



Statik og styrkelære C, valgfag

Vejledning

Børne- og Undervisningsministeriet
Styrelsen for Undervisning og Kvalitet
Kontor for Gymnasier, juni 2020

Vejledningen præciserer, kommenterer, uddyber og giver anbefalinger vedrørende udvalgte dele af læreplanens tekst, men indfører ikke bindende krav.

Citater fra læreplanen er anført i kursiv.

Indholdsfortegnelse

| | |
|------------------------------------------------|-----------|
| 1. Identitet og formål | 2 |
| 1.1. Identitet | 2 |
| 1.2. Formål | 2 |
| 2. Faglige mål og fagligt indhold | 2 |
| 2.1. Faglige mål | 2 |
| 2.2. Kernestof | 3 |
| 2.3. Supplerende stof | 4 |
| 2.4. Omfang | 5 |
| 3. Tilrettelæggelse | 5 |
| 3.1. Didaktiske principper | 5 |
| 3.2. Arbejdsformer | 5 |
| 3.3. It | 7 |
| 3.4. Samspil med andre fag | 7 |
| 4. Evaluering | 9 |
| 4.1. Løbende evaluering | 9 |
| 4.2. Prøveform | 9 |
| 4.3. Bedømmelseskriterier | 9 |
| 4.4. Selvstuderende | 10 |
| 5. Paradigmatiske eksempler | 11 |
| 5.1. Eksperimentelt arbejde | 11 |
| 5.2. Temaopgaver | 13 |
| 5.3. Den afsluttende opgave | 15 |

1. Identitet og formål

1.1. Identitet

Statik og styrkelære er et teknisk fag, som behandler grundlæggende begreber, der danner baggrund for dimensionering og styrkeundersøgelse af enkle konstruktionselementer. Faget er eksperimentelt og kan indgå i et samspil med teknologiske fag.

Faget lægger vægt på sammenhæng til teknologibegrebet og deraf følgende helhedsvurdering.

1.2. Formål

Statik og styrkelære C bidrager til uddannelsens overordnede formål, ved at eleven styrker sine forudsætninger for at gennemføre videregående uddannelser inden for det tekniske område og kan forholde sig reflekterende til tekniske udformninger og løsninger i omverdenen, især i relation til statik og styrkelære. Formålet er endvidere, at eleverne opnår indsigt i statiske og styrkemæssige problemstillinger, herunder i samspil med teknologiske fag, og erfaring i at kombinere teori og praktisk arbejde.

Statik og styrkelære i htx

Når faget gennemføres i htx-uddannelsen kan det indgå i et samspil med især htx-uddannelsens teknologi og/eller teknikfagene byggeri og energi eller udvikling og produktion. Faget bidrager dermed til styrkelse af uddannelsens profil samt styrkelse af teknologi og teknikfag i projektsammenhæng.

2. Faglige mål og fagligt indhold

Generelt

Faget er tidssvarende og med en væsentlig andel af elev/kursistaktivitet, herunder eksperimentelt arbejde.

2.1. Faglige mål

- *gøre rede for belastningstyper på konstruktioner som enten permanent last, langtidslast, mellemlang last, korttidslast og øjeblikkelig last, eller maskinelementer herunder rolig-, varierende- og vekslende belastning*

Dette kan bl.a. opnås ved gennemgang af elevernes/kursisternes kendskab til kraftbegrebet. I kraftbegrebet inddrages ens fordelt belastning evt. ved en repetition af elevens/kursistens viden om tryk fra fysikundervisningen.

permanent last, langtidslast, mellemlang last, korttidslast og øjeblikkelig last

Der kan hensigtsmæssigt gøres rede for, hvad der forstås ved permanent last og hvilke lasttyper, der henregnes som permanente laster som f.eks. egenlast og last fra permanente konstruktioner. Der bør redegøres for forskellige typer af variabel last som snelast, vindlast og nyttelaster. Der kan anvendes tabelopslag til bestemmelse af karakteristiske værdier for egenlast og variabel last, herunder nytte-, sne- og vindlast. Med hensyn til bestemmelse af sne- og vindlast kan der anvendes erfaringstal eller lignende, da det er omfattende at bestemme de specifikke tal. Dette kunne eventuelt gøres mere grundigt under det supplerende stof.

Der inddrages gældende normer for last på konstruktioner og gældende normer for sikkerhedsbestemmelser på konstruktioner.

maskinelementer herunder rolig-, varierende- og vekslende belastning

Der kan hensigtsmæssigt gøres rede for, hvad der forstås ved rolig-, varierende og vekslende belastning. Der bør redegøres for forskellige typer af variabel last som snelast, vindlast og nyttelaster. Der kan anvendes tabelopslag til bestemmelse af karakteristiske værdier for rolig- varierende- og vekslende belastning. Med hensyn til bestemmelse af rolig-, varierende og vekslende belastning kan der anvendes overslagsberegning. Dette kunne eventuelt gøres mere grundigt under det supplerende stof. Der inddrages betragtninger for fastsættelse af sikkerhedsbestemmelser på konstruktioner.

- *opstille statisk model ud fra en praktisk konstruktion og belyse forbindelsen til den beregningsmæssige model*

Forståelsen for forbindelsen mellem en praktisk konstruktion og den statiske model kan opnås ved demonstration af forskellige virkelige konstruktioner. Dette kan ske ved at iagttage billedmateriale og ved at studere virkelige konstruktioner eller modeller. Der bør, bl.a. ved opgaveløsning, fokuseres på understøtningstyperne i den statiske model samt på forbindelsen til den beregningsmæssige model. Elevens/kursistens kendskab til vektorbegrebet fra matematikundervisningen bør inddrages.

- *bestemme reaktioner, normalkraft og tværkraft og moment for konstruktionselementer påvirket til bøjning*

Dette kan opnås ved at tage udgangspunkt i og arbejde med generelle principper for bestemmelse af reaktioner og indspændingsmomenter ved anvendelse af de tre ligevægtsbetingelser, herunder inddrage bl.a. Newtons love, kraftpolygon og nulvektoren.

ud fra beregning kunne foretage tegning af normalkraft-, tværkraft- og momentkurve til vurdering af påvirkningens indflydelse på konstruktionen

Der kan tages udgangspunkt i opstilling af de ligninger og funktionsudtryk, der skal anvendes for at kunne tegne normal-, tværkraft- og momentkurver for derved at kunne bestemme de dimensionsgivende værdier for normal- og tværkraft samt moment i bjælker og søjler.

- *belyse tværsnitformens og materialevalgets betydning for et konstruktionselements bæreevne*

Areal, tyngdepunkt, inertimoment og modstandsmoment belyses. Målet kan derefter hensigtsmæssigt nås gennem praktiske øvelser/eksperimenter med forskellige profiler og med forskellige materialer f.eks. aluminium, stål, træ eller plast.

2.2. Kernestof

- *belastningstyper*

Relevante belastningstyper beskrives.

- *retningslinjerne for fastlæggelse af belastningen på en konstruktion*

sikkerhedsbestemmelser ved konstruktioner
beregningsmodel

- *simpelt understøttede og indspændte konstruktionselementer belastet med enkeltkræfter og/eller linjelast*

grundsætninger
ligevægtsbetingelser
aktion og reaktion

- *tryk- og trækstænger, herunder søjle- og gitterkonstruktioner, belastet med enkeltkræfter*

ritters metode, knudepunktsmetoden
grafisk bestemmelse

- *normal-, tværkraft- og momentberegning*

ligevægtsligninger
reaktioner, snitkraft, tværkraft- og momentkurver
normalkraft
forskydningskraft
tværkraft- og momentkurver

- *tværsnitskonstanter og styrketal*

tyngdepunkter
inertimoment (rektangulært, cirkulært, polært)
modstandsmoment (rektangulært, cirkulært, polært)

- *spændingsbegrebet og de forskellige undersøgelser til bestemmelse af træk-, tryk-, forskydnings- og torsions- og deformationspåvirkning*

påvirkning (træk, tryk, forskydning, torsion, bøjning)
normal-, forskydnings-, torsions- og beregningsspændinger
stål- og trækonstruktioner
træk- og trykstænger
bøjningspåvirkning
maskinelementer
fladetryk

- *relevante regler og standarder*

DS-normer/Eurocode for sikkerhedsbestemmelser, last, m.fl.

2.3. Supplerende stof

Eleverne vil ikke kunne opfylde de faglige mål alene ved hjælp af kernestoffet. Det supplerende stof skal uddybe, perspektivere og fremdrage nye dimensioner og omfatter en anvendelsesorientering af kernestoffet. Det supplerende stof samler faget i en helhed og udvælges således, at det i samarbejde med kernestoffet medvirker til udvikling af de faglige mål, perspektiverer og udbygger områder fra kernestoffet og understøtter fagets praktiske dimension.

Det supplerende stof bør ikke ligge som en blok efter gennemgangen af det obligatoriske stof, men løbende integreres i arbejdet. Dette kan f.eks. ske, hvis eleverne/kursisterne viser interesse for et særligt emne, der betyder en behandling, som går ud over det obligatoriske stof. Eleverne/kursisterne kan i det supplerende stof efter interesse vælge at supplere eller

gå mere i dybden med emner, der ikke direkte behandles i kernestoffet f.eks.: mere dybdegående viden omkring bestemmelse af snelast og vindlast; sikkerhedsbestemmelser vedr. brand herunder dimensionering af bjælker påvirket til bøjning; dimensionering af tværbelastede søjler; fri og bunden last; metaltræthed, udmattelsesbrud; materialeprøvning; lovgivning; normer og standarder. Emnerne kan integreres, hvor det er den enkelte elev/kursist, der i forhold til opgavens omfang selv vælger et eller flere emner og derved får indflydelse på detaljeringsgraden. En stor del af tiden til det supplerende stof tænkes anvendt på den afsluttende opgave.

2.4. Omfang

Det forventede omfang af fagligt stof er normalt svarende til 100-200 sider. Der skal indgå læsning af tekster på engelsk samt, når det er muligt, på andre fremmedsprog.

I forbindelse med det faglige omfang regnes med det brede tekst-begreb, som indbefatter alle typer tekster samt film og lyd. Endvidere tæller den tekst, som de enkelte grupper læser/inddrager i deres case med. Der kan med fordel angives et vejledende omfang i oplæg.

3. Tilrettelæggelse

3.1. Didaktiske principper

Under anvendelse af såvel deduktive som induktive undervisningsprincipper arbejder eleverne med den teori, der benyttes til løsning af en given problemstilling. Undervisningen foregår som en vekselvirkning mellem teori og arbejdet med eksempler og elevernes selvstændige eksperimenter med udgangspunkt i tekniske problemstillinger.

Undervisningsformen bør i begyndelsen af undervisningsforløbet hovedsagelig være den mere traditionelle emneundervisning i form af almindelig teori- og tavleundervisning, hvor eleverne/kursisterne arbejder med teorien bag og med gennemregnede eksempler i forhold til de enkelte emner. Herefter får eleverne/kursisterne opgaver, som skal løses enten på holdet eller i elevens/kursistens forberedelsestid. Eleverne/kursisterne vil med fordel kunne redegøre over for resten af holdet, hvordan de har løst en opgave m.v. Der bør indgå forskellige forsøg/eksperimenter i undervisningen. Undervisningen vil herefter være en vekselvirkning imellem den deduktive og induktive undervisningsform. Den deduktive form når teori/stof skal gennemgås. For at opnå en høj grad af elev/kursist aktivitet, bør eleverne/kursisterne inddrages i undervisningen, som ovenfor omtalt. Den induktive form kan med fordel anvendes i undervisningen, hvor forsøg og eksperimenter gennemføres. Eleverne/kursisterne kan evt. komme med forslag til supplerende emner. Generelle teorier og metoder gennemgås af læreren i forhold til de faglige mål. De opnåede resultater af eksperimenter og/eller forsøg kan fremlægges for og diskuteres med holdet.

3.2. Arbejdsformer

Tilrettelæggelse

Fagets mål kan med fordel nås gennem en temaopdelt undervisning. Undervisningen kan deles op i et statiktema, et styrkelæretema og en afsluttende opgave. Hvert tema afsluttes med en opgave, som indeholder en praktisk øvelse. Der bør ud fra dette arbejdes med nogenlunde ligeligt fordelt uddannelsestid med statiktemaet og med styrkelæretemaet. 20 timers uddannelsestiden bruges på den afsluttende opgave.

Statiktema

I statiktemaet bør der arbejdes med følgende emner:

- kraft- og momentbegrebernes grundlæggende definitioner, herunder afbildning af kræfter, summering af kræfter og opløsning af kræfter i komposanter. Der kan herefter evt. udføres eksperimenter, hvor kræfter sammensættes ved hjælp af Newtonmetre (dynamometre). Beregning af momenter gennemgås og der kan herefter evt. udføres eksperimenter, hvor et simpelt konstruktionselement er påvirket af kræfter fra Newtonmetre.
- tværsnitkonstanterne for et konstruktionselement. Metoder til at beregne tværsnitareal, inertimoment og modstandsmoment gennemgås. Formler for beregning af tværsnitkonstanterne kan evt. udledes som supplerende stof, hvis eleverne/kursisterne viser interesse herfor.
- bestemmelse af stangkræfter i en gitterkonstruktion. I pkt 5, eksempel 2 i forslag til eksperimentelt arbejde., kan bruges til at vurdere hvilke stænger, der er de værst belastede. Desuden kan man på broen vurdere hvilke stænger, der er værst belastet som søjler ved at betragte stængernes udbøjning. Eleverne/kursisterne kan ligeledes udpege trækstænger og erstatte dem med snore.
- tegning af normalkraft-, tværkraft- og momentkurver. Eleverne/kursisterne kan tegne kurver ud fra de ligninger og udtryk, som de har udledt i undervisningen. Til dette formål kan evt. et regnearksprogram benyttes. Elementets længde udtrykkes ud af x-aksen og påvirkningen udtrykkes opad y-aksen. Senere i undervisningen kan pkt 5, eksempel 3 forslag til eksperimentelt arbejde..

Styrkelæretema

I styrkelæretemaet bør der arbejdes med følgende emner:

- tværsnitformens og materialevalgets betydning for et konstruktionselements bæreevne. Fremstilling af forskellige profiler i træ eller stål. Pkt. 5, eksempel 4, forslag til eksperimentelt arbejde kan med fordel gennemføres.
- redegørelse for lasttyper. Dette emne behandles mest hensigtsmæssigt teoretisk med beregningseksempler.
- dimensionering af konstruktionselementer og/eller maskinelementer. Dette emne behandles mest hensigtsmæssigt teoretisk. Der bør i forbindelse hermed indgå beregnings-eksempler (opgaveløsning) suppleret med udførelse af simple konstruktionstegninger. Der bør gennemføres virksomhedsbesøg for at iagttage praktisk udførte konstruktioner eller konstruktionselementer og dermed underbygge den gennemgåede teori. De virksomheder der kan være interessante for faget kan være: brokonstruktioner, færdige bygninger, bygninger under opførelse, fremstillingsvirksomheder mm.

Den afsluttende opgave

Som afslutning på undervisningen gennemfører eleverne/kursisterne enkeltvis eller i grupper en afsluttende opgave, der som ovenfor nævnt i givet fald skal kunne lægges til grund for den mundtlige prøve i faget. Læreren fungerer som konsulent i forbindelse med den afsluttende opgave. Der kan gennemføres mindre forsøg eller test i forbindelse med opgaven.

Den afsluttende opgave stilles af skolen. Opgaven har et omfang svarende til 20 timers uddannelsesetid. I forbindelse hermed skal eleverne i en praktisk virkelighedsnær konstruktion vælge statistisk model, foretage snitkraftbestemmelse og foretage de nødvendige dimensioneringer og deformationsberegninger.

Opgaven afleveres senest en ugen inden eksamensperiodens begyndelse. Arbejdet med den afsluttende opgave foregår som en del af undervisningen samt i elevens/kursistens forberedelsestid. Det bemærkes, at opgaven skal kunne indgå i grundlaget for en årskaracter i faget. Der laves i den afsluttende opgave et skriftligt produkt (på papir eller et andet almindeligt medium). Se endvidere kapitel 4.2, prøve Den afsluttende opgave samler og afrunder hele faget. Se eksempel herpå pkt. 5, den afsluttende opgave.

Progression i undervisningen

Det bør tilstræbes, at eleverne/kursisterne får en stadig dybere og mere kompleks forståelse af stoffet. Dette kan ske ved i starten af forløbet kun at se på et enkelt eller få elementer, hvorpå der i det fortsatte forløb lægges stadig flere facetter ind i behandlingen af stoffet. Gennemføres undervisningen temaopdelt og med den afsluttende opgave som tidligere beskrevet i vejledningen, vil dette medføre en øget faglig kompleksitet.

3.3. It

Eleven skal undervises så han/hun er i stand til at begå sig digitalt.

Eleven skal kunne:

- *arbejde med informationssøgning og dataopsamling: finde, anvende og vurdere kilder*
- *anvende digitale hjælpemidler til at skabe overblik over den valgte tekniske problemstilling*
- *dokumentere sit arbejde digitalt med eksempelvis tegninger, diagrammer, visualisering, beregning, simulering, audio- eller videobehandling.*

Anvendelsen af IT falder i flere grupper:

- Der kan med fordel anvendes programmer til beregning og dimensionering. Eleverne/kursisterne opstiller de nødvendige lastkombinationer og finder den regningsmæssige last på konstruktionen. Programmet anvendes til selve beregningen.
- 2 D og/eller 3D tegneprogrammer kan anvendes til optegning af eksempelvis gitterkonstruktioner og kan anvendes til grafisk løsning af stangkræfter. Herudover kan programmerne anvendes til tegning af konstruktionsdetaljer m.v.
- Tekstbehandling kan anvendes løbende i undervisningen til udfærdigelse af opgavebesvarelser.
- Præsentationsprogrammer kan med fordel anvendes til præsentation af eksempelvis de afsluttende opgave.

3.4. Samspil med andre fag

Statik og styrkelære C er omfattet af det generelle krav om samspil mellem fagene. I de treårige gymnasiale uddannelser vælges og behandles dele af kernestof og supplerende stof, så det bidrager til styrkelse af det faglige samspil i studieretningen.

Der inddrages viden fra matematik og fysik under hensyntagen til elevens valg af fagligt niveau i disse fag.

Skolen og lærerne bør derfor fremme og sikre dette samspil. Samspillet mellem fagene giver helt nye muligheder for faglig fordybelse og styrkelse af fagligheden.

Samspil med matematik

Ved behandlingen af måleresultater kan matematik bidrage ved konkrete beregninger, herunder især via anvendelsen af regneark og matematikprogrammer. Til belysning af grundlaget for beregningsmetoder til bestemmelse af bl.a. inertimomenter og nedbøjninger kan inddrages differentiaalligninger. Analytisk geometri kan evt. inddrages til f.eks. beregning af tværsnitsarealer. Trigonometrien kan naturligt inddrages til f.eks. beregning af konstruktionselementers størrelse. Inddragelse af vektorbegrebet kan med fordel understøtte forståelsen af kraft- og momentbegreberne.

Samspil med fysik

Ved behandling af kræfter og momenter kan fysik understøtte forståelsen af disse begreber. Newtons love kan med fordel inddrages ved behandling af ligevægtsbetingelserne for en statisk konstruktion.

Særligt for htx

I htx-uddannelsens 3. år vil et samspil - på grund af antallet af mulige valgfag - med de teoretiske fag kun være en mulighed, der opstår med mellemrum. Et nærmere samspil med teknikfaget vil imidlertid være oplagt. Samspillet kan gennemføres i forbindelse med teknikfagsprojekterne og måske især det særskilte projekt til projektprøven i teknikfaget. Et samspil med teknikfaget byggeri og energi vil naturligt kunne være med til at styrke fagligheden i begge fag, f.eks. når emner som valg af bygningsdele/konstruktioner indgår i et projekt. Det er i teknikfaget ofte muligt at bestemme dimensioner på spær og bjælkelag/etageadskillelser. Som supplerung hertil kan statik og styrkelære anvendes til at bestemme dimensioner på søjler og remme/bjælker som f.eks. nævnt i kapitel 5, temaopgave 1, carport og temaopgave 2, vinkelbygning. Herved vil eleverne/kursisterne i byggeprojekter kunne supplere kernestoffet som nævnt under kapitel 2.3. Et samspil med teknikfaget udvikling og produktion, maskin vil også her naturligt kunne være med til at styrke fagligheden i begge fag. Viden fra statik og styrkelære kan med fordel inddrages under valgetemaet konstruktion, maskin til dimensionering af konstruktionselementer. Som et eksempel kunne viden fra teknikfaget inddrages i pkt. 5, temaopgave 3, portalkran og udvide denne opgave til også at indeholde detailløsninger, herunder evt. modelfremstilling.

Undervisningsmaterialer

Kilder til undervisningsmateriale kan være:

- lærebøger i statik og styrkelære om emnerne nævnt under kapitel 2.2, kernestof
- lærebøger i matematik, især afsnit om vektorregning, analytisk geometri, trigonometri og differentiaalligninger
- lærebøger i fysik, især afsnit om kræfter, momenter og Newtons love
- diverse standarder, normer og ståbier som f.eks. nævnt under kapitel 2.2, kernestof
- tilpasset undervisningsmateriale fra ingeniørskoler
- kataloger og vejledninger fra private virksomheder
- tilpasset materiale fra Internettet
- relevante firmahjemmesider i forbindelse med løsning af konkrete opgaver
- www.emu.dk

4. Evaluering

4.1. Løbende evaluering

Elevernes præstation og den samlede arbejdsindsats vurderes løbende. Vurderingen er en helhedsvurdering af elevernes faglige standpunkt og arbejdsindsats. Der veksles mellem forskellige former for evaluering af det færdige produkt og en procesorienteret evaluering.

Hvis der arbejdes efter den nævnte temamodel, kan det enkelte forløb passende afsluttes med en holddiskussion. Som forberedelse til diskussionen er alle elever/kursister orienteret om alles udførte arbejder. Der sker derpå en kritisk gennemgang med det formål at forbedre elevernes/kursisternes evne til at planlægge, udføre, beskrive og vurdere eksperimenter. Desuden bør diskussionen ledes på en sådan måde, at eventuelle mangler og fejl i elevernes/kursisterne viden udfyldes og korrigeres. Da der er tale om en progression, bør evalueringen af temaet afsluttes med en præcisering af på hvilke områder, der stilles større forventninger til det kommende arbejde.

4.2. Prøveform

Mundtlig prøve på grundlag af eksaminandens besvarelse af den afsluttende opgave. En fortegnelse over opgaveformuleringerne til eksaminandernes afsluttende opgaver sendes til censor forud for prøven. Den afsluttende opgave er forinden prøven ikke rettet og kommenteret af læreren/eksaminator.

Eksaminationstiden er ca. 24 minutter. Der gives ingen forberedelsestid.

Eksaminationen tager udgangspunkt i eksaminandens præsentation af sin afsluttende opgave suppleret med ét eller flere i forvejen forberedte spørgsmål fra eksaminator. Eksaminationen former sig derefter som en uddybende samtale, der med udgangspunkt i eksaminandens afsluttende opgave kan omfatte emner inden for hele fagets kernestof og supplerende stof.

Formuleringen af den afsluttende opgave kan foretages af læreren, eller eleven/kursisten kan selv i samarbejde med læreren formulere sin opgave.

Se paradigmeske eksempler i afsnit 5 eller på EMU.

I forbindelse med prøven bemærkes det, at en fortegnelse over opgaveformuleringerne af eksaminandernes afsluttende opgaver sendes til censor forud for prøvens afholdelse.

Endvidere bemærkes det, at den afsluttende opgave forinden prøven ikke er rettet og kommenteret af læreren.

Der laves i den afsluttende opgave et skriftligt produkt (på papir eller et andet almindeligt medium).

4.3. Bedømmelseskriterier

Bedømmelsen er en vurdering af, i hvilket omfang eksaminandens præstation lever op til de faglige mål, som de er angivet i pkt. 2.1.

Der lægges vægt på:

- *redegørelse for løsningsprincippet for en problemstilling, som eksaminanden selv har valgt fra den afsluttende opgave*
- *demonstrere en bred forståelse for statik og styrkelære og kunne udmønte denne forståelse i praksis*

- *besvarelse af uddybende og supplerende spørgsmål til opgaven i relation til de faglige mål. Herunder forstå, gengive og fortolke egne eller andres resultater.*

Der gives én karakter ud fra en helhedsbedømmelse af eksaminandens mundtlige præstation.

Ved prøve, hvor faget indgår i fagligt samspil med andre fag, lægges der vægt på eksaminandens evne til at:

- *behandle problemstillinger i samspil med andre fag*
- *demonstrere viden om fagets identitet og metoder.*

Oversigt over karakterskalaen

| | | |
|----|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12 | Fremragende | Karakteren 12 gives for den fremragende præstation, der demonstrerer udtømmende opfyldelse af fagets mål, med ingen eller få uvæsentlige mangler. |
| 7 | God | Karakteren 7 gives for den gode præstation, der demonstrerer opfyldelse af fagets mål, med en del mangler. |
| 02 | Tilstrækkelig | Karakteren 02 gives for den tilstrækkelige præstation, der demonstrerer den minimalt acceptable grad af opfyldelse af fagets mål. |

Eksempel på karakterbeskrivelser for mundtlig prøve

| | | Mundtlig prøve |
|----|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12 | Fremragende | Eksaminanden argumenterer velbegrunder for det faglige indhold i opgaven og demonstrerer med uvæsentlige mangler overblik over faget. Eksaminanden kan svare på uddybende og supplerende spørgsmål med kun uvæsentlige mangler. |
| 7 | God | Eksaminanden redegør for det faglige indhold i opgaven og demonstrerer i rimelig grad overblik over faget. Eksaminanden kan i rimelig grad svare på uddybende og supplerende spørgsmål. |
| 02 | Tilstrækkelig | Eksaminanden beskriver det faglige indhold i opgaven og demonstrerer i mindre grad overblik over faget. Eksaminanden kan i mindre grad svare på uddybende og supplerende spørgsmål. |

4.4. Selvstuderende

Kursisten/den selvstuderende besvarer den stillede opgave, som beskrevet i pkt. 3.2 og 4.2. Skolens leder udpeger en vejleder for den enkelte kursist/selvstuderende. Kursisten/den selvstuderende modtager vejledning undervejs i forløbet. Den udarbejdede opgavebesvarelse indgår i bedømmelsen ved den mundtlige prøve, jf. punkt 4.2. Bedømmelseskriterierne svarer til bedømmelseskriterierne i punkt. 4.3. i denne læreplan.

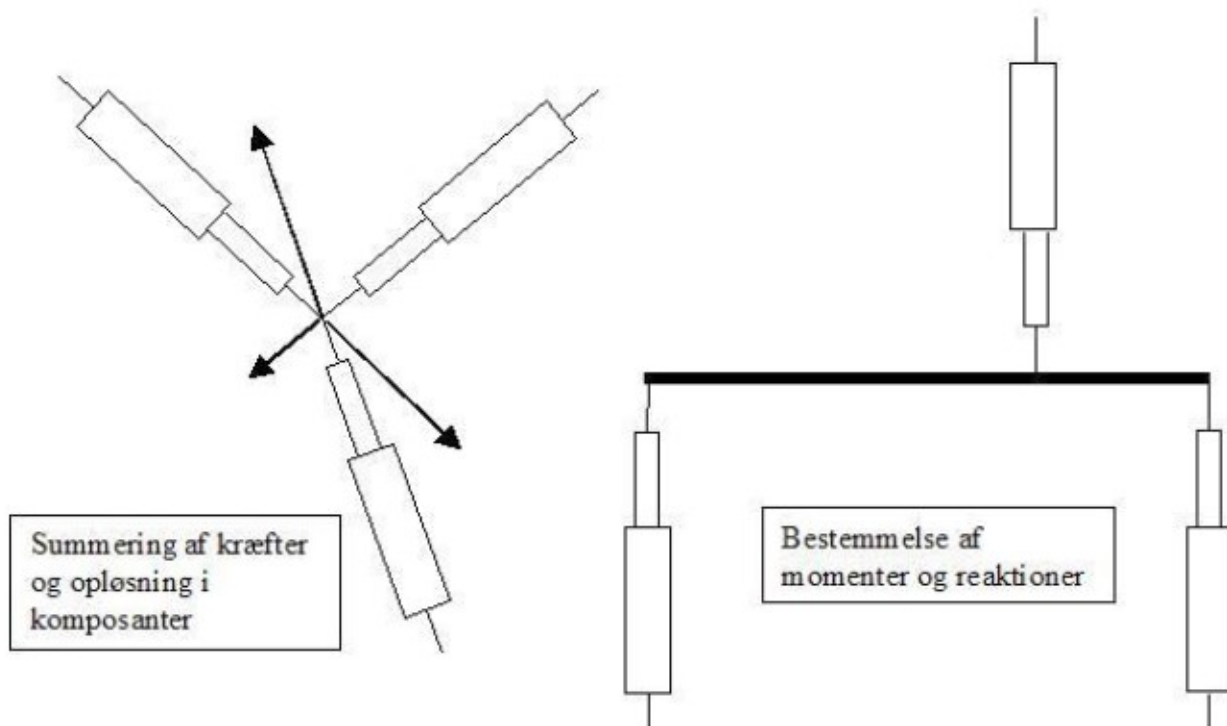
5. Paradigmatiske eksempler

5.1 Eksperimentelt arbejde

Eksempel 1. Sammensætning af kræfter og visualisering af momenter og reaktioner

Dynamometre fæstnes på en vandret plade ved hjælp af søm, stifter eller nåle. En træliste med et passende antal huller kan benyttes som bjælke. Bjælken kan fæstnes drejeligt i et af hullerne og kan belastes med dynamometre i andre huller. Eleverne/kursisterne har derefter mulighed for at kontrollere deres iagttagelser ved hjælp af beregninger.

Ved disse eksperimenter kan der ligeledes eksperimenteres med simpel og simpel bevægelig understøtning.



Eksempel 2. Byg en bro

Eleverne/kursisterne bygger en bro af spaghetti. Opgaven går ud på, at broen skal spænde så langt som muligt (f.eks. 1m) og samtidig kunne bære så meget som muligt. Der udleveres spaghetti, lim og tape til de enkelte grupper.

En anden mulighed kan være at bygge broen af trælister eksempelvis 10 x 10 mm til selve hovedkonstruktionen samt masonitplade til vejbanen. Eleverne/kursisterne får udleveret en sav og små søm.

Eksemplet kan evt. benyttes som indledning/introduktion til faget.

Eksempel 3. Forsøg og beregning af nedbøjning på bjælke.

I stort set alle bærende konstruktioner kan man finde bjælker, som er belastet med kræfter, der giver en vis nedbøjning. Nedbøjningen er det synlige bevis på, at bjælken er stresset med indre spændinger.

Når en bjælke af et kendt materiale og et kendt tværsnit er belastet, er vi i stand til at beregne den forventede nedbøjning. Hvis nedbøjningen bliver som beregnet, går vi ud fra, at de spændinger vi kan regne os frem til også er realistiske.

Lav en forsøgsopstilling hvor man kan måle nedbøjningen på bjælken ved en given kræft, der angriber midt på bjælken. Bjælken må naturligvis ikke overbelastes. Dette kontrolleres ved beregninger.

Forslag til delopgaver:

- Mål nedbøjningen
- Kontroller nedbøjningen ved beregning
- Udfør tværkraftkurve for bjælken
- Udfør momentkurve for bjælken

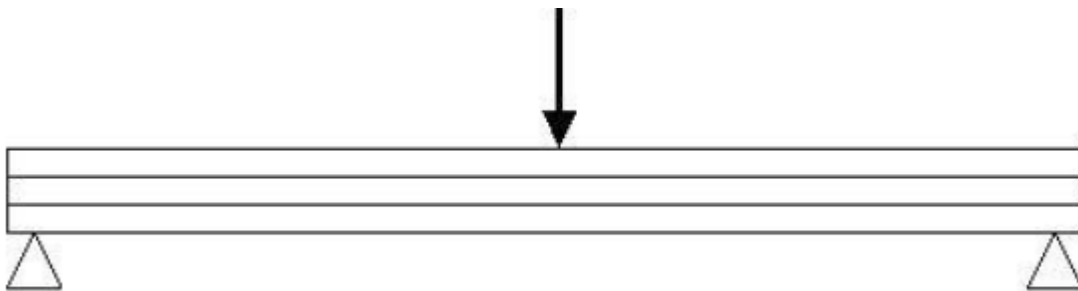
Eksempel 4. Fremstilling af forskellige profiler

Der laves forsøg med fremstilling af forskellige profiler i træ, stål, plast eller andre materialer. De enkelte profiler bør have samme tværsnitsareal og dermed samme masse pr. længdeenhed.

Eleverne/kursisterne tester de fremstillede profiler ved at belaste de enkelte profiler med en veldefineret belastning for derefter at måle deformationen, eller eleverne/kursisterne danner sig et subjektivt indtryk af de enkelte elementers styrke ved at belaste elementerne med hånden.

Hvis der fremstilles profiler i forskellige materialer, kan materialernes indbyrdes styrkeforhold vurderes.

Eksempel 5. Visualisering af tværkræfter



Dette forsøg bidrager til forståelsen af tværkræfters betydning for styrken i en bjælke.

Der laves først et forsøg med at måle nedbøjningen på en "bjælke" ved at lade flere lister (lameller) spænde mellem to understøtninger og belaste med en given kraft. Herefter måles nedbøjningen.

Resultatet sammenholdes med den beregningsmæssige nedbøjning, herunder iagttages forskydningen mellem de enkelte lister.

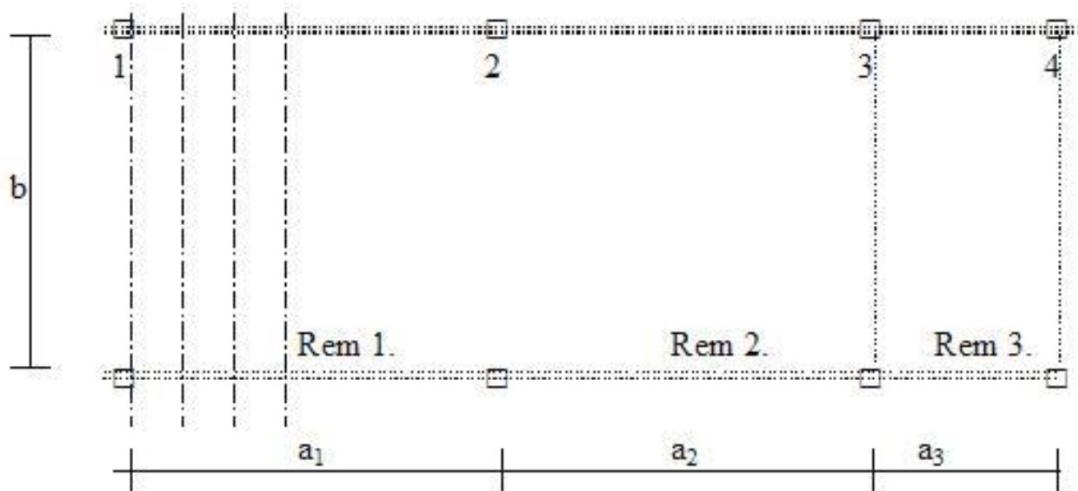
Derefter hæftes listerne sammen med lim eller stifter, hvorefter forsøget gentages. Den nu aktuelle nedbøjning sammenlignes med den beregningsmæssige nedbøjning for den massive bjælke.

Forsøgene kan gentages for at bestemme træets brudstyrke mod bøjning og sammenligne denne med det karakteristiske styrketal fra trænormen.

5.2 Temaopgaver

Temaopgave 1 (statiktema)

Eksempel: Carport



Skitsen herover forestiller en carport. Denne består af 8 stolper (søjler), hvorpå der ligger to remme delt op som vist. Konstruktionen afsluttes med en tagkonstruktion bestående af gitterspær type W.

- b kan frit vælges i intervallet 6 - 9m.
- a_1 og a_2 kan vælges i intervallet 3 - 5m.
- a_3 kan vælges i intervallet 2 - 3m.
- højden på søjlerne kan vælges i intervallet 1,80 - 2,10 m.
- taghældningen er $20^\circ - 30^\circ$
- afstand mellem spærene er 0,8 - 1,0m.
- linjelasten P , der virker på tagkonstruktionen, kan vælges i intervallet 2 - 3 kN/m.

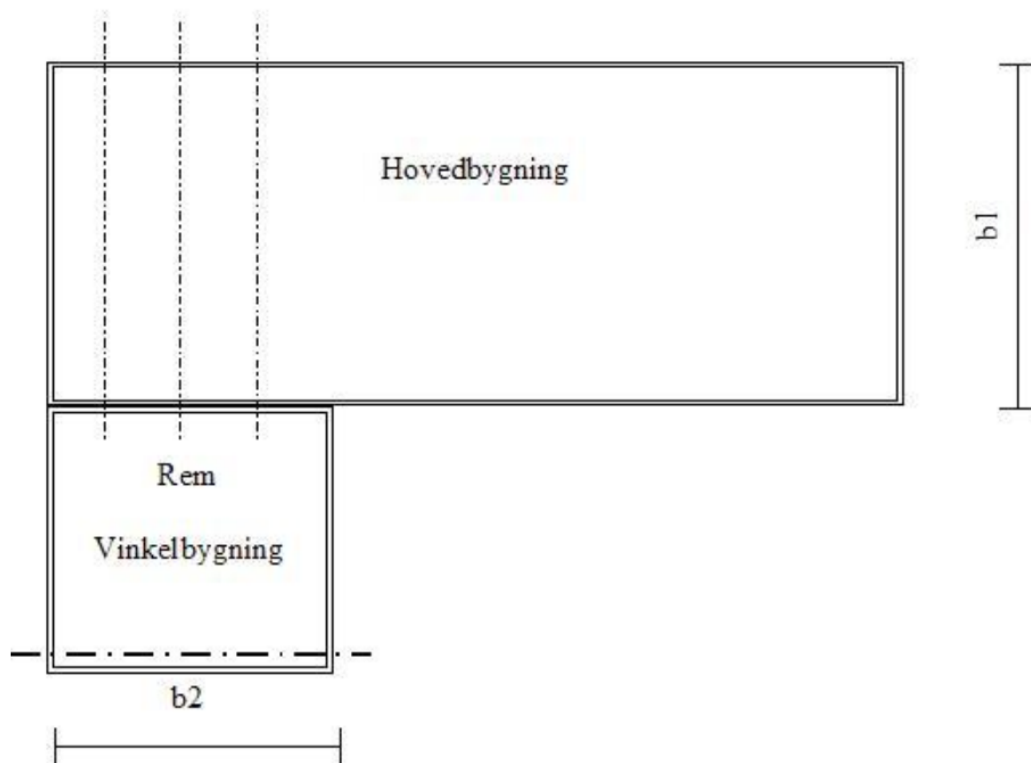
I opgaven ønskes følgende behandlet:

1. Bestem reaktionerne på rem 1,2 og 3.
2. Tegn V og M-kurver for remmene. (er samlet på søjle 2 og 3)
3. Bestem normalkraften i søjlerne 1,2,3 og 4.
4. Tegn N-kurver for søjlerne.
5. Bestem stangkræfterne i gitterkonstruktionen ved beregning og ved grafisk løsning.

Udarbejd skitser der viser, hvordan det statiske system ser ud. Disse skal bruges som udgangspunkt for beregningerne.

Temaopgave 2 (styrkelæretema)

Eksempel: Vinkelbygning.



Herover ses en skitse af et hus.

Der ønskes udarbejdet:

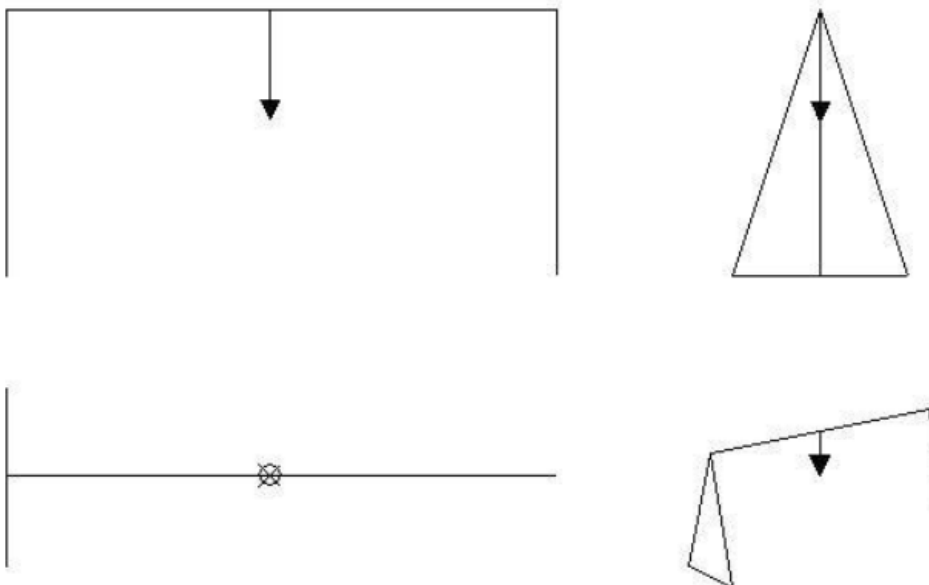
- dimensionering (ved beregning) af spær på vinkelbygning samt remmen
- V- og M-kurver for remmen
- spændingsundersøgelse, herunder undersøgelse for nedbøjning for remmen

Forudsætninger:

- spær udføres i træ, remmen i stål eller træ
- tag: type W, tungt tag, tag hældning 25° , spærafstand $c/c = 1\text{ m}$, der gælder for hovedbygning
- såvel som vinkelbygning. Normal SIK
- last: egenvægt, snelast og nyttelast evt. vindlast (hvis stål vælges)
- afstanden $b1$ skal være 7 - 9 m
- afstanden $b2$ skal være 5 - 7 m

Temaopgave 3 (styrkelæretema)

Eksempel: Portalkran



Skitsen viser en portalkran i retvinklet projektion sammen med en skitse i perspektivisk afbildning.

Portalkranen står på en enkel søjle (højre side) og på en triangelformet benkonstruktion med en tværstang for neden (venstre side).

Selve kranbjælken kan f.eks. fremstilles af en HE – M bjælke.

Benene kan evt. fremstilles af kvadratiske rør.

Kranens løfteevne og dimensioner kan eleverne/kursisterne evt. selv fastlægge individuelt.

Eleverne/kursisterne bør diskutere hvilke understøtningstyper, der bør anvendes samt hvilke forudsætninger, der skal være til stede for at konstruktionen er statisk bestemt.

Der ønskes udarbejdet:

1. fastlæggelse af kranens dimensioner ud fra overslagsberegninger
2. bestemmelse af kranbjælkens nedbøjning

5.3 Den afsluttende opgave

Til eleverne/kursisterne:

Som afslutning på undervisningen i statik og styrkelære skal du løse en afsluttende opgave.

Opgaven

skal i givet fald ligge til grund for den mundtlige prøve i faget, så det er vigtigt at få lavet opgaven og få den afleveret til tiden. Du kan ikke gå til prøve uden denne opgave.

Eksempel 1. Hal

Et lille skibsværft i Vestjylland skal opføre en hal til vedligehold af mindre fiskekuttere. I den forbindelse skal de væsentlige konstruktionselementer dimensioneres. I hallens ene

ende etableres der et mindre lager med et kontor ovenpå. Gulvet under kontoret understøttes midt på af en langsgående bjælke og en enkelt søjle. Desuden skal der opstilles et spil til at trække kutterne op af vandet og ind i hallen. Spillets aksel skal dimensioneres.

Bygningsmål

- Hallen skal have et areal på 30 x 12 m. Taget konstrueres som et fladt tag.
- Hallens højde over terræn skal være 16 m.
- Bygningen opføres i sten/gasbeton
- Lageret/kontoret i den ene ende skal have et areal på 5 x 12 m.
- Midt i hallen skal der etableres en gangbro på tværs til at styre optrækspillet fra, når kutterne trækkes ind i hallen. Denne gangbro skal fremstilles som en gitterkonstruktion med et spænd på 12 m.

Tagkonstruktionen

Taget består af en stålkonstruktion med tagbelægning, dækplader, åse og stållægter. Selve tagets vægt uden stålpær sættes til 60 kg pr. m². Stålpærene fremstilles af IPE-profiler og lægges med en afstand på 1,80 m. Taget har ikke udhæng.

Kontorgulvets konstruktion

Gulvets bærende del fremstilles af HE-B-profiler, som lægges af i muren med en afstand på 0,60 m. Gulvet støttes midt på af en langsgående bjælke, som også fremstilles af en HE-B-profil. Denne bjælke lægges af i muren og på en søjle. Selve gulvet skal isoleres og dermed kan den permanente last på gulvet (inkl. den bærende del og uden den langsgående bjælke) sættes til 65 kg pr. m². Søjlen til at støtte kontorgulvet skal være 4,5 m høj og fremstilles af firkantrør.

Gangbroens konstruktion

Gangbroen konstrueres som 2 parallelle gitterkonstruktioner. Den fremstilles af firkantrør. Broen skal kunne bære 3 personer. Broen lægges ligeledes af i væggen.

Trækspillets aksel

Spillet trækker kutterne op med en kæde. Spillet konstrueres derfor som et kædehjul. Spillets aksel kan betragtes som en roterende indspændt bjælke. Spillet skal køre med en hastighed på 45 o/min. Spillet er med en motor på 12 kW. Desuden kan der regnes med en afstand på 0,15 m fra indspændingen til der, hvor kæden (kraften) angriber. Maksimal kraft i kæden sættes til 80 kN.

Eksempel 2. "Fri" opgave

Opgaven skal indeholde følgende elementer: fastlæggelse af belastninger, valg af statisk model, snitkraftberegninger for de enkelte konstruktionselementer og dimensioneringer og deformationsberegninger. Du vælger frit din opgave.