Kr. Rossing, Vitensenteret i Trondheim*
Rannvei Sæther, Vitensenteret i Trondheim
Ola Kleiven, Vitensenteret i Trondheim
Anne Birgitte Belboe, Vitensenteret i Trondheim
Eva H. Hagen, Vitensenteret i Trondheim
Hanne Kile Andersen, Vitensenteret i Trondheim

Faglige spørsmål rettes til:

Vitensenteret i Trondheim

v/Ola Kleiven, ola@vitensenteret.com eller

Nils Kr. Rossing, nkr@vitensenteret.com

Kongensgate 1
7011 Trondheim

Postboks 117
7400 Trondheim

Vitensenteret i Trondheim
Telefon: 72 90 90 07
<http://www.vitensenteret.com/>

Rev 4-2-3 – 17.04.23

Forsidebilde: Hentet fra hjemmesiden til Amazon.com



Forord

Heftet er skrevet som en hjelp til gjennomføring av 6. samling av DeKom-tilbudet: *Skapende aktivitet i klasserommet*, som første gang ble gitt til Okstad skole, Tomasskolen og Vikhammer/Vikhammeråsen skole våren 2021 og senere gjentatt våren 2023.

Målsetningen med denne sjettede samlingen er å gi deltakerne en grunnleggende innføring i bruk av modellering av 3D-modeller for utskrift til en 3D-printer. Vi har valgt å bruke modelleringsprogrammet TinkerCAD og BlocksCAD da dette gir en lav terskel inn til modellering samtidig som det blokkprogrammering vektlegger de matematiske aspektene til 3D-modellering. I tillegg er programmene gratis og viser hvordan både grafisk- og blokkprogrammering. En vil også oppdage at blokkprogrammering egner seg til mer enn programmering av mikrokontrollere.

Heftet er ment som en støtte under arbeidet på kursdagen, men mest som en hjelp i det etterfølgende arbeidet i klasserommet, dog ikke uten videre for utdeling til elevene.

Tilbudet er initiert av Trondheim kommune og finansiert av DeKom-midler (Desentralisert Kompetansehevning) fra Udir.

De fem utstyrspakkene er finansiert av Trondheim kommune og gis de deltagende skolene til odel og eie.

Vitensenteret i Trondheim
April 2023

Ola Kleiven
Nils Kr. Rossing
Eva H. Hagen
Hanne Kile Andersen
Kristioffer Bjørkhaug





Innhold

1 Innledning	11
1.1 Organiseringen av arbeidet	11
2 Skapende aktivitet med 3D-printing – Framtidsbygda mi	13
2.1 Læringsmål	13
2.2 Omfang	13
2.3 Boblediagram	13
2.4 Utstyr	14
2.5 Elevmateriale	14
2.5.1 BlocksCAD – Instruksjonsvideoer	14
2.5.2 TinkerCAD – Instruksjonsvideoer	14
2.6 Gangen i prosjektet	14
2.6.1 Starter	15
2.6.2 Innledning	15
2.6.3 Idemyldring nåtid	15
2.6.4 Presentasjon av oppdraget	16
2.6.5 Idemyldring – Elevene lager skisserer av framtidsbygg	16
2.6.6 Aktivisering av forkunnskaper – faglig påfyll	16
2.6.7 Videreutvikling av ideen – faglig påfyll	17
2.6.8 Presentasjon av endelige løsninger – kravspesifikasjon	17
2.6.9 Realisering av bygning og bruk av modelleringsprogrammet .	18
2.6.10 Realisering av terrengmodellen og evt. bruk av tegneprogram og laserkutter	18
2.6.11 Presentasjon	19
3 Kort introduksjon til 3D-printing	21
3.1 Gangen i designprosessen	22
3.1.1 Ide	22
3.1.2 Modellering av modeller for utskrift	23
3.1.3 “Slicing”	24
3.1.4 Utskrift av modellen	24



4 Klargjøring og oppstart av 3D-printeren Creality CR-6 SE	25
4.1 Valg av 3D-printere	25
4.2 Utpakking og klargjøring	25
4.2.1 Materialer (filament)	26
4.2.2 Innhold - 3D-printer	26
4.2.3 Oversikt over printerens ulike deler	27
4.3 Overføring av datafiler	28
4.4 Klargjøring for 3D-printing	28
4.4.1 Oppvarming og kalibrering av byggeflata	28
4.4.2 Montering av filament	28
5 Hva skal vi lage?	31
5.1 Nyttegjenstander	31
5.1.1 Lag Soma kuber	31
5.1.2 Lag en blomsterpotte for kaktus	32
5.1.3 Lag et navneskilt for koffert	32
5.1.4 Knagg	32
5.1.5 Bord for turkoppen	32
5.2 Reservedeler	33
5.2.1 Do-knopp	33
5.2.2 Holder for klesstang	34
5.2.3 Holder til refleks	35
5.2.4 Nytt skaft til smørekniv	35
5.2.5 Man kan også spare penger	36
5.2.6 Beslagene som forsvant	36
5.3 Lage deler til større prosjekt	38
5.3.1 Spillbrikker	38
5.3.2 Lag en liten landsby	39
6 BlocksCAD	41
6.1 Bakgrunn	41
6.2 Brukergrensesnittet – Mitt første design	41
6.3 Lag en knagg	43



6.3.1	Lag avansert knaggrekke	45
6.3.2	Lag tannbørste holder	46
6.3.3	Lag en knapp	46
6.4	Flere kommandoer	46
6.4.1	Det er to 2D-former:	46
6.4.2	Det er fire 3D-former:	47
6.4.3	Transformering	47
6.4.4	Sett opsjoner	49
6.4.5	Matematikk	50
6.4.6	Variabler	51
6.4.7	Logiske uttrykk	51
6.4.8	Sløyfer	52
6.4.9	Tekst	53
6.4.10	Moduler	54
6.5	Oppbygging av komplekse geometrier med BlocksCAD	57
6.5.1	Grunnformene	57
6.5.2	Takkonstruksjoner	58
6.5.3	Oppdeling av komplekse former	59
6.5.4	Bruk av omhylningsfunksjon	62
7	TinkerCAD	64
7.1	Opprette klasser og invitere elever i TinkerCAD	65
7.2	Start design	67
7.3	Lagring	70
7.4	Annet	71
7.4.1	Ferdigdesignede former	71
7.4.2	Måleredskap og notater	71
8	Programvare for styring av 3D-printeren	73
8.1	Overføring av filer mellom PC og 3D-printere	73
8.1.1	Overføring av filer mellom PC og 3D-printer og Creality CR-6 SR	73
8.1.2	Overføring av filer mellom PC og P120 V4 3D-printer	74



8.2	Generering av g-fil for styring av 3D-printer med CURA	74
8.2.1	Installer og sett opp Ultimaker CURA	75
8.3	Utskrift og bruk av printerne	81
8.3.1	Oppstart og utskrift med 3D-printer, Creality CR-6 SE	81
8.3.2	Oppstart og utskrift med 3D-printer, Prima Creator P120	83
8.4	Generering av g-fil for styring av 3D-printer med Astroprint	85
Vedlegg A Eksempel på knaggrekke		92
Vedlegg B Filer til hus i landsby		94
B.1	Landsbykirke	94
B.2	Fyrlykt	96
B.3	Driftsbygning med silo	98
B.4	Våningshus	99
B.5	Naust	100
Vedlegg C Forslag til videoressurser – Framtidsbygda		101
Vedlegg D Resurskort – Framtidsbygda mi		102
D.1	Figurkort til Starter – Framtidsbygda mi	102
D.2	Geometrikort – Framtidsbygda mi	104
D.3	Bygningskort – Framtidsbygda mi	108
D.4	Idegenereringskort – Framtidsbygda mi	110
Vedlegg E Tips til feilsøking av P120		114



1 Innledning

Tema for denne samlingen er fordelt på følgende tema:

- *Basiskunnskaper om 3D-printing.*
- *3D-modellering med TinkerCAD og demonstrasjon av blokkmodellering.*
- *Konvertering av modelleringsfil til en g-fil, bruk av CURA*
- *Montering og betjening av 3D-printeren Creality*

1.1 Organiseringen av arbeidet

Arbeidet denne dagen vil i sin helhet bli viet bruk av 3D-modellering 3D-printing. Om mulig vil vi forsøke å knytte 3D-printing opp mot skapende aktiviteter og kreativitet. Det er også naturlig å inkludere fra *Kunst og håndverk* og *Matematikk*.

Se forøvrig programmet under:

Tid	Tema	Kommentar
08:15 – 08:30	Velkommen Kaffe og småprat ved planetariet	Vi tar en kaffe og småprater litt så alle er på plass og klare til oppstart 08:30
08:30 – 09:00 Ansv.: OK	Introduksjon og omtale av dagens program. Deltagerne refererer fra egen loggbok.	<ul style="list-style-type: none">• Velkommen og praktisk• Presentasjon av erfaring med bilder eller presentasjon.• Spørsmål etter forrige samling• Dagens program• Status laserkutter• Behov for veiledning?
09:00 – 09:15	Forflytning til 4. etasje biblioteket	
09:15 – 09:30 Ansv.: HKA	Starter: Modellering av hus	<ul style="list-style-type: none">• Starter fra «Fremtidsbygda mi»• Krever plastelina
09:30 – 12:00 KF, NKR	Presentasjon 1: <ul style="list-style-type: none">• Introduksjon til 3D-printing• Introduksjon til 3D-modellering i TinkerCAD Arbeidsøkt 1: <ul style="list-style-type: none">• Modeller en figur i TinkerCAD Presentasjon 2: <ul style="list-style-type: none">• Kort demonstrasjon av BloksCAD	Hva er 3D-printing? <ul style="list-style-type: none">• Hvordan virker en 3D-printer• Eksempler på anvendelse• Introduksjon til TinkerCAD• Vise mulighetene med blokkmodellering og sammenhengen med blokkprogrammering
12:00 – 12:30	Lunsj	



12:30 – 15:00 NKR, OK	Presentasjon 3: Fra digital til fysisk 3D-modell: <ul style="list-style-type: none">• Montering, installasjon av filament og utskrift Arbeidsøkt 2: <ul style="list-style-type: none">• Arbeide med å betjene 3D-printer og å realisere 3D-print	<ul style="list-style-type: none">• Montering av 3D-printer• Montere og skifte av filament• «Slicing» av modellen, bruk av CURA• Hva er en stl-file og en g-file?• Overføre filer fra PC til 3D-printer• Sette opp 3D-printer for utskrift• Fjerne 3D-print fra skriveplattformen
15:00 – 15:30 TIJ	Presentasjon 4 <ul style="list-style-type: none">• Presentasjon i bruk av 3D-printer i klasserommet	<ul style="list-style-type: none">• Bruk av 3D-printer i klasserommet, erfaringer fra Tor Inge Johansen på Dalgård skole
15:30 – 16:00 OK	Oppsummering og oppgaver til neste gang	<ul style="list-style-type: none">• Erfaring fra dagen• Oppgaver til neste gang• Lesestykke

2 Skapende aktivitet med 3D-printing – Framtidsbygda mi

Beskrivelsen bygger på et opplegg utviklet for Skaperskolen: *Framtidsbygda mi*. Opplegget er utviklet av Rannvei Sæter og Anne Birgitte Belboe ved Vitensenteret i Trondheim.

Elevene skal tenke seg hvordan de vil at bydelen eller bygda der de bor skal se ut om 20 år. Det være seg type bebyggelse, arkitektonisk utforming av bygninger, bruk av bærekraftige materialer og energiforsyning. I denne varianten av opplegget ser vi for oss at elevene bruker 3D-modellering for å utforme ulike hus og bebyggelse, og bruker tykk papp for å lage landskaper og terreng.

2.1 Læringsmål

Elevene skal kunne:

- bruke geometriske 3D figurer til å designe og beskrive bruken av en bygning
- vite om forskjellig type fornybar energi og fordype seg i to av dem
- bruke modelleringsverktøyet BlocksCAD eller TinkerCAD til å designe ulike bygninger på grunnlag av romgeometriske former
- greie å bruke en kravspesifikasjon til å lage en presentasjon av en bygning de selv har konstruert

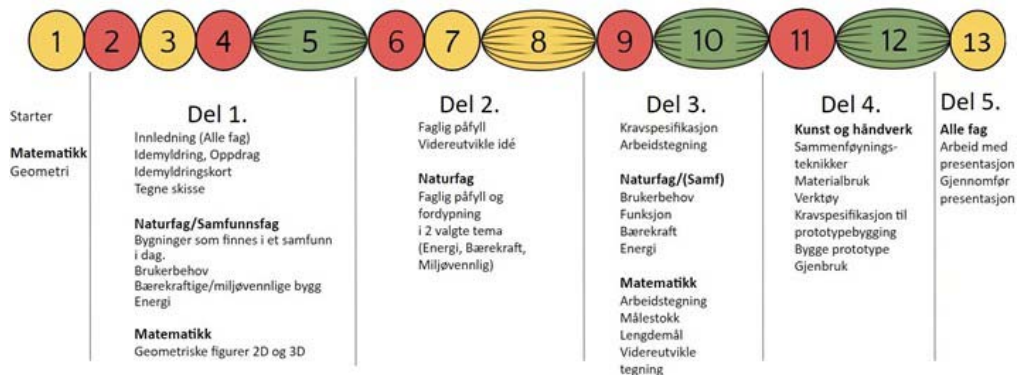
2.2 Omfang

Det er stor valgfrihet med hensyn til omfang og tidsbruk for prosjektet. For eksempel vil 6 – 8 skoletimer (5 økter/deler) kan være passende.

Prosjektet er dessuten tverrfaglig og vil kunne berøre Naturfag, Kunst og håndverk og Matematikk. Samfunnsfag (8. – 10. trinn) vil også kunne være relevant i denne sammenheng.

2.3 Boblediagram

Boblediagrammet under er et forslag til hvordan man kan dele opp prosjektet i ulike deler.



Kunst og håndverk Del 1, 2 og 3: Kreativ prosess med Idégenererende kort, Idémyldringskort, innen tema Arkitektur, som leder til Del 4.



2.4 Utstyr

Følgende utstyr er nødvendig:

1. PC, Chromebook eller nettbrett
2. 3D-printer med filament og nødvendig verktøy
3. Plastelina
4. Skjærmatte
5. Rullekniv eller tapetkniv
6. Papp fra pappesker for å lage landskapsprofiler, evt. arkitektpapp eller kapa
7. Blyant, viskelær, skolelim, linjal og saks

2.5 Elevmateriale

I den kreative prosessen vil man bruke:

- Figurkort
- Geometrikort
- Bygningskort
- Idegenereringskort

Ellers kan en tenke seg å benytte instruksjonsvideoer laget for BlocksCAD og TinkerCAD for at elevene skal komme igang med å bruke modelleringsverktøyet.

2.5.1 BlocksCAD – Instruksjonsvideoer

<https://www.youtube.com/channel/UCovK2cRIjoaZNzRwpQP2sFg/videos>

2.5.2 TinkerCAD – Instruksjonsvideoer

<https://www.tinkercad.com/learn/designs/learning>

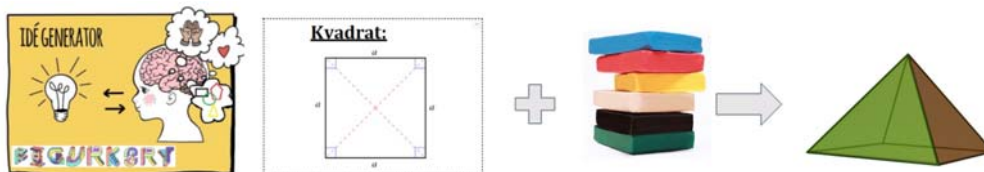
2.6 Gangen i prosjektet

Arkitektfirmaet Smartarkitektur A/S har fått i oppdrag å prosjektere den store kommunale satsingen på et nytt bærekraftig lokalsamfunn. La elever i klassen være ansatte i arkitektfirmaet og gi hvert elevpar i oppdrag å bygge en prototype av et bygg til framtidsbygda eller bydelen.

Dette er et undervisningsopplegg som handler om bærekraftige lokalsamfunn, hvor elevene ved hjelp av kreative metoder får utfolde seg og komme med egne tanker om fremtidige løsninger. Her er det mulig å jobbe tverrfaglig innenfor kunst og håndverk, naturfag, matematikk og samfunnsfag. Elevene vil kunne anvende den faglige kunnskapen de tilegner seg i løpet av prosjektet til å løse praktiske problemer.

2.6.1 Starter

Læreren deler elevene inn i elevpar, og deler ut 2, 4 eller 6 figurkort og to små biter plastelina til hvert elevpar. Figurkortene viser hver sin 2D-geometriske figur.



Oppdrag

1. Trekk et figurkort hver
2. Bruk figurkortet som grunnflate og lag en romlig figur (3D figur) med Plastelina. Pass på at læringspartner ikke ser figuren din.
3. Ta bind for øynene og gjett hverandres figurer etter tur ved å føle dere frem. Prøv å gjett både hvilken form grunnflata har og hvilken 3D figur som er laget. Hjelp hverandre til å bruke riktige matematiske begreper.

Det er lurt om elevene har tilgang til en oversikt/plakat i klasserommet over ulike geometriske figurer.

2.6.2 Innledning

Elevene får se ulike filmer som viser eksempler på bærekraftig arkitektur og ellers om FN's bærekraftsmål. Se forslag til videoer i vedlegg C.

2.6.3 Idemyldring nåtid

Elevene skal jobbe med følgende problemstilling:

Elevene skal foreslå hvilke type bygninger vi vanligvis finner i en by eller i ei bygd? Forslagene skrives opp på tavla etter hvert som de kommer.

En kan også tenke seg at forslagene til elevene brukes for å lage *Bygningskort* som elevene trekker (se under).



2.6.4 Presentasjon av oppdraget

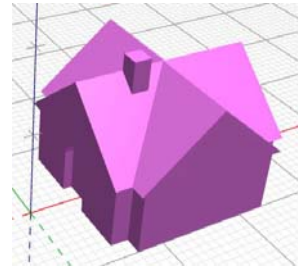
Oppdraget:

Kommunen har bedt klassen om å lage en 3D-modell av bygda/bydelen slik de kan se den for seg om 20 år. Bygningene skal modelleres ved hjelp av TinkerCAD eller BlocksCAD og skrives ut på en 3D-printer. Det skal også lages en terrengmodell ved å skjære ut profiler langs kotene som på et kart i tykk papp. Alle bygningene skal kunne plasseres inn i terrengmodellen.

*Elevene jobber i par. Hvert elevpar er et arkitektfirma som har fått i oppdrag å lage en bestemt av kommunens bygninger. De får utdelt et **bygningskort**, et **geometrikort**, papir og blyant.*

Bygningskortet forteller dem hvilken type bygning de skal bygge. De må selv finne ut hvem som vanligvis bruker en slik bygning og hvilke behov de har.

Bygningen skal dessuten være energinøytral, bruke fornybar energi og oppfylle krav til bærekraft.



Bolighus

2.6.5 Idemyldring – Elevene lager skisserer av framtidsbygg

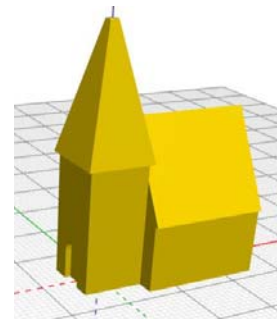
Læreren deler ut ett *Geometri-* og ett *Bygningskort* til læringsparene. Ved hjelp av kortene skal elevene idemyldre mht. hvordan deres bygning skal se ut. Bygningskortet forteller dem hvilken type bygning det er snakk om, og Geometrikortet skal hjelpe dem til å finne sin særegne design på bygningen. Elevene må også bestemme hvem brukerne av en slik bygning er og hvilke behov de har.

Det finnes 13 bygningskort som tilsammen utgjør et tenkt lokalsamfunn. I en klasse på 26 elever får hvert læringspar ett kort hver, klasser med færre elever fordeler flere kort på gruppen.

Deloppdrag 1

Bygningskortet forteller dere hvilken type bygning dere skal lage.

Bestem hvem som bruker en slik bygning og hvilke behov de har. Bruk kunnskap om bruken og geometrikortet til å velge formen på bygningen. Lag en foreløpig skisse av bygningen sett fra utsiden.



Kirke

2.6.6 Aktivering av forkunnskaper – faglig påfyll

I denne delen skal elevene innhente kunnskap om *fornybar energi* og *bærekraftig utvikling*. Her tar de i bruk litteratur, Internett, oppslagsverk o.l.

Læreren gjennomgår et utvalg av viktige begreper som f.eks.; smarthus, nullutslippshus, naturressurser, vind, sol, nedbør, bølgekraft, jordvarme, energi, energieffektivitet, vindkraft, vannkraft, solkraft, solceller, dynamo, varmepumpe, tidevann, brakkvann, saltkraft, fjernvarme, spillvarme, biodiesel o.l.

Elevene velger ut to tema de vil fordype seg i.

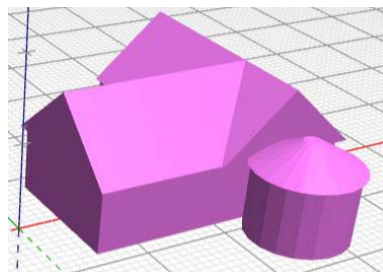
Deloppdrag 2

Dere skal velge to tema som dere skal fordype dere i. Disse skal handle om hvordan dere skal tilføre bygningen energi på en bærekraftig og miljøvennlig måte.

2.6.7 Videreutvikling av ideen – faglig påfyll

I denne delen skal elevene presentere ideene for hverandre og hvordan de har tenkt å gjøre bygningen sin bærekraftig og miljøvennlig. For å få flere gode ideer kan de bruke **Idegenereringskortene**. La dem gjerne jobbe to og to elevpar,

Ta gjerne kontakt med samfunnsfaglærer og jobbe med f.eks. menneskets behov for å høre til i et fellesskap, og hvordan ulike samfunn blir organisert.



Låve med silo

Deloppdrag 3

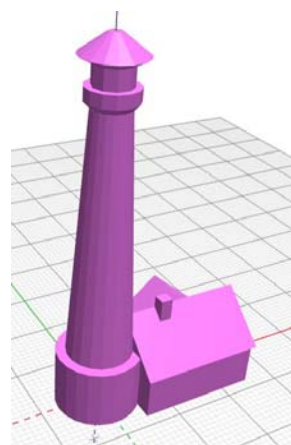
Bruk Idegenereringskortene til å finne ut mer om hvordan dere kan tenke dere å gjøre bygningen deres mer energinøytral, miljøvennlig og bærekraftig. Presenter og diskuter ideene med et annet elevpar. Kanskje får dere nye ideer.

2.6.8 Presentasjon av endelige løsninger – kravspesifikasjon

Læreren forteller hva en kravspesifikasjon er og ber elevene ta hensyn til den når de skal framstille bygningen sin. På dette tidspunktet bør de gjennomgå hvordan 3D-printeren fungerer og hvilke regler som gjelder for 3D-printing:

- Unngå overheng og flater som skrår utover med mer enn 45°.
- Snu gjerne modellen på hode eller del opp i flere biter som senere kan limes sammen for å unngå overheng.
- Unngå konstruksjoner tynnere enn 1,5 mm.

Det foreslås at læreren betjener programmet som “slicer” modellen (CURA eller Astroprint) og betjener 3D-printeren. Det er imidlertid viktig at elevene forstår hvordan printerens virker da dette er informasjon de trenger i modelleringsprosessen.



Fyrlykt

Kravspesifikasjon:

- Huset skal modelleres i BlocksCAD eller TinkerCAD
- Modellen skal ikke være større enn 40 x 40 x 40 mm
En kan evt. lage husene i en bestemt målestokk, f.eks. 1: 5000 (10 meter → 2 cm)
- Den skal lages i PLA og ha en fyllingsgrad på 20%



- Bygningen skal være plan på undersiden

Deloppdrag 4

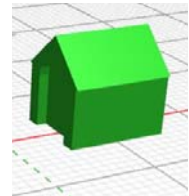
Lag en så detaljert tegning som mulig av bygningen dere skal bygge og forsøk å del opp bygningen i enkle geometriske former som f.eks. kuber, prismer, pyramider, sylindere og kuler. Sett mål på sidekantene. Husk at dere kan lage prismer og pyramider med et ønsket antall sider ved å ta utgangspunkt i sylindere.

2.6.9 Realisering av bygning og bruk av modelleringsprogrammet

I denne delen skal elevene modellere bygningene sine. De arbeider to og to om en datamaskin. En som koder – *Sjåføren* – og en forteller hva som skal kodes – *Navigatøren*. Etter en stund bytter de roller.

Det er viktig at elevene får anledning til å prøve ut modelleringsverktøyet ved å:

- ... se instruksjonsvideoer
- ... prøve seg på enkle geometriske figurer.
- ... få tips fra læreren
- ... få et “jukse”-ark med forklaringer på de vanligste kommandoblokkene



Naust

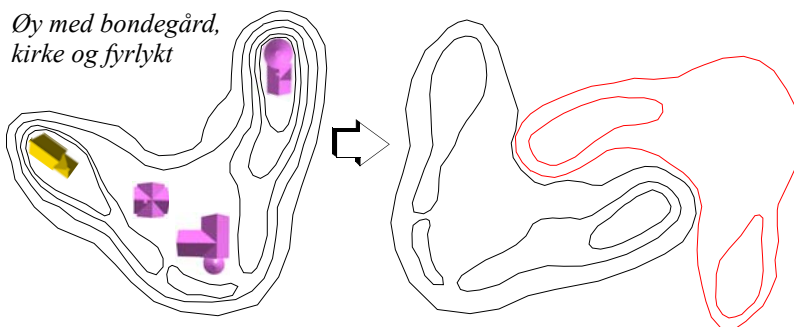
Læreren kan også lage tipskort som viser koden for å designe et saltak, en vindusåpning eller en avkortet pyramide med vilkårlig antall sider.

Deloppdrag 5

Ta utgangspunkt i tegningen dere har laget og bygg opp de ulike delene av bygningen ved hjelp av enkle romgeometriske former. Dersom dere får problemer med overheng, se om det er mulig å dele opp bygningen i flere deler eller om det er hurt å skrive ut bygningen på hode.

2.6.10 Realisering av terrengmodellen og evt. bruk av tegneprogram og laserkutter

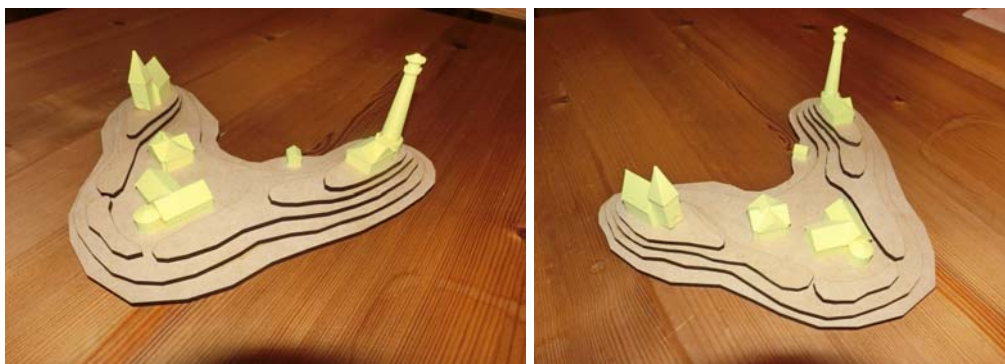
Dersom elevene ikke har tatt utgangspunkt i et virkelig kartutsnitt med den aktuelle bygningsmassen, så kan de konstruere et terreng av tykk papp (3 mm) med plass til de aktuelle bygningene. De tegner koter som de klipper eller skjærer ut og legger på hverandre. Alternativt kan de bruke et digitalt tegneverktøy, dele tegningen i to, skrive ut og legge på hverandre (se figuren under).



Her er det viktig at elevparene samarbeider slik at alle husene får sin plass i terrenget. Modellen blir også finest dersom størrelsen til husene står i forhold til hverandre. Veier kan tegnes inn med tusj og overganger mellom kotene kan gjøres glatte ved hjelp av plastelina.

Deloppdrag 6

Dere skal gå sammen om å lage en terrengmodell som gir plass til alle bygningene i bygda eller bydelen. Ta gjerne utgangspunkt i kotene til et kart og tegn opp de ulike kotedelene. Merk av i målestokk hvor de ulike bygningene skal stå. Pass på at det settes av tilstrekkelig plass. Tegn inn veier og bruk plastelina for å jevne ut overgangene mellom kotene der veiene går. Klipp ut kotedelene i tykk kartong eller skriv dem ut på en laserkutter i 3 mm MDF. Plasser bygningene inn i terrengmodellen. Sett navn eller nummer på bygningene og lag en kort beskrivelse av bygnings funksjon og hvem som bruker den, hvilken kilde som brukes for å gi bygningen energi og lignende.



Øy med bondegård, kirke og fyrlykt

2.6.11 Presentasjon

Når modellen er ferdig og klar til å stilles ut, lager hver av elevgruppene en presentasjon av sin bygning. Presentasjonen kan enten være i form av postere eller lysark med bilder evt. video tatt opp i bygda eller bydelen. Kanskje den blir så fin at representanter fra kommunen kan komme å se og høre resultatet. Dessuten bør foreldrene få anledning til å se den.

Deloppdrag 7

Lag en presentasjon av bygningen dere har laget med bilder og utsnitt fra designprosessen. Vis gjerne hvilke geometriske figurer dere har tatt utgangspunkt i når dere har designet bygningen. Beskriv hva type bygg det er og hvilken funksjon det fyller i bygda eller bydelen. Fortell litt om hvem som skal bruke eller bo i huset. og hvordan det har påvirket formen til huset. Beskriv også hva som gjør bygningen bærekraftig og hvordan bygningen blir forsynt med energi om sommeren og om vinteren.



3 Kort introduksjon til 3D-printing¹

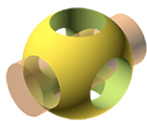


Ulike teknologier for 3D-printing har vært tilgjengelig gjennom mange år, men det er først i de seneste årene at slike printere er blitt så billige og pålitelige at de er egnet for bruk til hobbyformål. I dag kan man få en rimelig god printer fra kr. 3 til 5 000,-, Skal man imidlertid få noe som gir god kvalitet og fungerer over tid, bør man velge en printer i en noe høyere prisklasse.

Ved Vitensenteret i Trondheim og Skolelaboratoriet ved NTNU har de valgt å satse på Ultimaker 2+ og 3 som har vist seg å være rimelig drifts-sikre og gi god kvalitet dersom man velger et godt *filament* (plastmateriale). Men vi har også hatt gode erfaringer med Creality CR-6 SE. Disse er såkalte FDM-printere (Fused Deposition Modeling) som

fungerer omtrent som en avansert limpistol.

Et plastmateriale som tilføres printeren i form av en tråd (filament), føres til en oppvarmet (typisk 180° til 240°C) dyse (typisk Ø 0,2 – 0,6 mm) som utgjør printerens *skrivehode*. To steppmotorer styrer hodet fram og tilbake med stor presisjon over en oppvarmet plate, eller bord, og legger igjen en tynn tråd av flytende plast. Når et lag er ferdig, senkes bordet (evt. heves skrivehodet) slik at skrivehodet kan legge på det neste laget. Slik fortsetter det til hele figuren er skrevet ut. I tillegg til den oppvarmede dysen, består skrivehodet av små vifter som kjøler plasten så snart den er lagt ned på modellen, slik at neste lag kan skrives ut oppå det forrige.



OpenSCAD

For at dette skal være mulig må man lage en tredimensjonal tegning av det som skal skrives ut. Dette gjøres ved hjelp av spesielle tegneprogrammer. Her finnes det mange å velge i hvor flere er gratis og kan lastes ned fra nettet. Noen tegneprogrammer anvender geometriske byggeklosser som kobles

sammen i rommet slik at de tilslutt danner den ønskede gjenstanden. Vi kan kalle disse *grafiske* tegneprogrammer. På den annen side finnes det tegneprogrammer hvor man skriver inn kommandoer som spesifiserer de ulike geometriske figurene, vi kan kalle dette et *symbolsk* tegneprogram. På dette kurset skal vi bruke **BlocksCAD** som er et *blokkbasert* program utviklet fra det symbolske tegneprogrammet **OpenSCAD**. Begge disse programmene er gratis og gir en unik presisjon i utformingen av modellen. Det fleste modelleringsprogrammene genererer *STL-filer*, så også disse to. I tillegg har vi omtalt **TinkerCAD** som etter hvert er blitt et svært populært program og som både tilbyr en grafisk og en blokkbasert versjon.

1. Aranda, Sean. The A-Z 3D Printing Handbook: The Complete Guide to Rapid Prototyping. Kindle Edition.



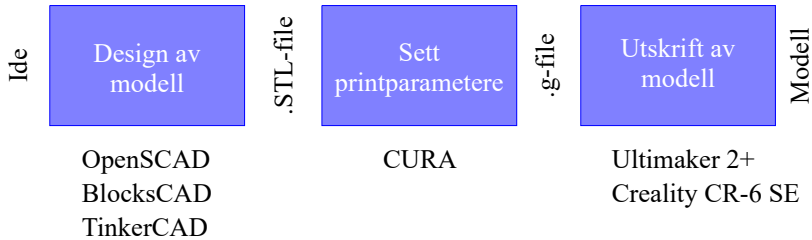
Når tegningen er klar, må vi bruke et programverktøy som bestemmer hvordan skriveshodet skal bevege seg gjennom de ulike lagene, fra bunn til topp. Her vil vi bruke programmet **CURA** fra Ultimaker til å generere ei g-kode-fil som er den fila vi mater inn i printerens.



G-code fila lastes så opp til 3D-printeren og utskriften kan starte.

3.1 Gangen i designprosessen

Under er vist et flytdiagram for gangen i designprosessen.



3.1.1 Ide

Normalt vil man starte med en ide om hva man ønsker å modellere. Det er ikke alle ideer som lar seg realisere like lett:

- **Overheng**

Normalt vil printerens være avhengig av å skrive ut på et fundament. Overheng vil derfor være vanskelig å få til uten spesielle tiltak. Dette kan normalt løses på ulike måter:

- *Del opp modellen*

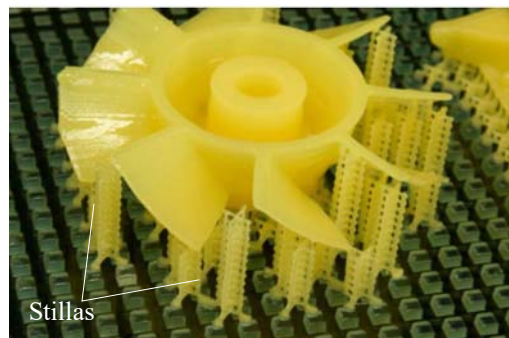
For å unngå overheng kan man dele modellen i to eller flere deler der overhengen starter, for så å lime eller skru delene sammen i ettertid.

- *Snu modellen opp-ned*

Noen ganger vil det være lurt å snu modellen opp-ned, på denne måten kan man f.eks. bygge innover i stedet for utover etter hvert som modellen bygges.

- *Bruk av stillas*

I CURA kan man spesifisere at det lages stillaser under veis mens man bygger. Dette vil være støttestrukturer som lett kan fjernes etter at modellen er ferdig. Hos printere med to skriveshodet kan det ene hodet skrive ut stillaset i et materiale som lett kan løses opp av f.eks. aceton eller vann. En må imidlertid være klar over at stillasbygging tar tid².





- **Tynne vegger**

- Det er en god regel at veggene minst må være tilsvarende 3 x tykkelsen på dysen til skrivemaskinen, i vårt tilfelle betyr dette en minimum veggtykkelse på 1,2 mm. Normalt vil det være lurt å holde seg et stykke unna denne minstetykkelsen. Det viser seg også at det kan være lurt å velge en veggtykkelse som går opp med dysestørrelsen f.eks. 12 mm, 16 mm, 20 mm osv.

3.1.2 Modellering av modeller for utskrift³

Modelleringen av modellen betyr at det må lages en tegning av hvordan modellen skal se ut, både inni og utenpå.

Modelleringsverktøy

Det finnes i dag som nevnt en mengde ulike programmer for tegning av modeller, både grafiske, kode- eller symbolbaserte og blokkbaserte tegneprogrammer. Her er noen forslag:

- **TinkerCAD** (Autodesk) – Enkelt grafisk nettbasert tegneprogram (gratis)
Se side 64.
- **123Design** (Autodesk) – Kraftige enn TinkerCAD, grafisk tegneprogram (gratis for kompakte modeller)
- **SketchUp Make** (Trimble) – Populært 3D-tegneprogram spesielt for arkitektur, kun overflate modellering
- **Fusion 360** (Autodesk) – Avansert program for modellering med mange muligheter, gratis for utdanningsformål, men kan være krevende å lære seg.
- **Inventor** (Autodesk) – Autodesk sitt kraftigste grafiske verktøy for profesjonell bruk – Kostbart
- **OpenSCAD** – Et tekstbasert gratis program med rike muligheter. Etter at koden er skrevet inn, framkommer resultatet i et 3D-vindu (Gratis).
- **BlocksCAD** – Et blokkodebasert program som ble utviklet av matematikklærere i 2017 og som bygger på OpenSCAD (Gratis). Se side 41.

Her er det mye å velge i. Det kan være lurt å finne noe som man er komfortabel med og som er tilstrekkelig avansert så man oppnår det resultatet man ønsker. Det kan være lurt å begynne med noe som er relativt enkelt å komme i gang med. TinkerCAD og BlocksCAD er programmer som er greie å starte med.

2. Bildet er hentet fra: https://timpickup.wordpress.com/2008/05/29/14_3d-printers/

3. For mer informasjon se: https://www.ntnu.no/documents/2004699/1265694650/3D-printing+i+skolen_veien_videre.pdf/d62291c0-4b96-4926-b8ec-2c3b3bf00096



.STL filer

Et vanlig grensesnitt ut av slike programmer er .STL filer. STandard Lithography er et filformat utviklet for å overføre 3-dimensjonale figurer og ble i sin tid utviklet av *3D-systems*. I dette tilfellet bruker vi det kun som et mellomstadium mellom tegneprogrammet og programmet som skal dele opp modellen i lag og bestemme hvordan lagene skal bygges opp – “slicing”.

3.1.3 “Slicing”

Programverktøyet CURA 4.8 henter inn .STL-fila og viser denne i et 3D format plassert på byggeplata på 3D-printeren. Programmet leveres av ULTIMAKER, men kan tilpasses ulike 3D-printere. Programmets funksjoner er å forberede modellen for 3D-printing. Programmet (ver. 4.8) kan hentes fra Trondheim kommunes pakke. Ellers kan det lastes ned gratis fra Ultimakers hjemmeside og leveres i skrivende stund i versjon 5.3.0⁴.

De viktigste funksjonene

Følgende er programmets viktigste funksjoner. Se eget avsnitt for flere detaljer om bruken av CURA 4.8 (side 74) eller Astroprint (side 85).

- Plassering av modellen på byggeplata.
- Skalering av modellen og beregning av tid for utskrift og ressursbruk.
- Valg av fundament for modell (kan velges eller velges bort), for bedre fest i byggeplata.
- Valg av fyllprosent av innvendig volum (hul, delvis fylt eller fylt), sparer materialer og tid.
- Valg av stillas for overheng (kan velges eller velges bort).
- Kvalitet (hvor fine detaljer som kan gjengis på modellen).

For nærmere beskrivelse av funksjonaliteten se kapittel 8. Etter at parameterne er valgt, generer CURA en strategi for utskrift og deler opp modellen i lag og legger en vei for å skrive ut filamentet som er hensiktsmessig mht. å få et heldig resultatet.

g-code filer

Dette er et språk som er utviklet for å styre numeriske verktøymaskiner og inneholder informasjon om hvor skrivehodet skal bevege seg, hvor fort det skal gå og hvilken vei det skal følge. Dessuten spesifiseres når filament skal skyves ut av dysa, når det skal stoppes eller trekkes tilbake for å avbryte eller gjøre et hopp i skriveprosessen.

Denne fila legges så over til SD-kortet som overføres til 3D-printeren, evt. på andre måter (side 92).

3.1.4 Utskrift av modellen

g-kodefila hentes så inn fra SD-kortet og selve utskriften kan starte. Både Ultimaker 2+ og Creality CR-6 SR krever at SD-kortet står i maskina under utskriften.

4. <https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>

4 Klargjøring og oppstart av 3D-printeren Creality CR-6 SE

4.1 Valg av 3D-printere

Under forrige DeKom sesjon benyttet vi PrimaCreator P120 som er en meget kompakt og billig 3D-printer (Typ. kr. 2790,-). Denne gangen har vi valgt å gå for Creality CR-6 SE. Denne er noe større, må monteres og koster noe mer (typ. kr. 4 890,-). Den har likevel noen klare fordeler framfor P120. Den viktigste er at den har automatisk kalibrering av byggeflaten. Byggeflaten er oppvarmet og holder godt på modellen. Den er dessuten vesentlig raskere enn P120, ja, i noen tilfeller raskere enn Ultimaker 2+. Begge benytter filament med tykkelse 1,75 mm. Creality har ca. 8 ganger så stort byggevolum (235 x 235 x 250mm) som P120 (120 x 120 x 120mm), uten at dette trenger å bety så mye. En annen fordel med Creality er at den benytter standard SD-kort som er mer robuste enn micro SD-kortet som benyttes for P120, hvor det imidlertid følger med adapter for overgang fra standard SD-kort til mikro-SD kort. En ulempe med Creality er at den er større og bør helst demonteres dersom den skal fraktes langt. Monteringen tar mellom 30 – 45 min.

4.2 Utpakking og klargjøring

Før printeren kan brukes må den monteres. En kortfattet monteringsbeskrivelse følger med. Min erfaring var at den var uklar på enkelte punkter. Jeg hadde derfor stor hjelp i en ganske omfattende YouTube video som i detalj beskriver montering og til dels også virkemåten. Video som viser montering se: <https://www.youtube.com/watch?v=HvxljVfQPUI>

Følgende ble oppfattet som noe uklart:

1. *Hvor finnes tilbehøret av verktøy?*

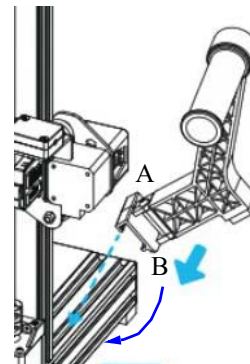
Dette ligger i en liten skuff nederst framme på printeren. Trekk ut skuffen og finn alt nødvendig verktøy for montering.

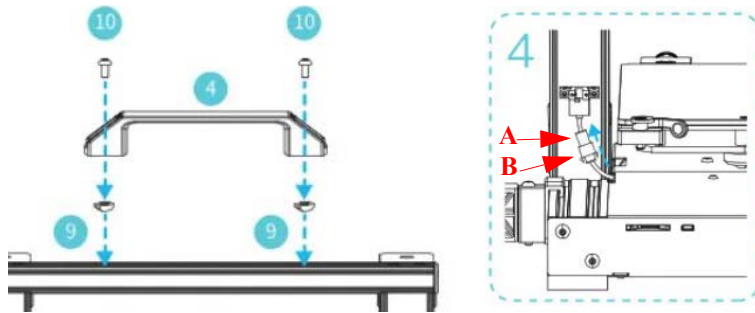
2. *Hvordan festes holderen for filamentet?*

Holderen skal festes i aluminiumprofilen ved at flensen (A) som stikker ut øverst på holderen legges på profilen og pressen inn nederst (B) slik at den knepper på plass. Her må man bare bruke litt kraft. Se figuren til høyre.

3. *Hvordan festes håndtaket øverst på printeren?*

Skrueene føres ned gjennom hullene i hver ende av håndtaket og mutteren festes på skruene. Skruen skrues ned i den bredeste delen av mutteren slik at denne peker opp. Mutteren skrues akkurat så mye at den fester til skruen, den skal ikke strammes. Drei så mutteren slik at den passer ned i sporet til aluminiumsprofilen. Når skruen strammes vil den vri seg og stå på tvers nede i sporet. Der vil den stoppe slik at skruen kan strammes helt til, se figuren under til venstre.





4. Hvordan feste kontakten til stoppsensoren i z-retning?

En ledning med en kontakt (B) er festet under byggeflaten (bordet), denne skal festes til en tilsvarende kontakt som stikker ut under sensoren (A). Se figuren over til høyre.

Ellers så skulle monteringen gå greit i henhold til monteringsheftet.

4.2.1 Materialer (filament)

3D-printeren er forberedt for å printe med PLA og ABS. ABS har høyere smeltetemperatur (250°C) enn PLA (200°C). ABS er til gjengjeld vesentlig kraftigere enn PLA. Bruk av ABS er ikke anbefalt med mindre man trenger økt styrke og har godt avtrekk, siden materialet skiller ut gasser som man ikke bør puste inn.

4.2.2 Innhold - 3D-printer

Følgende utstyr følger med printeren:

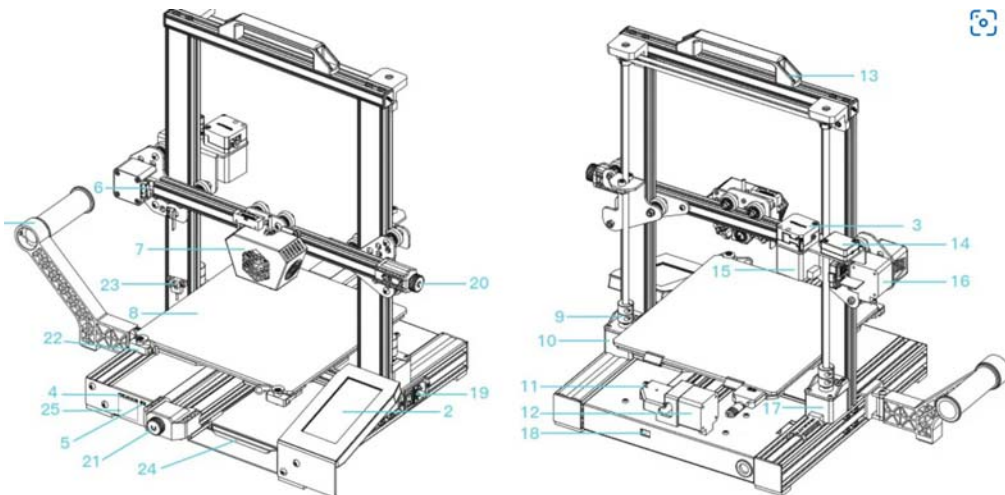
- 1 x 3D printer
- 1 x Rull med filament
- 1 x Spatel for å løsne en 3D-printet modell
- 1 x Fastnøkkel
- 1 x Koppnøkkel for løsning av dysen
- 1 x Nål for å stikke opp dysen
- 1 x Liten sideavbiter
- 1 x Sett med unbrako nøkler
- 1 x SD-kort med USB-A adapter
- 2 x Kvikk bøyler for feste av filamentslange
- 2 x Kvikk løsneklave for filamentslange
- 2 x Reservedyser
- 2 x Klistremerker
- 1 x Nettkabel (230V)
- Diverse reservedeler

Se figuren under:



4.2.3 Oversikt over printerens ulike deler

Figuren under viser en oversikt over printerens ulike deler.



- | | | |
|----------------------|---|--------------------------|
| 1. Filament Holder | 12. Y-axis Motor | 23. Photoelectric Switch |
| 2. LCD Screen | 13. Handle | 24. Tool Box |
| 3. Extruder | 14. Filament Detector | 25. SD Card Slot Sticker |
| 4. Storage Card Slot | 15. Extruder (E) Motor | |
| 5. USB Port USB | 16. X-axis Motor | |
| 6. X Limit Switch | 17. Z-axis Motor?Z1? | |
| 7. Nozzle Kit | 18. Voltage Switch | |
| 8. Printing Platform | 19. Power Cable Connection | |
| 9. Coupling | 20. X-axis Belt Tension Adjustment Knob | |
| 10. Z-axis Motor?Z2? | 21. Y-axis Belt Tension Adjustment Knob | |
| 11. Y Limit Switch | 22. Glass Pick And Place Handle Plate | |



Mer informasjon finnes her:

<https://manuals.plus/creality/cr-6-se-3d-printer-manual#ixzz7Z1jQntdO>

4.3 Overføring av datafiler

Design-filene kan lett overføres fra PC til 3D-printeren via standard SD-kort som følger med. Dersom PC'en ikke har SD-kortleser, kan man bruke SD-kort adapteren slik at filene kan overføres til kortet via en USB-A kontakt.

4.4 Klargjøring for 3D-printing

I det følgende beskrives hvordan vi starter og gjennomfører 3D-printing.

4.4.1 Oppvarming og kalibrering av byggeflata

1. Slå på printeren med bryteren på høyre side.
2. Det første man bør gjøre er å kalibrere byggeflaten. Dette gjøres enkelt med å trykke på følgende skjermmenyer (A, B og C) (se figurene under). Den varmer da opp dysa til 120°C og måler avstanden til byggeflata i 16 punkter (C).



3. Man kan deretter justere avstanden mellom hodet og plata om man ønsker det. Man går da et skritt tilbake i menyen (D), og benytter justeringsmuligheten på foregående meny (E). 0,20 mm er et greit nivå å starte (E).

Da er byggeflata ferdig kalibrert.

4.4.2 Montering av filament

Før vi kan montere filamentet må vi forvarme dysehodet. Dette kan gjøres på to måter, her presenterer vi den enkleste.

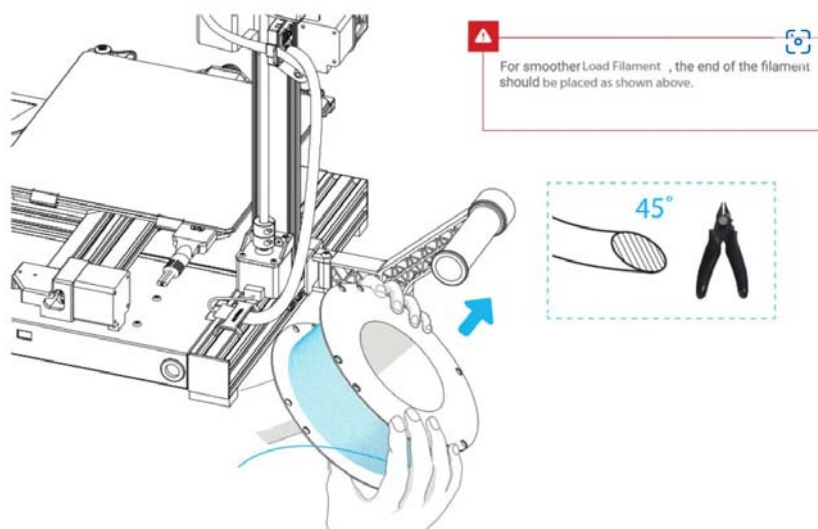
1. Velg meny *Ready* (A) og trykk deretter på *Preheat PLA* (B) dersom det er PLA, man skal bruke. Alternativt kan trykke ABS, sistnevnte krever noe høyere temperatur og avtrekk.



2. Vent deretter til dyschodet har nådd ønsket temperatur. Ca. 200°C for PLA og 240°C for ABS. Byggeflata varmes til henholdsvis 60°C og 70°C.

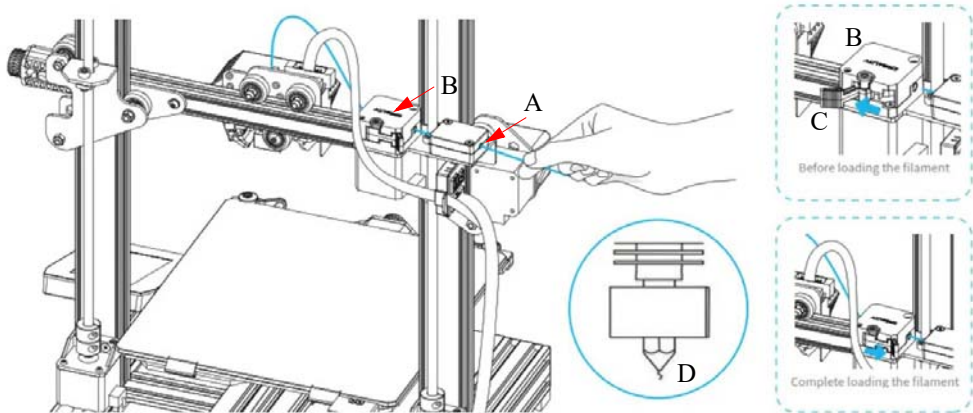
Vi er nå klare til å sette inn filamentet:

3. Man tar fram rullen med filament og tar av plasten. Det er lurt å ta av plasten skånsomt, da den bør brukes til å pakke inn filamentet dersom rullen skal tilbake i pakningen. Filamentet tiltrekker seg fuktighet og vil med tiden bli ødelagt dersom det ligger utsatt for luft. Dette gjelder også filament som står i printeren.
4. Heng rullen på holderen og skrålipp gjerne filamentet slik at det lettere kan føres inn i kanalen.





5. Filamentet føres gjennom detektoren (A) som vil registrere at det settes i filament. Skulle det gå tomt, vil den registrere det også slik at utskriften avbrytes.



6. Dernest skal filamentet føres gjennom matermekanismen (B). For å få fri manuell gjennomgang, åpnes hendelen (C) slik at den blir stående utover. Dermed kan filamentet skyves gjennom materen og inn i materøret og helt fram til dysa.
7. Skyv filamentet langsomt inn i dysa og stopp når det tyter ut (D). Skyv hendelen tilbake inntil matermekanismen.

Printeren skal nå være klar til utskrift.

Se avsnitt 8.3.1, side 81 for oppstart av utskrift.

5 Hva skal vi lage?

Å finne noe meningsfullt å lage kan være en utfordring. Selv har jeg hatt nytte av 3D-printeren inne tre områder:

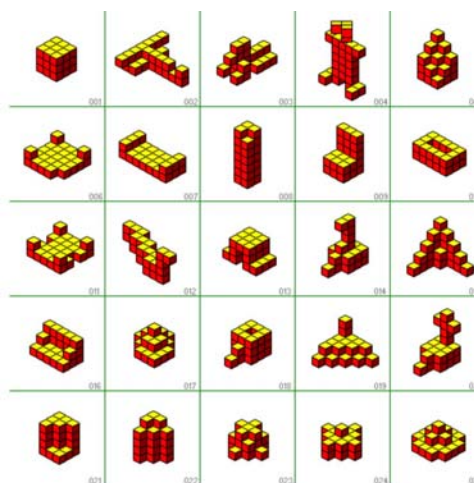
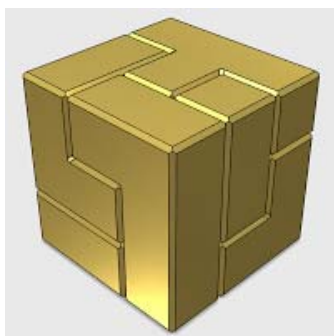
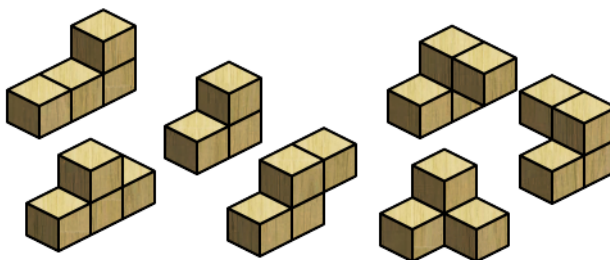
1. *Lage små nyttegenstander*
Dette er små nyttegenstander med særpreg som en snurrebass, en knagg eller knaggrekke, en merkelapp for merking av kofferter o.l.
2. *Lage reservedeler til noe som er ødelagt*
Å lage erstatningsdeler til noe som er ødelagt har kanskje vist seg å være aller mest nyttig. Det kan være skaft til en smørekniv, holderen til refleks eller et baklys på sykkel, beslag for å henge opp noe osv.
3. *Lag deler til større prosjekter*
Dette kan være smådeler som en hylse eller en fot til en modell, en holder til en sensor osv.

5.1 Nyttegenstander

5.1.1 Lag Soma kuber

Dette er et puslespil utviklet av den danske poeten Piet Hein. Disse består av sju brikker som er sammenstillinger av 3 og 4 kuber som vist på figuren under.

Brikkene kan settes sammen til en mengde ulike figurer i tillegg til en kube med $3 \times 3 \times 3$ kuber. Se figuren under.

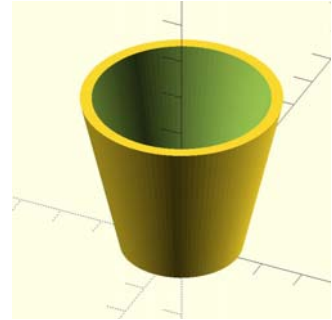




5.1.2 Lag en blomsterpotte for kaktus

Det skal lages en liten blomsterpotte som vist på figuren til høyre. Ytre diameter øverst skal være 46 mm og ytre diameter nederst skal være 28 mm. Høyden skal være 50 mm og veggtykkelsen 2 mm. Det skal lages et hull i bunnen for drenering av vann.

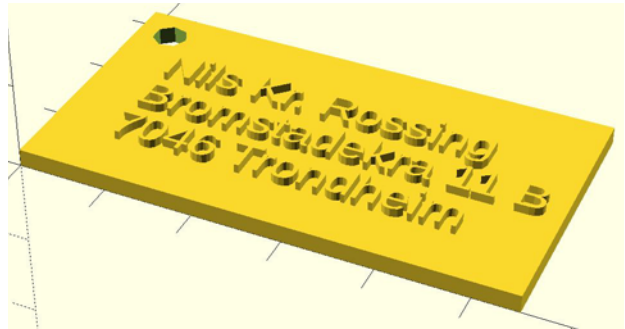
I 2017 ble det laget slike blomsterpotter med lokk for å simulere vekst av planter i vektløs tilstand. Potter med jord og frø ble plassert vertikalt samtidig som de roterte en gang i minuttet. Dermed fikk ikke planten tyngdefeltet som et fast referansepunkt.



5.1.3 Lag et navneskilt for koffert

Det skal lages et navneskilt som kan henges til koffert håndtaket med en snor. Navneskiltet skal inneholde navn og adresse, evt. også telefonnummer. Et eksempel er vist på figuren til høyre.

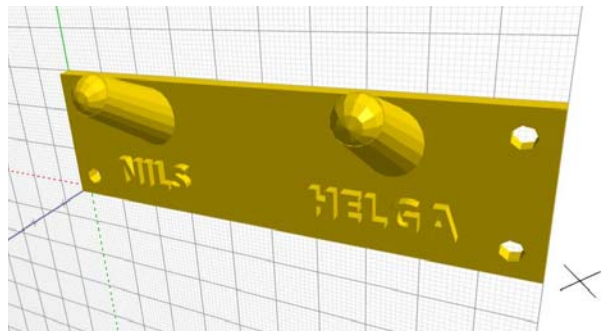
Vi tillater oss å legge ved koden til denne merkelappen slik at elevene kan eksperimentere med teksten og størrelsen på lappen.



5.1.4 Knagg

Å lage en knagg kan være en fin halvåpen oppgave som kan gjøres særdeles enkel, men også kan utvikles til en knaggrekke med eller uten navn. Den må også designes slik at den får den nødvendige styrken som skal til for å holde et klesplagg eller en håndduk.

For detaljer, se avsnitt 6.3, side 43.



5.1.5 Bord for turkoppen

Når man er på tur i skog og mark er det ikke alltid man finner et horisontalt og stødig sted å sette fra seg koppen. Da er det praktisk å ha et sammenleggbart lite bord som kan stikkes ned i jorda,

som vist på figuren under. For detaljer, se avsnitt 6.5.4, side 62.

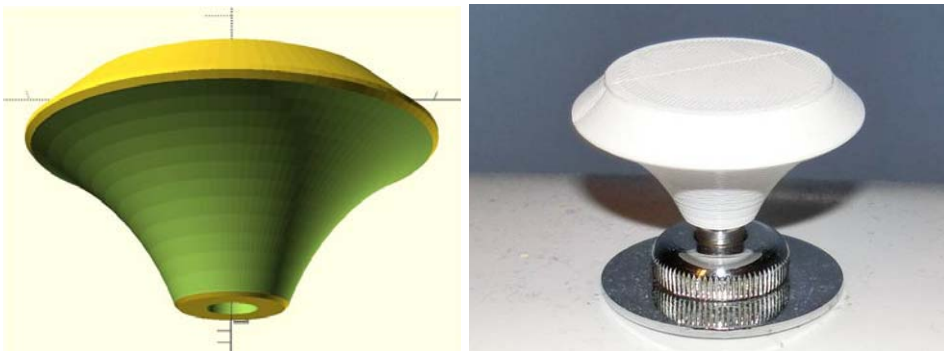


5.2 Reservedeler

Dette er kanskje det området der jeg har brukt 3D-printing med størst suksess.

5.2.1 Do-knopp

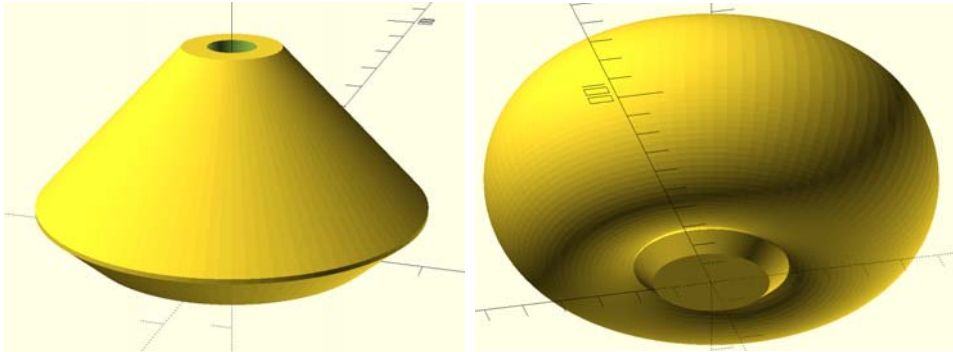
En dag gikk gjengene på do-knoppen i stykker og det var umulig å få den til å sitte fast. Da var det nærliggende å lag en ny. En slik kan lages ganske enkelt, men også mer elegant ved å la undersiden være kuet innover istedet for en rett kjegle.



For å få til den kuede undersiden lager man seg først en sylinder eller kjegle for deretter å trekke fra en torus med passelig størrelse som vist på figuren under. På bildet har vi vist torusen som normalt vil være usynlig da partiet som overlapper kjeglen vil bli trukket fra slik at resultatet blir en



innsvinget underside. Legg også merke til at knoppen er snudd opp ned slik at vi får et stødig feste til arbeidsflata.

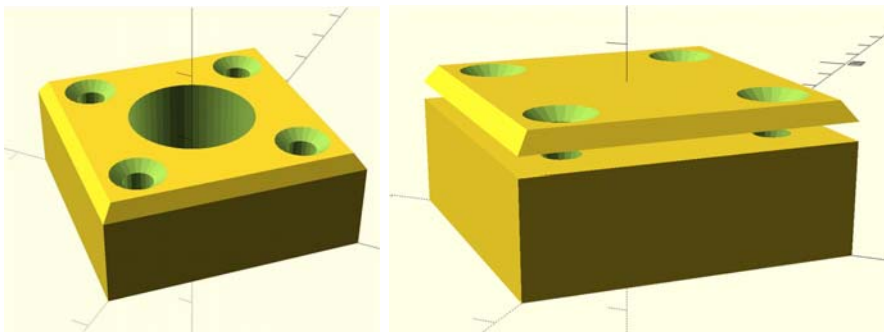


5.2.2 Holder for klesstang

De fleste har opplevd at festet til klesstanga i garderoben har gitt etter for en stadig økende garderobe. Slike holdere er ofte svært spinkle og laget av plast som med årene har en tendens til å smuldre bort. Da er det på tide å designe en ny holder. Bildet til høyre viser den 3D-printede klesstangholderen. Så la oss se litt nærmere på hvordan denne er laget.



Som vi ser så består basen av et kvadratisk prisme som er satt sammen med et prisme med knekket kant på toppen. Normalt har ikke programmet noen enkel kommando for å lage et prisme med en toppflate som har en annen dimensjon en bunnflata. Her har vi brukt et triks, ved at vi istedet for å bruke et prisme har brukt en avkortet kjegle. Til tross for at vi normalt betrakter kjegler som sirkulære tverrsnitt så gir programmet mulighet til å sette antall flater rundt omkretsen. Dersom antallet er stort vil den bli tilnærmet sirkulær, reduserer vi derimot antallet flater til fire får vi et kvadratisk prisme.



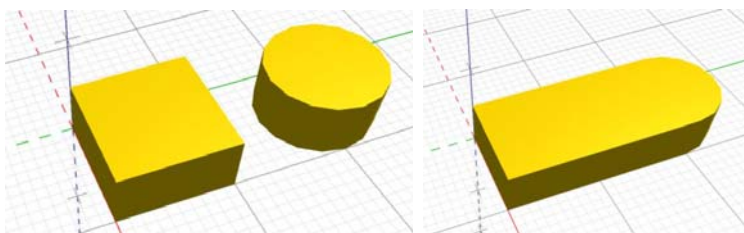
Vi legger også merke til at skruhullene er forsenket ved at en liten kjegle er trukket fra i toppen av hullet. Hullet i sentrum er beregnet på klesstanga. For detaljer, se avsnitt 6.5.3, side 59.

5.2.3 Holder til refleks

Refleksen foran på sykkelstyret fikk seg en knekk. Normalt må man da kjøpe ny refleks med holder. Imidlertid er det mulig å modellere holderen til refleksen og 3D-printe en ny. Det samme skjedde også ved en senere anledning hvor også den 3D-printede utgaven knakk. Det var imidlertid en smal sak å skrive ut en ny.

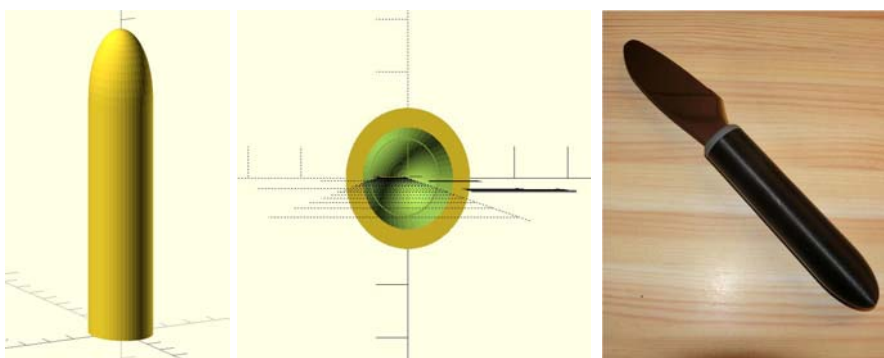


I denne modellen brukes en funksjon som i BlocksCAD heter *Innhylning*, dvs. at to enkle romgeometriske figurer kan danne endestykker til en sammenhengende kontur og bli til en ny geometri som vist på figuren til høyre:



5.2.4 Nytt skaft til smørekniv

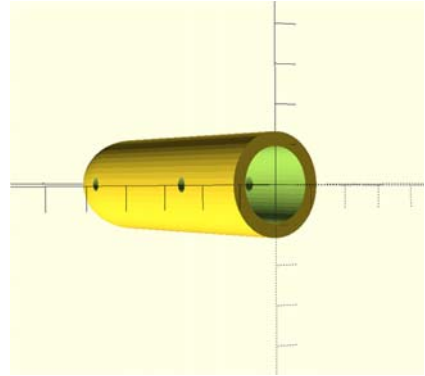
En smørekniv med skaft av plast kan lett gå i oppløsning i oppvaskmaskinen etter noen års vask. Da kan det vært fint å 3D-printe et nytt skaft. Tverrsnittet til skaftet på denne kniven er ikke sirkulært, men elliptisk, hvilket bød på noen spesielle utfordringer. Enden var også avrundet.



Siden vi har mulighet til å lage sylindere så burde dette være en smal sak, men denne sylinderen er som nevnt ikke rund, men elliptisk.



Dette ble løst ved bruke en kommando som ga mulighet til uavhengig skalering i x-, y- og z-retning. Dermed var det bare å beholde skaleringen i y- og z-retningen, men endre skaleringen i x-retningen. Enden av skaftet var en halvkule. Denne ble skalert i x-retning som resten av skaftet, men ble også skalert opp med en faktor 2 i z-retning. Dermed fikk den en langstrakt form mot enden.



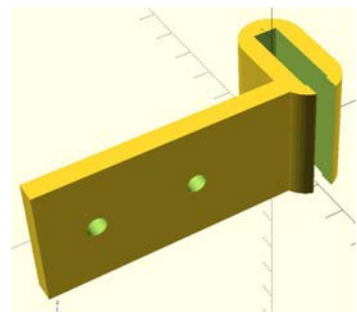
Etter et noe tids bruk oppdaget vi at skaftet lekket vann slik at det ble liggende igjen oppvaskvann inne i skaftet. Dette ble løst ved å lage huller i skaftet slik at vannet kunne renne ut og tørke opp.

5.2.5 Man kan også spare penger

For tre fire år siden røk et par av festene til ett av trillebordene våre, noen hadde satt seg på bordet.



Leverandøren av slike bord ble kontaktet og vi fikk beskjed om at prisen for fire fester var kr. 500,-, pluss kr. 250,- porto. Det var verdt å gjøre et forsøk. En 3D-modell av den gamle ødelagte knekten ble laget og skrevet ut på 3D-printeren. Siden vi antok at den måtte tåle stor belastning, ble den skrevet ut med 100% *infill*. To av knektene ble erstattet og gjorde jobben i 2 år før vi måtte lage en ny.

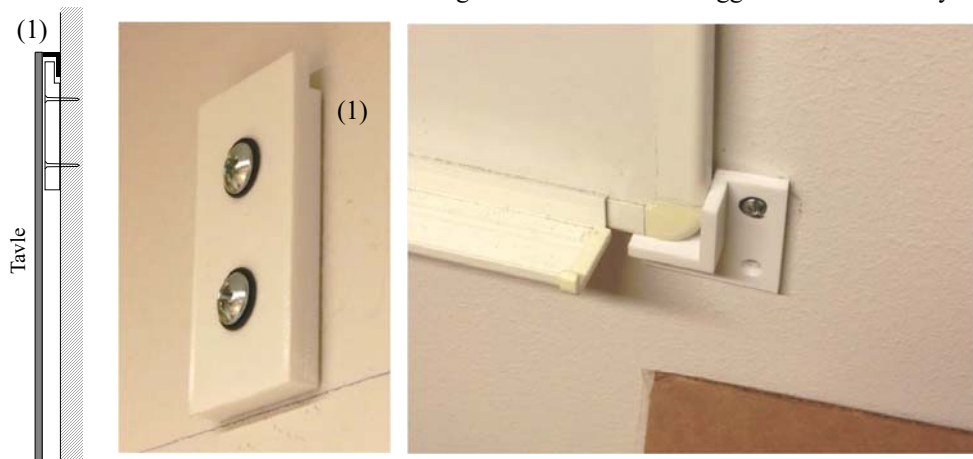


5.2.6 Beslagene som forsvant

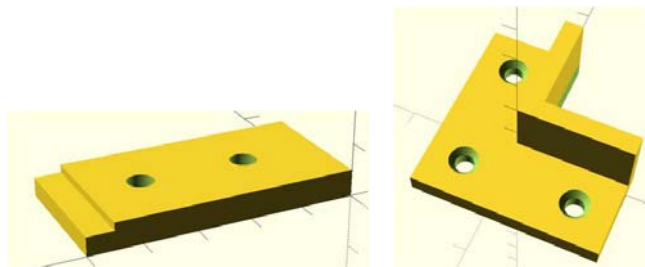
Under en flyttestransport ved NTNU forsvant festene til en white board tavle og vaktmestrene fortalte oss at de ikke kunne montere den på veggen ut å ha beslagene, og de var søkk vekke.

Selv om vi ikke visste hvordan de opprinnelige beslagene var utformet så burde det gå an å lage noe som kunne gjøre nytten. Det ble laget fire beslag, to nede for å understøtte tavla og to oppe som tavla kunne henge på.

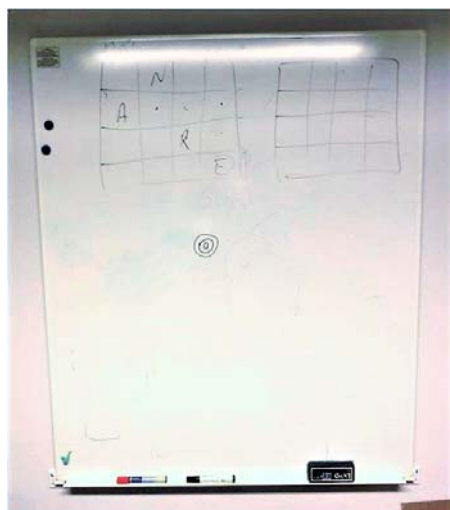
En kant på baksiden av tavla gjorde det mulig å henge den på to knagglignende fester (1), mens de to nederste skulle sikre at tavla ikke falt i gulvet dersom en av knaggene øverst skulle ryke.



Figuren under viser de to typene beslag som ble laget.



Og dermed kom tavla opp på veggen igjen og har nå hengt der i over 5 år.

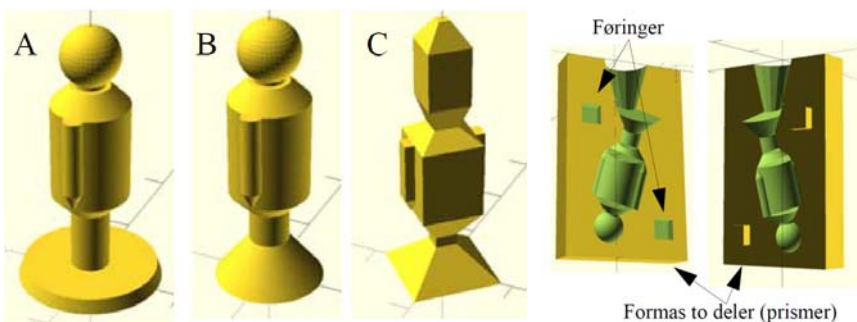


5.3 Lage deler til større prosjekt

5.3.1 Spillbrikker

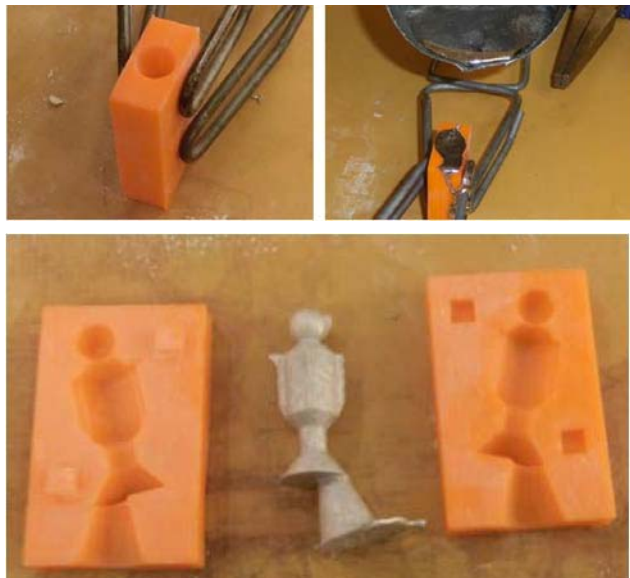
I 2017 ble holdt et kurs ved Vitensenteret i Trondheim. Kurset var et samarbeid mellom Skolelaboratoriet og Vitensenteret og temaet var design av spill. Deltagerne skulle designe et spillbrett og brikker til vikingespillet *Hnefatafl*. Spillet har ganske mange brikker så oppgaven til deltakerne var å modellere og 3D-printe et fåtall av brikkene som senere skulle mangfoldiggjøres ved tinnstøping, dvs. de måtte bruke de 3D-printede brikkene for å lage støypeformer. Spillbrettet skulle tegnes med et digitalt tegneprogram og laserkuttes og graveres.

Det ble stilt spesielle krav til utformingen av brikkene slik at det var lett å lage støypeformer i tillegg til at de skulle støpe brikkene i tinn. Det var også en forutsetning at støypeformene skulle kunne gjenbrukes.



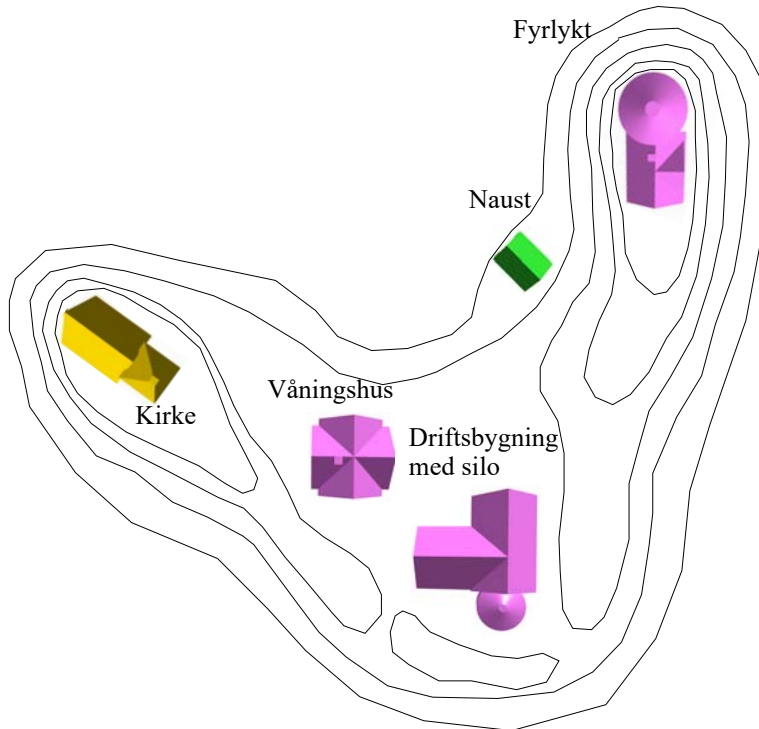
Figuren over til venstre viser eksempler på brikker. Ved å lage “negativen” til brikkene, fikk vi et innvendig hulrom som kunne brukes som støypeform. Ved å dele hulrommet i to deler som kunne skilles fra hverandre, hadde vi en støypeform som kunne gjenbrukes.

Som materiale i formen brukte vi ABS og ved å bruke lettsmeltelig støpemetall kunne vi støpe “tinn”-figuren direkte i den 3D-printede formen. Det var heller ikke noe problem å gjenbruke formen.

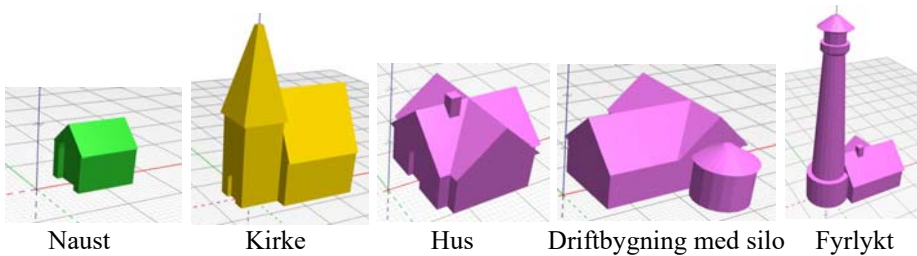


5.3.2 Lag en liten landsby

Ta utgangspunkt i et kartutsnitt av et kjent landskap eller komponer et landskap selv. Bruk kotene i landskapet til å lage en landskapsprofil som vist på figuren under. Dette kan se ut som en øy med bebyggelse sett ovenfra.



Bygningene på dette stedet er forsøkt laget i liten skala slik at det skal gå relativt fort å skrive dem ut på 3D-printeren. Figuren under viser forslagene til bygninger som er laget til dette kartutsnittet.



Filene til disse husene finnes i vedlegg B, bygningene er laget med BlocksCAD.



Bildet under viser resultatet. Landskapsprofilen er skåret med laserkutter i 3 mm kryssfiner.



6 BlocksCAD

Vi skal nå vise hvordan vi kan modellere gjenstander for 3D-printing. Det betyr at programmet lager en matematisk modell av den gjenstanden vi ønsker å printe ut. I dette avsnittet skal vi se hvordan vi kan gjøre dette med programmet **BlocksCAD**.

6.1 Bakgrunn

BlocksCAD er et designverktøy for konstruksjon av 3D modeller. Firmaet ble etablert i 2017 av lærere og for lærere. Målsetningen er å lage et designverktøy som kan passe for barn helt ned til 3. trinn eller yngre og som har en profil som fremmer kunnskaper om programmering og matematikk generelt og romgeometri spesielt. Det gir også god trening i algoritmisk tenkning.

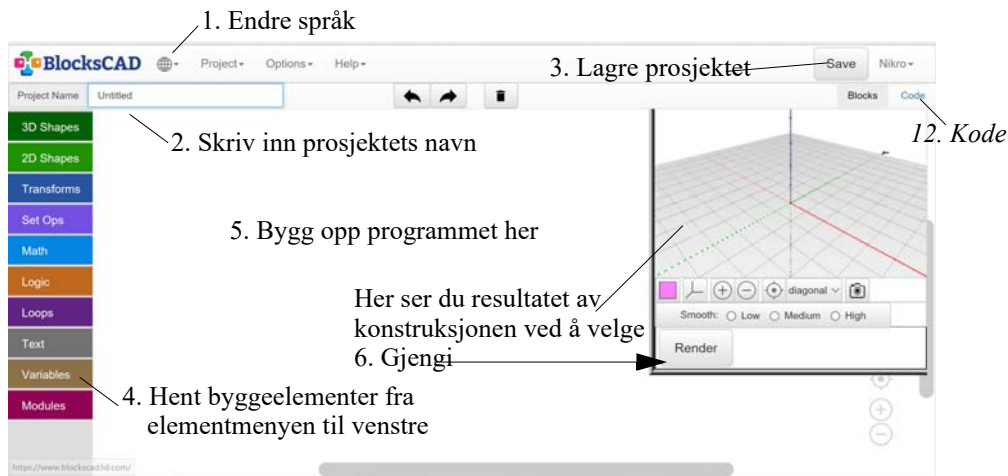
Programmet bygges opp av kommandoblokker som hektes sammen i kjeder. De sammenkjedete blokkene kan betraktes som funksjoner. Det som kan være litt uvant er at en ikke har noen kontroll på rekkefølgen skriveprosessen utføres i. Dette er det imidlertid “slice”-programmet (f.eks. CURA) som bestemmer.

Her finner du BlocksCAD: <https://www.blockscad3d.com/> For å ta i bruk BlocksCAD må man registrere seg enten som en enslig bruker eller som læreren til en klasse. Evt. kan man logge på via sin Google-konto. Siden BlockCAD er nettbasert kan man kjøre det så vel på Chromebook som på PC.

Her registrerer man seg med et navn (gjærne et akronym), et passord og oppgir alder og om man er lærer eller noe annet.

6.2 Brukergrensesnittet – Mitt første design

Figuren under viser brukergrensesnittet når man kommer inn i BlocksCAD.



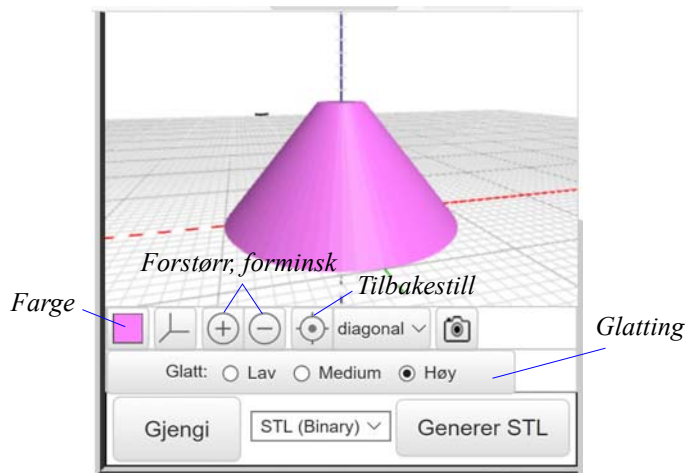
1. Klikk på den vesle jordkloden på menylinja til venstre og velg evt. norsk som språk



2. *Skriv inn et prosjektnavn (under menylinjen til venstre) og lagre prosjektet.*
3. *Lagre prosjektet ved å trykke på LAGRE-knappen øverst til høyre*
4. *Nå er du klar til å begynne å hente byggelementer fra menyen til venstre på skjermen*
5. *Velg f.eks. en sylinder fra elementmenyen og legg inn verdiene radius 1 = 10 og radius 2 = 2 og høyde 10 = 10 usentrert og ...*

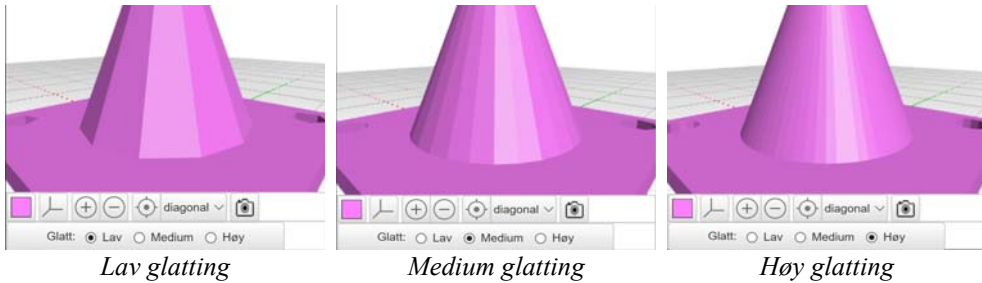


6. *... trykk Gjengi på displayet til høyre og modellen gjengis i det grafiske vinduet til høyre.*



7. *Bruk muspekeren til å dreie i planet og endre perspektivet eller gjør det samme med + og - knappen.*
8. *Med fargeknappen til venstre under displayet kan man endre fargen på objektet.*

9. Det er også mulig å velge mellom lav, medium og høy glatting. Det betyr at antallet fasetter rundt sylindere endres.



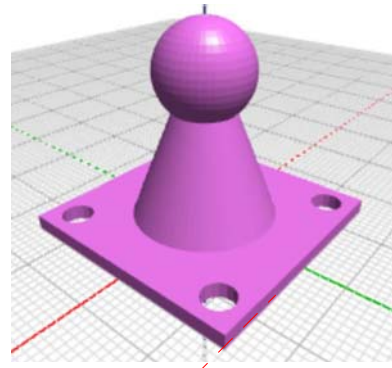
10. For å generere en fil for printing bruk knappen *Generer STL (Binary)*. Denne kan leses av CURA som forbereder fila for printing (generer g-filen).
11. Åpne CURA og last inn designet og generere g-filen som leses av 3D-printeren.
12. En artig mulighet er at man kan skifte mellom blokk-kode og en C-lignende kode som brukes i OpenSCAD. Dette oppnår med å velge *Kode* på menylinja lengst til høyre. Koden kan evt. kopieres og legges inn i OpenSCAD. Det er ikke mulig å endre koden for så å få en endret utgave av blokk-koden i BlocksCAD.

6.3 Lag en knagg

Som et første ordentlige design skal det konstrueres en enkel knagg. Knaggen skal kunne skrues fast i veggen. Den ferdige knaggen er vist i figuren til høyre.

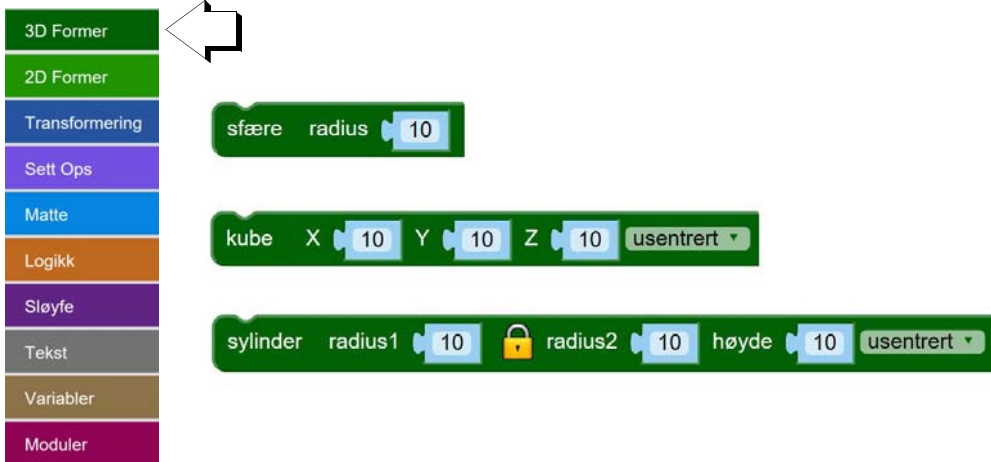
Vi skal nå stake ut en kurs for hvordan vi kan lage denne knaggen.

1. Identifiser hvilke former knaggen består av?





2. Under er vist noen blokker som kan være aktuelle å bruke i denne sammenhengen.



De tre kommandoene (blokkene) “sfære” (kule), “kube” og “sylinder” er alle hentet fra menyen “3D Former”. Hver av kommandoene tegner henholdsvis en kule hvor radien kan endres, en kube hvor alle sidene kan ha forskjellig lengde, og en sylinder hvor øvre og nedre radius samt høyden kan endres. Den vesle låsen låser “radius1” og “radius2” til hverandre. Legg merke til at vi finner igjen fargene i menyen på blokkene.

3. Dernest må vi finne ut hvordan vi flytter “kula”, “kuben” og “sylinderen” i koordinatsystemet. For å få til det må vi bruke en “translatere”-kommando.

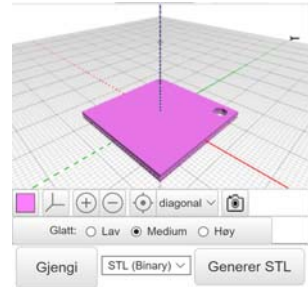
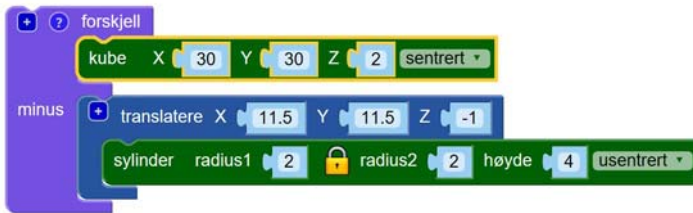
Med denne kan vi flytte det som legges inn i gapet til et vilkårlig sted i rommet

bare ved å sette inn koordinatene til forflytningen i x-, y- og z-retning. Ved å legge kula inn i gapet på “translatere”-kommandoen vil den flyttes i rommet til den angitte posisjonen. Det vesle +-tegnet vil åpne opp flere gap slik at flere figurer kan flyttes til samme sted.



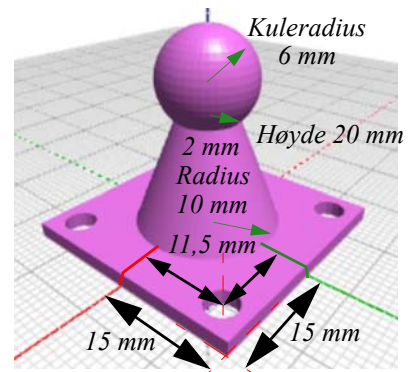
4. En annen kommando vi trenger for å lage neshjulet, er kommandoen for å lage hull. Dette gjøres ved å ta en struktur og trekke fra en annen. Dersom vi skal lage et sylindrisk hull i en plate så lager vi først plata og deretter sylinderen som plasseres i plata der hullet skal være.

Vi bruker da “Forskjell-kommandoen”, setter inn kommandoen for plata **minus** kommandoen for sylinderen (hullet) som vist i figuren under. I tillegg forskyver vi sylinderen -1 (mm) slik at den stikker ut på undersiden, dermed vil hullet bli gjennomgående.



Siden vi har fire hull, må denne kommandoen gjentas fire ganger; en gang i hvert hjørne. Bruk “Translatere”-kommandoen for å plassere hullene på rett plass.

5. Lag knaggen etter målene i figuren til høyre.



6.3.1 Lag avansert knaggrekke

Forsøk å lag en knaggrekke med navn under hver knagg. Utformingen av knaggen kan vær etter eget ønske. På bildet under vist eksempler på knagger hentet fra forhandlere av slike.





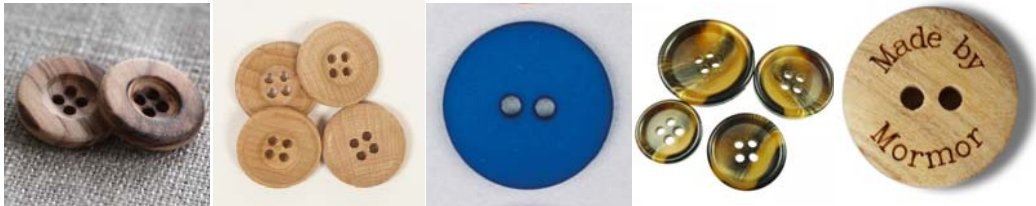
6.3.2 Lag tannbørste holder

Eller lag en holder for tannbørster, her er det enda viktigere med å sette navn på holderen.



6.3.3 Lag en knapp

Knapper kommer jo i alle fasonger og utforminger.



6.4 Flere kommandoer

I dette avsnittet skal vi se på flere nyttige kommandoer. Hentet fra menyene.

Av former så finner vi 2D og 3D former.

6.4.1 Det er to 2D-former:

- Sirkelflate (radius)
- Rektangulær flate (x og y)

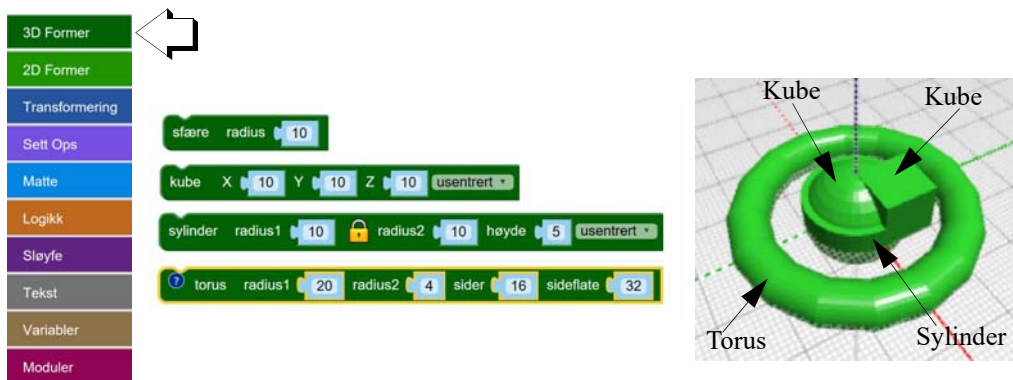
Figuren under viser hvordan disse to kan ta seg ut når de kombineres.



6.4.2 Det er fire 3D-former:

- Kule (*radius*)
- Kube (*prisme*) (x, y, z)
- Sylinder (*radius1, radius2, høyde*)
- Torus (*smultring*) - *radius1* er radiusen til torusen, mens *radius2* angir radiusen til tykkelsen av torusen

Figuren under viser hvordan disse fire kan ta seg ut når de kombineres



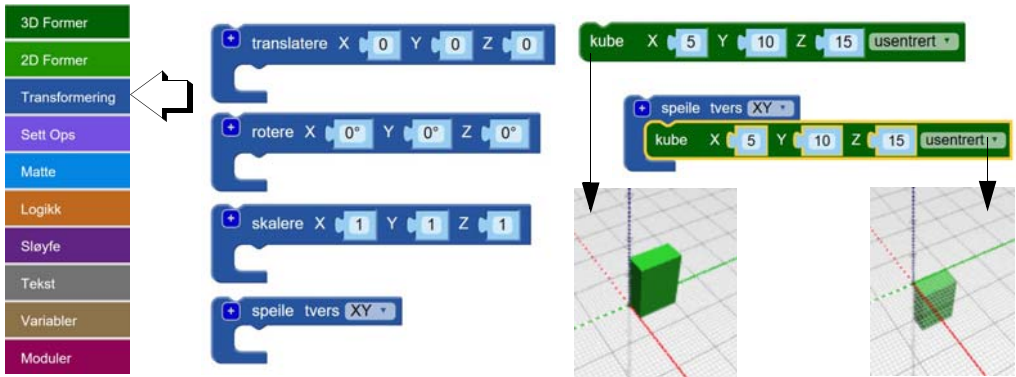
6.4.3 Transformering

Disse fire er kanskje de vanligste:

- *Translatere* - forflyttet (x, y og z)
- *Rotere* omkring tre ulike akser x, y og z . Rotasjonsvinkelen angis i grader.
- *Skalere* i de tre retningene x, y og z

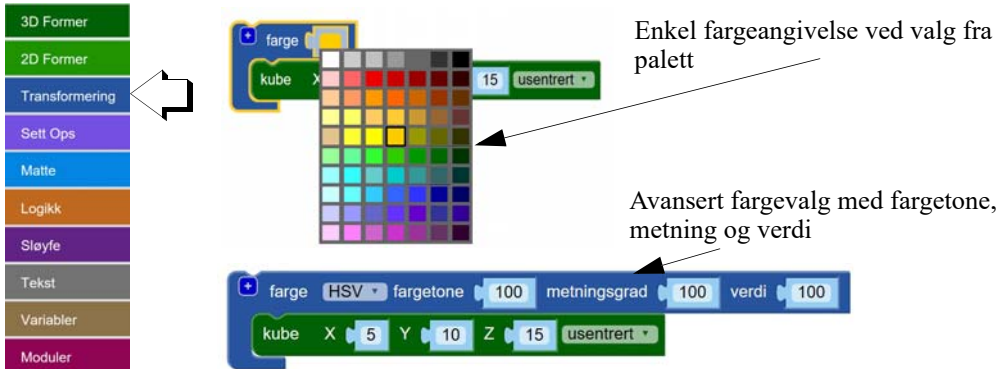


- *Speile* om planene XY, YZ og XZ

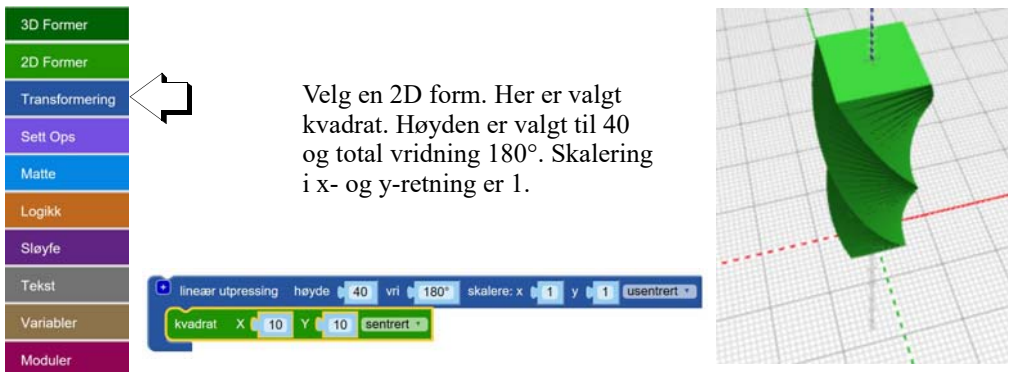


Til høyre på figuren ser vi hvordan speilingskommandoen fungerer. I dette tilfellet speiler den klossen om XY-planet.

Ved hjelp av kommandoen *Farge* kan man sette ulike farger på enkeltdeler av modellen.



Ved hjelp av kommandoen *Lineær utpressing* (“extrude”) kan man vri og duplisere ett flatt objekt. Ved å skalere i x- og y-retning kan man krympe eller forstørre kvadratet etter som det utpresses i z-retningen.



Kommandoen *Fin rotasjon* betyr at et objektet roteres en vinkel omkring en vektor x, y og z definert av kommandoene.

3D Former
 2D Former
 Transformering
 Sett Ops
 Matte
 Logikk
 Slayfe
 Tekst
 Variabler
 Moduler

Her har vi valgt å dreie en sylinder 33° omkring en vektor som strekker seg fra origo til (1,1,1).

6.4.4 Sett opsjoner

Disse fire kommandoene kan utføre følgende operasjoner:

- **Union** – betyr at to eller flere objekter slås sammen til ett objekt
- **Forskjell** – betyr at et objekt trekkes fra et annet. Det første objektet vil derfor gjerne få et hull der det andreobjektet befinner seg.
- **Snitt** – er området der to eller flere objekter overlapper hverandre
- **Innhylling** – betyr at rommet mellom de to objektene fylles slik at de to objektene blir hengende sammen på en mest mulig sømløs måte.

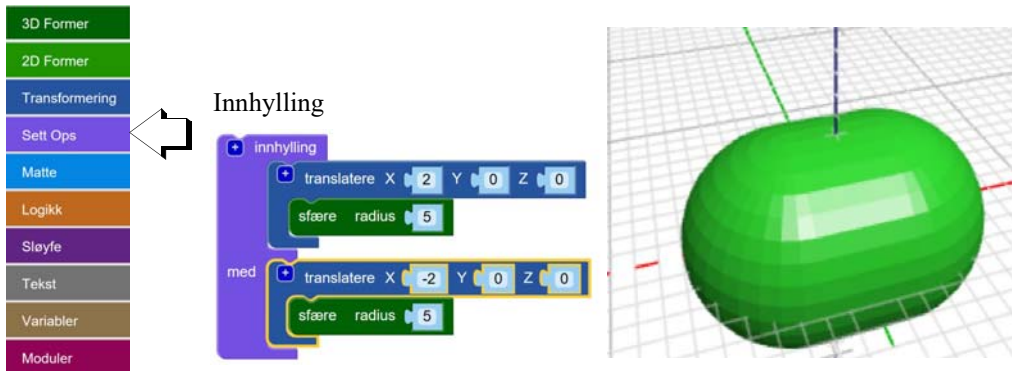
Figuren under viser *Snittet* av to kuler som overlapper. I dette tilfellet ser snittet ut som en konveks linse. Det vesle plusstegnet i øvre venstre hjørne av kommandoene gjør det mulig å legge til flere objekter.

3D Former
 2D Former
 Transformering
 Sett Ops
 Matte
 Logikk
 Slayfe
 Tekst
 Variabler
 Moduler

Snitt mellom to kuler som er forskjøvet i forhold til hverandre



I figuren under er det vist hvordan kommandoen *Innhylling* fungerer. Her er to kuler forskjøvet i forhold til hverandre. Ved innhyllning fylles rommet mellom dem slik at de henger sammen som vist på figuren under



6.4.5 Matematikk

I denne undermenyen finner vi en rekke matematiske funksjoner fra enkel addisjon til røtter og logaritmer. Menyen inneholder følgende kommandoer:

- **Konstanter** – Ett tall eller et antall grader. En kan også velge mellom konstantene π , e , φ , rota av 2 og rota av $1/2$.



- **Grunnleggende regnearter** – Addisjon, subtraksjon, multiplikasjon og divisjon



- **Kvadratrøtter, absoluttverdi, eksponent og logaritmer** – Kvadratroten, absoluttverdi, minus (-), naturlig logaritme (ln), tier-logaritme (log10), e opphøyd i (e^{\wedge}), 10 opphøyd (10^{\wedge}).



- **Trigonometriske funksjoner** – Sin, cos, tan, arc sin, arc cos og ark tan. Argumentet settes inn i grader.



- **Avrunding** – Resten av en divisjon og avrunding opp eller ned av flyttall (desimaltall)



- **Karakteristika med tall** – Tallet er et oddetall, et partall, et heltall, et positivt tall, et negativt tall, eller tallet er delelig med et annet tall.



- **Tilfeldige tall** – Tilfeldige flyttall (desimaltall), tilfeldige tall mellom to yttergrenser som settes i kommandoen



- **Begrense et tall** – Tallet skal være innenfor to yttergrenser som er gitt i kommandoen.

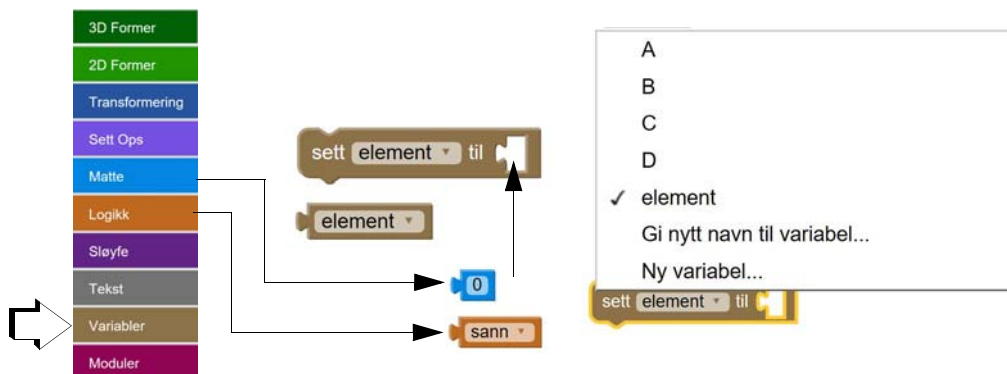


Som en ser så har en ganske store muligheter til å bruke matematiske formler for å beregne formen til det objektet man ønsker å lage.

6.4.6 Variabler

La oss se på variabler før vi går videre. I blocksCAD defineres typen variabel idet den tilordnes.

I utgangspunktet består menyen av en kommando og ett generelt element. Dersom man trykker på den vesle pila ved elementet, så vil det komme opp en liste med alle definerte variabler. I vårt tilfelle er det A, B, C, D og element. Ved å velge *Ny variabel* så kan man skrive inn navnet på en ny variabel, som så kommer inn i lista over variabler som kan velges. En kan også endre navn på en variabel.



Type variabel defineres ut fra hva den settes til. Setter man den til et heletall eller flyttall (blå kloss) så blir den henholdsvis et heltall eller flyttall. Settes den til en *Sann* eller *Usann* verdi, blir den boolsk o.l.

6.4.7 Logiske uttrykk

Denne undermenyen omhandler betingelsessetninger og logiske uttrykk. En hver betingelses-setning eller if-setning inneholder en betingelse som må være oppfylt for at kommandoene som er omsluttet av if-setningen skal utføres.



Menyen inneholder betingelsessetningen, ulike betingelser som kan testes og en bolsk verdi (sann eller usann) og en negasjon som gjør en sann verdi usann og en usann verdi sann.

Over er vist et eksempel. Her har vi først definert heltallsvariablene A og B og tilordnet disse verdien 2. Derneft har vi definerte to boolske variabler C og D som begge er tilordnet verdien *sann*.

Så følger betingelsessetningen (hvis) hvor vi har tre betingelser (tester) som krever at C og D skal være *sanne*, hvilket er *sant*. Derneft betingelsen (hvis sant) som krever at A skal være lik B , hvilket også er sant siden begge har verdien 2. Til slutt kreves det en usann betingelse (hvis usant) som krever at A er forskjellig fra B , hvilket er usant siden $A = B = 2$. Dermed er alle betingelsene oppfylt og oppgaven kan utføres (*gjør*), hvilket er å modellere en sylinder med radius 10 mm og høyde 10 mm. Til høyre vises sylindere, resultatet av kommandoene.

6.4.8 Sløyfer

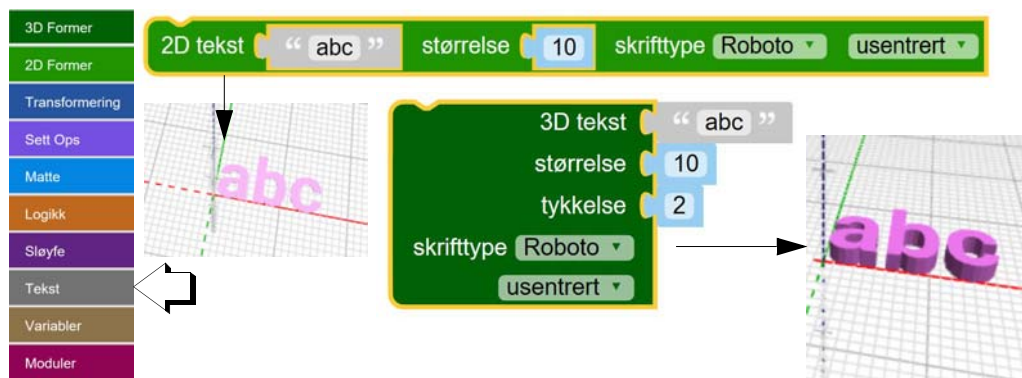
Sløyfe-kommandoene gjentar et sett tegnekommandoer et bestemt antall ganger, samtidig som en kan endre en eller flere parametere under veis. Et stakitt vil være en modell som vil dra nytte av en slik kommando siden det er en lik struktur som gjentar seg langs en akse.

Kommandoen gjentar innholdet i gapet så mange ganger som tellevariabelen bruker på å endre sin verdi fra 1 til 10 i trinn på 1 (eksempelet over). Huker man av for innhylning vil alle sprossene forsvinne og man får en struktur som er innhylningen av alle ytterpunktene.

Til høyre på figuren over er koden for å tegne et enkelt stakitt gjengitt. Midt på ser man det ferdige stakittet.

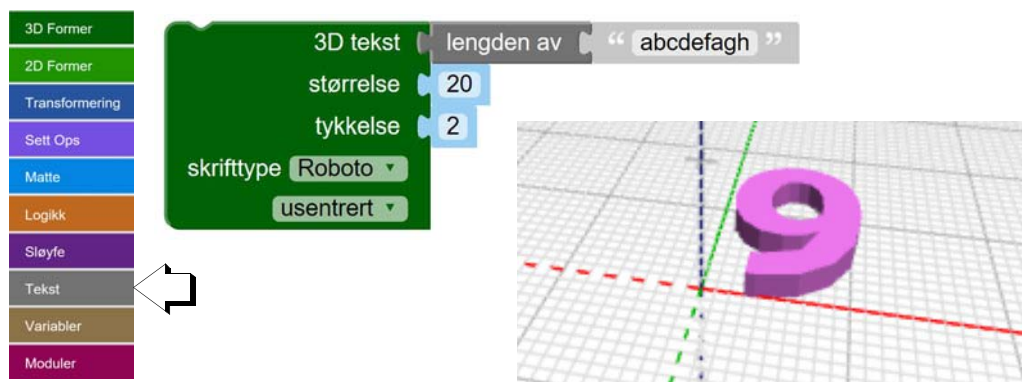
6.4.9 Tekst

Disse kommandoene brukes for å lage en tekst som f.eks. rager opp av overflata.



I figuren over er vist to eksempler. Den øverste kommandoen gir en flat 2D-tekst, den midt på gir en tekst som rager 2 mm opp over overflata. Både tykkelse, bokstavstørrelse og font kan velges.

Det finnes også en kommando som returnerer antall bokstaver i en tekst. Vår tekst inneholder bokstavene "abcdefgh". Kommandoen *lengden av* returnerer antall bokstaver i den etterfølgende teksten. Kommandoen skriver ut antallet bokstaver istedet for bokstavene som vist i figuren under. Så kan en selvfølgelig lure på når det er behov for en slik kommando..



Man kan f.eks. bruke kommandoen dersom man ønsker å lage et navneskilt med fri tekst og man vil at skiltets dimensjoner skal endre seg avhengig av lengden på teksten. I så fall kan man bruke kommandoen til å bestemme lengden av skiltet som vist i figuren under.



I dette vesle programmet har vi definert en variabel *tekst*. Derneft bruker kube-kommandoen til å lag selve skiltet som er 2 mm tykt (z) og 8 mm bredt (y). Vi bestemmer lengden av skiltet med kommandoen *lengden av* variabelen *tekst* (z). Hver bokstav multipliseres med faktoren 2.35 som er en slags gjennomsnittlig bredde av bokstavene. I tillegg legger vi til 4 mm for å lage litt luft i begge ender. I tillegg bruker vi en *translate* kommando for å posisjonere teksten på skiltet. Selve teksten skriver vi inn i *sett tekst til* kommandoen

Teksten skrives inn her

Her beregnes lengden av teksten

6.4.10 Moduler

Moduler brukes når vi ønsker å duplisere mange like strukturer. La oss anta at vi ønsker å lage en skog av trær. Da kan være greit å konstruere ett tre og så duplisere dette treet.

Moduler

La oss først konstruere treet med en stamme og en konisk sylinder som løvverk, se figuren over. Her har vi konstruert stamme og løvverk med ulike farger, brunt og grønt. For å gjøre dette til en

modul samler vi først de to blokkene som utgjør treet ved hjelp av en *union*-kommando.

Her skrives navnet på modulen inn

Her "kaller" vi modulen *tre* dermed blir det tegnet ut ett tre

Vi kan nå bruke modulnavnet *tre* og kalle dette så mange ganger vi måtte ønske. I programmet vist på figuren under har vi benyttet sløyfe-kommandoen og laget 10 trær etter hverandre med en stadig økende avstand fra origo.

Sløyfe-kommandoen gjør at vi gjentar *tre*-modulen 10 ganger samtidig som vi flytter treet langs x-aksen

Vi kan også ønske å endre på noen parametere tilhørende treet, for eksempel høyden. Da må vi



omdefinere modulen til en modul med en parameter som vi f.eks. kan kalle *høyde*.

1. Trykk verktøy-hjulet

4. Sett variabelen *høyde* inn sylinderblokken

3. Skriv inn navnet på parameteren

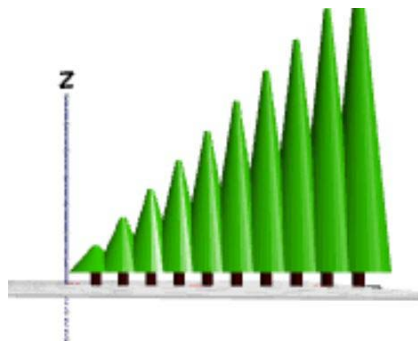
2. Sett denne blokken inn i gapet til *parameter*-blokken

5. Setter inn en varierende verdi for trærnes høyde

Dette gjør vi på følgende måte:

1. Velg verktøy-hjulet øverst til venstre på modulblokken
2. Flytt blokken *Navn på parameteren* inn i gapet på *parameter* til høyre
3. Skriv inn navnet på parameteren der det står *x*
4. Pass på å sette parameteren (*høyde*) inn blokken som definerer høyden på trærne.

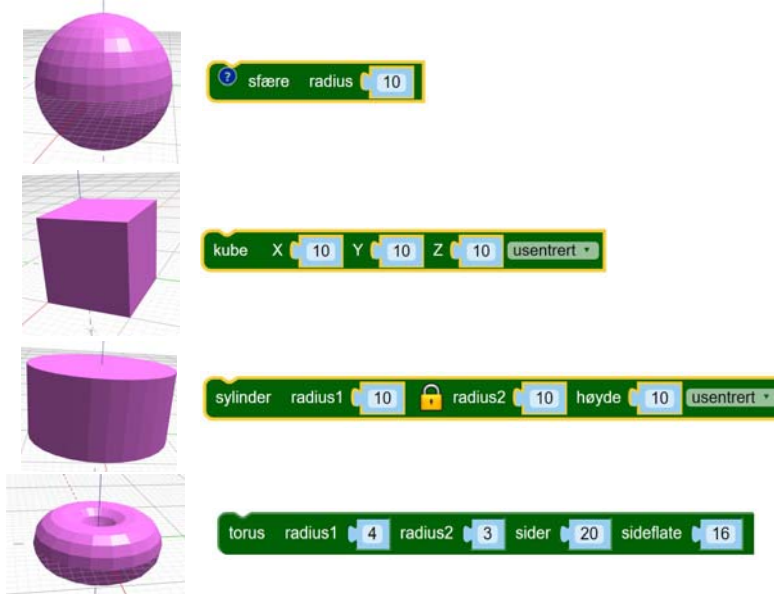
Vi ser at hver gang vi “kaller” modulen *tre* så endres inngangsparameteren *høyde* til modulen etter som sløyfe-telleren *i* endres. Resultatet kan vi se på figuren over til høyre.



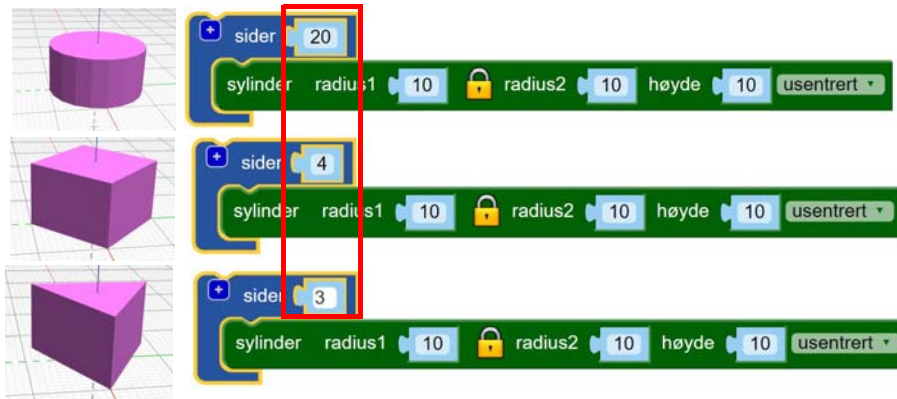
6.5 Oppbygging av komplekse geometrier med BlocksCAD

6.5.1 Grunnformene

Vi har et begrenset repertoar av geometriske figurer å velge fra i BlocksCAD og i OpensCAD. BlocksCAD tilbyr kube eller prisme, sylinder, kule og torus (smultring) som vist på figuren under.



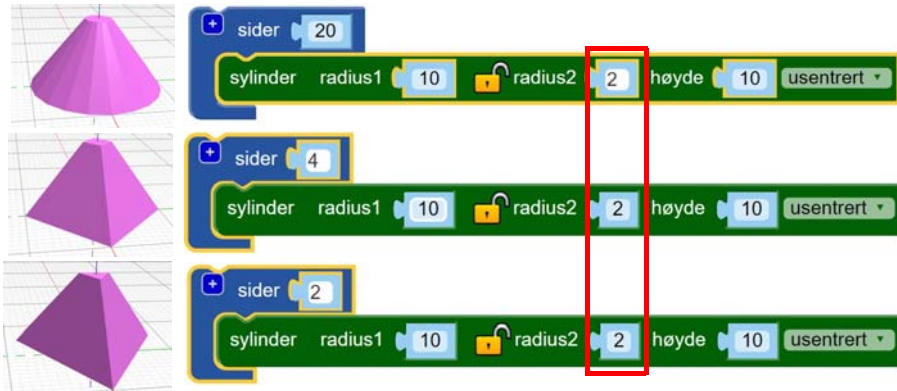
Disse grunnformene kan endres ved å endre antall sider i formen. La oss se på sylindere.





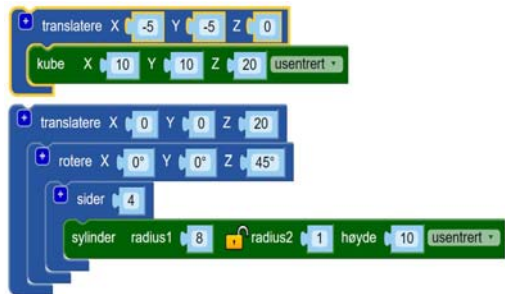
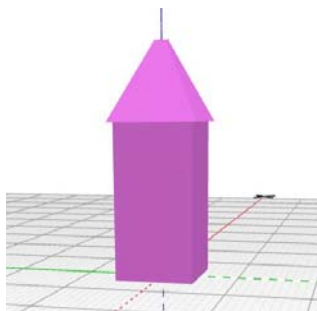
6.5.2 Takkonstruksjoner

Her ser vi hvordan vi kan skape prismer med ulike antall sidekanter ved å ta utgangspunkt i en sylinder og så redusere antall sider. Man kan selvfølgelig bruke *kube* istedet for *sylinder* for å lage en kubisk form som vist over. Å ta utgangspunkt i sylinder gir oss imidlertid en annen fordel nemlig å anvende ulik radius oppe og nede. Dette gir oss mulighet til å lage kjegler og pyramider både spisse og rett avkortede.



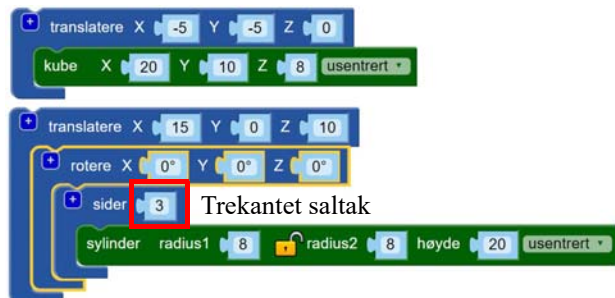
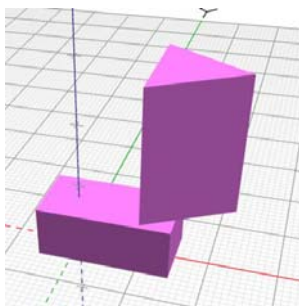
Dette får vi til ved å redusere toppradiusen hos sylinderen.

Dette trikset kan vi også benytte dersom vi skal lage et pyramideformet tak på et

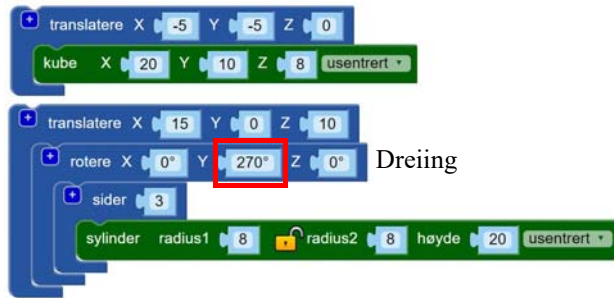
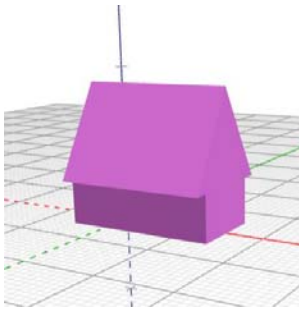


tårn (se figuren til høyre) eller et saltak på et hus (se figuren under).

På lignende vis kan vi lage et saltak ved å ta utgangspunkt i en sylinder med tre sider og dreie den slik at den blir liggende på siden på toppen av et avlangt firkantet prisme som danner selve huset. På figuren under ser vi saltaket før det er dreid ned mot huset.

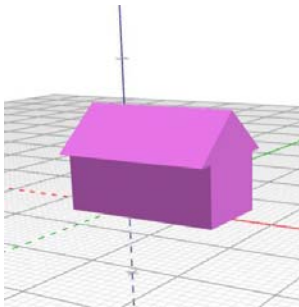


I figuren har vi dreid taket 270°



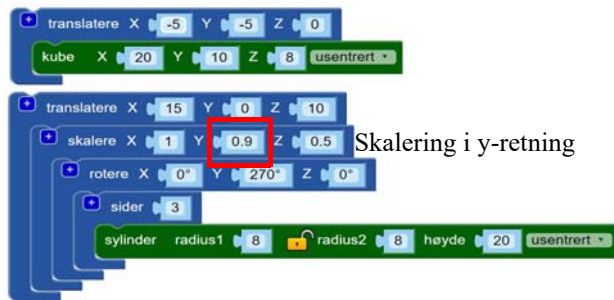
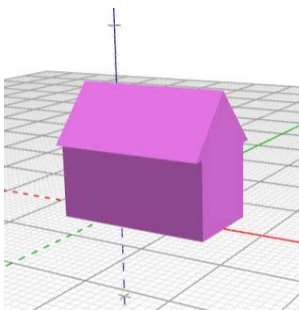
Dreining

Dersom vi synes taket blir vel høyloftet kan vi skalere det ned.



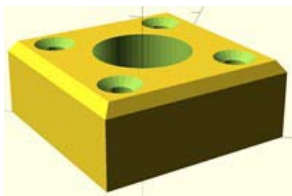
Skalering i z-retning

Et for bredt takskjegg kan være en utfordring siden det henger ut over husveggene slik at 3D-printeren må bygge i løse lufta. Imidlertid tåles noe overheng. Ønsker man å redusere overhenget kan man også skalere i y-retningen.

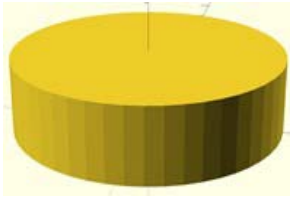


Skalering i y-retning

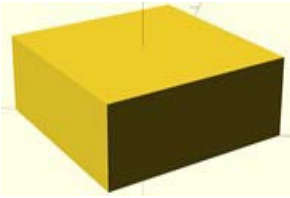
6.5.3 Oppdeling av komplekse former



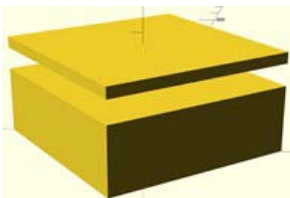
Modellen på figuren til venstre er en holder til en garderobestang som både skal holde stanga og kunne skrus inn i veggen til garderoben.



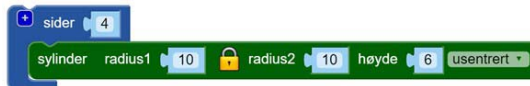
Vi velger å begynne med en sylinder. Årsaken er at vi ønsker å legge på en knekt kant øverst. For å få til det så må vi ta utgangspunkt i en sylinder med ulike bunn og toppradius. For at hjørnene skal bli liggende på samme plass kan det være greit at selve holderen tar utgangspunkt i en lignende sylinder.

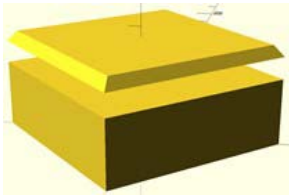


Ved å sette antall sider til sylindringen til 4 vil vi få et prisme med seks sider som er grunnstrukturen i holderen.



Vi legger så til en tynnere plate øverst, også denne med utgangspunkt i en sylinder gitt fire sider. For å illustrere at den er et separat prisme har vi løftet det over grunnstrukturen.





Vi skrårstiller det øverste prisme slik at det blir en avkortet firkantet pyramide.

```

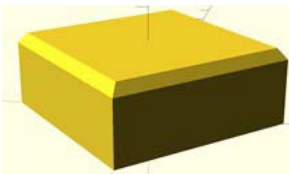
sider 4
sylinder radius1 10 radius2 10 høyde 6 usentrert
  
```

Grunnstruktur

```

sider 4
+ translare X 0 Y 0 Z 8
sylinder radius1 10 radius2 9 høyde 1 usentrert
  
```

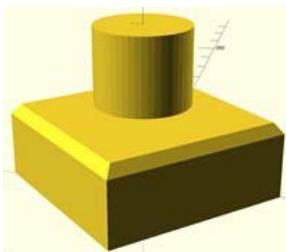
Avkortet pyramide



Så senker vi pyramiden ned på grunnstrukturen slik at de to smelter sammen. Vi velger å bruke kommandoen *Union* slik at de av programmet vil fungerer som en enhet. Dette er en fordel når vi senere skal sette hull gjennom både grunnstrukturen og den avkortede pyramiden.

```

union
+ sider 4
sylinder radius1 10 radius2 10 høyde 6 usentrert
+ sider 4
+ translare X 0 Y 0 Z 6
sylinder radius1 10 radius2 9 høyde 1 usentrert
  
```



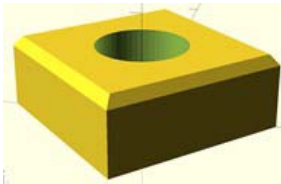
Her har vi vist sylinderen som utgjør hullet før den "trekkes fra" resten av modellen.

```

union
+ sider 4
sylinder radius1 10 radius2 10 høyde 6 usentrert
+ sider 4
+ translare X 0 Y 0 Z 6
sylinder radius1 10 radius2 9 høyde 1 usentrert
+ translare X 0 Y 0 Z 8
+ sider 50
sylinder radius1 2 radius2 2 høyde 8 usentrert
  
```

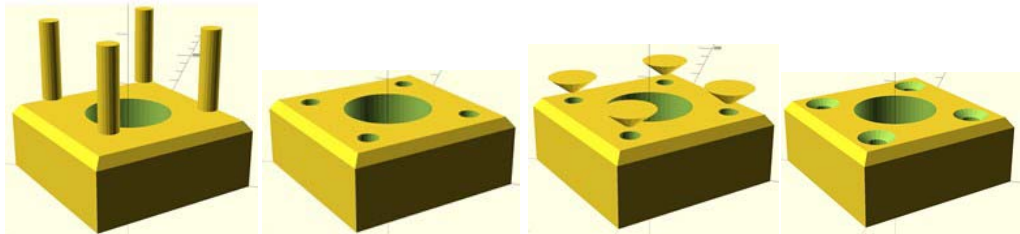
Grunnstruktur

Sylinder som skal bli til hullet



Her bruker vi *forskjells-*blokken og trekker sylind-deren fra grunnstruktu- ren.

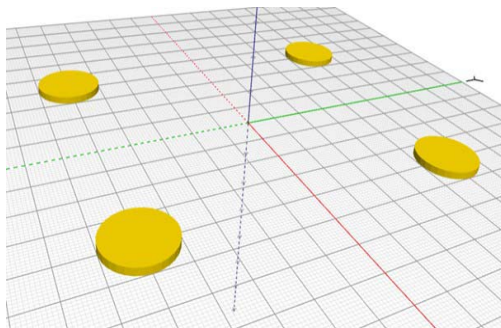
Sylinderen trekkes fra og blir til hullet



Figurene over viser sylindrene til skruerhullene som trekkes fra grunnstrukturen. Forsenkningen av skruhodene framstilles på samme måte med omvendte kjepler.

6.5.4 Bruk av omhylningsfunksjon

I et av eksemplene foran har vi laget et lite turbord med avrundete hjørner. Avrundete hjørner kan vi lett lage ved hjelp av funksjonen *Innhylling* som vi finner under katalogen *Sett Ops*. Først legger vi ut fire runde skiver i hjørnene av bordplata. Disse bestemmer graden av avrunding i hjørnene.



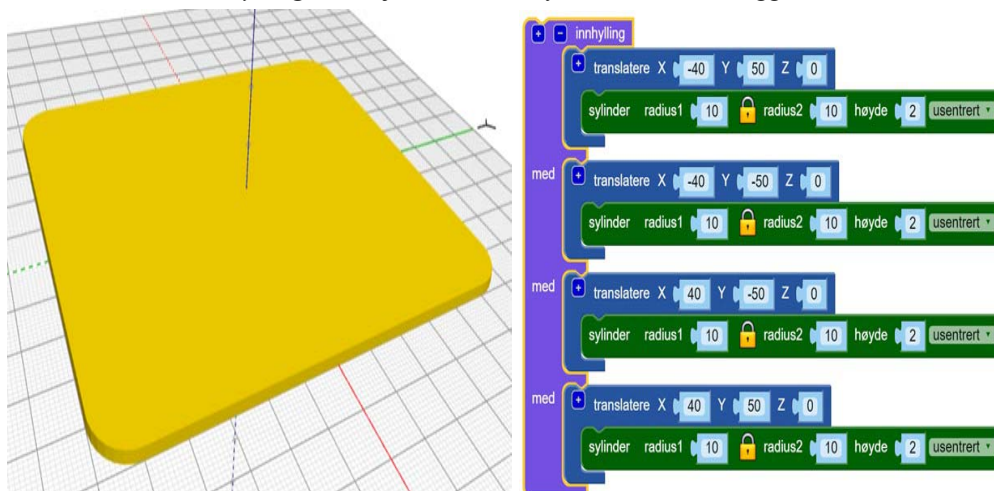
```
translatere X -40 Y 50 Z 0
sylinder radius1 10 radius2 10 høyde 2 usentrert

translatere X -40 Y -50 Z 0
sylinder radius1 10 radius2 10 høyde 2 usentrert

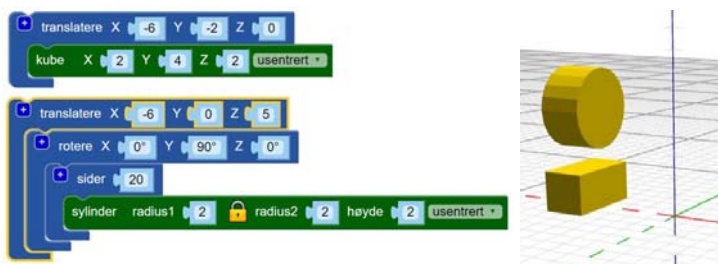
translatere X 40 Y -50 Z 0
sylinder radius1 10 radius2 10 høyde 2 usentrert

translatere X 40 Y 50 Z 0
sylinder radius1 10 radius2 10 høyde 2 usentrert
```

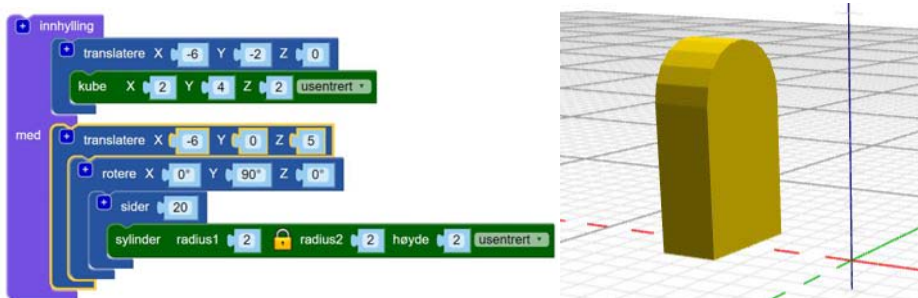
Deretter bruker vi *innhyllings*-funksjonen som vil fylle ut det mellomliggende.



Buedøra i kirken er laget på samme vis. Den er sammensatt av et lite prisme og en sirkulær skive satt på høykant som vist på figuren under.



Bruker vi *innhylling*-kommandoen kommer buedøra fram.



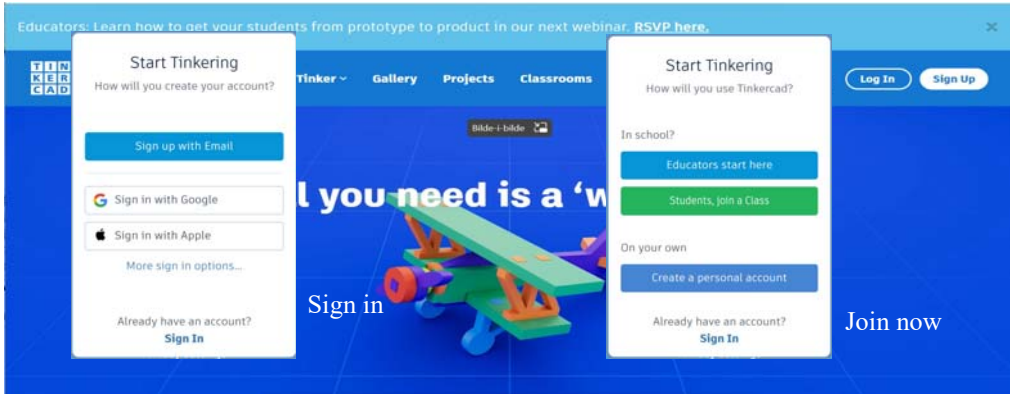


7 Tinkercad

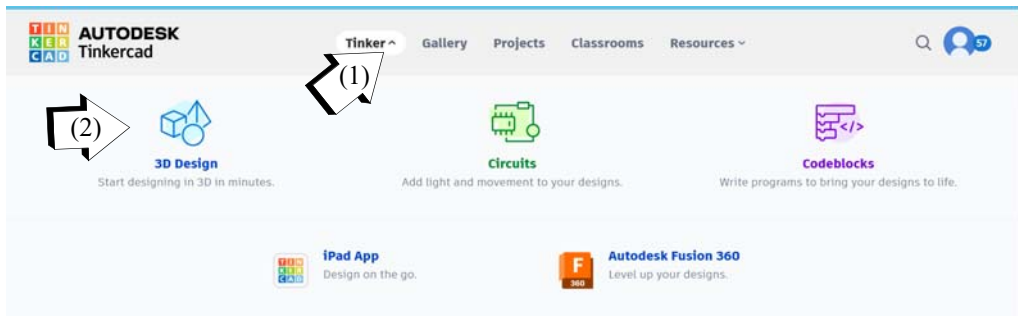
Programmet åpnes i en nettleser fra nettstedet og er som BlocksCAD et nettbasert program:

<https://www.tinkercad.com/>

Ved enten å velge “Sign in” eller “Join now” får man anledning til å logge inn, opprette en konto som lærer eller delta som student.



Dersom man f.eks. har en Google eller Apple-konto, kan man logge inn via en av dem.

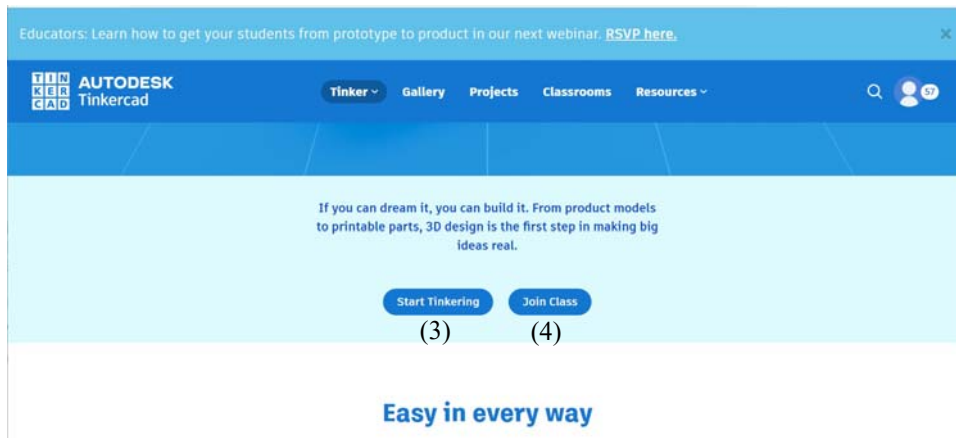


Etter å ha logget inn, åpner vi for ulike alternativer ved å trykke på pilen til høyre for Tinker (1). Da får vi opp en meny der vi kan velge hva vi ønsker å jobbe med: *3D Design*, *elektroniske kretser (Circuits)* eller *kode-blokker (codeblocks)*, *iPad App (bruk av iPad)* eller laste ned en utdanningsversjon av *Fusion 360*. I denne sammenhengen velger vi “3D Design” (2). Vi får spørsmål om vi ønsker å hente opp et gammelt design eller velge et nytt. Vi velger å lage et nytt design: “Create New Design” og programmets brukergrensesnitt vises.

Alternativt kan man gå direkte til 3D Design med denne kommandoen:

<https://www.tinkercad.com/dashboard>

Når vi kommer inn i selve programmet får vi tilbud om ulike tutorials eller vist eksempler på bruk. Dersom du ønsker å starte konstruksjonen så velger du *Start Tinkering* (3) eller om du ønsker å delta som en del av klassen *Join Class* (4).

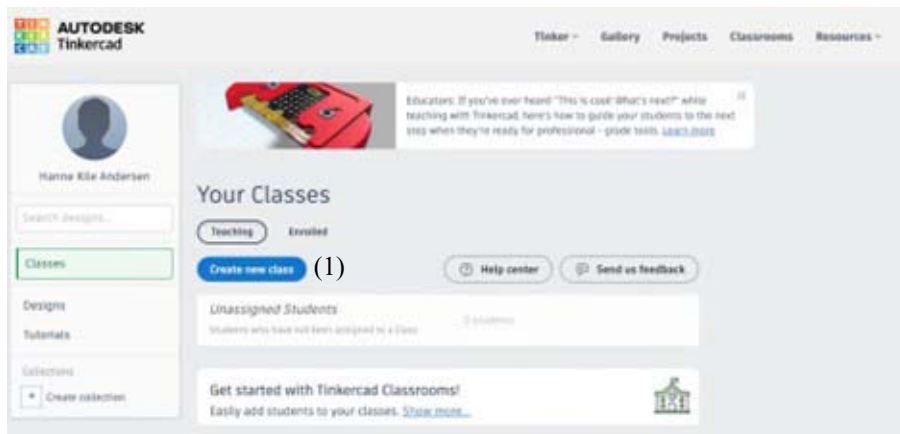


Før vi går videre med å designe en 3D-modell skal vi se hvordan vi kan opprette “klasser”.

7.1 Opprette klasser og invitere elever i TinkerCAD

Om man har logget inn som Educator har man mulighet til å opprette en eller flere klasser.

Ved å velge “Create new class” (1) kan man skrive inn et passende navn på klassen, samt legge inn aldersgruppe og fag (det ser ikke ut som de to siste har noen praktisk betydning).

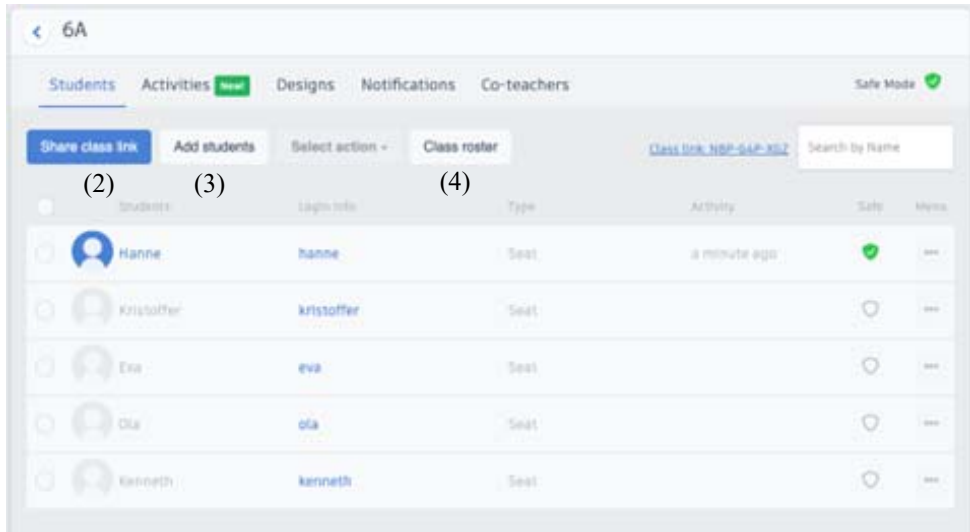


For å legg til elever har man flere alternativer. Det enkleste, spesielt for yngre elever, er å legge dem til med kallenavn. Da trenger ikke elevenes opprette egne kontoer.



Når man trykker på klassen får man all info og alle valg om klassen. Før elevene kan bli med i klassen må man legge dem til ved å trykke på *Add students* (3). Der gir man elevene ulike kallenavn, som godt kan være fornavnene deres, men to elever i samme klasse kan ikke ha samme kallenavn. Det finnes også en mulighet til å lime inn en hel liste med navn, som kan gjøre dette steget raskere.

Når alle elevene er lagt inn med kallenavn kan man gi elevene tilgang ved å enten gi dem en direkte link eller en kode. Disse er tilgjengelige via knappen *Share class link* (2).

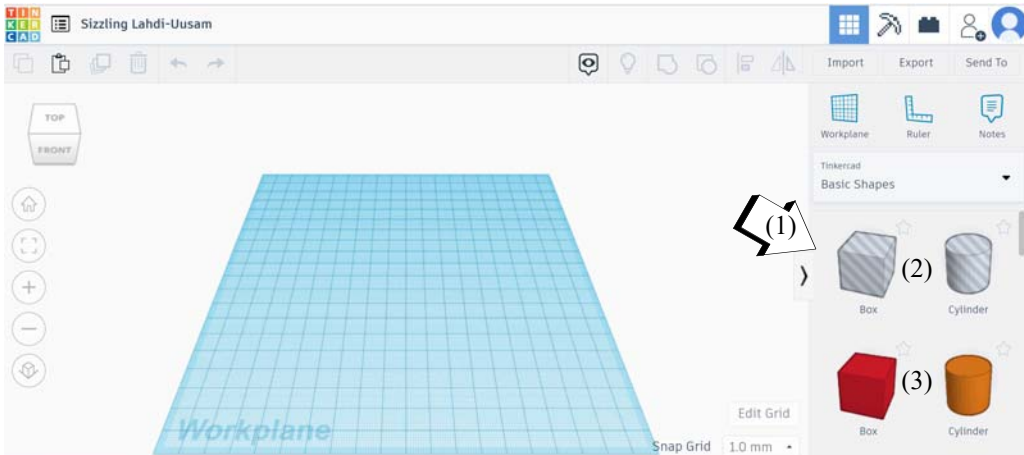


Elevene får tilgang til klassen enten ved å følge direktelinken, eller via nettsiden ved å klikke på *Log in* og deretter *Student With Class Code*, eller *Join Class* lenger ned på siden. I begge tilfeller må de skive inn kallenavnet sitt, så det er en fordel om dette er enkelt. I klasseoversikten kan man lage en utskriftsvennlig liste over alle elevene med navn og kallenavn som du kan dele ut om ønskelig. Denne får du ved å klikke på *Class roster* (4).

Når elevene etterhvert begynner å designe vil man få full oversikt over hva de gjør via klasseoversikten. Der kan du også dele dine design med elevene og legge til andre lærere i klassen.

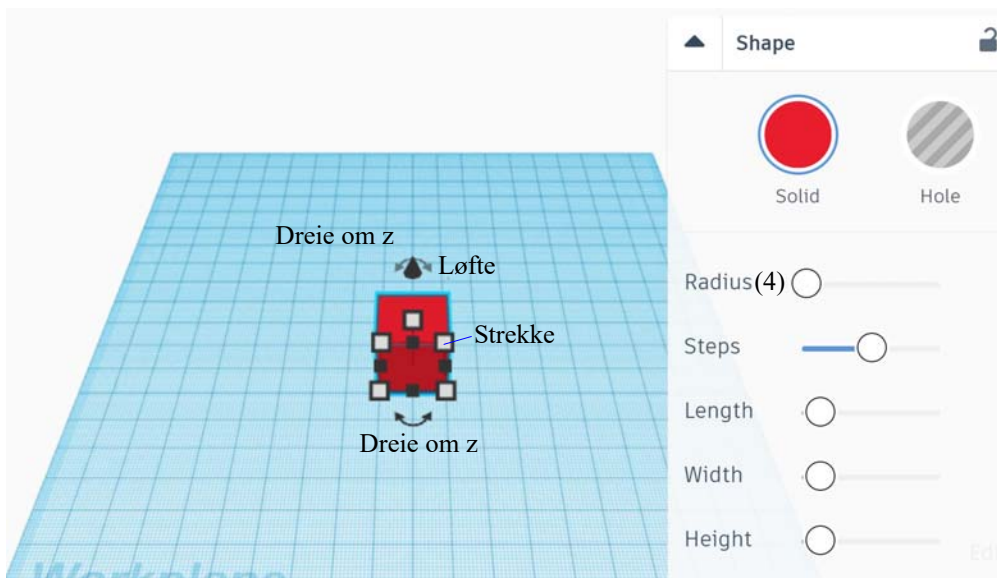
7.2 Start design

Velger vi *Start Tinkering* møtes vi av åpningsbildet vist på figuren under, med byggeflata midt på. I den grafiske menyen til høyre finner vi geometriske former (1) som vi kan hente fram og tilpasse til vårt design. Former finnes i to utgaver: Former som danner en fysisk form og former som kan brukes til å lage hull eller hulrom. Disse er skravert grå (2)



Som en første introduksjon skal vi lage et enkelt hus med saltak.

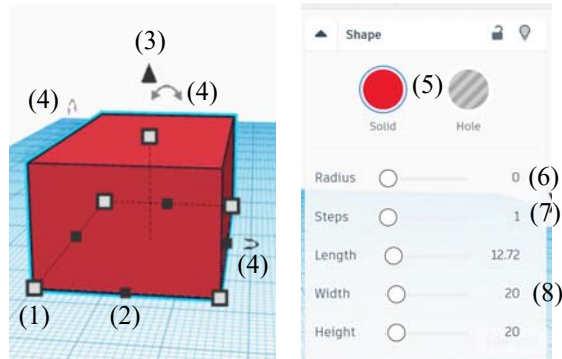
- Hent fram en kube (3 – over). Ved hjelp av håndtak kan vi strekke, dreie og løfte denne. Vi kan også endre avrundingen av kantene av kuben (4 – under) om vi ønsker det.



- Ved å klikke på modellen så vil vi få fram *håndtak* og en meny med glidere kommer opp til høyre. Det er fire typer håndtak som vist på figuren under:

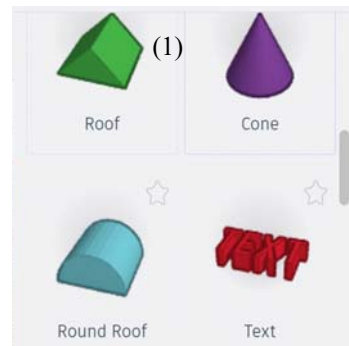


- Hvite kvadrater i hjørnene (1) – med disse kan man flytte et hjørne og forandre størrelsen til modellen
- Svarte kvadrater langs sidene (2) – med disse kan man forlenge eller forkorte modellen
- Svart pil over modellen (3) – med denne kan vi løfte eller senke modellen i forhold til underlaget.
- Svarte buer (4) – med disse kan vi dreie modellen rundt de tre aksene i x-, y- og z-retningen.



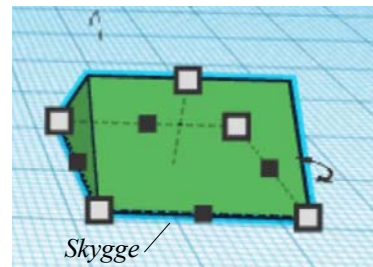
• Med menyen til høyre kan vi gjøre følgende:

- Med *Solid* og *Hole* kan man velge om modellen skal være massiv (solid) eller beskrive geometrien til et hulrom (Hole) (5).
- Med *Radius* (6) kan man runde av hjørnene med å legge inn en større eller mindre radius
- Med “*Steps*” (7) kan man endre antall trinn som legges inn for å skape en krum flate. Økes antall trinn vil den krumme flaten bli jevnere.
- Med “*Length, Width* og *Height*” kan man endre dimensjonene på modellen

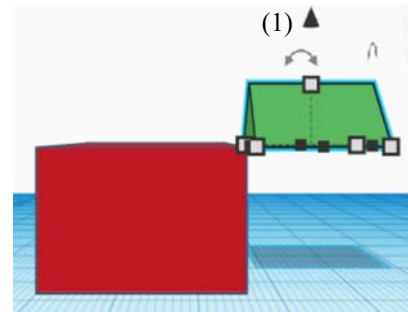


Vi skal nå legge tak på huset. Utvalget av geometriske former stort, hvor saltak er en av de ferdige geometriske formene (se figur til høyre (1)).

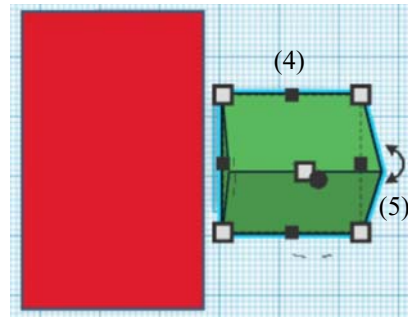
Når den nyvalgte modellen bringes ut på arbeidsflata vil den bevege seg langs gulvplanet. det ser vi ved at skyggen ligger rett under modellen.



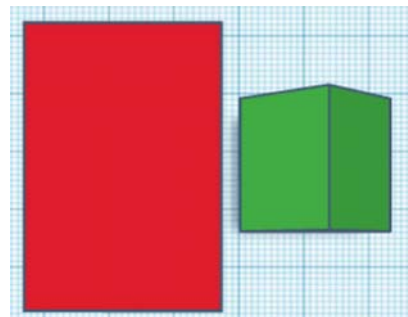
Ved å bruke den sorte pila over modellen (1 – under), kan vi løfte taket opp fra “bakkenivå”. Det er lettere å se hvor høyt vi må løfte taket for at det skal komme i høyde med toppen av veggene, dersom vi velger å se bygget rett fra siden. Det kan vi få til ved å klikke på ikonet oppe til venstre (2).



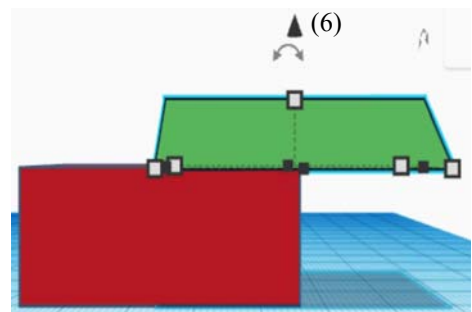
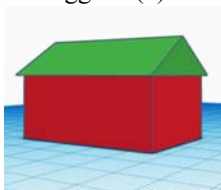
Ved å trykke på ikonet til vi får fram *Top* (3) så ser vi tydelig to ting: Vi må dreie saltaket 90 og vi må flytte det mot venstre (4).



Vi bruker funksjonen for dreining rundt z-aksen (5) for å få taket i rett posisjon. Dernest kan vi ta tak i taket og flytte det over bygningen slik at taket blir liggende på rett plass.



Ved å se bygningen fra siden kan vi justere takets lengde og høyde over bakken slik at det er plassert riktig i forhold til veggene (6).

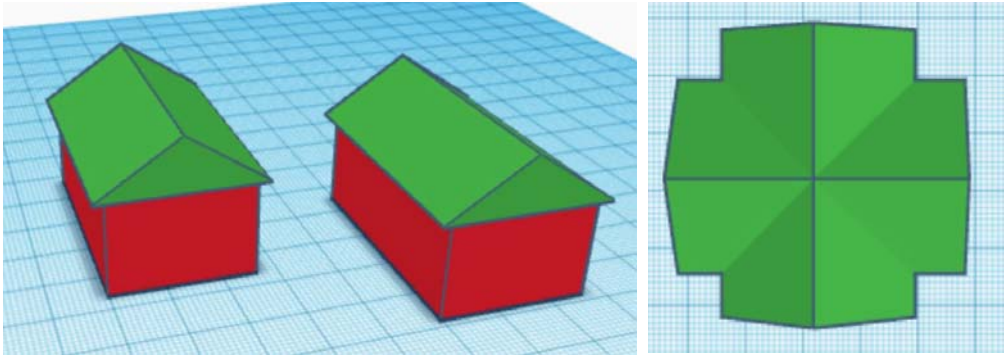




Fra menylinjen over arbeidsflata kan vi gjøre ulike ting:

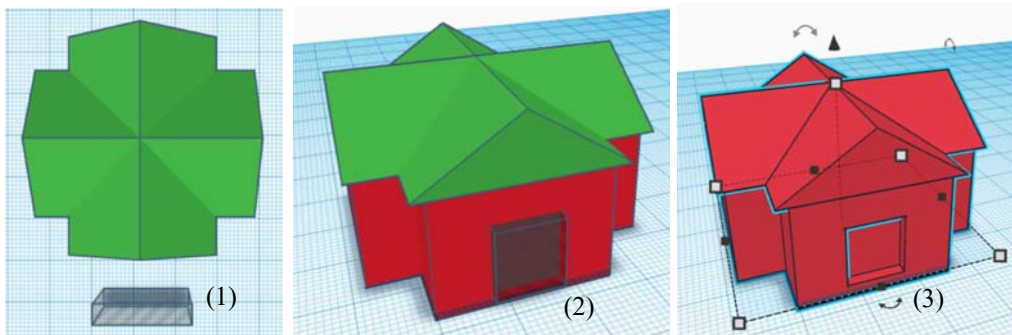


Vi velger å kopiere hele huset ved først å ramme det inn, for deretter kopiere og klistre inn.



Dernest dreier vi huset til høyre 90° og skyver det inn over det andre slik at vi får et hus med flere fløyer.

Vi skal nå lage et innhuk (vindfang) i en av fløyene der vi ønsker å ha hoveddøra. I så fall må vi ta fram et prisme som vi lar være et hulrom (1) og (2).

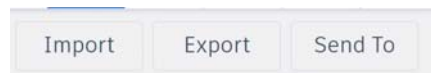


Så grupperer vi hele huset med hulrom (bruk *Grupper* på menylinja) og vi ser at det grå prisme blir til en nisje inn i vegg i enden av fløya (3).

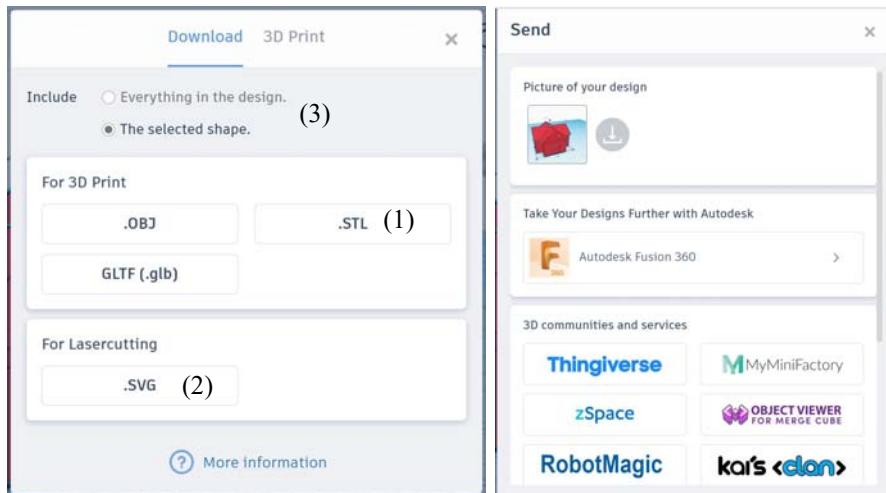
7.3 Lagring

På menylinja lengst til høyre finner vi:

- *Import* – Importer 3D-file



- *Export* – Her kan vi velge om vi vil lagre filen som en .STL- fil for 3D-print evt. en .SVG-fil for laserkutting. Dette gjelder for 2D-tegninger. Vi kan dessuten velge å lagre bare det vi har merket eller hele modellen (3). Dersom vi ønsker å skrive ut med flere farger kan vi velge en .OBJ fil som inkluderer fargeinformasjon



- *Send* – Gir i tillegg mulighet til å sende designfila på e-post, evt. også mulighet til sende et bilde av designet, overføre til Autodesk for videre bearbeiding eller gjøre tilgjengelig for andre via f.eks. Thingiverse.

7.4 Annet

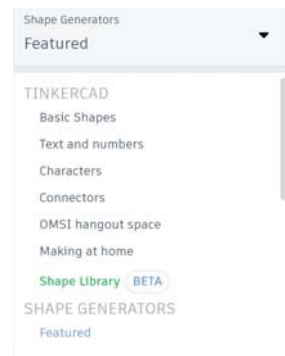
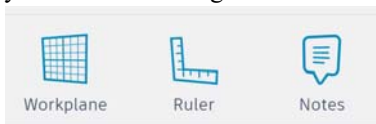
7.4.1 Ferdigdesignede former

Det finnes en lang rekke ferdige former ordnet i ulike kategorier. I figuren under ser vi noen av kategoriene som tilbys.

Blant annet finner man rør og gjengestål, bokser med veggtykkelse, vindturbiner, tekst og tall

7.4.2 Måleredskap og notater

I menyen til høyre finner vi tre valg:

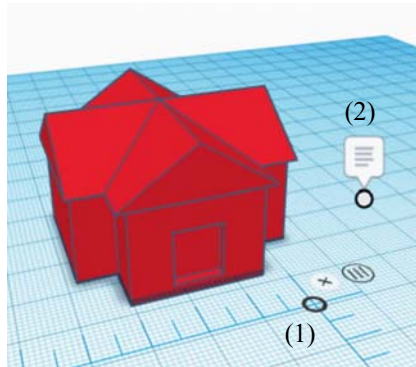


- *Workplane* – Legger på ei ekstra arbeidsflate. Denne flata vil definere et nytt grunnplan som alt man fra da av, blir referert til. Skal man legge tekst på et skråtak, oppretter man en arbeids-



flate parallelt med skråtaket, der man legger teksten som om flata var horisontal. Den ekstra arbeidsflata fjernes så etter bruk.

- *Ruler (1)* – Med denne får man merket opp avstander på arbeidsflata



- *Notes (2)* – Denne gjør det mulig å skrive kommentarer rundt om i designet. Kommentarene kan evt. skjules eller ligge åpent.

8 Programvare for styring av 3D-printeren

Når vi har laget vår 3D-modell så vil vi gjerne skrive den ut på vår 3D-printer, modellen lagres gjerne i en .STL-fil. For å få til det må vi oversette vår 3D-modell til kommandoer som styrer printerhodet til 3D-printeren, en såkalt *g-kode*. Til dette bruker vi spesielle programmer. Et vanlig program å bruke er CURA fra Ultimaker. Denne må imidlertid installeres på en PC eller MAC. En annen nettbasert variant er Astroprint. La oss se på begge disse.

Men la oss først se hvordan vi kan overføre filene mellom laptopen og 3D-printeren. Her finnes det mange muligheter.

8.1 Overføring av filer mellom PC og 3D-printere

8.1.1 Overføring av filer mellom PC og 3D-printer og Creality CR-6 SR

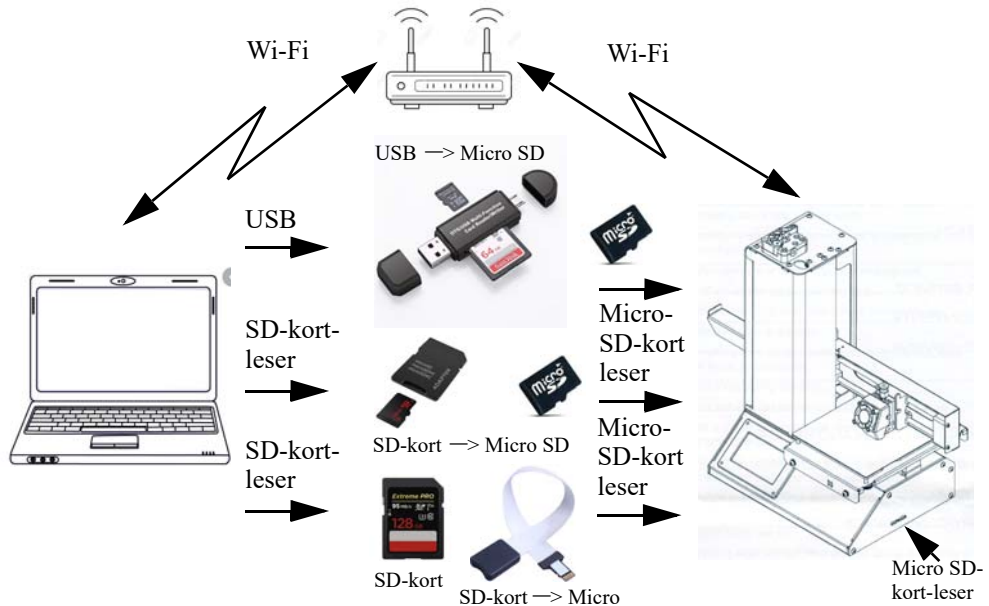
Dette er relativt enkelt, men forutsetter at man har en SD-kortleser på PC'en eller en overgang mellom SD-kort og USB inngang som vist på figuren under.





8.1.2 Overføring av filer mellom PC og P120 V4 3D-printer

Dette kan gjøres på flere måter. P120 V4 har også innebygget Wi-Fi som gjør det mulig koble 3D-printeren til et lokalt nettverk. Vi anser det kan være krevende å koble printeren opp mot skole-nettet og mener det er enklere og ryddigere å overføre filene fysisk på SD-kort. Figuren under viser en rekke forskjellige måter å overføre filene på.



1. Bruk av Wi-Fi ansees som for krevende
2. Bruk av USB → micro SD-kort er en løsning som burde fungere både for Chromebook, PC og MAC. iPad må evt. ha en adapter mellom standard iPad plugg og USB.
3. Bruk av SD-kort og SD-kort-leseren som er vanlig hos de fleste Laptops og PC/MAC. Flere Chromebook har slik innganger. Her kan man bruke en SD-kort til micro-SD-kort adapter. Hos iPad trengs en overgang fra standard iPad-plugg til en SD-kortleser, sistnevnte har også gjerne inngang for micro-SD-kort.
4. Bruk av SD-kort og SD-kort-leseren med overgang til micro-SD-kort er også en god mulighet siden en slik overgang følger med utstyrspakken. Overgangen har også en fleksibel flatkabel som burde beskytte micro-SD-kort-leseren på 3D-printeren.



8.2 Generering av g-fil for styring av 3D-printer med CURA

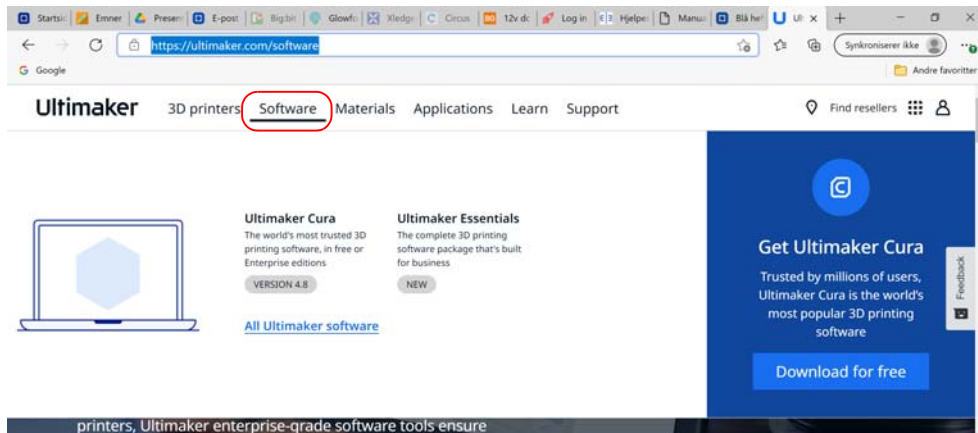
CURA er et gratisprogram som er utviklet av Ultimaker og er svært mye brukt. Ulempen er at det må lastes ned og installeres på en PC eller en MAC. Har man ikke det så anbefales Astroprint, avsnitt 8.4. I skrivende stund er gjeldende versjon CURA 5.3.0, men om Trondheim kommune tilbyr versjon 4.8 så burde også denne fungere greit.

8.2.1 Installer og sett opp Ultimaker CURA

CURA er et program som bestemmer hvordan skrivnehodet skal bevege seg for å lage vår 3D-modell.

1. Installasjon

Programmet lastes ned fra: <https://ultimaker.com/software> evt. fra Trondheim kommunes program disk.



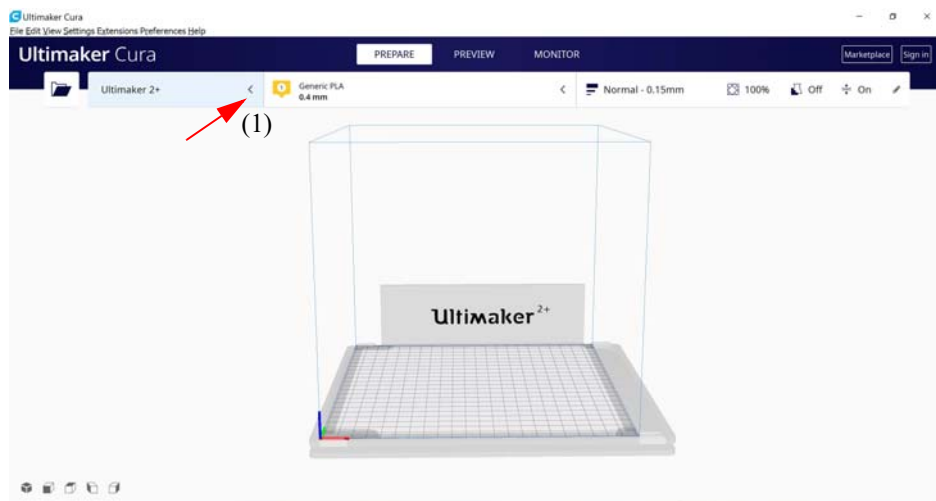
Det viste skjermbildet framkommer ved å holde muspekeren over *Software*.

Velg så **Download for free** og følg default anvisninger for installasjon.

2. Start programmet CURA (Rev. 4.8)

Dette gjøres ved å trykke på ikonet vist til høyre

- Etter en stund vil du få opp programvinduet til CURA





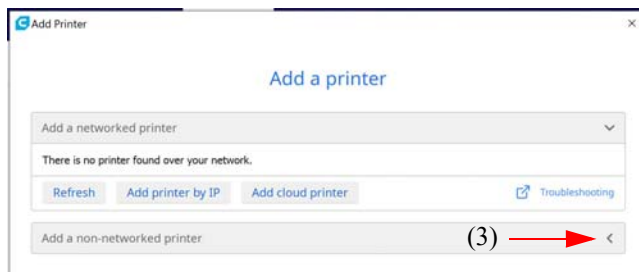
3. Velg profil for aktuell 3D-printer

Vi skal nå sette opp profilen for den eller de 3D-printerne vi ønsker å jobbe med. Foreløpig nøyer vi oss med å sette opp for Creality CR-6 SR eller om man bruker P120.

- Velg pila hos fanen øverst og lengst til venstre, se figuren over (1). Da får du opp følgende, sannsynligvis unntatt Ultimaker 2+ som i dette tilfellet alt er installert hos oss. Velg så **Add** (2).



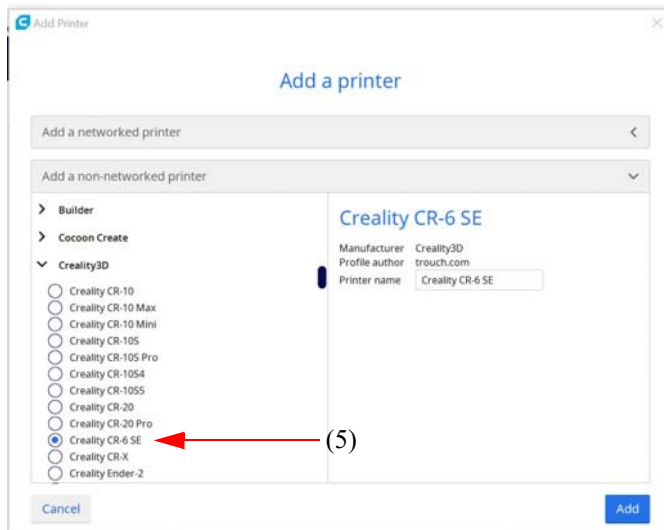
- Åpne lista over alternative printere (3) ...



- ... og velg riktig printer fra lista som kommer opp:

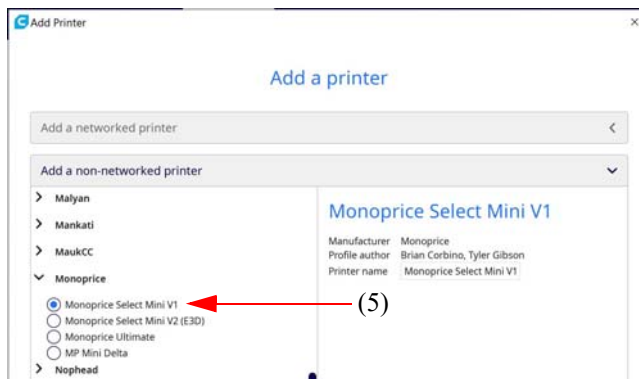
Creality CR-6 SR

- Skroll ned lista til du kommer til Creality og velg Creality CR-6 SE som vist på figuren (5).

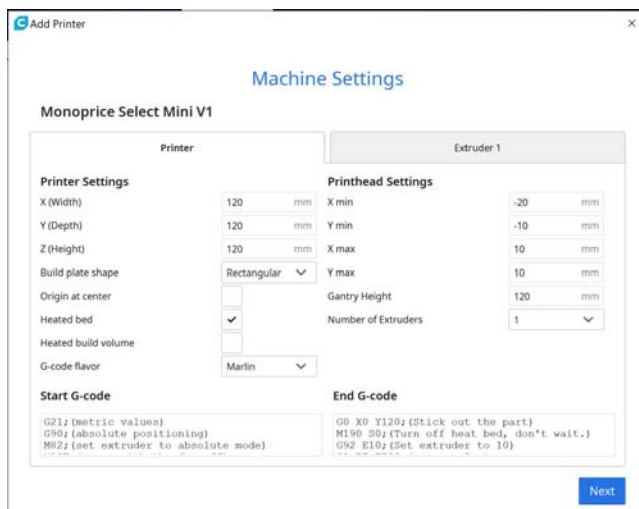


- Velg Add
- Velger man denne printeren vil man få opp en oversikt over standard parametere knyttet til denne printeren.

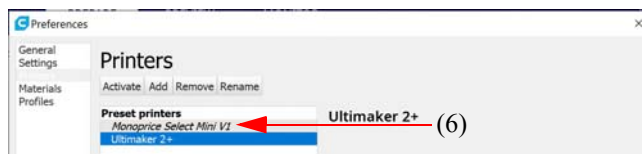
Monoprice – Monoprice Select Mini V1 (5).



- Velger man denne printeren vil man få opp en oversikt over standard parametere knyttet til denne P120.



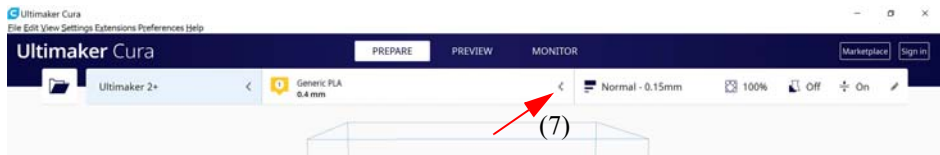
- Velg **NEXT** og du vil se at den nye printeren er installert, i vårt tilfelle i tillegg til Ultimaker 2+. Velg så **CLOSE** nederst til høyre.



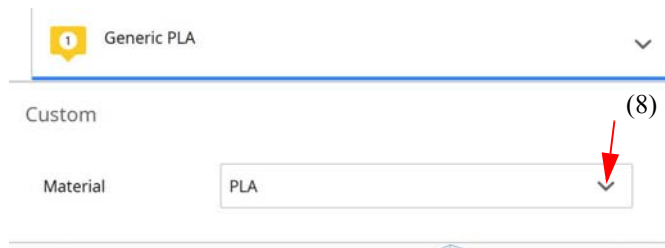


4. Velg materiale

- Fra fanen i midten (7) velger vi det materialet vi ønsker å bruke.



- For oss er det naturlig å velge PLA. Andre materialer kan evt. velges med pila til høyre (8)

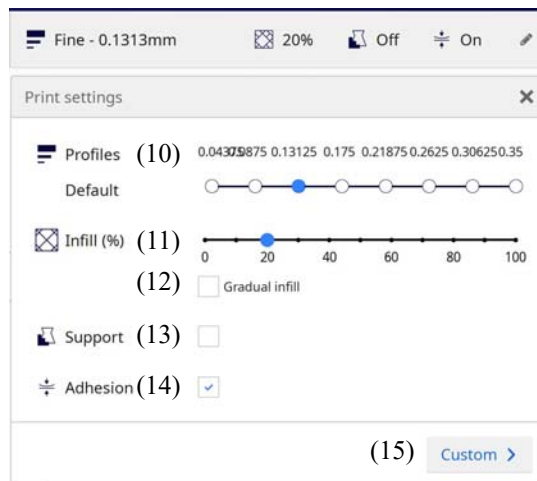


5. Oppsett av lagdeling og ruting (Slicing)

- Fra fanen til høyre (9) setter vi opp parametere for lagdeling og ruting.



- Figuren under viser de viktigste valgene vi må ta før vi starter lagdeling og ruting (Slicing). Vi legger merke at fanen viser en oppsummering av de viktigste valgene.





- *Profiles (10)*

Her kan vi velge hvor tett vi skal legge lagene. 0,13125 er foreslått. Ved å øke avstanden vil det ta kortere tid å skrive ut modellen, men kvaliteten reduseres.

Vi benytter den foreslåtte verdien (Default).

Infill (%) (11)

Her angis hvor stor andel av det innvendige hulrommet som skal fylles. Dersom gjenstanden vi skal skrive ut skal tåle belastning kan det være lurt å velge en høy prosentandel, gjerne også 100%. Dersom den utsettes for lav belastning kan en gjerne velge 20%. Høy verdi for *infill* gir en kraftigere konstruksjon men tar lang tid å skrive ut og bruker mye materiale. Lav verdi for *infill* gir en svakere konstruksjon, men er raskere å skrive ut og bruker mindre materiale.

Gradual infill (12)

Haker man av for *gradual infill* vil fylningsgraden øke mot toppen av modellen. Dette kan jo være attraktivt dersom modellen har større slitasje i toppen.

Support (13)

Skal man skrive ut en modell som skråner sterkt utover etter hvert som den vokser opp over arbeidsflata, har man behov for å bygge stillaser som man kan legge materialet på. Disse må bygges opp fra bunnen av etter som konstruksjonen vokser. Programmet vil automatisk beregne behovet for slike stillaser og legge det inn i “byggeplanen” etter behov. De delene av konstruksjonen som krever stillaser vil også fargelegges røde i CURA slik at man ser hvor behovet oppstår.

Adhesion (14)

Dersom flata som står på arbeidsflata er liten så kan det være behov for å bygge en plattform som modellen kan stå på slik at den står stødigere og fester bedre til underlaget. Skulle den løsne under veis vil hele utskriften bli spolert. Dersom man føler seg trygg på at den vil sitte fast så anbefales å sløyfe Adhesion da den gjør at undersiden av modellen blir temmelig ruglete og stygg. Dette gjelder primært P120 og ikke i samme grad Creality eller Ultimaker.

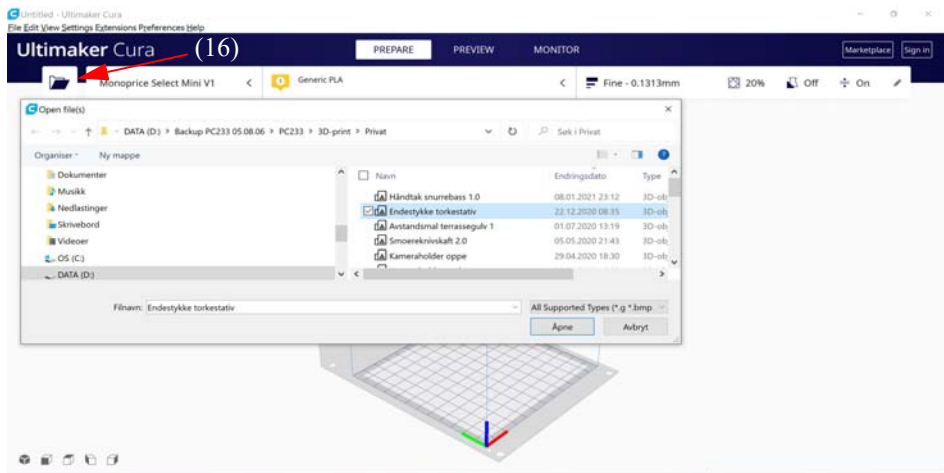
Custom (15)

Det finnes en mengde andre parametere som man kan endre på for å få en optimal utskrift. Normalt trenger man ikke justere på disse.

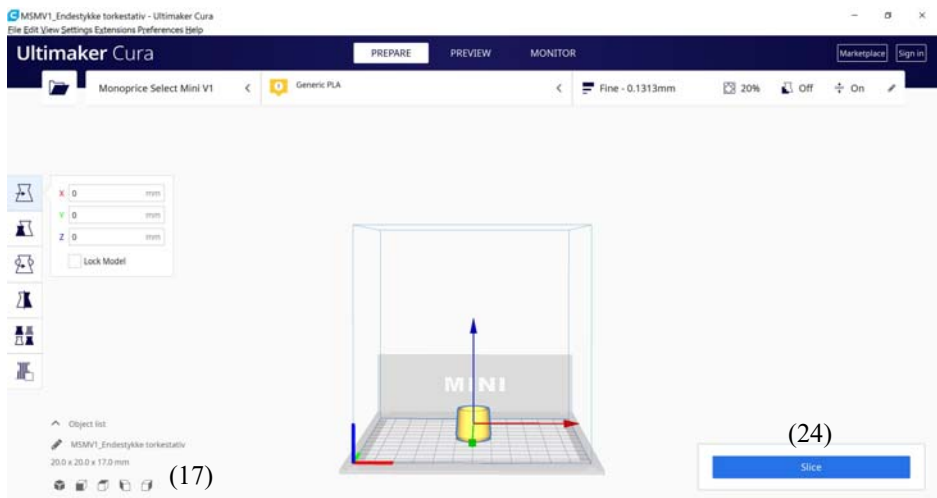


6. Hent opp modellen og gjennomfør lagdeling og ruting (slicing)

- Velg File *Open* eller mappe-ikonet (16) oppe til venstre og hent opp .stl-filen til den aktuelle modellen. Når dette er gjort vil modellen vise seg i arbeidsflata hos CURA.



- Etter at modellen er lastet opp så plasseres den på arbeidsflata og vi har mulighet til å inspisere modellen fra alle kanter med kommandoene knyttet til ikonene nederst til venstre (17).

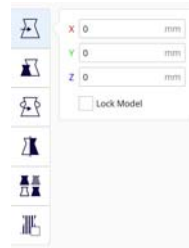


Ved å trykke inn høyre musknapp og bevege musa kan man studere modellen fra ulike sider. Ved hjelp av mushjulet kan man zoome ut og inn.

7. Enkle operasjoner på modellen

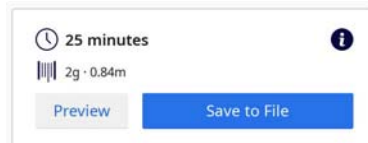
Med menyen vist til venstre for arbeidflata kan man gjøre enkle manøvrer. Det er en forutsetning at modellen er merket for at kommandoene skal fungerer:

- (18) Med dette ikonet kan man flytte modellen rundt om på skriveplattformen. (18)
- (19) Med dette ikonet kan man forstørre og forminske modellen i %. (19)
- (20) Med dette ikonet kan man dreie modellen i alle retninger. (20)
- (21) Med dette ikonet kan man speile og snu modellen opp ned. (21)
- (22 og 23) Med disse ikonene kan man sette mer avanserte parametere hos modellen. (22) (23)



8. Lagdeling og ruting (Slice)

- Ved å velge **Slice** nederst i høyre hjørne (24) så utføres lagdeling og ruting av modellen og g-fila genereres.
- Man får også informasjon om hvor lang tid utskriften tar og hvor mye filament som medgår og beskjed om hvor tung modellen blir.



- **Save to File**
I nederste høyre hjørnes finnes knappen **Save to file**. Dersom et SD- eller minnekort er satt inn, så vil filen legges der. Etter lagring blir man bedt om å trykke **Eject**.
- **Flytte filen**
Man tar med seg SD- eller minnebrikken bort til den aktuelle 3D-printeren og stikker den inn i SD-kortleseren eller USB-porten.

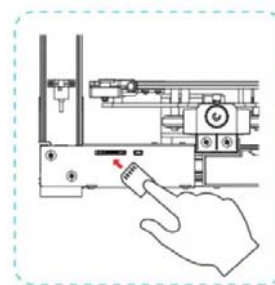


8.3 Utskrift og bruk av printerne

8.3.1 Oppstart og utskrift med 3D-printer, Creality CR-6 SE

Vi forutsetter at modellen som skal skrives ut er ferdig modellert og finnes som STL-fil, og at STL-fila er kjørt i CURA og at det forefinnes en g-fil som er lagt over på SD-kortet.

1. Stikk SD-kortet inn i spalten foran til venstre på frontplata. **Undersiden av kortet skal opp** som vist på figuren til høyre.
2. Displayet er smalt og viser dermed kun 17 karakterer av filnavnet. Sju av disse brukes til å angi at fila tilhører en Creality-printer (CCR6SE_). De neste ti som er spesifikke for filnavnet





vises på displayet, mens resten forsvinner utenfor displayet. Det er derfor lurt **å bruke disse 10 for å skille filene fra hverandre.**

3. Ekstra festemiddel

Dersom man er redd for at modellen skal løsne fra byggeflata, kan man smøre litt lim på flata. Det finnes spesiellim til dette formålet: *Dimafix*. Ellers kan man bruke hårspry eller limstift.



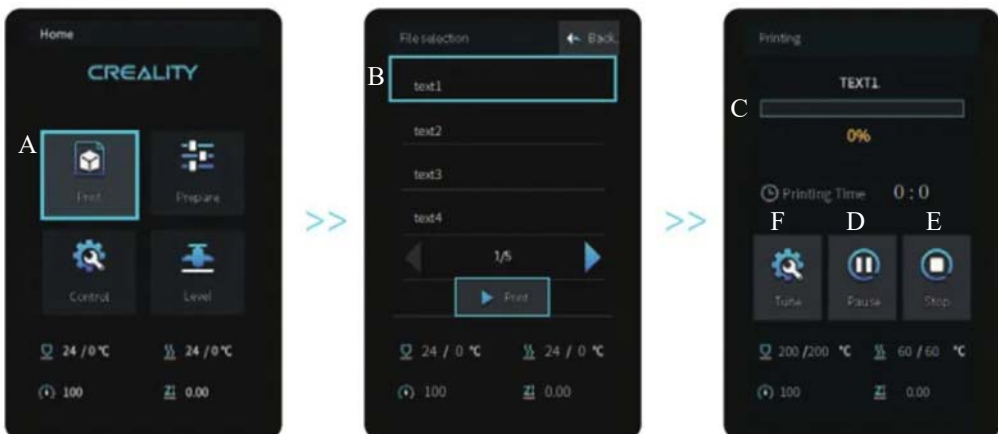
4. Forvarming

Før man starter et print kan man sette ønsket temperatur ved å gå inn i menyen *Prepare* (A) og deretter velge materiale (B) dersom man bruker PLA. Dette vil sette dysetemperaturen til 200°C og temperaturen til arbeidsflata til 60°C. Tilsvarende kan man velge ABS og få noe høyere temperaturer.



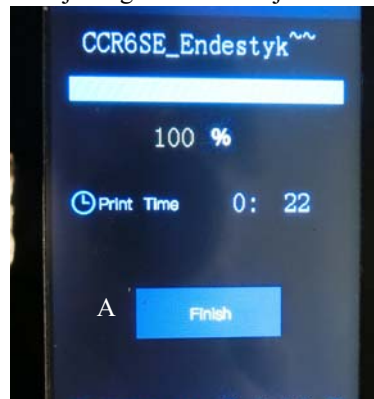
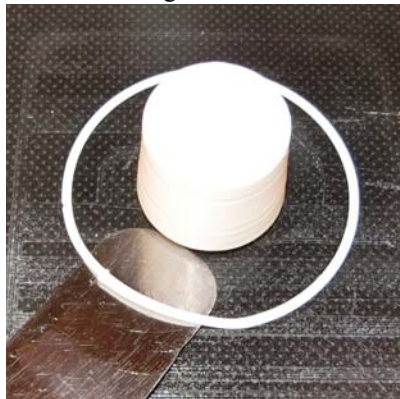
5. Start utskrift

Gå til startmenyen og velg *Print* (A) for deretter å velge filen som skal skrives ut (B). En framdriftsbar dukker opp (C) sammen med ikoner som gjør det mulig midlertidig å stoppe (D) eller avbryte utskriften (E). Det er også mulig å justere parametere underveis om det synes nødvendig (F). Man kan velge å starte utskrift selv om temperaturene ikke er nådd. Selve utskriften vil uansett ikke starte før temperaturene er nådd.



6. Fjern utskrift fra arbeidsflata

Bruk spatelen til å fjerne modellen når utskriften er ferdig, se figuren under til venstre. Der-
som dette er vanskelig, vent til arbeidsflata er avkjølt og det er lett å fjerne modellen.



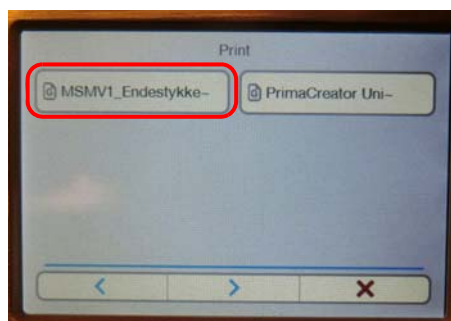
7. Avslutt

Avslutt utskriften med å trykke på *Finish* (A) og slå av printeren, evt. skriv ut neste modell,
se bilde over til høyere.

8.3.2 Oppstart og utskrift med 3D-printer, Prima Creator P120

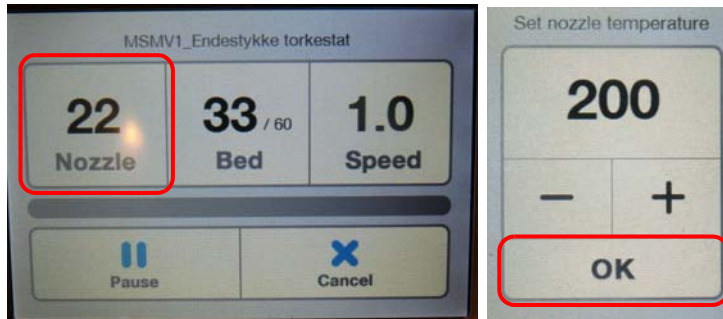
Vi skal nå vise hvordan vi starter utskrift av 3D-modell på P120

1. Slå på 3D-printeren om ikke det er gjort.
Av/på-bryteren finnes på baksiden nederst til *venstre* sett forfra.
2. Stikk SD-kortet eller SD-kortadapteren med micro SD-kortet inn i
SD-leseren til høyre for printeren.
3. Velg **Print**-menyen og velg ønsket utskriftsfil som vist under:

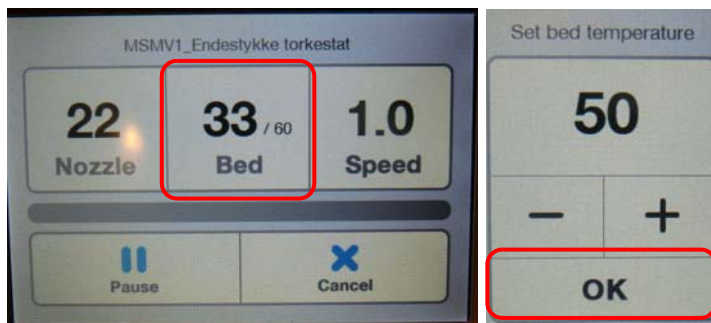




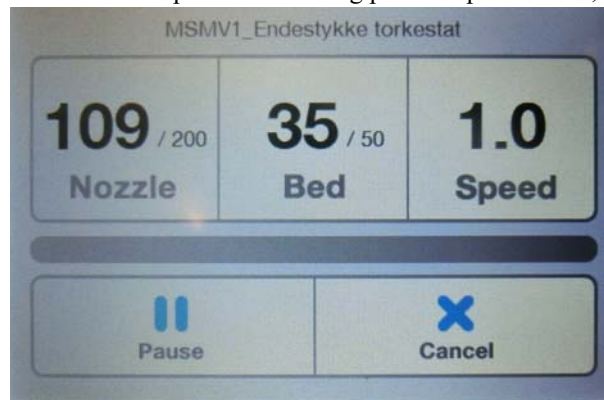
4. Berør feltet merket **Nozzel** (skrivehodet) og sett temperaturen til 200°C dersom filamentet er av typen PLA. Trykk **OK**.



5. Berør feltet merket **Bed** (skriveplattform) og sett temperaturen til 50°C. Trykk **OK**.



6. Så snart temperaturen er nådd på skrivehodet og på skriveplattformen, vil utskriften starte.



7. Stripen midt på skjermen viser framdriften. Vent til utskriften er ferdig.
8. Fjern utskriften forsiktig med en spatel. Det er normalt lettere å fjerne den når den er avkjølt.
9. Det er mulig å ta av den sorte plata og bøye den forsiktig for å få av modellen som er skrevet ut, men vær forsiktig. Dersom plata blir bøyd vil den være ubrukelig for utskrift.

8.4 Generering av g-fil for styring av 3D-printer med Astroprint

Gå til: <https://cloud.astroprint.com/account/login>

1. Opprett konto hos Astroprint

Her kan du logge inn om du har en konto ellers må du opprette en konto ved å velge **Sign in** (1):

The image shows two side-by-side screenshots of the Astroprint web interface. The left screenshot is the login page, titled 'Sign in to your AstroPrint account'. It features a dark background with the Astroprint logo at the top. Below the logo, there are input fields for 'Email:' (containing 'nils.rossing@ntnu.no') and 'Password:' (with masked characters). There is a 'Remember me' checkbox which is checked, and a link for 'Forgot password?'. A prominent red button labeled '(1) Sign In' is at the bottom. The right screenshot is the registration page, titled 'Sign up for your AstroPrint Account'. It has a light background with the Astroprint logo and the text '(2) Astroprint 3D Print Cloud'. Below the logo, there are input fields for 'Name', 'Email', and 'Password'. A checkbox for 'Send me occasional emails about new features and tips related to 3D Printing.' is present. A black button labeled 'Get Started For FREE' is at the bottom, with a note below it: 'By clicking this button, you agree to our Privacy Policy & Terms of Use'.

Skriv inn *navn*, *e-post* og velg et *passord* (2).

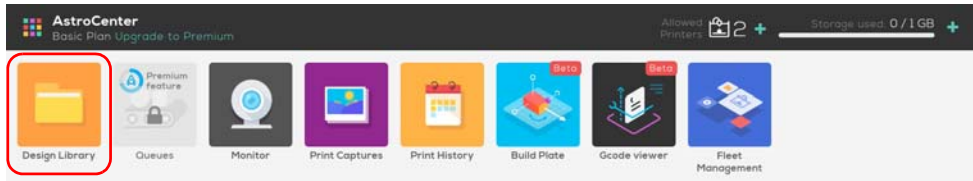
2. Velg måte for overføring av filer til printer

The image shows a screenshot of the 'How Are You Going to Connect Your 3D Printer?' selection screen. It features three columns, each with an icon, a title, a description, and two buttons. The first column is 'The AstroBox Touch' with the description 'The easiest way to get connected. Smart and intuitive, the ABT connects your 3D printer to the AstroPrint Cloud.' and buttons 'Check it out' and 'Do it yourself!'. The second column is 'The AstroBox Gateway' with the description 'The ABG runs open source software that provides the same cloud connectivity as the ABT, but is more technical to manage.' and buttons 'Check it out' and 'Do it yourself!'. The third column is 'Already have it!' with the description 'You already have: A 3D Printer with AstroPrint incorporated, an AstroBox, or Octoprint w/ the AstroPrint Plugin.' and buttons 'I already have it' and 'I'll decide later →'. A large '(3)' is placed over the 'I'll decide later →' button.

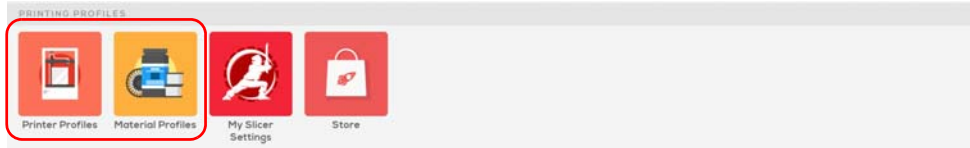
Dersom printeren er koblet på nett så gis det mulighet for direkte kontakt mellom Astroprint og printeren. Siden vi velger å bruke SD-kort for å flytte filer fra velger vi *I'll decide later* (3).



Vi får da opp en oversikt over en rekke tilbud og innstillinger ordnet i kategorier. Vi er i første rekke interessert i følgende:



- *Design library* der vi laster opp og behandler filene våre og *Printing profiles* som vi finner lengre ned i lista.



- *Printer Profiles* der vi bestemmer hvilken printer vi ønsker å bruke og ...
- *Material Profiles* der vi bestemmer hvilket materiale vi bruker.

3. Velg printer type

Vi begynner med å velge printertype så vi velger symbolet vist til høyre og får opp følgende valg:



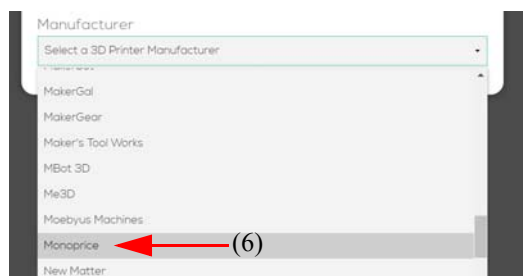
... og velger + *New Printer Profile* (4).



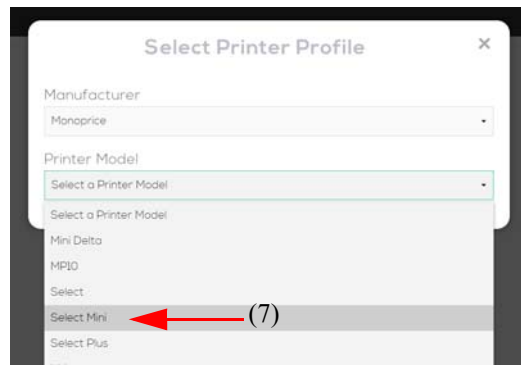
Lista over alternativer får vi opp ved å trykke den vesle pila nederst til høyre (5).

Vår type er P120 Prima-Creator. Denne finner vi imidlertid *ikke* i lista, men er den samme som *Monoprice*, så vi velger den (6).

Evt. velger man Creality CR-6 SR

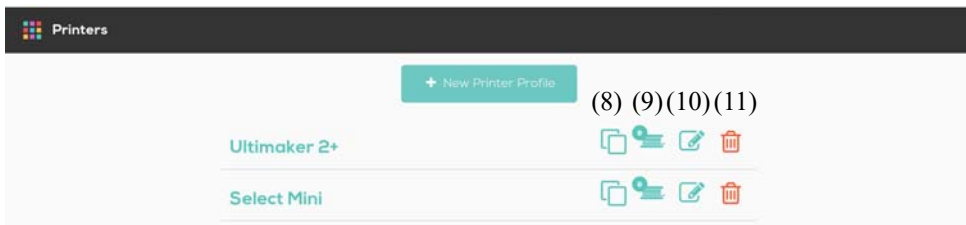
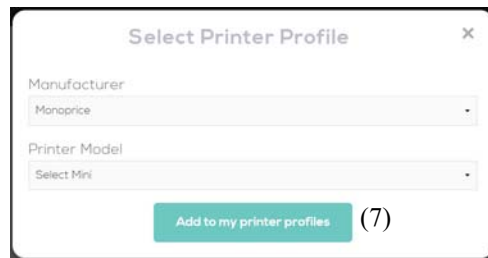


Dernest må vi velge printer modell. Her velger vi *Select Mini* (7).



Velg så *Add to my printer profiles* (8)

Vi har nå lagt denne printeren til vår printerprofil. Vi kan evt. velge å legge til flere 3D-printere dersom vi har andre typer. Vi velger å legge til *Creality CR-6 SR* og *Ultimaker 2+* siden vi også har disse typene.



Vi legger merke til at her kan vi også gå inn å *kopiere profilen* (8), legge til *flere filamenter* dersom det er mulig (9), *editere profilen* (10) eller *slette profilen* (11).

For å komme oss tilbake til utgangspunktet, *AstroCentre*, velger vi rutemønsteret øverst til venstre (12).



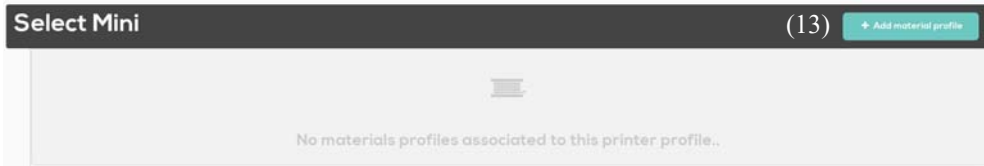
4. Valg av filament

Det neste vi må gjøre er å velge filament, det gjør vi ved å velge symbolet vist til høyre.





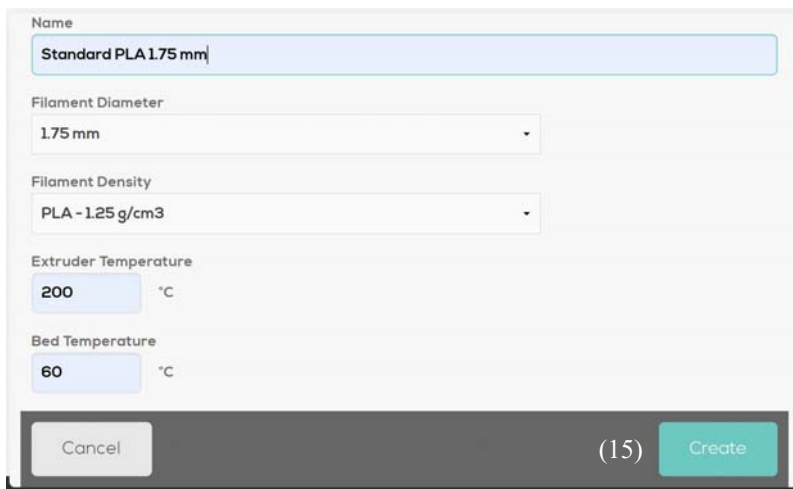
Vi konsentrerer oss om **Monoprice Select Mini** printeren og velger + Add Material Profile lengst til høyre (13):



Vi får da opp ett valg (14): *Create Custom Material Profile* som vi velger. Hos Ultimaker får vi i tillegg spørsmål om vi vil ha PLA.



Vi får da opp en ny meny:



Filament Diameter = 1,75 mm og *Filament Density = PLA-1,25 g/cm³*, er alt valgt. I tillegg velger *Extruder Temperature = 200°C* (temperaturen på selve hodet som smelter PLA'en), og *Bed Temperature = 60°C* (temperaturen på bordet som holder modellen). Tilslutt setter vi et navn på profilen. Vi har kalt den *Standard PLA 1.75 mm*.

Velg til slutt *Create* (15) som oppretter og lagrer profilen.

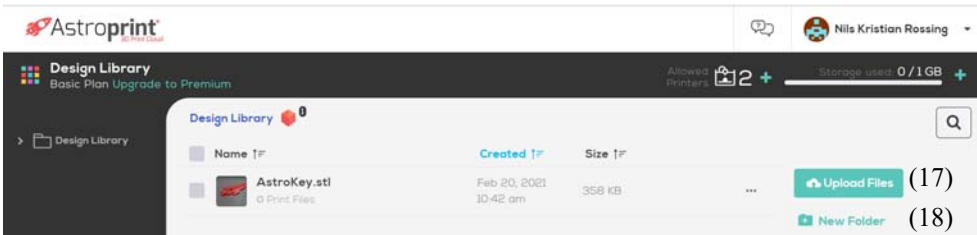
5. *Opplasting av .STL-fila (modellen som skal skrives ut)*

Vi har modellert vår modell og er klar til å skrive ut. Det første er at vi må gjøre nå er å laste opp .STL-fila for den modellen vi ønsker å skrive ut.

Vi går tilbake til *AstroCentre* ved å velge rutmønsteret i øverste venstre hjørne (16).



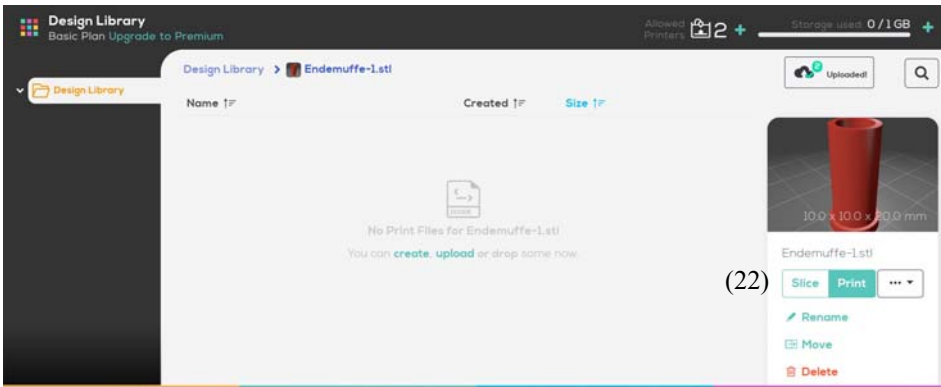
Vi velger Design Library og får opp en oversikt over opplastede filer. Når vi åpner Design biblioteket for første gang ligger det bare en eksempel fil i katalogen. I tillegg til å laste opp nye filer (17), kan en også opprette nye kataloger (18):



Vi velger å laste opp vår fil som heter: *Endemuffe-1.stl*. Denne legger seg over den som alt ligger der (19). *Created* ordner filene etter når de ble lagt inn (20). *Size* ordner filene i katalogen etter størrelse (21).



Ved å dobbeltklikke på filnavnet får man opp menyen for *Lagdeling og ruting (Slicing)*.

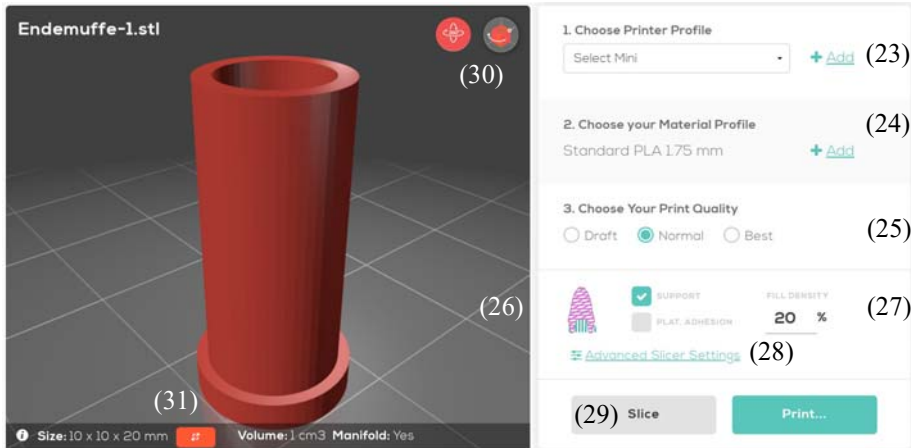




6. Slicing eller Lagdeling og ruting

Det neste vi må gjøre er å la programmet planlegge hvordan 3D-printeren skal legge på lag på lag. Slice-programmet genererer en fil som inneholde alle kommandoene som forteller hvordan printerhodet skal bevege seg og hvor mye materiale som skal skyves ut gjennom dysa til en hver tid.

Ved å velge *Slice* (22 på forrige bilde) får man opp følgende meny:

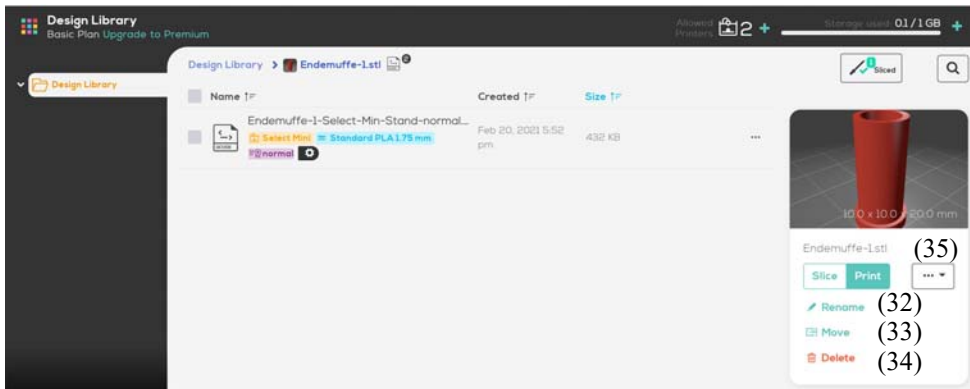


Her må vi sette opp noen få parametere før selve lagdelingen og rutingen skjer:

- (23) *Choose Printer Profile* – Her velger vi den printeren vi ønsker å bruke. Vi velger *Select Mini* (alternativt Creality CR-6 SR).
- (24) *Choose Material Profile* – Her velger vi det materialet vi ønsker å bruke. Vi velger *Standard PLA 1.75 mm*.
- (25) *Choose Print Quality* – Her velger vi kvaliteten, dvs. økt kvalitet lengre utskriftstid. Vi velger *Normal*.
- (26a) *Support* – Velger vi *Support* vil det lages stillaser der det er overheng.
- (26b) *Flat Adhesion* – Velger vi *Flat Adhesion* så vil det bygges en plattform under modellen slik at den står stødigere. Undersiden blir imidlertid mer ujevn og stygg.
- (27) *Fill Density* – Velger vi høy verdi for *Fill Density* så vil det innvendige av modellen fylles med PLA. Velger vi f.eks. 20%, vil innvendige rom bare være 20% fylt opp og det vil være mye tomrom inne i modellen. Dette sparer materiale og reduserer utskriftstiden, men gjør at modellen blir mindre robust.
- (28) *Advanced Slicer Settings* – Fra denne menyen kan man i større grad styre slice-prosessen.

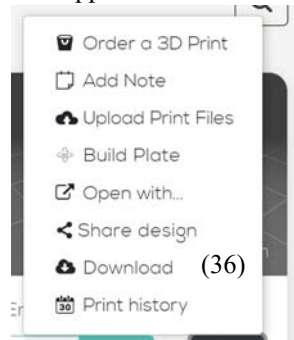
- (29) *Slice* – Velges *Slice* starter programmet som utfører lagdeling og ruting.
- (30) *3D-view, Edit* – Med disse to knappene kan man rotere, snu og zoome inn på modellen for å studere den i detalj før den sendes til utskrift.
- (31) *Resize* – Med denne knappen kan man endre størrelsen til modellen i X-, Y og Z-retning.

Dersom vi velger *Slice* utføres lagdeling og ruting og følgende vindu kommer opp:



- (32) *Rename* – Her kan man endre navn på fila.
- (33) *Move* – Her kan man flytte fila til en annen katalog.
- (34) *Delete* – Her kan man slette fila fra katalog.
- (35) ... – Utvidet meny.

Ved å velge utvidet meny får man opp flere alternativer:



Her skal vi kun konsentrere oss om en kommando:

- (36) *Download* – Dette gir oss mulighet til å laste ned fila til SD-kortet eller en katalog i PC'en vår.

Nå skal alt være klart til å skrive ut modellen bare vi får flyttet den over til 3D-printeren.



Vedlegg A Eksempel på knaggrekke

forskjell

kube X 100 Y 30 Z 3 usentrert

minus

translatere X 5 Y 5 Z -1

syylinder radius1 2 radius2 2 høyde 5 usentrert

minus

translatere X 5 Y 25 Z -1

syylinder radius1 2 radius2 2 høyde 5 usentrert

minus

translatere X 95 Y 5 Z -1

syylinder radius1 2 radius2 2 høyde 5 usentrert

minus

translatere X 95 Y 25 Z -1

syylinder radius1 2 radius2 2 høyde 5 usentrert

Basisplate med hull til skruer

forskjell

translatere X 25 Y 20 Z -1

rotore X 330° Y 0° Z 0°

syylinder radius1 6 radius2 4 høyde 25 usentrert

minus

translatere X 18 Y 18 Z -4

kube X 15 Y 15 Z 5 usentrert

Knagg til venstre kube som fjerner del av knagg som stikker ut under

forskjell

translatere X 75 Y 20 Z -1

rotore X 330° Y 0° Z 0°

syylinder radius1 6 radius2 4 høyde 25 usentrert

minus

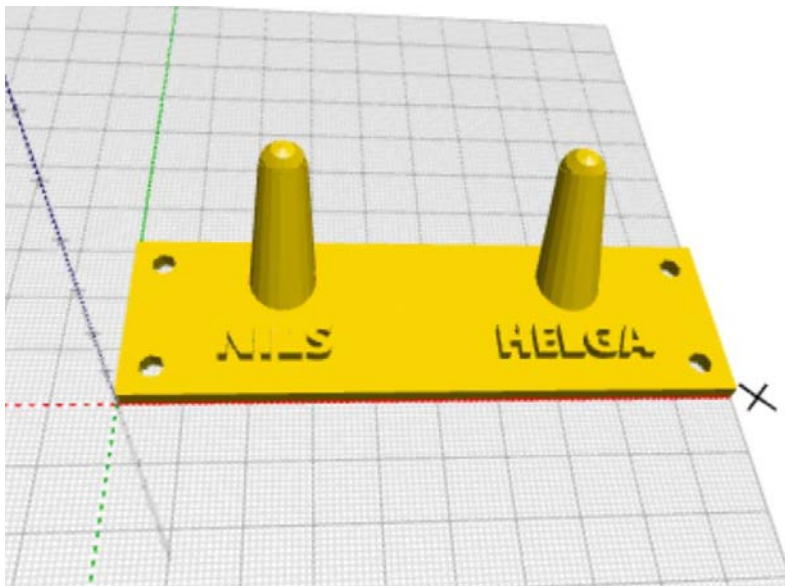
translatere X 68 Y 18 Z -4

kube X 15 Y 15 Z 5 usentrert

Knagg til høyre kube som fjerner del av knagg som stikker ut under

Navn	

Kule på toppen av hver knagg





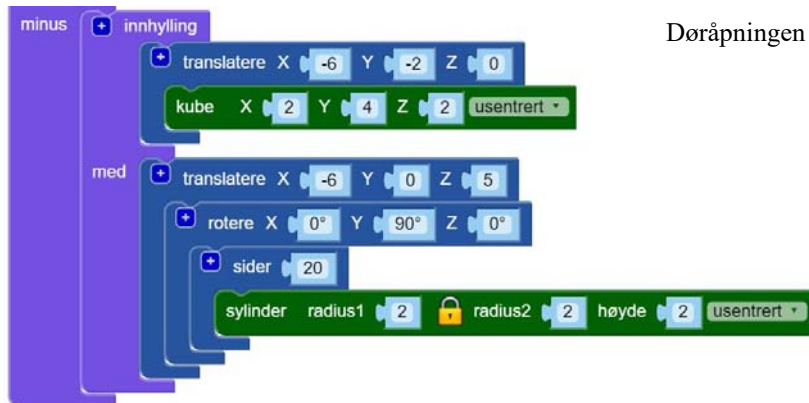
Vedlegg B Filer til hus i landsby

B.1 Landsbykirke

forskjell

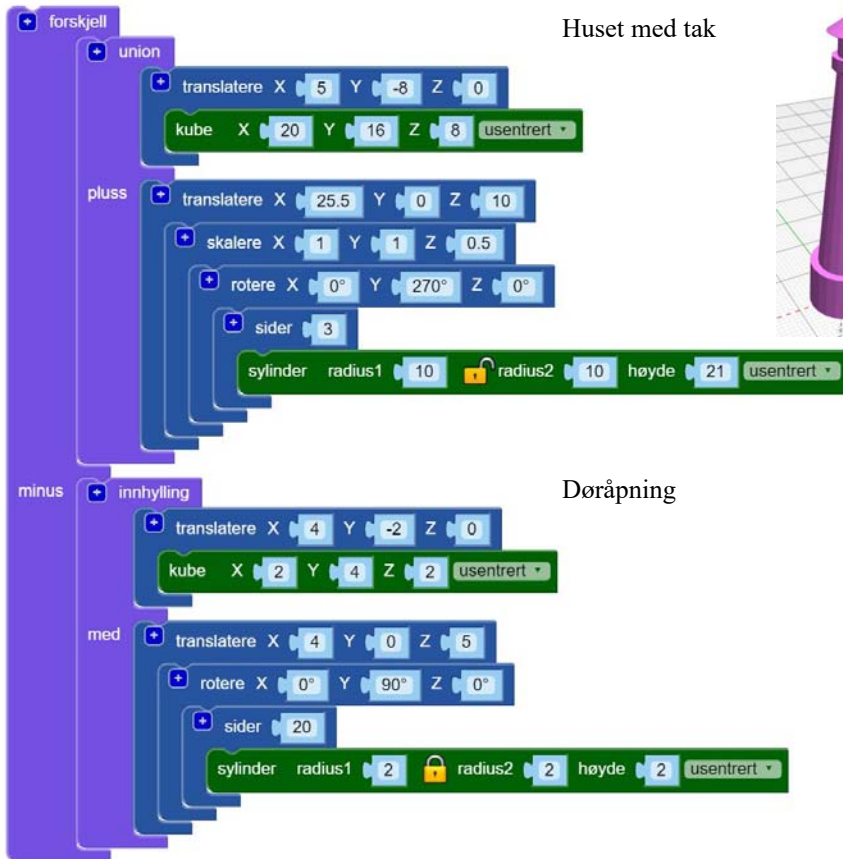
- union
 - translatere X -5 Y -5 Z 0 Tårnbygg
 - kube X 10 Y 10 Z 20 usentrert
- pluss
 - translatere X 5 Y -8 Z 0 Kirkeskip
 - kube X 20 Y 16 Z 12 usentrert
- pluss
 - translatere X 0 Y 0 Z 20
 - rotere X 0° Y 0° Z 135° Tårntak
 - sider 4
 - syylinder radius1 8 radius2 1 høyde 20 usentrert
- pluss
 - translatere X 25 Y 0 Z 16 Tak kirkeskip
 - rotere X 0° Y 270° Z 0°
 - sider 3
 - syylinder radius1 10 radius2 10 høyde 20 usentrert

Fortsetter på
neste side





B.2 Fyrlykt




```
+ union
  + cylinder radius1 6 radius2 3 høyde 50 usentrert
  + pluss
    + cylinder radius1 7 radius2 7 høyde 10 usentrert
    + pluss
      + translere X 0 Y 0 Z 50
      + cylinder radius1 3 radius2 4 høyde 1 usentrert
    + pluss
      + translere X 0 Y 0 Z 51
      + cylinder radius1 4 radius2 4 høyde 2 usentrert
    + pluss
      + translere X 0 Y 0 Z 53
      + cylinder radius1 3 radius2 3 høyde 4 usentrert
    + pluss
      + translere X 0 Y 0 Z 56
      + cylinder radius1 3 radius2 5 høyde 1 usentrert
    + pluss
      + translere X 0 Y 0 Z 57
      + cylinder radius1 5 radius2 1 høyde 3 usentrert
```

Selve tårnet med lykta på toppen

```
+ translere X 15 Y -12 Z 0
+ rotere X 0° Y 0° Z 90°
+ translere X 20 Y 0 Z 10
+ skalere X 1 Y 1 Z 0.5
+ rotere X 0° Y 270° Z 0°
+ sider 3
+ cylinder radius1 10 radius2 10 høyde 8 usentrert
```

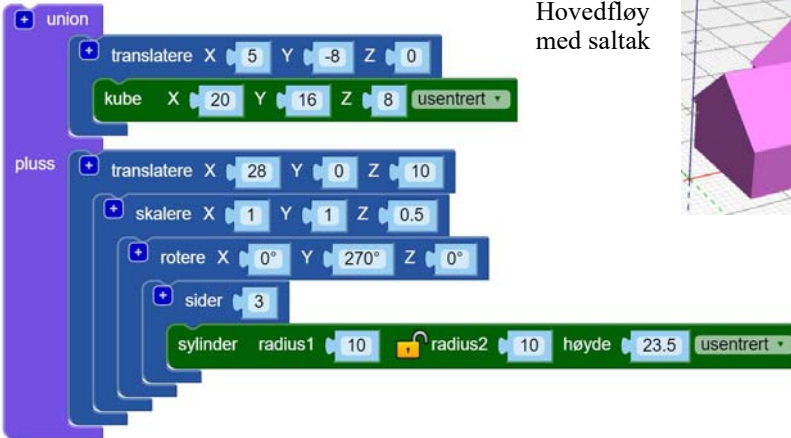
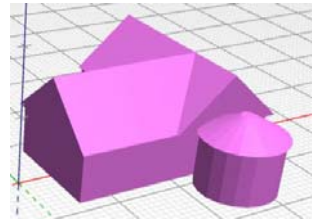
```
+ translere X 10 Y -2 Z 0
+ kube X 2 Y 2 Z 17 usentrert
```

Pipa på huset

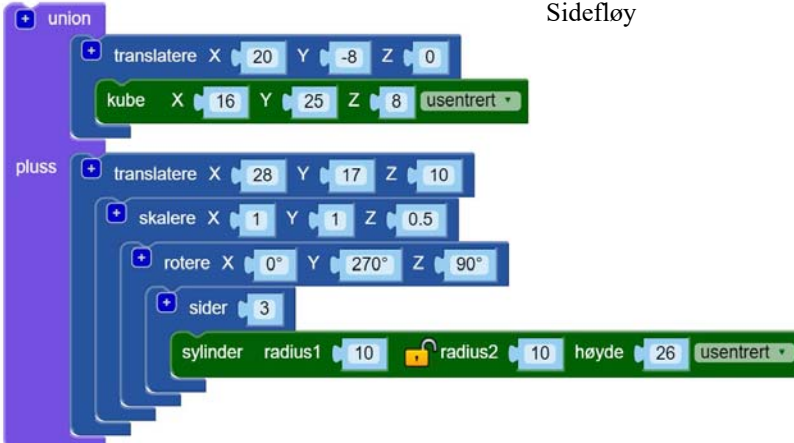


B.3 Driftsbygning med silo

Hovedfløy med saltak



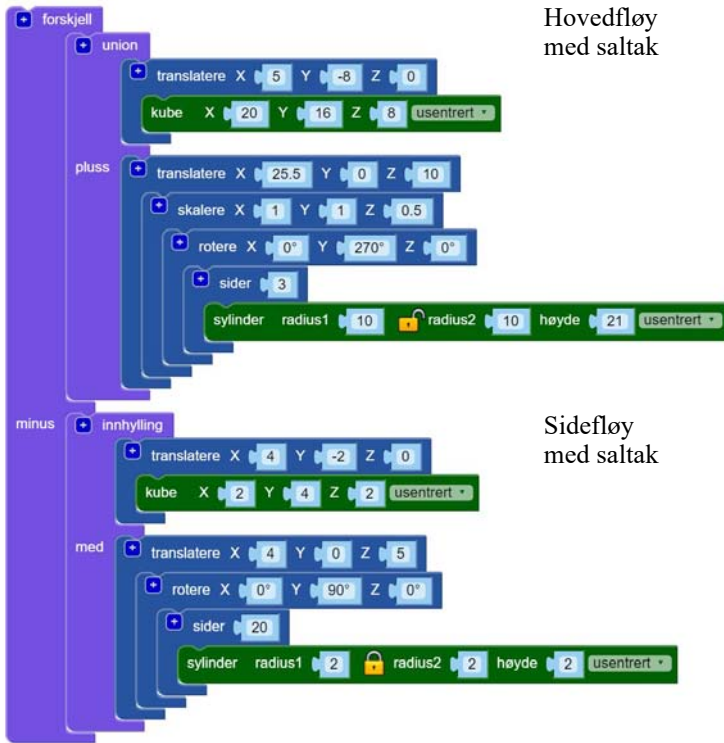
Sidefløy



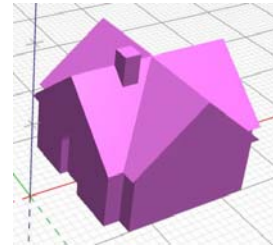
Silo



B.4 Våningshus



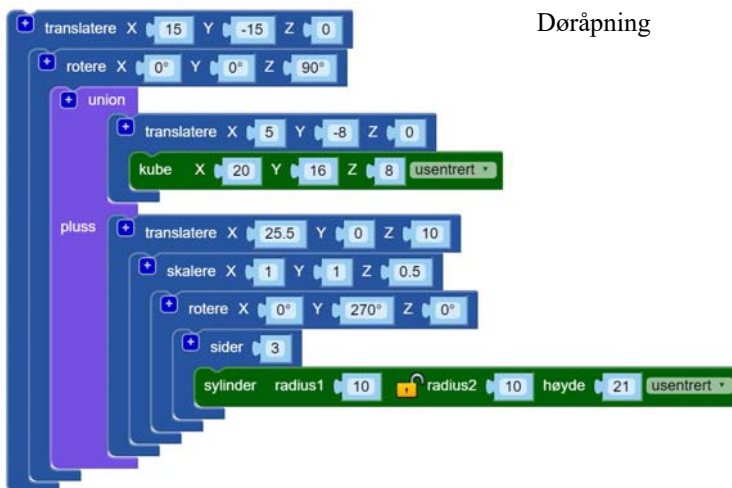
Hovedfløy med saltak



Sidefløy med saltak



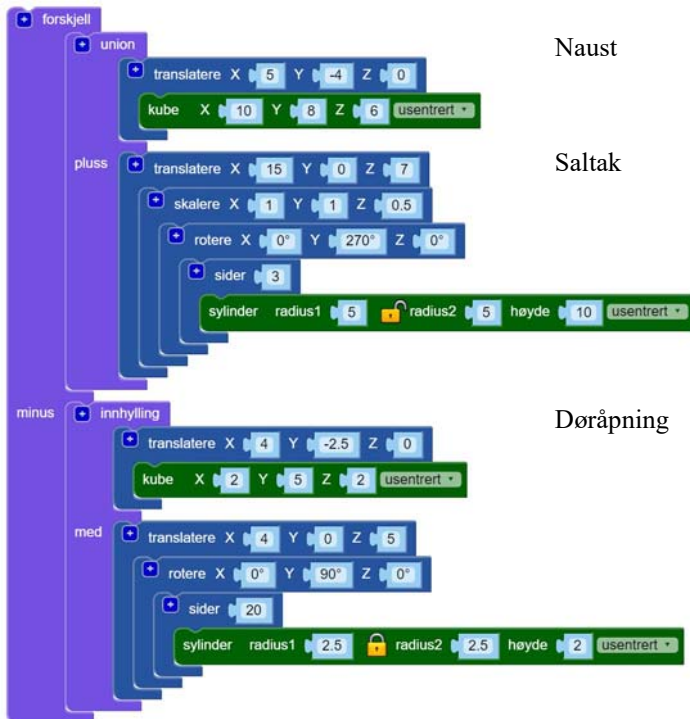
Pipe



Døråpning



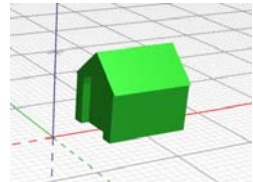
B.5 Naust



Naust

Saltak

Døråpning





Vedlegg C Forslag til videoressurser – Framtidsbygda

Videoene omhandler kreativ arkitektur, ulike bygninger, bærekraftsmålene og

- Bærekraftige bygg (bilder til inspirasjon):
<https://www.youtube.com/watch?v=wLAGYMpvIZU>
- Lesetips fra bærekraftsbiblioteket
<https://www.fn.no/undervisning/undervisningsopplegg/5-7-trinn/baerekraftsbiblioteket/lese-liste-maal-11>

Andre filmer til inspirasjon innen ulike fagområder

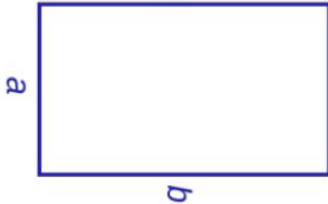
- *Naturfag/Samfunnsfag*: Om FN's bærekraftsmål nr. 11. Bærekraftige byer og lokalsamfunn
<https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/baerekraftige-byer-og-lokalsamfunn>
- *Naturfag*: Bærekraftige byggeprinsipper
<https://www.youtube.com/watch?v=qcNX8evbN-E>
- *Naturfag*: 11 eksempler på bærekraftige bygg
<https://www.youtube.com/watch?v=-cCkltBgt5w>
- *Naturfag*: 15 økoeffektive kuleformede hjem
https://www.youtube.com/watch?v=A_nbV56Oslc
- *Naturfag*: 15 bærekraftige hus
<https://www.youtube.com/watch?v=RUosBOg0hAM>
- *Naturfag/Samfunnsfag*: Smart mobilitet
<https://www.youtube.com/watch?v=DXUblrhpDUo>
- *Naturfag/Samfunnsfag*: Smarte byer, hva mener barna?
<https://www.youtube.com/watch?v=WvoZPj0J-yw>
- *Naturfag/Samfunnsfag*: Smarte byer (ungdomstrinn)
<https://www.youtube.com/watch?v=m45SshJqOP4>
- *Naturfag*: Smarthus, (ungdomstrinn)
<https://www.youtube.com/watch?v=fuKNaGhZE2Y>
https://www.youtube.com/watch?v=-dvFb2vC7_Y
- *Naturfag/Samfunnsfag*: Framtidsutsikter mot 2050 (Ungdomstrinn)
https://www.youtube.com/watch?v=dTR7mo_U85Y



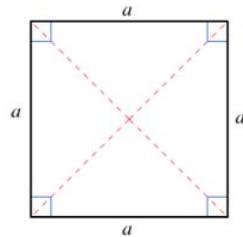
Vedlegg D Resurskort – Framtidsbygda mi

D.1 Figurkort til Starter – Framtidsbygda mi

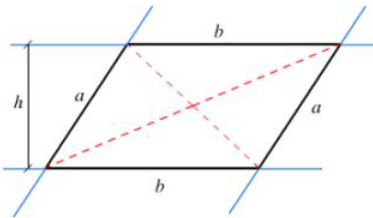
Rektangel:



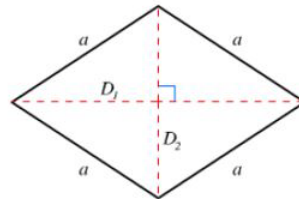
Kvadrat:



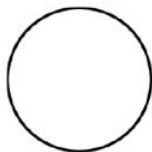
Parallelogram:



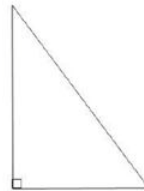
Rombe:



Sirkel



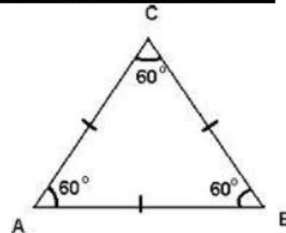
Rettvinklet trekant:



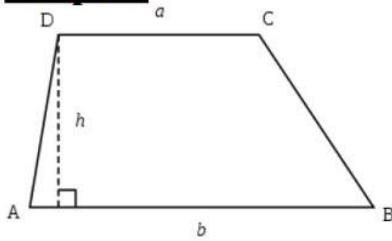
Likebeint trekant:



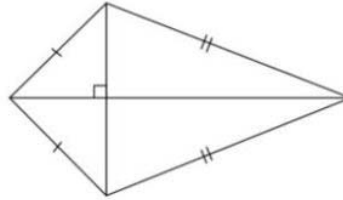
Likesidet trekant:



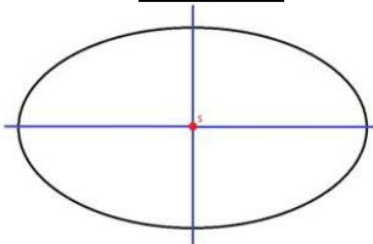
Trapes:



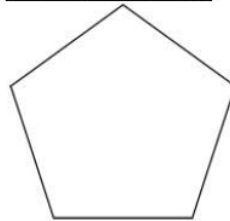
Drake / Drage:



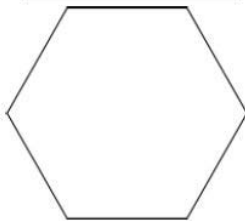
Ellipse



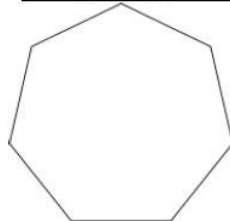
Pentagon



Heksagon



Heptagon





D.2 Geometrikort – Framtidsbygda mi

Parallelogram Rettvinklet trekant Ellipse Kjegle Kube	Rombe Likebeint trekant Pentagon (femkant) Kule Kube
Sylinder Kube Trapes Rettvinklet trekant Heksagon (sekskant)	Kvadrat Rettvinklet trekant Ellipse Kjegle Pyramide
Kvadrat Likebeint trekant Pentagon (femkant) Kule Pyramide	Kvadrat Likesidet trekant Heksagon (sekskant) Sylinder Pyramide
Rettvinklet trekant Parallelogram Ellipse Kjegle Prisme	Parallelogram Likebeint trekant Pentagon (femkant) Kule Prisme



Likesidet trekant Heksagon Trapes Sylinder Prisme	Kube Kjegle Likesidet trekant Rombe Pentagon (femkant)
Kube Kule Trapes Rettvinklet trekant Heksagon (sekskant)	Rektangel Likebeint trekant Kube Sylinder Drake/Drage
Rektangel Likesidet trekant Heksagon (sekskant) Kjegle Pyramide	Kvadrat Rettvinklet trekant Ellipse Kule Pyramide
Rektangel Likebeint trekant Pentagon (femkant) Sylinder Pyramide	Likesidet trekant Rombe Heksagon (sekskant) Kjegle Prisme



Rettvinklet trekant Ellipse Kule Prisme Trapes	Likebeint trekant Pentagon (femkant) Drake/Drage Sylinder Prisme
Kube Kjegle Likebeint trekant Trapes Heksagon (sekskant)	Kube Kule Likesidet trekant Drake/Drage Ellipse
Likebeint trekant Parallelogram Ellipse Kube Sylinder	Rektangel Likesidet trekant Pentagon (femkant) Kjegle Pyramide
Likesidet trekant Rektangel Heksagon (sekskant) Kule Pyramide	Rettvinklet trekant Ellipse Drake/Drage Sylinder Pyramide

<p>Likebeint trekant Drake/Drage Pentagon (femkant) Kjegle Prisme</p>	<p>Likesidet trekant Parallelogram Heksagon (sekskant) Kule Prisme</p>
<p>Rettvinklet trekant Ellipse Rombe Sylinder Prisme</p>	<p>Kvadrat Femkant Kule Kube</p>
<p>Sirkel Firkant Kube Pyramide</p>	<p>Trekant Kvadrat Kule Pyramide</p>
<p>Trekant Firkant Kule Pyramide</p>	<p>Trekant Firkant Kule Pyramide</p>



D.3 Bygningskort – Framtidsbygda mi

Småbruk/Gård (landbruk, dyrehold, gartneri, plantasje)	Utdanningsbygg (skole, universitet, SFO, Vitensenter, museum)
Helsebygg (sykehus, eldrebolig, sykehjem, opptrening)	Matbygg (marked, matvarer, bespisning)
Beredskapsbygg (politi, brann, ambulanse)	Administrasjonsbygg (Rådhus, kommune/fylke/ politiske partier, kontorer)
Transport og drivstoff (terminaler for bil, buss, tog, trikk, fly, sykkel, bensin, lading)	Kulturbygg (kino, teater, konsert, opera)

Aktivitetsbygg (idrettsanlegg, lekeland)	Varehandel (butikker av ulike typer)
Boenheter (enebolig, rekkehus, høyblokker, minihus)	Servicebygg (bibliotek, frisør, tannlege, hudlege)



D.4 Idegenereringskort – Framtidsbygda mi

Hvordan er bygningen tilpasset vær og ekstremvær?	Hvordan håndteres avfall i fra brukerne av bygningen og i byggeprosessen?
Hvordan regulerer man temperaturen i bygningen?	Hvordan skaffer bygningen seg vann?
Hvor får bygningen energi fra?	Hvilke flere måter kunne dere skaffet energi til bygningen på?
Hvordan er bygningen plassert og orientert i forhold til omgivelsene?	Hvordan sørger man for at det er ren luft i bygningen?

Hvilke behov har brukerne av bygningen	Hvem er brukerne av bygningen?
På hvilket tidspunkt i døgnet brukes bygningen?	Hva er hovedformålet med bygningen?
På hvilke måter bruker brukerne bygningen?	Er det andre måter bygningen (kan) brukes på?
På hvilken måte er designet egnet og tilpasset brukerne?	På hvilken måte ivaretar man trivselen til brukerne?



<p>Hva blir det vanskeligste med å bygge modellen?</p>	<p>Hvordan skal modellen settes sammen og stå av seg selv?</p>
<p>Hvilke materialer trengs for å bygge modellen?</p>	<p>Hvilke materialer er tenkt brukt i selve bygningen?</p>
<p>Hvordan skal bygningen bidra til mindre ressursbruk?</p>	<p>På hvilken måte er denne bygningen miljømessig bedre enn lignende bygninger?</p>
<p>På hvilken måte er denne bygningen energieffektiv?</p>	<p>På hvilken måte passer denne bygningen inn i en framtidsby(gd)?</p>

Hvordan har bygningen tatt hensyn til uniformell utforming?	Hvordan er belysning/lyd/ ventilasjon i bygningen så miljøvennlig som mulig?
Er det noen form for beplanting i/ved/på bygningen?	Hvordan kommer man seg inn og ut av bygningen?
På hvilken måte ivaretar man sikkerheten til brukerne?	Hvordan kan man hindre uønskede gjester til å komme inn i bygningen?
Dette arket består av kun ekstra spørsmål som mere går på det innvendige designet	Disse 24 spørsmåls- kortene trenger ikke deles ut til alle grupper, men ca 10-12 til hver gruppe?



Vedlegg E Tips til feilsøking av P120

Dette er tips som er hentet fra hjemmesiden til E3printable.no

Symptom	Årsak	Løsning
Printeren stopper å skrive midt i en utskrift	Feil i Slicing	Slice filen på nytt og prøv igjen
	Minnekortet er korrupt	Formater minnekortet som FAT32, med 512kb Filtildelingstabell
Utskriften løsner fra platen	Fett/skitt på platen	Vask skriveflaten med sprit mellom hver utskrift for å sikre godt feste. Evt. spraye med hårspray
	Dysen er for høyt oppe fra platen	Utfør ny justering av Z høyde. Juster dysen nærmere skriveplaten med å skru på justeringsskruene mot klokken i hjørnene på skriveplaten.
Det kommer ikke noe ut av dysen selv om maskinen er varm, og du prøver å presse filamentet gjennom med hånden. Ekstruderer lager klikkelyd under utskrift For lite filament kommer ut	Dysen er for nær skriveplaten	Utfør ny justering av Z høyde. Juster dysen nærmere skriveplaten med å skru på justeringsskruene med klokken i hjørnene på skriveplaten.
	Tett dyse	Rens dyse med rensesett
	Klogg i hotend	<ul style="list-style-type: none">• Varm maskinen til 150°C.• Trekk ut filament.• Skru av dysen med en 7mm fastnøkkel mens du holder fast i varmeblokken med en tang. Pass fingrene, Bruk hansker.• Skru av maskinen.• Løsne viften ved å ta av klipset på hver side.• Løsne den lille skruen som sitter på festet som holder heatbreak fast i kjøleblokken.• Trekk hele varmeblokken og heatbreak nedover til den er fri fra maskinen, og skru løs heatbreak fra varmeblokken. Dette bør gjøres mens blokken ennå er varm, Så pass fingrene, Bruk hansker• Varm forsiktig opp heatbreak med en lighter/gassflamme slik at filamentet som sitter fast inni blir mykt, og trykk det ut. Til dette kan brukes en 1,5mm ståltråd, eller bare litt filament. Pass på at du ikke varmer for mye, du skal bare få filamentet varmt nok til å presses ut, ikke brennes.• Når kloggen er fjernes skrues dysen helt inn i varmeblokken, og så ca 1 omgang UT igjen. Heatbreak skrues så inn fra toppen til den stopper i dysa. Dette skal ikke strammes til før du har varmet maskinen opp til 150°C• Monter så alt sammen igjen, fest viften og varm maskinen til 150°C• Skru dysen fast til varmeblokken på samme måte som du tok den av. Dysen må sitte godt fast, men tåler ikke så mye da den er laget av messing, så du må være forsiktig her. Pass fingrene, bruk hansker.



Symptom	Årsak	Løsning
Det første laget er ikke synlig, og kanskje ekstruderen lager en klikkelyd	Dysen er for nærme skriveplaten	Utfør ny justering av Z høyde. Juster dysen nærmere skriveplaten med å skru på justeringsskruene med klokken i hjørnene på skriveplaten.
Jeg får ikke fjernet filamentet ut av maskinen selv om den er varm	Klogg i hotend	<ul style="list-style-type: none">• Varm maskinen til 150°C• Klipp av filamentet så nærme ekstruderen du kan.• Skru av dysen med en 7mm fastnøkkel mens du holder fast i varmeblokken med en tang. PASS FINGRENE, BRUK HANSKER• Skru av maskinen• Løsne viften ved å ta av klipset på hver side• Løsne den lille skruen som sitter på festet som holder heatbreak fast i kjøleblokken.• Trekk hele varmeblokken og heatbreak nedover til den er fri fra maskinen, og skru løs heatbreak fra varmeblokken. Trekk filamentet ut av slangen og klipp det slik at du har ca 5cm igjen. Dette bør gjøres mens blokken ennå er varm, SÅ PASS FINGRENE, BRUK HANSKER• Varm forsiktig opp heatbreak med en lighter/gassflamme slik at filamentet som sitter fast inni blir mykt, og trekk det ut med den 5cm lange biten som stikker ut. Om noe ennå sitter fast inni kan brukes en 1,5mm ståltråd, eller bare litt filament til å dytte dette ut når filamentet er varmt. Pass på at du ikke varmer for mye, du skal bare få filamentet varmt nok til å presses ut, ikke brennes.• Når kloggen er fjernes skrus dysen helt inn i varmeblokken, og så ca 1 omgang UT igjen. Heatbreak skrus så inn fra toppen til den stopper i dysa. <i>Dette skal ikke strammes til før du har varmet maskinen opp til 150°C.</i>• Monter så alt sammen igjen, fest viften og varm maskinen til 150°C.• Skru dysen fast til varmeblokken på samme måte som du tok den av. Dysen må sitte godt fast, men tåler ikke så mye da den er laget av messing, så du må være forsiktig her. <i>Pass fingrene, bruk hansker.</i>
Jeg trykker PRINT i menyen, men listen med filer kommer ikke opp.	Maskinen sliter med å lese kortet.	Trykk OK(velgerhjulet). Prøv å velge PRINT en gang til.
	Minnekortet er korrupt.	Formater minnekortet som FAT32, med 512kb <i>Filtildelingstabell</i>

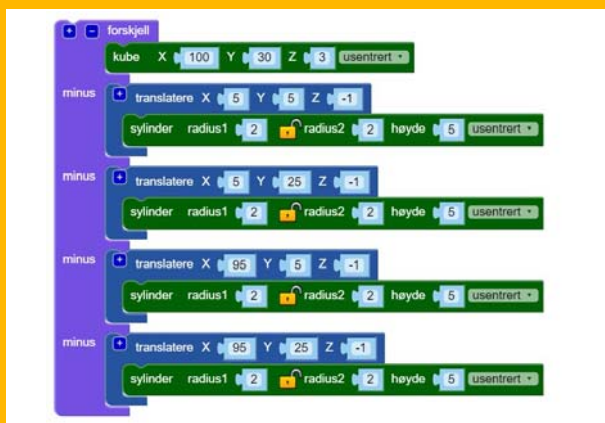


Symptom	Årsak	Løsning
Jeg starter en print, og maskinen går til høyre, bak og lager en hakende lyd.	Feil i slicer START GCODE i Cura	<ul style="list-style-type: none">• Velg meny SETTINGS – PRINTER – MANAGE PRINTERS• Finn Monoprice Select Mini V1 (Eller din printer) i listen, velg denne og trykk MACHINE SETTINGS• Merk alt som står i boken under START G-CODE og fjern det ved å trykke DELETE på tastaturet.• Erstatt det med dette: G21 G90 G28 G1 Z0.3 F1200 G92 E0 G1 Y100 Y0 E12 F600 G92 E0• Trykk CLOSE – CLOSE• Reslice og print
Maskinen lager skurrende/klirrende lyd.	Noe er løst.	Stram til alle skruer du kan se da de kan løsne litt under bruk på grunn av vibrasjon.
	Lagrene er tørre.	Ha litt olje (symaskinolje) på stengene til lagrene til skrivehodet, sengen og gjerne de du kommer til inni tårnet på maskinen.
Slangen som guider filament fra ekstruderer til skrivehodet løsner i koblingen.	Koblingen er utslitt/defekt.	Kontakt E3printable for å skaffe en ny kobling.
Viften lager ulyd ved bruk.	Lageret i viften er skittent/utslitt.	Kontakt E3printable for å skaffe en ny vifte.
Skjermen har svarte felter.	Døde piksler.	Disse er ikke avgjørende for funksjonen av maskinen med mindre det er så mye at det dekker store deler av skjermen. Ta kontakt med E3printable.no.
Tallene for temperatur ser ut som det er to tall oppå hverandre.	Feil i firmware.	Skrumaskinen av og på etter utskriften er fullført.
Displayet lyser opp om jeg beveger skriveflaten selv om maskinen er av.	Steppmotorene.	Dette er normalt. Steppmotorene blir som dynamoer når de ikke er i bruk, og beveges, slik at de skaper spenning som får displayet til å lyse opp.



Symptom	Årsak	Løsning
Varmesengen varmes ikke opp til satt temperatur.	For kaldt.	Varmesengen på disse maskinene er ikke veldig sterke, så om det er veldig kaldt i rommet kan de slite med å nå høye temperaturer. Juster slicer slik at den starter å skrive på lavere temperatur.
	Kabelbrudd.	Ta kontakt med E3printable.no.
Temperaturen viser 999 eller 0. Hotend varmer ikke opp til tross for at den er satt til PREHEAT	Kabelbrudd	Ta kontakt med E3printable.no





Heftet er skrevet som en hjelp til gjennomføring av 6. samling av DeKom-tilbudet: *Skapende aktivitet i klasserommet*, som ble gitt til Okstad skole, Tomasskolen og Vikhammer/Vikhammeråsen skole våren 2021.

Målsetningen med denne sjettede samlingen er å gi deltakerne en grunnleggende innføring i bruk av modellering av 3D-modeller for utskrift til en 3D-printer. Vi har valgt å bruke modelleringsprogrammet BlocksCAD da dette gir en lav terskel inn til modellering samtidig som det vektlegger de matematiske aspektene til 3D-modellering. I tillegg er programmet gratis og viser hvordan blokkprogrammering egner seg til mer enn programmering av mikrokontrollere.

Heftet er ment som en støtte under arbeidet på kursdagen, men mest som en hjelp i det etterfølgende arbeidet i klasserommet, dog ikke uten videre for utdeling til elevene.

Nils Kr. Rossing (nkr@vitensenteret.com)
Dosent i naturfagdidaktikk ved NTNU og prosjektleder ved Vitensenteret i Trondheim.

Ola Kleiven (ola@vitensenteret.com)
Lærer og prosjektleder for Super:bit-prosjektet ved Vitensenteret i Trondheim

Rannvei Sæther (rannvei@vitensenteret.com)
Pedagog ved Vitensenteret i Trondheim

Anne Birgitte Belboe (annebirgitte@vitensenteret.com)
Lærer og skaperlærer ved Vitensenteret i Trondheim

Eva H. Hagen (eva@vitensenteret.com)
Leder formidleravdelingen Vitensenteret i Trondheim