

Drag och Tryck

Innehållsförteckning:

- [Grunder](#)
- [Bil som hänger i en ståltråd](#)
- [Massa, vikt, tyngd och kraft](#)
- [Olika typer av spänningar](#)
- [Töjning och Förlängning](#)
- [Dragprovning](#)
- [Sträckgräns och Brottgräns](#)
- [Praktisk konstruktion](#)
- [Säkerhetsfaktor](#)

Inledning:

Hållfasthetslära

Hållfasthetslära (ibland även benämnt fastkroppsmekanik) är ett klassiskt ingenjörämne, som historiskt sett spelat en mycket stor roll för utvecklingen av industri och infrastruktur. Det är dessutom ett modernt vetenskapsområde, som i samspel med andra närliggande områden utgör förutsättningen för funktion och hållfasthet hos framtidens konstruktionsmaterial och komponenter. Ämnet handlar om att studera och matematiskt beskriva (beräkna) de mekanismer som styr materials och komponenters deformation och brott vid belastning. De metoder som används är analytiska, experimentella och numeriska.

Ovanstående formuleringar kan tyckas lite svåra att förstå. Nedan görs ett försök att förklara samma sak lite mer "alldagligt"

Med hållfasthetslära menas egenskapen hos ett visst material att motstå krafter. Hållfasthetsläran kan undersöka hur yttre krafter påverkar en befintlig eller planerad konstruktion. Det kan gälla problemet att beräkna hur mycket materialet ansträngs p.g.a. de belastningar som verkar på en konstruktion. Det gäller att i slutändan komma fram till hur mycket material, eller typ av material som behövs i en konstruktion. Hållfasthetsläran bygger på kunskaper i matematik och mekanik.

Olika typer av hållfasthet.

- Draghållfast
- Tryckhållfasthet
- Skjuvhållfasthet
- Vridhållfasthet
- Böjhållfasthet
- Knäckhållfasthet
- Utmattningshållfasthet
- Sammansatt hållfasthet.

Vi kommer inom ramen för denna kurs i första hand att behandla de tre första punkterna. Övriga punkter kommer att omnämnas när det behövs för att förstå helheten.

Hållfasthetslära, teknisk lära som beskriver förhållandet mellan [mekaniska krafter](#) och [deformerbara kroppar](#). Läran är baserad på [klassisk mekanik](#) med [Newtons rörelselagar](#), men innehåller också en stor mängd [empiriskt](#) belagda lagar om specialfall. Den mest teoretiska grenen av hållfasthetsläran är [kontinuummekanik](#). Andra grenar är [balkteori](#), [dynamik](#) och [utmattningslära](#).

Källa:
[Wikipedia](#)

[hem](#)

Hållfasthetslärans grunder

En strukturs förmåga att bära last då den belastas med en-axligt tryck eller drag bestäms av dess tvärsnittsarea, A. En tjock pelare kan t.ex. bära en större last än en smal. [Normalspänning](#) är en av de viktigaste storheterna inom hållfasthetsläran, den betecknas σ (sigma) och beräknas genom, där F [N] är belastningen och A [mm²] är tvärsnittsarean. Normalt brukar positiv riktning för kraften vara utåt, dvs. [dragspänning](#) är positiv och tryckspänning negativ. Spänning har enheten N/mm² = MPa. Observera att dessa formler endast gäller om strukturen inte [knäcker](#) samt att inte [sträckgränsen](#) för materialet överstigs.

Normalspänning kallas vanligen för bara "spänning" och beräknas enligt formeln:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Då en struktur belastas kommer den även att få en viss relativ längdändring (TÖJNING), betecknat ε (epsilon). För att beräkna denna krävs att man känner till materialets [elasticitetsmodul](#) (betecknas E och kallas vanligen E-modulen). E-modulen har enheten MPa och har storleksordningen 200 000 MPa för stål. Töjningen beräknas med hjälp av formeln här till höger. Värdet som erhålls är den relativa längdändringen när föremålet belastas med kraften F. För att räkna ut total längdändring, δ , använder man formeln här till höger, där L är strukturens längd.

Töjningen kan beräknas med formeln:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

Töjningen används sedan för att få föremålets längdändring enligt:

$$\delta = \varepsilon * L$$

Ett material kan också utsättas för [skjuvspänning](#), t.ex en skruv som håller ihop två plattor där plattorna dras ut eller trycks ihop. Det uppstår då skjuvning i skruvens tvärsnitt. Skjuvspänning, τ (tau), definieras på liknande sätt som normalspänning, där F är belastning och A tvärsnittsarea.

Skjuvspänning:

$$\tau = F/A$$

Mer om skjuvning kommer senare i kursen

Hållfasthetslärans grundläggande uppgift är att hjälpa oss att beräkna dimension och form hos en konstruktion så att den vid användning inte går sönder. Detta förutsätter att vi väljer ett material som kan motstå belastningen.

Med hållfasthetslärans hjälp ska vi kunna beräkna en konstruktion så att den håller utan att bli onödigt stor och tung. Detta görs i princip i tre steg:

1. Vi beräknar konstruktionens belastning, vilken uttrycks i beräknad spänning, σ_{\max}
2. Vi fastställer materialets förmåga att ta upp belastning, vilket uttrycks i sträckgräns, R_e
3. Vi jämför dessa två spänningar, σ_{\max} och R_e

[hem](#)

Massa, vikt, tyngd och kraft

Massa och Kraft

Innan vi går vidare måste vi lära oss att skilja på begreppen massa och kraft.

Massa och tyngd fundamentalt olika saker. Massa är en inneboende egenskap hos materia medan tyngd är en *kraft* som är resultatet av att gravitationen verkar på materia.

Denna skillnad är emellertid, i ett historiskt perspektiv, en relativt senkommen åtskillnad och i många vardagliga situationer betyder ofta *tyngd* detsamma som *massa*. Det förekommer att man till exempel säger att ett föremål har tyngden 1 kilogram (kg) trots att det är mängden massa som avses.

Skillnaden mellan massa och tyngd i samband med vägningar grundade på ett föremåls tyngd är dock av liten praktisk betydelse då gravitationskraften är i det närmaste konstant över hela jorden. I ett konstant gravitationsfält är gravitationskraften proportionell mot mängden massa vilket betyder att en massa indirekt kan bestämmas genom dess tyngd. Mindre skillnader i jordens gravitationskraft existerar dock och det kan vara nödvändigt att ta hänsyn till dessa vid mätningar med hög noggrannhet. En balansvåg jämför den lokala gravitationskraftens verkan på två uppsättningar massor, placerade i respektive vågskålar, vilket gör balansvågen oberoende av globala skillnader i gravitationskraft. En fjädervåg, däremot, som registrerar den förlängning av en fjäder som det vägda föremålet orsakar, måste korrigeras med avseende på det lokala värdet för tyngdaccelerationen om den önskade mätnoggrannheten är hög.
jorden.

Källa:

Gravitationen eller **tyngdkraften** är en av [universums](#) fyra [fundamentala krafter](#). Det är den attraherande [kraft](#) som [massor](#) utsätter varandra för, och ger upphov till det som vi kallar massans [tyngd](#).

[Wikipedia](#)

Exempel på fenomen som beror på gravitation:

- En smörgås som man tappar greppet om trillar i golvet.
- [Jordens](#) gravitation håller [månen](#) kvar i sin bana runt jorden.
- Månens gravitation orsakar de stora [tidvattenvågorna](#) på

Några exempel:

En person väger 70 kg, innebär att massan $m=70$ kg. Jordens gravitation verkar på denna person så att tyngdkraften vill dra personen mot jordens centrum. Denna kraft kan beräknas med hjälp av den s.k. tyngdaccelerationen, som normal betecknas med bokstaven g , och har värdet $9,81$ m/s².
Alltså $g=9,81$ m/s²

[Isaac Newton](#)

Enligt Isaac Newton så blir tyngdkraften, F , : $F = m \cdot g$, dvs $F = 70 \cdot 9,81 = 686,7$ N. Enheten för kraft är Newton, N. För vanlig praktisk användning brukar man säga att $g=10$, vilket då skulle innebära att personen med massan 70 kg påverkas av tyngdkraften 700 N.

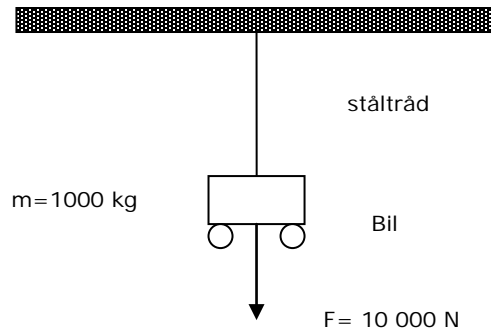
$g=9,81$ m/s²

När man räknar i hållfasthetsläran så använder vi kraften F som en viktig del. Ibland brukar man kalla kraften för belastning.

Om vi tänker oss ett föremål som hänger i en ståltråd. Se figuren nedan.

Föremålet har en viss massa, m , och påverkas då också av gravitationen, vilket gör att massan kan räknas om till kraft (belastning). Direkt har vi fått ett hållfasthetsproblem som går att räkna på.
Problemet kan vara formulerat enligt följande:

En bil skall hängas i en ståltråd. Vi skall beräkna vilken diameter som denna ståltråd minst måste ha för att bilen inte skall ramla ned.



Beräkning:

Vi skall räkna på ovanstående bil. Formeln här till höger skall användas. I högerledet står ett A, vilket här betyder ståltrådens tvärsnittsarea. Eftersom en ståltråd normalt är cirkelformad behöver vi kunna formeln för en cirkels tvärsnittsarea enligt:
 $A = \pi \cdot d^2 / 4$ (pi gånger diametern i kvadrat delat med 4). Pi är lika med 3,14. (se lärobok i matematik)

Vi kommer senare att titta på s.k. dragprovingsdiagram där man kan få fram den s.k. sträckgränsen. För ett enkelt stål är sträckgränsen 220 N/mm² (eller enheten MPa). Vi kommer ofta att använda N/mm².

Sträckgränsen är ett mått på s.k. spänning och sträckgränsen bör aldrig passeras. I vårt exempel använder vi detta värde, senare kommer vi att införa begreppet säkerhetsfaktor, men just nu bortser vi från detta.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Alltså:

$$220 = 10\,000 / A$$

lös ut A !

$$A = 45,45 \text{ mm}^2$$

Detta värde skall sättas in i cirkelns areaformel enligt:

$$45,45 = \pi \cdot d^2 / 4$$

lös ut d

$$d = \text{roten ur } (4 \cdot 45,45 / \pi) = 7,6 \text{ mm.}$$

Slutsats:

För att hänga en bil med massan 1000 kg i en ståltråd så krävs att ståltråden har en minsta diameter på 8 mm.

[hem](#)

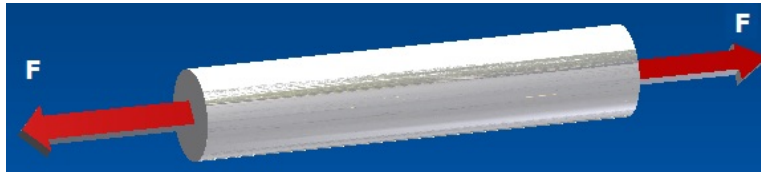
Olika typer av spänningar:

Det finns flera typer av spänningar. Nu i kursens början kommer vi att koncentrera oss på s.k. dragspänningar. Exemplet enligt ovan är just dragspänning.

Egentligen gäller formlerna även om föremålet utsätts för en tryckkraft.

Bilderna nedan visar hur kraften angriper vid drag resp tryck.

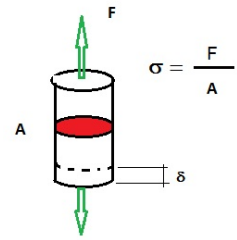
Exempel:



Dragning



Tryck



(OBS! att den ena kraften är den aktiva kraften och den andra håller emot)

Rent allmänt är det viktigt att inte blanda ihop hållfasthetslärans begreppet spänning med ellärens spänning som ju är det vi har i väggtuggen (230 V).

Spänning i hållfasthetsläran är ett mått på hur stor kraft i N som varje mm² av ett belastat tvärsnitt utsätts för.

Exempel:

En ståltråd har ett cirkulärt tvärsnitt med arean 100 mm². I ståltråden hänger en låda som väger 100 kg, dvs som har tyngdkraften 1000 N.

Ståltrådens 100 mm² måste då hålla emot så att varje mm² påverkas av 1000 / 100 = 10 N.

Man kallar detta för spänning, och betecknas med den grekiska bokstaven, σ .

Här blir alltså spänningen $\sigma = 10 \text{ N/mm}^2$

Dessutom drar kraften och vi har därför s.k. dragspänning.

En annan viktig sak är att kraften enligt ovan verkar så att kraften angriper vinkelrätt mot ståltrådens tvärsnittsarea. Just detta faktum gör att vi skiljer dragspänning från s.k. skjuvspänning. Skjuvspänning kommer att behandlas senare i denna kurs.

Räkneexempel:

1a

En rund massiv stålstång har diametern 10 mm. Stången kommer att utsättas för dragningskraften 20 000 N. Beräkna spänningen.

Extra: är detta farligt?

2a

En lika dan stålstång som i exempel 1a men den har ett fyrkantigt tvärsnitt (10x10 mm). Den kommer att belastas med kraften 20 000 N. OBS! att kraften 20 000N motsvarar en last som väger ca 2 ton.

Beräkna spänningen.

Extra: är detta farligt?

1c

En stång med tvärsnittsarean 325 mm² drages med kraften 25 kN. Hur stor blir kraften på 1 mm² ? (77 N/mm²)

2c

En hisslina har arean 106 mm² och belastas med 24 N/mm². Hur många 70 kg tunga personer kan transporteras samtidigt ?

(3,7 dvs 3 st)

- 3c En stång med tvärsnittsarean 100 mm^2 blir utsatt för dragning. Dragkraften är 20 000 N. Hur stor spänning blir stången utsatt för ?
(200 MPa)
- 4c Hur stor blir spänningen i en stav med kvadratisk tvärsnitt och sidan 20 mm, då den belastas med en dragkraft av 50 000 N ? (125 MPa) Vad betyder MPa ?
- 5c En bropelare har diametern 200 mm. Hur stor blir spänningen i pelaren om den belastas med en tryckkraft av 200 kN ? (6,4 MPa)
- 6c Ett stöd i en byggnadsställning ska ta upp en tryckkraft. Stödet är av trä och har rektangulärt tvärsnitt med måtten 50 x 100 mm. Hur stor kraft kan stödet ta upp om träet tål en tryckspänning av 9,0 ?
(45 kN)
- 7c Ett stag på en grävmaskin utsätts för en tryckkraft av 40 kN. Spänningen i materialet får uppgå till högst 120 MPa. Hur stor diameter måste staget ha för att tåla belastningen? (20,6 ≈ 21 mm)
- 8c Hur stor blir spänningen i en stång med diametern 20 mm, då dragkraften är 35 kN ?
(110 MPa)
- 9c En vinkelstång 50x50x5 mm (tabell ger $A=480 \text{ mm}^2$) får utsättas för spänningen $\sigma = 100 \text{ MPa}$. Hur stor blir dragkraften vid denna spänning ?
(48 kN)
- [1b](#) En stång har tvärsnittsmåtten 10x20 mm. Hur stor blir dragspänningen om stången påverkas av kraften 520 N
- [2b](#) En kvadratisk stång med sidan 5 mm har sin maxspänning på 12 MPa. Vilken är den största dragkraften som kan användas?
- [3b](#) En ståltråd med $d=2 \text{ mm}$ påverkas av lasten 2 kN. Vilken spänning uppstår då?
- [4b](#) Vilken diameter behövs på en ståltråd som belastas med 1 kN och där spänningen inte får överskrida 8 MPa.
- [7b](#) Ett rör har ytterdiametern 185 mm. Man skall hänga 65 kN i röret och behöver då veta vilken vägg tjocklek som röret måste ha för att spänningen i materialet inte skall överskrida 72 N/mm^2 .

[hem](#)

Töjning och Förlängning

Normalt brukar för vanliga människor begreppen Töjning och Förlängning betyda samma sak. I hållfasthetsläran så betyder de olika saker. Först skall vi ge begreppen en grekisk bokstav enligt:

Töjning, ϵ (epsilon)
Förlängning, δ (delta)

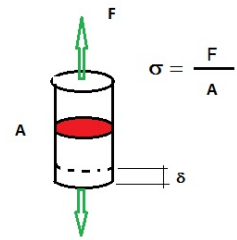
$$\epsilon = \delta / L$$

Töjning betyder relativ längdändring, dvs ett förhållande mellan erhållen extra längd och ursprunglig längd.

Förlängning betyder den extra längd som ett föremål får vid exempelvis dragbelastning

En gemensam formel för töjning, förlängning och ursprunglig längd, L kan skrivas enligt:

$$\epsilon = \delta / L$$



Räkneexempel:

3a En stång av stål skall belastas med en dragkraft. Innan belastningen uppmättes stångens längd till 2 m och under pågående belastning uppmättes längden till 2,020 m . Beräkna hur stor stångens töjningen blir vid belastningen.

4a En ståltråd är 2 m lång och skall belastas med en dragkraft. Trådens töjning, $\epsilon = 0,0002$. Med ledning av dessa värden skall du beräkna trådens förlängning, δ

14c Den naturliga längden hos en stång är 5000 mm. Den sträcks till 5100 mm. Hur stor blir töjningen ?
(0,02)

15c Töjningen hos en 2 m lång ståltråd är 0,1 % . Hur stor är trådens förlängning ?
(2 mm)

16c Hur stor blir förlängningen hos en 7 m lång plastlina om töjningen är 0,02 ?
(140 mm)

17c Om stången i exempel 8 är 7,0 m lång och elasticitetsmodulen är 210 000 MPa, hur mycket förlänger den sig då ?
(3,7 mm)

18c En koppartråd har diametern 4,0 mm och längden 6 m
a) Om den förlänger sig 1,2 mm , vilken kraft erfordras då ?
($E = 120\,000$ MPa)
b) Vid ett annat tillfälle är kraften 20 kN. Hur stor blir förlängningen då ?
(a. 300 N och b. 80 mm)

Vad betyder MPa ?

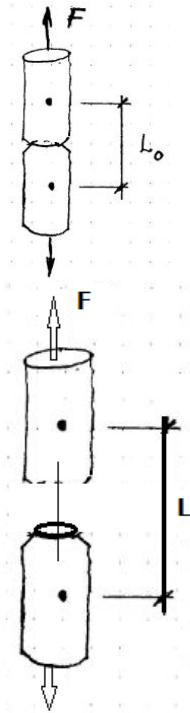
19c En hisslina får enligt normer maximalt töjas 0,050 % . Hur stor blir förlängningen vid maximalt tillåten töjning, då lina är 32,5 m lång ?
(16 mm)

20c Om en 4,00 m lång stång förlänger sig 2,00 mm då dragspänningen är 105 MPa, hur stor är då materialets elasticitetsmodul?
(210 000 MPa)

11b Plast som belastas blir längre. För en viss sort av plast var töjningen 3,2% och vid belastning uppmättes längden 5,5 m. Hur lång var plastbiten utan belastning. (vi arbetar inom det elastiska området)

hem

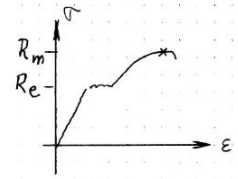
Dragprovning



Alla material måste genomgå tester för att man skall veta egenskaperna när materialet används i en konstruktion.

Ett test är DRAGPROVNING, som bestämmer materials egenskaper när materialet utsätts för dragbelastning.

Från det aktuella materialet skär man ut cylindrisk stång (se bild). Denna stång placeras sedan i en s.k. dragprovningmaskin. Maskinen kan med stor kraft dra stängen i dess längdled. Dragningen fortsätter tills stängen går av.



Under hela förloppet mäter man kraften och hur mycket längre stängen blir allt eftersom kraften ökar.

När testet är klart kan man rita ett diagram som kommer att få ett utseende som visas på bilden. Diagrammet kallas för dragprovningsdiagram.

Innan provet mäter man stängens tvärsnittsdiаметer och räknar sedan ut motsvarande area.

Vi behöver också på stängen göra två markeringar för att kunna mäta hur dessa flyttas under dragningen. Det måste gå att få fram den extra längd som stängen får p.g.a. ökningen av kraften. Den längd som vi har från början kallas för L_0 .



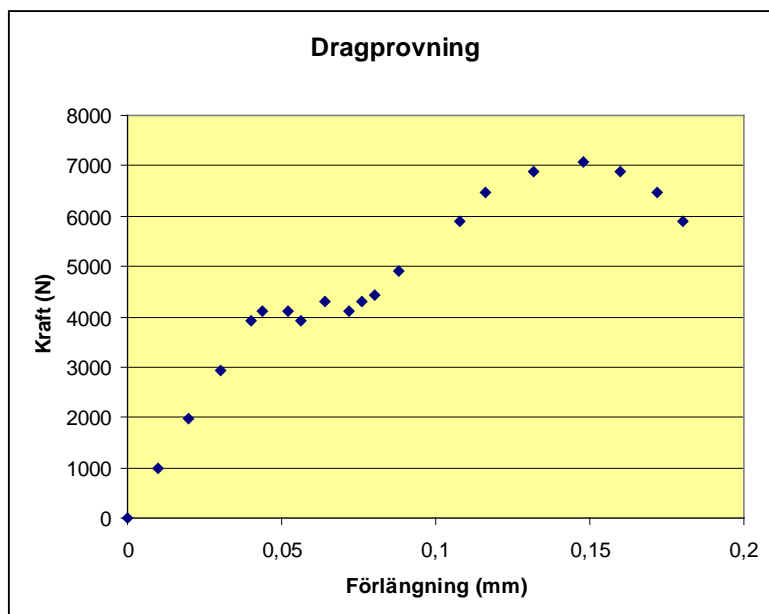
Dragprovningmaskin



Dragprovningmaskin

Vi skall nu genomföra en verklig dragprovning. Mellan två markerade punkter uppmäter vi längden $L_0 = 40$ mm. Vidare har stängens smala del en diameter på 5 mm. Vi kan då räkna ut tvärsnittsarean. Vi kallar denna area A_0 eftersom det är arean när vi börjar (tiden är då noll). $A = \pi \cdot d^2 / 4 = 19,63$ mm². Alltså A_0

Stängen sätts in i maskinen och dragningen påbörjas. Dragkraften ökas i steg och man mäter både kraften F i Newton (N) och den extra längd i mm som stängen får. Längden mäts hela tiden mellan våra två markeringar. Om vi exempelvis mäter 44 mm så har stängen fått extra längden 4 mm. Detta värde kallas för förlängning. Följande mätdata erhöles:



Kraft (N)	Förlängning δ (mm)
0	0
981,5	0,01
1963	0,02
2944,5	0,03
3926	0,04
4122,3	0,044
4122,3	0,052
3926	0,056
4318,6	0,064
4122,3	0,072
4318,6	0,076
4416,75	0,08
4907,5	0,088
5889	0,108
6477,9	0,116
6870,5	0,132
7066,8	0,148

6870,5	0,16
6477,9	0,172
5889	0,18

Nu brukar man ta ett steg till.

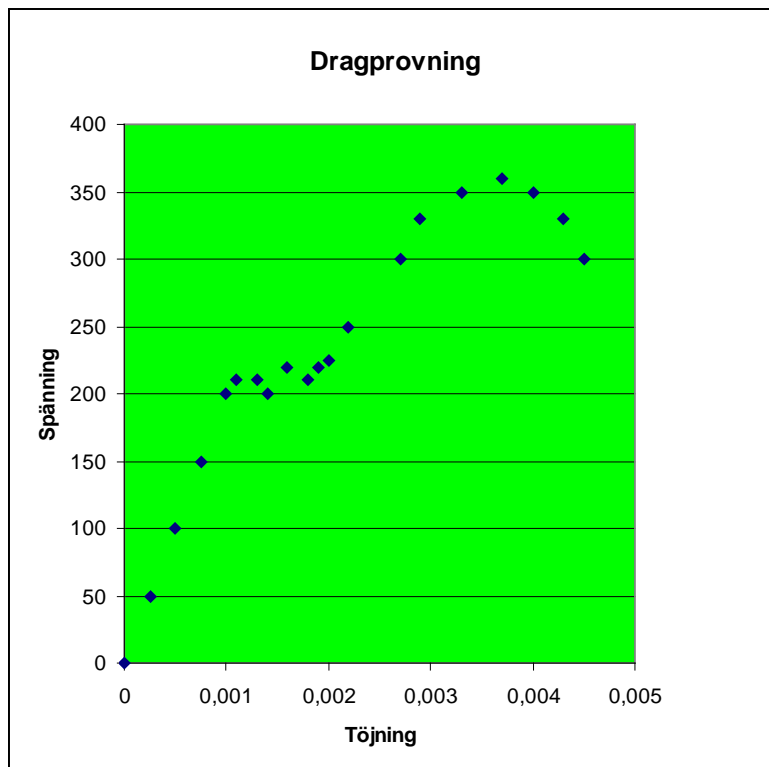
Kraften och förlängningen görs om på följande sätt.

Alla värde på kraften divideras (delas) med A_0 och alla värden på förlängningen delas med L_0

Detta innebär att alla värden påverkas matematiskt men alla på samma sätt. Diagrammets utseende påverkas ej, dock blir det helt andra siffror.

När man delar kraft med area så kommer enheten att ändras från kraft till kraft / area och förlängningen som har enheten längd delas med en annan längd, vilket gör att enheten försvinner och blir s.k. dimensionslös.

Med $A_0=19,63 \text{ mm}^2$ och $L_0 = 40 \text{ mm}$ ändras ovanstående tabell till nedanstående och diagrammet ändras till nedanstående.



Kraft /area (σ)	Förlängning / L_0 (ϵ)
0	0
50	0,00025
100	0,0005
150	0,00075
200	0,001
210	0,0011
210	0,0013
200	0,0014
220	0,0016
210	0,0018
220	0,0019
225	0,002
250	0,0022
300	0,0027
330	0,0029
350	0,0033
360	0,0037
350	0,004
330	0,0043
300	0,0045

Slutligen:

På x-axeln har vi nu fått något som kallas töjning. Inom

hållfasthetsläran har töjning fått en egen bokstav, ϵ , uttalas epsilon.

På y-axeln står det nu spänning som också har en egen bokstav, σ , uttalas sigma

Vårt första diagram hade på x-axeln beteckningen förlängning, denna har bokstaven, δ , uttalas delta.

$$\sigma = F / A$$

$$\epsilon = \delta * L_0$$

Man kan också införa några formler enligt följande:

$$\sigma = F / A$$

och

$$\varepsilon = \delta * L_0$$

Spännings-Töjningsdiagram (kallas även för Dragprovningsdiagram)

När man vet hur stor lasten och förlängningen är kan man beräkna spänning och töjning. Se tidigare beräkningar.

I diagrammet kan man titta på kurvan. Den första delen består av en rät linje.

I matematikkursen har du lärt dig att ta fram ekvationen för en rät linje genom origo. Den har ekvationen $y=k x$

Med beteckningarna som vårt dragprovningsdiagram har så är det bara att byta y mot σ och x mot ε .

Ekvationen blir då

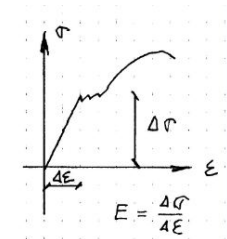
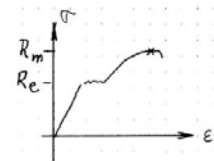
$$\sigma = k \varepsilon$$

Riktningkoefficienten k byter namn i hållfasthetsläran och heter där istället E . Ekvationen blir då:

$$\sigma = E \varepsilon$$

Denna ekvation kallas för Hookes lag.

Värdet på E , som kallas för Elasticitetsmodul, är en materialegenskap och kan hämtas från tabeller. För vanligt stål är $E=210\ 000\ \text{N/mm}^2$. Aluminium kan ha $E=70\ 000$ och Trä strax under $10\ 000\ \text{N/mm}^2$.



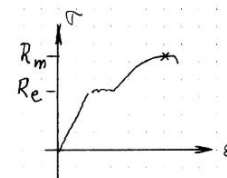
Re och Rm

Sträckgräns, R_e

Om man följer den räta linje uppåt så kommer vi i diagrammet att träffa på ett område som inte längre stiger. Här ligger sträckgränsen. Vid normal belastning skall man alltid sträva efter att aldrig passera sträckgränsen.

Om en konstruktion avlastas och belastningen ligger under sträckgränsen kommer konstruktionen att återta sin ursprungliga form.

Området upp till sträckgränsen kallas för det **elastiska området**.



Brottgränsen R_m

Om vi följer diagrammet upp till maxpunkten träffar vi på brottgränsen. Här går materialet sönder.

Mellan sträck- och brottgränsen finns det s.k. **plastiska området**, dvs materialet går inte sönder, men kommer efter avlastning att ha en kvarstående deformation.

[hem](#)

Praktisk konstruktion:

DRAG och
TRYCK

Tidigare tittade vi på ett exempel med en bil som hänger i en ståltråd. Vi visade att det behövdes en ståltråd med diametern 8 mm för att klara bilens tyngdkraft, 10 000 N (1000 kg massa)

Detta stämmer inte riktigt beträffande en verklig konstruktion. Allt konstruktionsarbete utgår från materialet som skall användas, dvs konstruktören måste veta hur starkt ett visst material är. Som hjälp finns tabeller som visar olika materials hållfasthetsegenskaper. Här är värdena på sträckgräns och brottgräns av stor betydelse.

I vårt exempel använde vi värdet på sträckgränsen och genomförde beräkningen så att om vi hänger 1 ton i en 8mm ståltråd kommer spänningen i tråden att vara precis på värdet för sträckgränsen.

Normalt är det lite farligt att använda sträckgränsen som gränsvärde. Värdet på sträckgränsen är bestämt utifrån ett dragprov, men detta har skett genom att testa samma material många gånger och sedan tagit en form av medelvärde av hela mätserien. Metoden innebär att flera mätningar gav ett lägre värde på sträckgränsen än det som finns angivet i tabellen. Om vi har otur så köper vi ett material som ligger i det nedre intervallet eftersom det alltid finns samma variation även bland materialen som vi köper.

Sträckgränsen och även brottgränsen skall ses som ett riktvärde som konstruktören utgår från i början av beräkningsarbetet.

SS-stål	Godstjocklek mm	Draghållfasthet SS 11 21 10				Slagsseghet SS 11 23 51		
		R_{eL} N/mm ² min	R_{eH} N/mm ² min	R_m N/mm ²	A_5 %	t °C	KV^{11} J min	
13 00-00 ²⁾	—	—	—	(320)–490	—	—	—	
13 11-00	< 40 (40) – 100	220 210	240 230	360–460	25 ³⁾	—	—	
13 12-00	< 40 (40) – 100	220 210	240 230	360–460	25 ³⁾	—	—	
-01	< 50 (50) – 500	220 200	240 220	360–460 ⁴⁾ 360–460	27 25 ⁵⁾	—	—	
-06	< 50	370 ⁶⁾	—	min 440 ⁷⁾	10	—	—	
14 12-00	< 40 (40) – 100	260 250	270 260	430–530	23 ³⁾	—	—	
14 14-00, -01	< 40 (40) – 100	260 250	270 260	430–530	23 ³⁾	–20	27 ⁸⁾	
21 32-01	– 16 (16) – 35 (35) – 50 (50) – 70	350 340 330 320	360 350 340 330	470–630	20	0	(27) ^{8) 9)}	
21 34-01	– 16 (16) – 35 (35) – 50 (50) – 70	350 340 330 320	360 350 340 330	470–630	20	–20	27 ⁸⁾	
21 35-01	– 16 (16) – 35 (35) – 50 (50) – 70	350 340 330 320	360 350 340 330	470–630	20	–40	27 ⁸⁾	
21 42-01	– 16 (16) – 35 (35) – 50 (50) – 70	390 380 370 360	390 380 370 360	490–650	20	0	(27) ^{8) 9)}	
21 44-01	– 16 (16) – 35 (35) – 50 (50) – 70	390 380 370 360	390 380 370 360	490–650	20	–20	27 ⁸⁾	
21 45-01	– 16 (16) – 35 (35) – 50 (50) – 70	390 380 370 360	390 380 370 360	490–650	20	–40	27 ⁸⁾	
21 72-00	< 16 (16) – 40 (40) – 60	310 300 290	320 310 300	470–590 ¹⁰⁾	21 ³⁾	—	—	
-01	– 250 (250) – 500	290 280	300 290	470–620 470–610	21 20	—	—	

Tabellen visar materialdata från några vanliga stålsorter. Beteckningarna i vänstra kolumnen är enligt svensk standard. Numera finns motsvarande material med EU-standard.

Stålet med beteckningen: SS stål 1311-00 är det enklaste stålet som normalt används.

I tabellen kan läsas att

Sträckgränsen $R_e = 220 \text{ N/mm}^2$ och
Brottgränsen $R_m = 360 \text{ N/mm}^2$

[hem](#)

Säkerhetsfaktor

I vanligt konstruktionsarbete så utgår konstruktören från sträckgränsen, men lägger in en s.k. säkerhetsfaktor. Normalt är faktorn 2 ett lämpligt värde. Detta innebär att om sträckgränsen, $R_e = 220 \text{ N/mm}^2$ så använder man halva värdet, dvs $220 / 2 = 110 \text{ N/mm}^2$ som hållfasthetsgrundande värde vid beräkningen.

Man kan säga att konstruktören lägger in en form av feighet i beräkningen för att vara säker på att konstruktionen håller.

Vi skall nu göra lite matematik av ovanstående text.

Följande beteckningar skall användas:

Sträckgräns: $R_e \text{ (N/mm}^2\text{)}$

$$\sigma_{\text{till}} = R_e / n_s$$

Säkerhetsfaktor: n_s (ingen enhet, avser relativt sträckgränsen)

Tillåten spänning: σ_{till} (N/mm²)

Slutformel med ovanstående beteckningar:

$$\sigma_{till} = R_e / n_s$$

Nu är det så att säkerhetsfaktorer kan variera och användas på olika sätt.

Exempelvis så finns det speciella s.k. normer som bestämmer vilken säkerhetsfaktor som skall användas.

Kran- och hissnormerna säger att man måste använda en säkerhetsfaktor på 8 vid konstruktioner av kranar och hissar. När det gäller träkonstruktioner så anges σ_{till} direkt i normen, och man pratar inte om säkerhetsfaktorer.

Intressant är att nämna flygplan. Vid konstruktion av ett flygplan så är säkerhetsfaktorn strax över 1, vilket verkar farligt. I verkligheten är det så att man istället genomför noggranna kontroller av allt material som ingår i konstruktionen. (röntgen, ultraljud etc). Anledningen är att ett flygplan måste vara lätt, annars kan det inte flyga. En för stor säkerhetsfaktor, ger en tung konstruktion.

Räkneexempel:

[5a](#)

En massiv stång kommer att utsättas för dragkraften $F=50\,000$ N. Materialet är SS stål 2132-01 med sträckgränsen 320 N/mm². (se tabellen ovan!) Säkerhetsfaktorn skall vara $2,0$ ggr. Beräkna lämplig diameter för denna stång!

[6a](#)

Ett stål rör med utseende och mått enligt figuren är tillverkat av ett stål med sträckgränsen 220 N/mm². Tanken är att röret kommer att belastas med dragkraften $F=50\,000$ N. Naturligtvis är lasten placerad så att rörets vägg belastas. Med tanke på funktionen så måste röret ha innerdiametern $d=20$ mm. Beräkna rörets ytterdiameter, D , så att säkerhetsfaktorn blir $2,0$ ggr.



[7a](#)

En rund massiv stång har sträckgränsen 220 N/mm². Stängens diameter är 35 mm. Stängen kommer att utsättas för en dragkraft och man vill ha en säkerhet relativt sträckgränsen $n_s=2,0$ ggr. Beräkna den största dragkraft som stängen då kan utsättas för.

[8a](#)

En koppartråd har diametern 10 mm och sträckgränsen 120 N/mm². Tråden kommer att utsättas för en dragkraft och man vill ha en säkerhet relativt sträckgränsen $n_s=2,0$ ggr. Beräkna den maximalt möjliga kraften med hänsyn till den önskade säkerheten.

[9a](#)

En massiv stång med diametern 20 mm utsätts för dragkraften $50\,000$ N. Man vill ha en säkerhetsfaktor på minst $2,0$ ggr. Här gäller att köpa rätt material som uppfyller våra krav. Föreslå ett lämpligt material.

Naturligtvis skall vi inte köpa ett för bra material, utan ett som är så nära som möjligt. Nedanstående material är hämtade från en materialtabell. Välj ett material som är lämpligt se även tabellen ovan.

SS 1311, $R_e=220$ N/mm²

SS 2132, $R_e=260$

SS 1650, $R_e=320$

SS 2142, $R_e=360$

[10a](#)

Ett föremål som väger 100 kg skall hängas i en aluminiumtråd med

diametern 5 mm. Belastningen blir alltså en dragkraft på 1000 N .
Säkerhetsfaktorn n_s önskas bli minst 2,0 ggr. Vilken sträckgräns bör materialet ha?

11a

En massiv stålstång har ett kvadratisk tvärsnitt med 20 mm sida och belastas med en dragkraft på 50 000 N. Sträckgränsen för materialet är 400 MPa. Beräkna säkerhetsfaktorn n_s i stängen.

Vad betyder [MPa](#) ?

12b

Sträckgränsen för en stålsort är 280 N/mm². Man ska hänga 2,2 ton i en rund stång. Vilken diameter ska man välja om säkerhetsfaktorn ska vara 7?

13b

Man ska lyfta en skott- kärra med sten. Den ska fästas i en wire. Kärran och stenen väger tillsammans 90 kg. Wiren består av ett antal 0,5 mm trådar. Hur många trådar måste man ha om $\sigma_{till} = 10$ N/mm²?

14b

Vilken tjocklek ska ett plattjärn med bredden 55 mm ha om den vid dragning ska utsättas för 55 kN?
 $R_m = 450$ N/mm² och säkerhetsfaktorn relativt brottgränsen, $n_B = 7,5$.

15b

Man vill byta plattjärnet i exempel 14 till en stång med kvadratisk sektion. Vilken sida får stängen?

16b

Ett rör ska vara en del i en pallbock för en bil. Man räknar med att ingen bilaxel ska väga mer än 1,5 ton. Vilken ytterdiameter ska man välja om innerdiametern ska vara 85 mm och säkerhetsfaktorn 8 i förhållande till sträckgränsen. $R_e = 220$ N/mm²

10c

Med hur stor dragkraft får en stålstång med cirkulärt tvärsnitt belastas, om säkerhetsfaktorn mot brott skall vara 5 , och stångens diameter är 20 mm ? Brottgränsen är 400 MPa .
(25 kN)

11c

Beräkna säkerhetsfaktorn mot brott, då en stålstång med diametern 30 mm påverkas av dragkraften 63 000 N och materialets dragbrottgräns är 360 MPa ?
(4,0)

12c

En stålstång med kvadratisk sektion är påverkad av tryckkraften 160 kN. Beräkna stångens sida, om stålets brottgräns är 420 MPa och säkerhetsfaktorn mot brott är 4 !
(39 mm)

13c

En 72-trådslina med trådarnas diameter 1,2 mm brister för en dragbelastning av 63 kN. Hur stor är brottgränsen för materialet ?
(774 MPa)

21c

En provstav av stål har diametern 10 mm och mätlängden 100 mm. Vid dragprovning uppmättes förlängningen 0,085 mm för en belastning av 13 500 N. Beräkna med ledning härav elasticitetsmodulen.
(200 000 MPa)

22c

Ett stag av stål med diametern 25 mm och längden 10 m , sträcks av en kraft på 50 kN.
BERÄKNA:
a) den uppkomna spänningen och
b) stagets förlängning om $E = 200 000$ MPa!
(102 MPa resp. 5,1 mm)

23c

Ett 2,5 m långt gjutjärnrör med yttre diametern 200 mm och

godstjockleken 15 mm, använd som pelare och uppbar en tryckbelastning av 60 ton.

Hur stor blir

a) tryckspänningen

b) förkortningen, om $E=100\,000\text{ MPa}$?

(67,5 MPa resp. 1,69 mm)

24c Om såväl yttre som inre diametern hos en kort, rörformig gjutjärns-pelare ökas med 20 % hur mycket kan då belastningen ökas ?
(44 %)

25c Ett stålror ska bära upp 10 kN i en byggnadskonstruktion. Rørets innerdiameter ska vara 20 mm (p.g.a. montering av elektriska ledningar). Dimensionera røret för en tillåten spänning på 60 MPa !
(yttre diametern = 25 mm)

26c En bärande pelare är gjord av ett gjutjärnsrør med 200 mm inre och 230 mm yttre diameter. Pelaren belastas med en tryckkraft på 500 kN. Hur mycket förkortas pelaren, om längden är 5 meter? $E=10\,000\text{ MPa}$
(24,3 mm)

Avslutning:

Ovanstående beräkningar gäller konstruktioner som belastas statiskt, dvs vi har en last som finns där hela tiden, som inte rör sig, eller ändrar sitt värde.

Tänk, hur gör du för att ta sönder en ståltråd om du inte har en tång? Förmodligen så böjer du tråden fram och tillbaka ett antal gånger tills den går sönder.

Rörliga belastningar kallas dynamiska och kan leda till s.k.

utmattning. Utmattning och då haveri sker betydligt lättare än om konstruktionen endast belastas statiskt.

Vi skall inte glömma bort att omgivningen påverkar en konstruktion. Kemikalier av olika slag kan bryta ned en konstruktion, exempelvis salt gör att en konstruktion rostar. Olika temperaturer kan påverka konstruktionen negativt, och även solljus kan påverka vissa material negativt, t.ex. plast.

En konstruktion är inte enbart hållfasthetslära. Vi måste också ta hänsyn till utseende och funktion. En smal tråd kanske håller rent hållfasthetsmässigt, men har ett utseende som inte kan accepteras. Det finns alltså ett antal olika aspekter som måste beaktas när man konstruerar olika produkter.

I texten har vi pratat nästan enbart om dragbelastningar. Faktum är att en konstruktion också kan belastas med en tryckkraft. De formler som vi har använt gäller faktiskt även för tryckbelastningar. Dock finns det situationer då formlerna inte gäller, t.ex. om vi har en lång stång som belastas med en tryckkraft. Denna stång kan då knäckas, vilket innebär att den faller ut i en båge istället för att tryckas ihop.

Knäckning är en annan del av hållfasthetsläran och kommer att behandlas som ett eget kapitel.
