

*Nils Kr. Rossing, Ola Kleiven, Anne Birgitte
Belboe, Rannvei Sæther, Eva H. Hagen, Krist-
offer Bjørkhaug, Hanne K. Andresen*

Digital tegning, laser- og vynylkutting – DeKom



Denne siden er blank

Digital tegning, laser- og vinyl- kutting – DeKom

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



Foto: Eva H. Hagen

Digital tegning, laser- og vinylkutting – DeKom

Trondheim 2023

ISBN 978-82-92088-76-0

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

Faglige spørsmål rettes til:

Vitensenteret i Trondheim

v/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 3-2-5 – 09.02.23

Forsidebilde: Fra "Nytt og gammelt": Elever som har formgitt og skåret ut sine egne kurver,
foto Anne Birgitte Belboe

Bilde side 3: Eva H. Hagen



Forord

Hftet er skrevet som en hjelp til gjennomføring av 5. samling av DeKom-tilbudet: *Skapende aktivitet i klasserommet*, som ble gitt til Okstad skole, Tomasskolen og Vikhammer/Vikhammeråsen skole våren 2021 og videreført i en ny runde 2022/23 med Brundalen, Hallset, Nyborg, Nypvang og Sørborgen skole.

Målsetningen med denne femte samlingen er å gi deltakerne en grunnleggende innføring i bruk av et digitalt tegneprogram som de kan anvende for å lage og bearbeide tegninger for laserkutting og eller vinylkutting. På dette tidspunktet skal deltakerne ha fått utlevert vinylkuttere slik at de kan prøve seg fram på egen skole mellom samlingene. Det vurderes å tilby at de kan lage underlag for laserkuttete kurver eller bokser som vi kan skjære og returnere til skolene, ev. at de kan låne en av laserkutterne som Trondheim kommune kjøpte inn i forbindelse med Science Camp 2020.

Hftet 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 (Desentralisert Kompetanseheving) midler fra Udir.

De fem utstyrspakkene er finansiert av Trondheim kommune og gis til skolene i løpet prosjektperioden.

Vitensenteret i Trondheim
Februar 2023

Nils Kr. Rossing
Ola Kleiven
Kristoffer Bjørkhaug
Hanne Kile Andresen
Eva H. Hagen





Innhold

1 Innledning	11
1.1 Organiseringsen av arbeidet	11
1.2 Krussefugl (starter)	12
1.3 Digitalisering av skolen	14
1.4 Hvorfor skal man lære å bruke vinyl- og laserkutting i skolen? ...	14
1.4.1 Vinylkutting	17
1.4.2 Laserkutting	18
2 Digitale tegneverktøyer	21
2.1 Vektorgrafikk	21
2.2 Tegning av geometriske mønster med Inkscape	22
2.2.1 Utgangspunkt i matematiske former	22
2.2.2 Design av mønster med Inkscape	24
3 Framstilling av skåler som tverrfaglig undervisningsprosjekt	33
3.1 Fra ideen til undervisningsopplegg	33
3.2 Den kreative designprosessen	34
3.3 Typer skåler	35
3.3.1 Ingen vridning fra lag til lag	35
3.3.2 Vridning fra lag til lag	37
3.3.3 Frihåndstegnede kurver	38
3.3.4 Montering	39
3.4 Et lite matematikkprosjekt for 5. – 6. trinn	40
4 Framstilling av bokser, tannhjul og annet	51
4.1 Framstilling av bokser	51
4.1.1 MakerCase	51
4.1.2 Box Designer	53
4.1.3 make-a-box	54
4.1.4 Bokses.py	55
4.2 Eksempler på bruk av laserkuttede bokser	56
4.2.1 Bokser som terninger	56



4.2.2	Bokser som kan åpnes	57
4.2.3	Boks med lokk	57
4.2.4	Bokser som braketter	58
4.2.5	Skuffesystem	59
4.3	Verktøy for framstilling av tannhjul	60
4.3.1	DXF Viewer	61
4.4	Verktøy for oppretting av bilder av fasader	62
5	Laserkutting med bruk av Beambox by Flux	65
5.1	Utpakking og montering	66
5.2	Beam studio	66
5.3	Grunnleggende bruk av Beambox	67
5.3.1	Juster fokus	67
5.3.2	Importer en testfile	68
5.4	Programvare – brukergrensesnitt	70
5.4.1	Filformater	70
5.4.2	Brukergrensesnitt	70
5.5	Utskrift av kurvmodeller	71
6	Tilrettelegging og skjæring av mønster på vinylkutter	73
6.1	Forberedende arbeider i Silhoutte Studio	73
6.2	Betjening av vinylkutter	77
6.3	Bruk av varmpresse – Vinyl på tøy	82
6.3.1	Bruk av stor varmpresse	84
7	Referanser	87
Vedlegg A	Brukerveiledning CorelDRAW	89
A.1	Finne programmet – åpne programmet	89
A.2	Lage nytt dokument/tegneark – størrelse på arbeidet	89
A.3	Tegning av figurer	91
A.4	Lagring	92
A.5	Endre bredde eller høyde - låse forholdet	93
A.6	Kopier – Lim inn – Roter	94
A.7	Markere alle figurer	95



A.8	Endre grunnformen til figurer	95
A.9	Speiling	96
A.10	Lime flere figurene sammen og lag en felles linje i ytterkanten. Objekt – Shaping – Boundary	96
A.11	Flytt ytterlinjen av figuren – Boundary-linjen til ny plass.	97
A.12	Kopiere og forminske	97
A.13	Tykkelse på linjene - Hairline	98
A.14	Lage ramme rundt figuren	98
A.15	Avrunde hjørnet	99
A.16	Lagre og avslutt elev PC	99
A.17	Klar til å sendes til laserkutteren	99
Vedlegg B	Utstysrliste	101
B.1	Utstyr for vinylkutting	101
B.2	Utstyr for laserkutting	102
Vedlegg C	Laserkutting med Flexi Designer og Epilog (ViT)	103





1 Innledning

Tema for denne samlingen er fordelt på følgende tema:

- **Digital tegning** og behandling av digitale bilder er grunnlaget for bruk av f.eks. vinylkutting og laserkutting. Det har ikke vært lett å finne et digitalt tegneverktøy som tilfredsstill alle krav, men vi har endt opp med å foreslå **Inkscape**. For å være istand til å bruke skjæreverktøy som vinyl- og laserkuttere, så er det en fordel å kunne beherske et tegneverktøy som kan levere *vektoriserte* filer, dvs. filer som inneholder koordinater som skjæreverktøyet kan bevege seg mellom.
- **En vinylkutter** har en kniv som kan skjære ut vektoriserte former i en tynn vinylfilm evt. i papir, filt eller stoffer. Når filmen er skåret, piller man bort de delene man ikke ønsker. Resten blir liggende igjen på en plastbase og kan overføres enten på tøy (f.eks. T-skjorter) eller harde flater. En varmpresse kan brukes til å feste vinylen til tøyet, mens limet på undersiden av vinylen fester til harde flater.
- **I en laserkutter** har man byttet ut kniven med en laserstråle som kan skjære eller brenne seg gjennom fiberplater (MDF), kryssfiner, akryl, lær eller papp o.l. Laserkutteren ved Vitensenteret er på 120 W og kan skjære seg gjennom treplater på opp til 10 mm. Tynne plater ned mot 2 mm kan man skjære raskt, mens tykkere plater tar lengre tid. Selv om man skjærer i plater så kan man lett bygge opp 3D-strukturer. Det finnes en mengde ferdige design-programmer som gjør at man ganske lett kan få skåret ut esker som kan fuges sammen, tannhjul slik at man kan lage gir, eller kartprofiler slik at man kan bygge opp 3D-strukturer plate for plate eller også programmer for å skjære ut puslespill med mere.

1.1 Organiseringen av arbeidet

Arbeidet denne dagen er delt inn i to hoveddeler, en før og en etter lunsj. Før lunsj vil vi arbeide med tegneverktøyet Inkscape og gi korte innføringer i laser- og vinylkutting. Etter lunsj vil det bli anledning til å fordype seg i enten laserkutting eller vinylkutting.

Se forøvrig programmet under:

Tid	Tema	Kommentar
08:30 – 08:50	<i>Introduksjon</i> og omtale av dagens program. Deltagerne refererer fra egen loggbok.	Velkommen og praktisk <ul style="list-style-type: none">• Presentasjon av erfaring (fra loggboka)• Spørsmål etter forrige samling• Dagens program• Status prosjekt i klassen• Behov for veiledning?
08:50 – 09:00	Starter:	Krussefugl



09:00 – 10:30	Arbeidsøkt 1 <i>Introduksjon til digitale tegneprogrammer:</i>	<ul style="list-style-type: none">• Presentasjon av muligheter med digitale tegneprogrammer<ul style="list-style-type: none">- <i>Eksempler vinyl-kutt</i>- <i>Eksempler laser-kutt</i>• Bruk av digitalt tegneprogram (Inkscape)
10:30 – 12:00	Arbeidsøkt 2A Trening på bruk av tegneverktøy og introduksjon til vinylkutter, ulike vinyltyper og varmpresse	<ul style="list-style-type: none">• Tegne mønster for bruk av vinylkutter.• Bruk av programmet Silhouette• Bruk av vinylkutter• Bruk av varmpresse
10:30 – 12:00	Arbeidsøkt 2B Trening på bruk av tegneverktøy og praktisering på laserkutter	<ul style="list-style-type: none">• Tegne mønster som kan brukes på laserkutter• Bruk av laserkutter
12:00 – 12:30	Lunsj	
12:30 – 15:00	Arbeidsøkt 3A Vinylkutting: Trening på bruk av tegneverktøy, bruk av vinylkutter og varmpresse.	<ul style="list-style-type: none">• Vi jobber med å skape mønster som vi kan kutte med vinylkutter og feste på ulike produkter.• Hvordan kan vi ta i bruk dette verktøyet i prosjekter i undervisningen?
12:30 – 15:00	Arbeidsøkt 3B Laserkutting: Trening på bruk av tegneverktøy og praktisering på laserkutter. En ser hvordan matematikken berører design av kurver.	<ul style="list-style-type: none">• Presentasjon av muligheter med laserkutter og utlånsordning• Videreført bruk av Inkscape for tegning av skålmønster• Omtale av fordeler med bruk av CorelDRAW• Matematikk og tegning av skålmønster• Omtale av skoleprosjekt: <i>Nytt og gammelt</i>• Kort om bruk av laserkutteren• Overføring av mønster for skjæring av kurve
15:00 – 15:30	Planleggingstid	<ul style="list-style-type: none">• Planlegge hvordan man skal ta tak i dette på egen enhet. Fremdeles delt i vinylkutter / laserkutter.
15:30 – 16:00	Oppsummering og oppgaver til neste gang	<ul style="list-style-type: none">• Erfaring fra dagen• Oppgaver til neste gang

1.2 Krussefugl (starter)

Hensikten med aktiviteten er å samarbeide om å tegne, og å oppdage at det kan bli ganske fine fugler uten at man trenger å være spesielt flink til å tegne. Mange elever (og voksne) vil nok kvie seg for å tegne, spesielt de litt eldre, fordi de tenker at de ikke får det til. Her kan de erfare at de kan lage ganske fine fugler uten noe særlig tegneferdighet. På denne måten kan aktiviteten brukes

som en starter for å varme opp "tegne-muskelen" og gjøre elevene mer klar for nye oppgaver. Men den kan også utvides til et større opplegg, der man lager kunst av krussefuglene. Man kan også gravere og laserkutte og lage f.eks. bordskånere, eller vinylkutte og trykke mønstrene på t-skjorter. Aktiviteten kan dermed utvides til et fullverdig kunstprosjekt.

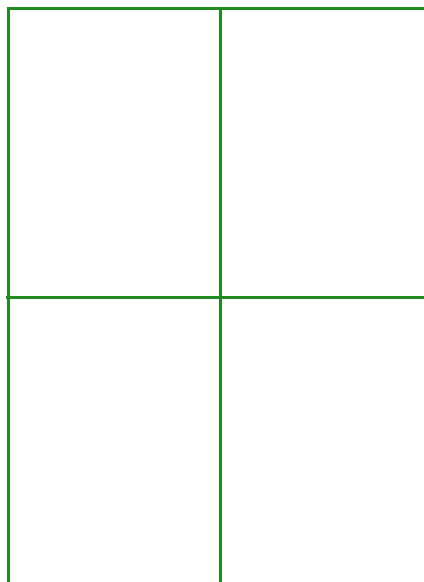
Utstyr

- Ett A4 eller A3 ark pr. gruppe. Om det er 4 personer på gruppa deles arket 4 deler eller i det antallet deler som det er deltakere i gruppen.
- En penn eller tusj til hver person.
- En tavle eller flipover er en fordel slik at den som leder aktiviteten kan modellere tegningen for hvert steg. Man trenger ikke vise eller fortelle hva krusedullene skal bli til slutt, det går helt fint å la det åpenbare seg etterhvert.



Slik går man fram:

- Hver person/elev tegner 2 – 3 kruseduller i hver sin del av arket.
- Roter arket ett hakk
- Hver enkelt tegner på et nebb på én av krusedullene i sin nye del av arket
- Roter arket ett hakk til
- Tegn på et øye på den krusedullen som har fått nebb
- Roter arket ett hakk til
- Tegn på bein på den krusedullen som har fått nebb og øye
- Roter arket ett hakk til
- Tegn på halestjert
- Fortsett runden med nye krusedullfugler, eller kanskje dere heller vil tegne elefanter fra nå av?





1.3 Digitalisering av skolen

Etter mange år med datahjelpemidler i skolen er det mange som stiller spørsmål ved verdien av digitaliseringsprosessen som har pågått gjennom 30 – 40 år. Det er selvfølgelig mange som har forsket på og skrevet om dette gjennom flere år. I des. 2020 ble boka “Det store digitaliserings-eksperimentet i skolen” gitt ut på Fagbokforlaget. Boka er skrevet av **Marte Blikstad-Balas**, professor ved universitetet i Oslo som i mange år har forsket på hvordan digitaliseringen har endret skolehverdagen i Norge. Medforfattere er **Per Kornhall**, svensk ekspert på skole spørsmål og tilknyttet EU-kommisjonen, og **Jenny Maria Nilsson**, svensk journalist og forfatter som i over ti år har skrevet om digitaliseringen i svensk skole. Boka oppsummerer forskningsresultater gjennom mange år fra både Sverige og Norge, og fra internasjonale studier.

Meget kort oppsummert kan man si at inntrykket jeg sitter igjen med etter å ha lest den er:

- Det er vanskelig å påvise økt læring som resultat av innføring av digitale hjelpemidler i skolen.
- Der man har sett økt læringsutbytte så skyldes det hovedsakelig at læreren har klart å anvende de digitale hjelpemidlene på en konstruktiv måte.

Konklusjonen blir egentlig at med digitale læremidler i skolen så blir lærernes rolle som tilrettelegger kanskje enda viktigere enn i en mer tradisjonell undervisning.

Det jeg også registrerer er at den forskningen som refereres til i liten grad er knyttet til bruk av digitale verktøy maskiner for realisering av elevers produkter. Dvs. der fokus er den kreativt skapende prosessen hvor digitale hjelpemidler tilføres for å realisere produkter. Inntrykket er at boka fokuserer på erfaringer knyttet til programmer som hjelp til å bygge opp teoretisk kunnskap.

Noe man imidlertid ikke unngår er utfordringer knyttet til tekniske problemer og vedlikehold som dessverre alltid vil være en utfordring med avansert teknisk utstyr.

1.4 Hvorfor skal man lære å bruke vinyl- og laserkutting i skolen?

Et naturlig spørsmål er hvorfor elever skal lære å bruke digitale verktøy maskiner i skolen. Hvorfor kan de ikke like godt bruke tradisjonelt verktøy som sag, kniv, fil, skrujern, hammer, sandpapir, stifter, skruer osv.?

Vi er av den oppfatning at elever også må lære å bruke tradisjonelt verktøy, ikke minst fordi de færreste disponerer avansert og kanskje dyrt utstyr som vinyl-, laserkuttere og 3D-printere o.l.. Dessuten er tradisjonelt verktøy absolutt nødvendig når en skal utføre generelt vedlikehold og reparasjoner som vi i stadig større grad blir oppmuntret til med hensyn til økt bærekraft. Videre er slikt verktøy nyttig for å bearbeide f.eks. laserkuttete og 3D-printete deler. Det er derfor i aller høyeste grad snakk om ett både og.

Marte Blikstad-Balas, Per Kornhall og Jenny Maria Nilsson

Med forord av Neil Selwyn

DET STORE DIGITALISERINGS- EKSPERIMENTET I SKOLEN





Med digitale verktøymaskiner mener vi her *numerisk styrte maskiner*, dvs. maskiner som arbeider i et to- eller tredimensjonalt koordinatsystem på grunnlag av digitale filer som inneholder kommandoer for styring av en kniv, et bor, en fres, en nål, en laser, en ekstruder (3D-printer), en robotarm eller skrivehode o.l.. Vi finner etter hvert slike maskiner over alt. Selv symaskiner for hjemmebruk har numerisk styrte funksjoner for brodering av mønster og tekst.

For å kunne bruke slike maskiner må man lære seg et *modelleringsverktøy*. Det er gjerne ved hjelp av modelleringsverktøyet at den *skapende prosessen* skjer. I denne fasen er evnen til å formgi et produkt slik at det fungerer etter hensikten viktig, og kunnskaper knyttet til *Kunst og håndverksfaget* og *Teknologi og design* blir derfor særdeles viktige.

Modelleringsverktøyet kan være ulike varianter av tegneverktøy eller et 3D-modelleringsverktøy. Felles for disse verktøyene er at de bruker *vektorer* for å beskrive det som skal fremstilles. Vektorer angir punkter i et koordinatsystem, punkter som beskriver hvor verktøyhodet skal forflytte seg under prosessen. Med andre ord, det er en meget nær sammenheng mellom *matematikk*, modelleringsverktøyet og maskinenes virkemåte. En kan tenke seg at designeren av et produkt er “skjermet” for de matematiske sidene av prosessen, men slik er det ikke alltid som vi skal se. Matematikken kan gjøres svært synlig i design-prosessen og bli et særdeles nyttig hjelpemiddel i den kreative prosessen.

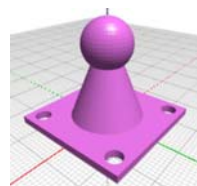
På denne måten blir arbeidet med digitalt modelleringsverktøy og numerisk styrte verktøymaskiner til *tverrfaglige prosjekter*.

I avsnittene under forsøker vi å begrunne de valgene vi har gjort i disse undervisningsoppleggene. Generelt kan vi argumentere slik:

- **Finnes over alt:** Elevene vil møte numeriske verktøymaskiner både i et framtidig arbeidsliv, men også som hjelpemidler i hjemmet som f.eks. symaskiner og 3D-printere.
- **Fart og kvalitet:** Digitale verktøymaskiner gir større muligheter mht. hva man kan lage, både med hensyn til presisjon, kvalitet, fart og ikke minst, de har en unik evne til å gjenta arbeidsoppgaver likt fra gang til gang, dermed blir kopiering lett.
- **Lett og dele:** Siden arbeidstegningene er digitale og lett lar seg eksportere, så gjør dette at deling og videreutvikling er enkelt. Å bygge på andres ideer og arbeider kalles “Remixing”, som det i mange sammenhenger oppmuntres til.
- **Tverrfaglighet:** Bruk av digitale verktøymaskiner er i sin natur tverrfaglige og det er ikke vanskelig å finne tilknytningspunkter til flere skolefag.
- **Autentisitet:** Bruk av slikt utstyr gir også elevene en opplevelse av autentisitet, det er slikt utstyr man bruker i arbeidslivet, det er ikke nødvendigvis utstyr som er spesielt tilrettelagt for opplæring og skolebruk.
- **Lavere prisnivå:** Numerisk styrte verktøymaskiner er de seneste årene blitt særdeles billige og flere og flere har nådd et prisnivå som gjør det mulig å bruke dem i undervisningen og til privat bruk.



- **Høyt læringspotensial:** Som ved all programmering og modellering så vil elevene oppleve så og si umiddelbar tilbakemelding på de valg de gjør. Programmering av maskinvare (f.eks. micro:bit) vil ved utprøving gi studentene visuell tilbakemelding om det ble som tenkt, som regel uten risiko for skade. Det samme gjelder tegning og modellering av gjenstander for utskrift. Modelleringsverktøyet er ofte utstyrt med visualisering som viser resultatet. Dette er både fascinerende og særdeles nyttig.



Men det skal ikke benektes at det også er flere utfordringer knyttet til bruk av slikt utstyr. La oss nevne noen:

- **Kostnader:** Selv om utstyret begynner å komme i en prisklasse som gjør det mulig å kjøpe inn til skolen, så er det kostbare ting. En vinylkutter koster typisk kr. 3 – 4 000,-, en 3D-printer fra 3 – 20 000,- og en laserkutter fra kr. 30 000 – 500 000,-.
- **Ansvarlig person:** Det er særdeles viktig at det ved hver skole utpekes en som er ansvarlig for utstyret og som sørger for at brukerne får skikkelig opplæring, utfører jevnlig vedlikehold av utstyret og at ødelagte deler byttes ut. Uvetting og feil bruk er ofte årsaken til at utstyret slutter å fungere og dermed blir stående ubrukt.
- **Virker ikke:** Dessverre er det ofte slik at datamaskiner og digitale verktøymaskiner kan være krevende og installere og å drifte. Plunder med igangsetting er derfor en hyppig årsak til at utstyr blir stående ubrukt fordi lærerne er redde det skal ta for mye tid å ta det i bruk.
- **De vanskelige spørsmålene:** Vi tenker da spesielt på alle de spørsmålene som elevene kan komme med som en litt usikker lærer ennå ikke har nok erfaring til å kunne svare på. Da blir det for enkelt å si at lærer og elever kan finne ut svarene sammen.

Aktuelle kompetansemål fra Fagfornyelsen 2020:

Under har vi samlet noen kompetansemål fra Fagfornyelsen som kan være spesielt aktuelle for denne samlingen.

Matematikk:

- *beskrive egenskaper ved og minimumsdefinisjonar av to- og tredimensjonale figurar og forklare kva for egenskaper figurane har felles, og kva for egenskaper som skil dei frå kvarandre*
- *utforske og beskrive symmetri i mønster og utføre kongruensavbildingar med og utan koordinatsystem*
- *bruke variablar, lykkjer, vilkår og funksjonar i programmering til å utforske geometriske figurar og mønster (f.eks. ved bruk av Scratch)*

Naturfag

- *designe og lage et produkt basert på brukerbehov*

Kunst og håndverk:

- bruke digitale verktøy til å planlegge og presentere prosesser og produkter
- bruke programmering til å skape interaktivitet og visuelle uttrykk
- designe og lage en utstilling som viser fram prosess og produkt

1.4.1 Vinylkutting

Som navnet sier så skjærer vinylkutteren i en tynn film av vinyl. Vinylen er festet til en tykkere plastduk som holder bitene på plass selv etter skjæring, evt. kan man legge over et papir som hefter til vinylbitene som så kan overføres til den aktuelle gjenstanden eller tøy. Biter som ikke hører til i det endelige mønsteret pirkes bort før mønsteret overføres til en hard og plan flate eller til tøy eller andre myke flater. Det overførte mønsteret kan så festes permanent ved hjelp av oppvarming. Den innkjøpte varmepressen er ment for å trykk på tøy slik at mønstrene blir permanente og robuste nok til å kjøres i vaskemaskin.

Her er noen ideer til små prosjekter:

- Personlig dekorasjon på forklær som elevene har sydd i faget Kunst og håndverk
- Framstilling av skilt, hvor vinylen kan forme symboler og tekst og legges på plater
- Sett navn på personlige gjenstander
- Lag personlige T-skjorter eller felles T-skjortemønster til klassen, en forening eller klubb.
- Dekorere egne vesker eller bager med matematiske mønster

Fra Skaperskolen:

Her kan du hente ideer fra Skaperskolen:

<https://skaperskolen.no/5-7-trinn/kreativ-programmering/>

La elevene jobbe kreativt, utforskende og skapende med matematikk, kunst og programmering. Elevene lager mønstre av geometriske former med blokkbasert programmering og tar det ut i fysisk format med vinylskjærere.

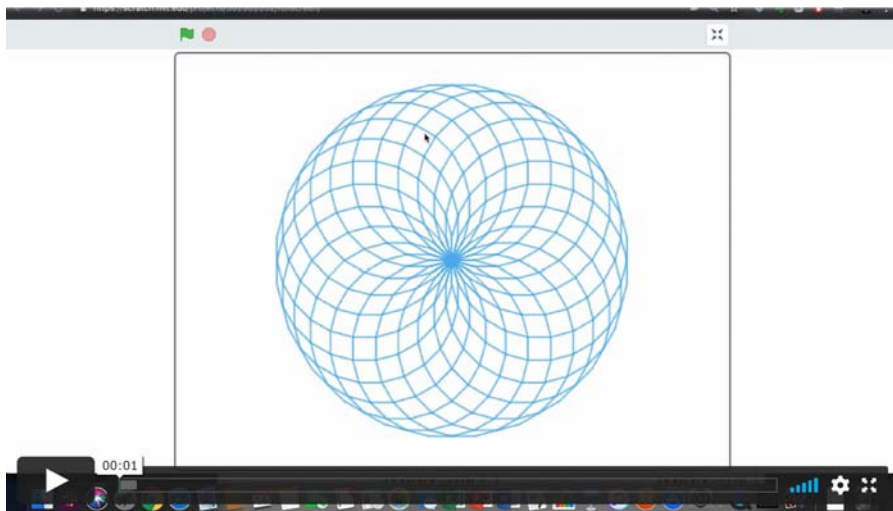




Bruk av Scratch for å skape matematiske mønster

Her forteller Jon Haavie ved Teknisk museum og Teknoteket om hvordan en kan bruke blokkprogrammeringsspråket Scratch for å lage fine matematiske mønster:

<https://skaperskolen.no/programmer-geometriske-former-i-scratch/>



1.4.2 Laserkutting

Laserkutteren minner på noen måter om vinylkutteren, men der vinylkutteren skjærer tynn vinyl kan laserkutteren *skjære og grave* i plater opp til 10 mm ved hjelp av en kraftig laser (40 – 120W). En laserkutter gir derfor muligheter til å bygge tredimensjonale strukturer. Her kan f.eks. sammenføyninger av utskårne plater være en viktig metode.

I vårt eksempelprosjekt skal elevene designe en kontur, gjerne på bakgrunn av geometriske former. Konturen danner utgangspunktet for en skål ved at konturen kopieres og skaleres en rekke ganger. Ut fra laserkutteren kommer en flat struktur som kan få en tredimensjonal form ved at kontur-ringene vris og legges på hverandre.

Prosessen gir tilstrekkelig frihet til at elevene får brukt sine kreative evner, samtidig som rammene er så pass stramme at produktet blir særdeles vakkert i sin enkle form. For de som tviler på at dette passer for elever på 5 – 6 trinn, se avsnitt avsnitt 3.4 på side 40.

Tegneverktøyet som brukes kan være felles for vinyl- og laserkutting.



Her er noen ideer til små prosjekter:

- **Design og framstilling av skåler**
(se avsnitt 3 på side 33)
- **Framstilling av bokser og kabinetter** av ulike slag
<https://makeabox.io/> og <https://festi.info/boxes.py/>
Sistnevnte lenke viser mangfoldet i digitalt genererte bokser og annet.
- **Framstilling av tannhjul**
<https://software.informer.com/search/GearDXF>
- **Framstilling av spill** – Laserkutting, 3D-printing og tinnstøping

Dette er et prosjekt hvor elever designer spillplater som skjæres ut og graveres, mens brikkene designes i et 3D-modelleringsprogram og skrives ut på 3D-printer. Man kan også 3D-printe støypeformer som kan brukes til støping i tinn. Undervisningsopplegget er beskrevet i heftet: “Laserkutting, 3D-printing og tinnstøping”

<https://www.ntnu.no/skolelab/bla-hefteserie>

Og er gjennomført på Sverresborg ungdomsskole og ved Birralee i barneskolen.



- **Idehefte for bruk av laserkutter**

Her finnes en rekke forslag til hva man kan bruke en laserkutter til.

<https://www.ntnu.no/skolelab/bla-hefteserie> og man finner langt mer på nettet:

<https://www.instructables.com/Laser-Cutting-Basics/>



2 Digitale tegneverktøyer

Det finnes en rekke digitale tegneverktøy på markedet. Utvalget begrenses imidlertid dramatisk når en stiller følgende krav:

- Lav kostnad, helst gratis
- Godt brukergrensesnitt
- Tilrettelagt for Chromebook, nettbrett og PC/Mac
- Vektorbasert og godt egnet for bruk knyttet til vinyl- og laserkuttere

Om vi har lyktes i våre valg vil vise seg.

Vi har valgt å gå videre med *Inkscape* som er et gratis vektorbasert tegneprogram med mange muligheter. Det har eksistert gjennom mange år, men det er først nylig at versjon 1.0 er lansert. I skrivende stund gjelder versjon 1.2.2 (20.12.22).

Vi velger å ta for oss en konkret oppgave som vi har testet ut med suksess på 5. trinn i 2019. Det var Anne-Birgitte Belboe som gjennomførte undervisningsopplegget: “Nytt og gammelt” ved Vitensenteret. Framstilling av laserkuttede kurver var en vesentlig del av tilbudet samtidig som elevene fikk lov til å prøve seg på treskjæring.



2.1 Vektorgrafikk

En forutsetning for å kunne styre laser- og vinylkuttere er at tegneprogrammet arbeider med *vektorgrafikk*, i motsetning til *rastergrafikk*. Mens rastergrafikken bygger opp tegningen ved hjelp av punkter som dekker hele planet, så bygges vektorbasert grafikk opp av linjer trukket mellom punkter i et koordinatsystem. Fordelene med vektorgrafikk er mange, blant annet at den fritt kan skaleres opp og ned uten å miste oppløsning. Siden figurene er bygget opp av linjer trukket mellom punkter så tar figurene også mye mindre plass i datalageret. For å trekke en rett linje, uansett hvor lang, så trenger maskinen kun å “huske” to punkter. I tillegg lagres informasjon om linjetykkelse, farge og noen ganger formen til linjene som er trukket mellom punktene. Det viktigste for oss er imidlertid at skjærehodet eller laseren kan følge linjene fra punkt til punkt slik at vi får skåret løs biter av en folie eller plate i henhold til det vi har tegnet av geometriske figurer.

En laserkutter kan også håndtere rastergrafikk ved at den svisper over en hel flate og graverer hvert punkt i henhold til mørkhetsgraden til punktet. Siden den må innom hvert punkt, vil rastergrafikk ta vesentlig mer tid enn en kutte-prosess. En flate på 40 x 40 cm med rastergrafikk tar gjerne en time å skrive ut, mens det tar sekunder å skjære ut den samme flata.

Vektorgrafikk er knyttet til filformater av typen SVG, ESP, DXF og PDF, mens rastergrafikk er knyttet til formater av typen JPEG, PNG, APNG, GIF og MPEG4.

Enkelte vektorbaserte tegneprogrammer kan lage tegninger i mange formater. I så måte er det viktig å velge et lagringsformat som gjør at tegningen beholder den vektorielle informasjonen.

Lagring i PDF-format blir mye brukt i vår sammenheng. Likeså ser det ut til DXF-formatet egner



seg for vinylkutteren og for overføring til programmet som styrer vinylkutteren, Silhouette Studio.

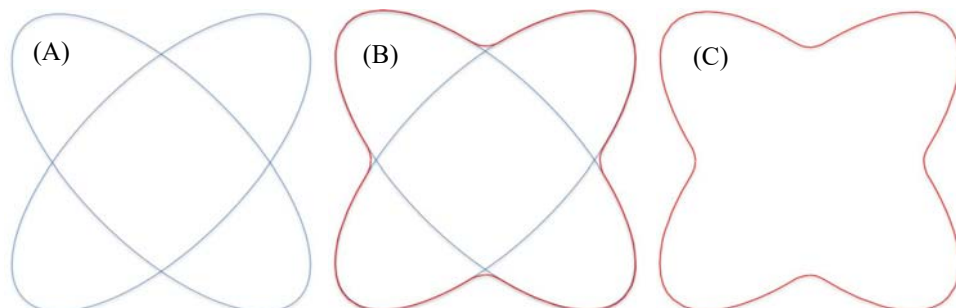
Det finnes en rekke vektorbaserte tegneprogrammer: Inkscape, CorelDRAW, Gravit Designer, Inkpad (for nettbrett) med flere.

2.2 Tegning av geometriske mønster med Inkscape

Vi skal først ganske kort beskrive framgangsmåten. Prosjektet er i sin natur tverrfaglig med innslag av kunst og håndverk og teknologi, godt støttet av geometri og matematikk. Som eksempel velger vi et mønster som egner seg for framstilling av kurver, men som også kan brukes for vinylkutting.

2.2.1 Utgangspunkt i matematiske former

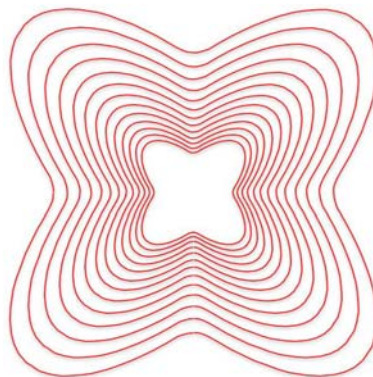
Elevene blir bedt om å lage en sluttet form. Den kan være symmetrisk eller usymmetrisk. I tillegg bør den ha noen egenskaper som gjør den egnet til formålet: Å framstille en skål. Disse egenskapene vil elevene sammen med læreren få lov til å oppdage, eller utforske underveis. I eksempelet vårt har vi tatt utgangspunkt i to like ellipser, hvor formen er relativt tilfeldig ((A) figuren under).



Deretter tegner vi omhyllingskurven til ellipsene (B). I dette tilfellet har vi tegnet omhyllingskurven digitalt “for hånd”. Som oftest kan tegneprogrammet gjør dette automatisk som vi skal se.

Så fjerner vi ellipsene og står igjen med omhyllingskurven alene (C). Det er denne kurven vi nå skal videreutvikle til grunntegningen for en skål.

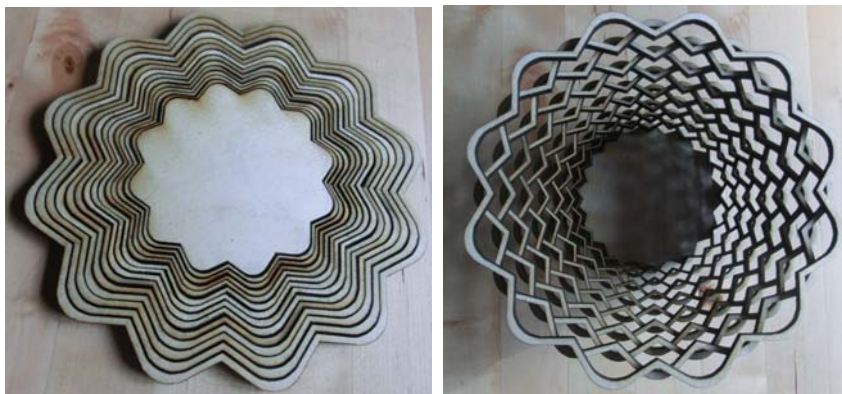
Dersom omhyllingskurven består av flere deler samles disse slik at de blir en enhet (*Gruppering*). Så kopierer vi omhyllingskurven og nedskalærer den (forminsker), med et prosenttall. Det er vanlig å velge mellom 90 – 95%. Slik fortsetter vi å kopiere og forminske kurven, hele tiden med den samme nedskaleringsfaktoren av den forrige. Slik fortsetter vi til vi har dekket flaten som vist på figuren til høyre. I dette tilfellet er hver kurve sentrert om det samme midtpunktet.



Forminsker med 90% fra den utenfor

Dette er så utgangspunktet for fila som sendes til laserkutteren. Vi bruker 3 eller 6 mm plater av MDF eller finer. Laserkutteren vil så skjære ut konturene slik at vi får et sett med “ringer” som kan stables opp på hverandre.

Siden de akkurat passer inn i hverandre, er det vanlig å vri dem litt i forhold til hverandre slik at strukturen vokser i høyden som vist på bildene under. Som vi ser så har denne skålen en litt annen form enn den vi omtalte foran.



Fra “flatpakke” til kurv

I denne oppgaven får elevene trent på følgende:

- Geometriske grunnformer (ellipse)
- Symmetri
- Dreining, vinkler
- Omhyllingskurver
- Kopiering, sentrering og skalering

Vi skal senere se at vi i tillegg kan få bruk for flere matematiske begreper.

Før vi gjør det skal vi se hvordan vi kan bruke tegneprogrammet Inkscape til å lage lignende former.



2.2.2 Design av mønster med Inkscape

Det er vår overbevisning at man lærer å bruke et tegneprogram ved å bruke det til å realisere et produkt, og da helst et produkt man har ideen til selv. Vi skal derfor ta utgangspunkt i formen omtalt foran og se hvordan vi kan bruke programmet Inkscape til å gjenskape den.

Installasjon av programmet

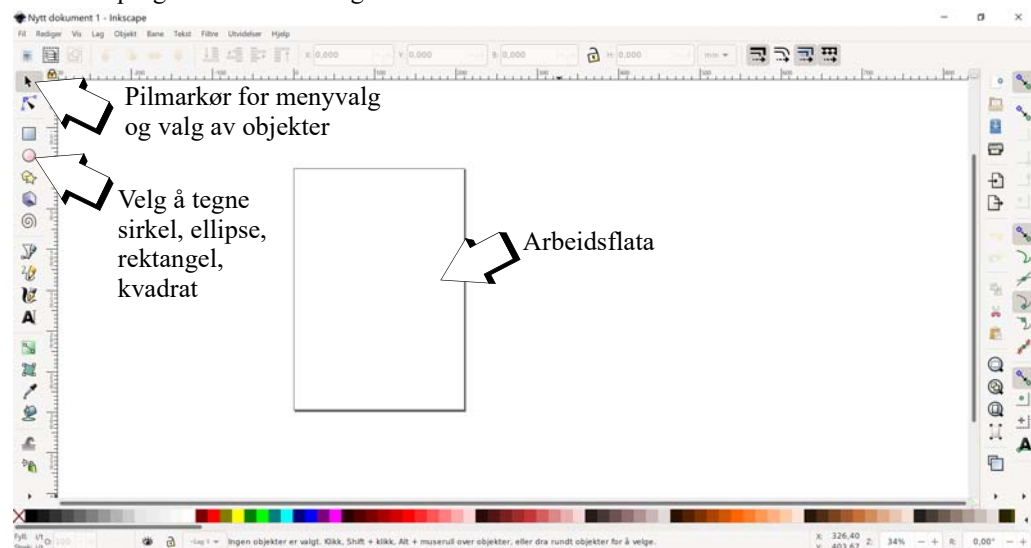
Inkscape er et gratisprogram som lastes ned og installeres på en PC eller en Mac og som i følge ansatte i Trondheim kommune også finnes som en app for Chromebook. Det anbefales sterkt å bruke mus ellet annet tegneverktøy.

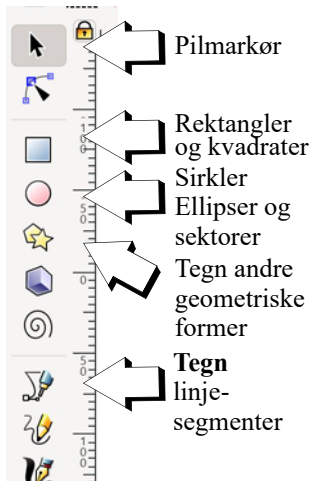
1. Gå til: <https://inkscape.org/release/inkscape-1.2.2/windows/64-bit/msi/>
Velg den versjonen som passer til din bruk (Windows, Mac, Linux)



2. Last ned og installer

3. Start programmet ved å velge ikonet:





4. Test ulike tegneverktøy:

Arbeidsflata er der vi utfører tegningen.

Flytt arbeidsflaten horisontalt ved å velge “shift” og drei hjulet på musa.

Flytt arbeidsflaten vertikalt med hjulet på musa

Zoom inn og ut ved velge “ctrl” og drei hjulet på musa.

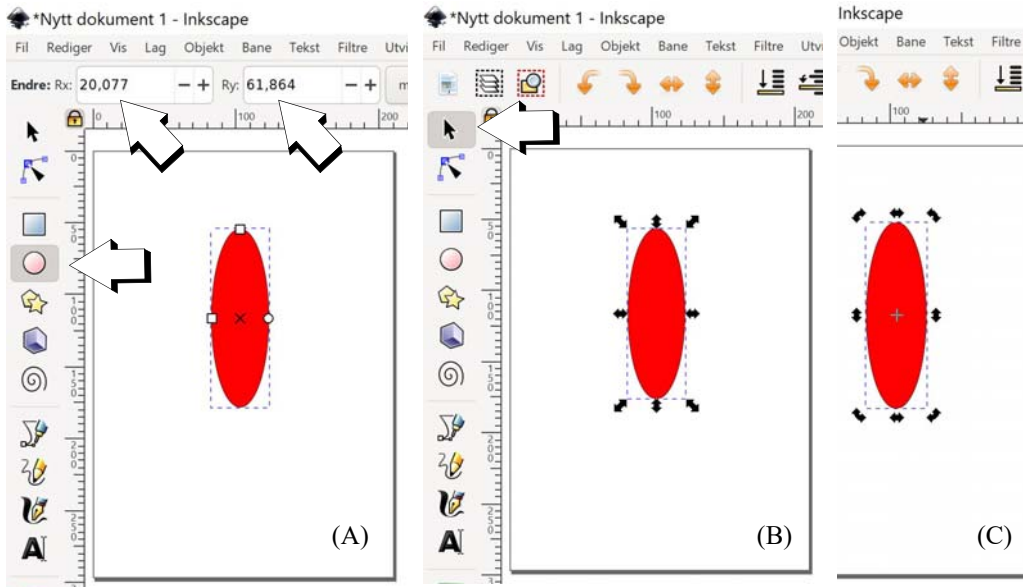
Pilmarkøren er den vi vanligvis bruker når vi skal gjøre valg i menyen, eller av objekter på arbeidsflata. Den fungerer også for innramming og merking av ett eller flere objekter.

Tegn *rektangler og kvadrater*.

Tegn *sirkler, ellipser og sektorer*.

Tegn *linjesegmenter* som henger sammen til man kommer helt rundt

5. Tegn en ellipse – Bruk menyen til venstre for å tegne en ellipse



Ved å klikke på ellipsen får man opp “håndtak” slik at man kan endre på radiusen i x- og y-retning (Rx og Ry), dvs. ellipsen kan “strekkes” eller “krympes” (A) i to retninger.

Ved å velge pekemarkøren og klikke en gang på ellipsen, får man opp piler som gjør at man kan strekke ellipsen på vanlig måte (B).

Klikker man en gang til på ellipsen, får man opp håndtak som gjør at ellipsen kan dreies (C).



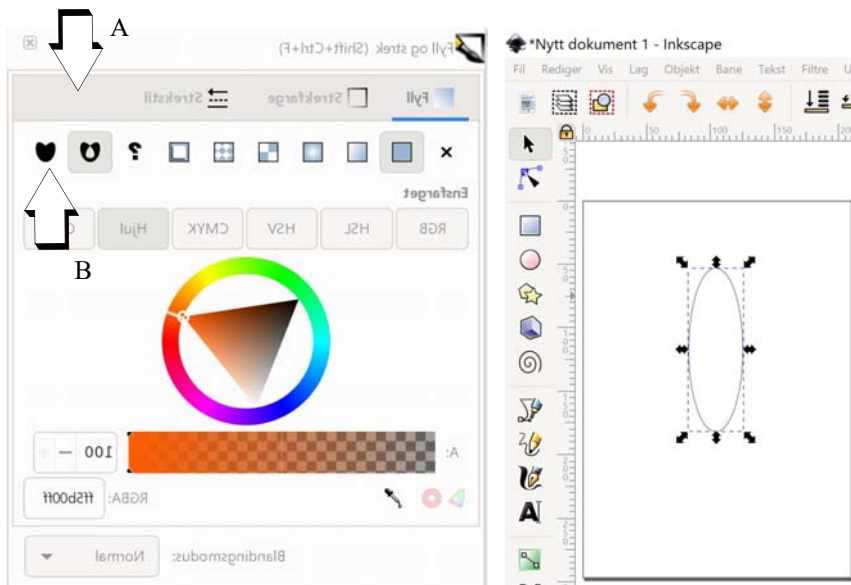
6. Velg farger og fjern fylling

Når vi tegner et objekt som f.eks. en ellipse, så tegnes den vanligvis fylt med en farge om vi ikke velger noe annet. Til vårt bruk kan det være greit å jobbe uten fylling og med svart som kantfarge.

Nederst under arbeidsflaten finner vi en fargemeny. Til venstre er to felt som viser fargen som fyller ellipsen (rød) og fargen til kantlinjen (sort).



Trykker vi på en av disse feltene kommer fargemenyen opp til høyre for arbeidsflata. Figuren under viser menyen. På menylinja øverst i menyen ser vi at vi kan velge mellom “Fyll”, “Strekfarge” eller “Strekstil”. Vi har valgt “Fyll” (A), som indikerer at resten av menyvinduet handler om egenskaper ved fyllfargen. På linja under kan vi bl.a. velge graderingen av fyllfargen. Lengst til venstre på denne linja er tegnet et × som indikerer *ingen fyllfarge* (B), Vi velger den..



Vi ender da opp med en ellipse som er uten fyllfarge som vist til høyre på figuren over.

7. Kopiering av et objekt

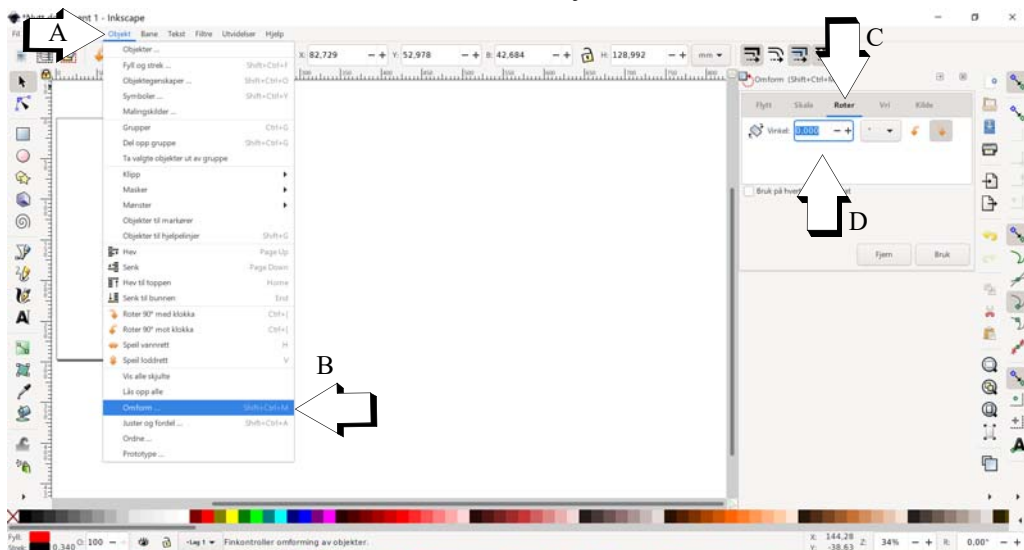
Vi ønsker i utgangspunktet og bruke to ellipser. Vi klikker på den vi har og kopier på vanlig måte: “ctrl” + “c” etterfulgt av “ctrl” + “v”. Dermed har vi to ellipser.



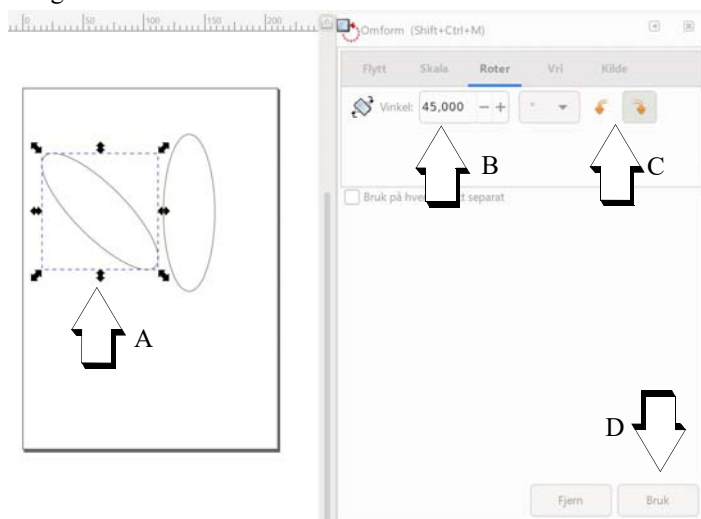
8. Kontrollert dreining

Ønsker vi en kontrollert dreining ved å angi dreiningsvinkelen, kan vi velge “Object” (A) på menylinjen, og deretter “Omform” (B) som vist på figuren under. Da får vi igjen opp et menyvindu til høyre for arbeidsflaten.

Midt på menylinjen til det nye menyvinduet, finner vi fanen “Roter” (C). I innboksen (D) kan vi sette inn den vinkelen vi ønsker å dreie objektet vårt.



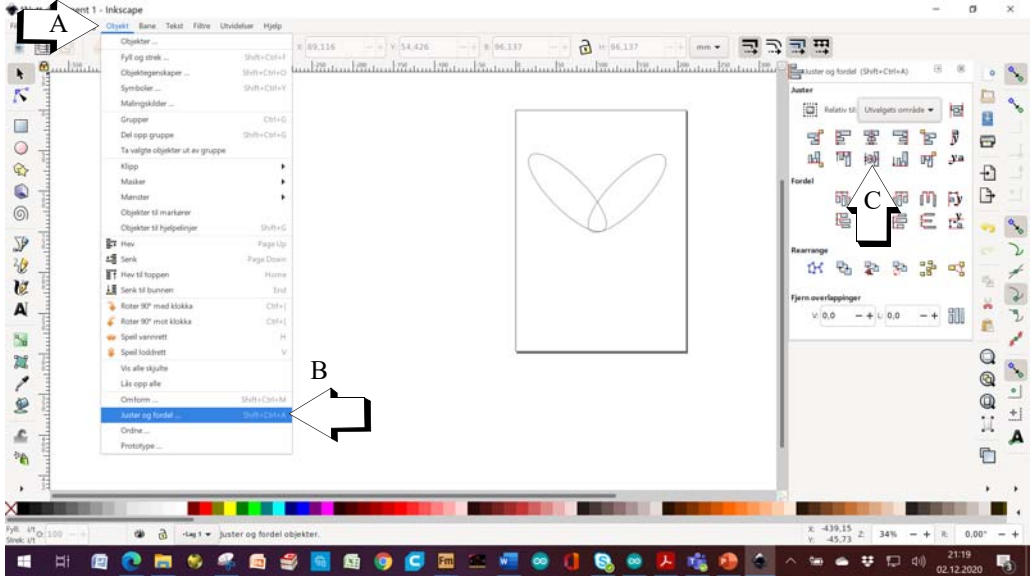
Vi klikker på (markerer) den ellipsen vi ønsker å dreie (A) og skriver inn den ønskede vinkelen (B) i grader (45°) for deretter å velge hvilken vei dreiningen skal skje (C). Til slutt velges “Bruk” (D) og ellipsen dreier seg. Gjør det samme med den andre ellipsen, men drei den 45° i motsatt retning.





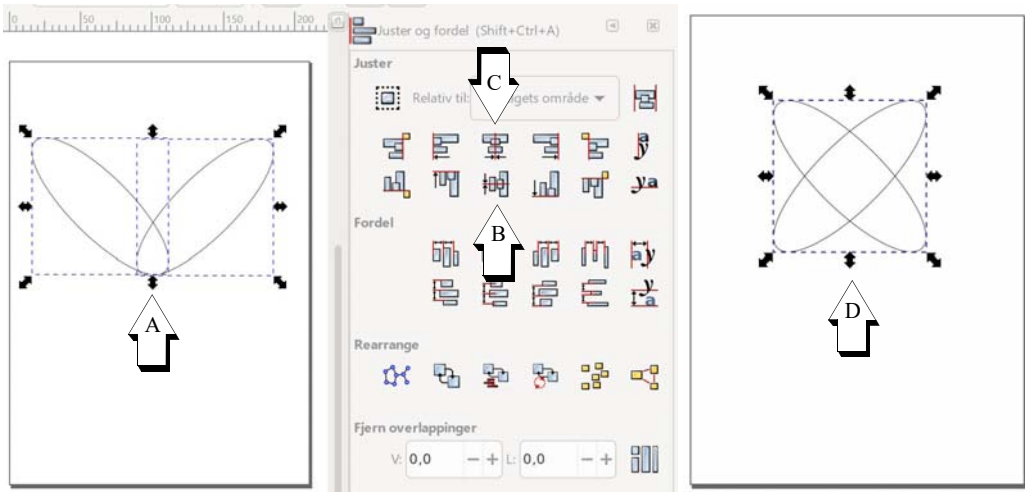
9. Sentrering

Det neste vi må gjøre er å sentrere de to ellipsene slik at de ligger sentrert over hverandre. Gå til den opprinnelige menylinjen og velg “Objekt” (A), og velg deretter “Juster og fordel...” (B). Vi får da opp en ny meny til høyre som omhandler justering. Her finner vi to ikoner som vi kan bruke til å sentrere de valgte objektene horisontalt og vertikalt (C).



Figuren under viser et nærbilde av arbeidsflata og menyen til høyre.

Vi merker de to ellipsene (A) og velger horisontal (B) og vertikal sentrering (C). Da vil vi få et symmetrisk bilde lik det vi ser til høyre på figuren under (D).

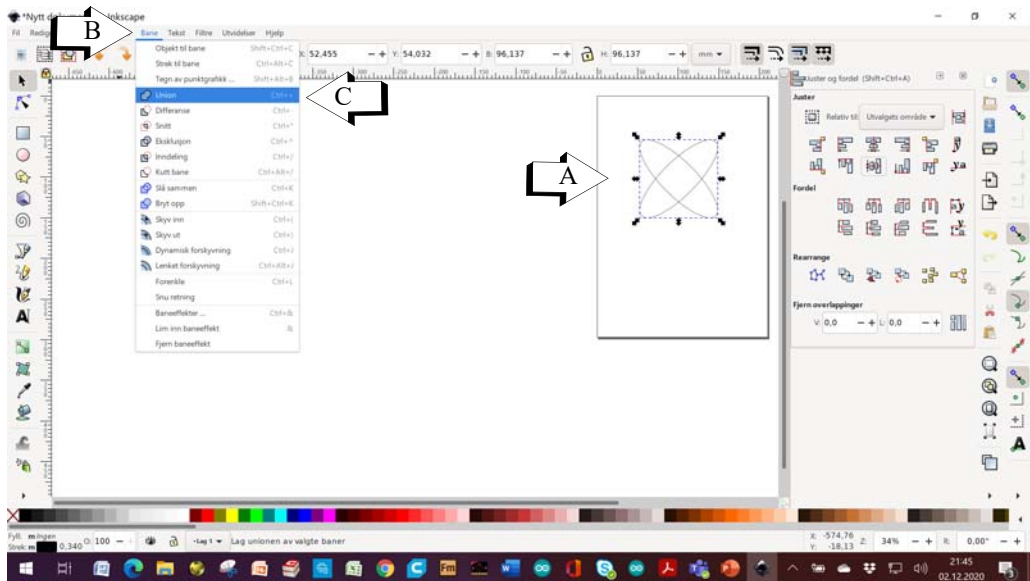


10. Omhyllingskurve

Det neste vi nå skal gjøre er å finne omhyllingskurven til vår symmetriske figur. Dette er en kurve som følger ytterkanten av figuren vår, for det er den vi skal bruke som utgangspunkt for kurven vår.

- Det første vi må gjøre er å merke de to ellipsene (A)
- Dernest velger vi “Bane” på menylinjen (B)
- Så velger vi “Union” fra nedtrekksmenyen (C)

Gjør vi det får vi en sammenkobling av de to ellipsene (“Union”) som gir oss kurven langs ytterkanten, omhyllingskurven, som vi er på jakt etter. Alternativt kan vi merke ellipsene og trykke “ctrl” og ++.

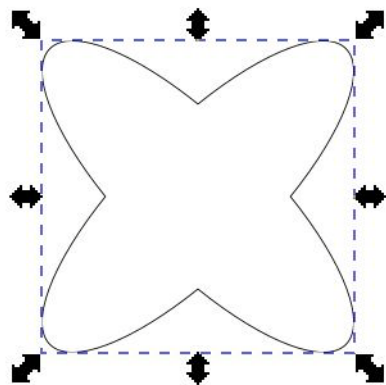


Gjør vi dette vil vi få omhyllingskurven som vist på figuren til høyre.

Som vi ser så kan vi nå trekke kurven i alle retninger, gjør vi det kan vi lett få en figur som ikke er rotasjons-symmetrisk. En slik kurve kan være krevende å bruke når vi skal lage en kurv med en fast dreining for hvert lag.

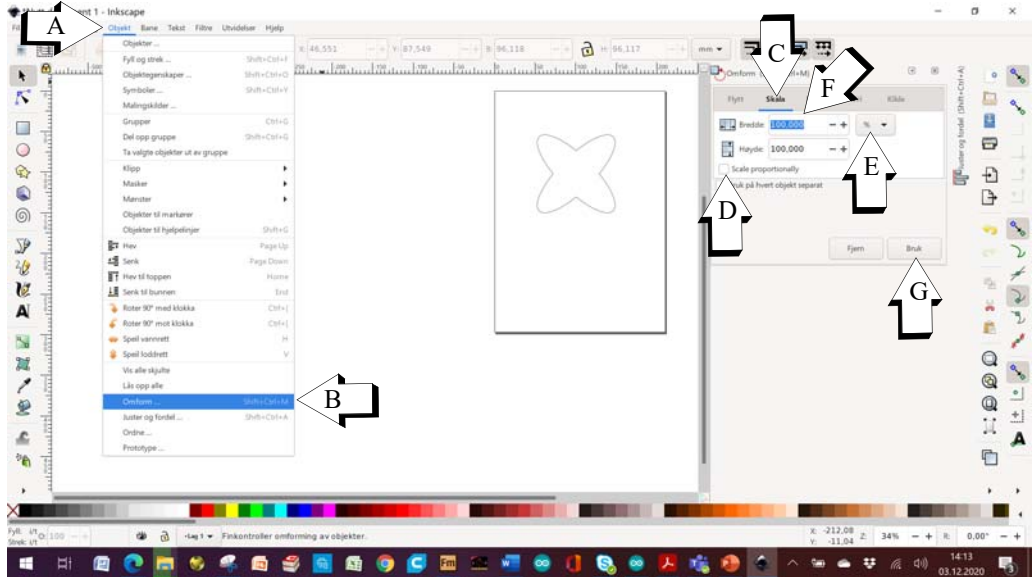
11. Kopiering og forminsking

Vi skal nå kopiere og forminske denne til vi får det antall kopier vi ønsker. Vi kopierer på vanlig måte med å merke omhyllingskurven og velger “ctrl” + “c” og “ctrl” + “v”. Dernest velger vi “Object” på meny-



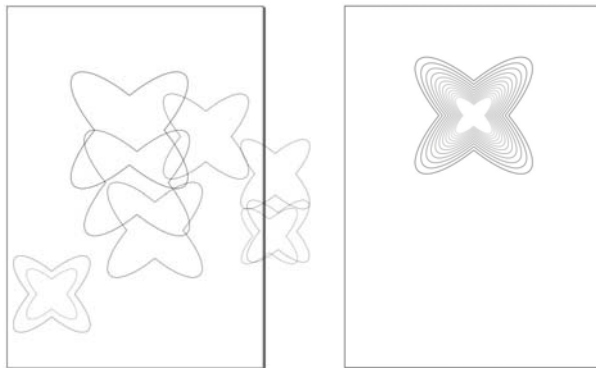


linjen (A) og “Omform” (B). Derneft velger vi “Skala” fra menylinjen i menyvinduet til høyre (C) og haker av for “Scale proportionally” (D) som gjør at skaleringen blir den samme horisontalt og vertikalt. Pass ogs a p a  a velg “%” i nedtrekksmenyen (E). Til sist settes skaleringfaktoren til 90% (F). Vi merker den kopien vi ønsker   forminske og trykker “Bruk” i menyen til høyre (G),



Vi har n a to omhyllingskurver, den ene med en størrelse 90% av den andre.

Vi gjentar prosessen ved   kopiere og skalere. Vi velger stadig   kopiere den sist kopierte og skalerte omhyllingskurven slik at vi stadig får mindre kopier. På denne måten avtar ikke størrelsen lineært. Vi legger ogs a merke til at kopiene blir spredt utover.

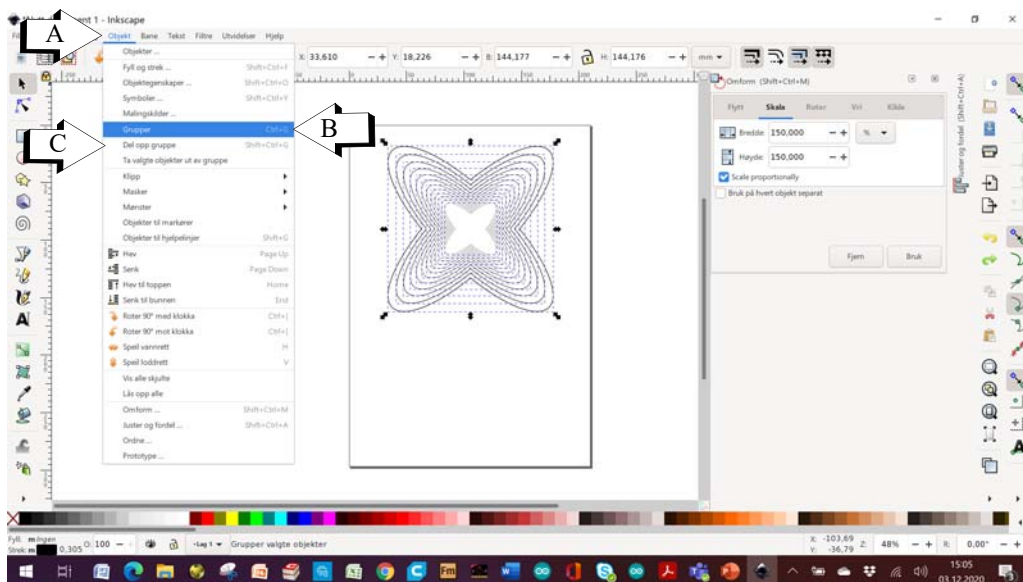


12. Samle om et felles midtpunkt

Vi ønsker nå å samle alle kopiene om et felles midtpunkt. Dette gjør vi ved å velge “Objekt” fra menylinja og deretter “Juster og fordel” for så å velge sentrering vertikalt og sentrering horisontalt som omtalt under punkt 9., side 28, og vi kan få et bilde som vist på figuren over til høyre.

13. Grupper og forstør

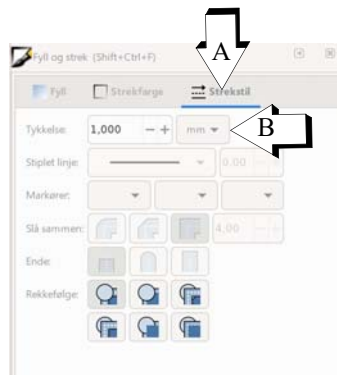
Dersom vi har mange objekter som til sammen danner det endelige objektet vi ønsker å bruke, så kan det være lurt å gruppere, dvs. samle disse til et objekt som henger sammen. Gruppering er en prosess vi kan kjøre begge veier. Ønsker vi å dele opp et gruppert objekt, så velger vi “Objekt” (A) og “Del opp gruppe” (C). Alternativt kan vi merke alle objektene som skal grupperes og så trykke “ctrl” + “g”. Vi finner den også under “Objekt” (A) og “Grupper” (B) som vist på figuren under.



14. Hairline

Når vi skal laserkutte en figur langs linjer så forlanger laserkutteren en viss maksimum linjebredde. Er linjen for bred vil laserkutteren nekte å skjære linjen, men heller gravere den. Vi kan justere linjebredden med å åpne menyen “Objekt” fra menylinjen og velge “Fyll og strek”, og får opp menyvinduet “Fyll og strek”. Fra menylinjen øverst velger vi “Strekstil” (A) og deretter velger vi “px” i nedtrekksmenyen og skriver inn 1,000 for “Tykkelse” (B) som vist på figuren til høyre.

Da er modellen ferdig og klar til å lagres.

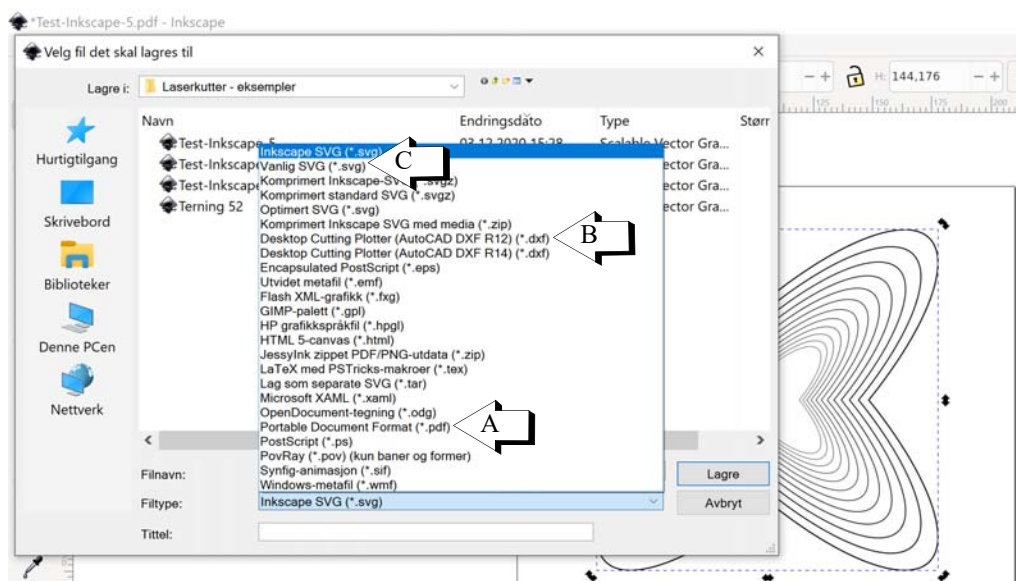




15. Lagring

Det kan også være lurt å lagre Inkscape-fila i svg-format dersom man har planer om å hente den opp for videre bearbeiding ved en senere anledning.

For laserkutting: Vi bruker gjerne SVG- eller DXF-format på filene som vi overfører til laserkutteren, Beambox. Mens for Vitensenterets laser, Epilog, bruker vi PDF-format. Bruker man “Lagre som ...” så kan man velge mellom PDF (A), DXF (B) og SVG (C) som format. .



For vinylkutting: Skal filen benyttes som grunnlag for vinylkutting, må den lagres som dxf-format (desktop cutting plotter (autoCad DXF R12)) for å kunne åpnes direkte i Silhouette Studio.

Silhouette Studio er et program som egner seg for å kommunisere med vinylkuttere av typen Cameo. Programmet er gratis og kan lastes ned fra: <https://www.silhouetteamerica.com/software> Programmet må kjøres på PC.

Det neste vi nå skal gjøre er å ta fila videre til vinyl- eller laserkutteren. Vi bruker laserkutteren på Vitensenteret som eksempel siden den er den mest aktuelle.

3 Framstilling av skåler som tverrfaglig undervisningsprosjekt

I dette kapittelet skal vi se på hvilke muligheter til kreativ skapende aktivitet som ligger i design av skåler. Vi ønsker også å ha fokus på hvordan tverrfaglige koblinger mellom matematikk og kunst og håndverk (K&H) kan bidra til å berike hverandre.



3.1 Fra ideen til undervisningsopplegg

Nils Kr. forteller¹: *Ideen til denne typen skåler fikk jeg i en av markedsbodene i Kashgar langt nord-vest i Kina ikke langt fra grensen til Afghanistan, da vi var på en rundreise i dette området i 2011. Dette er ett av de største og mest innholdsrike markedene jeg noen gang har besøkt. Der dukket denne kurven opp og jeg lot meg fascinere av utformingen og at jeg ganske raskt forsto hvordan den var designet. Det ble imidlertid ikke noe kjøp, men ideen har lagt lagret langt bak i hodet og dukket opp på flyet mellom Arlanda og Hong Kong sommeren 2016. Plutselig så jeg at en lignende skål relativt lett kunne la seg realisere ved hjelp av laserkutteren. Jeg brukte dermed en drøy time til å tegne den ut mens jeg likevel satt lenket til flysetet i over 10 timer.*

Senere har jeg funnet igjen lignende skåler i designforretninger på Manhattan, New York der prisen var en helt annen. Den eneste forskjellen var at de var laget av et finere materiale som var bedre bearbeidet.



1. Nils Kr. Rossing ved Vitensenteret



I 2018 brakte Anne Birgitte² ideen videre og laget et undervisningsopplegg for elever på 5. og 6. trinn, der de både fikk anledning til å utforske matematiske former med tegneprogrammet CorelDRAW, realisere sine eksperimentelle former som laser-kuttete skåler og fikk gleden av å bygge opp skålen gradvis fra “flatpakke” til fullverdig skål etter eget design. De vekslet dessuten mellom tradisjonell treskjæring og bruk av digitale verktøy, dermed fikk de med seg hele spennvidden i dette unike undervisningsopplegget som gikk under navnet “Nytt og gammelt”.



Vi skal komme tilbake til historier om hvordan elevene gjennom dette arbeidet fikk anledning til å oppdage matematikk på en ny måte.

3.2 Den kreative designprosessen

Det fine med disse skålene er de rike mulighetene til variasjon og eksperimentering:

- Man tar utgangspunkt i rene *geometriske former*, *ellipser*, *kvadrater*, *rektangler* og *mangekanter*. Når man plasserer de ulike formene i forhold til hverandre må man ta stilling til *vinkler* og *symmetri*.
- Man kan supplere med *linjestykker* for å binde sammen formene, og man kan oppdage *tangenter* eller lage *sluttede kurver* ved hjelp av fri tegning
- Dernest følger *kopiering* og *skalering* av *grunnformen*. Man blir nødt til å ta stilling til hva som er gunstige og ugunstige former. Hvilke *skaleringsfaktorer* som fungerer og hvilke som ikke fungerer.
- Når skålen er skåret ut, må man ta stillingen til hvordan ringene skal posisjoneres i forhold til hverandre og hvilken *vridingsvinkel* som gir det ønskede resultatet. Man må også velge type lim og hvilken teknikk man vil bruke for å påføre limet for at det skal bli penest mulig.
- Materialet er også viktig. Et tykkere materiale (f.eks. 6 mm) gir en høyere og mer romslig skål, enn om materialet er tynnere (f.eks. 3 mm). Man må også ta stilling til type materiale. MDF er billig, men ikke særlig robust. Finer gir finere struktur, men kan bli preget av at det blir brent av en laser. Bruk av akryl i ulike farger kan bli fint, men gir “plastaktig” utseende som kanskje ikke er så ettertraktet.

2. Anne Birgitte Belboe Skaperlærer ved Vitensenteret og lærer ved Byåsen skole

Figurene under fra venstre mot høyre viser tegningen, resultatet etter skjæring og den ferdig oppbygde skåla.



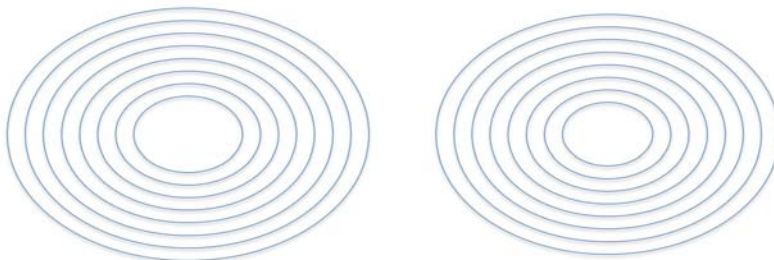
I dette tilfellet er hver av delene dreid 15° i forhold til den som ligger under. Delene limes der hvor de to overlapper. Det mest krevende er å sørge for at ringene legges korrekt slik at helningen til sidene i skåle blir den samme i alle retninger.

3.3 Typer skåler

Noe av det mest spennende er variasjonsbredden i disse skålene. For å gi et bilde av dette har vi forsøkt å kategorisere dem.

3.3.1 Ingen vridning fra lag til lag

Det karakteristiske ved denne typen skåler er at lagene ikke vrir i forhold til hverandre. Dette forutsetter at det finnes to utgaver hvor lagene kan legges annen hver gang på hverandre.



Hver sirkel 100%, 90%, 80%, 70% ... 30% av den ytterste Hver sirkel 95%, 85%, 75%, 65% ... 25% av den ytterste

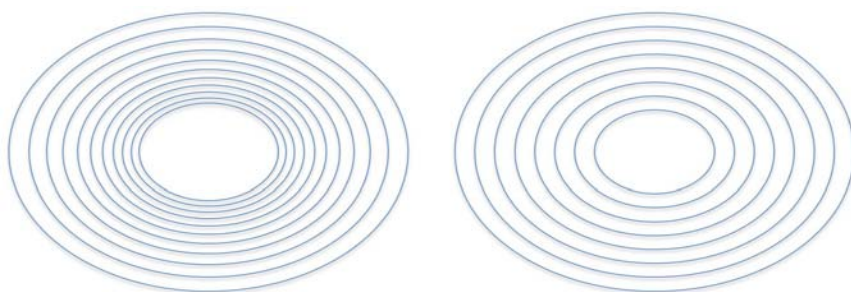
Mønsteret til venstre på figuren over består av ellipser forminsket lineært med 100%, 90%, 80% ... 30%, alle prosentene av den ytterste ellipsen. På samme måte er ellipsene til høyre forminsket 95%, 85%, 75% ... 25%, også de med utgangspunkt i den opprinnelige ellipsen. Dermed kan vi legge de utskårne ovalene på hverandre, annen hver hentet fra høyre og venstre modell, og de vil ligge pent på hverandre uten vridning som vist i figuren under.



Bildet under viser den ferdige skåla.



En variant av denne skåla kan lages ved hele tiden å forminske den samme prosentandel i forhold til “ringen” utenfor. På denne måten vil vi få en skål hvor ytterkantene buer svakt.



Hver sirkel 90% av den forrige

Hver sirkel 100%, 90%, 80%, 70% ... av den ytterste

På figuren over ser vi tydelig forskjellen mellom de to måtene å bruke skalering på.

En kan også velge andre former som kan forminskes på enten den ene eller den andre måten. Figuren under viser en hjerteform som kan settes sammen til en skål. Her er det brukt lineær skalering.

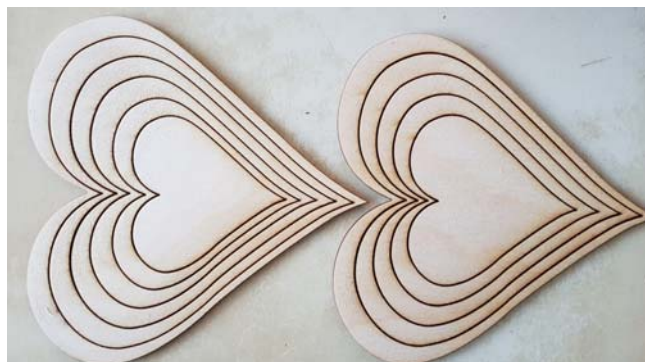
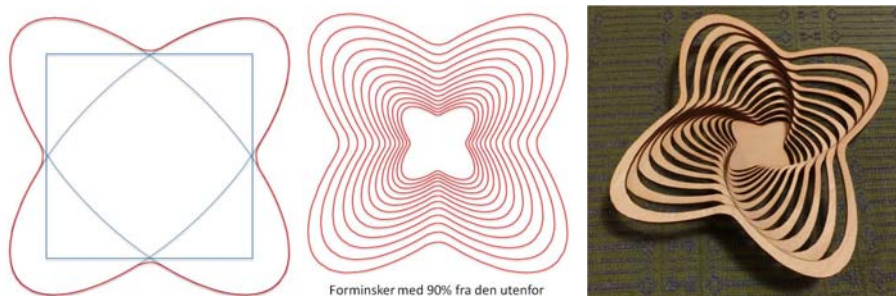


Foto: Anne Birgitte Belboe

3.3.2 Vridning fra lag til lag

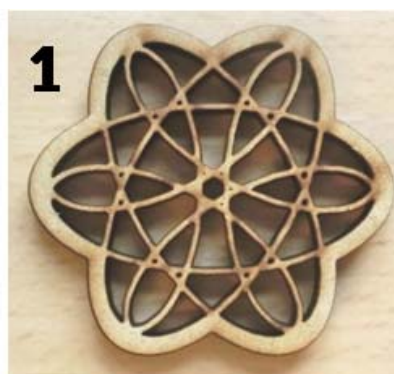
Fordelen med denne typen skål er at det holder med å bruke en utskåret form siden det er vridningen som gjør at de tiltross for at de passer inn i hverandre kan stables. Vi har tidligere vist hvordan vi lager mønsteret til kurva under.



Her er det mulighet til å eksperimentere med ulike grader av vridning. Det er også mulig å vri annen hver gang mot henholdsvis høyre og venstre. Under er vist resultatet av tre ulike måter å stable ringene på hverandre.

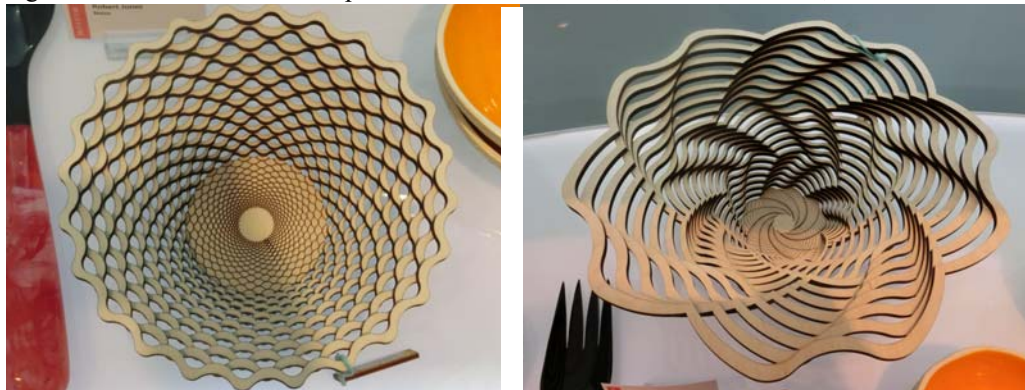


Vi kan tenke oss denne laget av tre ellipser som er dreid 60° i forhold til hverandre. Alle de tre har samme grunnform, men er stablet på litt forskjellig måte. I bunnen er det skåret ut en rosett. Ringene til venstre er dreid 30° i forhold til hverandre. Ringene for skåla i midten er dreid et mindre antall grader, men slik at kløfta der to ellipser møtes blir liggende på en krum linje. Ringene til skåle til høyre er vekselvis dreid mot høyre og venstre. Ingen av disse skålene er limt ennå, de er bare stablet for å studere resultatet, så kan man bestemme seg i ettertid for hva man vil gå for og så evt. lime.



Med litt ekstra ferdigheter kan man også lage et flott ornament i bunnen av skåla.

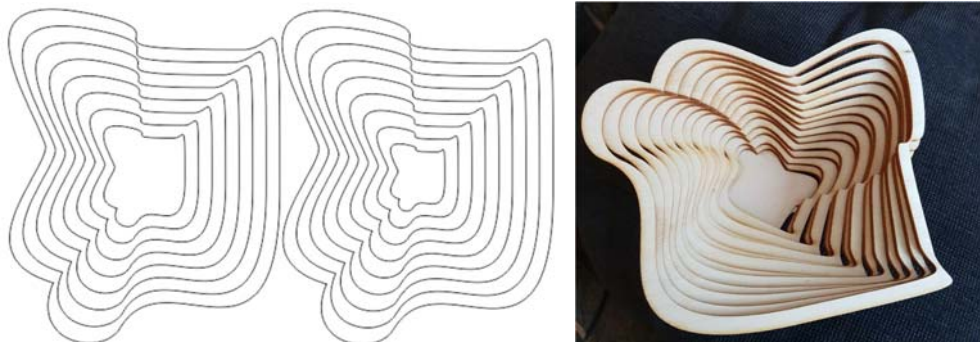
Figuren under viser noen eksempler hentet fra Manhattan, New York³ i 1000,- kr. klassen.



3.3.3 Frihåndstegnede kurver

Det er ingen ting i veien for å starte med en frihåndstegnet sluttet kurve. Det er imidlertid ikke alle former som fungerer like godt for å lage skåler. Linjer som ved skalering og sentrering kommer for nært hverandre er uheldig. Dette kan medføre for tynne ringer eller til og med brudd i ringen. I slike tilfeller må man enten øke skaleringsfaktoren eller legge om linjen.

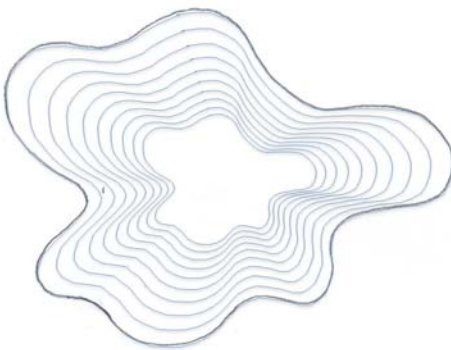
Bildet under viser en noe friere form som er realisert i to utgaver med litt forskjellig skaleringsfaktor slik at ringene kan stables uten vridning dersom man henter dem fra hver sin tegning.⁴



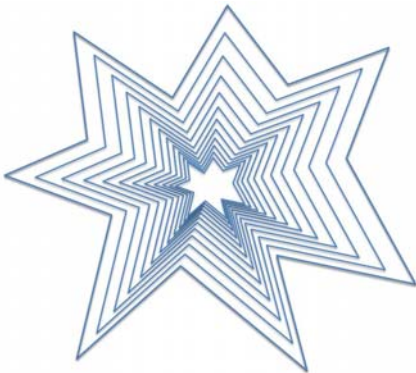
3. Museum of Art and Design (MAD), Columbus Circle, Manhattan (Foto: Nils Kr. Rossing)

4. Designet og fotografert av Anne Birgitte Belboe

Vridning med frie former kan være mer krevende. I slike tilfeller kan man velge å lime sammen lagene i den ene enden. Bildet viser et eksempel på hvordan en fri form lett kan gi utfordringer mht. tynne passasjer⁵.



Frie former med rette kanter er gjerne lettere å tegne, men gir de samme utfordringene mht. tynne ringer. Dessuten blir gjerne designet ikke så vakkert.



3.3.4 Montering

Vi har tidligere diskutert ulike måter å vri ringene i forhold til hverandre på. Her skal vi ganske kort vise hvordan ringene kan monteres sammen til en ferdig skål.

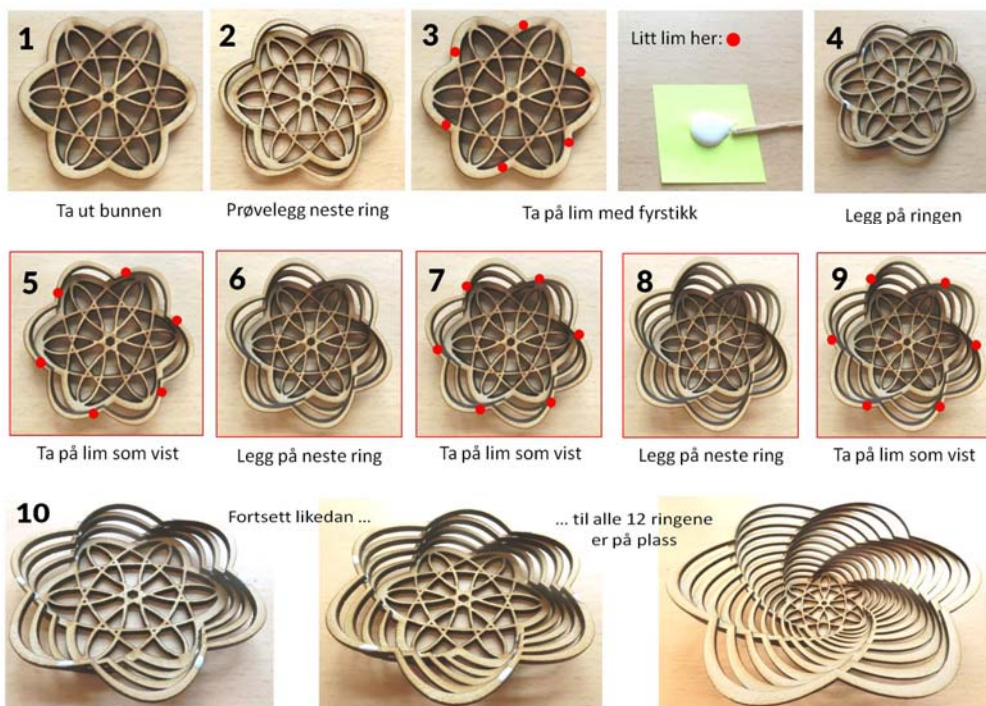
Start med å legge skåla uten bruk av lim. Prøv ulike måter å legge ringene på hverandre. Når du er fornøyd med resultatet, ta gjerne et bilde.



5. Designet av Nils Kr. Rossing, Vitensenteret



Merk deg nøye hvordan ringene ligger på hverandre. Ta av alle ringene og legg en og en ring på hverandre. Merk deg hvor en ring berører den under. Bruk en fyrstikk eller tannpirker til å legge lim der hvor ringene overlapper hverandre. Vi har brukt vanlig trelim. Påse at overflødig lim tørkes bort, eller aller helst, vær litt sparsom med limet slik at det ikke flyter utover. Det kan være lurt å ha litt lim på en Post-it lapp og dyppe tannstikkeren i. Et eksempel på oppbyggingen er vist på bildene under.



3.4 Et lite matematikkprosjekt for 5. – 6. trinn⁶

Kombinasjonen av matematikk og kunst og håndverk er spennende. Hva skjer dersom man gir elever i barneskolen et digitale verktøy til å designe skåler ut fra egne kreative ideer og innfall, men med beskjed om at dette er en *matematikktime*, dvs. de skal bruke sine matematikkunnskaper?

Eksempelene under er hentet fra utprøvingen av verkstedsaktiviteten “Nytt og gammelt” ved Vitensenteret i Trondheim i 2019. I alt deltok tre grupper a 13 – 14 elever fra både 5. og 6. trinn. Alle ble intervjuet. Elevene hadde på forhånd blitt bedt om å velge to geometriske figurer som de hadde litt kunnskap til og kunne tenke seg å ta utgangspunkt i. Ellers er de helt vanlige elever fra en barneskole i Trondheim som har fått 10 minutters opplæring i bruk av tegneprogrammet Corel-

6. Undervisningsopplegget er utviklet og gjennomført av Anne Birgitte Belboe, mens konseptideen kurver stammer fra Nils Kr. Rossing ved Vitensenteret i Trondheim. Omtalen bygger på et intervju gjort av Anne Birgitte 15. des. 2020.

DRAW ved ankomst til Vitensenteret. Av disse har vi valgt å omtale 7 elever hvor 6 av dem arbeidet to og to og en valgte å arbeide alene.

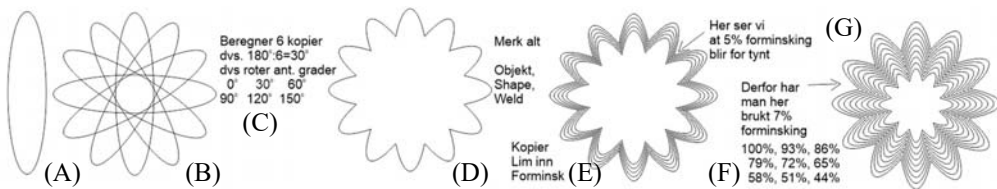
Innledningsvis lærte de hvordan de kunne lage ellipser og andre former, kopiere og dreie figurer en gitt vinkel, speile om vertikale og horisontale akser, samt skalering i prosent og hvordan de skulle få fram omhyllingskurven. De hadde dessuten tilgang til seks hjelpeark for å finne fram i menyene. Derneft fikk de hjelp til å skrive ut designet på Vitensenterets laserkutter. Normalt arbeidet elevene to og to.

For å kunne dokumentere det elevene gjorde og ikke minst hvordan de resonerte, ble de bedt om å presentere produktet sitt og fortelle hvordan de hadde tenkt når de designet det. I tillegg ble de som nevnt intervjuet i etterkant.

La oss se på noen eksempler. Figurene som er vist er elevenes egne som er hentet ut av arbeidet deres, men sammensetningen og presentasjonen av mønstrene er gjort i etterkant av instruktøren ved verkstedet, dels på bakgrunn av egne observasjoner, elevenes presentasjoner og intervjuer med elevene i etterkant, og ikke minst hun fikk tilgang til programmet de arbeidet med⁷. Før elevene startet ble de bedt om å være oppmerksomme på ting de oppdaget under veis og som de syntes var interessant eller rart.

To gutter

Dette elevparet tok utgangspunkt i en ellipse som vist til venstre på figuren under (A). Det var ganske nærliggende siden instruktøren hadde vist dem hvordan de kunne tegne ellipser. Derneft ønsket de å kopiere og rotere for å få fram en symmetrisk figur. De måtte bestemme seg for rotasjonsvinkelen og hvor mange kopier de trengte for å komme akkurat helt rundt. Dette løste de ved prøve seg fram.



De kom etter hvert fram til at de trengte 6 ellipser som var dreid 0° , 30° , 60° , 90° , 120° og 150° , da fikk de en fin symmetrisk figur (B). "Men det er jo en tallrekke" bemerket en av dem (C).

De fant så omhyllingskurven til ellipsene (D) ved hjelp av et av hjelpearkene som viste rett meny.

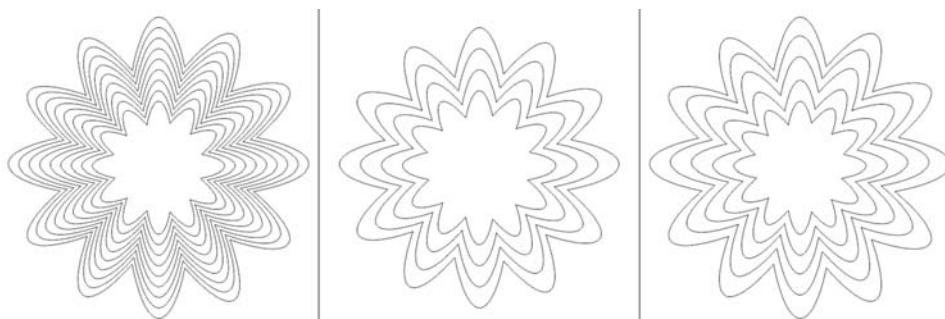
Så handlet det om å kopiere, forminske og sentrere. I utgangspunktet hadde de fått høre at en ring ikke måtte være smalere enn 1,5 mm, da kunne den lette gå i stykker. Elevene er kjent med at sirkler har et sentrum, men i løpet av arbeidet oppdaget de at også ellipser har et sentrum, som programmet brukte for å sentrere dem om et felles midtpunkt (B).

7. Ved å be dem om ikke å lukke tegneprogrammet og ikke slå av maskinene var det i ettertid mulig, ved hjelp av angre-knappen, å gå tilbake å se prosessen de hadde vært gjennom. I tillegg ga dette mulighet til å hente ut halvfabrikata av tegningene.

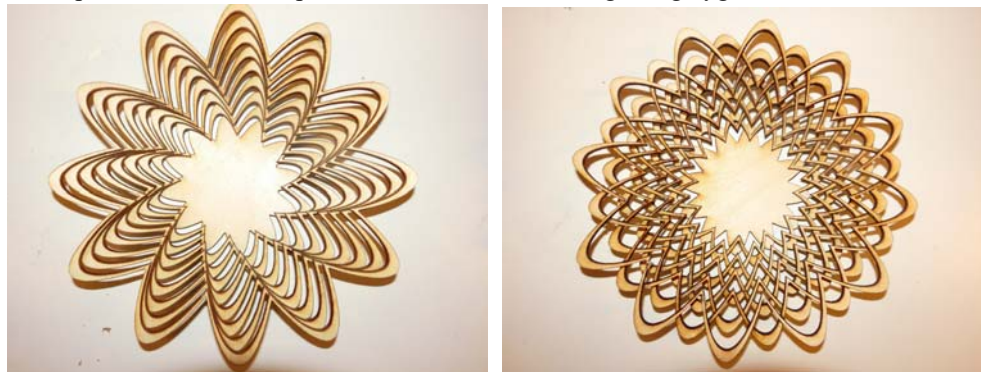


De valgte å foreta en forminsking som en prosentandel av den ytterste ringen. Prosentverdien måtte de selv bestemme. Først prøvde de med 95% (5% reduksjon), men innså fort at denne etter hvert ga for smale ringe. Dernest prøvde de med 90% (10% reduksjon), men så at det ble litt for mye, de ville ha plass til flest mulig ringe. Etter hvert kom de fram til at 7% var det beste (G). For å komme fram til dette hadde de laget seg et linjestykke på 1,5 mm som de flyttet rundt i tegningen for å sjekke marginene. De oppdaget at de kritiske punktene var nær spissene som pekte inn mot sentrum av figuren. Dermed fikk de en ny tallrekke: 100%, 93%, 86%, 79%, 72%, 65%, 58%, 51%, 44%....(F).

Figuren under viser to varianter av gruppens endelige skål-mønster. Til venstre ser vi et mønster som er ment å skulle dreies en liten vinkel fra ring til ring. Til høyre ser vi to mønster som til sammen kan danne en skål hvor vridning av ringene er unødvendig dersom ringene vekselvis tas fra høyre og venstre mønster.



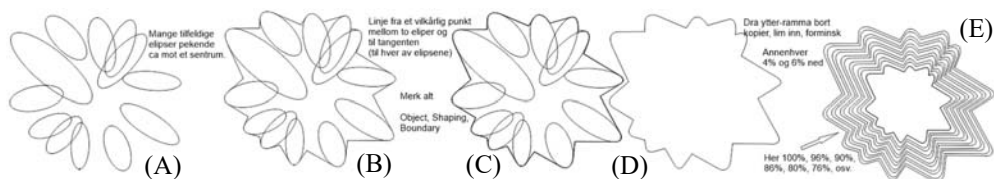
Skålene på bildet under er kopier⁸ av skålene elevene designet og bygde.



8. Kopien er bygget av instruktøren Anne Birgitte Belboe. Foto: Nils Kr. Rossing

En gutt som valgte å jobbe alene

Siden antallet denne dagen var 7 så måtte en av elevene jobbe alene. Læreren mente at denne eleven var relativt svak i matematikk, men anbefalte likevel at han kunne arbeide alene.



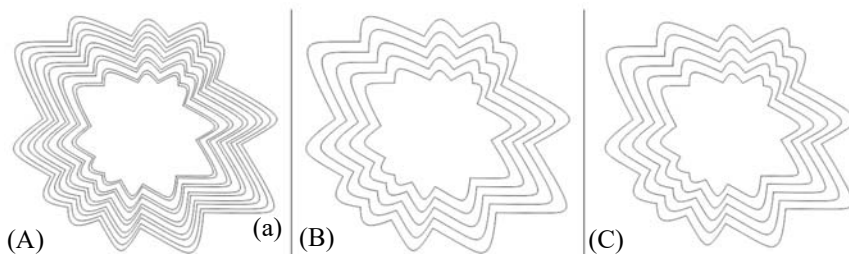
Også denne eleven tok utgangspunkt i ellipser, men varierte både størrelse og rotasjonsvinkel ganske tilfeldig. Det som derimot ikke var tilfeldig var hvordan han orienterte dem alle inn mot et omtrentlig sentrum (A). Vi ser at noen overlapper, andre ikke. Så merket han alle for å finne en felles omhyllingskurve, men oppdaget raskt at han fikk mange biter som ikke hang sammen. Instruktøren foreslår at han skulle forsøke å tette igjen åpningene mellom ellipsene med rette linjer og viste ham hvordan det kunne gjøres.

Han går igang med å tegne linjer som berører ellipsene i punkter (B). CorelDRAW er slik laget at når en rett linje nærmer seg et objekt så vil det spørre om linjen skal legges inntil som en *tangent*. Denne eleven fikk også det spørsmålet og “takket” ja til tilbudet fra programmet uten å vite hva *tangent* betydde. Han valgte å la programmet legge linjene som tangenter inntil ellipsene fordi “det ble fint”.

Matematikk læreren ble da også ganske overrasket da eleven kunne fortelle: “*Æ brukt bare tangenten æ*”.

Nå var det lett å finne omhyllingskurvene til samlingen av ellipser og linjestykker (D), og mønstret var klart til å kopieres, forminskes og sentreres.

Han valgte imidlertid ikke å lage en lineært avtagende reduksjon mellom ringene, men ønsket å



legge inn en variasjon slik at rekken av forminskninger ble følgende tallrekke: 100%, 96%, 90%, 86%, 80%, 76% ... Dermed fikk han ringer som syntes å opptre i par (A), som han syntes ble “*et tøft mønster*”. Figurene (B) og (C) viser mønster som evt. kan brukes til å montere kurven som en lukket struktur som egnet seg bedre som skål.



Han fikk imidlertid en utfordring da kan skulle sette sammen skåla (A) da den ujevne formen var vanskelig å rotere fra ring til ring. Dessuten var noen av ringene stedvis svært smale. Etter flere forsøk fant han ut at han kunne lime ringene sammen i ett av hjørnene (a), som dermed ble det eneste punktet som holdt ringene sammen. Resultatet egnet seg dårlig som skål, men langt bedre som vegglampe som slapp lys ut gjennom åpningene mellom ringene. Som vegglampe ble “skåla” plassert med åpningen inn mot veggen, og limpunktet nederst.



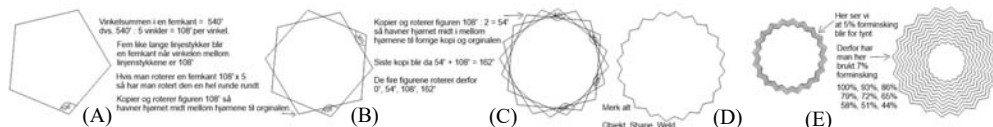
Kopien laget av Anne Birgitte Belboe

Foto: Nils Kr. Rossing

Eleven fikk med seg en lysdiode, ledninger og en batteriholder og gjorde ferdig lampen hjemme. Læreren hans kan fortelle at lampen fortsatt henger på rommet hans.

To gutter med forskjellig kunnskaper om matematikk

I dette tilfellet ble den ene matematikkflinke gutten sittende en del alene å fordype seg i en problemstilling, mens den andre tok seg en tur for å studerte hva de andre lagene holdt på med. Fordelen var at den flinke eleven fikk brynt seg, samtidig som det var uheldig at den andre forlot oppgaven for en periode da han ikke skjønnte hva den første holdt på med.



Disse guttene hadde på forhånd bestemt seg til å ta utgangspunkt i femkanten (A). De brukte mye tid til å finne ut av figuren.

Femkanten kan lages ved at man henter fram en likesidet trekant fra menyen for så å be programmet øke antallet kanter til det ønskede antallet. Dermed lager programmet en regulær femkant.

Problemstillingen var hvor mye han skulle rotere den neste femkant slik at de passet i forhold til hverandre. Han bestemte seg for å rotere den andre femkanten slik at spissene akkurat traff midt på langsiden til den første. Han skjønnte at for å få til det måtte han først bestemme størrelsen til den stumpe vinkelen i hjørnene på femkanten.

Som en første antakelse tenkte han at vinkelen måtte bli $360^\circ/5$, men fant fort ut det ble galt. For å lede ham på rett vei spør instruktøren hva vinkelen i en likesidet trekant er, og han svarer raskt at den er 60° , og at vinkelsummen i en trekant er 180° . Læreren spør så om han vet hva vinkelsummen i en firkant er. Deretter forlater hun eleven som blir sittende å gruble over problemet. Det går imidlertid ikke mange minutter før han kommer glederstrålende tilbake og forkynder: “*Æ e blitt oppfinner, no vet æ hvordan æ kan finn vinkelsummen når det blir fler kanta*”. Deretter følger en forklaring om at det blir 180° mer for hver ny side som blir lagt til. Det ble imidlertid litt krevende for de andre som var med på samlingen når han skulle formidle sin oppdagelse i plenum.

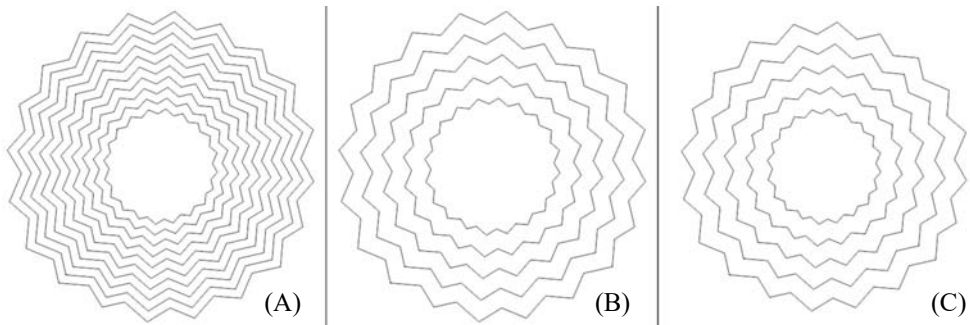
Selv om han brukte mer tid enn de andre så kom han fram til at vinkelsummen for femkanten ble 540° og delt på 5 så ble vinkelen i hvert hjørne 108° . En bragd av en elev på 5. trinn utført på 20 minutter. Og han hadde all grunn til å være strålende fornøyd. Han oppdaget så at han måtte dreie kopien 36° for å treffe med spissen midt på sidekanten til den første femkanten (B).

Men han nøyde seg ikke med det, han bestemte seg for å legge fire femkanter på hverandre som utgangspunkt for mønsteret sitt. Nå hadde han knekt koden og var tydelig på at han måtte rotere hver femkant en “*kvart*” som han uttrykte det. Dvs. $1/4$ av vinkelen mellom to av hjørnene som blir $72^\circ/4 = 18^\circ$. De tre ekstra femkantene ble derfor dreid “*en kvart*”, “*halvveis*” og “*trekvart*” slik han uttrykte seg.

Han forteller også hvordan han først gikk fram for å bestemme vinkelen, ved at han prøvde med ulike vinkler. I ett forsøk roterte han femkanten litt for lite og i det neste litt for mye ut fra øyemål. Selv om partneren var mer en godt nok fornøyd med en tilnærmet riktig vinkel, var konklusjonen hans: “*Dette må æ regn mæ fræm te*”. Underveis i prosessen oppdaget han også et verktøy i CorelDRAW som gjør det mulig å måle vinkler. Dette brukte han flittig, og vi ser av figurene at vinkelmålet henger igjen i modellen et stykke utover i prosessen.

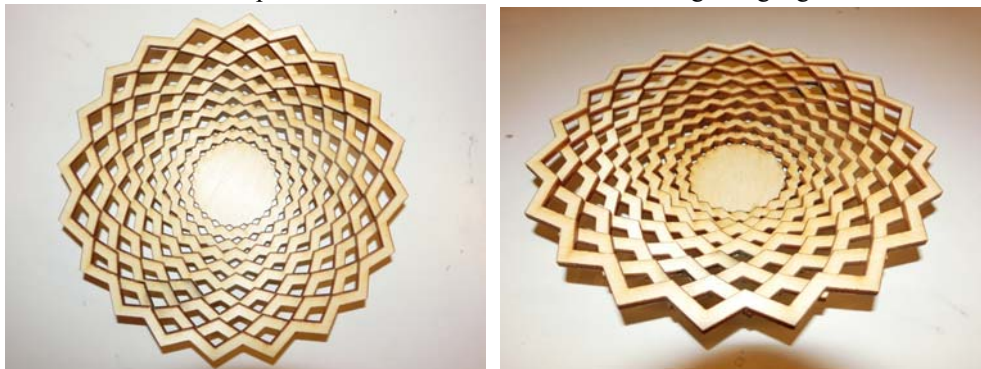
Deretter var det bare å bruke verktøyet i CorelDRAW for å finne omhyllingskurven, og arbeidet med å kopiere, forminske og sentrere kunne begynne.

Han forsøker med en forminskningsfaktor på 5%, men oppdager som de andre, at dette er litt lite. I mellomtiden har hans makker vært rundt å “spionert” og kommet tilbake med beskjed om at 7% er den optimale prosentsetningen, og fra nå av kommer også han på banen og utførte de resterende trinnene fram til ferdig skål-mønster (E).



Figuren over til venstre har en forminskningsfaktor på 7%. De to til høyre er den samme, men oppdelt i to mønster med annen hver ring slik at det skal være mulig å stable uten å rotere. “Spionen” hadde oppdaget denne muligheten ved å se på utstilte eksempelskåler. Som et unntak får denne gruppen lov til å lage to skåler, en som krever rotasjon og en for overlapp. I den forbindelse var det også naturlig å diskutere forskjeller i materialbruk. Overlappende ringer krever nemlig dobbelt så mye materiale.

Bildene under viser en kopi⁹ av den roterte skåla som elevene designet og laget.



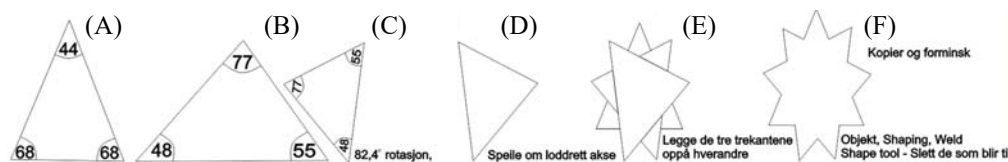
To jenter

Disse to jentene hadde bestemt seg for å lage en stjerne, og siden CorelDRAW har et eget verktøy for tegning av stjerner, var det fristene å gjøre det enkelt. Siden dette skulle være en matematikk-tid og ikke en tegnetime, ble de av instruktøren utfordret til å konstruere stjernen selv, bruke matematikkunnskapene sine, som f.eks. bruk av former, rotasjon og speling: *“Ikke skynd dere, bruk tid. Lek dere med matematikk, prøv nye ting og utforsk”*, sa hun.

De visste også at dersom de satte sammen trekkanter så kunne det bli stjerner av det. Så de startet med to likesidede trekkanter og la dem oppå hverandre, slik at de fikk en stjerne med 6 tagger.

Men så var det slik at den ene jenta ville ha én tagg i toppen og to som pekte nedover. For å få til det startet de med en litt tilfeldig likebeinet trekant med en horisontal nedre kant (grunnlinje¹⁰) (A). De sjekket også at det virkelig var en likebeinet trekant ved å måle vinklene ved grunnlinja og slik bekrefte at de var like store.

Det neste spørsmålet de måtte ta stilling til var hvor mange tagger stjerne skulle ha. De bestemte seg for at to av taggene skulle peke nedover slik at de stakk ned under grunnlinja til den likebeinte trekanten. Dermed besluttet de like godt at det skulle stikke ut to tagger på hver av sidene i den likebeinte trekanten, dermed ble det totalt 9 tagger på stjerna. De konkluderte derfor helt riktig med at dette krevde bruk av totalt tre trekkanter.



Så tegnet de en tilfeldig trekant som de syntes så fin ut (B) og tok de vinklene de fikk, 48° , 55° og 77° . Denne trekanten dreide de i en passende vinkel (*“... som vart $82,4^\circ$ ”*) slik at den *“spisseste spissen kom ned”* (C) og la den prøvende oppå den likebeinte trekanten slik at det *“så pent ut”*.

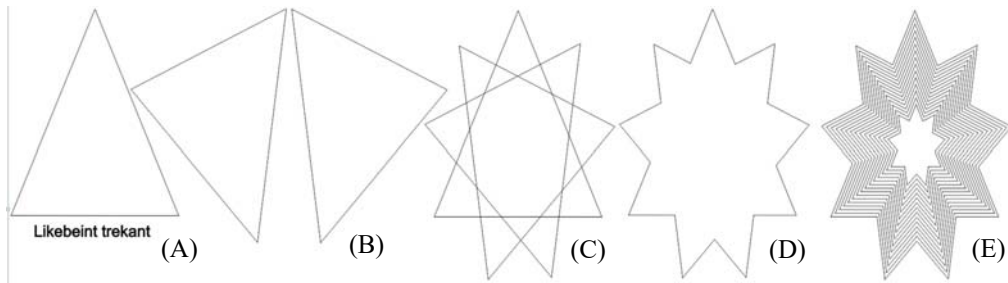
9. Kopien er bygget av instruktøren Anne Birgitte Belboe. Foto: Nils Kr. Rossing

10. Elevene brukte enda ikke begrepet “grunnlinje”, men vi velger å bruke det her for å lette beskrivelsen

De speilet så denne trekanten om en vertikal akse (D) og la alle tre trekantene oppå hverandre (E). Når de sentrerte de tre så var de enige om at dette så fint ut. Til slutt fant de omhyllingskurven (F).

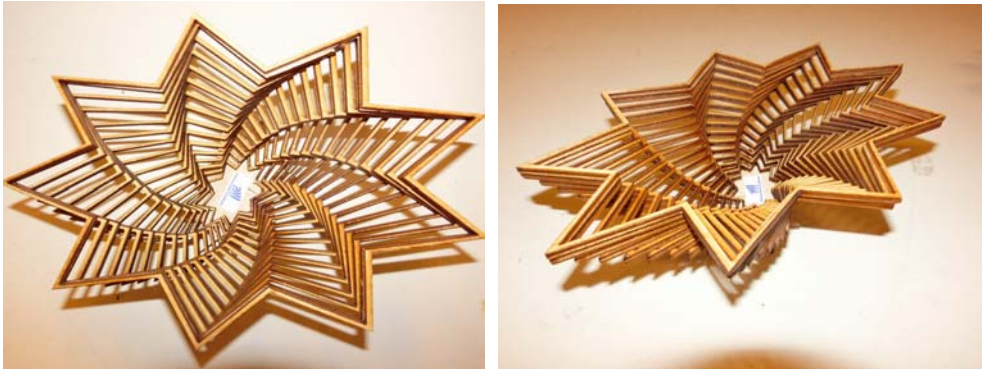
Det fine med CorelDRAW er at man kan tegne alle figurene utenfor det definerte tegnearket slik at en har god plass. Når man er fornøyd flytter man de figurene man ønsker å bruke i den endelige tegningen inn på tegnearket. Og det var nettopp det disse to jentene benyttet seg av. Når de flyttet trekantene inn på tegnearket og sentrerte dem vertikalt og horisontalt, falt alt på plass, og de var strålende fornøyd. Hvilket følgende søte kommentar understreker: “*De va bra vi valgt 48, 55 og 78 grader*”.

Det mest overraskende var at de faktisk bestemte seg for å velge tre trekantar og ikke bare to som på mange måter ville ha vært naturlig. Det som synes å ha rokket ved et slik valg var den ene jentas forestilling om at stjerneformen skulle ha to spisser ned og en opp. Kommentarer synes å antyde at hun ønsket at den skulle være noe annet enn en tradisjonell julestjerne.



Det endelige skål-mønsteret er vist til høyre på figuren over. Som vi ser er linjene særdeles tette, hvilket også ga dem en del utfordringer til slutt. I alt ble det laget fem utskrifter av skåla, slik at de tilsammen fikk nok uskadede ringer. Årsaken var at noen av ringene knakk når de skulle tas fra hverandre.

Bildene under viser en kopi¹¹ av det elevene designet og laget.



11. Kopien er bygget av instruktøren Anne Birgitte Belboe. Foto: Nils Kr. Rossing

Sluttkommentarer

Tverrfagligheten er oppleggets styrke. Instruktøren understreker imidlertid hvor viktig det er at elevene vet hvilket fag de jobber med slik at de er istand til å fokusere på kompetansemålene i det aktuelle faget, som her er matematikk. Ved å fokusere på matematikken blir elevene oppmerksomme på styrken ved å kombinere matematikk og praktisk håndverk. Vi må ikke bare blande fag, men *hjelp elevene til aktivt å se verdien av å jobbe tverrfaglig.*

På spørsmål om disse elevene var et unntak, svarer instruktøren at lignende tankearbeid er ganske vanlig, men det er vanskelig å få tid til å observere og snakke med alle elevene, spesielt dersom de trenger mye hjelp til å mestere tegneprogrammet. Det var imidlertid ganske vanlig å ta utgangspunkt i ellipser, gjerne seks som vist i starten av denne beskrivelsen. En årsak til dette var at ellipser ble brukt som eksempel under opplæringen av tegneprogrammet, og som viser hvor lett det er å påvirke elevenes valg. Skal en få innsikt i hvordan de tenker, er det viktig å skape et miljø hvor elevene sier høyt det de tenker, det er på den måten en kan få innsyn i tankeprosessene.

Flere av elevene stusser over at kopierte mønster i CorelDRAW legger seg eksakt på originalen. Mange lurer derfor på hvor det blir av kopien. Alle jobber med “default” linjebredde på 0,2. For å kunne laserkutte modellen er det vanlig å gjøre alle linjer om til “hairline”, dvs. minimum bredde. På grunn av at kopiene legger seg på toppen av originalen er det ikke uvanlig at det oppstår doble linjer. Dette kan være uheldig i skjæreplassen. Derfor blir elevene bedt om å gå over linjene og sjekke om de har doble linjer. Dette gjør de ved å merke dem og trykke “slett”. Om det blir et hull etter linja vet de at det bare er en. Dette er også en fin måte å lære dem å bruke angre-funksjonen, en funksjon de færreste kjente fra før. Dette er det siste de gjør før endelig lagring og produksjon.



Å se skåle bli skåret ut er en viktig del av opplevelsen

Vi legger også merke til at samtlige har benyttet lineær skalering fra ring til ring. Bakgrunnen for det er kanskje et ønske om å lage en tallrekke som de er kjent med fra skolen. Eller rett og slett fordi andre muligheter ikke ble presentert.

For å få mer “armslag” anbefaler instruktøren at de skulle tegne på utsida av tegnearket for så å flytte tegningene de ønsket å bruke, inn på arket til slutt.

Undere monteringen av skålene flyttet instruktøren de to partnerne langt fra hverandre, slik at de to ikke skulle se på hverandre når de gikk inn i siste del av designprosessen, men designet sine egne versjoner av skålene. Det kommer tydelig fram i eksempelet vist til høyre, som ikke er omtalt i detalj foran. Disse jentene tok utgangspunkt i en trekant og to sirkler og på den måten designet de et hjerte. Bildet til høyre viser kopier¹² av det elevene designet og laget.



Foto: Nils Kr. Rossing

En viktig side ved prosjektet er at elevene er med gjennom hele prosessen fra ide til produkt. De ser at det de designer med bruk av matematikk og digitale verktøy blir en uvanlig vakker gjenstand som de stolt kan vise fram til foreldre og venner. Undervisningsopplegget har derfor en rekke gode kvaliteter:

- Det er relativt lav terskel for å ta i bruk tegneverktoyet, de kommer fort igang.
- Bruk av matematiske begreper og metoder er en helt naturlig del av arbeidsprosessen så lenge de blir oppmuntret til å ta dem i bruk. Dette gjør at de på en naturlig måte ser at matematikken hjelper dem å formgi produktet sitt.
- De har stor grad av frihet i valg av utforming av produktet samtidig som de oppdager at det finnes regler for hva som gir et godt og funksjonelt design.
- Det er stor sannsynlighet for at resultatet blir meget vakkert selv med et relativt tilfeldig utgangspunkt.
- De får med seg et produkt som de er stolte av. Samtidig som selve monteringen også gir mulighet til eksperimentering og utvikling av motoriske ferdigheter.
- Det er lett å mangfoldiggjøre produktet.
- Selv om CorelDRAW koster en del så finnes det alternativer som gir rike muligheter (f.eks. Inkscape). Dessuten er materialkostnadene er billige.
- Elevene kan gjøre hele tegneprosessen i eget klasserom for så å komme til Vitensenteret for kutting av skåla. Ulempen er at laserkuttere foreløpig er lite utbredt i skolen.



Foto: Anne Birgitte Belboe

12. Kopien er bygget av instruktøren Anne Birgitte Belboe. Foto: Nils Kr. Rossing



Disse skålene blir ofte svært vakre, nesten samme hvordan utgangspunktet er. Det hender imidlertid at både barn og voksne gjør feil, "Fantastiske feil". Dette er feil som gir mye læring, opphav til nye muligheter og fører en videre i designprosessen. Slike "feil" liker vi ved Vitensentrene.

Vi håper flere vil prøve seg på dette opplegget i matematikkundervisningen, gjerne i samarbeid med kunst og håndverk lærerne.

4 Framstilling av bokser, tannhjul og annet

4.1 Framstilling av bokser

Det finnes en rekke programmer for å lage bokser som kan fuges sammen på ulike vis.

4.1.1 MakerCase

Nettadresse: <http://www.makercase.com/>

Programmet *MakerCase* lager lukkede bokser etter ønskede mål i inch eller millimeter. Man velger selv om de oppgitte målene er innvendige eller utvendige.

Det er også viktig å sette materialtykkelsen da denne bestemmer dybden av tappene.

Det spesielle med dette programmet er man kan velge mellom tre typer sammenføyninger:

- Flat (ingen innfelling)
- Finger (tapper)
- T-Slot (T-formet)

Sistnevnte vil lage kors-lignende sammenføyninger inn i sidene, som gir rom for å plassere skruer med muttere. En kan selv velge dimensjonene på skruer og muttere.

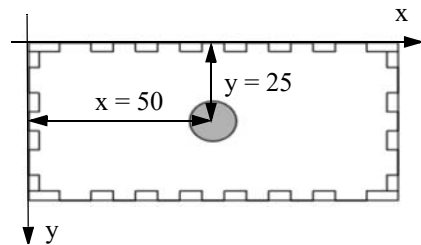
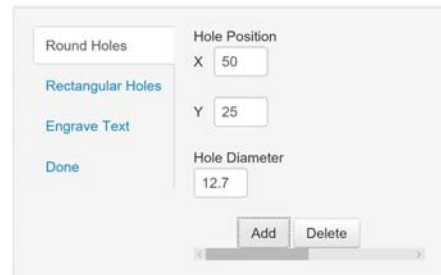
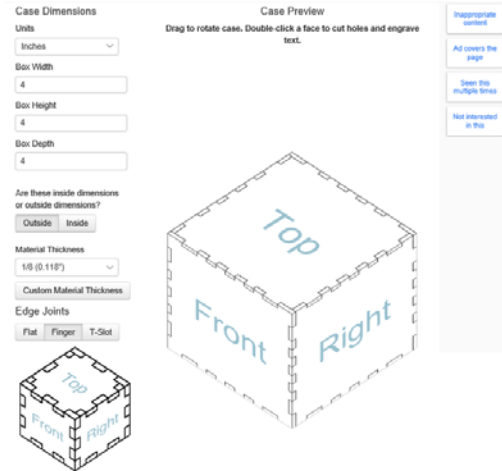
Etter at boksen er designet vises den på skjermen. Ved hjelp av musa kan boksen dreies slik at de ulike sidene blir synlige ved å dobbelklikke på ønsket side kommer det opp en ny meny som gir mulighet for å lage et hull (runt eller firkantet) og en tekst. Når man er ferdig trykker man “Done”.

Figuren til høyre viser meny for å legge til et rundt hull i posisjon x, y.

Dersom man ønsker å endre på et bestemt hull så dobbelklikker man på hullet, setter inn nye verdier og trykker “Return” og “Done”.

Dersom man vil fjerne en tekst eller et hull, dobbelklikker man på teksten eller hullet og trykker “Delete”.

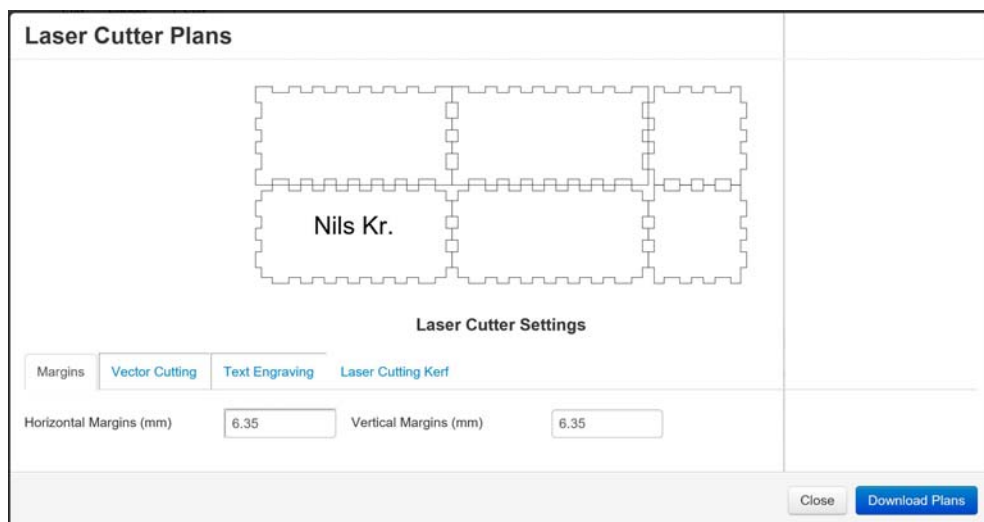
Det er også mulig å sette bredden på tappene fra 3 – 20 mm.





Dette ser ut til å være et program med mange muligheter, men viser seg å være ganske trekt slik at man må være tålmodig.

Når man er fornøyd, trykker man på “Generate laser cutter case plan”. Denne vil så generere et utbrettet bilde av esken med tekst og hull.



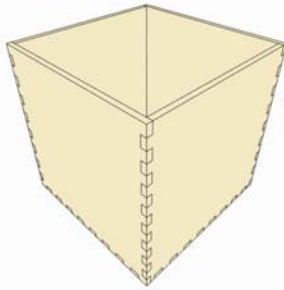
Her kan man sette ulike parametere:

- Margins:* Setter marginer til en omsluttende ramme - kan settes til null
- Vector cutting:* Gir mulighet til å sette linjebredden. Denne kan stå som den gjør, ved skjæring justeres denne til 0 mm i FlexiDesigner
- Text engraving:* Her kan sette fylningsgraden til graveringen. Denne settes også i FlexiDesigner
- Laser Cutting Kerf:* Denne setter skjærebredden til laseren. Riktig satt skjærebredde gjør at fingerene blir tilpasset hverandre eksakt slik at de kan presses sammen

Ved å velge “Download plans” kan man lagre filen på egen maskin. Filen blir lagret som en .svg-fil. FlexiDesigner kan ikke importere .svg filer.

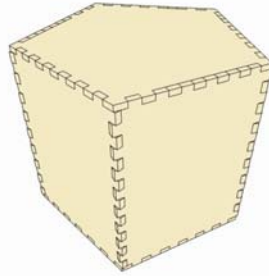
Konvertering av svg-filer til pdf-filer kan gjøres ved f.eks. med tegneprogrammet Inkscape.

Programmet MakerCase¹³ kan også lage bokser med ulike antall sidekanter fra 3 og oppover, eller også med avrundede hjørner som vist på figuren under.



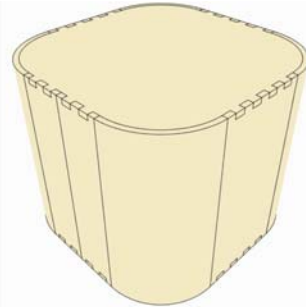
Basic Box

Simple boxes



Polygon Box

Polygon boxes with 3 or more sides



Kerf Bent Box

Boxes with round corners

Dessuten kan man lage bokser med skillevegger som vist på figuren til høyre. Lager man denne stor nok kan man sette den på siden og lage skuffer som passer mellom skilleveggene.

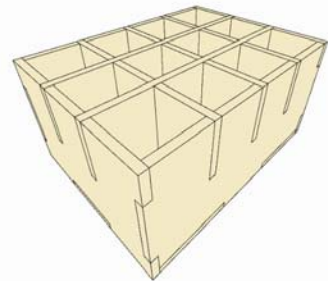
4.1.2 Box Designer

Nettadresse: <http://boxdesigner.connectionlab.org/>

Programmet lager også innelukkede bokser. Det er kun mulig å lage sammenføyninger med fingre. En kan enten velge fast bredde på fingrene eller la programmet selv bestemme fingerbredden. Dimensjonene kan enten spesifiseres i inch, cm eller mm og må angis med punktum som desimaltegn.

Dersom man setter fingerbredde (“Notch length”) til “Auto”, så vil fingerbredde bestemmes slik at den går opp med breddene på sidekantene. Dette kan imidlertid bli litt underlig med små bokser. Bredden på kuttet kan spesifiseres (kerf), hvilket kan være nyttig for å få bokser som passer godt til hverandre. Boksen designes når man trykker “Design it” og pdf-filen oversendes umiddelbart. Dimensjonene er spesifisert i filen.

Programmet gir også mulighet til å lage enten lukkede bokser med 6 sideflater eller åpne bokser med 5 sideflater. Sistnevnte kan egne seg til skuffer.



Divider Box

Boxes with dividers

13. <https://www.makercase.com/#/>



En omsluttende ramme med spesifiserte mål kan legges rundt delene. Hak av “Draw bounding box”. Dette kan være særdeles praktisk dersom man ønsker å justere de endelige dimensjonene før kutting.



4.1.3 make-a-box

Nettadresse: <http://makeabox.io/>

Programmet lager også innelukkede bokser. Bredde, høyde og dybde kan spesifiseres i inch eller millimeter.

Sammenføyningen skjer kun ved hjelp av fingre. Fingerbredden (“Notch”) kan spesifiseres eller være uspesifisert. Er sistnevnte tilfelle velges fingerbredden lik 3 x materialtykkelsen.

“Kerf” angir bredden på kuttet som laseren gir. Ved å spesifisere denne bredden, kan fingrene tilpasses slik at sammenføyningene passer perfekt til hverandre. Man skal imidlertid være temmelig erfaren for å angi en optimal verdi. Dersom ingenting spesifiseres, settes bredden til 0,007 inch eller 0,18 mm. Erfaringer viser at skal man lage bokser hvor fugene passer godt sammen slik at man slipper å lime, bør man velge en kerf på ca. 0,2 mm, men her må man neste prøve seg fram siden både materialet og laserparametrene har betydning.

“Margin” angir marginene rundt tegningen av boksene, mens “Padding” angir marginene mellom sidene til boksen når de skrives ut på tegningen. “Strok” angir tykkelsen til linjene på utskriften.

“Settings” gir mulighet for å lagre eller hente tidligere parametere.



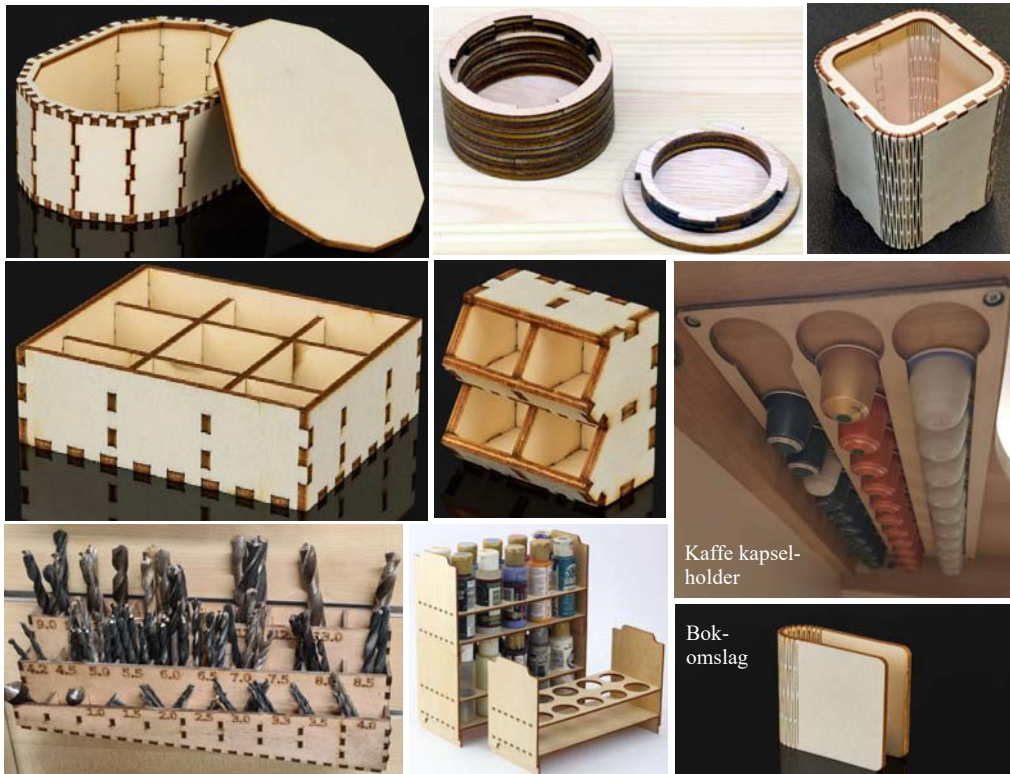
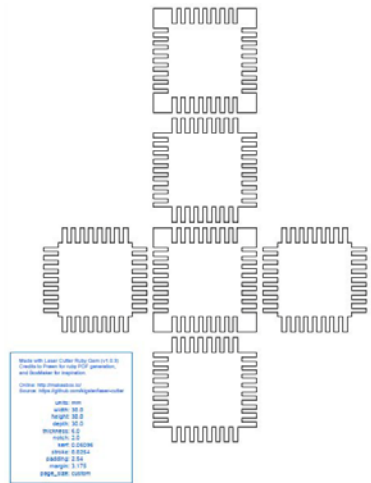
En praktisk egenskap ved dette programmet er at layouten på tegningen kan tilpasses ulike arkstørrelser. Om ønskelig kan også boksens parametere skrives ut i en egen ramme nederst i tegningen. Figuren til høyre viser utskrift av en terning som er 30 x 30 x 30 mm med en materialtykkelse på 6 mm. I tillegg har vi spesifisert fingerbredden til 2 mm.

4.1.4 Boksens.py

Dette programmet gir særdeles mange muligheter, men kan være litt krevende å bruke da det er mange parametere å holde styr på. Programmet finnes på denne adressen: <https://festi.info/boxes.py/>

Programmet handler heller ikke bare om rektangulære bokser av ulike slag, men gir mulighet til å lage runde bokser, bokser med rund "hjørner", konsoller, skuffeseksjoner osv.

Figuren under viser en del av mulighetene. Samtlige bokser er parametrisert slik at de kan skredsys til det aktuelle formålet.





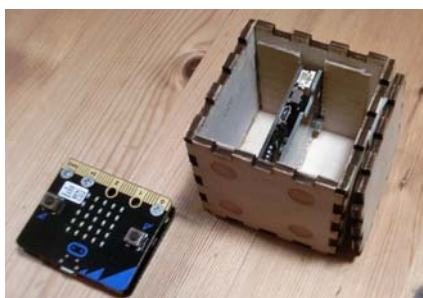
Figuren under viser en typisk parametrisering av en boks.

4.2 Eksempler på bruk av laserkuttede bokser

Når man bruker et programverktøy som “Make a boks” så ender man opp med en lukket eske med spesifiserte indre dimensjoner. En slik lukket boks har begrenset verdi, men med litt enkel bearbeiding kan den brukes til mange forskjellige formål.

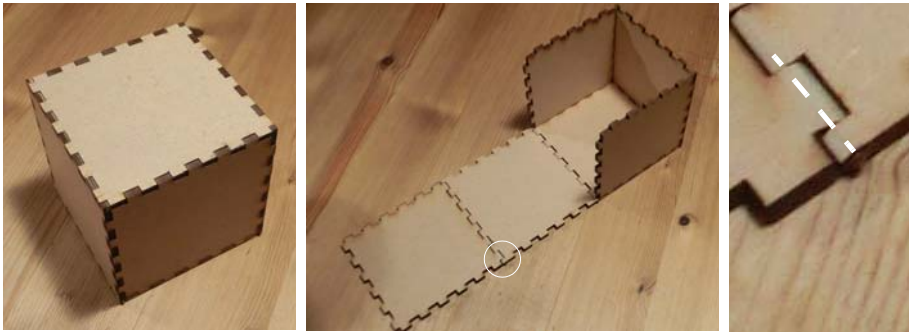
4.2.1 Bokser som terninger

En terning er en lukket kubisk boks. Med en passende størrelse og med markering av øyne på de seks sidene, så kan de brukes til å kastes med. Mer interessant blir terningen dersom den inneholder en micro:bit som registrerer orienteringen og overfører denne til en annen micro:bit som er programmert som en riste terning. Det brukeren av risteterningen ikke vet er at orienteringen av boksteringen bestemmer resultatet til risteteringen via trådløs kommunikasjon mellom de to.



4.2.2 Bokser som kan åpnes

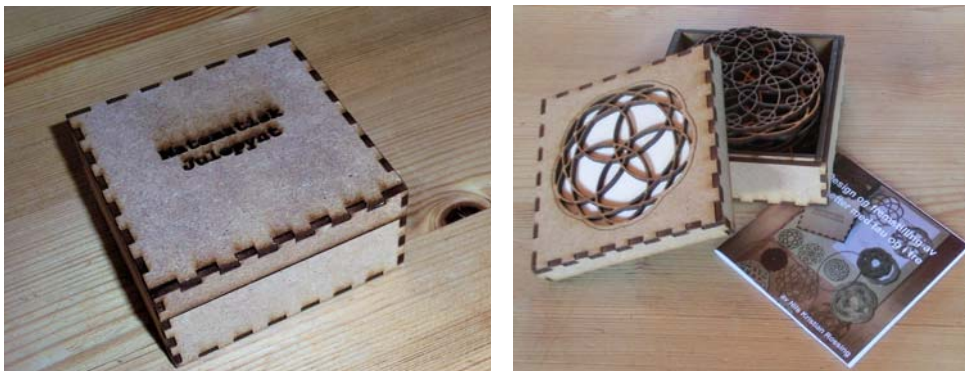
Det kan være litt krevende å lage boksen slik at en eller flere sideflater kan brettes ut slik at den kan åpnes. I dette eksempelet ønsket vi å vise hvordan en utbrettet kube ville se ut. Dermed var det nødvendig å hengsle alle sideflatene. Dette ble gjort ved å bore tynne hull gjennom sidene til fingrene som gikk inn i hverandre langs sidekantene. En stift i hvert hjørne var tilstrekkelig.



4.2.3 Boks med lokk

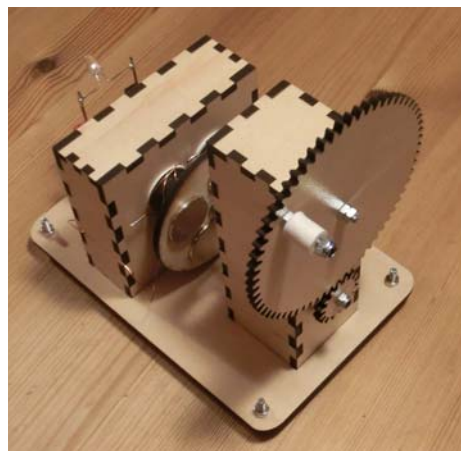
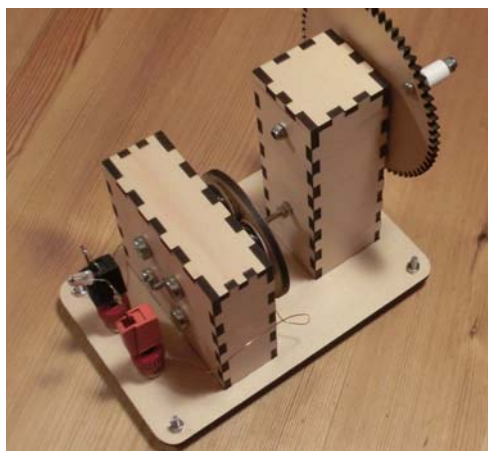
Ønsker man en boks med lokk så kan man enten lage to bokser, en som går utenpå den andre; for så skjære bort, henholdsvis øverste og nederste delene av de to boksene. Dermed blir det to halvbokser hvor den videste boksen kan brukes som lokk over den minste.

Alternativt kan man lage en boks og dele denne på tvers slik at den øverste delen blir lokk og den nederste blir selve boksen. Siden tverrsnittet av boksene blir likt, kan ikke den ene gå utenpå den andre. I stedet lager man en foring på innsiden av boksen som stikker noen millimeter opp over kanten slik at lokket holdes på plass som vist på figuren under. Lokket kan ev. utsmykkes med ornamenter

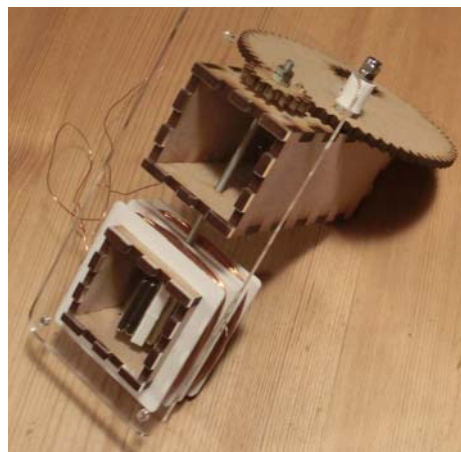
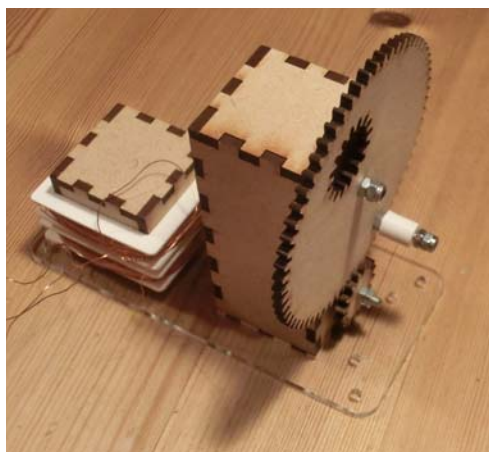


4.2.4 Bokser som braketter

Noen ganger kan man trenge stødige braketter for akslinger, som her for disse to håndgeneratorene for demonstrasjon. Siden dette kun er utstyr for demonstrasjon så har vi valgt bokser som stødige braketter. Bunnplata i boksen fjernes og fingrene fuges ned i monteringsplata.



I denne varianten har vi også brukt en av boksene som hus for den roterende magneten, og som holder for to 3D-printende spoleformer der statorspolen er viklet.



4.2.5 Skuffesystem

En boks som er åpen i toppen kan også oppfattes som en skuff og settes inn i et rammeverk som vist på bildene under. Her er topplatene tatt av og fingrene fjernet. Et rundt hull i fronten gjør det lettere å dra ut skuffen.



Spalter i sidene på skuffene kan lages slik at det er mulig å sette inn en eller flere skillevegger. To smale spalter i fronten gjør det mulig å sette inn en merkelapp med innholdfortegnelse. I en reol er det ikke vanskelig å lage skuffer med ulik bredde som vist på bildet under. Tar man ut en skuff har man også en hylle.

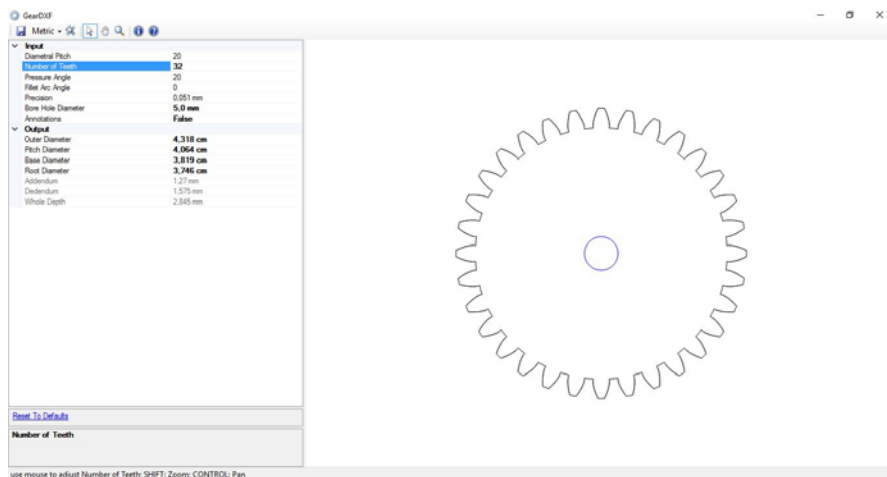




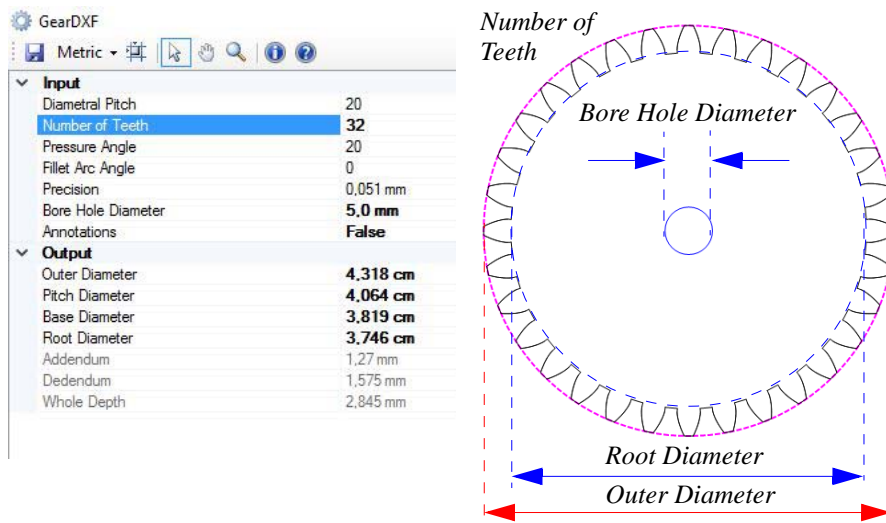
4.3 Verktøy for framstilling av tannhjul

Det finnes en rekke ulike programmer for generering av tannhjul. Vi har valgt å bruke GearDXF fordi programmet er gratis og brukerterskelen er svært lav¹⁴. Programmet leverer kun DXF-filer som ikke kan importeres i PowerPoint for å generere pdf-filer. Filene kan imidlertid inkluderes i FrameMaker og direkte i FlexiDesigner.

Figuren under viser brukergrensesnittet:



Ved hjelp av menyen til venstre kan man definere de fleste parametere knyttet til enkle tannhjul. Figuren viser et nærbilde av designmenyen.



Figuren til høyre over viser noen av de viktigste parametrene:

14. Programmet kan lastes ned fra: <http://www.forestmoon.com/Software/GearDXF/>

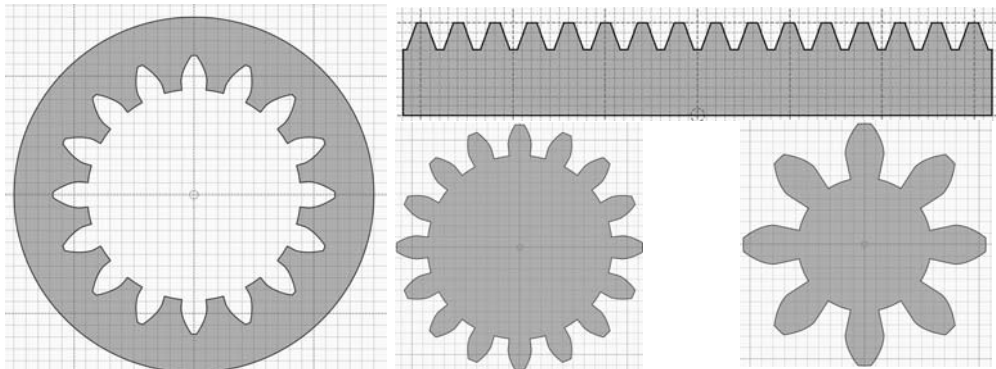
- **Number of Teeth** – Er antall tenner plass rundt tannhjulet
- **Bore Holde Diametre** – Diameteren til akselhullet
- **Outer Diameter** – Tannhjulets ytre diameter mellom tuppen av tennene
- **Root Diameter** – Tannhjulets diameter regnet fra innerst i gropen mellom tennene

I tillegg er *Diametral pitch* og *Pressure Angle* viktig.

- **Diametral pitch** – Bestemmer størrelsen på tennene og dermed også ytre diameter på tannhjulet. Dersom verdien økes, reduseres ytre diameter og omvendt. 20 kan være et rimelig utgangspunkt.
- **Pressure Angle** – Angir vinkelen mellom forbindelseslinjen mellom de to tannhjulene og retningen til kraften som overføres mellom to tenner.

Forøvrig er nomenklaturet forklart i <https://en.wikipedia.org/wiki/Gear#Nomenclature>.

På nyere versjoner av programmet kan man også lage innvendige tannkranser og tannstag. Se figuren under.



4.3.1 DXF Viewer

Programmet DXF Viewer kan hentes fra adressen: <http://www.dxfviewer.com/>

Designing Exchange Format er et filformat for utveksling av tegnefiler som brukes av AutoCad og andre, f.eks. GearDXF. Noen ganger kan det være praktisk å kunne se på slike filer.



Programmet DXF Viewer er et særdeles enkelt program som kun henter opp DXF-filer og viser dem på PC-skjermen. Brukergrensesnittet er vist under:



4.4 Verktøy for oppretting av bilder av fasader

Å gravere fasader av huse med utgangspunkt i bilder tatt av hus i nærområdet kan være et attraktivt øvelse i en skoleklasse. Imidlertid vil fasader tatt fra bakken ofte lide under perspektivet ved at parallelle hushjørner ikke blir parallelle men møtes i et perspektivpunkt et sted over huset som vist på figuren til høyre.

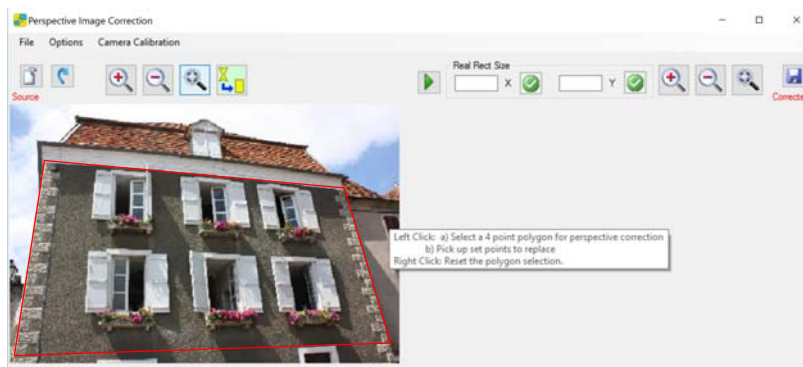


Normalt vil en ta bilde av hele fasaden, men bildet til høyre kan egne seg for å demonstrere oppretting av perspektivet¹⁵.

Fra: Sauveterre i Frankrike

Vi benytter programmet: "Perspective image correction"

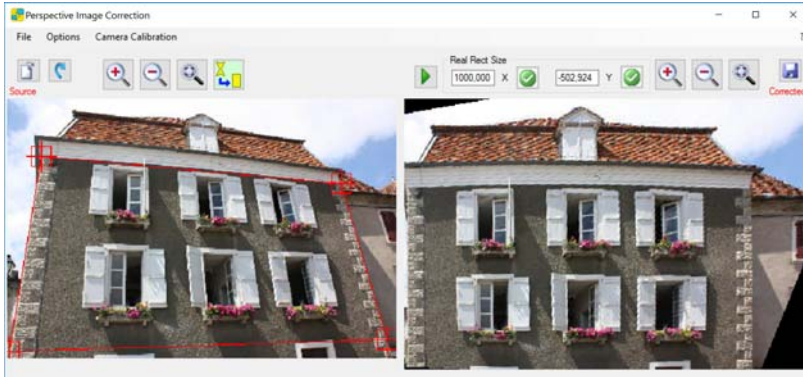
(<https://sourceforge.net/projects/perspectiveimg>). Programmet er lett å bruke. Figuren under viser brukergrensesnittet.



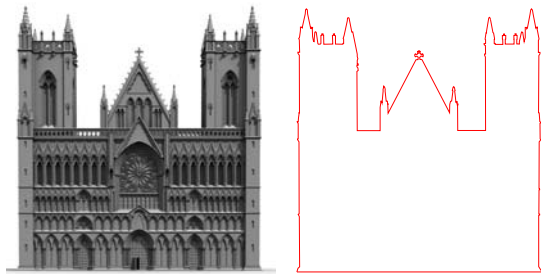
Bildet på figuren over er lastet opp i programmet med kommandoen: File/Load source image/ Dernest rammes inn en del av fasaden som en vet skal danne et perfekt rektangel. Dette er vist som en rød ramme i figuren over.

15. Bildet er lånt fra: <http://www.vakrehager.no/vinduer-og-fasader/> og tatt av Heidi Caroline

Til venstre på figuren under ser vi det ukorrigerede bilde. Til høyre det korrigerede bildet. Vi legger merke til at gesimsen buer, hvilket skyldes at det samme er tilfelle på originalen, noe dette programmet ikke er istand til å korrigere.



Man kan nå lagre det korrigerede bilde og ta det opp i et tegneprogram hvor man kan legge inn en kuttkontur som er omrisset av fasaden og som skal brukes til å skjære ut fasaden etter at den er gravert. Til høyre ser vi en opprettet Vestfront av Nidarosdomen med skjærekonturen tegnet inn lengst til høyre. Skjærekonturen må legges eksakt over graveringen av Vestfronten.



Bildet under viser den ferdig graverte Vestfronten. Den er gravert i 3,2 mm MDF (“Medium Density Fiberboard”) dekket med et tynt lag med hvit plast

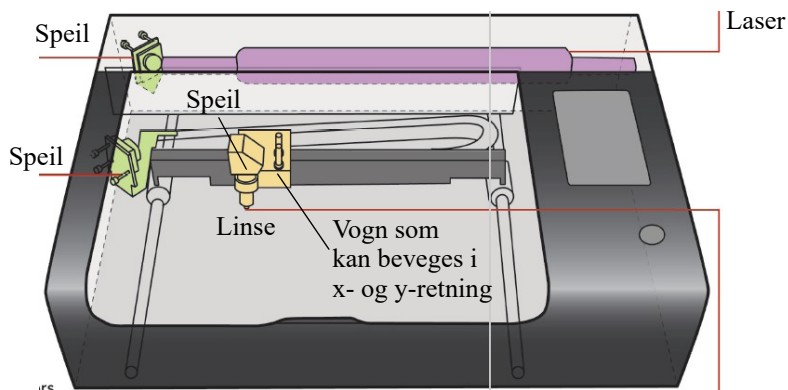




Slik kan man i prinsippet gjøre med alle sidene av en bygning, dog må det sies at Nidarosdomen nok ikke er den bygningen man bør begynne med. Man bør finne et enkelt hus som kan fotografes fra alle sider dersom man ønsker å bygge en modell av bygningen. Dernest må størrelsen av sidene tilpasses hverandre slik at de ulike delene kan settes sammen til en rettvinklet bygning. Dette kan være en krevende oppgave.

5 Laserkutting med bruk av Beambox by Flux

Figurebn under viser Beambox laserkutteren som er innkjøpt av Trondheim kommune.



Viktig

1. Forlat aldri maskinen når den arbeider
2. Pass på at det er utstyr for brannslukning i nærheten ved bruk
3. Maskinen skal alltid opereres av voksne som har fått opplæring i forsvarlig bruk
4. Prøv aldri å reparere eller modifisere laserkutteren selv
5. Stirr ikke inn i flammen som oppstår ved bruk
6. Bruk materialer som er godkjent for laserkutting og som ikke slipper ut skadelige gasser eller lett tar fyr
7. Ikke forsøke å kutt flere plater som er stablet på hverandre
8. Dersom det oppstår en vedvarende flamme som ikke slukker når laserstrålen har passer så skal maskinen slås og flammen slukkes med et vått håndkle
9. Avtrekkes skal enten ledes ut av et vindu eller via filterenheten. Slipp aldri avgasser ut i rommet



5.1 Utpakking og montering

Dersom maskinen er brukt tidligere så kan man passe på følgende:

1. Ta vare på original emballasjen. Den skal brukes når den skal fraktes.
2. Vær alltid to for å løfte Beambox ut av boksen
3. Koble til 230V i kontakt på baksiden
4. Koble til avtrekksslangen til vifteutgangen på baksiden. Legg den ut et vindu eller koble til filteret.
5. Koble Ethernet kabelen til Beambox og til PC'en. Vi foretrekker kabel framfor trådløs kobling.
6. Slå på laserkutteren med knappen bak (2) og trykk på knappen under displayet.



230V (2) Ethernet kabel til PC (3) USB Plugg (4)

Dersom laserkutteren er helt ny og skal pakkes ut og monteres for første gang, følg oppskriften i manualen.

Sjekk at det er nok kjølevann

Beambox har vannkjøling noe man må være klar over dersom man skal flytte laserkutteren. Unngå å sett laserkutteren på siden eller opp-ned.

1. Skru opp skruen på baksiden slik at dekselet kan svinges opp.
2. Sving opp dekselet, se bilde til høyre
3. Finn menyen som vist på displayet der det står PUMP og kjør kjølevannpumpa manuelt
4. Se om det går luft i slangene under dekselet bak. Om det er tilfelle. Skru opp skruen og fyll på mer destillert vann. Destillert vann fås på apotek kalt apotekervann.



5.2 Beam studio

Vi skal nå vise hvordan vi kan bruke den tilhørende programvaren for håndtering av filene vi ønsker å skjære på laserkutteren.



Normalt vil programvaren ligge på den medfølgende PC'en slik at det er unødvendig å installere den. Det er viktig at den tiltenkte PC'en brukes til den aktuelle laserkutteren. Om det skulle være nødvendig med en installasjon så finnes siste versjon av programvaren på:

<https://flux3dp.com/downloads/>

5.3 Grunnleggende bruk av Beambox

Vi skal nå gå gjennom de grunnleggende trinnene for å kunne skjære ut det vi har tegnet.

5.3.1 Juster fokus

Det første vi må gjøre er å justere fokuset.

1. Legg inn arbeidsstykke slik at det i sin helhet ligger på rista, skjærebordet.
2. En plastbit – proben – er festet nær hodet til laserkutteren. Drei proben slik at den peker ned mot skjærebordet.



3. Juster fokus

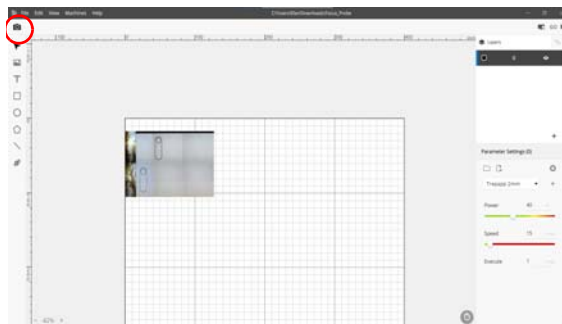
Bruk justeringsknappen i framkant av skjærebordet til å luste bordet opp eller ned slik at det så vidt berører arbeidstykket. Sjekk alltid fokus for hvert nytt arbeidsstykke.



Ta et oversiktsbilde

4. Oversiktsbilde av arbeidstykket

Åpne Beam studio og klikk på fotoapparatet øverst i venstre hjørne. Du får da opp en innboks der du kan velge din laserkutter, se bildet til høyre. Denne boksen kommer ikke opp dersom laserkutteren er koblet til PC'en med ethernet-kabel.



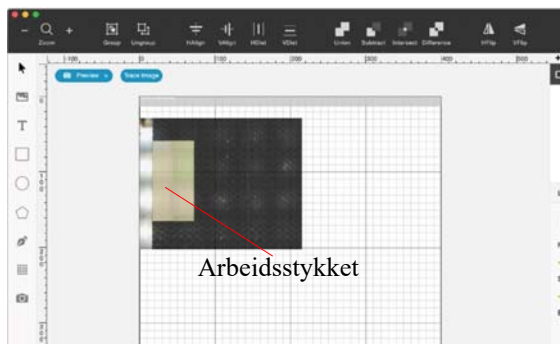
Markøren vil vises som et kamera.

Dra markøren over området der arbeidstykket ligger. Klikk igjen eller trykk Esc for å folate "preview" modus.



Dersom maskinmenyen er blank, sjekk at forbindelsen med PC'er korrekt oppkoblet (se side 101 i brukerveiledningen).

5. Et bilde av det valgte området vil vises på skjermen med arbeidsstykkeket.



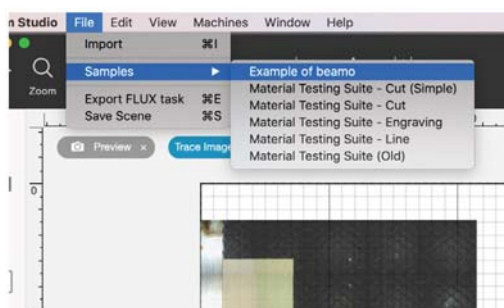
5.3.2 Importer en testfile

6. Hent et eksempel

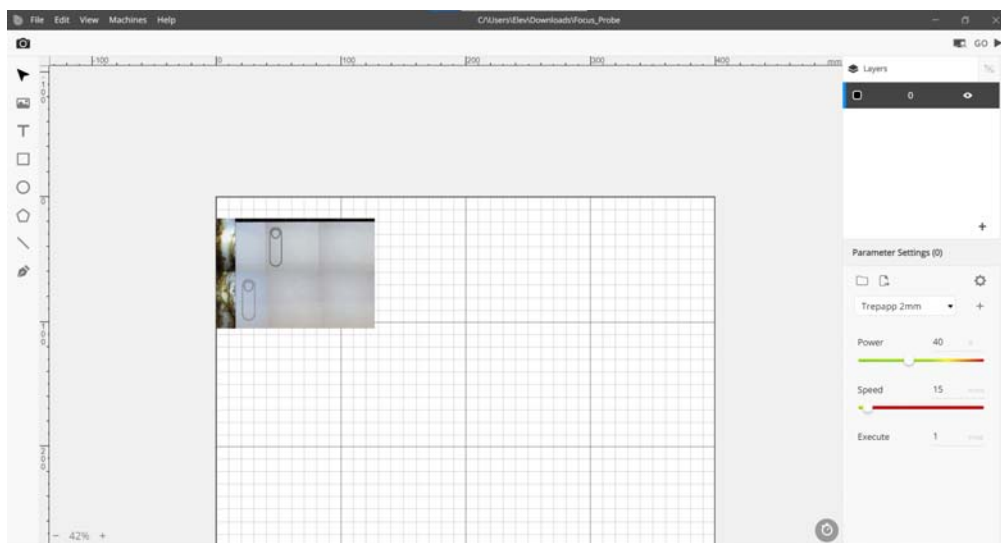
Velg

Menu > File > Samples > First Engraving.

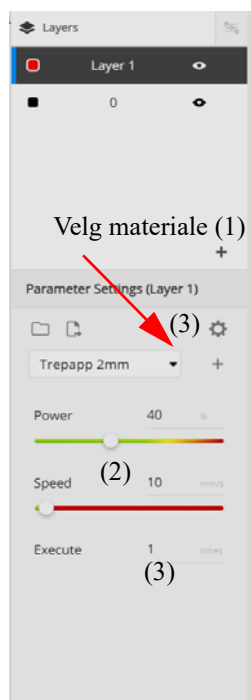
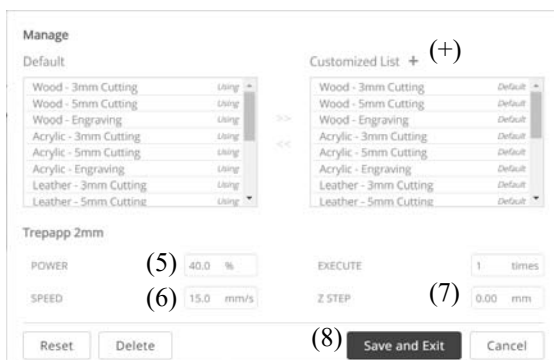
Hent filen og plasser den på arbeidsstykke der du ønsker at den skal bli skåret ut eller gravert. Du står selvfølgelig fritt til å hente andre modeller som du selv eller andre har laget



7. Velg materiale og funksjon, kutt eller graver



I menyen til høyre i skjermbildet kan vi velge *effekt* og *hastighet* etter som vi skal gravere eller skjære. Enten finner vi materialet vi ønsker å bruke, i menyen (1), eller vi kan gjøre våre egne valg mht. effekt og hastighet med spakene nederst i menyen (2). Vi kan også velge å kjøre flere etterfølgende runder (3), noe som spesielt kan være nødvendig ved tykke materialer. Dersom vi ønsker å legge inn parametere til et nytt materiale i menylista, så velger vi tannhjulet midt på til høyre i menyen (4). Da kommer det opp en større dialogboks der vi kan skrive inn navnet på det nye materialet og sette opp parametrene.

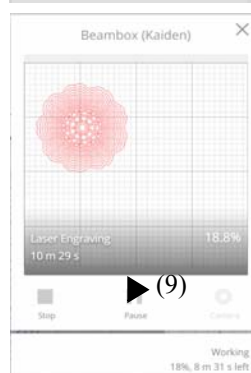


Vi trykker da først på (+) og skriver inn navnet på det nye materialet. Husk å nevne tykkelse og om det gjelder kutting eller gravering, i navnet. Velg så riktig parametere *Effekt* (5) og *Hastighet* (6), og antall runder. Trykk så “Save and Exit” (8).

Vi er nå klare til å skrive ut modellen.

8. Skriv ut

Trykk på “Go” øverst i høyre hjørne. Da vil det komme opp et vindu som viser utskriftsmodellen plassert på arbeidsflata. Nederst står det en trekantet “PLAY”-knapp (9). Når vi trykker på den, vil utskriften starte.



Du kan da stoppe eller sette utskriften på pause om du ønsker det.

9. Resultatet

Dersom resultatet er for blekt eller uklart, sjekk om laseren har vært i fokus. Hvis fokus er riktig, sjekk om den optiske veien til strålen er tilfredsstillende (se side 60 i brukerveiledningen). Dersom resultatet varierer med omfanget av forhåndsvisningen, sjekk om kameraet er riktig innstilt (se side 95 i brukerveiledningen).





5.4 Programvare – brukergrensesnitt

5.4.1 Filformater

For skjæring brukes normalt figurer på **vektorformat**. Dvs. at filen består av koordinater som det trekkes rette linjer mellom. Det er flere filformater som lagrer informasjonen på vektorformat. For skjæring kan Beambox bruke SVG eller DXF.

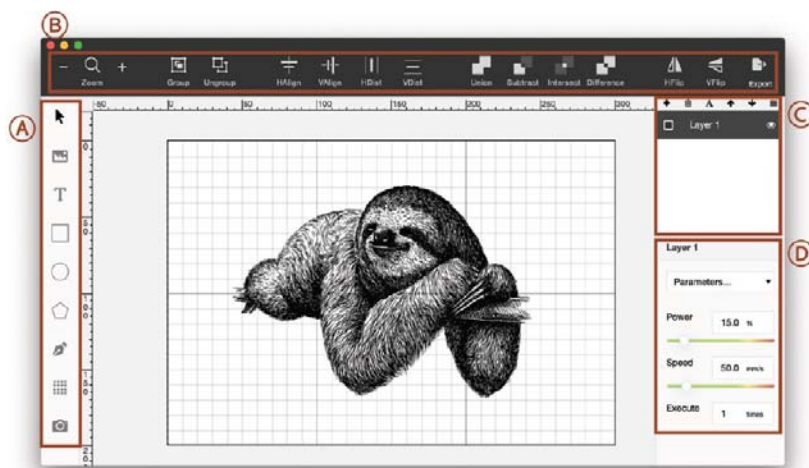
For gravering brukes **bitmapformat**. Dvs. at et bilde angis som punkter som dekker hele bildeflaten. Hver punkt er angitt med en *styrke* eller *graveringsdybde*. Disse egner seg godt for å gjengi fotografier, figurer eller tekst. For gravering kan Beambox bruke JPG eller PNG.

5.4.2 Brukergrensesnitt

Figuren til høyre viser introduksjonsvinduet til Beam studio.








Layout kan være litt forskjellig avhengig av hvilken utgave av programmet som brukes.

I figuren under er listet opp de vanligste kommandoene i Beam studio:













Editering av objekter og Plassering av objekter

A. Object Editing

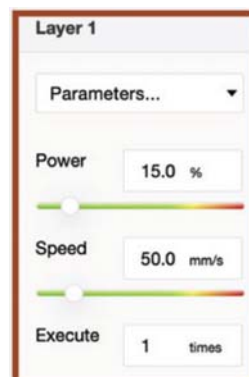
-  : Select or move a specific object
-  : Import JPG/PNG/SVG/DXF file. You can also drag the file into the software
- T** : Font, size and spacing can be set when a text object is created. Enable Infill or "Outline"
-  : Set dimensions for a rectangular object
-  : Set dimensions for an oval object
-  : Set dimensions for a polygon object
-  : Create a vector curve
-  : Copy selected objects into a rectangular array
-  : Enable / disable camera preview

B. Object Placement

-  : Zoom in and zoom out
-  : Group multiple items together
-  : Ungroup items
-  : Align multiple items horizontally
-  : Align multiple items vertically
-  : Distribute selected items horizontally between the left and right borders
-  : Distribute all selected items vertically between the top and bottom borders
-  : Merge and unite multiple items into one
-  : Subtract the overlapping area of two items
-  : Keep the overlapping area of multiple items

Sett effekt (Power) og hastighet (Speed) (D)

Effekt og hastighet kan, som vi har sett, settes i en nedtrekksmeny og vil være forskjellig for ulike materialer. I nedtrekksmenyen finner vi parametere for noen vanlige materialer. Effekt angis som prosent av maksimal effekt som er 40W, normalt anbefales det ikke å gå over 60 – 70% av maksimal effekt da det vil redusere levetiden til laseren. Den virkelige hastigheten angis som mm/sek. I tillegg kan man sette opp et antall gjentakelser, som kan være nødvendig for å skjære gjennom tykkere materialer.



Gravering

Gravering gjøres punkt for punkt og hvert punkt graves med sin styrke. Dvs. at laseren må gå over hvert eneste punkt på bildeflaten noe som tar tid. Som nevnt brukes JPG og PNG filer for gravering. I tillegg til effekt og hastighet kan man sette oppløsning som angir hvor tett linjene skal skrives ut. I menyen Meny > Edit > Setting kan man velge mellom følgende setninger: 0.2mm / 125 dpi, 0.1mm / 250 dpi og 0.05mm / 500 dpi. Lav oppløsning krever kortere tid, men gir en grovere utskrift enn det man får ved høy oppløsning som tar lengre tid.

5.5 Utskrift av kurvmodeller

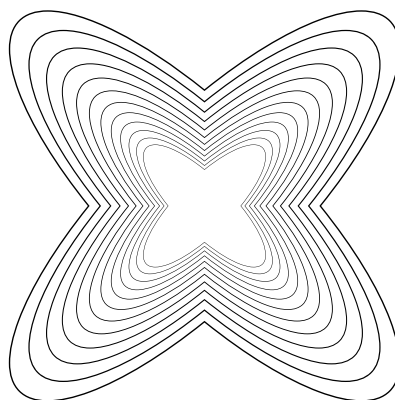
1. Lagring av tegning

Vi har tegnet vår skålmodell i Inkscape eller i CorelDRAW og sørger for å lagre den i SVG- eller DXF-format. Bruker vi Inkscape passer vi på lagre file som enkel SVG-fil.

2. Gjør klar skjærefila

Det enkleste er å overføre skålmønsteret på en minnepinne over til PC'en som er koblet til laserkutteren. Vi henter opp fila og legger den i en katalog som vi har opprettet for dette formålet.

Figuren til høyre viser et kurvmønsteret vi har tegnet.



3. Legg på plass arbeidsstykket og scan

For å kunne legge på plass tegningen på arbeidsstykke må vi scanne arbeidsstykke med kameraet. Da vil vi se hvor på arbeidsstykke det er plass til utskriften vår. Vi legger på plass arbeidsstykket og scanner et passende stort område av arbeidsflaten.

4. Hent tegningen og legg den på plass

Tegningen skal nå være i format 1:1. Om vi ønsker det så kan vi flytte fila rundt på arbeidsstykke og evt. skalere den om vi ønsker det.



5. Velg materiale og skjær ut

Vi velger materiale fra lista vår. Dersom det ikke finnes i lista, så bør vi lage oss en meget enkel tegning, f.eks. en ring, og prøveskjære med den, til vi har funnet de optimale skjære parametrene. Når vi har funnet dem, kan vi legge dem inn i lista vår til neste gang.

6. Start skjæring

Vi starter skjæringen og venter til den er ferdig. Dersom vi oppdager at den ikke skjærer gjennom materialet, kan vi starte jobben på nytt og skjære en gang til. Dette synes å gå bra så fremt vi ikke rører arbeidsstykket mellom hver runde.

7. Løft av skåla

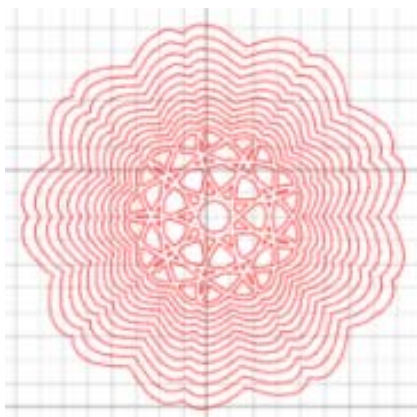
Vi har nå fått en flatpakket skål som skal løftes bort fra skjæreplata. Skåla kan ha mange deler, og selv om man mener at den er helt symmetrisk kan det være lurt å legge en tape på tvers av skåla slik at alle ringene holder seg på plass som vist på bildet til venstre.

8. Prøvelegg skåla først

Det kan være lurt å prøvelegge skåla før den endelige monteringen, dermed får man det beste resultatet. Det er vanskelig å gjøre om på en monteringsring etter at den er ferdig limt.

9. Resultatet

Bildet til høyre viser hvordan en skål kan bli seende ut etter montasjen. I dette tilfellet har vi brukt 2 mm trepapp. Fordelen med den er at det går raskt å skjære ut, den brukte ca. 10 minutter på denne skåla. Ulempen er at den ikke er særlig robust.



6 Tilrettelegging og skjæring av mønster på vinylkutter

I dette kapittelet skal vi trinn for trinn vise hvordan vi går fram for å skjære mønsteret vi tegnet med Inkscape på vinylkutteren. Vi forutsetter at skjærefila finnes i dxf-format.

Programmet Silhouette Studio lastes ned og installeres fra www.silhouetteamerica.com/software.

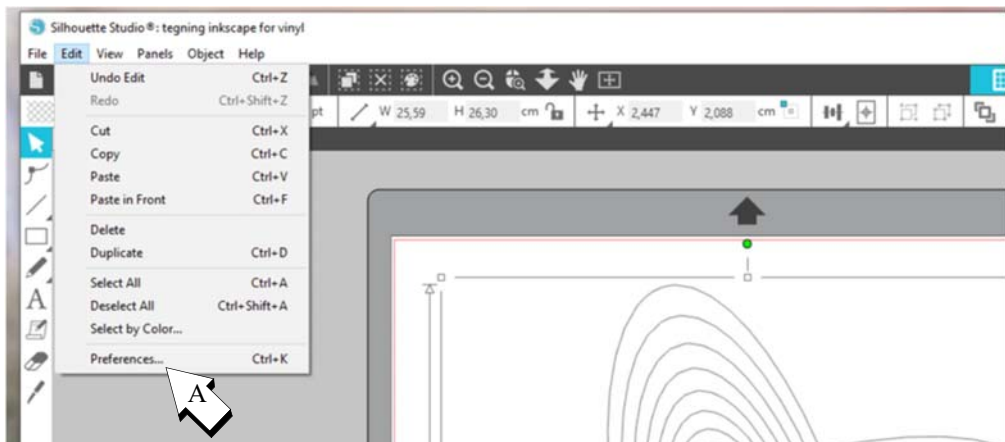
Før du kobler til Silhouette Cameo4 er det viktig å forsikre seg om at versjon 4.5.254 eller nyere versjon av Silhouette Studio er installert i datamaskinen. I skrivende stund er det versjon 4.5.152 som ligger ute for nedlasting. Versjonsnummeret kan man sjekke ved å klikke *Help* → *About Silhouette Studio* i programmet.

Første gang man bruker vinylkutteren Cameo4, *må* den kobles til en datamaskin via USB, *ikke* bluetooth. Dette er for å oppdatere maskinens firmware. Det skjer automatisk via Silhouette Studio og kan ta opptil 15 minutter. Når oppdateringen er fullført, vises det i programmet med en grønn tekst som sier: CLEAR.

Har dere spørsmål angående maskin, oppsett, kutteinnstillinger eller annet, meld deg gjerne inn i Facebook-gruppa som heter Kreativshop.no. Det finnes også kutteinnstillinger til svært mange varianter av vinyl på www.kreativshop.no/pages/kutt.

6.1 Forberedende arbeider i Silhoutte Studio

Fordi Silhouette Studio¹⁶ er et amerikansk produkt vil det når vi åpner det først gang være lurt å gå inn på *Edit* og velg *Preferences* (A).



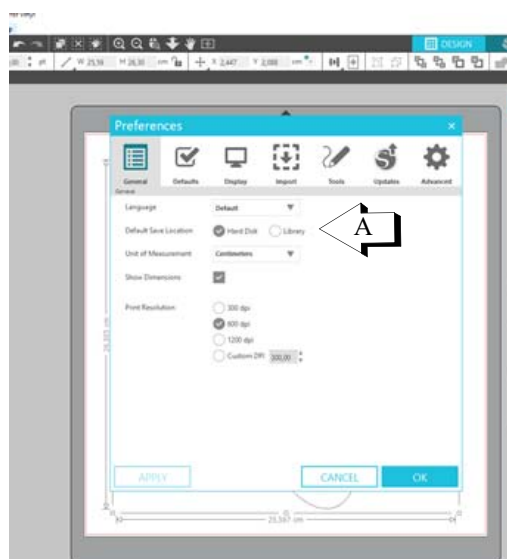
16. Programmet er gratis og kan lastes ned fra: <https://www.silhouetteamerica.com/software> Programmet må installeres på PC.



Man får da opp et vindu hvor man kan endre på innstillinger. For oss er det enklest å jobbe med *cm* og ikke *inches*, dessuten kan vi endre språk om vi ønsker det (norsk finnes ikke, men dansk og svenske finnes). Vi har valgt å benytte *Default* språk som er engelsk.

Vi kan også velge om vi vil lagre til *Hard disk* eller til *Library*. For de av dere som jobber i skole er det lurt å velge *Hard disk* (A).

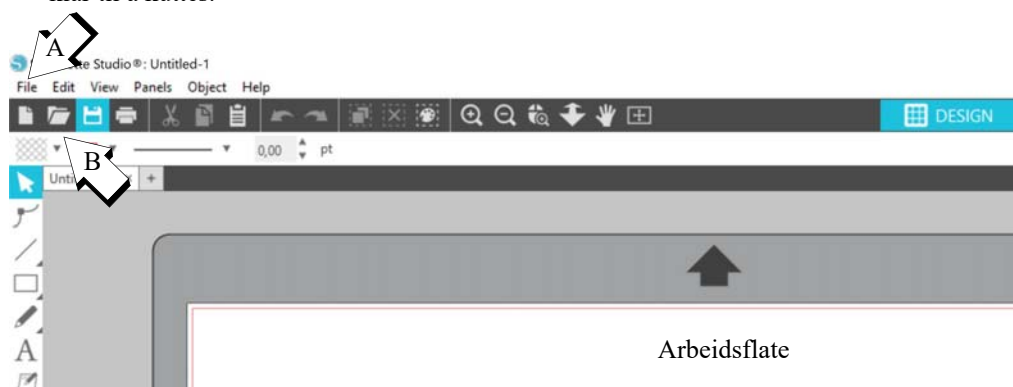
Velg ønskede innstillinger og trykk *Apply*.



1. Verktøy i Silhouette Studio

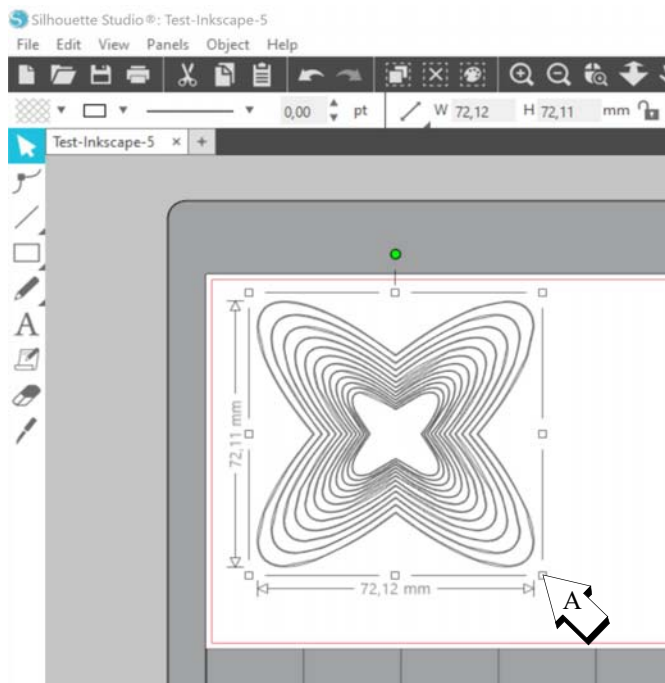
Programmet Silhouette Studio kommer med en rekke nyttige verktøy som vi her ikke vil komme inn på, men som man kan studere på egen hånd etter behov.

2. **Hent opp skjærefilen:** Det enkleste er å åpne filen som ligger lagret på PC-en eller på en minnepinne, dette kan gjøres ved å åpne fil (A) eller ved å trykke på ikonet med mappesymbol (B). Åpner man filen i dxf format er den klar til å kuttes.



Den lagrede filen i dxf format vil legge seg på arbeidsflata klar til skjæring uten at vi trenger å gjøre mer med filen. Dersom vi synes den er for stor, kan vi endre størrelsen ved å ta tak i ett av de firkantede "håndtakene" (A under) og endre på størrelsen slik at den får den ønskede

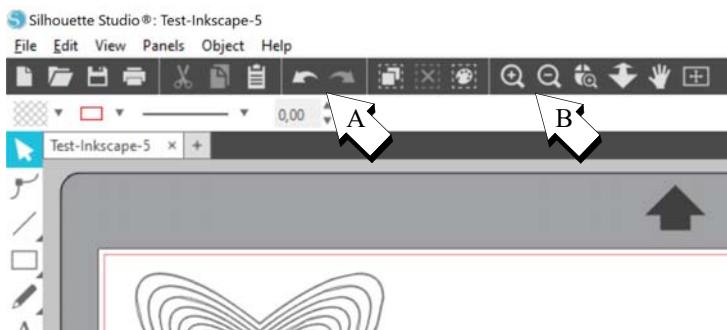
størrelsen. Legg merke til at når figuren merkes så angis målene i millimeter.



3. **Plassering av mønsteret:** Når man er fornøyd med størrelsen er det lurt å plassere designet så langt opp i venstre hjørne som mulig, men innenfor den røde streken langs kanten, dette for å være så økonomisk som mulig med vinylen. Det er da klart for å velge vinyl og det er lurt å velge et stykke som er litt større enn designet vårt. Ønsket farge og type vinyl plasseres på kuttematten. Påse at vinylen er festet med riktig side opp slik at kuttet blir riktig. Oppsiden er gjerne ensfarget, mens undersiden er gjerne matt. Vinyl som skal kunne klistres på en overflate, har gjerne et blankt papir på undersiden som kan fjernes som hos et klistremerke.

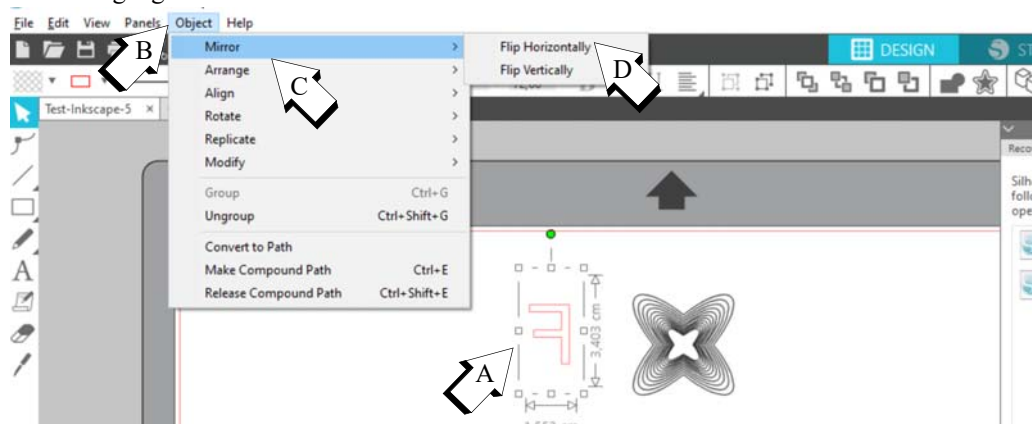
Andre nyttige «knapper» i programmet

Det finnes noe kjekke funksjoner i programmet som gjør arbeidet lettere.





4. **Angre:** Pilene merket med A (se figuren over) er veldig praktiske å bruke når man jobber med designet. Den lar deg angre siste handling, noe de fleste bruker hyppig?
5. **Forstørre:** Forstørrelsesglassene, merket med B lar deg zoome inn og ut av designet ditt og er en særdeles nyttig funksjon. Dette gjelder spesielt om man laster ned et design fra nettet og vil tilpasse det etter eget ønske ved for eksempel å fjerne deler av mønsteret. Funksjonen som gjør det mulig å fjerne deler av et mønster, er ikke tatt med her.
6. **Speile:** Dersom vi skal overføre tekst eller symboler til en overflate, så kan vi ha behov for å speilvende motivet. Dette kan enten gjøres før vi sender det til vinylkutteren eller akkurat idet vi sender fila over. Vi anbefaler å gjøre det før vi overfører til vinylkutteren, da vi på den måten har full kontroll med hvor symbolet plasseres på vinylen. Figuren under viser framgangsmåten.



- Merk symbolet som skal speilvendes (A).
- Velg *Object* fra menylinjen (B).
- Velg *Mirror* fra nedtrekksmenyen (C).
- Velg om speilingen skal *Flip Horizontally* som speiler om en vertikal akse eller *Flip Vertically* som speiler om en horisontal akse. (D).
- Vi har valgt *Flip Horizontally* siden vi har med tekst å gjøre. Figuren over viser resultatet av speilingen (A).

Symmetriske figurer som den ved siden av trenger selvfølgelig ingen speiling.

Vi er da klare til å skjær ut designet vårt og starter med å finne fram og slå på vinylkutteren.

6.2 Betjening av vinylkutter

1. **Koble opp og start vinylkutteren:** Vinylkutteren CAMEO4 tas ut av emballasjen og tilsluttes 230V via adapteren som kobles til strømmettet. Deretter slås maskinen på med strømbryteren på høyre side.



2. Vinylkutteren kobles til PC med en USB kabel (se bildet under).



3. **Legg vinylen på skjære matta:** Dernest klippes ut et passelig stykke vinyl som legges øverst i venstre hjørne på skjærematten med den svarte pilen på matten pekende inn mot vinylkutteren.

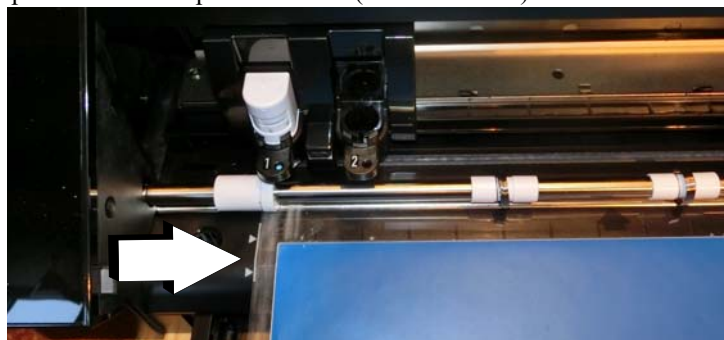


Foto: Eva H. Hagen

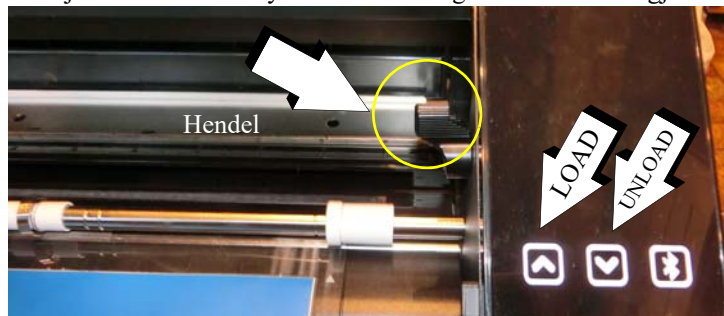


Det er viktig at vinylen legges på skjærematten med riktig side opp slik at kuttet blir slik vi ønsker det. Vinylen på bildet er vanlig heat transfer vinyl (HTV) og er lagt med den matte siden opp og den blanke siden ned mot skjærematten. Det er også viktig at vinylen festes godt til den litt klebrige skjærematten. For å få best mulig resultat må man unngå luftbobler mellom skjærematten og vinylen. Luftbobler eller rusk kan medføre at kniven gjør hopp slik at kuttet blir mangelfullt.

4. **Plasser vinylen i kutteren:** Skjærematten settes inn i vinylkutteren ved å legge den kant i kant med pilene til venstre på matebrettet (se bildet under)



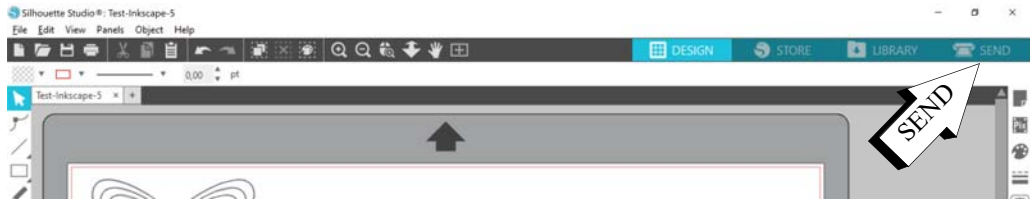
5. Man trykker så på **LOAD** og matten mates inn i vinylkutteren ved hjelp av hjulene. For at vinylen skal sitte godt fast og ikke bevege seg når maskinen kutter, er viktig at *hendelen* som holder hjulene på plass, står i posisjonen vist på bildet under. Dersom skjærematta med vinylen kommer skjevt inn kan man trykke **UNLOAD** og den kommer ut igjen.



Slik ser det ut når matten er matet riktig inn i vinylkutteren som nå er klar for kutting.



6. Tilbake i Silhouette Studio velger man fanen SEND, øverst lengst til høyre, og får opp menyen for materialvalg.



7. **Valg av vinyl** kan være en utfordring.
Figuren under viser noen typer som har vært brukt ved Vitensenteret i Trondheim.



Vinyl



- Ulike typer vinyl til ulike bruk
 - Vegg-vinyl
 - Utendørs vinyl
 - HTV (Heat Transfer Vinyl)
 - Matt, glinsende, reflekterende, metallisk, holografisk og flock

I den opprinnelige pakken fra kreativshop.no følger også med ulike typer vinyl i tillegg til de to som ble bestilt:

- Siser electric gold lens
- Siser electric cranberry
- Siser electric oransje
- Siser electric blå

- Siser glitter sølv
- Siser glitter hot pink

- Siser easyweed lime
- Siser easyweed neon bringebærrosa
- Siser easyweed wicked purple
- Siser easyweed vegas gull



- Siser stripflock pro sitrongul
- Siser stripflock pro burgunder
- Siser stripflock pro sort

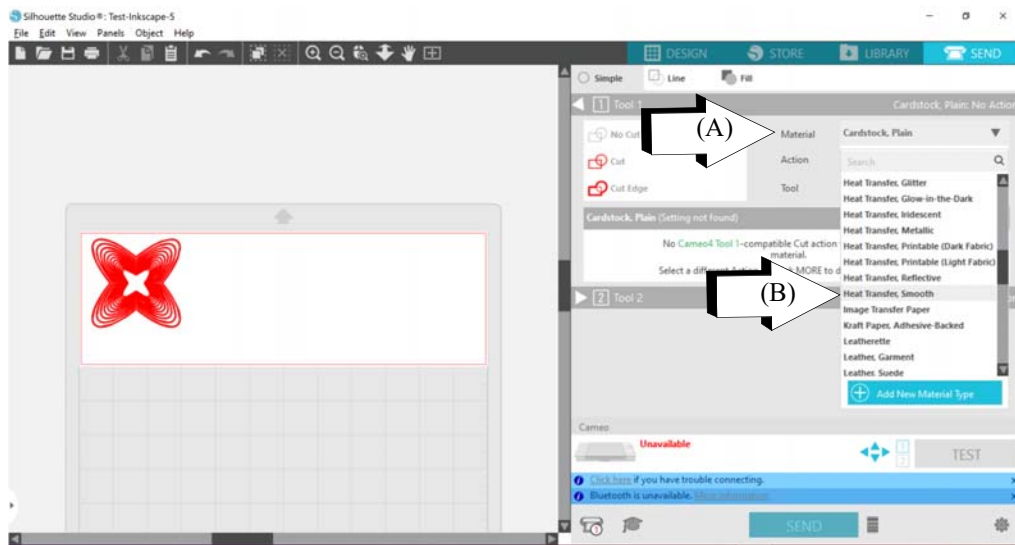
- Stahls switch UV lilla
- Stahls switch UV gul

Tabellen under gir noen innstillinger:

Merke	Kniv (Blade)	Fart (Speed)	Kraft (Force)
Siser Easyweed	2	5	10
Siser Glitter HTV	5	5	17
Stahls/Siser holografisk	5	5	18
Oracal selvklebende	2	5	7
HTV Flock			
HTV glatt			

Flere kutteinnstillinger finnes her: www.kreativshop.no/pages/kutt

8. **Velg materiale i Silhouette Studio:** I send-menyen under *Material* (A) velger man riktig type vinyl. I vårt tilfelle er dette *Heat Transfere Smooth* (B).

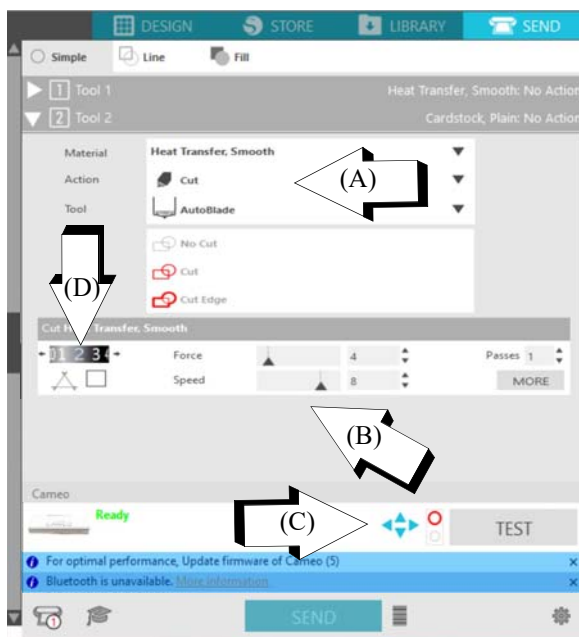


Riktig kutteinnstillinger vil da komme opp. Det er likevel alltid lurt å starte med å kjøre en test slik at man får det resultatet man ønsker. Man kan også se på «arbeidsbordet» at designet har fått røde linjer, dette indikerer hvor maskinen vil kutte.

9. **Kjør test:** Når man har valgt materiale og hvilken type kutt man ønsker (A), vil optimale innstillinger for vinyl-kutteren komme opp i vinduet under (B).

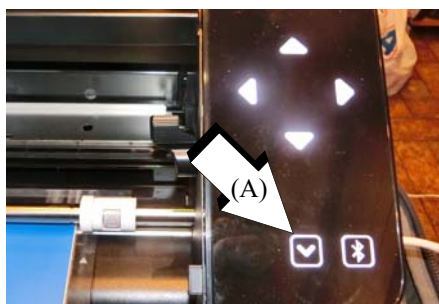
Man trykker så på TEST (C) og kjører en test for å se at innstillingene er riktige.

Innstilling av skjæredybde (D). Skal være riktig dersom man har valgt riktig materiale.



10. **Sjekk resultatet:** Etter å ha kjørt en test trykker man på UNLOAD (A) og skjærematten vil skyves ut av vinylkutteren slik at man kan sjekke at innstillingene er tilfredsstillende. Man skal kunne løsne vinylen samtidig som man påser at det ikke er kuttet igjennom plastbelegget.

Etter testen er det ønskelig at man skal kunne fjerne vinyl-trekanten/kvadratet som skjæres ut, uten at det er skåret igjennom plasten bak. Dersom man ikke får løsnet vinylen må man skjære dypere. Har man skåret gjennom plasten må man skjære grunnere. Skjæredybden stilles i menyen som er vist til høyre på figuren på forrige figur (D).



Normalt skal dette bli riktig dersom man har valgt riktig materiale. Det er imidlertid ikke uvanlig at en kan justere force og speed med hell. Det er imidlertid viktig å sjekke resultatet ved å kjøre en ny test.

11. **Klargjøring for endelig kutt etter test:** Når man kjørt testen vil man få en liten skade i vinylen øverst i venstre hjørne. For å unngå at dette ødelegger det endelige resultatet må man sørge for å flyttet motivet bort fra det venstre hjørne, eller snu arbeidsstykket 180° slik at testkuttet havner nederst på arbeidsstykket.
12. **Utfør endelig vinylkutt:** Dersom innstillingene er riktige, er det bare å sette skjærematten tilbake i vinylkutteren og skjære ut ønsket design. Når kuttet er ferdig, trykker man igjen på UNLOAD. Vinylen fjernes fra kuttematten og en finner fram *lukeverktøyet* (weeding tools)



for å fjerne overflødig vinyl.

13. **Fjerning av overflødig vinyl:** Ved hjelp av lukeverktøyet, luker man bort de delene av vinylen som ikke skal være med på trykket.



Lukeverktøy



Vinyl som er luket bort



Ønsket mønster

Foto: Eva H. Hagen

6.3 Bruk av varmpresse – Vinyl på tøy

Det neste vi da må gjøre er å overføre mønsteret til den gjenstanden eller det tøyet vi ønsker å dekorere:

14. **Overføring av mønsteret:** Når overflødig vinyl er fjernet er vi klare til å stryke/klistre designet på ønsket overflate. Husk at det kan være gøy å ta vare på noe av det overflødig og være kreativ med det også? Siden vi jobber med *heat transfer vinyl* (HTV) vil vi bruke en varmpresse. Den som er benyttet her og vist på bildene, er ikke den dere finner i utstyrs pakken. For de fleste typer HTV holder det med 150° på pressen. Det er viktig å bruke bakepapir mellom pressen og trykket slik at ikke plasten på baksiden av vinylen ødelegger varmpressen.

I eksempelet som vises her ønsker vi å legge vinyltrykket over på en tøypose.



Foto: Eva H. Hagen

Inne i tøyposen har jeg lagt en *strykepute* som reflekterer varmen fra pressen og beskytter bordet den ligger på. Varmepressen holdes over designet i 10-20 sekunder før den fjernes og en undersøker om vinylen har festet seg. For noen typer HTV er det best å la det avkjøle litt før beskyttelsesplasten fjernes, for andre går det helt fint å fjerne den mens den er ganske varm.



Foto: Eva H. Hagen

Det er valgt flere farger på kuttet for å vise designet bedre, og når det skal strykes på tøyposen må mønsteret bygges opp lag for lag. Figuren under viser hvordan mønsteret bygges opp av vinyl med forskjellige farger.



Foto: Eva H. Hagen

Som nevnt hender det at de delene av mønsteret som vi luket bort har interessante former som kan brukes. Jeg har brukt dem til å «pynte» tøyposen med.



Foto: Eva H. Hagen



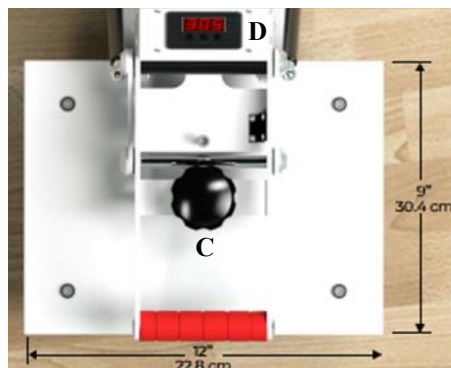
6.3.1 Bruk av stor varmepresse

Bildet til høyre viser varmepressen som er vedlagt utstyrspakken. Denne er noe større enn den som ble omtalt over, men i prinsippet fungerer den på samme måte.

Temperaturen stilles inn og man åpner pressen og legger inn tøystykket. Denne egner seg kanskje spesielt godt for framstilling av trykk på T-skjorter siden den er såpass stor.



Siser Craft varmepresse A4



A – Selve pressflaten er ca. A4 (22,8 x 30,4 cm). Varmeelementet er plassert i den øvre delen.

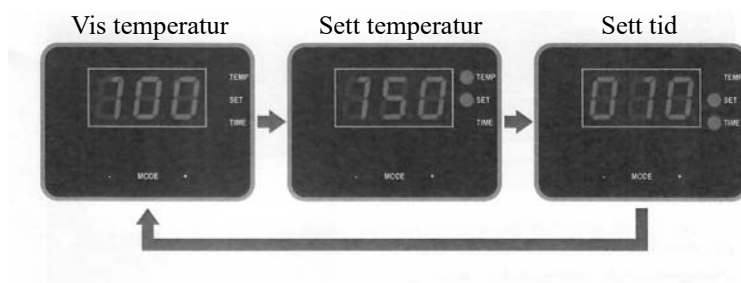
B – Pressa åpnes ved å løfte håndtaket B.

C – Med rattet C kan man øke eller minke presset mellom flatene. Her må man prøve seg fram.

D – Displayet viser temperaturen, alternativt nedtelling til ferdig varmepresset tøy.

Slå på varmepressa: Sett i stikkkontakten og slå på bryteren som sitter nederst til venstre bak på pressa.

Bruk av displayet:



Under displayet er det tre knapper – *MODE* +. Man skifter mellom de tre alternativene ved å trykke på den midterste knappen merket *MODE*.

MODE kan skifte mellom følgende:



Vis temperatur: Displayet viser temperaturen på varmpressa. Når den kommer til den ønskede temperaturen, så holdes temperaturen der. Den valgte temperaturen må tilpasses det tøyet man ønsker å trykke på. Sjekk gjerne varedeklarasjonen for tøyet.

Sett temperatur: Sett ønsket temperatur ved å bruke knappene + og – for å gå opp og ned i temperatur.

Sett tid: Sett ønsket tid for å holde tøystykket i oppvarmet press. Når håndtaket løftes og et arbeidsstykke legges inn i pressa, vil nedtellingen begynne. Når den når null gir den fra seg et signal og tøystykket kan tas ut. Når håndtaket senkes vil nedtellingen starte automatisk.

Noen anbefalte innstillinger

Tabellen under viser noen anbefalte temperaturer og tider for påføring av vinyl.

Merke	Temperatur	Tid	Hot/Cold Peel
Siser ps film easyweed	150 – 160°C	15 – 20 sek.	Hot
Sisser glitter	160°C	15 sek.	Cold/hot – må være på topp (ikke press vinyl oppå denne)
Stahls holografisk	150°C	10 sek.	Cold – må være på topp (ikke press vinyl oppå denne)





7 Referanser



Vedlegg A Brukerveiledning CorelDRAW¹⁷

A.1 Finne programmet – åpne programmet

Når du skal finne *CorelDRAW* på din enhet/PC så kan forskjellige års versjoner ha forskjellig Logo. Her er de mest kjente.



På Vitensenteret i Trondheim (ViT) vil du finne de to lengst til høyre på figuren over:

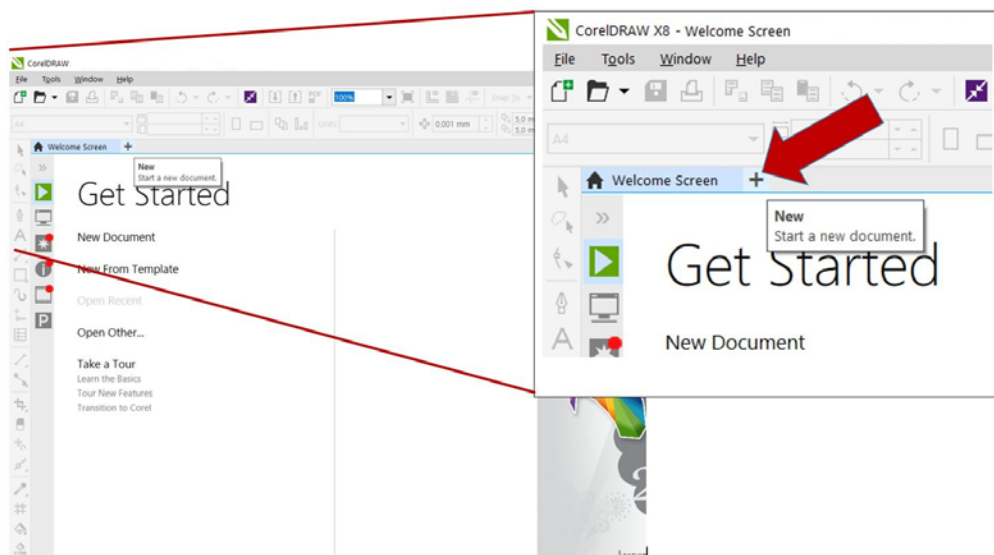
Åpne programmet ved å dobbeltklikk på snarvegen på skrivebordet. Ligger det ikke på skrivebordet lønner det seg å søke opp *CorelDRAW* ved startmenyen (forstørrelsesglasset nederst til venstre på skjermen).

Tips:

Det er lurt å koble til en mus når du tegner.

A.2 Lage nytt dokument/tegneark – størrelse på arbeidet

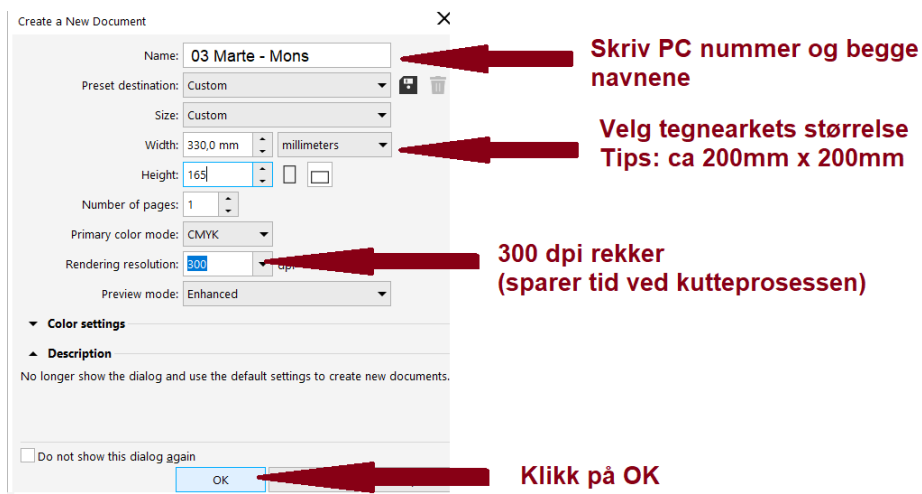
Når programmet åpner seg lager du ditt eget tegneark ved å klikke på +.



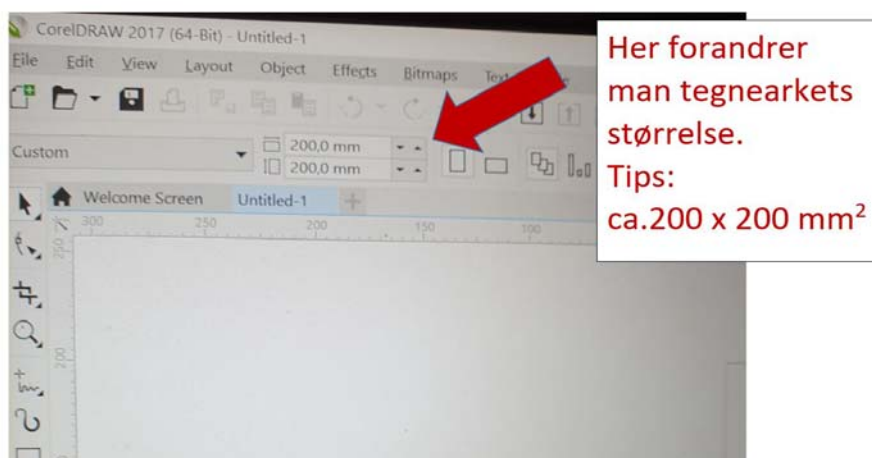
17. Brukerveiledningen for CorelDRAW er utarbeidet av Anne Birgitte Belboe, Vitensenteret i Trondheim



Et nytt verktøybilde dukker opp. Her skal du sjekke eller skrive inn 3 ting før du klikker OK.



Dersom du får opp et nytt dokument *Untitled-1* uten at menyen i bildet over vises, må du skrive inn tegnearkets størrelse som vist på bildet. Dokumentnavnet fylles inn når man lagrer dokumentet (se avsnitt 4).



Tips til lærer:

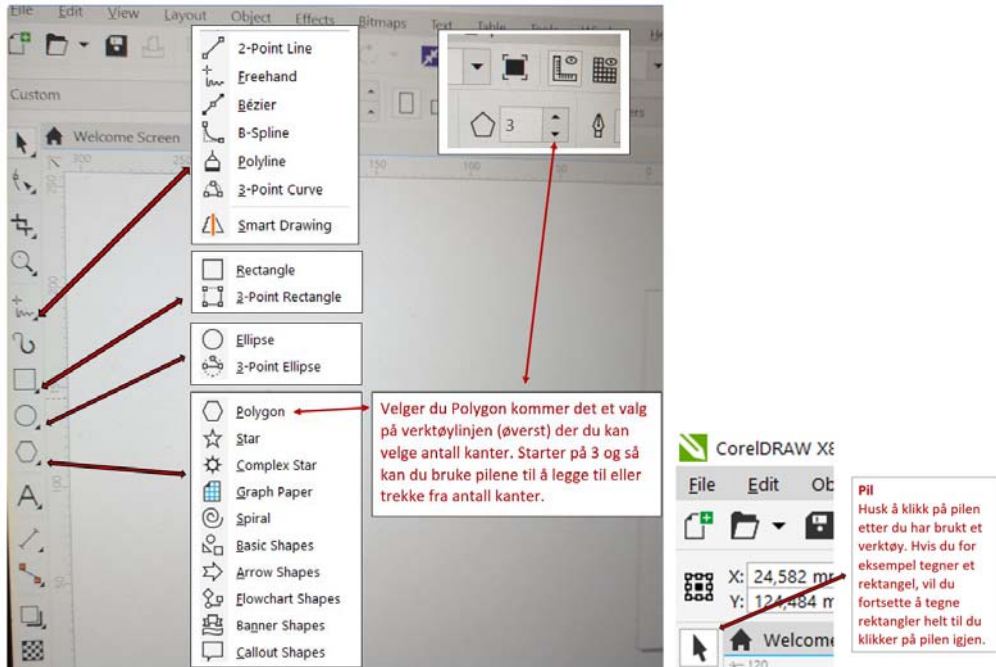
ViT bruker 300 dpi som standard, det er tilstrekkelig. Jo større dpi, jo lengre tid vil laseren bruke (spesielt gravering). På ViT har hver PC et nummer. Når dokumentet navngis så starter navnet med nummeret på PC 'n etterfulgt av fornavnet til de to som jobber sammen. 200 x 200 mm = 20 x 20 cm som er en grei størrelse på eleverbeidet. På en standard 3mm plate av kryssfiner (2,44 m x 1,22 m) får man plass til 72 eleverbeid. Det anbefales å dele platen i mindre biter og legge dem i press så platen ikke vrir seg.

A.3 Tegning av figurer

A.3.1 Tegne en figur

På venstre side av programmet/skjermen finner man mange verktøy, bl.a. en rekke geometriske figurer. Klikk på den vesle pilen i hjørnet på ikonet så finner du mange valg. (Klikk = venstreklikk for høyrehåndsmus og klikk = høyreklikk for venstrehåndsmus). Klikk på den figuren du vil tegne.

Flytt pekeren til tegnearket. For å tegne trykker du på og holder mustast nede, drar pekeren til ønsket størrelse og så slipper.



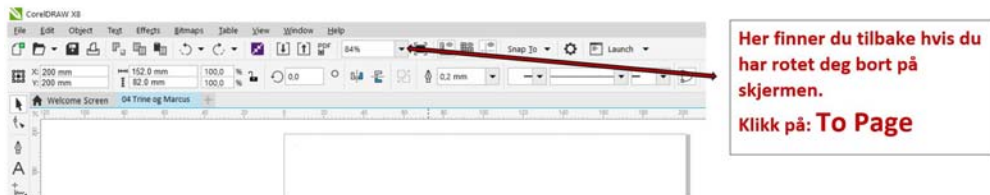
Husk å klikk på pila etter at du har brukt et verktøy (se bilde over til høyre). Når du for eksempel velger å tegne et rektangel og har klikket på verktøyet *Rectangle*, så vil pekeren kun tegne rektangler helt til du klikker på piltasten igjen.

A.3.2 Tips: Tilbakestill tegnearket til en grei visning

Av og til så kan man rote seg bort i skjermbildet. Man kan for eksempel greie å forminske eller forstørre visningen slik at man ikke finner igjen stedet der man har begynt å tegne. Når det skjer, kan man klikke på rullegardina ved % visning og velge *To Page*.



Man får da en visning der selve tegnearket (200 mm x 200 mm) er plassert midt på skjermen.



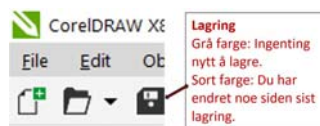
A.4 Lagring

A.4.1 Lagre på rett plass

Det er viktig å vite hvor man skal lagre arbeidet slik at det er lett å finne igjen dokumentet.

På ViT lagres arbeidet på en server som er tilknyttet laserkutteren.

Start med å tegne en vilkårlig figur (du kan slette den etterpå). Straks du har tegnet figuren vil lagringsikonet bli svart og du kan lagre dokumentet på ønsket plass. Første gang man lagrer et nytt dokument/tegning (klikker på ikonet) kommer det opp et nytt vindu.



Klikk på lagringsikonet

1. **NB! 1:**

(Se bilde til høyre)
Her må du finne rett mappe å lagre i.

- På ViT lagrer vi arbeid fra elever/lærere i: Denne PCen, Offentlig, Skole, «Navnet på skolen din», «Klassen eller gruppen du tilhører»

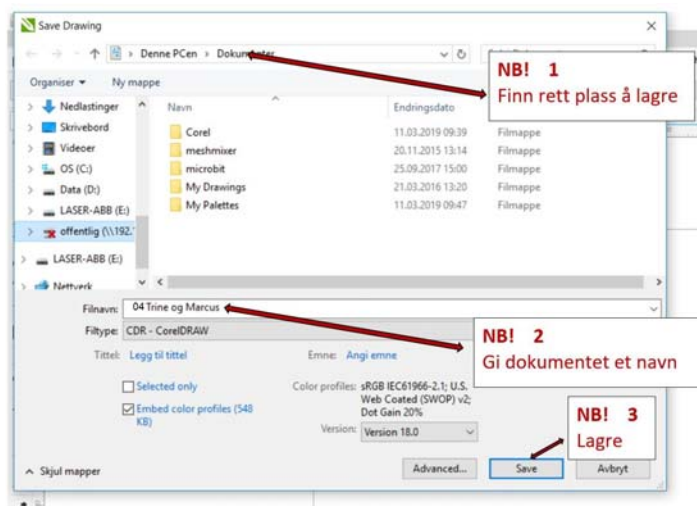
2. **NB! 2:**

(Se bilde til høyre)
Hvis navnet er *Untitled-1*, må du gi det nytt navn

(PC nummere + begge fornavnene på medlemmene i gruppen). Hvis du allerede har gitt filen et navn i avsnitt A.2 så vil dette navnet bli stående.

3. **NB! 3:**

(Se bilde over til høyre)
Klikk Lagre/Save

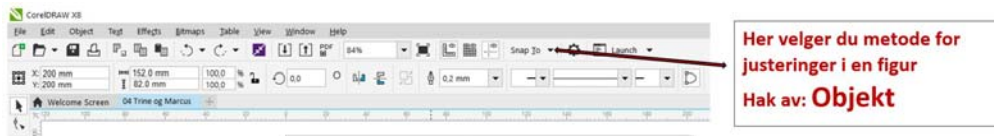


Tips til Lærer:

Sjekk at din skole har en mappe. Hvis ikke, lag en mappe med skoles navn og deretter undermapper med navnet på din klasse eller gruppe.

A.4.2 Tips: *Snap To - Objekt*

Sjekk at innstillingen står på *Snap To - Objekt*.

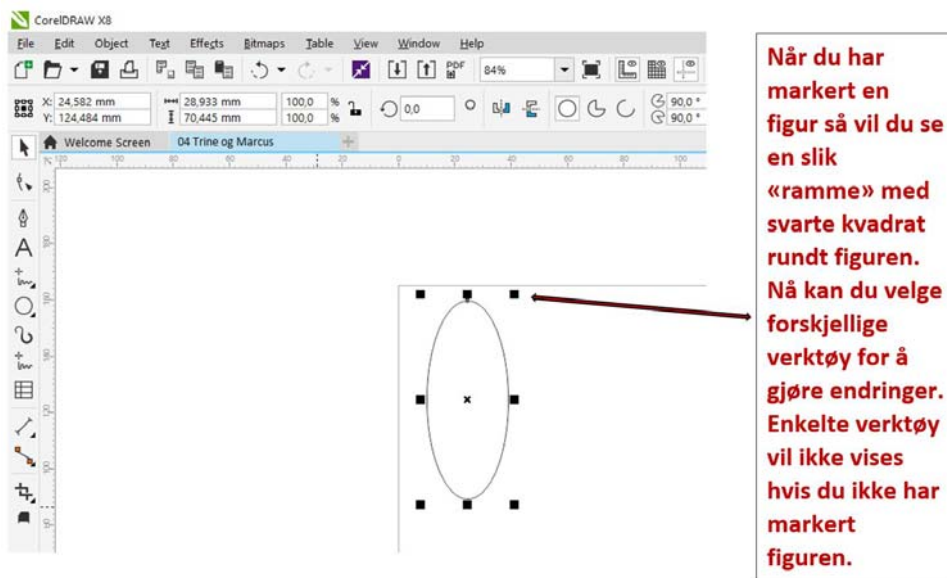


A.5 Endre bredde eller høyde - låse forholdet

Når du har tegnet en figur har du muligheten til å endre på størrelsen (bredde og høyde) til figuren.

Sjekk om låsen ved verktøyet du skal bruke er låst eller åpen. Er låsen åpen så kan du endre både høyden og bredden uavhengig av hverandre, og du får en ny figur. Er låsen lukket så er det nok å endre bare en kant (f.eks. høyden) så vil bredde justere seg slik at figuren er formlik med den figuren du først tegnet.

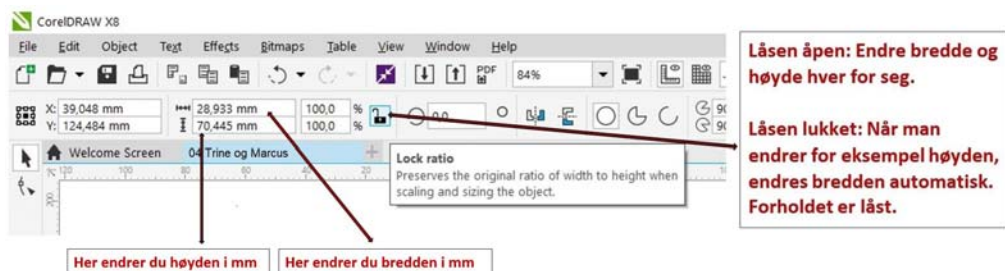
For å kunne endre størrelsen må du ha klikket/markert figuren. Man må alltid ha markert figuren som man vil gjøre noe med. Det gjelder for eksempel om man ønsker å bruke forskjellige verktøy for å endre figuren.



F.eks. kan du endre størrelsen ved å klikke i feltet for bredde eller høyde og så skrive inn nye verdier (se figuren under). Klikk Enter (på tastaturet) for at endringen skal tre i kraft.



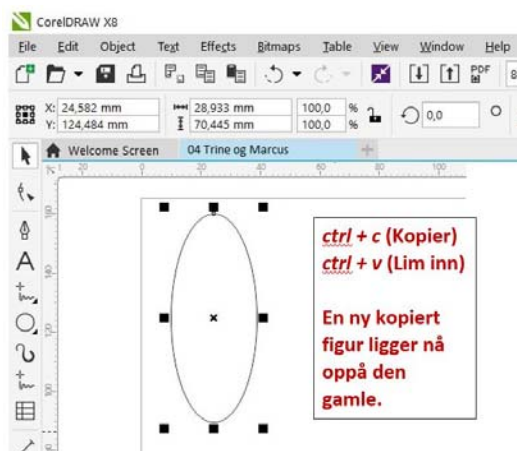
Du kan også forandre ved å endrestørrelsen i %.



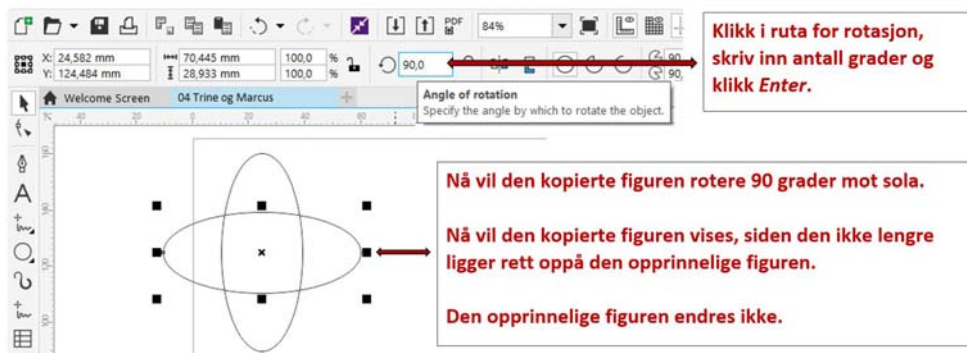
A.6 Kopier – Lim inn – Roter

Marker figuren.

Kopier med hurtigtast (tastaturet): Hold ned tastene `ctrl + c` samtidig (nå har du kopiert).
Lim inn med hurtigtast: Hold ned de to tastene `ctrl + v` samtidig (nå har du limt inn). Nå er en kopi av figuren limt inn akkurat oppå figuren du hadde (den er vanskelig å se).



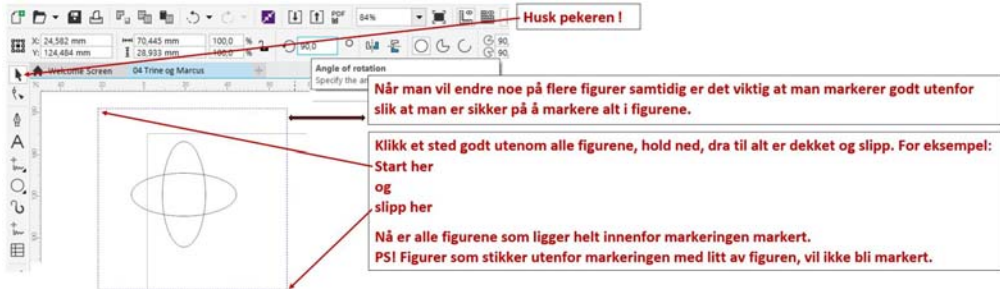
Nå kan du endre kopien (den kopierte figuren som ligger oppå figuren).



I matematikk så roteres figurer mot sola. Hvis man vil rotere med sola, må man skrive – (minus) foran, for eksempel -45° (for å rotere 45° med sola). Man kan også skrive 315° . Den roterte ellipsen i bildet roterer om sentrum (og havner derfor litt utenfor tegnet).

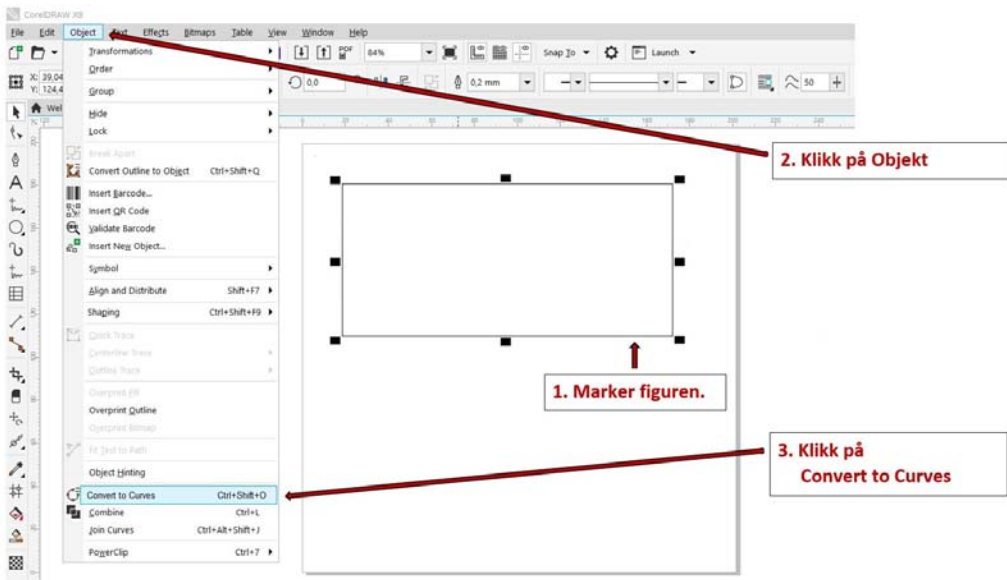
A.7 Markere alle figurer

Figuren under viser hvordan man kan merke en gruppe av figurer.



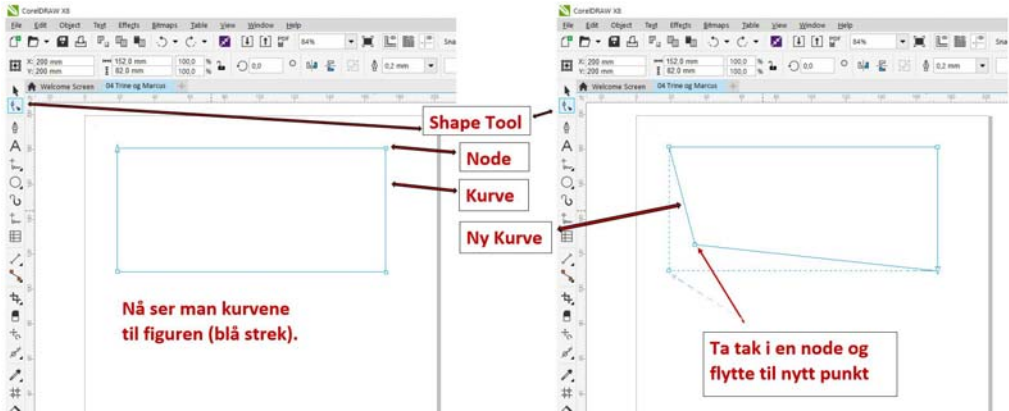
A.8 Endre grunnformen til figurer

Ønsker man å endre en figur fra menyen (til å ha andre egenskaper), må man konvertere figuren til kurve.



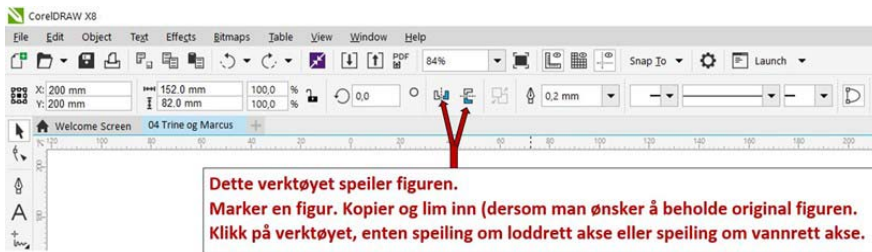


For å endre kurven til figuren må du klikke *Shape Tool* som lar deg endre kurven til figuren ved å flytte på hjørnene (*node*) i rektanget.



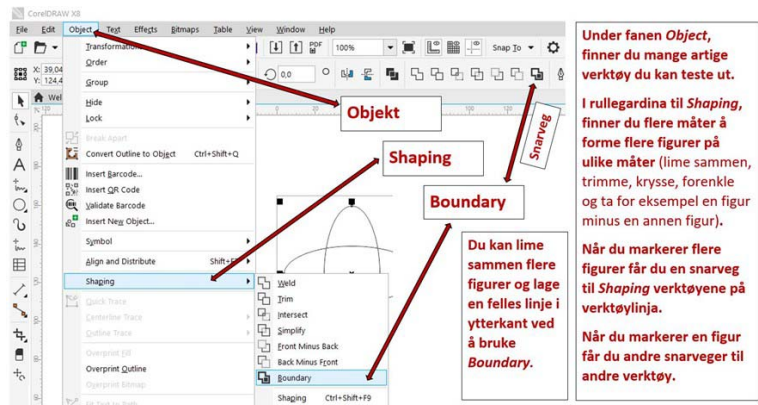
A.9 Speling

Figuren viser hvordan man speiler en figur om en vertikal eller horisontal akse.



A.10 Lime flere figurene sammen og lag en felles linje i ytterkanten. Objekt – Shaping – Boundary

Figuren under viser hvordan man kan lage en sammenhengende kurve av ytterkanten av en figur som består av flere enkeltfigurer. Denne funksjonen kalles *Boundary* (grensekurve eller omhylningskurve). Funksjonen finnes i menyen under *Object* og *Shaping*, og heter *Boundary*.



A.11 Flytt ytterlinjen av figuren – *Boundary*-linjen til ny plass.

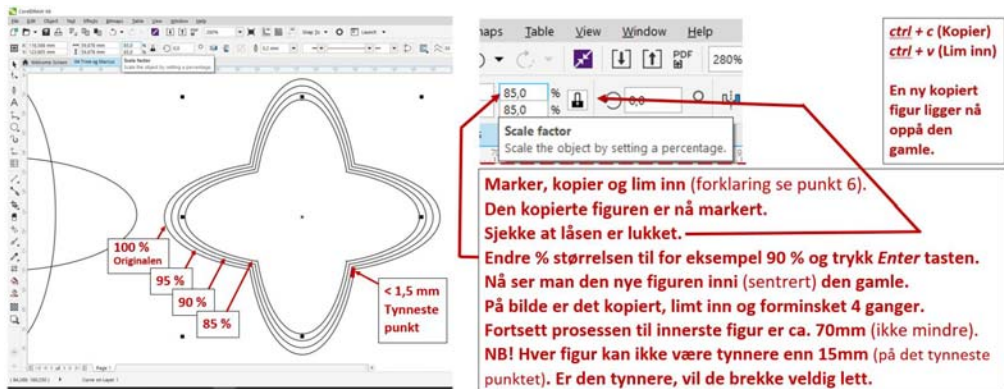
Når du har klikket *Boundary*, blir ytterlinjen liggende nøyaktig oppå kantlinjen til figurene slik at linjen er vanskelig å se. Du kan dra linjen utenfor de andre figurene slik at den blir alene og lett synlig.



A.12 Kopiere og forminske

Når man skal lage en skål med flere lag oppå hverandre, er det lurt å kunne legge flest mulig lag på hverandre for å få høyest mulig skål. Lagene kan ikke være så tynne at de brekker når man skal lime dem sammen. De må være tykkere enn 1,5 mm målt på det tynneste stedet.

Det vil si at man må tenke på to ting samtidig, flest mulig lag, men ikke for tynne.



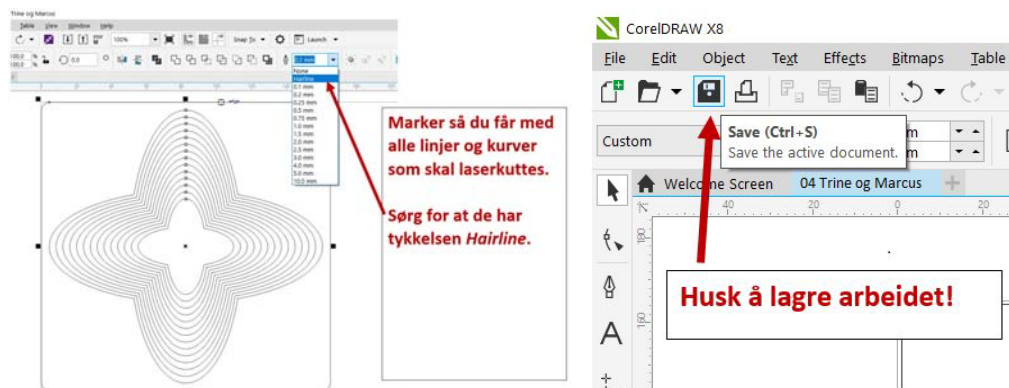
Slik kan man fortsette til man nær har fylt hele flaten med forminskede kopier av originalen.





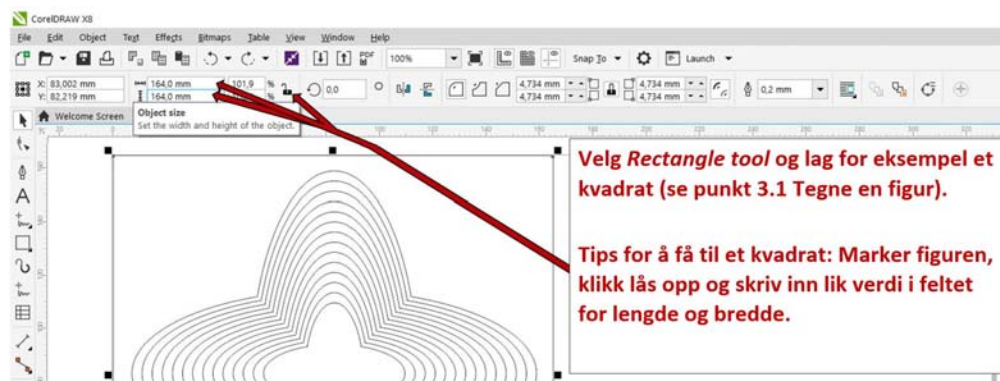
A.13 Tykkelse på linjene - *Hairline*

Når man har tegnet ferdig (*designet*) er det viktig å markere alt og sjekke at alle linjer og kurver du skal laserkutte har tykkelsen *Hairline*. Dette er viktig siden laserkutteren graverer alle linjer som har en tykkelse på mer enn 0,177 mm (ved 300 dpi (*dots per inch*)).



A.14 Lage ramme rundt figuren

Det er lurt å lage en ramme rundt arbeidet man skal laserkutte. Man får da et produkt ekstra som man kan dekorere, bruke som bilderamme eller bruke som sjablong eller lignende.

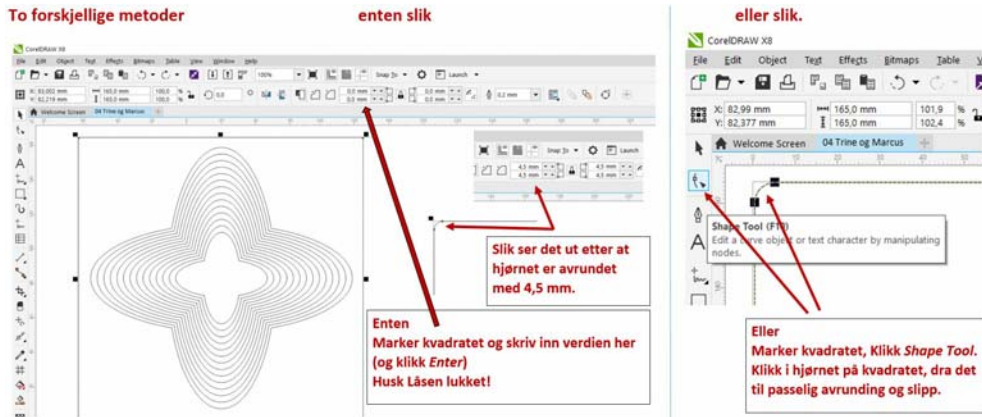


Tips:

Har man haket av *Objekt i Snap To* (se avsnitt A.4.2) er det lettere å få plassert en figur med samme sentrum som en annen figur.

A.15 Avrunde hjørnet

Slik kan man lage avrundete hjørner:



A.16 Lagre og avslutt elev PC

Husk at dokumentet / tegningen må lagres på rett plass. Se avsnitt A.4.1. dersom du ikke har lagret ennå. Dokumentet på Elev-PC lagres og avsluttes før den hentes opp på Lærer-PC.

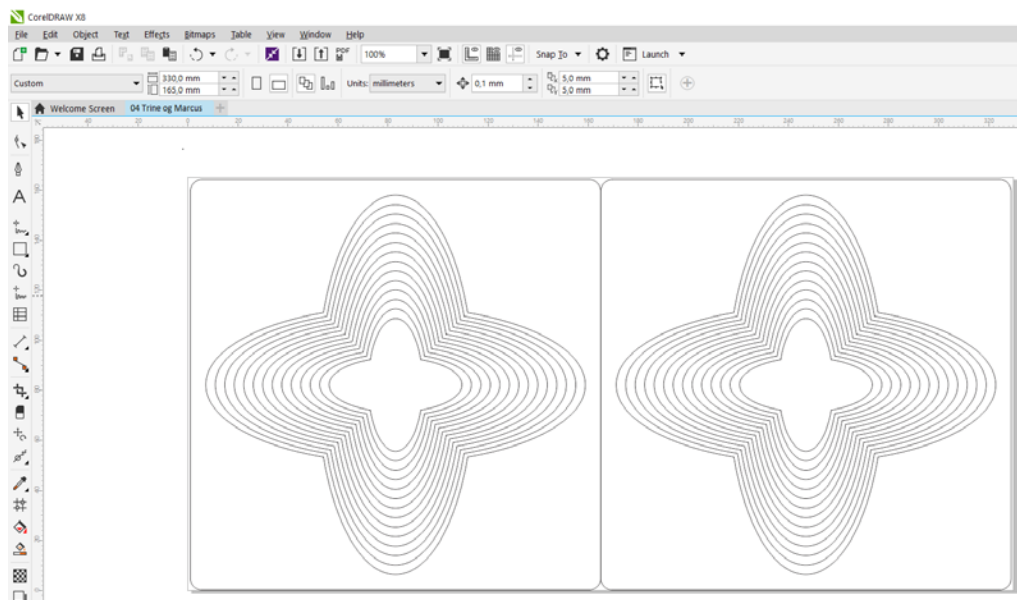


A.17 Klar til å sendes til laserkutteren

Lærer åpner opp elevens dokument på lærer-PC og klargjør filen for laserkutting. Dersom elevene ikke har kopiert et eksemplar til hver elev i læringsparet må lærer gjøre det på lærer PC. Husk å sjekke at alt som skal sendes til laserkutting har linjer og kurver i tykkelsen *Hairline*. Legg ramme rundt tegningen dersom elevarbeidet mangler det, se avsnitt A.14 og A.15.



Slik kan det se ut når fila til elevane (på elev PC 04 Trine og Marcus) er klar for laserkutteren. Dette arbeidet er 330 mm langt og 165 mm breitt. Elevane får deler til kvar sin skål og ein ramme kvar.



Vedlegg B Utstysrliste

B.1 Utstyr for vinylkutting

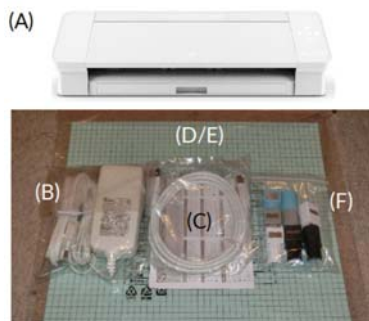
Det er kjøpt inn fem sett med utstyr for vinylkutting av Trondheim kommune. Utstyret deles ut under kurset og eies av den enkelte skolen.

Pakken består av tre kollo:

1. Eske 1 Vinylkutter

- 1 stk. Vinylkutter Camoe 4 (A)
- 1 stk. adapter 230 V, m/nettkabel (B)
- 1 stk. USB-kabel (C)
- 1 stk. Kuttematte (D)
- 3 stk. Ekstra kuttematter 12 x 12 inch (E)
- 1 stk. pose med tilbehør skjærekniver (F)
- Diverse vinyl, 1m tranfertape og en skrape

Eske 1 Vinylkutter m/tilbehør



2. Eske 2 Varmepresse

- 1 stk. Stor varmpresse Siser Mod.CP912-240
- 1 stk. Nettkabel 230V
- 1 stk. Instruksjonshefte

Eske 2 Varmepresse



3. Tilbehør og vinyl

- 1 stk. Pirkeverktøy, spiss
- 1 stk. Pirkeverktøy, flat
- 1 stk. Skrape hvit
- 1 stk. Skrape hvit
- 1 stk Saks
- 1 stk Pinsett

Vinyl:

- Siser electricL gold lens
- Siser electric cranberry
- Siser electric oransje
- Siser electric blå
- Siser glitter sølv
- Siser glitter hot pink
- Siser easyweed lime
- Siser easyweed neon bringebærrosa
- Siser easyweed wicked purpla
- Siser easyweed vegas gull
- Siser stripflock pro sitrongul
- Siser stripflock pro burgunder
- Siser stripflock pro sort
- Stahls switch UV lilla
- Stahls switch UV gul

Tilbehør og vinyl



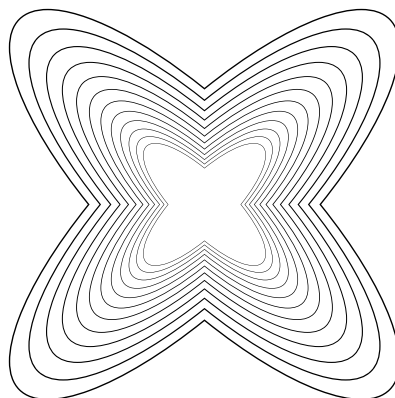


B.2 Utstyr for laserkutting

I tillegg kan en laserkutter lånes til skolen for en avtalt periode. Det er Vitensenteret som administrerer utlånet.

Vedlegg C Laserkutting med Flexi Designer og Epilog (ViT)

I dette kapittelet skal vi trinn for trinn vise hvordan vi går fram for å skjære ut skålen vi har tegnet på laserkutteren ved Vitensenteret og ett av programmene som ligger på maskina i Trigger. Vi forutsetter at skjærefila forefinnes i pdf-format, men den kan også være i SVG eller DXF-format.




1. Hent opp skjærefila

Det enkleste er å overføre skålmønsteret på en minnepinne over til administrasjons PC'en som er koblet opp mot laserkutteren. Evt. kan fila legges på en felles server.

Figuren til høyre viser en litt dårlig gjengivelse av kurvmønsteret vi har laget.

Tegningen skal nå være i format 1:1. Vanligvis vil det ikke være mulig å redigere denne pdf-fila med mindre du har spesiell programvare. I FlexiDesign kan du imidlertid dekomponere tegningen og legge på tekst. Dermed kan du også flytte rundt på de ulike delene.

2. Åpne i FlexiDesigner

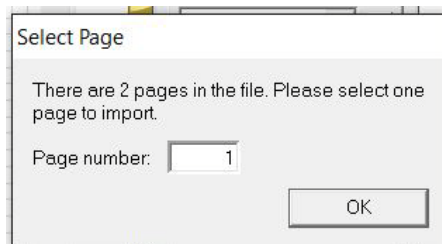
Gå til administrator-PC'en, logg på og åpne FlexiDesigner ved å velge ikonet . Du vil da få opp arbeidsflata. Sjekk at den er på størrelse med laserkutteren (ca. 1016 x 711 mm)

3. Importer pdf-fila

Velg "Import"-kommandoen (Under *File* i menylinja) og velg ønsket fil for import.

Dersom fla består av flere sider, blir du bedt om å angi hvilken side som skal brukes.

En stiplet firkant viser omrisset av tegningen. Plasser tegningen øverst i venstre hjørne av arbeidsflata.



4. Løs opp grupper (Ungroup) i tegningen

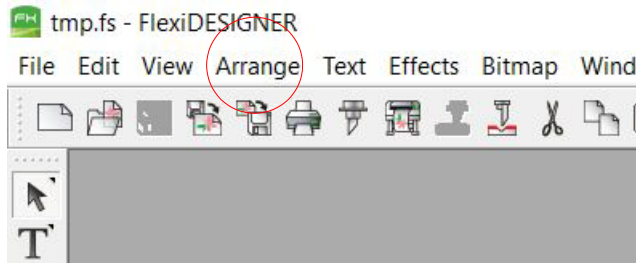
- Merk hele tegningen ved å ramme den inn
Tegningen skal nå være merket med rødt



- Gå til menylinja øverst og velg *Arrange*, og velg deretter *Group*, for så å velge *Ungroup*

Nå er alle delene av tegningen delt opp slik at det er mulig å arrangere tegningen så den passer best mulig til arbeidsstykket den

skal skjæres ut i. Det er også mulig bare å skrive ut deler av tegningen om det er ønskelig. Dette er kanskje ikke så viktig for kurvdesignet vårt siden den må behandles som en skjærefjobb.

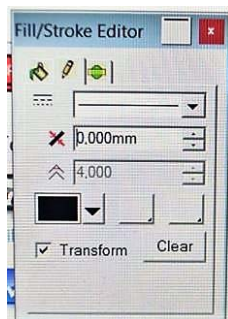


5. Sett bredden av alle linjer til 0.00 mm

Laserkutteren vil automatisk skjære alle linjer som er under en gitt linjebredde. For å være sikker på at det skjer, merker vi hele tegningen og velger heltrukken linje med linjebredde 0,00 mm i innboksen til høyre for arbeidsfeltet - "Fill/Stroke Editor" (se bildet til høyre).

- Velg "blyanten" i menyen
- Velg heltrukken linje
- Sett linjebredde til 0,00 mm

Dette gir et design med "hairline" (hårlinjer – linjer med "hårs" bredde), dvs. minimal tykkelse på linjene som skal skjæres.

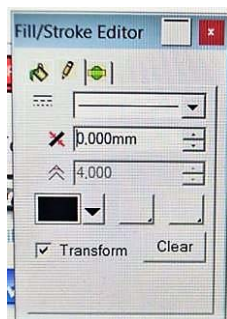


6. Legg inn tekst

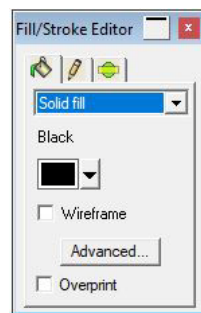
Det kan være ønskelig å gravere en tekst f.eks. i midten av kurva. Gjør slik:

- Velg "T" fra menyen til venstre kant
- Flytt markøren til et ledig sted på arbeidsflata og skriv inn ønsket tekst
- Dersom teksten blir hvit, marker teksten ved å ramme den inn og bruk *Fill/Stroke Editor*. Velg fanen med "bøtte" og sett fargen til sort. Gå så til "blyant" og velg *Clear*, nederst til høyre. Dette vil fjerne alle streker som ev. omkranser alle bokstaver slik at en ikke risikerer at de skjæres ut istedet for å graves..

Vær klar over at gravering kan ta lang tid, gjerne mye lengre tid enn skjæring.

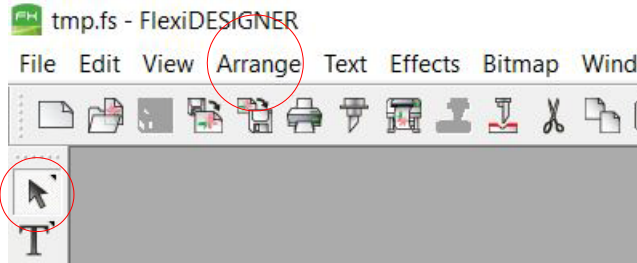


Linje ("blyant")



Flate ("bøtte")

- Om ønskelig kan teksten roteres. Teksten roteres ved å gå inn i *Arrange* og velg *Rotate*

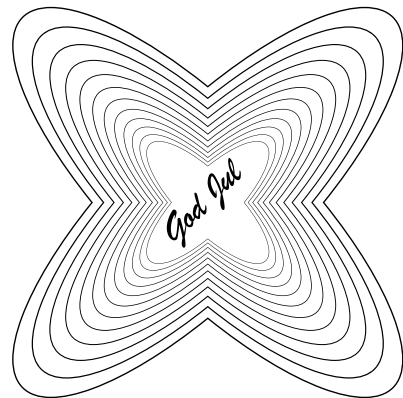


- Skriv inn antall grader i innboksen til høyre. + 90° dreier mot venstre og – 90° dreier mot høyre.
- Velg pila øverst i menyen til venstre og flytt teksten ditt du ønsker den på kurva.

7. Plassering av tegningen for utskrift

Det er praktisk å plassere det som skal skrives ut øverst til venstre i arbeidsflata.

- Merk det som skal skrives ut og flytt det øverst til venstre i arbeidsflata. Ev. merk av alt.

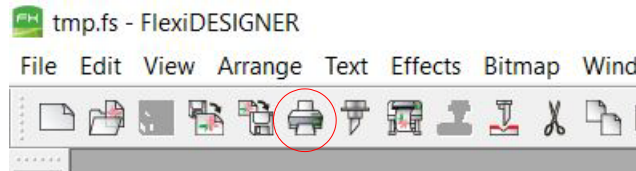




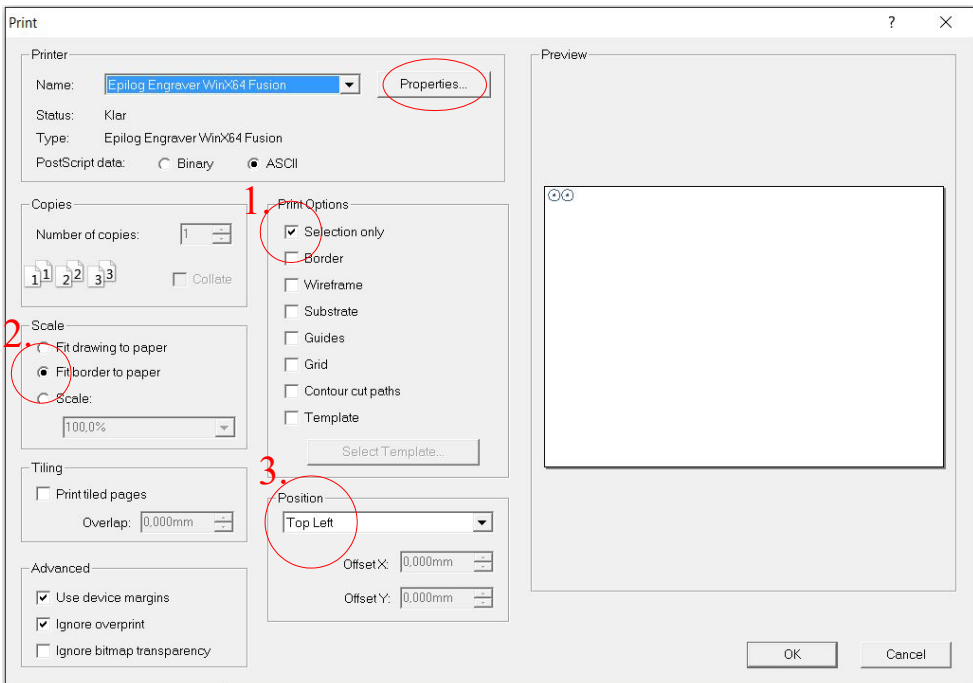
8. Sett opp laserkutteren

Vi skal nå forberede for utskrift (skjæring og gravering). I dette eksempelet velger vi 3,3 mm MDF

- Start utskrift ved å velge utskriftsymbolet på menylinja over arbeidsflata.



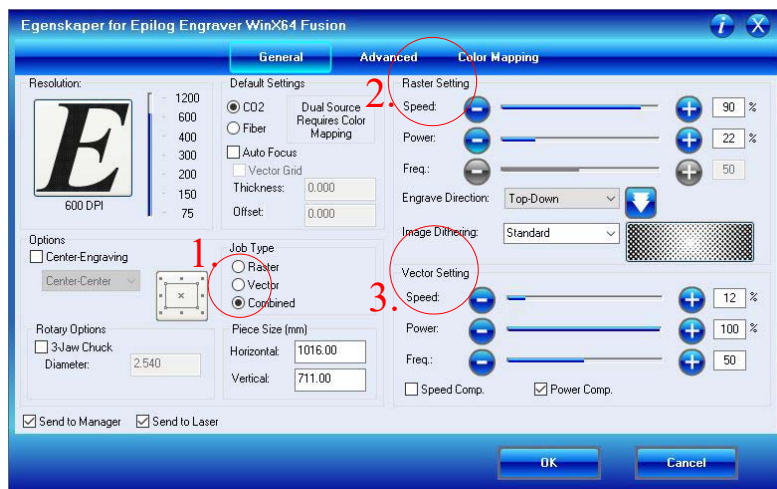
Du vil da få opp utskriftsmenyen.



- Pass på at følgende er sjekket ut:
 1. Print Option: *Selection only* (Velger å skrive ut bare det som er merket)
 2. Scale: *Fit border to paper* (Ev. *Scale 100%*)
 3. Position: *Top Left*

9. Sett opp Laser-spesifikasjoner

Vi skal nå bestemme effekt og hastighet til laseren. Velg *Properties* i utskriftmenyen. Du vil da se følgende meny:



For skjæring og gravering av 3,3 mm MDF velg følgende parametere:

1. *Job type*: Velg Combined (skjærer og graverer i en operasjon)
 2. *Raster Setting*: (Gravering): *Speed* = 90 %, *Power* = 25 %, *Freq.* = 50 %
 3. *Vector Setting*: (Skjæring): *Speed* = 15 %, *Power* = 100 %, *Freq.* = 50 %
- Trykk OK

10. Send filen til Laserkutteren

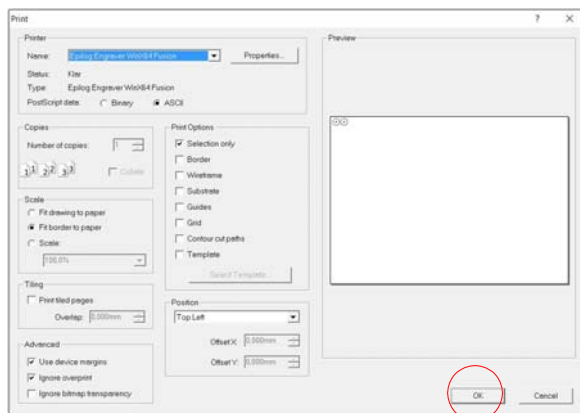
Jobben sendes til Laserkutteren ved å trykke OK i printermenyen

Dersom Laserkutteren er påslått vil displayet vise et jobbnnummer og navnet på jobben, sammen med en estimert tid for skjære/graveringssjobben.

11. Oppsett av Laserkutter

Det er to brytere som må slås på:

- Slå på laserkutteren med bryteren nede foran til høyre på maskina (svart)¹⁸.
- Slå ev. på hovedbryter på avtrekkskabinettet den er bak til venstre og lyser grønt når den er påslått. Denne slås normalt ikke av. Avtrekk *startes med rød lysende knapp* på framsida *idet laseren starter å skjære eller gravere*.



18. Hovedbryteren på laserkutteren er sjelden avslått, den er nede til høyre bak.



- Ventilasjonen i rommet startes med bryteren på veggen til høyre innenfor skyvedøra. Normalt vil den stå i *Auto*.
- Bruk hørselvern, det er viktigere enn du skulle tro.

12. Plassering av plata.

Et godt alternativ er å:

- **Plasser plata.** Legg øverste venstre hjørnet på plata i øverste venstre hjørne på bordet
- **Slå på markeringslaseren**, rødt punkt. Knappen er vist på figuren til høyre. En diode lyser grønt når den er påslått. Den viser bare stedet der laseren starter og skjære.
- **Bruk pilene** på kontrollpanelet for å flytte den grønne markøren til: "JOG" for å forskyve startpunktet til ønsket posisjon på plata. Gjerne 1 cm fra kanten av bordet i bakkant og 1 cm fra kanten til venstre.
- **Trykk ned** joy-stikken når ønsket posisjon er oppnådd, og posisjonen blir låst som nytt referansepunkt, dvs. som øverste venstre hjørne i skrivefila.



13. Fokusering

Fokuseringen gjøres for at laserstrålen skal være i fokus i overflata av plata.

- **Ta metalltriangelet** som ligger i fordypningen til venstre på laserkutteren, og heng det på de to knappene på skrivehodet som vist på figuren til høyre.
- **Flytt den grønne markøren** til "FOCUS" med piltastene og bruk joy-stikken til å justere opp eller ned slik at triangelet akkurat tangerer plata.
- **Bekreft at fokusering** er utført ved å trykke joy-stikken rett inn.
- Fjern kalibreringstriangelet



14. Skjæring og gravering

Laserkutteren er nå klar til å skjære og gravere. Normalt vil den starte med å gravere og avslutte med å skjære:

- Lukk det store lokket, laseren vil ikke slås på før lokket er lukket (se tips I under)
- Trykk *GO* for å starte jobben
- Trykk *STOP* for å stoppe jobben
Jobben kan startes på nytt igjen ved å trykke *GO*



- Trykk *RESET* om du vil at jobben skal starte helt på nytt. Du må da starte den på nytt ved å trykke *GO*

TIPS I: Dersom du trykker *GO* uten å lukke lokket, så vil den gjennomføre hele jobben med avslått laser. Dette er nyttig for å se om resultatet ser riktig ut før skjæring, ev. for å sjekke at den holder seg innenfor ønsket areal. Jobben kan avbrytes og startes på nytt så snart man får bekreftet at ting ser riktig ut.

TIPS II: Ved oppstart hender det at det tar noen sekunder før laseren slår seg på. I så fall kan det være noen cm som ikke er skåret. Dette kan være problematisk siden man ikke får løsnet delen fra plata. Det er derfor lurt å følge med i starten for å se om det skjer. I så tilfelle kan man etter at skjæringen er ferdig, starte jobben på nytt å stoppe den etter at den manglende biten er skåret.

- **NB! Slå på avtrekkskabinettet**

Det er et eget kabinett til høyre for laserkutteren. En knapp lyser rødt, denne trykkes idet skjæringen starter og avtrekksvifta starter. Dersom dette ikke gjøres vil laserkutteren fylles med røyk som etter hvert vil sive ut i rommet.



- Ikke forlat en laserkutter som skjærer, det er viktig å se om alt går som forventet og at materialet ikke tar fyr. **VIKTIG:** Ved ev. brann: slå av laserkutteren med nødbryteren nede til høyre åpne lokket og slukk brannen med brannteppet som ligger oppe på avtrekksenheten.

15. Ta ut arbeidsstykket og plukk ut delene

Vær forsiktig når små deler skal plukkes ut, de kan lett falle ned mellom sprinklene i rista som holder arbeidsstykket. Det kan være lurt å kjøre skjærehodet tilbake og så løfte bort plata. Da skal de utskårne delene ligge igjen på rista.





Heftet er skrevet som en hjelp til gjennomføring av 5. samling av DeKom-tilbudet: Skapende aktivitet i klasserommet, som ble gitt til fem skoler (ca. 30 lærere) i Trondheim kommune våren 2023.

Målsetingen med denne femte samlingen er å gi deltakerne en grunnleggende innføring i et digitalt tegneprogram som de kan anvende for å lage og bearbeide tegninger for laserkutting og eller vinylkutting. På dette tidspunktet skal deltakerne ha fått låne vinylkuttere slik at de kan prøve seg fram på egen skole mellom samlingene.

I tillegg gir heftet ideer til programmering av roboten Bit:bot som anvender micro:bit og som er inkludert i Super:bit-kassene.

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 emeritus i naturfagdidaktikk ved NTNU og tilknyttet 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 (anne-birgitte.belboe@ou.trondheim.kommune.no) Lærer ved Byåsen skole

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

Kristoffer Bjørkhaug (kristoffer@vitensenteret.com)
Pedagog ved Vitensenteret i Trondheim

Hanne Kile Andresen (hanne@vitensenteret.com)
Pedagog ved Vitensenteret i Trondheim

ISBN 978-82-92088-76-0
Rev. 3-2-5 – 09.02.23