



Kapitel 8. Lærers rolle, stilladsering og evaluering

I dette kapitel præciseres hvordan lærers traditionelle rolle udfordres i engineering-forløb. I forlængelse heraf udfoldes, hvordan læreren som facilitator kan stilladsere og evaluere elevernes arbejde.

Engineering-didaktikken består af følgende kapitler:

- Kapitel 1. Læsevejledning
- Kapitel 2. Engineering - en faglighed i skolen
- Kapitel 3. Engineering i STEM
- Kapitel 4. Engineering - hvad er det?
- Kapitel 5. Engineering-kompetencer
- Kapitel 6. Modellering i engineering
- Kapitel 7. Den gode engineering-udfordring
- Kapitel 8. Lærers rolle, stilladsering og evaluering**
- Kapitel 9. Design et engineering-forløb
- Kapitel 10. Engineering og andre undervisningstilgange

Du kan finde alle kapitler på engineeringiskolen.dk

Engineering i skolen – hvad, hvordan, hvorfor

Revideret udgave, 2022

Forfattere: Suzie Auner, Peer Schrøder Daugbjerg, Keld Nielsen, Simon Olling Rebsdorf, Martin Krabbe Sillasen og Mads Joakim Sørensen

Redaktion: Martin Krabbe Sillasen og Mads Joakim Sørensen

Grafik & layout: Grethe Kofoed og Anne Dorte Spang-Thomsen

ISBN: 978-87-994359-5-1

Didaktikken udgives af Engineer the Future og VIA University College i samarbejde med Københavns Professionshøjskole og Astra.

Didaktikken er revideret og udgivet med støtte fra VILLUM FONDEN under Engineering i skolen.

Tak til lærerne Anna Hermannsen, Per Milling, Lotte Kold Thorup, Nina Gjettermann og Hanne Grøn for afprøvning og feedback under arbejdet med at revidere engineering-didaktikken og for at bidrage med eksempler fra egen engineering-praksis.

Tak til læreruddannere på professionshøjskolerne for frugtbare diskussioner, der har bidraget til at kvalificere engineering-didaktikken.

8. Lærers rolle, stilladsering og evaluering

Engineering-aktiviteter udfordrer traditionelle måder at tilrettelægge og gennemføre naturfagsundervisning på, da engineering er organiseret som problemorienteret projektarbejde. Dermed ændres lærers rolle så den understøtter elevernes arbejde gennem den iterative designproces.

Lærerrollen knyttet til projektorienterede arbejdsformer karakteriseres ofte som *facilitatoren*, der hjælper elevgrupper med at definere og nå et fælles mål. Til dette arbejde stilladserer læreren elevgruppernes arbejde med forskellige strategier.

God og velovervejet stilladsering bidrager til at styrke elevernes udbytte. Når et engineering-forløb lykkes, kan eleverne opleve, at engineering skaber en relevant og varieret undervisning, som hjælper dem til at forstå fagernes faglighed i forhold til en autentisk problemstilling, som er meningsfuld for eleverne.

8.1 Engineering og stilladsering

I engineering-aktiviteter arbejder eleverne i grupper, og stilladseringen skal understøtte elevgruppernes arbejde i nærmeste udviklingszone.

Nærmeste udviklingszone er forskellen mellem det niveau, hvor gruppen kan løse en opgave med støtte fra læreren, og det niveau, hvor elevgruppen selvstændigt kan løse en opgave.

Stilladsering

Stilladsering er den handling eller undervisningsaktivitet, der gør eleven i stand til at nå et mål, løse et problem eller færdiggøre en opgave, som eleven ikke ville have været i stand til at gøre uden støtte fra andre personer eller værktøjer.
(frit efter Hu 2006 s. 34)

Det er relevant at overveje, hvad formålet er med stilladseringen, herunder hvordan den bidrager til elevernes proces og læring. Skal stilladseringen:

- fange elevernes interesse?
- reducere frihedsgrader i forskellige delprocesser?
- fastholde fokus på læringsmålene?
- fremhæve kritiske elementer ved arbejdsprocessen?
- støtte eleverne gennem frustrerende faser?
- vise handlemuligheder, når udfordringer opstår?

Alt efter formål kan stilladsering kategoriseres i to overordnede stilladseringstyper:

Fag- og processtilladsering: Lærers planlagte faglige og processuelle aktiviteter, der understøtter elevernes arbejde gennem forløbet.

Metastilladsering: Lærers planlagte og gentagende evaluerende aktiviteter, der hjælper eleverne til deres refleksion over egen læring og til i samarbejde at fastholde centrale læringer i forløbet.

Fag- og processtilladsering	Metastilladsering af elevernes refleksion
Eleverne lærer nye færdigheder	Til- og fravalg af delprocesser
Skabelon til undersøgelse/feedback	At give/modtage feedback
Oplæg fra ressourcepersoner, fx virksomhedsejere, brugere eller interesseorganisationer	Rammesætning af ny prototype og eventuelle designprincipper
Teknologibegreber og -historie	Refleksion over proces samt valg og vurderinger foretaget i processen
Videofilm og andre typer af læremidler	Refleksion over slutprodukt med afsæt i fx logbog/maker journal

Tabel 8.1: Eksempler på stilladsering efter formål.

8.1.1 Fag- og processtilladsering

Fag- og processtilladsering fokuserer på formidling af skabeloner og processer til undersøgelser, idegenerering og konstruktion, præsentation af værktøjer og materialer fx gennem tutorials eller i form af faglige oplæg fra læreren eller eksterne videnspersoner.

I dette eksempel stilladseres eleverne fagligt til at koble viden om solcelleteknologi med deres egen undersøgelse af solcellers effektivitet (udtrykt som spændingsforskel) ved forskellige forhold. Eleverne arbejder med faglig viden om solceller og derudover får de styrket deres undersøgelseskompetence med fokus på variabelkontrol og systematik. Senere bruger de denne viden i design af deres soldrevne køretøj.

EKSEMPEL

Faglig stilladsering af elevers undersøgelseskompetence

Et eksempel på en faglig stilladsering af elevernes undersøgelseskompetence, ser vi i et engineering-forløb udviklet ifm. Danmarks Tekniske Museums særudstilling "Sort energi og grønne håb" til 7.-9. klasse. Se figur 8.2.

Eleverne skal arbejde med den udfordring, at designe og konstruere en prototype af et køretøj, der drives af solceller. Køretøjet skal kunne anvendes til at transportere pakker over en bestemt afstand hurtigst muligt.

Eleverne har undervejs i forløbet fået et kort oplæg om solcelleteknologi og været rundt i udstillingen, og eksemplet afspejler en stilladsering der skal bidrage med relevant faglig viden i delprocessen *Undersøge*.

Figur 8.2

Elevark 3

SYSTEMATISK UNDERSØGELSE AF SOLCELLER

25 minutter (makerspace)

Opgave 1 – viden om solceller

Dreft i gruppen hvilken viden I har om solceller, herunder hvilke forhold som har betydning for hvor meget energi de kan omsætte.

Noter jeres viden herunder:

Opgave 2 – systematisk undersøgelse

A) Anvend multimeteret til at måle spændingsforskellen hen over solcellen og noter den højeste værdi I kan måle i volt.

B) Undersøg systematisk hvordan I kan øge spændingsforskellen på solcellen. I kan fx ændre på lysstyrke, afstand til lyskilde og antal solceller. Udfyld tabellerne når I udfører undersøgelserne.

Højeste værdi målt: _____ V

Lysstyrke	volt

Solcellers hældning	volt

Afstand (cm)	volt

Antal solceller	volt




danmarks tekniske museum

5

Engineer the future

EKSEMPEL

Processtilladsering af elevers delproces Konkretisere

Et eksempel på processuel stilladsering af delprocessen *Konkretisere* ses i samme engineering-forløb, "Design et solcelledrevet køretøj", figur 8.3.

Eleverne arbejder med engineering-udfordringen at designe en solcelledrevet elbil, hvor læreren skal stilladser dem til at konkretisere deres ideer for konstruktion af et køretøj. Elevgrupperne får udleveret elevarket "Læg en plan" (figur 8.3), til at guide igennem delprocessen *Konkretisere*. Derved stilladseres de til at fastholde fokus i denne delproces, og blive bevidst om indhold og formål med at konkretisere undervejs i en designproces.

Lærers processtilladsering skal støtte eleverne til at:

1. visualisere deres designforslag med en skitse
2. beskrive, hvilke materialer de vil anvende
3. planlægge og prioritere en hensigtsmæssig rækkefølge af deres arbejde i deres konstruktion.

Særligt planlægningen af delprocessen *Konstruktion* kan bidrage til, at eleverne på forhånd får beskrevet en systematik. Denne systematik gør konstruktionsopgaven mere overskuelig, og øger desuden sandsynligheden for at kunne teste og forbedre enkeltdele af prototypen undervejs. Systematikken kan også være med til at sikre ejerskab og motivation hos alle i gruppen, fordi ansvaret med at konstruere en prototype på forhånd fordeles i gruppen.

Denne form for processtilladsering indebærer nogle særdeles nyttige overvejelser, som læreren kan gøre sig i planlægningen af engineering-aktiviteter. Når eleverne skal arbejde med engineering-aktiviteter, bør man overveje, hvordan man vil strukturere stilladseringen, så eleverne oplever passende frihedsgrader til at blive udfordret i nærmeste udviklingszone.

Elevark 6
LÆG EN PLAN
10 minutter

Konkretisere

Opgave 1
Lav en skitse af jeres køretøj med de ideer som I vurderer løser udfordringen.

Skitse af løsningen

Opgave 2
Udfør en materialeliste og læg en plan for jeres konstruktion af køretøjet ved at opdele processen i arbejdsopgaver. Prioriter opgaverne og fordel ansvaret mellem jer i gruppen.

Materialeliste

Konstruktionsplan

Rækkefølge	Delopgave	Ansvar
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

danmarks tekniske museum
9
Engineer the future

Figur 8.3

8.1.2 Metastilladsering

Metastilladsering er lærers stilladsering af elevernes gentagende refleksioner over egen læring i forløbet.

Metastilladsering understøtter elevernes refleksioner over processer og læring undervejs i engineering-processen, så de stimuleres til at nå højere op ad den taksonomiske stige i deres læring. Læreren skal bruge sin faglige og didaktiske viden til at få eleverne til at fokusere på særlige læringspotentialer for det specifikke engineering-forløb. Metastilladsering skal derfor assistere og rammesætte aktiviteter, hvor elever lærer at give, modtage og anvende feedback undervejs i deres designproces. Denne type stilladserende elevaktiviteter egner sig derfor særlig godt til at sikre et løbende fokus på elevens læring ift. opstillede undervisningsmål. Se mere i afsnit 8.3 Stilladsering og evaluering.

Engineering-posteren (figur 8.4) er bare ét eksempel på hvordan eleverne gennem metastilladsering kan hjælpes til systematisk at samle centrale læring op, og samtidig sætte dem i relation til udfordring og løsning i den samlede engineering designproces. Sidstnævnte kan ikke undervurderes, da det bidrager til elevernes overblik og forståelse af sammenhænge gennem hele forløbet. Som en del af planlægningen af et engineeringforløb er det lærers opgave og med udgangspunkt i forløbets undervisningsmål, at udvælge hvilke læringspotentialer metastilladseringen skal fokusere på. Det bør ikke være for mange og alle skal være centrale for elevernes løsning af designudfordringen.

Engineeringposter
Arbejdssark

Hvad vil I lave jeres løsningsprodukt?

Kval Skriv de krav der er i udfordringen og dem I selv stiller	Naturfaglig viden Hvilken viden har I brug for?
Udvikling af prototype Lav en billedserie, hvordan I har fremstillet jeres løsningsforløb	Fra prototype til endeligt produkt Beskriv med skitser de forbedringer I foretager jer

Perspektivering
Beskriv jeres vision for jeres løsningsforløb. Det kan være samfundsmæssig, miljømæssig eller menneskelige påvirkninger og konsekvenser.

Figur 8.4

EKSEMPEL

Metastilladsering med en engineering-poster

Et eksempel på metastilladsering hvor eleverne bliver præsenteret for arbejdsarket "Engineering-poster" (figur 8.4) i begyndelsen af et engineeringforløb. Engineering-posteren kan fx hænges op eller lægges frem på bordet. Gruppen noterer eller tegner på posteren undervejs i engineering design processen og fx i forlængelse af aktiviteter, hvor eleverne er blevet fag- eller processtilladseret af andre elevark.

Feltet 'Naturfaglig viden' kan udfyldes af eleverne efter at have gennemført en række undersøgelser. Aktiviteten fra tidligere hvor eleverne undersøgte effektiviteten af solceller under forskellige forhold, har givet dem viden, som de via refleksioner i gruppen ift relevans for deres løsning på engineering-udfordring skriver på posteren. Tilsvarende kan processtilladseringen "Læg en plan" understøtte eleverne i at udfylde feltet "Udvikling af prototype", hvor de skal tegne en billedserie af deres prototypeudvikling.

En velrettetlagt metastilladsering hvor eleverne gentagende gange har reflekteret over egen læring, og hvordan den kan anvendes i løsnings af deres engineering-udfordring kan også løfte kvaliteten af den løbende formative evaluering. Ligeledes vil en systematisk og ensartet brug af metastilladsering på tværs af elever eller elevgrupper sikre, at alle i løbet af processen har reflekteret over de samme centrale pointer. Det forhold danner også basis for, at alle elever på deres niveau, vil kunne enten modtage eller give feedback

der bunder i eller kan sættes i forbindelse med egne refleksioner. Det kan øge både kvaliteten og udbyttet af feedback hvad enten det kommer fra andre elever eller læreren.

Samtidig vil fastholdelsen af elevernes erkendelser og refleksioner undervejs i engineering designprocessen også understøtte og hjælpe eleverne til fagligt og velargumenteret at præsentere deres prototype til sidst i forløbet.

8.2 Elevers frihedsgrader

Engineering-aktiviteter indeholder mange muligheder for at lade eleverne træffe selvstændige valg undervejs i engineering-processen. Første gang elever arbejder med et engineering-forløb, er de næppe i stand til at håndtere mange frihedsgrader i alle delprocesserne i engineering designprocessen, da de risikerer at ende uden for nærmeste udviklingszone. Man kan derfor som lærer vælge at stilladser grupperne ved på forhånd at træffe nogle valg på gruppernes vegne for at sikre, at de ud fra aktuelle forudsætninger bliver i nærmeste udviklingszone.

Skemaet over frihedsgrader i tabel 8.5 angiver muligheder for at differentiere elevernes arbejde i et engineering-forløb. Dette skema kan bruges til at planlægge stilladseringen. Hvis man har til hensigt at gennemføre flere engineering-forløb i den samme klasse over et skoleår, kan skemaet også bruges til at planlægge en progression i sværhedsgraden af de forskellige engineering-projekter.

8.2.1 Hvor meget og hvor lidt styring?

Det er en balance, hvor meget man som lærer skal styre elevernes frihedsgrader. Det afhænger blandt andet af klassetrin og klassens modenhed. Man skal huske, at endemålet efter 9. klasse er, at eleverne kan gennemføre komplekse forløb med så lidt stilladsering som muligt.

På den ene side kan for meget støtte fra læreren være demotiverende, hvis grupperne mister den motivation, der ligger i at have initiativet. På den anden side kan for lidt styring også virke demotiverende, hvis eleverne mister overblik over retning i designprocessen, så de frustrerede ender i en situation, de ikke kan overskue.

Elevernes nærmeste udviklingszone er en dynamisk størrelse, så man må overveje en progression for elevernes frihedsgrader, når man laver flere engineering-forløb i den samme klasse.

I de første forløb i en klasse kan det vise sig, at projektarbejdsformen hverken gavner de mindre selvstillsfulde eller de meget ressourcerstærke elever. Det er den store midtergruppe af elever, som i første omgang har størst udbytte af engineering. Alligevel viser det sig, at efter flere gennemprøvnings vil en overvejende del af en klasse generelt opnå et højere fagligt såvel som processuelt udbytte af engineering-aktiviteter med store frihedsgrader. Det skyldes, at eleverne gradvis udvikler deres kompetencer til at forstå, planlægge, overskue og gennemføre processer.

8.2.2 Divergente og konvergente tankeprocesser

I tæt sammenhæng med elevens frihedsgrader er det også centralt at se på, om der under designprocessen er mulighed for divergente og konvergente tankeprocesser. Begge tankeprocesser er vigtige på forskellige tidspunkter i engineering-processer for at nå i mål med at lave en prototype, der kan løse udfordringen. Som lærer bør man grundigt overveje, hvilken frihedsgrad der kan være med til at stilladser elevernes divergente og konvergente tænkning på de rigtige tidspunkter i et engineering-forløb.



Divergente tankeprocesser forbindes ofte med en stærk form for kreativitet. Her handler det om at få så mange ideer som muligt til at løse engineering-udfordringen inden for de rammer, som er opstillet. I engineering design-processen knytter divergente tankeprocesser sig særligt til delprocesserne *Forstå udfordringen*, *Få ideer*, *Konstruere* og *Forbedre*.

Konvergente tankeprocesser knytter sig ofte til at sortere og udvælge, hvilke gode ideer og løsningsforslag elevgrupperne vil arbejde videre med. Det er i disse tankeprocesser, elever skal overveje, hvordan udfordringen løses bedst

muligt. Her kan den enkelte gruppes medlemmer også blive udfordret indbyrdes, hvis der er flere løsningsforslag i spil i gruppen. Der vil måske være behov for, at gruppens medlemmer må gå på kompromis for overhovedet at komme frem til et realistisk bud på en løsning til udfordringen og en plan for, hvordan man vil konstruere og forbedre prototypen. Dette vil i høj grad træne elevernes samarbejdsevner. I engineering design-processen knytter konvergente tankeprocesser sig særligt til delprocesserne *Forstå udfordringen*, *Konkretisere*, *Konstruere*, *Forbedre* og *Præsentere*.

	Struktureret forløb Meget få valg og frihedsgrader for grupperne.	Guidet forløb Nogle valg og frihedsgrader for grupperne.	Åbent forløb Mange valg og frihedsgrader for grupperne.
Forstå udfordringen	Grupperne arbejder ud fra lærerformuleret forståelse af udfordringen.	Grupperne vælger en forståelse af udfordringen fra lærerens liste.	Grupperne formulerer selv deres forståelse af udfordringen inden for den ramme, som er givet i oplægget.
Undersøge	Grupperne arbejder ud fra afgrænsede metodekort/beskrivelser af hvilke undersøgelser de skal gennemføre.	Grupperne vælger mellem forslag fra læreren til, hvilke undersøgelser de skal gennemføre.	Grupperne vælger selv, hvilke undersøgelser de skal gennemføre.
Få ideer	Læreren styrer gruppernes diskussion med metode kort eller lignende.	Grupperne vælger mellem forslag til styring af deres diskussion.	Grupperne organiserer selv deres diskussion om deres forskellige ideer.
Konkretisere	Grupperne arbejder efter præcise konkretiseringsinstruktioner.	Grupperne vælger mellem forskellige forslag fra læreren til, hvordan de vil konkretisere en løsning.	Grupperne vælger selv, hvordan de vil konkretisere en løsning.
Konstruere	Læreren fastlægger materialer, værktøjer og konstruktionsproces sammen med grupperne.	Læreren giver grupperne materialer og værktøjer at vælge imellem, og læreren vejleder i forhold til konstruktionsprocessen.	Grupperne vælger selv materialer og værktøjer.
Forbedre	Læreren fastlægger afprøvnings- og testprocedure og hjælper grupperne med at vurdere, hvordan deres prototype kan forbedres.	Grupperne kan vælge mellem flere forslag til afprøvnings- og testprocedurer og vurderer forbedring af deres prototype og løsning efter givne kriterier.	Grupperne vælger selv afprøvnings- og testprocedure og vurderer selv forbedringer af deres prototype og løsning.
Præsentere	Læreren hjælper grupperne med at præsentere deres løsning.	Grupperne følger en vejledning for, hvordan løsningen skal præsenteres.	Grupperne planlægger selv medie og format og præsenterer selvstændigt.

Tabel 8.5: Tre niveauer af frihedsgrader udfoldet på de syv designprocesser.

8.3 Stilladsering og evaluering

Stilladseringsaktiviteter skal som udgangspunkt hjælpe alle eleverne med at arbejde i retning af undervisningsmålene for et engineering-forløb. En evaluering kan hjælpe med at afgøre, i hvilken grad eleverne sluttelig opfylder disse mål.

Stilladseringen undervejs i forløbet skal give lærer og elever indblik i elevernes tilegnelse af arbejdsformer og processer og deres anvendelse af naturfaglig, håndværksmæssig og teknologisk viden og færdigheder. Desuden skal stilladseringen understøtte elevrefleksioner over egen læring. Læreren kan bruge dette indblik i sin løbende dialog med eleverne til at understøtte deres videre arbejde med

udfordringen og til at fastholde særlige læringspotentialer. Denne type stilladsering kaldes også for formativ evaluering og giver læreren indsigt i behovet for løbende at justere elevernes arbejds- og læringsprocesser.

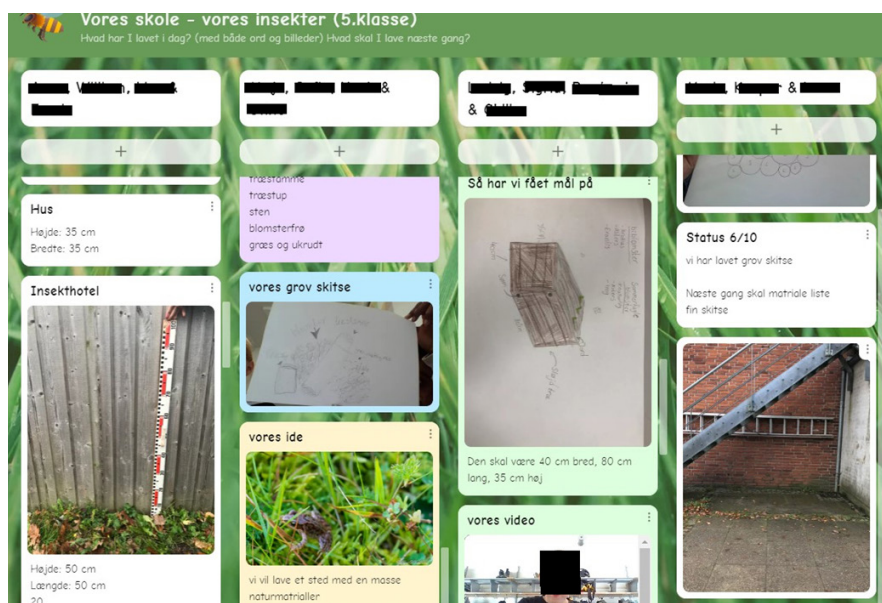
Metastilladsering vil ofte være særlig velegnet ved evaluering, især hvis stilladseringen gentages flere gange undervejs og fokuserer på nogle få udvalgte undervisningsmål. I engineering-forløbet hjælper metastilladsering eleverne til i samarbejde at beskrive og fastholde centrale læringer samt deres refleksioner over egen læring. Dette illustreres af eksemplet med brugen af logbog til evaluering.

EKSEMPEL

Logbog til evaluering (metastilladsering)

Natur/teknologi-lærerne i en 5. klasse udviklede et engineering-forløb om biodiversitetskrisen og indskrænkning af insekters levesteder. Eleverne skulle lære om insekters naturlige levesteder i Danmark og hvordan de er ved at forsvinde. Derefter skulle de med udgangspunkt i engineering-udfordringen "Byg levesteder for insekter" designe enten insekthoteller eller fauna-områder. Undervisningsmålene for forløbet var, at grupperne skulle planlægge og gennemføre deres undersøgelser med systematik, og at grupperne for hver delproces skulle fastholde centrale pointer, herunder begrunde relevansen ift. deres design af prototypen.

Flere gange undervejs stilladseres eleverne med de samme gentagende spørgsmål, som fokuserer på undersøgelsessystematik og på gruppens egne refleksioner ved hver delproces. Dette dokumenteres i en logbog på Padlet, se figur 8.6. Eleverne kan dokumentere deres aktiviteter og refleksioner med både tekst, fotos og videoer. Læreren bruger logbøgerne til at give respons på elevernes læreproces og evaluere på undervisningsmålene.



Figur 8.6: elevernes logbog på Padlet til engineering-forløbet "Byg levesteder for insekter".

8.4 Evaluering

Formålet med evaluering er at vurdere, hvad eleverne har lært i forhold til undervisningsmålene for forløbet. Det betyder, at man skal beskrive sine forventninger til, hvad eleverne lærer af at arbejde med et engineering-forløb, og man skal afslutningsvis beskrive og dokumentere, hvad eleverne nåede.

Det er ikke realistisk, at man i hvert engineering-forløb evaluerer alle forhold i forløbet. Derfor skal man som lærer udvælge nogle elementer, som man vil være særlig opmærksom på i et givent forløb.

De første gange man gennemfører et engineering-forløb, kan det typisk dreje sig om elevernes systematik i arbejdsprocesserne: Får de forhandlet deres ideer? Får de iterativt forbedret deres prototype? Får de fastholdt refleksioner over deres læreproces i præsentationen af løsningen?

Efterhånden som elever og lærere finder sig til rette i engineering-arbejdsformen, kan der også blive fokus på tilegnelse af kompetencer, læring af begreber, håndværksmæssige færdigheder og/eller teknologiske indsigter.



Engineering i skolen er et samarbejde mellem Engineer the future, VIA University College, Københavns Professionshøjskole og Astra, finansieret af VILLUM FONDEN.



VIA University
College

KØBENHAVNS
PROFESSIONS
HØJSKOLE



astra*

VILLUM FONDEN

