



VII



STEAM BUILDERS

$$a^2 + b^2$$



Best practice





Indhold

1: Introduktion til "Best practice" i STEAM-Builders	2
2: Kort introduktion til STEAM Builders	4
3: Anvendte metoder i projektet	6
4: Med skolen på museet og museet i skolen.....	7
5: Hvordan kommer jeg i gang med 3D-printning?	13
6: Udvalgte cases fra projektet.....	19
7 : Anbefalinger	41
8 : Perspektiver	49
9: Litteratur til inspiration	51



Figure 1: Photo 5th High School of Agrinio, Greece Showing a "Kilonion"

1: Introduktion til "Best practice" i STEAM-Builders

Udtrykket "Best practice" er en række adfærdsmønstre, overvejelser og metoder, som af de fleste fagfolk i sektoren anses for uundværlige. De er generelt anført i vejledninger om "bedste praksis" i en kvalitetstilgang, af etiske, hygiejniske eller sikkerhedsmæssige årsager.

I slutningen af 1990'erne blev udtrykket "bedste/gode praksis" mere og mere anvendt i bøger og forskningsartikler. Hyppigheden af dette udtryk stiger indtil midten af 2000'erne, hvorefter tallet stabiliserer sig. Siden da har virksomheder, offentlige organisationer og foreninger taget begrebet "bedste praksis" til sig med det formål at forbedre deres præstationer.

Der er mange områder, hvor "bedste praksis" anvendes: sundhed, uddannelse, udviklingsbistand, fødevarerikkerhed, miljøbeskyttelse osv. Organisationer anvender metoden "bedste praksis" som et arbejdsredskab inden for videns styring, total kvalitetsstyring og intern eller ekstern benchmarking. Internt:

Organisationer iværksætter derefter foranstaltninger til at mobilisere, kodificere og overføre viden og udvikler derefter strategier for overførsel af viden mellem afdelinger.

Nogle af disse foranstaltninger omfatter individuel feedback med henblik på at kodificere praksis og omdanne den til procedurer. Andre organisationer gennemfører foranstaltninger, der har til formål at eksplicitere den viden, der ikke er formuleret for at gå videre end simpel formateret feedback.

En vejledning om bedste praksis på uddannelsesområdet efterspørges generelt af beslutningstagere. De har brug for at stå til ansvar for de ressourcer, der anvendes til



at levere de mest effektive uddannelses tjenester. Det er helt logisk, at de kontrollerer, om de ressourcer, der stilles til rådighed, anvendes på den mest effektive måde. Det kan være en udfordring at opstille "bedste praksis" inden for uddannelsesområdet, da dette område er mindre stift. Hvis man inden for sektorer som fysik, kemi eller biologi kan tillægge sektorer som fysik, kemi eller biologi en videnskabelig karakter (selv om den er uforanderlig, fejlagtigt nok), betragtes uddannelsesområdet som mindre normativt.

Bedste praksis - anbefalinger

Hvad er den bedste måde at lære eleverne at tælle på? Hvad er den bedste indretning i et klasseværelse? Hvordan kan tablets eller computere integreres i en naturvidenskabelig klasse? Dette er eksempler på spørgsmål, som "bedste praksis" forsøger at besvare. Men selv om disse "bedste praksis" har til formål at maksimere elevernes læring og lette undervisernes arbejde, er det tvivlsomt, om de kan anvendes på alle og i alle situationer. Faktisk rejser begrebet "bedste praksis" inden for uddannelse spørgsmål om visionen og konceptualiseringen af uddannelse. Efter at have hævet standarderne for resultaterne med eksamener og eksamensbeviser, opstilles en anden standard: undervisningsmetoden.

Vanskeligheden ved at fastlægge "bedste praksis" ligger i, at der skal tages hensyn til forskellige sammenhænge, hvad enten de er socioøkonomiske, kulturelle eller territoriale. Der er også det faktum, at hver enkelt elev er unik. Målet med arbejdet med "bedste praksis" inden for uddannelse er at fastlægge grundlæggende principper og solide metoder for at være så rummelig som muligt.

Da begrebet "bedste praksis" er komplekst og genstand for fortolkning, ønskede dette konsortium at præcisere disse begreber i forbindelse med dette projekt. Dette hæfte

om bedste praksis er ikke tænkt som et kompendium med bogstavelige instruktioner om, hvordan ressourcerne skal bruges, men mere som et indblik i de tips og råd, der er indsamlet fra uddannelsesfolk, som har implementeret værktøjerne og draget konklusioner af dem. Selvfølgelig kan gennemførelsen af værktøjerne føre til forskellige resultater afhængigt af slutbrugernes individuelle behov og niveau, som det vil være tilfældet med alle pædagogiske materialer. Derfor vil vi råde læseren til at gennemgå hæftet om bedste praksis med et sind, der er åbent for forslag, men som stadig er opmærksom på deres egen situation, behov og særlige karakteristika.

2: Kort introduktion til STEAM Builders

Projektets baggrund - definition af STEAM Builders

PISA-undersøgelser fra 2018 har påvist, at 1 ud af 5 unge i Europa ikke klarer sig godt nok i STEM-området (1 ud af 4 i alle OECD-lande) og dermed ikke har de grundlæggende færdigheder, der er nødvendige for værdifulde job, hvilket viser, at der er behov for alternative løsninger og støttesystemer i uddannelserne. Forskning har vist, at der generelt sker en stigning i de dårlige resultater inden for STEM i gymnasiet, når vi går fra kontekstualiseret matematik til abstrakt matematik. Den manglende kontekstualisering af teorier er således en væsentlig faktor. Eleverne synes ikke at være i stand til at forbinde det, de lærer i undervisningen, med en konkret livssituation.

Projektets tilblivelse - Hvorledes opstod det hele?

På baggrund af ovenstående forsøgte vi at finde en måde at forankre abstrakt STEM-teori i konkrete livssituationer, og det er sådan vi kom til at designe STEAM Builders. Ideen er at introducere eleverne til STEAM (Science, Technology, Engineering, Art og



Mathematics) gennem genskabelse af historiske teknikker ved hjælp af makerspaces' teknologi til materialer. Tilgangen er praktisk, inkluderende og har fordel at fremme historien og kulturarven, samtidig med at den interesserer eleverne for aktuelle undervisningsområder.

Målsætninger - Målene for STEAM Builders

Målet er at give lærere, pædagoger og uddannelsespersonale værktøjer, pædagogik og den nødvendige teori til at gennemføre denne innovative, tværfaglige tilgang til STEAM med det formål at øge præstationsniveauet og interessen for naturvidenskab, teknologi, ingeniørvidenskab og matematik (STEM) hos elever i alderen 10 til 15 år.

Outputs - Fokus på de værktøjer og metoder, vi har skabt

Ved projektets afslutning vil interesserede have fuld adgang til:

- En pædagogisk vejledning om STEAM gennem historien
- Et hæfte om formel og ikke-formel tilgang til STEAM
- 35 manipulationer og deres blueprints
- De tilhørende pædagogiske sekvenser
- Et hæfte om "Best practice"

Partnere - En kollektiv indsats, skaberne af STEAM Builders

7 forskellige europæiske organisationer fra 7 lande: Frankrig, Cypern, Spanien, Belgien, Danmark, Slovenien og Grækenland har samarbejdet i to år om at udvikle STEAM Builders.



3: Anvendte metoder i projektet

Inden man indfører et nyt pensum eller en ny undervisningsmetode, er det bedst at dække flere aktiviteter, der giver dig mulighed for at evaluere de forskellige aspekter af dit projekt på forhånd. Pilotforsøg kan hjælpe dig med at forbedre strukturerne i dit undervisningsindhold og finde frem til de bedste måder at nå dine læringsmål på.

Inden en ny læseplan implementeres, kan man ved hjælp af små uddannelsesundersøgelser finde ud af, hvad de vigtigste involverede parter mener om den. Ved at tilrettelægge en pilottest i et klasseværelsesmiljø, afprøve innovative teknikker og endda foretage en vurdering for at få målrettet feedback fra undervisere og elever kan man forbedre strukturen af det pædagogiske indhold og udfolde de bedste måder at nå læringsmålene på. Derfor omfattede STEAM Builders' piloteksperimenter tre nøgleområder - projektsimulering, observation og analyse. For det første genskabte partnere fra 7 europæiske lande tegningerne i deres klasseværelser, hvilket gav en mere praktisk tilgang til STEAM. Mere end 600 elever eksperimenterede og legede med historiske teknikker og arv, hvilket viste dem, hvordan STEAM er til stede i alle aspekter af livet, og har været det siden civilisationens begyndelse. Under pilotprojektet identificerede og forfinede undviserne og eleverne forbindelsen mellem STEM og kulturarv ved at genskabe historiske monumenter fra deres land. STEAM Builders' Pilotstudier havde til formål at overføre viden om initiativets gennemførelse og få feedback fra elever og undervisere om projektets materielle accept, indhold og uddannelsesmål.

Efter en analyse af den modtagne feedback ser det ud til, at elevernes svar har fremhævet betydningen af praktiske aktiviteter gennem manipulation af Blueprints, hvilket understreger, hvor uafhængige de følte sig, mens de blev opfordret til at opdage forbindelsen mellem kulturarv og STEAM-emner på egen hånd. Desuden værdsatte de, hvordan lærerne blev involveret i deres arbejde ikke kun intellektuelt,



men også socialt og følelsesmæssigt, idet de hjalp dem og støttede dem gennem hele processen. Et vigtigt bidrag, som især blev diskuteret af underviserne, var tilføjelsen af en kort introduktion til de kulturelle monumenter, som eleverne senere skulle udnytte, for at de kunne blive fortrolige med emnet, inden de gik videre med den praktiske tilgang. Underviserne viste en særlig interesse for teknologiske tilgange til historiske monumenter, som f.eks. 3D-modellering, og nævnte, at det er en innovativ og spændende tilgang til traditionelt teoretiske og historiske emner. I nogle tilfælde (f.eks. blåtryk "Choirokoitia") var tidsrammen for

en enkelt skoleperiode var snæver, og de elever, der ikke havde brugt 3D-modelleringssoftware før, havde ikke tilstrækkelig tid til at løse et potentielt problem, der dukkede op.

4: Med skolen på museet og museet i skolen.

STEAM-undervisning på museet - fra lærerens synspunkt

Som underviser kan der være store fordele i at flytte dele af undervisningen ud af klasseværelset og ind på et museum. Museer kan være en vigtig aktør i fremtidens undervisning! dette kaldes "Udeskole", på dansk, når målstyret undervisning flyttes ud af det daglige klasseværelse og ud i et eksternt læringsmiljø. Det er i dette skift, at der sker en lille forstyrrelse af de daglige rutiner og mønstre i en klasse. Eleverne, og nogle gange også lærerne, bliver sat udenfor, man er så at sige "væk hjemmefra", og ofte sker det i et miljø, der arkitektonisk kan være anderledes end det man er vant til. Det kan være historiske miljøer som rekonstruktioner, frilandsmuseer eller museer, der har en særlig arkitektur, som udfordrer eleverne med en særlig æstetik, der motiverer eleverne. Det er værd at bemærke, at udendørs undervisning kategoriseres



som værende foregået i "eksterne læringsrum", som ud over de ovenfor nævnte kan være zoologiske haver, sportsklubber, fabrikker osv.



Figur 1: Elever fra Ranum Efterskole College gør erfaringer med en Lithosphon. Foto: Kim Callesen, Vesthimmerlands Museum, Danmark

Hvad gør målstyret undervisning uden for det daglige undervisningsforløb ved eleverne? I den tidligere publikation "Non formal education in STEAM - - Booklet" beskrev vi fordelene ved at flytte undervisningen ud af klasseværelset og inddrage STEAM-relateret undervisning med følgende argumenter:

- Fysiske sundhedsargumenter
- Sammenhængen mellem fysisk aktivitet og læring
- Læring i en sammenhæng
- Sociale vinkler
- Alsidig læring
- Neuropædagogik

Det er i dette miljø, at det daglige hierarki i klasseværelset sættes på standby for en stund, mens eleverne deltager i undervisning, der adskiller sig fra de mere velkendte former for klasseundervisning, og som ofte har karakter af mestringsøvelser, dvs. at eleverne lærer at beherske små håndværk gennem rollespil eller andre aktiviteter.



Med andre ord bliver historie, arv og kunst gjort meget konkret og levende - levendegjort! Dette er med til at binde elevernes læring sammen med følelser, og der sker en dybere genkendelse og fastholdelse af information.

Hvordan kommer man i gang?

Der er store forskelle i den måde, hvorpå museumsundervisning gennemføres i Europa. Nogle museer tilbyder slet ikke undervisningsforløb, eller undervisningen varetages af personale uden undervisningsbaggrund. Andre museer har særlige undervisningsafdelinger med undervisningsmedarbejdere, der udvikler, leverer og gennemfører særlige undervisningsforløb og -materialer til børnehaver, skoler og ungdomsuddannelser.

Der er således en enorm variation af muligheder, men også begrænsninger. Dette bør ikke forhindre dig som underviser i at kontakte museerne for at undersøge mulighederne for samarbejde. Det kan virke utopisk at samarbejde med museer om undervisning, men det sker allerede på flere museer rundt om i Europa! Husk, at skolebørn er lig med flere besøgende på museerne!

Anbefalinger til at indlede samarbejdet

- Du skal være motiveret til at flytte din undervisning ud af klasseværelset - der venter store oplevelser og indsigt for dine elever og for dig selv!
- Det kan være en god idé at starte lokalt! Er der et museum i nærheden af din skole?
- Tjek museets websted for at se, om de tilbyder undervisning
- Kontakt underviseren på museet via e-mail eller telefon og undersøg måske muligheden for et fysisk møde - samarbejde er bare så meget nemmere, når man kender hinanden.
- Det er vigtigt, at du er godt forberedt, FØR du kontakter museerne,



- især hvis der skal udvikles nye klasser eller pædagogiske temaer.
- Forbered al logistik i god tid: booking af bus, forældresedler til godkendelse af udflugten til et museum
- Koordinér eventuelt ekskursionen med andre klasser, hvis de også skal på museum samme dag for at mindske omkostningerne.
- Hvad ønsker du? Hvad er de læringsmål, du skal nå?
- Hvad er økonomien - koster det penge?
- Afstem forventninger med besøgsstedet.

Museet som lærer - anbefalinger til det pædagogiske personale på museer

Mange museer har en lang tradition for at tilbyde undervisningsforløb til børnehaver, grundskoleklasser og gymnasieelever. Ofte er disse forløb knyttet til permanente eller midlertidige museumsudstillinger. Nogle gange bruges museerne til sociale arrangementer, underholdning osv. Museerne kan imidlertid spille en langt mere proaktiv rolle i undervisningen ved at være tydelige med hensyn til, hvad de kan tilbyde, og måske også ved at være innovative i forhold til at supplere det, der undervises i institutionerne.:

Strategiske spørgsmål:

- Vil eller kan den lokale kommune støtte et samarbejde mellem museer og skoler, så de pædagogiske forløb kan være gratis?
- Hvem skal man kontakte i skolerne for at få lærerne involveret? Det er ikke altid en god idé at henvende sig til lærerne først. Omvendt kan det også være svært at nå lederne



- Kan du få taletid på et leder- eller lærermøde for at præsentere dine undervisningstilbud? Det kan endda være meget vigtigt at mødes fysisk
- Tilpas dit undervisningstilbud, så det passer til de nationale læseplaner - hvis du ikke kender dem, så bed lærerne om hjælp
- Vær tydelig i dine undervisningstilbud om, hvad du tilbyder i forhold til den nationale læseplan. Hav mål, indhold, tid og pris i tankerne

Bemærk! Fordomme, forventninger og manglende kendskab til hinandens verdener kan undertiden være en bremse for lærere, der gerne vil bruge museet som klasseværelse. Derfor kan det være en idé at synliggøre alt det, man kan gøre ud over det, der forventes, f.eks. kan man lære matematik eller madkundskab på et kunstmuseum?

Indhold:

Husk, at dit museum ikke skal være en skole, det er der ikke behov for, men derimod tilbyde alt det, som lærere/skoler har svært ved eller ikke kan lære!



Vær opmærksom på de forskellige fags formål og mål, så du kan tilpasse dine mål. På den måde hjælper du med at løse et problem for lærerne.

Fokuser på, hvad du kan tilbyde i form af lokal viden for at hjælpe med at opfylde nationale mål, f.eks:i) møde anvendt videnskab som f.eks. fagudtryk, kulstof 13 og 14, halveringstid, DNA osv..

ii) At gøre noget abstrakt konkret...

iii) At møde levende

videnskabsmænd: Historikere, arkæologer, konservatorer osv.

iv) At komme tæt på virkelige genstande, artefakter osv.

v) Læring gennem fælles oplevelser

vi) Brug af historie/kunst aktivt

vii) For frilandsmuseer skal man være opmærksom på de transformative læringsprocesser

viii) Museer kan ofte tilbyde særlige læringsrum for børn med særlige behov.

Der er således et stort pædagogisk, metodologisk og didaktisk potentiale for skoler og museer til at arbejde sammen på STEAM-relaterede områder

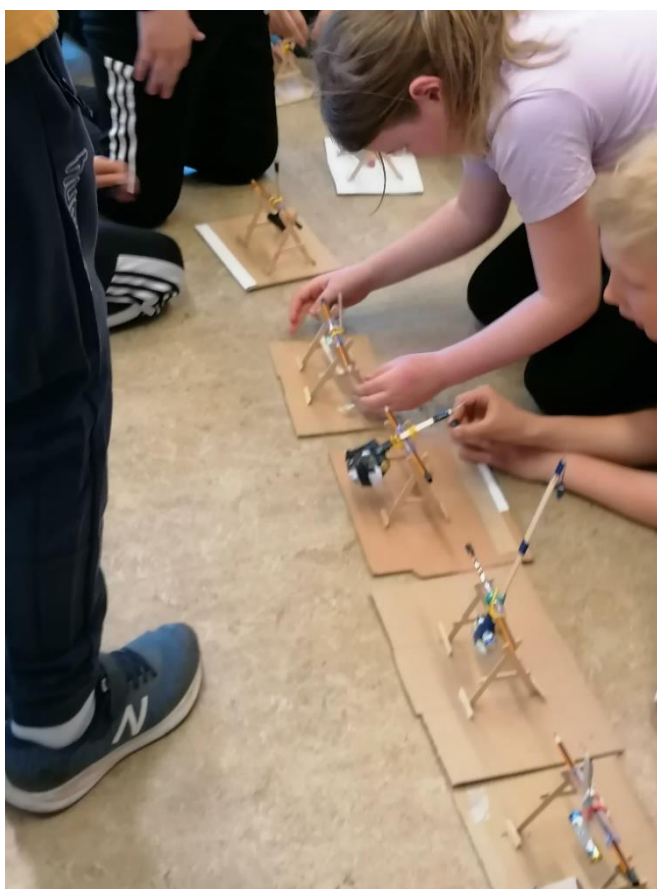


Figure 2 Building of the medieval trebuchet in the 4th grade. Photo: Kim Callesen, Vesthimmerlands Museum, Denmark

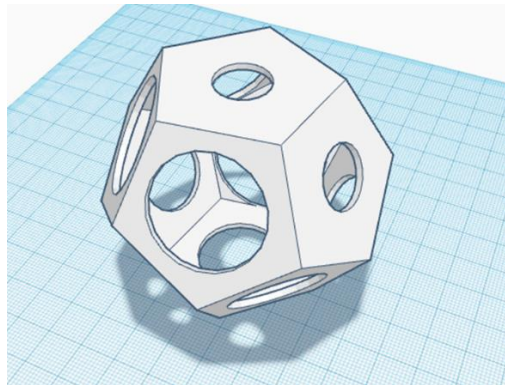


5: Hvordan kommer jeg i gang med 3D-printning?

Introduktion

Begrebet "3D-printning" er i sig selv en meget generel idé. Medierne, især mainstream markedsføring, præsenterer 3D-printing som en magisk fremtidsteknologi, der hurtigt kan reproducere komplekse genstande. Men det gør det svært at afgøre, hvad 3D-printing præcist er. I virkeligheden findes der mange forskellige 3D-printteknologier, men Fused Deposition Modeling (FDM), som er fokus for dette afsnit, er den mest almindelige.

FDM udskriver dele ved hjælp af termoplastisk filament, som grundlæggende er en kugle af materiale, der kan smeltes, selektivt deponeres i lag og afkøles. Dele bygges ved at lægge lag oven på hinanden med specifikke koordinater, der kommer fra en digital model.



Denne teknologi blev udviklet, fordi folk ønskede en måde at lave hurtige prototyper af dele på uden at skulle vente på industriel bearbejdning. I dag er hurtig prototypefremstilling en af de vigtigste fordele ved FDM og 3D-printning. 3D-printning er langsomt ved at blive en effektiv produktionsløsning.



3D-printning er en proces, og den er ikke hurtig at gennemføre. Processen handler ikke om at vide, hvordan man bruger maskinen rent mekanisk, men starter i stedet med idéudvikling og 2D-tegning og går derefter videre til computeren ved hjælp af 3D-computerstøttet design-software (CAD-software). Vi er endnu ikke nået frem til selve 3D-printmaskinen. Når vi har 3D-designet, downloader vi filen for at sende den videre til en ny software (CAM-software) for at kunne fortolke den del, der skal fremstilles af 3D-printeren. Denne software genererer en *.gcode-fil, som sendes til printeren, så den kan reproducere objektet.

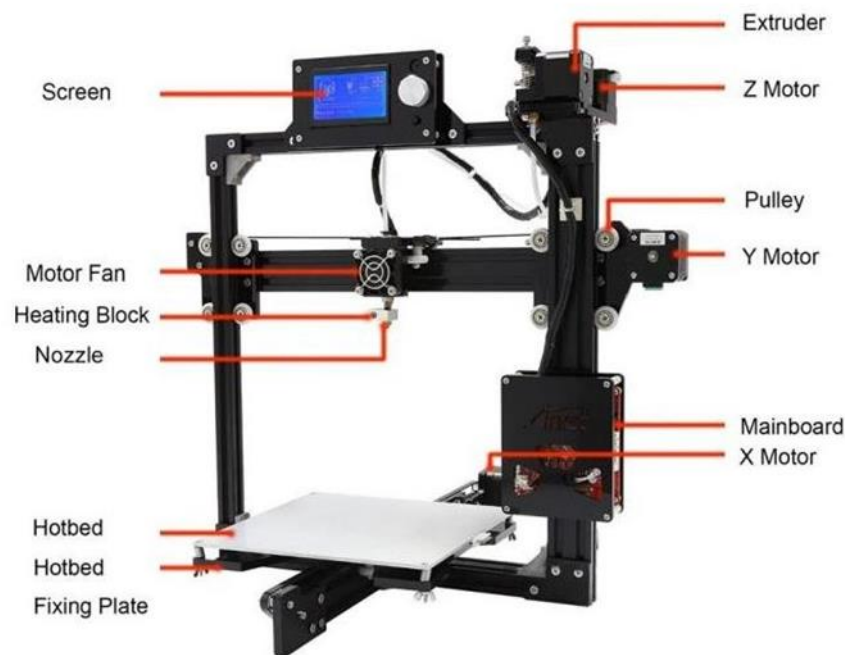
Processen med 3D-printning består således af to dele: hardware og software.

Hardware

Den nemmeste måde at forstå, hvordan 3D-printning fungerer, er først at forstå de fysiske dele, som maskinen består af. Det er værd at nævne, at de fleste 3D-printere bruger tre akser: X, Y og

Z. X- og Y-akserne er ansvarlige for venstre, højre, fremad og bagudrettet bevægelse, mens Z-aksen er ansvarlig for den lodrette bevægelse.

De vigtigste dele af en 3D-printer:



Byg platform: Byggeplatformen (også kaldet the print bed) er i det væsentlige den overflade, som delene fremstilles på. De kan være varme eller kolde for at kunne bruges til forskellige materialer.

Extruder: Extruderen er den komponent, der er ansvarlig for at trække og skubbe filamentet gennem printhovedet. Afhængigt af ekstruderens konfiguration (direkte eller Bowden) anses ekstruderen og printhovedet nogle gange for at være det samme. From this perspective, the extruder consists of two sub-components:

The cold enden er den mekaniske del, der består af en motor, drivhjul og andre små komponenter, der skubber og trækker filamentet.

The hot enden indeholder et varmelegeme og en dyse, hvor førstnævnte opvarmer glødetråden, så den kan ekstruderes af sidstnævnte.

Printhead(s): Der kan være et eller flere printhoveder i en printer, selv om de fleste printere kun har et enkelt.

Control interface: Nogle moderne 3D-printere har en berøringsskærm, der bruges til at styre 3D-printeren. På ældre printere kan der være en simpel LCD-skærm med et

fysisk rulle- og klikhjul i stedet for en berøringsgrænseflade. Afhængigt af modellen kan der også være et SD-kortslot og en USB-port.

For at begynde med hardwaren skal vi bruge:

- En 3D-printer (der findes et univers af printere, og valget af en afhænger altid af dine teknologiske færdigheder og dit budget).
- FDM-filament (et andet univers af farver og muligheder).
- Lak eller et andet klæbesystem, så den udskrevne del ikke løsner sig fra byggeplatformen.
- Værktøjer til vedligeholdelse af 3D-printere.

Software

- Som nævnt i indledningen til kapitlet oprettes 3D-modeller eller dele ved hjælp af 3D-modelleringssoftware, f.eks. CAD-software (computerstøttet design). Her er nogle eksempler på populære 3D-modelleringsprogrammer:
- Fusion 360 (gratis CAD til ikke-kommerciel brug).
- SolidWorks (betalings CAD)
- Blender (gratis overflade og organisk modellering)

De fleste nybegyndere inden for 3D-printing har dog ikke den nødvendige viden til at bruge denne type software. Hvis det er tilfældet, skal du ikke bekymre dig, for der er andre løsninger.

Til at begynde med er der enklere CAD-softwaremuligheder, såsom Tinkercad, et webbrowsersbaseret program med gratis adgang, som næsten alle kan bruge uden forudgående erfaring. Det er et onlineprogram designet af Autodesk, en af branchens førende udviklere af CAD-software. Når vi har den færdige model i 3D-designsoftwaren, skal den forberedes ved hjælp af en særlig type software, der oversætter modellen til det instruktionskort, som maskinen skal fortolke. Dette gøres

ved hjælp af skæresoftware, hvoraf den mest kendte hedder Slicer (mange printere har deres egen G-kodegenereringssoftware). Det bruges til at indstille mange parametre, f.eks. trykhastighed og temperatur, vægtykkelse, fyldprocent, laghøjde og mange andre.

Den resulterende fil består af G-kode, som er 3D-printeres og CNC-maskiners "sprog". G-kode er i bund og grund en lang liste over koordinater, som 3D-printeren vil følge for at bygge sin model. Med andre ord er 3D-printning umulig uden G-kode-filer!

Da adgangen til 3D-printere er blevet udbredt for mange mennesker i de seneste år, er der blevet oprettet adskillige websteder som repositorer for 3D-modeller. På disse websteder kan man downloade dele, som måske allerede er designet og ikke behøver at blive genskabt. Her er nogle af de mest populære:

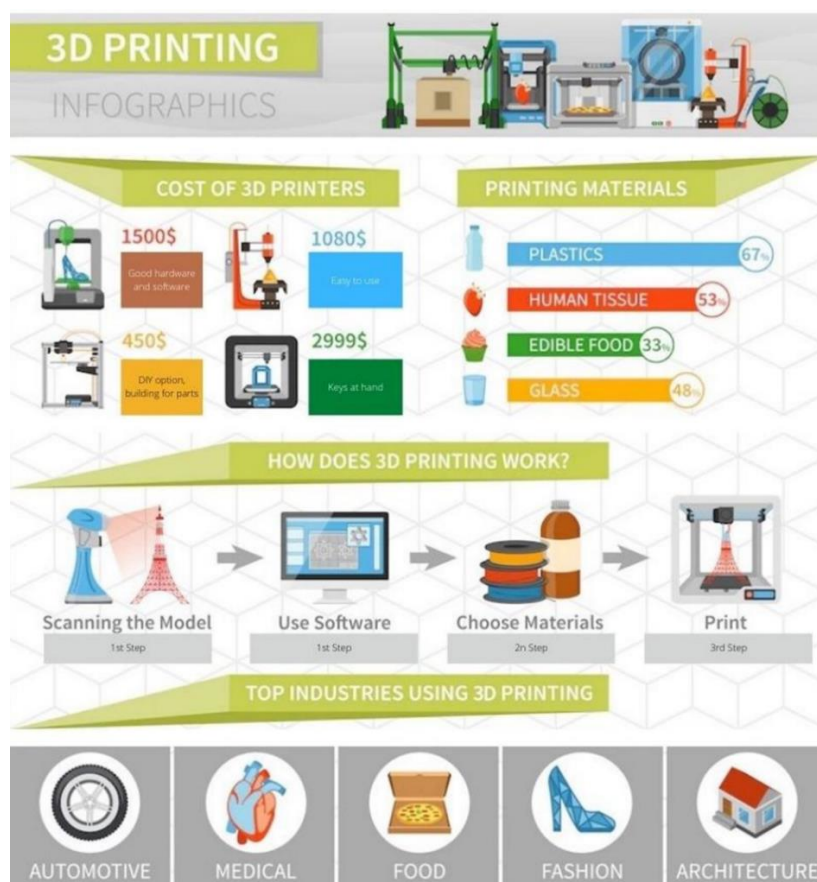
- Thingiverse (gratis)
- MyMiniFactory (meget gratis og noget betalings)
- Cults3D (gratis og betaling)
- CGTrader (lidt gratis men mest betalings)
- Printables (gratis)

Pædagogiske anbefalinger og begrænsninger

I grundskole- og gymnasieskolesammenhænge udnytter undervisere teknologier og makerpædagogik til at muliggøre mere undersøgelsesorienterede, praktiske, engagerende og elevcentrerede former for læring (Freeman, Becker og Cummins, 2017). Disse bestræbelser er i tråd med den nylige internationale fokus på udvikling af færdigheder inden for videnskab, teknologi, ingeniørvidenskab, kunst og matematik (STEAM) (Organization for Economic Co-operation and Development, 2018; UNESCO et al., 2015) samt på udvikling af såkaldte 21. århundredes færdigheder, såsom

samarbejde, kritisk tænkning, problemløsning og kreativitet (Broadband Commission for Sustainable Development, 2017; Luna Scott, 2015).

Forståelse for og anvendelse af maker-teknologier og -pædagogik er en stor udfordring for skoleledere og klasselærere, hvoraf mange har haft begrænset kendskab til makerbaseret undervisning og læring gennem professionelle læringsmuligheder for at informere deres egen praksis i klasseværelset. Desuden betyder manglen på forskning om pædagogikker, der støtter og begrænser læring og undervisning i maker spaces, at lærerne har lidt empirisk vejledning, som de kan basere deres praksis på (Papavlasopoulou et al., 2017). Et af de vigtigste elementer i forbindelse med inddragelse af 3D-printprocesser i klasseværelset er tålmodighed. Vær tydelig omkring hvert trin i læringsprocessen. Og opret en rimelig tidslinje for udformningen af projektet.





References:

- Broadband Commission for Sustainable Development. (2017). Working group on education: Digital skills for life and work. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0025/002590/259013e.pdf>
- Freeman, A., Becker, S. A., & Cummins, M. (2017). NMC/CoSN horizon report: 2017 K-12.
- Luna Scott, C. (2015). The Futures of Learning 3: What kind of pedagogies for the 21st century? Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002431/243126e.pdf>
- Organisation for Economic Co-operation Development. (2018). The future of education and skills: Education 2030. Retrieved from [http://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20\(05.04.2018\).pdf](http://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).pdf)
- Papavlasopoulou, S., Giannakos, M. N., & Jaccheri, L. (2017). Empirical studies on the Maker Movement, a promising approach to learning: A literature review. Entertainment Computing, 18, 57-78. <https://doi:10.1016/j.entcom.2016.09.002>
- UNESCO et al. (2015). Incheon Declaration Education 2030: Towards inclusive and equitable quality education and lifelong learning for all. <http://www.unesco.org/new/en/education/themes/leading-the-internationalagenda/education-for-all/education-2030-framework-for-action/>

6: Udvalgte cases fra projektet

Case 1: Tanker om kreative byggeklodser - børns møde med kunst gennem højt profileret legetøj.

Den danske multikunstner Per Kirkeby har skabt en række skulpturer af murstensbygninger rundt om i Europa. Han kalder dem ikke skulpturer, men snarere "maskiner af lys og skygge". Denne sætning er inspirationen til blueprintet af samme titel, som er et forsøg på at lære geometri gennem lokal bygningskunst via

eksperimentelle konstruktioner af Stehle (en byport baseret på en firkantet grundplan) i LEGO.

Dette var baggrunden for 14 test sessioner over 5 dage med 344 deltagende elever i alderen 6 - 13 år fra Aars i Vesthimmerland, Danmark.



Figure 3 A Stehle i en rundkørsel i Aars, Danmark Phoo:<https://skulpturblog.org/2020/10/06/aars-2006-byporte/>

Hvert forløb på 60 min. bestod af:

- Introduktion til museet, Per Kirkeby og STEAM Builders Erasmus+-projektet.
- Fremstilling af 1. model med skyggeprøve
- Fremstilling af 2. model med skyggetest
- Evaluering

I indledningen blev eleverne spurgt: "om de ville være en slags testpilot" for projektet. Alle eleverne tilkendegav, at de var interesserede, og der var endda stor nysgerrighed blandt eleverne om selve STEAM Builders-projektet.

Per Kirkeby, havde en meget eksperimenterende tilgang til brugen af mursten, så LEGO blev valgt som det byggemateriale, der kom tættest på for eleverne, hvilket begejstrede mange elever, som spontant udtrykte "Ja!" eller "Cool", hvilket tydeligt indikerede legetøjets status blandt eleverne.

Efterfølgende bemærkede flere elever: "Det er fedt at få en specifik opgave i LEGO. Det er en anderledes måde at bygge på".

Nogle få elever havde begrænsede typer klodser til rådighed. På spørgsmålet om dette var en hindring for deres byggeri, svarede de: "Nej, det var sjovt, at vi ikke havde så mange slags at vælge imellem, for det tvang os til at bruge vores fantasi!"

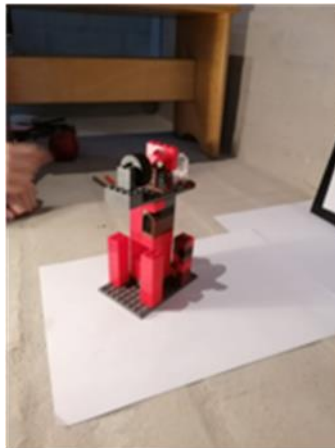


Fig.2 Stehle bygget af en 6 år gammel elev. Der var en lang forklaring til konstruktionen på toppen: "Når lyset rammer den, vil den skabe lys og skygger." Photo: Kim Callesen, Vesthimmerland Museum

Elevernes alder kom for det meste til udtryk i konstruktionerne. De yngre elever var mere optagede af Stehlens funktion, mens de ældre elever var mere optaget af æstetikken.

Periodisk kønsopdelt undervisning og andre former for opdelt undervisning

Om det er noget særligt ved danske børn, skal være usagt, men brugen af LEGO som undervisningsmateriale virkede lige engagerende for begge køn. Måske var det opgavens åbne løsningsmuligheder, der appellerede til eleverne? LEGO ofte anses for at have en stor tiltrækningskraft på drenge men pigerne viste mindst lige så stort engagement i forløbene.

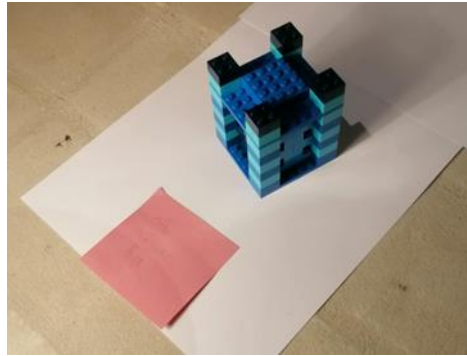


Fig 1: Stehle bygget af 12-årige elever. Bemærk farvekoordineringen.

Photo: Kim Callesen, Vesthimmerlands Museum

I to af klasserne havde lærerne valgt at opdele efter køn, altså på rene drenge-og pigehold. Der var tale om to meget stille og koncentrerede sessioner, hvilket ikke får os til at anbefale dette generelt, men der kan dog være et perspektiv i at være opmærksom på muligheden i kortere perioder, da LEGO kan have så stor appel til visse grupper, at det ligefrem fører til næsten at eksklusion elever, der ikke er så vant til konstruktioner med klodser!

Opdelingen kan være baseret på:

- Alder
- Erfaren/uerfaren bygger
- Køn
- Tildeling specifikke blokke til specifikke grupper af elever.

”Maskiner for lys og skygge” viste, at det er muligt at skabe tværfaglige programmer, selv hvor lokal kunst blev en katalysator for matematik, videnskab og interesse for EU. Testen viste også et program med stort engagement og stor deltagelse i idé- og opbygningsfasen fra både piger og drenge.



Case 2: Erfaringer med STEAM Builders og børn med SLD

Kort introduktion til SLD'er - SLD'er i STEAM-sammenhæng

Kort præsentation af SLD':

Specific Learning Disorder eller SLD, er en permanent tilstand, der påvirker en persons indlæringsproces. Der findes forskellige former for SLD: dysleksi, dysgrafi, dyskalkuli, dysfasi og dyspraksi. De har en neurobiologisk årsag, der påvirker den måde, hvorpå hjernen behandler information: hvordan den modtager, integrerer, bevarer og udtrykker information. Dette kan påvirke den kognitive udvikling af en indlæringssevne, men skyldes ikke en fysisk funktionsnedsættelse eller et intellektuelt handicap. Hver enkelt SLD skaber sit eget sæt udfordringer, som påvirker elevernes skoleliv. For yderligere oplysninger anbefaler vi, at du henviser til den pædagogiske vejledning til dette projekt.

Vanskeligheder i forbindelse med STEAM-læring

De fleste SLD'er kan påvirke STEAM-læring indirekte på grund af den måde, de påvirker hjernens måde at behandle information på. Ordblindhed kan f.eks. give sig udslag i læsevanskeligheder og sprogbaseerede behandlingsfærdigheder. Det gør det sværere at afkode matematiske problemer, da det kan påvirke læsehastighed, afkodning, læseforståelse, hukommelse, skrivning, stavning og undertiden tale. Dyscalculia er den mest indlysende lidelse, når det drejer sig om vanskeligheder i STEAM, da den generelt udmønter sig i vanskeligheder med at forstå matematiske symboler, tælle, huske og organisere tal, hvilket hindrer den berørte person i beregning eller abstrakte matematiske operationer.



.¹ PISA. (2018). *Home*. OECD iLibrary. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/a9b5930a-en/index.html?itemId=/content/component/a9b5930a-en>

SLD-behov inden for STEAM

Børn med nedsat udviklingsevne vil have gavn af flere sekvenser og konkrete materialer, som vil hjælpe dem med at visualisere, interagere og forstå den teori, de lærer. De har brug for klare trin og mulighed for at knytte tingene til konkrete situationer for at integrere materialerne lettere. Dette er behandlet med manipulationsskemaerne i STEAM Builders.

Præsentation af de testede resultater: Hvad og hvorfor?

Output:

Det vigtigste output, der blev testet, var blueprints til manipulation og de tilhørende pædagogiske sekvenser. Alle partnere har afprøvet forskellige af dem, og resultaterne er generelt meget positive.

SLD: Perspektiver på STEAM Builders: Brugbarhed og udfordringer

Brugbarhed:

De manipulationer, der er skabt i STEAM Builders, giver eleverne mulighed for at interagere med klassens materialer, visualisere dem og manipulere dem, hvilket vil hjælpe dem med at fastholde informationen bedre, da alle deres sanser er involveret i løbet af sessionen. De vil også være i stand til at forstå mekanismerne fuldt ud i stedet for blot at lære dem udenad og glemme dem, så snart prøven er overstået. Dette giver også eleverne mulighed for at deltage aktivt i læringsprocessen i stedet for



passivt. Endelig skaber det interesse og øger engagementet i undervisningen, hvilket altid er en kilde til bedre resultater.

Udfordringer:

Nogle af disse manipulationer hjælper eleverne med at forstå komplekse teorier, samtidig med at de manipulerer elementer. Desuden kan finmotoriske færdigheder, selv om de kan være en kilde til udfordring for elever med SLD, kan gruppearbejde let afhjælpe denne udfordring. Sådanne aktiviteter er også begrænsede med hensyn til de langsigtede muligheder; desværre vil en lærer nok ikke kunne lave hele skoleåret på denne måde. Dette er et værktøj, der skal bruges punktvis for at øge interessen og engagementet.

Casestudie: testfase

- Testfasen

Testfasen var udfordret pga. placeringen i skoleåret, men testene gav meget positive resultater for alle output. En af eleverne følte sig meget intimideret af forsøget, især med remskivesystemet, men da hun først indså, at retningslinjerne var enkle og klare, kunne hun selv udføre de fleste af trinene, selv om materialerne måske virkede vanskelige at bruge ved første tilføjelse, indså hun, at fysik var mere konkret, end hun troede. Eleven bemærker, at denne metode bør anvendes på alle fysikområder for at engagere sig mere aktivt i det emne, som læreren fremstiller

Indtryk og kommentarer

De lærere, der gennemførte prøverne, var meget tilfredse med den måde, som tegningerne var konstrueret på, især "kompasset", hvor de skulle sige noget:



"Denne var virkelig god, fordi den virkelig hjalp eleven til at forstå, hvordan kompasset fungerer, selv om det var blevet forklaret tidligere gennem forløbet. Faktisk fik denne mere konkrete del, hvor han skulle magnetisere sin nål ved at tænke på magnetens positive og negative side, ham virkelig til at tænke over både magneternes og naturligvis kompassets funktion. Desuden indeholder denne plan en mere personlig "skabelsesdel" med en kompasrose, der skal tegnes, hvilket giver eleven mulighed for hurtigt at gennemgå nogle geometriske begreber, mens han anvendte dem på noget konkret, men som også giver ham mulighed for at træffe flere æstetiske valg (selv om det blot er et spørgsmål om at vælge farver og form på sine bogstaver). Dette gav eleven mulighed for at føle, at han virkelig byggede sit eget objekt og ikke blot et objekt, som han skulle lære noget om.

Set fra vores synspunkt, er det også den, vi foretrak at arbejde med blandt de tre foreslåede, fordi den gav os mulighed for at arbejde med flere begreber på samme tid og samtidig give et meget konkret og visuelt resultat for eleven. Desuden er de anvendte materialer meget basale, og derfor kræver aktiviteten meget lidt forberedelse på forhånd, hvilket ikke er uvæsentligt. Den måde, hvorpå forklaringerne understøttes af fotografier af konstruktionens udvikling, er også meget behagelig. Det giver eleverne en vis selvstændighed, samtidig med at det øger deres følelse af at bygge deres eget objekt og være en aktør i deres læring. Også for dem, der har problemer med selvtillid, at få indtryk af at kunne bygge disse objekter selv og ikke at have brug for hjælp fra den tilstedeværende voksne."

Konklusion

I betragtning af alle kommentarerne viste det sig, at tegningerne både var meget interessante, set fra lærerens synspunkt og meget motiverende set fra elevernes synspunkt. Den trinvis forklaring med billeder giver eleverne mulighed for at være

selvstændige og inddrager dem i skabelsen af et meget konkret resultat, som de kan beholde bagefter, samtidig med at det kun kræver grundlæggende materialer og lidt forberedelse på forhånd. Visse finmotoriske manipulationer i specifikke blueprints kan være udfordrende afhængigt af, om eleven realiserer dem. De er dog effektive i forhold til deres mål: at kontekstualisere abstrakte STEAM-teorier, hjælpe eleverne med at forstå begrebernes mekanismer og øge engagementet og præstationsniveauet i STEAM for alle elever.

Case 3: STEAM Builders i gymnasiet

En gymnasieskole er en institution, der tilbyder almen uddannelse og introducerer eleverne til forskellige emner. Nogle gymnasier tilbyder både gymnasieundervisning (11-14 år) og gymnasieundervisning (14-18 år), dvs. niveau 2 og 3 på ISCED-skalaen, men disse kan også foregå på separate skoler. Unge mennesker skal have fremragende færdigheder i at fortolke oplysninger, problemløsning og vide, hvordan man indsamler og evaluerer beviser for at træffe informerede beslutninger (Bourn, 2018). Som fremtidige ledere vil de stå over for stadig mere komplekse problemer, og derfor er et praktisk kendskab til STEM afgørende (Digital Skills Gap Index, 2021; Cedefop, 2015).

Gymnasieelever kan tilmelde sig STEAM-programmer for at udvide deres verdenssyn og samtidig lære vigtige livsfærdigheder. Nogle af fordelene ved STEAM-programmer for gymnasieelever omfatter bl.a:

- Forbedrede færdigheder i problemløsning
- Forbedret samarbejde og kommunikation
- Selvtillid til at gå i gang med en karriere og være klar til at gå på universitet
- En fordel på det fremtidige arbejdsmarked



Men hvordan kan lærerne indføre STEAM i deres klasseværelser?

STEAM Builders tilbyder en metode til at indføre STEAM-aktiviteter i gymnasier. Den anvender en flerstrengt tilgang til at hjælpe eleverne med at opbygge deres STEAM-færdigheder, hvilket giver lærerne mulighed for at få inkluderende pædagogiske sekvenser, der kan bruges i deres klasser. Med udgangspunkt udviklings samarbejdet angiver partnere med forskellige ekspertiser inden for STEAM-undervisning og uddannelse generelt har vi til formål at udviklet, evalueret, anvendt i reelle klasser og forbedret en række STEAM-ressourcer.

I henhold til STEAM Builders-tilgangen er de vigtigste trin i indførelsen af STEAM i gymnasierne følgende:

1. Udvikling og evaluering af historiske blueprints af artefakter af fageksperter
2. Udvikling og evaluering af pædagogiske specialister af pædagogiske sekvenser for hvert blueprint af pædagogiske specialister
3. Anvendelse og evaluering af de pædagogiske sekvenser og modeller i uddannelsesaktiviteter med henblik på at vurdere disse ressourcers merværdi

Eksempel:

I skoleåret 2021-22 brugte eleverne på 5. gymnasium i Agrinio en plan og et forløb, der blev udviklet i projektet med i alt 42 elever. Eleverne var 16 år gamle og gik på en græsk Senior High School.



Figure 4: Photo: 5th High School of Agrinio, Greece

Der blev brugt i alt tre undervisningstimer, herunder til at lave sekstant. Planen omhandlede fremstillingen af sekstant, og den pædagogiske sekvens omfattede anvendelsen af sekstant til at måle højden på deres skole. Ved at bruge en "learning by doing"-tilgang fik eleverne:

- udviklet sextanten ved hjælp af tegningen,
- lærte de med lærerens hjælp om Thales og hans sætning om ensartede trekanter,
- studerede Xenagoras (2. århundrede f.Kr.), som baserede sin forskning på Thales' teoremer, og beregnede højden af toppen af det græske bjerg i det vestlige Olympus, kaldet Flambouro,
- og endelig målte de højden af deres skole i grupper ved at foretage de nødvendige beregninger.

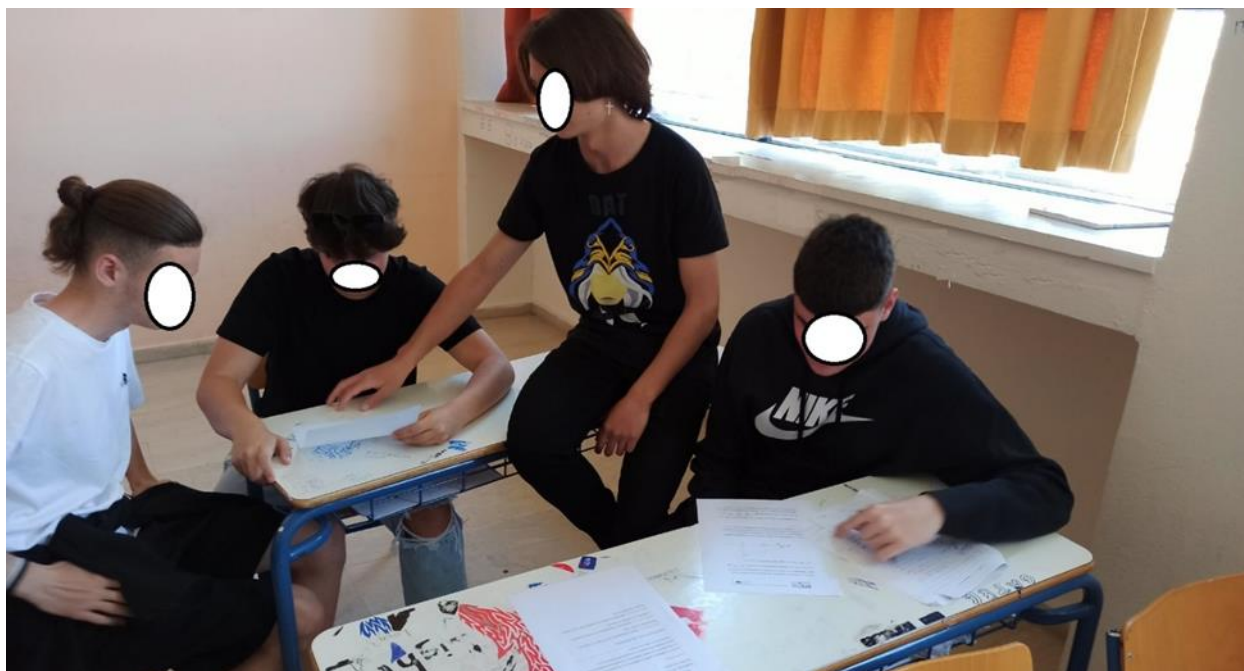


Figure 5: Photo: 5th High School of Agrinio, Greece

Alle eleverne deltog aktivt og nød aktiviteten. De skabte nogle genstande, lærte nogle historiske fakta og indså matematikkens praktiske potentiale i hverdagen.

Der blev uddelt et kort spørgeskema til eleverne, og derefter blev der afholdt en diskussionssession for at få kendskab til deres synspunkter og holdninger. Tabel 1 viser den mest interessante del af spørgeskemaet, og som vi kan se, er eleverne ret positive over for vores undervisningsmetode.

Table 1: Opinions of the students

Question	1 (Strongly disagree)	2 (disagree)	3 (Neutral)	4 (Agree)	5 (Strongly agree)
A. The content of the activity is interesting and attractive				2	40
B. The content of the activity is clear and understandable				3	39
C. The activity was able to keep me interested and motivated					42
D. I want more activities like this!					42



Ovenstående aktivitet er et simpelt eksempel på en vellykket integration af STEAM-aktiviteter i gymnasier. STEAM Builders-projektet indeholder trinvis retningslinjer til støtte for integrationen af STEAM-aktiviteter. Eleverne støttes i deres udforskning af forskellige implementeringer, og lærerne støttes med specifikke ressourcer.

References

Bourn, D. (2018). Understanding global skills for 21st century professions. Cham: Palgrave Macmillan, 2018.

Cedefop (2015), Skill shortages and gaps in European enterprises: Striking a balance between vocational education and training and the labour market,

https://www.cedefop.europa.eu/files/3071_en.pdf

Case 4: Når skolerne bruger lokalområdet i undervisningen

Hos Fermat Science tilbyder vi workshops med udgangspunkt i lokalområdet og Beaumont de Lomagnes kulturarv: PatriMaths workshops En af dem er: "Byen i middelalderen"

Denne workshop henvender sig til børn på 6 år: de udforsker grundlæggelsen af den kongelige bastide Beaumont, der blev oprettet for over 800 år siden på initiativ af Filip III den Stærke og abbeden af Grand Selve. Børnene går gennem byen i de gader, der krydser hinanden i rette vinkler, og som blev tegnet af middelalderens landmænd, og de opdager, mens de slentrer gennem byens hjerte, de arkitektoniske principper, der lå til grund for dens opførelse.



På Kulturcentret i Beaumont de Lomagne kan børnene gå på opdagelse i bindingsværkshusene. Bastideområdet Beaumont de Lomagne er rigt på disse typiske huse fra det 16. århundrede, som er de ældste levn i byen. Fortsæt mod den storslåede residens for herremændene af Argombat, der ligger i rue de l'Eglise, og derefter videre til rue de la République, hvor Jean d'Armagnacs bemærkelsesværdige hus ligger. Under denne spadseretur gennem historien opdager de mange andre aspekter af videnskaben. Tilbage på Kulturcentret kan alle lave en model af en by i middelalderen. De får udleveret et laserskåret eksempel på et hus i bindingsværk, en teknik som Camille, der er formidler hos Fermat Science, samler for dem. Derefter vil deres model komme til live ved hjælp af forskellige materialer, sand, grus, kork, figurer, dyr og genstande... Og de vil blive "smidt" ind i hjertet af en middelalderby! Efter at have opdaget fortidens liv, som afspejles i arkitekturen på bastide, kan de beholde deres arbejde og dele denne skat, der er født af deres hænder, med deres familie indsats.



Figure 6: Fermat Science, France



I PatriMaths-værkstederne foreslår vi børn på 6 år og derover at skabe et kunstværk med glasmaleri.

Fra kulturcentret i Beaumont de Lomagne tog børnene af sted til den gotiske kirke Notre Dame de l'Assomption fra det 14. århundrede. Formidlerne henledte deres opmærksomhed på et af de farvede glasvinduer på den udvendige facade.

Fra den smalle gade var det umuligt at se det, så gruppen gik ind i kirken, og der var det en opdagelse! Indefra afslørede lyset den, rig på farver og former.

Formidleren forklarer derefter børnene, hvordan et glasmosaikvindue fremstilles: valg af model og fremstilling af modellen er de første skridt. Derefter fremstiller glasmestren design, farver, blylænker og metalramme, alt sammen i naturlig størrelse. Glasset skæres med en diamant, hvert stykke males med maling til glas og brændes. Alle stykkerne samles og forbindes med bly. Det resulterende glastag er derefter fastgjort med en metalramme. Efter besøget vendte alle tilbage til kulturcentret, så børnene kunne arbejde på deres egne glasmalerier. Ved hjælp af forskellige redskaber - kompas, lineal, vinkelmåler - opfordredes børnene til at blive kreative på deres tur. Ved at blande symmetri og geometri gengiver de den model, som facilitatoren har foreslået: kirken og dens glasmosaikvindue kommer til live. Det eneste, der mangler, er at overføre den til gennemsigtigt papir og belyse den som en mesterglaskunstner.

Takket være denne workshop fik børnene mulighed for, gennem deres kulturarv, at lære en traditionel teknik at kende, en kunstart, og at afprøve kunstarten og blive glasmestre!

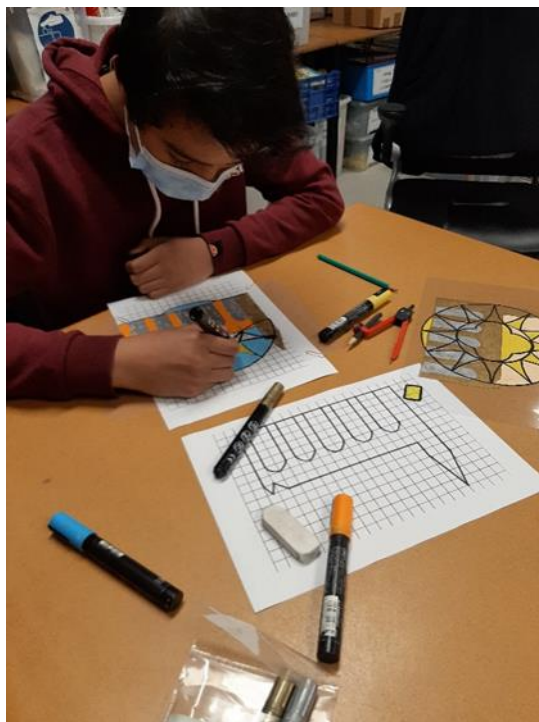


Figure 7: Photo: Fermat Science, France

Børn kan også opleve Beaumont de Lomagne fra et geometrisk perspektiv med workshoppen om geometrisk vandring.

Vi arrangerede en geometrisk vandring i den by, hvor matematikeren Pierre Fermat blev født. Formålet var: at opdage hans by ud fra en geometrisk synsvinkel og dermed få børnene til at observere deres kulturarv og arkitektur og til at se på de forskellige

arkitektoniske former og dimensioner og tænke som en matematiker. Beaumont de Lomagne er en bastide med et stærkt arkitektonisk potentiale og en meget streng geometrisk form som alle bastider. Børnene skulle, sammen med deres guide, identificere symbolske steder med geometrisk betydning under et besøg i byen, forstå Beaumont de Lomagnes historie, forestille sig spørgsmål, som de kan stille i



Figure 8: Photo Fermat Science, France

forbindelse med det, de har set. observerer, tager billeder af stederne og arkitekturen, tænker over de redskaber, der skal bruges til at måle byen, og udarbejder et besøgsdokument. Besøget præsenteredes derefter for forældrene, som satte sig i de

besøgendes sted og udforskede Beaumont de Lomagne ud fra et geometrisk synspunkt. Dette gav børnene mulighed for at blive værdsat af deres forældre, som kan videregav deres viden, men det gav dem også mulighed for at vise deres forældre en anden måde at gribe matematikken an på. Gennem dette besøg fik børnene mulighed for at fordybe sig i forskellige discipliner (matematik, historie, arv, skrivning, skabelse, observation, kunstnerisk praksis) og for at implementere mange kompetenceområder med henblik på at realisere et globalt projekt.



References

Rey, O. (2016, 4 January). *Les bonnes pratiques en éducation : aller au-delà du slogan*. Des recherches aux pratiques éducatives.

<https://pratiquedu.hypotheses.org/561>

(2016, novembre). Le recensement des bonnes pratiques pédagogiques dans l'enseignement professionnel. Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche file:///C:/Users/UTILIS~1/AppData/Local/Temp/2016-078-recensement-enseignement-professionnel-690447-pdf-31049.pdf.

(2015, mars). Manuel d'élaboration d'un guide de bonnes pratiques. Agence de la santé et des services sociaux de la Montérégie Québec.

http://extranet.santemonteregie.qc.ca/depot/document/3760/Guide_pratiques_VF.pdf



Case 5 : Gennemførelse af en workshop om kulturarv

1.Hvad er en workshop?

En workshop er et møde, hvor en gruppe mennesker deltager og interagerer i en intensiv diskussion og aktivitet om et bestemt emne eller projekt. Generelt er workshops korte uddannelsesprogrammer (fra et par skoletimer til flere dage), som involverer deltagerne og giver dem mulighed for at tilegne sig tekniske eller praktiske færdigheder eller lære et koncept, der er åbent for ethvert anvendelsesområde. Planlægningen og forberedelsen af workshoppen er tidskrævende for underviseren, da hver workshop er unik. For at opnå de bedste resultater skal den forberedes med deltagerne og emnerne i tankerne. På den anden side betyder det, at den samme workshop kan anvendes til at præsentere forskellige emner og undervisningsområder.

2. Planlægning, forberedelse og gennemførelse af workshoppen

I STEAM Builders-projektet har GoINNO Institute organiseret hands-on workshops med elever i alderen 10-14 år for at afprøve de udviklede materialer. I dette afsnit vil vi beskrive forberedelsen og gennemførelsen af workshoppen ud fra et praktisk eksempel.



2.1. Planlægningsfasen - definer deltagerne (antal, alder), undervisere, aktiviteter

For det første har vi valgt målgruppen og aktiviteterne. Derefter er det maksimale antal deltagere blevet fastlagt - begrænsningerne kan være tid, materialer, plads og antal mentorer. Vi besluttede os for et maksimalt antal på 20 deltagere (i alderen 10-14 år) med 2 mentorer. Mentorer er altid velkomne, helst flere frem for færre. Vi anbefaler mindst 2 til en gruppe på 10-20 elever for at sikre, at aktiviteten forløber gnidningsløst, og at eleverne får hjælp med hands-on-arbejde, når de har brug for det. Aktiviteterne er udvalgt under hensyntagen til målgruppen og deres interesser - vi anbefaler højst 2 forskellige praktiske aktiviteter, der hverken er for enkle eller for komplicerede. Det vigtige er, at de kan udføre aktiviteten næsten alene, med deres egne hænder. Eleverne kan også lave aktiviteten parvis eller i grupper, men alle skal være aktivt involveret.

Vi besluttede at lave 2 forskellige eksperimenter - "Vandmølle" og "Udforskning af sten" i 3 skoletimer med en pause imellem.

2.2. Forberedelsesfasen (materialer, sted, invitationer, ansøgninger osv.)

Rummet: Vi skal vælge et sted til workshoppen : I vores tilfælde valgte vi et klasseværelse på biblioteket, men det kan også være et klasselokale i en skole eller et andet offentligt sted (i den varmere årstid kan det også være et sted udenfor). Vi har brug for et sikkert miljø for at undgå skader eller skader og for at give plads nok.

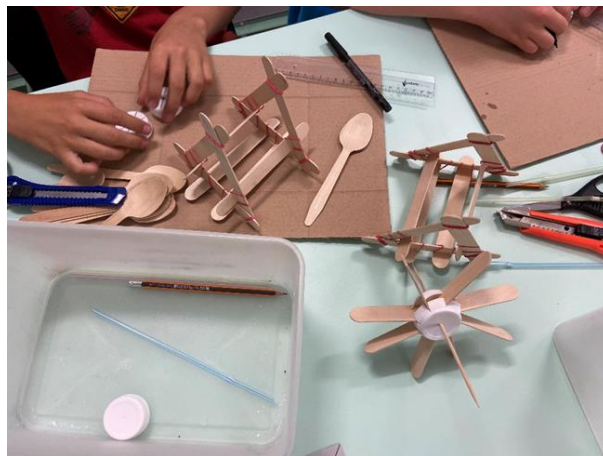


Materialer: Forbered nok materialer til alle deltagerne og nogle ekstra materialer for en sikkerheds skyld.

Invitationer: Forbered invitationerne og send dem til den interesserede offentlighed - vi målrettede invitationerne til forældre med skolebørn. Vi delte detaljerne om arrangementet på sociale medier og oprettede en online-ansøgningsformular, som vi regelmæssigt overvågede. Hvis der er flere ansøgere, end der er pladser i workshoppen, kan du overveje at lave to arrangementer. Husk : at definere de vigtigste oplysninger: sted, tid, varighed, hvem der kan ansøge, og en kort beskrivelse af emnet.

2.3. Implementation

Underviseren skal være på stedet, inden workshoppen starter, for at forberede stedet og de nødvendige materialer. Når workshoppen starter, skal deltagerne opdeles i mindre grupper og begynde med aktiviteten. Eleverne er ofte begejstrede, hvis de kan tage noget med hjem, som de selv har lavet. Hvis man laver noget af lettilgængelige og billige eller endda genbrugsmaterialer, kan man få eleverne til at tage deres modeller med hjem..



7 : anbefalinger

Figuren nedenfor giver dig de 7 partners bedste anbefalinger til at komme i gang med STEAM-relateret undervisning :

Institution	Anbefaling
Logopsycom	
Forberedelse er afgørende	For at gennemføre en aktivitet så gnidningsløst som muligt er forberedelse et vigtigt skridt. Man skal være sikker på, at der er nok værktøj til rådighed og i funktionsdygtig stand, at de materialer, der er nødvendige for at skabe en manipulation, er på lager, og at man har lidt mere end nødvendigt. (Der kan altid ske en fejl, så det er bedre at forberede sig på flere forsøg). Men det er også godt at være opmærksom på de faciliteter, der er til rådighed, pladsen, bordene osv., da de kan være nødvendige for aktiviteten. Et andet væsentligt punkt er at gennemføre aktiviteten på forhånd på egen hånd, så du kan identificere de punkter, hvor der er vanskeligheder eller øjeblikke, hvor du skal være særlig opmærksom, for selv at hjælpe eleverne og også vejlede dem bedst muligt under aktiviteten. Vi vil råde dig til at genskabe manipulationen én gang selv og forberede alle materialer i god tid i god tid til aktiviteten. Eventuelle rester kan også bruges til andre aktiviteter. Vi anbefaler, at materialerne genbruges så meget som muligt.
Samarbejde snarere end konkurrence	Konkurrence bruges ofte som en måde at motivere eleverne til at lykkes. Selv om dette kan virke på nogle elever, er det ikke

	<p>alle, der er konkurrencedygtige, og de elever, der "taber", mister måske interessen, når vinderne er færdige, og de stopper måske halvvejs, da der ikke længere er nogen mening med det. Det giver dem også en følelse af at fejle, hvilket ikke er målet. Vi anbefaler, at man fokuserer på komplementaritet og samarbejde i disse aktiviteter. Der kan være forskellige roller eller forskellige trin med "ledere" udpeget på skift for hvert trin for at ændre tingene, men alle bør deltage i deres egne evner og blive belønnet af gruppens generelle succes. Dette vil give mulighed for bedre at inddrage elever med et andet sæt færdigheder end det, der normalt kræves i klasseøvelser, og for også at værdsætte neurodiversitet.</p>
<p>Giv plads til at afprøve og fejle</p>	<p>Disse manipulationer er en perfekt mulighed for at arbejde med deres videnskabelige nysgerrighed og hjælpe dem med at udvikle en positiv indstilling til at prøve nye ting. Når eleverne står over for et nyt problem, er det helt i orden, at de prøver og fejler i begyndelsen. Det er også en del af læringsprocessen, især i en STEAM-sammenhæng. Målet er at få eleverne til at reflektere og forsøge at finde en løsning. Det er normalt, at det ikke lykkes dem i første forsøg. Dette vil fremme tænkning ud af boksen, aktiv deltagelse i undervisningen (da fiaskoer ikke straffes) og modstandsdygtighed. Eleverne vil være mindre tilbøjelige til ikke at prøve noget eller til at opgive hurtigt, når de ikke finder svaret med det samme. Hvis du har mulighed for det, ville det også være rart at have workshops om at forsøge at løse et problem, som børnene måske er stødt på hjemme eller i deres hverdag.</p>

<p>Fermat Science</p>	
<p>Ændring af omgivelserne</p>	<p>Indretningen af et klasseværelse eller et værkstedsrum bør være fleksibel. Ideelt set bør bordopstillingen tilpasses til den foreslåede aktivitet. Det kan imidlertid være tidskrævende og støjende at ændre bordopstillingen. Så hvis du ønsker at flytte bordene i lokalet, når du laver en STEAM-workshop, er det bedst at lære eleverne, hvordan de skal gøre det. I begyndelsen af året skal du vise eleverne, hvordan man gør det stille og roligt og hurtigt. Når eleverne er trænet og vant til det, kan det tage mindre end tre minutter at ændre konfigurationen.</p>
<p>Du skal ikke være bange for at gå ud!</p>	<p>At komme ud af klasseværelset fremmer autentisk eller erfaringsbaseret læring og giver bedre adgang til de vigtigste læringsveje (visuel, auditiv og kinæstetisk). Eleverne oplever ikke blot videnskaberne i konkrete og nye omgivelser, men kan også frigøres fra de til tider restriktive forventninger, der er forbundet med klasseværelset.</p> <p>At lære naturvidenskab uden for klasseværelset, f.eks. på et museum, er ikke blot en berigelse, det er kernen i at styrke den enkeltes forståelse af faget.</p>
<p>Fjern risikoen for ulighed</p>	<p>For elever, der er socialt fjernt fra kulturen, kan STEAM-sproget være en kilde til misforståelser, der skaber fiasko og stress, fordi der ofte er en uoverensstemmelse mellem den videnskabelige og den virkelige mening. Det er derfor vigtigt i den ikke-formelle læring at bruge det rigtige ord. For at fjerne risikoen for ulighed er det nødvendigt at udvikle:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - ikke-formelle aktiviteter, der er tilgængelige for alle og overalt uden for skolerne - uddannelse af mentorer i de forskellige metoder til videnskabelig undervisning og videnskabeligt sprog
Goinno	
Lad eleverne have frie muligheder for at lære - de kan have det sjovt og lære på samme tid.	<p>Underviseren skal være vejleder, men ikke lede alle aktiviteter i sin rytme for at opnå de planlagte resultater. Det er vigtigt at vide, hvor aktiviteten starter, og hvad der er målene, men resultatet er resultatet af deltagerne, deres motivation, færdigheder og viden. Vær ikke bange, hvis de gør noget andet, end du havde forventet. Sjovt er også den del af det praktiske eksperiment, som er engagerende og motiverende.</p>
Lav lektioner som workshops - det er en intensiv uddannelsesoplevelse på kort tid.	<p>At lave hands on eksperimenter er et godt valg, da det giver eleverne en chance for at afprøve nye metoder og potentielt fejle i en sikker situation. Hver studerende er omgivet af en mentor, som kan hjælpe ham i vanskelige situationer, og af andre studerende, hvilket muliggør en hurtig og effektiv overførsel af viden og feedback mellem underviser og studerende. Det kan skabe en følelse af fællesskab og samarbejde blandt eleverne, hvilket fører til større motivation for aktiviteten. Det er vigtigt, at alle får mulighed for at udføre i det mindste en del af den praktiske aktivitet selv, hvilket vil føre til større læringsresultater.</p>
Underviserne skal være i stand til at tilpasse sig til nye forhold.	<p>Underviserens forberedelse til at vejlede aktiviteten bør ske på forhånd, men de skal være forberedt på forskellige situationer. Normalt skal underviseren opbygge nogle dele af undervisningsstrukturen og planen gennem gennemførelsen</p>

	af aktiviteten og ikke på forhånd. Det er vigtigt, at underviseren kan se, hvordan han/hun kan give deltagerne så meget viden som muligt under hensyntagen til emnet og målgruppen.
CIP	
STEM-lærere til at indarbejde kunst i deres læseplan	<p>STEAM's fundament ligger i undersøgelse, kritisk tænkning og procesbaseret læring. Hele idéen omkring STEAM-lektioner og STEAM-tilgangen er, at den er baseret på spørgsmål. Vi ønsker at begynde at stille spørgsmål, der ikke kan googles.</p> <p>Undersøgelse, nysgerrighed, evnen til at finde løsninger på et problem og være kreativ i forbindelse med at finde løsningerne er kernen i denne tilgang. Det betyder, at humaniora er vævet ind i STEAM ligesom alt andet.</p>
Udvikl et "makerspace" på din skole.	<p>Begreberne STEAM og makerspace bliver ofte brugt sammen. Her er grunden til det: STEAM-uddannelsesbevægelsen lægger vægt på færdigheder fra det 21. århundrede, projektbaseret læring og sammenhængen mellem de akademiske fagområder. Undervisning i STEAM hjælper eleverne med at blive bedre til at samarbejde, stille spørgsmål, løse problemer og tænke kritisk. Hvordan passer makerspaces ind?</p> <p>Makerspaces er en praktisk metode til STEAM-læring, der giver eleverne plads til at udforske videnskab, teknologi, ingeniørvidenskab, kunst og matematik.</p>
Integrer matematik og videnskab problemfrit i projekterne	<p>Integrer matematik og videnskab problemfrit i projekterne. De matematiske og videnskabelige opgaver, som dine elever udfører, skal være relevante for deres aktuelle projekt, relateres til virkelige scenarier og i sidste ende tjene et formål. Måske vil matematiske ligninger f.eks. sikre, at deres design</p>

	<p>fungerer korrekt, eller hjælpe dem med at forstå, hvordan man skaber noget.</p>
Transit	
UNESCO og målene for bæredygtig udvikling	<p>Stats- og regeringschefer, højtstående FN-tjenestemænd og repræsentanter for civilsamfundet samledes i september 2015 som led i FN's 70. samling i FN's Generalforsamling og vedtog målene for bæredygtig udvikling (SDG'erne). Disse mål udgør et program for bæredygtig, universel og ambitiøs udvikling, et program af folket, af folket og for folket, der er udformet med aktiv deltagelse af</p> <p>UNESCO. https://en.unesco.org/sustainabledevelopmentgoals</p>
Inklusion	<p>MakerEducation-aktiviteter i et godt støttet miljø med adgang til værktøjer og materialer kan hjælpe unge mennesker med at føle sig forbundet. De kan give dem mulighed for at kommunikere deres tanker, følelser og passioner gennem kreative, men praktiske metoder samt lære om betydningen af socialt ansvar og inklusion..</p> <p>http://m4inclusion.com/</p>
Vær ikke bange	<p>"Makerspaces for Innovation in Teaching practice" fokuserer på forskningsprocessen med henblik på at udvikle mere engagerende undervisningsmetoder og virkelige læringsmiljøer. Det pædagogiske potentiale i Makerspaces og FabLabs (og den teknologi til hurtig prototypefremstilling, der anvendes i disse rum) kan støtte lærere og undervisere på dette område. MakIN Teach-projektet integrerer især Do It</p>

	Yourself-filosofien (DIY), som er typisk for disse rum, med aktivistisk teori og idéer vedrørende "læring for at lære" og "aktiv læring".
Agrinio 5th High	
En tidlig begyndelse	På trods af hvad de fleste mennesker tror, er det aldrig for tidligt at få børn til at interessere sig for naturvidenskab og matematik. Nyere forskning viser, at man bør gøre alt for at få børnene involveret, så snart de begynder i folkeskolen. Undersøgelser har vist, at børn bestemmer, om de vil vil være videnskabsmænd, ingeniører eller matematikere i løbet af folkeskolen.
Mangfoldighed inden for STEM	Der er ikke nok kvinder i ingeniør- og computerrelaterede job. STEM-lærere kan gøre en forskel ved at tilskynde kvinder og studerende fra underrepræsenterede grupper til at vælge de mest efterspurgte og vellønnede STEM-områder.
Flere uddannelses tiltag	Flere tværfaglige og anvendte forskningsprogrammer for at hjælpe studerende på alle uddannelsesniveauer med at udvikle en bredere vifte af færdigheder og integrere STEM i andre fag for at vise, hvordan og hvor STEM anvendes i den virkelige verden.
Vesthimmerland	
"Less is more"	Lad være med at overfylde aktiviteten. Eleverne optager en enorm mængde nye sanseindtryk, og for mange aktiviteter kan skabe rod og forvirring. Enkelhed giver plads til elevernes egen fantasi, handling, idéer og udtryk. Når eleverne inviteres til at være medskabere på denne måde, bliver undervisningen meningsfuld.



<p>Kronologiske forløb og hele processer</p>	<p>Skab en balance mellem ro, fordybelse og fremdrift.</p> <p>Selve processen bør være kronologisk med aktiviteter, der har logiske årsagssammenhænge. Lad eleverne gennemføre en arbejdsproces fra start til slut, så alle delprocesser i en arbejdsproces bliver gennemført. F.eks. bruges vandet fra brønden til noget, kaffebønnerne, der er blevet malet, koges for at lave kaffe.</p>
<p>Brug enkle materialer</p>	<p>Vælg enkle materialer og genbrug, f.eks. runde pinde, plastikposer, plastikbægre, papkasser, grene osv. i din undervisning. Det er med til at holde materialeomkostningerne nede. Du kan bede eleverne om at hjælpe med at indsamle materialer for at bidrage til undervisningen, og det kan skabe nysgerrighed om, hvad materialerne er/kan bruges til. Det er en fordel at opbygge en "materialebank" for at holde omkostningerne og forberedelsestiden nede.,</p>



8 : Perspektiver

STEM og STEAM har eksisteret i et stykke tid nu, men undervisning gennem STEM-eksperimenter og praktiske aktiviteter og kombinationen af det med "A" i STEAM opfattes stadig som noget nyt og til tider som en stor udfordring for lærere og andre undervisere.

Lærere er mennesker, der dedikerer deres liv til at overføre viden til den næste generation. Selv om de underviser eleverne hver dag og har forventninger til elevernes vidensniveau, er lærerne selv meget ofte ikke selvsikre i deres tilgang til læring. Derfor giver de sig ikke i kast med noget nyt, f.eks. undervisning i STEM-eksperimenter og praktiske aktiviteter i skolen. Dette afspejler det faktum, at de ikke er fortrolige med denne undervisningsmetode, da de pædagogiske studieprogrammer på universitetet i de fleste tilfælde ikke dækker praktiske eller eksperimentelle/projektbaserede STEM-undervisningsmetoder, eller også nævnes disse kun kort uden konkrete anvisninger eller eksempler.

Et andet problem er, at lærerne er overbebyrdet med at sikre, at de dækker det nationale pensum, og at de mangler tid til at forberede og gennemføre nye STEM-aktiviteter. Selv når læreren beslutter sig for at inddrage STEM-aktiviteter, mangler de kvalitetsmaterialer til praktiske undervisningslektioner, som de kan bruge i skoleklasser, da der er få nyttige ressourcer til at vejlede sådanne lektioner. Derfor er lærerne ikke sikre på, at de er i stand til at kontrollere situationen i klassen ved at blande forskellige undervisningstilgange, f.eks. flipped classroom, projektbaseret læring, problembaseret læring osv.

Med projekter som STEAMBuilders giver vi lærerne adgang til materialer af høj kvalitet, som fører dem gennem hele lektionen fra forberedelse til hoveddelen og faser med refleksion og fastholdelse af viden. Lærerne får mulighed for og støtte til at gennemføre praktiske STEM-lektioner i deres klasser. Ved at modtage letforståelige, dybdegående og tidligere forberedte materialer føler lærerne sig mere sikre på at forsøge at bruge praktiske aktiviteter til at undervise i STEAM i deres klasser. På denne måde bliver de bekendt med de positive aspekter ved at undervise i STEM gennem praktiske aktiviteter i deres klasser, og de kan øge bevidstheden om, at STEM-undervisning er afgørende for eleverne og også meget engagerende for dem, hvilket hjælper dem til altid at være aktive deltagere i deres læring.

Hands-on STEM-undervisning giver også fordele i tværfaglig undervisning. Den indeholder en videnskabelig tankegang, som kan bidrage til at undervise i kunst og historie på en praktisk måde. Denne analytiske tilgang er med til at gøre historieundervisningen mere innovativ og ikke kun teoretisk, men også praktisk. Lærerne vil få nye idéer og anvisninger til, hvordan de kan sammensætte A og STEM i STEAM - det kan kædes sammen med kunst (Newtons diskus kan kædes sammen med regnbuen i fysiktimerne eller tegning i kunstundervisningen), historie (romersk bue kan med succes sammensættes med romere, historiske arkitektoniske genstande og teknik ...). Der er ingen grænser, når vi ser på læringsobjekter med STEAM-perspektivet. I STEAMBuilders-projektet ønsker vi at give lærerne mulighed for at se denne forbindelse mellem videnskab, teknologi, teknik, ingeniørvidenskab, kunst og matematik.

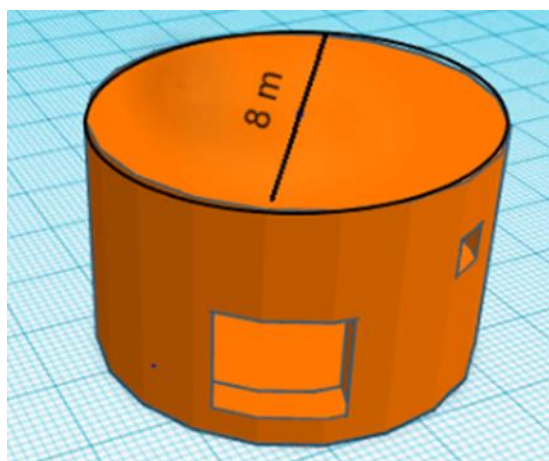


Figure 9: From the blueprint " Build your Neolithic House" CIP, Cyphrus

9: Litteratur til inspiration

Institution	Forfatter	Title, forlag, udgivelsesår for publikation eller web.
Logopsy com		
	Anna Claybourne, Crabtree Publishing	"Recreate Machine Innovations" Grade 4 – grade 7 PUBLISHER: Crabtree Publishing, 2019 https://crabtreebooks.com/shop/show/14425
	Anna Claybourne, Crabtree Publishing	"Recreate Discoveries about Forces" Grade 4 – grade 7



		<p>PUBLISHER: Crabtree Publishing, 2019</p> <p>Part of the "Recreate discoveries about..." series of classbook. (About light, Forces, Living Things, Sounds, States of Matter, , ...)</p> <p>https://crabtreebooks.com/shop/search_results?utf8=%E2%9C%93&q=scientific+discoveries</p>
	Jill Staake, We are Teachers	<p>60 Easy Science Experiments Using Materials You Already Have On Hand</p> <p>Jill Staake on March 2, 2022, on We are Teachers Website,</p> <p>60 scientific experiments with things you have at home</p> <p>https://www.weareteachers.com/easy-science-experiments/</p>
Fermat Science		
	Centre d'étude des bastides villes neuves d'Europe et du Moyen-Âge	<p>Le livre blanc des bastides (french)</p> <p>Contains a lot of interesting information and many plans of the bastide</p>
	IREM – coordonné par Marc Moyon et Dominique Tournès	<p>Passerelles : enseigner les mathématiques par leur histoire au cycle 3 (French)</p> <p>Presentation and analysis of mathematical teaching lessons based on historical documents</p>
	Antoine Houlou-Garcia	<p>Channel Youtube</p> <p>https://www.youtube.com/c/ArithmAntique</p>

Golnno		
	Home - Scientix	Scientix is the number one community for science education in Europe. It aims to promote and support a Europe-wide collaboration among STEM teachers, education researchers, policymakers and other educational stakeholders to inspire students to pursue careers in the field of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) .
	Crystal Chatterton	Awesome Science Experiments for Kids: 100+ Fun STEM / STEAM Projects and Why They Work (Awesome STEAM Activities for Kids); Bog med idéer til praktiske eksperimenter, der kan gennemføres i skoleundervisningen
	Cassie F. Quigley (Author), Danielle Herro (Author)	An Educator's Guide to STEAM: Engaging Students Using Real-World Problems Reprint Edition; En vejledning til lærere om, hvordan de kan gå i gang med STEAM-undervisningspraksis
CIP		
	Designing a School Makerspace, Jennifer Cooper	An Educator's guide on how to design a space in your classroom.

	Wonyong Park and Hohee Cho, 2022	The interaction of history and STEM learning goals in teacher-developed curriculum materials: opportunities and challenges for STEAM education
	David A. Slykhuis et al.	Teaching STEM Through Historical Reconstructions: The Future Lies in the Past, https://citejournal.org/volume-15/issue-3-15/editorial/teaching-stem-through-historical-reconstructions-the-future-lies-in-the-past/
Transit		
	ReMaking History, Volume 1: Early Makers Make Community, LLC; Illustrated edition (26 agosto 2016) English ISBN-10 : 1680450603 ISBN-13 : 978-1680450606	William Gurstelle begynder sin bemærkelsesværdige rejse gennem historien med dette bind, Early Makers. Hvert kapitel undersøger en bemærkelsesværdig person eller gruppe af mennesker fra fortiden, hvis indsigt og opfindelser var med til at skabe den verden, vi lever i. Det, der adskiller denne serie fra andre historiebøger - herunder andre historier om teknologi - er, at hvert kapitel også indeholder trinvis instruktioner til at lave din egen version af den historiske opfindelse..
	ReMaking History Volume 2: Industrial Revolutionaries	Industrial Revolutionaries er andet bind i William Gurstelles unikke udforskning af historiens store opfindere. I hvert kapitel

	<p>Ed. : Make Community, LLC; Illustrated edición (2 diciembre 2016)</p> <p>English</p> <p>ISBN-10 : 1680450662</p> <p>ISBN-13 : 978-1680450668</p>	<p>gennemgås livet og tiden for en af de fremsynede revolutionære, der var med til at skabe den verden, vi lever i. Du vil ikke kun lære om deres store opfindelser, du vil også få trin-for-trin instruktioner til at genskabe dem selv. Historien vil komme til live, som du aldrig har oplevet den før, når du bygger den med dine egne hænder.</p>
	<p>ReMaking History v3: Makers of the Modern World</p> <p>Ed. : Make Community, LLC (14 marzo 2017)</p> <p>English</p> <p>ISBN-10 : 1680450727</p> <p>ISBN-13 : 978-1680450729</p>	<p>Makers of te Modern World er tredje bind af William Gurstelles unikke, praktiske rejse gennem historien. Hvert kapitel undersøger en bemærkelsesværdig person fra fortiden, en af de mennesker, hvis indsigt og opfindelser var med til at skabe vores moderne verden. Det, der adskiller denne serie fra andre historiebøger - herunder andre historier om teknologi - er, at hvert kapitel også indeholder trinvis instruktioner til at lave din egen version af den historiske opfindelse. Historien kommer til live på en måde, som du aldrig har oplevet før, når du følger opfindernes trin og genskaber fortidens banebrydende apparater med dine egne hænder.</p>
<p>Agrinio</p>		

	https://www.youtube.com/c/STEAMspirations	STEAMspirations creates free instructional videos in English and in Spanish
	https://www.goodhousekeeping.com/life/parenting/g32176446/science-experiments-for-kids/	33 Easy Science Experiments for Kids That Only Require Household Materials
	https://supastem.club/blogs/activity-ideas/stem-activity-book-pdf	Free STEM Activity Book PDF for Kids. The printable PDF eBook is packed with engaging science, technology, engineering, and math challenges.
Vesthimmerland		
	https://udeundervisning.dk/english	Education outside the classroom", Webpage, A free education outside the classroom portal Udeundervisning.dk is a free Danish online portal with the aim of presenting expert knowledge surrounding the teaching practice known as ' education outside the classroom (EOtC)' or 'school-based outdoor learning'.
	Klinge, Louise	"Lærereens relationskompetence" Dafolo 2019 (teacher relational competence) only in Danish !
	Saplagkoglu, Yasemin	"This Is 'Lola,' a 5,700-Year-Old Woman Whose Entire Life Is Revealed in Her 'Chewing Gum'", Live science:



		https://www.livescience.com/ancient-chewing-gum-reconstructs-lola.html 2019
--	--	--