Styrke-
beregninger

Heinrich Ohrt.

# Styrkeberegninger

af

## Materialier for Bygninger og Maskiner,

og af

## Gjenstande for Bygnings- og Maskinfaget.

Med Formler for

**fransk, dansk, norsk og svensk Maal og Vægt**

samt

oplyst ved Exempler og Figurer.

Udgivet med Understøttelse af det Reiersenske Fond

af

**J. Fr. Schultze.**

Kjøbenhavn.

Forfatterens Forlag.

Sally B. Salomons Tryk.

1875.

Til Udarbejdelsen af denne Afhandling er benyttet Værker af: Behse, Grashof, Morin, Navier, Rebhan, Redtenbacher, Reuleaux og Weisbach, samt Meddelelser i „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure“.

---

Af Maal og Vægt er anvendt:

**for fransk Maal og Vægt:**

Metermaalet og Kilogrammet;

**for dansk og norsk Maal og Vægt:**

Fodmaalet, delt i 12 Tommer, og

det almindelige Handelspund lig $1/2$ Kilogr.

**for svensk Maal og Vægt:**

Fodmaalet delt i 12 værktum, og

Skaalpundet lig 0,425 Kilogr.

Dansk og norsk Maal og Vægt ere regnede lige store, paa Grund af den ringe Forskjel, der finder Sted imellem dem.

---

Formlerne og Værdierne for de forskjellige Slags Maal og Vægt ere mærkede foran med:

1) . . . . for fransk Maal og Vægt.

2) . . . . for dansk og norsk Maal og Vægt.

3) . . . . for svensk Maal og Vægt.

Formler uden disse Tal foran, gjælde for al Slags Maal og Vægt.

---

For at lette Anskaffelsen udgives Bogen i 2 Hefter, hvert til en Pris af $2^1/_2$Kr. Med andet Hefte følger en Indholdsfortegnelse.

Kjøbenhavn 1 December 1874.

**J. Fr. Schultze,**

Stabssergent i Artilleriet, Maskin-Ingenieur,

Dannebrogsmand.

## Forhold imellem Længdemaal.

| | dansk Fod. | norsk Fod. | svensk Fod | engelsk Fod. | fransk Meter. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 dansk Fod = . . | 1 | 1,0004 | 1,0571 | 1,0297 | 0,3139 |
| 1 norsk Fod = . . | 0,9996 | 1 | 1,0567 | 1,0294 | 0,3137 |
| 1 svensk Fod = . . | 0,9460 | 0,9463 | 1 | 0,9741 | 0,2969 |
| 1 engelsk Fod = . . | 0,9711 | 0,9715 | 1,0266 | 1 | 0,3048 |
| 1 Meter = . . | 3,1862 | 3,1873 | 3,3681 | 3,2809 | 1 |

## Forhold imellem Kvadratmaal.

| | danske □ Tom. | norske □ Tom. | svenske □ Tom. | engelske □ Tom. | franske □ Millim. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 dansk □ Tom. = | 1 | 1,0007 | 1,1175 | 1,0603 | 684 |
| 1 norsk □ Tom. = | 0,9993 | 1 | 1,1167 | 1,0596 | 683 |
| 1 svensk □ Tom. = | 0,8949 | 0,8955 | 1 | 0,9489 | 613 |
| 1 engelsk □ Tom. = | 0,9431 | 0,9438 | 1,0539 | 1 | 645 |
| 1 □ Millim. = | 0,001462 | 0,001464 | 0,001631 | 0,00155 | 1 |

## Vægtforhold.

| | danske ℔ | norske ℔ | svenske ℔ | engelske ℔ | franske Kilogr. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 ℔ dansk = . . . | 1 | 1,0038 | 1,1764 | 1,1034 | 0,5 |
| 1 ℔ norsk = . . . | 0,9962 | 1 | 1,1720 | 1,0982 | 0,4981 |
| 1 ℔ svensk = . . . | 0,8500 | 0,8532 | 1 | 0,9370 | 0,4250 |
| 1 ℔ engelsk = . . . | 0,9072 | 0,9106 | 1,0672 | 1 | 0,4536 |
| 1 Kilogr. = . . . | 2 | 2,0076 | 2,3529 | 2,2046 | 1 |

# I. Forklaringer.

1. **F**ør en Bygningsgjenstand eller en Maskingjenstand kan konstrueres, maa de vigtigste Maal bestemmes ved en Styrkeberegning.

2. For at kunne gjøre en Styrkeberegning, maa den Kraft eller den Byrde, der paavirker Gjenstanden, være bekjendt, hvortil udfordres enten en Erfaring eller en Udregning, der, som oftest, henhører under Statik, Mekanik eller Maskinlære, og som er afhængig af de Forhold, hvorunder Gjenstanden virker eller paavirkes.

3. De Hovedforhold, hvorunder Kræfter eller Byrder paavirke Materialiernes Styrke eller Modstands-Evne kunne henføres til:
   - **Strækning** eller Træk efter Længden,
   - **Sammentrykning,**
   - **Forskydning,**
   - **Bøjning,**
   - **Vridning,**
   - **Samtidig Strækning og Bøjning,**
   - **Samtidig Vridning og Bøining.**

4. Indenfor en vis Grænse af Belastning eller Kraft-Paavirkning voxer Legemernes Strækning eller Forlængelse næsten forholdsviis med Belastningen eller Kraften, og indenfor denne Belastning eller Kraft antage Materialierne, ved dennes Ophør, paa en meget ringe Del nær, igjen deres oprindelige Længde, hvisaarsag denne Forlængelse kaldes **den spændige** eller **elastiske Forlængelse,** i Modsætning til **den vedvarende Forlængelse**, som finder Sted naar Belastningen eller Kraften er saa stor, at Materialierne ved Paavirkningens Ophør ikke igjen indtage den oprindelige Længde. Den største spændige Forlængelse kaldes Legemets **Spændighedsgrænse** (Elasticitetsgrænse) eller **Bære Evne.**

5. Legemernes Modstand mod Strækning voxer med Overfladernes Størrelse, dog ikke nøiagtig i samme Forhold; se t. Ex. Smedejernet i Tabel Nr. 29. Side 14

6. Til Angivelse af **Bære-Evnen** benyttes en Gjennemsnitsflade, lodret paa

Kraftretningen, af 1 ☐ Millimeter for fransk Maal, og 1 ☐ Tomme for dansk, norsk og svenk Maal, og den Belastning i Kilogrammer for fransk Vægt, eller i Pund for dansk, norsk og svenk Vægt, som forlænger et Legeme med dette Tversnit til Spændighedsgrænsen, kaldes **Koefficienten for Bære Evnen** eller for **Spændighedsgrænsen** (Elasticitetsgrænsen).

7. For at kunne udregne en hvilken somhelst Forlængelse i Forhold til en given Kraft eller Belastning, har man vedtaget at tænke sig Legemet forlænget til det Dobbelte af dets oprindelige Længde, og den Vægt, som dertil vilde udfordres, bestemmer man ved at dividere Koefficienten for Spændighedsgrænsen med Værdien for Strækningens Størrelse ved samme Grænse i Forhold til Legemets Længde, Koefficienten kalder man **Spændigheds-** (Elasticitets)- **Koefficienten**, der saaledes ikke betegner nogen Værdi for et virkeligt existerende Forhold, men kun er en vedtagen Regneværdi Til Fxempel: for Egetræ er Spændighedsgrænsens Koefficient lig 2740, og Strækningen ved denne Grænse udgjør $^1/_{600}$ af Længdeu, hvorefter Spændigheds-Koefficienten altsaa bliver:

$$\frac{2740}{\left(\frac{1}{600}\right)} = 1{,}644{,}000 \text{ for dansk og norsk Maal og Vægt.}$$

8. Et Legemes **største Styrke** (absolute Styrke) bestemmes ved den mindste Kraft, der frembringer dets Sønderrivning, og Talværdien for den mindste Byrde i Kilogrammer eller Pund, der sønderriver et Legeme af 1 ☐ Millimeters eller 1 ☐ Tommes Tversnitsflade kaldes **Sønderrivnings-Koefficienten.** Den Kraft eller Byrde, hvortil man indskrænker Belastningen for at undgaa Brud, kaldes **Sikkerheds-Koefficienten.**

Hule Legemers Sønderrivning kalder man sædvanlig for **Sprængning.** naar Trykket virker indad.

9. Iagttagelser have godtgjort, at de Kræfter eller Byrder, som cylindriske og prismatiske Legemer udsættes for, bør, for at sikre imod Brud, ved Strækning eller Bøjning ikke overskride:

**for Træ** og **Stene:** en Tiendedel, og **for Metaller:** en Sjettedel af Brudbelastningen, eller:

**for Metaller:** Halvdelen af (Bære-Evnens) Belastning. en ved Elasticitetsgrænsen

Man siger i disse Tilfælde, at man giver Legemet en **tifold** eller **sexfold Sikkerhed mod Brud,** eller en **tofold Sikkerhed indenfor Spændighedsgrænsen.**

Ved Metalgjenstande, der udsættes for Stød og Rystelser regner man dobbelt saa stor en Sikkerhed, som anført, eller $^1/_{12}$ af Brudbelastningen, ($^1/_4$ af Bære Evnens Belastning).

I Almindelighed maa der ved Styrkebestemmelserne tages Hensyn til, hvorvidt Materialet er mere eller mindre udsat for at lide af Vejrligets Indflydelse, af Slid o. d. l., og om det skal benyttes i kort eller lang Tid; saaledes vil det t. Ex. være tilstrækkeligt at give Træværk i Bygningsfaget, der kun skal benyttes i et Par Aars Tid, en 5 Fold Sikkerhed imod Brud, naar det ikke er udsat for Rystelser; ved Hjul derimod, hvis Tænder ere stærkt udsatte for Slid, giver man disse en flerfold Sikkerhed.

10. Det fremgaar af det Anførte at den Strækning eller Sammentrykning, som Kræfter eller Byrder foraarsage, altid maa holdes indenfor Spændigheds-grænsen, og at den **Spænding**, man giver et Legeme, er bestemt ved det Antal Kilogrammer, der virker paa en Kvadrat Millimeter, eller det Antal Pund, der virker paa en Kvadrattomme; naar man saaledes t. Ex. har givet en Læderdrivrem en Spænding af $^1/_5$ Kilogram eller 270 Pund, saa betyder dette, at Remmens Tversnit er udsat for et Træk af $^1/_5$ Kilogram pr. □ Millimeter, eller 270 Pund pr. □ Tomme, og Værdien af Spændingen bliver altsaa lig Værdien for Sikkerhedskoefficienten i de Tilfælde, hvor man beregner Legemernes Maal for Holdbarhed.

Sættes derfor:

S = Spændingen.

s = Sikkerhedsgraden.

**s** = 2. 3. 4. o. s. v. betyder altsaa en, to, tre eller fire Fold Sikkerhed,

T = Bære Evnens Koefficient. = Bæreevnen ved Elasticitetsgrænsen

K = Sønderrivnings Koefficienten, Sønderrivnings eller Knusningsvægt.

saa bliver:

$$S = \frac{T}{s_1} \text{ eller } S = \frac{K}{s_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Saaledes bliver ifølge Nr. 9, for Metaller:

$$S = \frac{T}{2} \text{ eller } S = \frac{K}{6}, \text{ og}$$

for Træ og Sten: $S = \frac{K}{s_3} = \frac{K}{10}$

$$S = \frac{K}{10}.$$

11. Alle Værdi-Angivelser, der benyttes for Legemenernes Spændighedsgrænser og største Styrke, ere Gjennemsnitsværdier af talrige Forsøg, der ere gjorte til forskjellige Tider og paa forskjellige Steder, og passe derfor ikke til Materialier fra et bestemt Sted; ved meget vigtige Anvendelser af Materiale, bør man derfor først undersøge Styrken af det, der skal benyttes, helst Styrken ved Elasticitetsgrænsen, Saadanne Undersøgelser har man navnlig gjort med Jern til store Brobygninger, forinden man har bestemt Styrke-forholdene. Forsøgene gjøres med mindre Stykker, der tages af de større Stykker ved at afhugges eller afhøvles, t. Ex. af Jernplader, af Vinkeljern, **T** Jern eller **I** Jern tages en Strimmel af en passende Størrelse.

12. Ved Træ, som er blevet stærkt tørret i Tørrestuer, falder den til Spændighedsgrænsen svarende Belastning næsten sammen med Brudbelastningen.

13. **Ved Sammentrykning** fremstaar der to Virkninger, der rette sig efter Materialets Beskaffenhed og efter Forholdet imellem Legemets Højde og Tykkelse.

Kornet Materiale, som Støbejern og Stene, knuses ved Spaltning, hvorimod trevlede Materialier, som Træ, splittes i Fibrene, naar den trykkende Kraft eller Byrde er tilstrækkelig stor, og Legemets Højde kun er ringe i Forhold til Tykkelsen; men naar Højden (eller Længden) er et vist Antal Gange større end Tykkelsen, saa opstaar der først en Sammentrykning, undertiden tillige en Udbugning, og naar Trykket gaar ud over en vis Grænse, bøjes Legemet og knækkes.

Ved den Modstand, et Legeme gjør imod Sammentrykning **(den tilbagevirkende Modstand)** maa man derfor skjelne imellem:

Modstand mod Knusning og

Modstand mod Knæk.

14. Modstanden mod Knæk er ikke alene forskjellig ved de forskjellige Materialier, men ogsaa efter de forskjellige Maader, hvorpaa Kraften virker, se t. Ex. Fig. 79 til 81, og efter Tversnittets Form.

Disse Omstændigheder kunne foranledige, at der maa tages Hensyn til Modstanden mod Knæk, naar Forholdet imellem Tykkelsen og Længden ikkun er, ved Søjler eller Stænger af:

Støbejern: som 1 : 5.
Smedejern: som 1 : 12.
Træ . .: som 1 : 6,

hvorom nærmere afhandles under Afsnittet: Modstand mod Knæk.

15. Modstanden mod Sammentrykning voxer, paa lidt nær, med Størrelsen af den betyngede Gjennemsnitsflade, og naar man kjender den Kraft eller det Tryk, der er istand til at sønderknuse et Materiale af 1 ☐ Millimeters eller 1 ☐ Tommes Gjennemsnit, saa er det let derefter at beregne den Kraft eller det Tryk, der er istand til at sønderknuse et Legeme med en Gjennemsnitsflade af hvikensomhelst anden Størrelse.

16. **Koefficienten for Bære-Evnen** eller **Spændighedsgrænsen** ved Sammentrykning er det Antal Kilogrammer pr ☐ Millimeter, eller det Antal Pd. pr. ☐ Tomme, der sammentrykker et Legeme indtil denne Grænse, og som altsaa angiver den største spændige Sammentrykning. **Elasticitets-** eller **Spændigheds- Koefficienten for Sammentrykning** er Værdien for Bære Evnen, divideret med Værdien for Sammentrykningens Størrelse ved Spændighedsgrænsen. **Koefficienten** for **Sønderknusning** er den mindste Vægt i Kilogrammer eller Pund, som er istand til at sønderknuse et Legeme af 1 ☐ Millimeters eller 1 ☐ Tommes Gjennemsnitsflade for Trykkets Paavirkning. **Sikkerheds-**

**koefficienten** er den Kraft eller Byrde, hvortil man indskrænker Trykket for at undgaa Sønderknusning.

17. Ifølge praktiske Erfaringer bestemmer man Sikkerhedskoefficienten til:

$\frac{1}{15}$ á $\frac{1}{20}$ af Sønderknusningskoefficienten **for Murværk,**

$\frac{1}{10}$ af do. do. **for Stene og Træ,**

$\frac{1}{6}$ af do. do. **for Metaller.**

af Knusnings vægten.

18. **Naar Legemer bøjes** nedad, Fig. 1, saa strækkes den øverste Del, hvorimod den underste Del sammentrykkes; lignende Forhold finde Sted ved Bøjning opad eller til Siderne. Imellem de to Lag, der strækkes og sammentrykkes, ligger et Lag, der ikke undergaar nogen Forandring af Betydning, og dette kaldes **det neutrale Lag,** som man har vedtaget at antage at gaa igjennem Tversnittets Tyngdepunkt, undtagen ved saadanne Legemer, navnlig Støbejern og Træ, der fordre en forskjellig Kraft for at forlænges og sammentrykkes ligemeget.

19. Legemernes Modstand mod Bøjning er afhængig af Materialet, hvoraf de bestaa, af Tversnittenes Form og Størrelse, af Understøttelsesmaaden, af Afstanden imellem Understøttelsespunkterne, og af de tyngende Kræfter.

20. Betragtes ved Fig. 1: **I K k i** som en meget lille Del af Legemet **C B,** der kun i Figuren er gjort noget stor, for bedre at kunne se den Forlængelse **d i,** der fremstaar ved Bøjningen, og tænkes Legemet fastgjort ved Enden **C** og bøjet ved en Kraft **P,** der virker lodret paa **C B,** naar denne Linie er vandret, saa er **C c** et Element, (meget lille Del) af Kurven **C c B** i det neutrale Lag; denne Kurve kaldes **den elastiske Linie;** trækkes en Linie **c d** paralel med **J O,** saa er **d i** det lille Stykke, som Legemets Fibrer af Længden **J d** paa Yderfladen have forlænget sig. Da Buerne **d i** og **C c,** paa Grund af den ringe Længde, man tænker sig, at de have, kunne ansees for rette Linier, og da $\triangle$ **C O c** og **d c i** ere ligedannede, saa er:

$$\frac{e}{l} = \frac{a}{r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

naar $e = d\,i$

$l = C\,c$

$a = i\,c = d\,c$

$r = C\,o = c\,O =$ Krumningsradien for Buen $C\,c$.

Tværsnitsarealet

Sætter man **o** = ~~Gjennemsnitsfladen~~ af en Fiber, som strækkes,
og E = Spændighedskoefficienten.

saa bliver, overensstemmende med Forklaringen under Nr. 7, hvorefter

$$E = \frac{T}{\left(\frac{e}{l}\right)} \text{ altsaa } T = E\,\frac{e}{l}$$

$E\frac{e}{l}\,o =$ den Kraft eller Spænding, bvormed Fibren i Afstanden **a** fra det neutrale Lag modsætter sig en Forlængelse ved Spændighedsgrænsen:

Da $\frac{e}{l} = \frac{a}{r}$ (Formel 2), saa er altsaa:

$$E\frac{e}{l}o = o\,a\,\frac{E}{r}.$$

Dette Forhold, som er udviklet for Forlængelsen **d i** og Afstanden **c i**, bevises paa samme Maade for alle andre Forlængelser imellem **c** og **i** og for Sammentrykningen.

Da Modstands Momentet er lig Kraften Gange den lodrette Afstand ~~fra~~ af den lille Flade **o** ~~ned~~ hen paa Kraftretningen (Retningen efter **C B**, paa Grund af Legemets Strækning) saa er **Fibrernes Modstandsmoment**:

$$o\,a\,\frac{E}{r} \times a = o\,a^2\,\frac{E}{r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

og Summen af alle Modstandsmomenterne i hele Tversnittet af den forlængede Del af Legemet plus Summen af alle Modstandsmomenterne i hele Tversnittets sammentrykkede Del, maa altsaa være ligestort med hele det ydre Kraftmoment **PL = M** (det statiske Moment), der paavirker Legemet til Bøjning, naar **L = C B**.

Betegner man Summen af de anførte Modstandsmomenter med:

$\Sigma\ o\ a^2$ for Forlængelserne, og
$\Sigma\ o_1\ a_1^2$ for Sammentrykningerne, begge $\times \frac{E}{r}$,
(Summategnet $\Sigma$ udtales: „Sigma") saa er altsaa:

$$M = \frac{E}{r}\left(\Sigma\ o\ a^2 + \Sigma\ o_1\ a_1^2\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Værdien $(\Sigma\ o\ a^2 + \Sigma\ o_1\ a^2_1)$ kaldes **Inertimomentet.**

Betegnes Inertimomentet med **J**, saa bliver:

$$M = \frac{E}{r}J \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Inertimomentet bliver altsaa Summen af alle de smalle vandrette Striber. hvori Tversnitsfladen tænkes delt, og hver Stribe især multipliceret med Kvadratet af sin Afstand fra det neutrale Lag. Paa denne Maade kan et hvert Inertimoment tilnærmelsesvis udregnes.

Ifølge Formel 2 har man:

$$r = \frac{a}{\left(\frac{e}{l}\right)}$$ indsættes denne Værdi i Formel 5,

M = det Statiske Moment

saa er:

$$M = \frac{\frac{EJ}{a}}{\left(\frac{e}{l}\right)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

og naar **T** = Spændighedsgrænsens Koefficient, saa er, for en Forlængelse $\frac{e}{l}$ ved Spændighedsgrænsen:

a er Fibrenes største Afstand fra den neutr. Flade.

$$E = \frac{T}{\left(\frac{e}{l}\right)} \text{ ifølge Nr. 7, og efter Formel 6:}$$

$$M = \frac{T}{\left(\frac{e}{l}\right)} \times \frac{\frac{J}{a}}{\left(\frac{e}{l}\right)} = T\frac{J}{a} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

i hvilken Formel **a** er Afstanden for den fra det neutrale Lags længst fjernede Fiber i den forlængede eller sammentrykkede Del af Legemet, fordi dette Punkt er mest udsat for Brud.

Værdien $\frac{J}{a}$ kaldes **Tversnitsmo~~dellen~~** dulus, og naar denne sættes = **W**, saa faaer man den simpleste Betegnelse for Legemets Modstand mod Bøjning ved Spændighedsgrænsen ved Formlen:

P.L = $M = T\,W \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$

og naar man istedetfor **T** indsætter:

$K$ = Koefficienten for Legemets største Styrke, eller $k$ = Sikkerhedskoefficienten,

saa faaer man:

P.L = $M = K\,W \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (9)$

for Legemets Styrke ved Brudgrænsen;

P.L = $M = k\,W \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10$

for Legemets Styrke med Sikkerhed mod Brud.

P.L = $M = S\,W \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (11)$

for Legemets Styrke med en Spænding = **S**.

21. Momentet **M** = **P L** passer kun paa det enkelte Tilfælde for Figur 1; under andre Forhold bliver $M = \frac{PL}{2}$ eller $= \frac{PL}{4}$ o. s. v., som nærmere vil blive omhandlet under Afsnittet **Bøjning**. Side 149 ff.

22. Inertimomentets nøjagtige Værdi bestemmes ved Integralregning, som ikke kan vises her: (Integralformlen er: $J = \int a^2\, dF$; se Forklaringen umiddelbart efter Formel 5). Plan **I** til **VI** indeholder Værdier for de vigtigste i Praxix forekommende Inertimomenter og Tversnitsmodeller. Ved enten at

dele eller sammensætte de anførte Tversnitsformer saaledes, at Axen gjennem Tyngdepunktet ikke forrykkes, kan der dannes flere Andre, for hvilke da de hosstaaende Formler ere gjældende, naar man enten tager det Dobbelte eller Halvparten af Værdien, eftersom man har taget Figuren dobbelt eller halv.

Af Fig. Nr. IV Plan I kan der saaledes dannes et retvinklet Rør, som Fig. 11 paa Plan VII; af Fig. Nr. VII Plan II kan der dannes et **E** dannet Rør, som Fig. 18 paa Plan VII. o. s. fr.

Dersom man ved saadanne Sammensætninger eller Delinger vil tilføje eller borttage smaa Dele, saa kan dette ske ved at man enten adderer eller subtraherer disse Smaadeles Flade-Indhold, multiplicerede med Kvadratet af Afstanden fra disse Fladers ~~Midtpunkter~~ Tyngdepunkter til Axen igjennem Hovedfigurens Tyngdepunkt, til eller fra Hovedværdierne for Figurerne paa Plan I til VI.

Nogle af disse Tversnits Forandring til andre Former anføres exempelviis her, se Plan VII. Af Figur 2 kan man danne Figur 3 ved at dele Ribben $a$ og $a_1$, og føre dem ud til Siderne til Stillingerne $a_2$ og $a_3$ ; ved Beregningen af Inertimomentet eller Tversnitsmodellen for en Figur, som Fig. 3 tænker man sig omvendt Ribberne $a_2$ $a_2$ og $a_3$ $a_3$ forenede til $a$ og $a_1$, i Fig. 2, og Udregningen skeer da efter Bestemmelserne for denne Figur.

Af Figur 4 kan man danne Fig. 5, 6, 7 og flere Andre, ved at tænke sig Ribben $a$ enten forskudt ud til den ene Side, eller delt efter Bredden i to eller flere Dele af en hvilken som belst Tykkelse.

Har man derimod Tversnit, som Figur 5, 6 eller 7, kunne disse paa modsat Maade dannes til Flgur 4, og Udregningen gjøres efter Formlen for denne.

Af Fig. 8 kan dannes Figur 9 til 17 og flere andre ved Forskydning eller Deling af Ribberne, samt ved at forkorte eller forlænge Delene efter Bredderetningerne,

Det ovenfor omtalte **E** dannede Rør fremstaaer paa samme Maade, som de ovenanførte Former, og faaer Form, som Fig. 18, og omvendt kan Fig 18 gives Form, som Nr. VII, Plan II, ved at tænke sig Ribberne skudt sammen til een Ribbe.

Et Exempel paa Tilføjning af mindre Dele er Fig. 19, hvoraf der fremstaaer en Figur som 20 ved at tilføje de 4 smaa Flader $n$ og de 4 smaa Flader $m$. Inertimomentet af Figur 20 bliver da lig med det af Fig. 19 plus Fladerne $n$ og $m$, multiplicerede med Kvadratet af deres Afstand fra Axen igjennem Tyngdepunktet, altsaa ved at tilføje: $(2\, m\, a^2 + 2\, n\, a^2_1)$. $+$ $(2\, m\, a^2_2 + 2\, n\, a^2_3)$.

Fig. 21, som er et Profil af en Jernbane-Skinne afgiver et yderligere Bevis eller Exempel paa en Tilnærmelsesberegning af Inertimomentet; efterat man nemlig først deraf har dannet Fig. 22, der beregnes efter Figur Nr. X i Plan III, kan man paa den ovenanførte Maade subtrahere Værdien for Hjørnerne $m$ $m_1$, $n$ $n_1$ og $o$ $o_1$, og addere Værdierne for Smaadelene $p$ og $p_1$, $q$ og $q_1$, hvorved man paa det Nærmeste har Inertimomentet af Fig. 21.

Inertimomenterne kunne ogsaa konstrueres i Form af en Flade, efter en Fremgangsmaade, der er anviist af Ingenieur Bojácek i Cøln; Flade-Indholdet angiver Størrelsen af Inertimomentet. (Se „Zeitschr. d. V. deutscher Ingenieure 1869.)

Fremgangsmaaden er ens for alle mulige Tversnitsformer, men for Nemheds Skyld maa man erindre, at naar Tversnittet er symetrisk efter een Axe, saa behøver man kun at konstruere Inertifladen for det halve Tversnit, og dernæst tage den dobbelte Værdi af det udregnede Flade-Indhold; er Tversnittet symetrisk efter to Axer, saa konstrueres kun en Inertiflade for $^1/_4$ af Tversnittet, og Fladen regnes senere 4 Gange større.

Konstruktionen foretages paa følgende Maade. t. Ex. for et Cirkeltversnit, hvoraf kun benyttes en Kvadrant Figur 23. Er $A\ B$ Axen igjennem Tversnittets Tyngdepunkt (hvilken, som anført under Nr. 24, kan findes ved at udskjære et nøjagtigt tegnet Tversnit i en passende Størrelse af tykt Papir, Carton, og lade det ballancere over Skarpen paa en Kniv), saa afsættes Reduktionslinien $x\ x_1$ i en Afstaad $n$ (ikke for lille, da Fladen ellers bliver meget langstrakt) parallel med $A\ B$. I Omkredsen $C\ B$ vælges et Antal vilkaarligt beliggende Punkter $a.\ a_1\ a_2$ . . . . (jo flere des bedre), som føres lodret ned paa $x\ x_1$. og igjennem disse Punkter, $b.\ b_1\ b_2$ . . . . trækkes rette Linier (Straaler) fra Punktet $A$., og disse Straaler forlænges til de skjære de Linier, der ere trukne igjennem de valgte Punkter $a.\ a_1\ a_2$ . . . parallelle med $x\ x_1$; fra Skjæringspunkterne nedfældes atter lodrette Linier paa $x\ x_1$, og igjennem disse trækkes atter Straaler fra $A$, der ligeledes forlænges indtil de skjære de nævnte Paralleller, og disse sidste Skjæringspunkter forenes dernæst alle til en krum Linie, som da i Forbindelse med Linien $C\ A$ omslutter den søgte Flade, der angiver Størrelsen af Inertimomentet, der altsaa for Kvadranten er Fladen $A\ C\ D\ A$. Paa lignende Maade er Rektlanglet $C\ E$ Fig. 24 behandlet for at finde Inertifladen $A\ C\ D\ A$ for den ene Halvpart af Rektanglet; for dette tages altsaa den fundne Flades Indhold 2 Gange, for Kradranten derimod 4 Gange.

Ved Udregning af Fladernes Indhold maa det erindres, naar Højden $n$ ikke er ligestor med Enheden for Udmaalingen, t. Ex. naar man udregner Fladen i Tommemaal eller efter Millimeter, og $n$ er større eller mindre end 1 Tomme eller 1 Millimeter, at Flade-Indholdet da skal multipliceres med $n^2$ for at faa den rigtige Talværdi, t. Ex. ved Rektanglet Fig. 24 er $n = {}^1/_2$ Tomme, hvisaarsag der maa multipliceres med $({}^1/_2)^2 = {}^1/_4$; ved Kvadranten Fig. 23 er $n$ valgt $= 1''$, altsaa skal der ikke multipliceres med $n^2$, som $= 1^2 = 1$; vilde man derimod have Fladen udtrykt i Millimeter, saa maatte der multipliceres med $26^2 = 676$ (nøjagtigere $= 684$), da $n$ er $1''$ dansk.

Treffer det sig, at der forekommer Hulheder i Tversnittene, t. Ex. naar Cirklen var ringdannet, saa konstrueres paa samme Maade Inertifladen for Hulhedsformen, og dennes Talværdi subtraheres fra den først udregnede Værdi for det hele, fulde Tversnit.

Af Inertimomentet findes Tversnitsmodellen ved at dividere med den lodrette Afstand af det længst fjernede Punkt i Omkredsen fra Axen igjennem Tyngdepunktet, altsaa for Fig. 23 med Radius, og for Figur 24 med den halve Højde eller **C A**.

Har man et Tversnit af meget forskjellig Beskaffenhed i Formen af de 4 Dele, som to paa hinanden ⊥ staaende Axer igjennem Tyngdepunktet frembringe, kan hver Kvartpart behandles for sig, og derefter adderes.

Rigtigheden af den anførte Fremgangsmaade for Konstruktionen af Inertimomentet fremgaaer af Følgende: man vil erindre, at det under Nr. 20 er anført, at Inertimomentet er en Sum af alle de enkelte Smaadeles Flade-Indhold i Tversnitsfladen, hver især multipliceret med Kvadratet af sin Afstand fra Axen igjennem Tyngdepunktet (eller en hvilken som helst anden Linie for Inertimomenter i Almindelighed), og det er netop en Flade, sammensat af disse Værdier, man faaer efter den anvendte Fremgangsmaade; har man t. Ex. et Tversnit **a b c a** Fig. 25, og man vil konstruere Inertifladen i Forhold til en Axe **A B**, der, som ovenfor anført, gjerne kan ligge her forneden, saa afsættes Reduktionslinien $x\,x_1$ i en hvilkensomhelst Afstand **n** fra **A B**; antages **n** som Enhed, altsaa $n = 1$, og er t. Ex. $\overline{pm}$ en meget smal Stribe af en meget ringe Bredde $= b$, og overføres Punktet **m** paa den anførte Maade til Beliggenheden $m_2$, ved først at føre **m** lodret ned paa $x\,x_1$ til $m_1$, dernæst trække $\overline{cm_1}$ helt op til **n** i Linien $\overline{pm_2}$, atter nedfælde **n** til $n_1$, og trække $\overline{cn_1}$ helt op til $m_2$, saa har man Trek. **c p n**, hvori $\overline{cs} = n = 1$, og $\overline{sm_1} = \overline{pm}$, samt, da $\overline{xx_1}$ parallel $\overline{pm_2}$, saa forholder sig:

$$\overline{pc} : \overline{pn} = \overline{cs} : \overline{sm_1}, \text{ altsaa:}$$
$$\overline{pc} : \overline{pn} = 1 : \overline{pm}, \text{ følgelig:}$$
$$\overline{pn} = \overline{pm} \times \overline{pc};$$

paa samme Maade har man for Trek. **c p** $m_2$, hvori $\overline{sn_1} = \overline{pn} = \overline{pm} \times \overline{pc}$ (se ovenfor)

$$\overline{pc} : \overline{pm_2} = cs : sn_1, \text{ altsaa:}$$
$$\overline{pc} : \overline{pm_2} = 1 : \overline{pn}, \text{ og}$$
$$\overline{pc} : \overline{pm_2} = 1 : (\overline{pm} \times \overline{pc}), \text{ følgelig:}$$
$$\overline{pm_2} = \overline{pm} \times \overline{pc} \times \overline{pc} = \overline{pm} \times (\overline{pc})^2$$

multipliceres med Bredden b, saa er:

$$b \times \overline{pm_2} = b \times \overline{pm} \times (\overline{pc})^2$$

altsaa er den meget smalle Stribe $\overline{pm_2}$, der udgjør en Part af den konstruerede Flade for Inertimomentets Størrelse, en af de smaa Flader, multipliceret med Kvadratet af sin Afstand fra Axen **A B**, der, som ovenfor anført, i Forening udgjør Inertimomentet, og Størrelsen af dette er altsaa mathematisk nøjagtigt bestemt ved den angivne Fremgangsmaade.

Den mindre øvede Regner gjøres opmærksom paa, at de konstruerede krumme Fladers Indhold udregnes ved dels at omslutte dem med, dels indeslutte dem i retlinede Figurer, som t. Ex. Fig. 26, der dannes af den krumme Linie **a m b c d e f**, og kan udmaales ved Summen af Fladerne **a b d f** + Trek. **b c d** + de flade Cirkelafsnit **a m b** og **bc** og **cd** ÷ (Trek. **d f e** + de flade Afsnit **de** og **f e**); og saadanne flade Cirkelafsnit, som **amb** og andre, udregnes ved at multiplicere Længden **a b** med $^2/_3$ af Højdeu **m n.**

23. Har man ved en udført Regning faaet en bestemt Værdi for Inertimomentet, og man derefter skal bestemme Størrelsen af Tversnittet, da skeer dette ved at udregne Maalene, naar Formen kan henføres til en af de i Plan I—VI anførte Figurer; lader dette sig derimod ikke gjøre, konstrueres Tversnittet paa følgende Maade:

Man bestemmer først et Forhold, hvori alle Længde- og Breddemaalene skulle staa til Tversnittets fulde Højde, og tegner et Tversnit efter vilkaarligt Maal; dernæst konstruerer man paa den anførte Maade den Flade, der angiver Størrelsen af Inertimomentet; er denne da lige stor med den forlangte Inertimoments-Størrelse, saa har Tversnittet det rette Maal; er den fundne Værdi derimod større eller mindre end den skal være, fordi det Tversnit, hvortil Inertifladen er bleven tegnet, selv er bleven tegnet efter en vilkaarlig Maale-Enhed, saa dividerer man den Værdi, som Inertimomentet skal have, med Værdien af det ved Konstruktion fuudne Inertimoment, og uddrager dernæst Fjerderoden af denne Kvotient (Kvadratroden uddrages to Gange), og med denne Rodstørrelse multipliceres dernæst alle Maalene i det tegnede Tversnit, der laa til Grund for Konstruktionen af Inertimomentsfladen, og et nyt Tversnit med disse forandrede Maal er da det Søgte.

T. Ex. Har en Beregning givet for et Cirkeltversnit et Inertimoment lig 1,600,000, saa tegner man en Kvadrant, t. Ex. med en Radius = 50 Mm., hvis Inertimoment altsaa skulde være 400,000; men finder man nu, at Konstruktionen af Inertifladen giver 1,218,336, saa bliver den rette Radius ikke

50 Mm., men $50\sqrt[4]{\frac{400,000}{1,218,336}} = 50\sqrt{\sqrt{0,_{33}}} = 50 \times 0,_{76} = 38$ Mm.

Havde Tversnittet været af en mere sammensat Form, skulde hvert enkelt Maal have været multipliceret med $0,_{76}$.

24. De Tversnit paa Plan I til VI, der ikke ere symetriske efter to Axer have Værdier for **a**, som ere betegnede med $a_{\text{I}}$ og $a_{\text{II}}$, hvorved derfremstaaer to Tversnitsmodeller, En for $\frac{J}{a_{\text{I}}}$ og En for $\frac{J}{a_{\text{II}}}$, eftersom den ene eller den anden Side vender opad ved Brugen; disse to Tversnitsmodeller ere betegnede med $W_{\text{I}}$ og $W_{\text{II}}$. Widerstands moment

I de Tilfælde, hvor Udtrykkene for Afstanden **a** ere alt for vidtløftige, staar anført „**bestemmes ved Forsøg**“, dette sker ved at udskjære af et godt Stykke Pappapir en nøjagtig Figur af Tversnittet, lade denne ballancere paa Skærpen af en Kniv, hvorved man faaer Axen for Bestemmelsen af $a_{I}$ og $a_{II}$.

25. Ved Tversnit, der ere symetriske efter to Axer, maa Værdien for Spændingen $S$ i Styrkeberegningerne være den mindste af de to Værdier for Strækning og for Sammentrykning, navnlig for Støbejern, hvis Strækningskoefficient ved Spændighedsgrænsen er for almindeligt, godt engelsk Støbejern:

1, = 6. Kgr pr □mm
2, = 8200. to dansk pr □" dansk (En [illegible] 4500 à 5000 pr □" er)
3, = 8600. to svensk pr □" svensk

hvorimod Koefficienten for Sammentrykning til Spændighedsgrænsen er dobbelt saa stor. Træsorterne fordre samme Iagttagelse.

26. Ved Tversnit, i hvilke Afstanden $a_{I}$ og $a_{II}$ ere forskjellige, maa man først undersøge, hvilken Side af Tversnittet, der udsættes for Strækning, og hvilken Side der udsættes for Sammentrykning; er da $a$ = den største Afstand for Strækningssiden, og $a^1$ = den største Afstand for Sammentrykningssiden, og $T$ = Bære-Evnens Koefficient for Strækning, $T^1$ = Bære-Evnens Koeff. for Sammentrykning, saa bliver:

$$M = \frac{T}{s} \times \frac{J}{a} \text{ naar } \frac{a}{a^1} \geqq \frac{T}{T^1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

$$M = \frac{T^1}{s} \times \frac{J}{a^1} \text{ naar } \frac{a}{a'} < \frac{T}{T^1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

**Exempel.** Ved Støbejern er $\frac{T}{T^1} = \frac{1}{2}$; benyttes i et givet Tilfælde det parabolske Tversnit i Nr. XXV i Plan VI, med den flade Side opad, og denne Side udsættes for Strækning, saa har man derved:

$a = {}^2/_5\, h$ og $a^1 = {}^3/_5\, h$, altsaa:

$$\frac{a}{a^1} = \frac{^2/_5}{^3/_5} = {}^2/_3 > {}^1/_2, \text{ som } \frac{T}{T^1} \text{ er lig med; Værdien for Spændingen}$$

bliver altsaa:

$$S = \frac{T}{s} \text{ for 1, } = \frac{6}{s}\text{. for 2, } = \frac{8220}{s}\text{. for 3, } = \frac{8622}{s}\text{, og}$$

$$M = \frac{T}{s} \times \frac{J}{a} = \frac{6}{s} \times \frac{4}{35} b\, h^2 \text{ for fransk Maal.}$$

27. Man opnaaer den bedste Benyttelse af Materialet, naar Spændingen ved den anvendte Belastning bliver lige stor i den strækkede og i den sammentrykkede Del af Legemet; for at opnaa dette maa:

$$\frac{a}{a^1} = \frac{T}{T^1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

Tversnit, ved hvilke dette er Tilfældet, kaldes: „**Tversnit med lige Styrke**", (med eens fordelt Styrke).

For Smedejern er derfor alle to-axede, symetriske Tversnit de bedste, fordi $\mathbf{T} = \mathbf{T}^1$; for Støbejern er, naar den bøjende Kraft har en uforanderlig Retning, de Tversnit bedst, hvori $\mathbf{a}^1 = 2\ \mathbf{a}$, fordi $\mathbf{T}^1 = 2\mathbf{T}$.

Saadanne Stænger maa ved Belastningen ligge saaledes, at den Del af Tversnittet, der forlænges eller strækkes, er nærmest ved Tyngdeaxen.

Naar den bøjende Krafts Retning ikke er uforanderlig, men afvexlende virker modsat, saa er ogsaa for Støbejern de to-axede, symetriske Tversnit de bedste.

28. I det Følgende betyder:

**L** = Legemets Længde i Millimeter eller Tommer. (er ogsaa betegnet ved lille l)
**e** = dets Forlængelse i do. eller do. ved Spændighedsgrænsen.
**F** = dets Tversnitsflade i □ Millimeter eller □ Tommer.
**P** = Belastningen i Kilogrammer eller Pund.
**E T K** og **k** = de tidligere nævnte Værdier.

E = Elasticitets Koefficienten (Vægt i ℔ pr. □")
T = Elasticitetsgrændsen (Bærevægt ved Elasticitetsgrændsen)
K = Den Vægt der knuser eller sønderriver (Knusnings Sønderrivnings Koefficient.)

k = største tilladelige Belastning.

I = Inertimomentet.

a = Afstand fra den neutral Flade af størst spændt Fibre

$\frac{I}{a}$ = W = Tversnits modellen! (Widerstandsmoment)

M = det statiske Moment = PL

P L hvor P er den ydre virkende Kraft, der virker paa en Arm = L

r = Krumningsradius for det bøiede Legeme.

## 29. Tabel

over Koeffienterne for Strækning og Bøjning.

1 = Kilogrammer pr. □ Millimeter.

2 = Pund pr. □ Tomme for dansk og norsk Maal og Vægt.

3 = Pund pr. □ Tomme for svensk Maal og Vægt.

| Materiale. | | $\frac{e}{L}$ | E lig $\frac{T}{\left(\frac{e}{L}\right)}$ | T | K | k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Eg og Ask paatvers: | 1. | . . . . | . . . . . . | . . . . . | 0,41 | 0,041 |
| (Bøg = 3/4 Gang mere | 2. | . . . . | . . . . . . | . . . . . | 560 | 56 |
| Fyr = 1/4 — mindre) | 3. | . . . . | . . . . . . | . . . . . | 590 | 59 |
| Træ efter Længden: | | | | | | |
| | 1. | . . . . | 1,200 | 2 | 6 | 0,6 |
| Svag Eg . . . . . . . . . . . | 2. | 1/600 | 1,644,000 | 2,740 | 8,220 | 820 |
| | 3. | . . . . | 1,725,000 | 2,875 | 8,630 | 860 |
| Stærk Eg = 1/3 Gang større Værdi for K. | | | | | | |
| | 1. | . . . . | 1,844 | 2,17 | 4,18*) | 0,42 |
| Gul eller hvid Gran (Fyr) . . . | 2. | 1/850 | 2,524,500 | 2,970 | 5,720 | 570 |
| | 3. | . . . . | 2,652,000 | 3,120 | 6,000 | 600 |
| | 1. | . . . . | 1,480 | 3,15 | 8*) | 0,8 |
| Rødgran eller Fyr . . . . . . . | 2. | 1/470 | 2,025,700 | 4,310 | 10,940 | 1,090 |
| | 3. | . . . . | 2,129,100 | 4,530 | 11,500 | 1,150 |
| *) svag Fyr fra Vogeserne: K = 2,48. | | | | | | |
| | 1. | . . . . | 1,124 | 1,27 | 12*) | 1,2 |
| Ask . . . . . . . . . . . . . . . | 2. | 1/185 | 1,537,245 | 1,737 | 16,416 | 1,640 |
| | 3. | . . . . | 1,616,895 | 1,827 | 17,268 | 1,720 |
| *) 6,78 for Ask fra Vogeserne. | | | | | | |
| | 1. | . . . . | 929 | 1,63 | 8 | 0,8 |
| Rødbøg . . . . . . . . . . . . | 2. | 1/570 | 1,271,100 | 2,230 | 10,944 | 1,090 |
| | 3. | . . . . | 1,337,320 | 2,346 | 11,512 | 1,150 |
| **Metaller.** | | | | | | |
| Støbejern: | | | | | | |
| | 1. | . . . . | 1,200 | 10 | . . . . . | 5 |
| finkornet . . . . . . . . . . . | 2. | 1/1200 | 16,416,000 | 13,680 | . . . . . | 6,800 |
| | 3. | . . . . | 17,268,000 | 14,390 | . . . . . | 7,200 |
| | 1. | . . . . | 8,400 | 6 | . . . . . | 3 |
| almindeligt engelsk, af god Kvalitet . . . . . . . . . | 2. | 1/1400 | 11,491,200 | 8,208 | . . . . . | 4,100 |
| | 3. | . . . . | 12,087,600 | 8,634 | . . . . . | 4,300 |

| Materiale. | | | $\frac{e}{L}$ | E | T | K | k |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| graat | støbt vertikalt | 1. | | | 6 | 13,5 | 2,25 |
| | | 2. | | | 8,208 | 18,400 | 3,000 |
| | | 3. | | | 8,634 | 19,400 | 3,200 |
| | støbt horizontalt | 1. | | | 5,6 | 12,5 | 2,08 |
| | | 2. | | | 7,660 | 17,100 | 2,800 |
| | | 3. | | | 8,058 | 18,000 | 3,000 |
| Hammerbart Støbejern | | 1. | | | | 20,45 | 3,4 |
| | | 2. | | | | 27,900 | 4,600 |
| | | 3. | | | | 29,400 | 4,900 |
| Smedejerns Stænger af en Tykkelse: | | | | | | | |
| indtil 3 Mm. | | 1. | 1/1250 | 18,437 | 14,75 | 60 | 10 |
| | | 2. | | 25,222,500 | 20,178 | 82,000 | 13,600 |
| | | 3. | | 26,531,250 | 21,225 | 86,300 | 14,400 |
| 12—15 Mm. | | 1. | 1/1520 | 18,552 | 12,205 | 40 | 6,66 |
| | | 2. | | 25,377,920 | 16,696 | 54,700 | 9,000 |
| | | 3. | | 26,695,760 | 17,563 | 57,500 | 5,800 |
| over 55 Mm. i Firkant | | 1. | | | | 25 | 4,16 |
| | | 2. | | | | 34,200 | 5,700 |
| | | 3. | | | | 35,900 | 6,000 |
| Baandjern, blødt | | 1. | | | | 45 | 7,5 |
| | | 2. | | | | 61,500 | 10,300 |
| | | 3. | | | | 64,700 | 10,800 |
| Jerntraad, uglødet, og fra 1—3 Mm tykt | | 1. | 1/1250 | 18,437 | 14,75 | 60*) | 10 |
| | | 2. | | 25,222,500 | 20,178 | 82,000 | 13,600 |
| | | 3. | | 26,531,260 | 21,225 | 86,300 | 14,400 |
| *) 90 for en Tyk. = 0,23 Mm. 80 - — = 0,5 - 1 Mm. | | | | | | | |
| Jernplader, af en Tykkelse: | | | | | | | |
| 1—2,6 Mm. | i Valsningens Retning. | 1. | | | | 40,8 | 6,8 |
| | | 2. | | | | 55,800 | 9,300 |
| | | 3. | | | | 58,700 | 9,800 |
| | lodret paa Val.s Retning. | 1. | 1/1250 | 18,437 | 14,75 | 36,4 | 6,07 |
| | | 2. | | 25,222,500 | 20,178 | 49,800 | 8,300 |
| | | 3. | | 26,531,250 | 21,225 | 52,300 | 8,700 |
| 6—8 Mm. | i Valsningens Retning. | 1. | | | | 35,46 | 5,91 |
| | | 2. | | | | 48,500 | 8,000 |
| | | 3. | | | | 50,900 | 8,500 |
| | lodret paa Val.s Retning. | 1. | | | | 35,25 | 5,875 |
| | | 2. | | | | 48,200 | 8,000 |
| | | 3. | | | | 50,700 | 8,400 |
| 12,7-17,5 Mm. | i begge Retninger. | 1. | 1/1520 | 17,000 | 11,11 | 30,86 | 5,14 |
| | | 2. | | 23,256,000 | 15,300 | 42;200 | 7,000 |
| | | 3. | | 24,463,000 | 16,094 | 44,400 | 7,400 |

Relees Tabel 29



| Materiale. | | e/L<br>e = Udvidelsen ved Elast. grændse<br>L = Legemets Længde i mm eller Tommer | E<br>Elast. Kræfte | T<br>Elast. Grændse | K<br>Brudbelastning | k<br>Sikker Belastning |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Staal: | 1. | .... | .... | .... | 51,1 | 8,5 |
| Fjederstaal, smeddet . . . | 2. | .... | .... | .... | 69,900 | 11,600 |
| | 3. | .... | .... | .... | 73,500 | 12,200 |
| Slet Staal .......... | 1. | .... | .... | .... | 36 | 6 |
| tykke Stænger og slet hærdet. | 2. | .... | .... | .... | 49,200 | 8,200 |
| | 3. | .... | .... | .... | 51,800 | 8,600 |
| | 1. | .... | .... | .... | 75 | 12,5 |
| Middelkvalitet ........ | 2. | .... | .... | .... | 102,900 | 17,000 |
| | 3. | .... | .... | .... | 107,900 | 18,000 |
| tynde Stænger: Tysk Støbestaal: | 1. | .... | 20,875 | 25 | 81,87 | 13,64 |
| meget fint, glødet i Olie, | 2. | 1/835 | 28,557,000 | 34,200 | 112,000 | 18,000 |
| uhærdet. | 3. | .... | 30,039,125 | 35,975 | 118,000 | 19,600 |
| | 1. | .... | 29.700 | 66 | 102,34 | 17,05 |
| do. hærdet, samt eng. do. | 2. | 1/450 | 40,629,600 | 90,288 | 140,000 | 23,000 |
| | 3. | .... | 42,738,300 | 94,974 | 147,000 | 28,000 |
| Kobber: | 1. | .... | 10,960 | 2,74 | 25 | 1,8 |
| hamret ............ | 2. | 1/4000 | 15,000,000 | 3,750 | 34,200 | 2,500 |
| | 3. | .... | 15,760,000 | 3,940 | 35,900 | 2,600 |
| | 1. | .... | 11,050 | 3 | 21 | 2 |
| valset, i Retning efter Længden | 2. | 1/3650 | 15,001,500 | 4,110 | 28,700 | 2,700 |
| | 3 | .... | 15,768,000 | 4,320 | 29,200 | 2,900 |
| | 1. | .... | .... | .... | 13 | 1,3 |
| støbt ............. | 2. | .... | .... | .... | 17,600 | 1,760 |
| | 3. | .... | .... | .... | 18,700 | 1,870 |
| Kobbertraad, uglødet og under | 1. | .... | 12.060 | 12,06 | 70*) | 6 |
| en Tykkelse af 1 Mm. . . . | 2. | 1/1000 | 16,500,000 | 16,500 | 95,700 | 8,200 |
| *) 50 for en Tyk. 1—2 Mm. | 3. | .... | 17,360,000 | 17,360 | 100,700 | 8,600 |
| | 1. | .... | 6,413 | 4,81*) | 12,6**) | 2,1 |
| Messing, støbt*) ....... | 2. | 3/4000 | 8,773,333 | 6,580 | 17,200 | 2,800 |
| **) fint Messing. | 3. | .... | 9,229,333 | 6,922 | 18,100 | 3,000 |
| | 1. | .... | 9,856 | 13,32 | 85 | 6,66 |
| Messingtraad, uglødet, under | 2. | 1/740 | 13,482.800 | 18,220 | 116,200 | 9,100 |
| 1 Mm.s Tyk. ......... | 3. | .... | 14,178,400 | 19,160 | 122,300 | 9,500 |
| Zink: | | | | | | |
| | 1. | .... | .... | .... | 5 | 0,83 |
| valset ............ | 2. | .... | .... | .... | 6,800 | 1,100 |
| | 3. | .... | .... | .... | 7,200 | 1,200 |
| | 1. | .... | 3,174 | 2 | 6 | 1 |
| støbt ............ | 2. | 63/100000 | 4,349,206 | 2,740 | 8,200 | 1,300 |
| | 3. | .... | 4,568,254 | 2,878 | 8,600 | 1,400 |
| | 1. | .... | .... | .... | 3 | 0,5 |
| Tin, støbt ........... | 2. | .... | .... | .... | 4,100 | 680 |
| | 3. | .... | .... | .... | 4,300 | 710 |

| Materiale. | | $\frac{e}{L}$ | E. | T. | K. | k. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Bly:** | | | | | | |
| støbt | 1. | | 500 | 1,05 | 1,28 | 0,213 |
| | 2. | 1/477 | 686,880 | 1,440 | 1,700 | 280 |
| | 3. | | 722,178 | 1,514 | 1,800 | 300 |
| valset | 1. | | | | 1,35 | 0,225 |
| | 2. | | | | 1,800 | 300 |
| | 3. | | | | 2,000 | 330 |
| **Stene m. m.** | | | | | | |
| Marmor | 1. | | | | 0,52 | 0,25 |
| | 2. | | | | 2,100 | 350 |
| | 3. | | | | 2,200 | 366 |
| Portlands Kalksten | 1. | | | | 0,73 | 0,12 |
| | 2. | | | | 1,000 | 166 |
| | 3. | | | | 1,100 | 183 |
| Hvid, finkornet do. | 1. | | | | 0,146 | 0,027 |
| | 2. | | | | 200 | 33 |
| | 3. | | | | 220 | 36 |
| Mursten | 1. | | | | 0,25 | 0,04 |
| | 2. | | | | 340 | 56 |
| | 3. | | | | 360 | 60 |
| Udstøbt Gibs | 1. | | | | 0,04 | 0,006 |
| | 2. | | | | 55 | 9 |
| | 3. | | | | 57 | 9,5 |
| Mørtel af Sand og Kalk | 1. | | | | 0,036 | 0,006 |
| | 2. | | | | 49 | 8 |
| | 3. | | | | 51 | 8,5 |
| Beton i god 18 Maaneders Mørtel | 1. | | | | | 0,009 |
| | 2. | | | | | 12,3 |
| | 3. | | | | | 12,9 |
| **Maskin-Drivremme.** | | | | | | |
| Efter Morin | 1. | | | | | 0,20 |
| | 2. | | | | | 273 |
| | 3. | | | | | 287 |
| Efter Hirns Forsøg (brugte, men gode Remme) | 1. | | 15 til 20 | 1,6 | 2,9 | |
| | 2. | | | 2,209 | 4,000 | |
| | 3. | | | 2,300 | 4,200 | |
| Hampetove, nye | 1. | | | | 12*) | |
| *) 8 for løst slaaede Tove | 2. | | | | 16,400 | |
| | 3. | | | | 17,200 | |

Kildes Tabel 30



## 30. Tabel

over Spændigheds- eller Elasticitets-Koefficienten $E_1$ for Sammentrykning af Træ og Jern.

| Materiale. | Kilogr. pr. □ Millim. | ℔ pr. Kvadrattomme | |
|---|---|---|---|
| | | dansk og norsk. | svensk. |
| Bøgetræ, efter Længden ....... | 930 | 1,272,240 | 1,338,270 |
| Fyrretræ, — — ....... | 1,000 | 1,368,000 | 1,439,000 |
| Asketræ, — — ....... | 1,120 | 1,532.160 | 1,611,680 |
| Egetræ — — ....... | 1,200 | 1,641,600 | 1,726,800 |
| Støbejern — — ....... | 8,330 | 11,395,440 | 11,986,870 |
| Smedejern — — ....... | 16,295 | 22,291,560 | 23,448,505 |

## 31. Tabel

over Koefficienter for Sammentrykning.

1 = Kilogram pr. □ Millimeter.
2 = Pund pr. □ Tomme dausk og norsk.
3 = Pund pr. □ Tomme svensk.

| Materiale. | | Spændigheds-grænsens Koefficient $T_1$ | Sønder-knusnings-koefficient $K_1$ | Sikkerheds-koefficient $k_1$ |
|---|---|---|---|---|
| Træ, ved Tryk i Længderetningen. a = alm. tørt Træ. b = meget tørt Træ. | | | | |
| Fyr ................ | 1. a. | 1,7 | 4,4 | 0,44 |
| | 1. b. | ....... | 4,9 | 0,49 |
| | 2. a. | 2,324 | 6,000 | 600 |
| | 2. b. | ....... | 6,700 | 670 |
| | 3. a. | 2.446 | 6,300 | 630 |
| | 3 b. | ....... | 7,000 | 700 |
| Bøg ................ | 1. a. | ....... | 5.4 | 0,54 |
| | 1. b. | ....... | 6,6 | 0,66 |
| | 2. a. | ....... | 7,400 | 740 |
| | 2. b. | ....... | 9,000 | 900 |
| | 3. a. | ....... | 7,800 | 780 |
| | 3. b. | ....... | 9,500 | 950 |

| Materiale. | | T1 | K1 | k1 |
|---|---|---|---|---|
| Ask | 1. a. | ....... | 6,1 | 0,61 |
| | 2. a. | ....... | 8,300 | 830 |
| | 3. a. | ....... | 8,800 | 880 |
| Eg (danziger) | 1. b. | 1,8 | 5,4 | 0,54 |
| | 2. b. | 2,462 | 7,400 | 740 |
| | 3. b. | 2,590 | 7,800 | 780 |
| **Metaller.** | | | | |
| Støbejern | 1. | 13,16 | 63 | 10,5 |
| | 2. | 18,000 | 86,000 | 14,000 |
| | 3. | 18,900 | 90,600 | 15,000 |
| Smedejern | 1. | 13,16 | 22,3 | 3,7 |
| | 2. | 18,000 | 30,500 | 5,000 |
| | 3. | 18,900 | 32,100 | 5,300 |
| Kobber | 1. | 2,7 | 40,93 | 6,8 |
| | 2. | 3,700 | 56,000 | 9,000 |
| | 3. | 3,800 | 58,900 | 9,800 |
| Messing | 1. | ....... | 7,31 | 0,12 |
| | 2. | ....... | 10,000 | 1,600 |
| | 3. | ....... | 10,500 | 1,700 |
| Bly | 1. | ....... | 5,11 | 0,85 |
| | 2. | ....... | 7,000 | 1,100 |
| | 3. | ....... | 7,300 | 1,200 |
| **Kautschuk** | | | | |
| anvendt som runde Skiveringe til Pufferfjedre o. d. l. | 1. | 0,5 | ....... | ....... |
| | 2. | 680 | ....... | ....... |
| | 3. | 720 | ....... | ....... |
| **Stene,** se efterstaaende Tabel. | | | | |

## 32. Tabel

over den Vægt, hvormed man ved 10 Fold Sikkerhed mod Sønderknusning kan belaste Stene o. d. l.

| Materiale. | Sikkerhedskoefficient $k_1$ i: Kilogr. pr. □ Millim. | Pund pr. □ Tomme dansk & norsk. | Pund pr. □ Tomme svensk. |
|---|---|---|---|
| **Vulkanske, granitiske, kiselartede og lerholdige Stene:** | | | |
| Basalt fra Sverrig og Auvergne | 2 | 2,730 | 2,870 |
| Lava, haard, fra Vesuv | 0,59 | 810 | 850 |
| Lava, blød, fra Neapel | 0,23 | 310 | 230 |
| Porfyr | 2,47 | 3,380 | 3,550 |
| Granit, fra Normandiet | 0,7 | 950 | 1,000 |
| Granit, graa, fra Bretagne | 0,65 | 890 | 930 |
| Granit, grøn, fra Vogeserne | 0,62 | 850 | 890 |
| Sandsten, meget haard, hvid ell. brunrød | 0,87 | 1,190 | 1,250 |
| Sandsten, blød | 0,004 | 5.5 | 5,7 |
| Stinksten, leragtig | 0,68 | 930 | 980 |
| Graa Sten, fra Florents, lerholdig og finkornet | 0,42 | 570 | 600 |
| **Kalkstene:** | | | |
| Marmor, sort, fra Flandern | 0,79 | 1,080 | 1,130 |
| Marmor, hvidaaret og blaa | 0,31 | 420 | 440 |
| Sort Sten, meget haard, fra St. Fortunat | 0,63 | 860 | 900 |
| Lias, meget haard og finkornet, fra Bagueux | 0,44 | 600 | 630 |
| Fjeldsten, stærk, fra Saulny ved Metz | 0,3 | 410 | 430 |
| Fjeldsten, fra Arcueil ved Paris | 0,25 | 340 | 360 |
| Fjeldsten, gul, fra Bozerieulles ved Metz | 0,18 | 250 | 270 |
| Fjeldsten, fra Chatillon ved Paris | 0,17 | 230 | 240 |
| Fjeldsten, blød | 0,13 | 180 | 190 |
| Sten fra Saillantcourt ved Pontoise, 1 Kvalit. | 0,14 | 190 | 200 |
| Sten fra Saillantcourt ved Pontoise, 2 — | 0,12 | 160 | 170 |
| Sten fra Saillantcourt ved Pontoise, 3 — | 0,09 | 120 | 130 |
| Stærk Sten fra Constans | 0,09 | 120 | 130 |
| Blød Sten (lambourde vergelée, 1. | 0,06 | 80 | 86 |
| Blød Sten (lambourde vergelée, 2. | 0,02 | 27 | 29 |
| Haard Kalksten, fra Givry ved Paris | 0,31 | 420 | 440 |
| Blød do. — — | 0,12 | 160 | 170 |
| Blaa do., med forstenede Muslinger, som giver den hydrauliske Kalk fra Metz. | 0,3 | 420 | 430 |

| Materiale. | | Sikkerhedskoefficient $k_1$ i: | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Kilogr. pr. □ Millim. | Pund pr. □ Tomme. | |
| | | | dansk & norsk. | svensk. |
| Gul, oolitisk Kalksten, fra Jaumont ved Metz | 1. | 0,18 | 250 | 260 |
| | 2. | 0,12 | 160 | 170 |
| Gul, oolitisk Kalksten fra Armauvillieres ved Metz | 1. | 0,12 | 160 | 170 |
| | 2. | 0,1 | 130 | 140 |
| Teglsten: | | | | |
| haard, stærk brændt | | 0,15 | 200 | 210 |
| rød | | 0,06 | 80 | 86 |
| blegrød | | 0,04 | 55 | 57 |
| engelsk og flamsk, blød | | 0,018 | 24 | 26 |
| Beton: | | | | |
| i god, 18 Maaneder gml. Mørtel | | 0,04 | 55 | 57 |
| Gibs: | | | | |
| sammenrørt med Kalkmel | | 0,073 | 100 | 105 |
| — — Vand | | 0,05 | 70 | 72 |
| Mørtel: | | | | |
| af ren Cement | | 1 til 2,5 | 130-340 | 140-370 |
| af Cement og stødt Teglsten | | 0,048 | 66 | 69 |
| af Pouzolano fra Neapel eller Rom | | 0,037 | 50 | 53 |
| alm. af Kalk og Sand | | 0,035 | 48 | 50 |
| af stødt Sandsten | | 0,029 | 40 | 42 |

L er udtagen at være Stangens Længde.

E er Elasticitetsgrændsens Coefficient
F er Tværsnitsarealet
S er Spændingen
K er ved Sikkerhedsgrændsen (Brudstyrken)
s er Sikkerhedscoefficienten.

# II. Strækning,

## eller Modstand mod Sønderrivning.

### a) Stænger af Metal og Træ m. m.

33. Ifølge Forklaringerne under Nr. 4 til 11 faaer man følgende Formler for Strækninger:

A. Naar Legemets egen Vægt ikke medregnes:

For Sønderrivning:

$$P = FK \quad \text{(15)}$$

$$F = \frac{P}{K} \quad \text{(16)}$$

For Bære-Evnen (Styrken ved Spændighedsgrænsen):

$$P = FT \quad \text{(17)}$$

$$F = \frac{P}{T} \quad \text{(18)}$$

For Sikkerhedsbelastningen,

naar $S = k$ eller $= \frac{T}{s}$ eller $= \frac{K}{s}$, se Nr. 10, Formel 1:

$$P = SF \quad \text{(19)}$$

$$F = \frac{P}{S} \quad \text{(20)}$$

For Kraften til at frembringe en bestemt Forlængelse $= e$:

$$P = FE\frac{e}{L} \quad \text{(21)}$$

For Størrelsen af Forlængelsen ved en given Kraft $= P$:

$$e = \frac{PL}{FE} \quad \text{(22)}$$

For Størrelsen af Tversnitsfladen, svarende til en bestemt Forlængelse ved en given Længde og Belastning:

$$F = \frac{PL}{eE} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (23)$$

For Bestemmelsen af Længden, svarende til en bestemt Forlængelse ved en given Flade og Belastning:

$$L = \frac{FEe}{P} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (24)$$

Anm. Formlerne 21—24 gjelde kun for Værdier indenfor Spændighedsgrænsen. Se Nr. 4 og 6.

B. Naar Legemets egen Vægt (p) skal regnes med, saa bliver i Formel 15, 17, 19 og 21:

Belastningen **P** formindsket med **p** efter at være udregnet, og i Formel 16, 18, 20, 22, 23 og 24:

Belastningen **P** forøget med **p** forinden Udregningen.

34. **Exempler.**

Epl. 1. En rund Smedejerns Stang, som er $2^1/_4''$ i Diameter, svensk Maal, sønderrives ved følgende Vægt i svenske Pund:

Formel 15 giver:

$P = FK$, og da man har:

$$F = \frac{(2^1/_4)^2 \times 3{,}14}{4} = 3{,}975 \ \square'', \text{ og efter Tabel 29:}$$

$K = 35900$, saa er:

$P = 3{,}975 \times 35900 = 142{,}702$ ℔.

Expl. 2. En rund Smedejerns Stang skal bære 80,000 Kilogr. ved en tofold Sikkerhed ved Spændighedsgrænsen, hvor stor bliver Tykkelsen i Millimeter?

Opløsning. Efter Formel 20 er:

$F = \frac{P}{S}$, og da ifølge Betingelserne:

$S = \frac{T}{2} = 4$ (kun omtrentlig Værdi efter Tabel 29) og

$P = 80{,}000$, $F = \frac{D^2 \times 3{,}14}{4}$, altsaa:

$$\frac{D^2 \times 3{,}14}{4} = \frac{80{,}000}{4}, \text{ og}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 80{,}000}{3{,}14 \times 4}} = 160 \text{ Millimeter.}$$

## b. Kjæder af Rundjern.

(Se Anmærkningen efter Nr. 78.)

35. De mest brugelige Kjæder af Rundjern ere:
Kjæder med lange Led (tyske Kjæder). Fig. 27.
Kjæder med korte Led (engelske Kjæder). Fig. 28.
Kjæder med Stivere. Fig. 29.
Hagekjæder (Vaucansons Kjæder). Fig. 30.

Kjæderne Fig. 27 og 28 kaldes ogsaa „aabne Kjæder“, i Modsætning til Kjæder med Stivere, der lukke Aabningen i Leddene.

36. De Forholdsværdier, som Leddene have i Fig. 27 til 29, give meget passende Størrelser for Kjædernes Anvendelse i Maskinfaget, men der forekommer ogsaa andre Forhold ved Leddenes Størrelse.

Hagekjæder, hvis Led ikke sveises, men kun ombøjøies, egne sig kun for svage Kræfter.

37. Naar Rundjernet ikke var blevet svækket ved Ombøjning og Bearbejdelse, skulde Kjædernes Styrke være dobbelt saa stor som Rundjernets, hvoraf de smeddes, da Leddene have to Sider til Modstand for Strækning. men Styrken har ved Forsøg kun viist sig at være følgende:

Styrken af Kjæder med Stivere forholder sig til selse Rundjernets Styrke som 14 : 9.

Styrken af aabne Ringkjæder forholder sig til selve Rundjernets Styrke som 11 : 9.

Reuleaux angiver, at ved store Kjædeleveringer betinges den mindste tilladelige Styrke for Kjædernes Antagelse ved at forlange, at det uforarbejdede Rundjern, hvoraf Kjædeleddene smeddes, skal have en absolut Styrke af 32—36 Kilogr. pr. □ Mm., og at de færdige Kjæder skulle have en absolut Styrke af 23—26 Kilogr. pr. □ Mm. af det Dobbelte af Rundjernets Tversnit. Desuden forlanges der en stor Sejghed af Jernet; saaledes bestemmes der t. Ex., at Rundjernet, før Brydning indtreffer, skal vise en vedvarende Forlængelse af 10—20 pCt.

38. Som Prøvevægt eller Strækning, ved Hjælp af en hydraulisk Presse, anvendes pr. □ Mm. af det dobbelte Rundjernstversnit:

| | | |
|---|---|---|
| for aabne Kjæder | ................ | 14 Kilogr. |
| for Kjæder med Stivere | .......... | 17 — |
| i England | ......... | 17,9 — |

Herved kommer man udenfor Spændighedsgrænsen (se Tabel 29), hvorved der opstaaer en lille vedvarende Forlængelse.

39. Sikkerhedsbelastningen tør ikke regnes højere end til den halve Prøvevægt, hvorved man kun faaer en 4 til 3 Fold Sikkerhed mod Brud, efter Jernets Tykkelse; ved at tage $^3/_8$ af Prøvevægten til den største Belastning, faaer man en 5 til 4 Fold Sikkerhed mod Brud efter Jernets Tykkelse. (Jo tyndere Jern, desto større Sikkerhed.)

40. For aabne Kjæder faaer man, ved at antage 14 Kilogr. pr. □ Mm. af Rundjernets dobbelte Tversnit som Prøvespænding, følgende Formler for Prøvevægten:

1) $P = 22\ d^2$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (25)
2) $P = 30{,}000\ d^2$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (26)
3) $P = 31{,}000\ d^2$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (27)

og for Diameteren, der svarer til Prøvevægten:

1) $d = 0{,}213 \sqrt{P}$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (28)
2) $d = 0{,}0058 \sqrt{P}$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (29)
3) $d = 0{,}0056 \sqrt{P}$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (30)

For Kjæder med Stivere er, ved en Spænding = 17 Kilogr. pr □ Mm. af Rundjernets dobbelte Tversnit:

1) $P = 26{,}7\ d^2$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (31)
2) $P = 36{,}500\ d^2$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (32)
3) $P = 38{,}400\ d^2$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (33)

og for Diameteren, der svarer til Prøvevægten:

1) $d = 0{,}194 \sqrt{P}$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (34)
2) $d = 0{,}0053 \sqrt{P}$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (35)
3) $d = 0{,}0051 \sqrt{P}$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (36)

41. I efterstaaende Tabel er anført Prøvevægten $P$ i Kilogrammer for Kjæder, hvis Rundjern er angivet i engelske Tommer, og som desaarsag ere beregnede efter Formlen:

$P = 14{,}190\ d^2$ for aabne Kjæder, og
$P = 17{,}230\ d^2$ for Kjæder med Stivere.

Tillige er anført i afrundede Værdier, der kun afvige $^1/_{12}$ Linie i Tykkelserne, de tilsvarende Tykkelser i dansk, norsk, svensk og fransk Maal.

Er en Kjædes Tykkelse givet, saa findes dens Bærekraft indenfor Sikkerhedsbelastningen ved at tage $^1/_2$ eller $^3/_8$ af Prøvevægten, eftersom man vil have 4 à 3 eller 5 à 4 Fold Sikkerhed mod Brud. Er Belastningen givet, som Kjæden skal kunne bære med Sikkerhed, saa multipliceres den med 2 eller med $8/3$ for 4 á 3 eller 5 á 4 Fold Sikkerhed mod Brud, eller med en større Værdi, alt efter den Sikkerhedsgrad, man fordrer, og den derved fremkomne Værdi søges i Tabellen, hvorved den tilsvarende Tykkelse da findes anført.

I Tabel 43 er anført Prøvevægte for Kjæder, hvis Tykkelse regnes i dansk, norsk eller svensk Maal. Herved maa erindres: at naar Tykkelsen regnes i dansk eller i norsk Maal, maa Prøvevægten kuu søges i Rubrikkerne for dansk og norsk Vægt; regnes Tykkelsen i svensk Maal, maa Prøvevægten kun søges i Rubrikkerne for svensk Vægt.

## 42. Tabel
### over Prøvevægten for Kjæder af Rundjern.

| Rundjernets Diameter = d. | | | | Prøvevægt i Kilogrammer | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Tilnærmelsesværdier | | | | |
| i engelske Tommer. | danske og norske Linier. | svenske Linier. | Millimeter. | for Kjæder med aabne Led. | for Kjæder med Stivere. |
| $\frac{1}{4}$ | 3 | 3 | $6\frac{1}{2}$ | 885 | 1,075 |
| $\frac{5}{16}$ | $3\frac{3}{4}$ | 4 | 8 | 1,385 | 1,685 |
| $\frac{3}{8}$ | $4\frac{1}{2}$ | $4\frac{3}{4}$ | $9\frac{1}{2}$ | 2,000 | 2,400 |
| $\frac{7}{16}$ | 5 | $5\frac{1}{2}$ | 11 | 2,700 | 3,300 |
| $\frac{1}{2}$ | $5\frac{3}{4}$ | $6\frac{1}{4}$ | $12\frac{1}{2}$ | 3,550 | 4,300 |
| $\frac{9}{16}$ | $6\frac{1}{2}$ | 7 | 14 | 4,500 | 5,400 |
| $\frac{5}{8}$ | $7\frac{1}{4}$ | $7\frac{3}{4}$ | $15\frac{1}{2}$ | 5,550 | 6,700 |
| $\frac{11}{16}$ | 8 | $8\frac{1}{2}$ | $17\frac{1}{2}$ | 6,700 | 8,600 |
| $\frac{3}{4}$ | $8\frac{3}{4}$ | $9\frac{1}{4}$ | 19 | 8,900 | 9,700 |
| $\frac{13}{16}$ | $9\frac{1}{2}$ | 10 | $20\frac{1}{2}$ | 9,400 | 11,400 |
| $\frac{7}{8}$ | $10\frac{1}{4}$ | $10\frac{3}{4}$ | 22 | 10,900 | 13,200 |
| $\frac{15}{16}$ | 11 | $11\frac{1}{2}$ | $23\frac{1}{2}$ | 12,500 | 15,100 |
| 1 | $11\frac{3}{4}$ | $12\frac{1}{4}$ | 25 | 14,190 | 17,230 |
| $1\frac{1}{8}$ | 13 | $13\frac{3}{4}$ | 28 | 18,000 | 21,800 |
| $1\frac{1}{4}$ | $14\frac{1}{2}$ | $15\frac{1}{2}$ | 32 | 22,200 | 27,000 |
| $1\frac{3}{8}$ | 16 | 17 | 35 | 26,800 | 32,600 |
| $1\frac{1}{2}$ | $17\frac{1}{2}$ | $18\frac{1}{2}$ | 38 | 31,900 | 38,800 |
| $1\frac{5}{8}$ | 19 | 20 | 41 | 37,500 | 45,500 |
| $1\frac{3}{4}$ | $20\frac{1}{2}$ | $21\frac{1}{2}$ | 44 | 43,500 | 52,800 |
| $1\frac{7}{8}$ | 22 | 23 | 48 | 50,000 | 60,600 |
| 2 | $23\frac{1}{4}$ | $24\frac{1}{2}$ | 51 | 56,800 | 68,900 |

## 43. Tabel

over Prøvevægten i dansk, norsk og svensk Vægt for Kjæder af forskjellig Tykkelse i disse Landes Maal.

| Rundjernets Tykkelse d i danske, norske eller svenske Tommer. | Prøvevægt for: | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Kjæder med aabne Led. | | Kjæder med Stivere. | |
| | ℔ dansk og norsk. | ℔ svensk. | ℔ dansk og norsk. | ℔ svensk. |
| $^{1}/_{4}$ | 1,875 | 1,937 | 2,281 | 2,400 |
| $^{5}/_{16}$ | 2,930 | 3,027 | 3,564 | 3,750 |
| $^{3}/_{8}$ | 4,219 | 4,359 | 5,132 | 5,400 |
| $^{7}/_{16}$ | 5,742 | 5,930 | 6,985 | 7,350 |
| $^{1}/_{2}$ | 7,500 | 7,750 | 9,125 | 9,600 |
| $^{9}/_{16}$ | 9,493 | 9,808 | 11,548 | 12,150 |
| $^{5}/_{8}$ | 11,719 | 12,100 | 14,257 | 15,000 |
| $^{11}/_{16}$ | 14,181 | 14,652 | 17,229 | 18,150 |
| $^{3}/_{4}$ | 16,875 | 17,437 | 20,531 | 21,600 |
| $^{13}/_{16}$ | 19,806 | 20,464 | 24,094 | 25,350 |
| $^{7}/_{8}$ | 22,968 | 23,734 | 27,925 | 29,400 |
| $^{15}/_{16}$ | 26,370 | 27,245 | 32,078 | 33,750 |
| 1 | 30,000 | 31,000 | 36,500 | 38,400 |
| $1^{1}/_{8}$ | 37,968 | 39,235 | 46,195 | 48,600 |
| $1^{1}/_{4}$ | 46,875 | 48,437 | 57,031 | 60,000 |
| $1^{3}/_{8}$ | 56,718 | 58,610 | 69,007 | 72,600 |
| $1^{1}/_{2}$ | 67,500 | 69,750 | 82,125 | 86,400 |
| $1^{5}/_{8}$ | 79,218 | 81,860 | 96,382 | 101,400 |
| $1^{3}/_{4}$ | 91,875 | 94,937 | 121,781 | 117,600 |
| $1^{7}/_{8}$ | 105,468 | 108,985 | 128,320 | 135,000 |
| 2 | 120,000 | 124,000 | 146,000 | 153,600 |

44. Vaucansons Kjæder eller Hagckjæderne have ifølge deres Form kun en ringe Styrke, og anvendes kun sjælden. Reuleaux angiver følgende Formler for deres sikre Brug:

1) $P = 4\ d^2$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (37)

2) $P = 5400\ d^2$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (38)

3) $P = 5700\ d^2$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (39)

For Rundjernets Tykkelse bliver da:

1) $d = 0{,}5\ \sqrt{P}$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (40)

2) $d = 0{,}014\ \sqrt{P}$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (41)

3) $d = 0{,}0133\ \sqrt{P}$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (42)

45. Vægten af Kjæder er paa det Nærmeste for 1 Meters Længde:
Aabne Kjæder med korte Led $= {}^{1}/_{1000}$ af Prøvevægten,
— — — lange Led $= {}^{1}/_{6}$ mindre, og
Kjæder med Stivere $= {}^{1}/_{20}$ mere end Vægten af Kjæder med aabne, korte Led af samme Rundjernstykkelse.

46. Naar Kjæderne ere meget lange, maa Byrden, som de skulle bære, formindskes saameget, som Længden vejer. Kjæder briste ved deres egen Vægt ved følgende Længder:

Kjæder med aabne, korte Led ved en Længde lig 1600 Meter.
do. — — lange Led . . . . . . . . . . 2000 —
Kjæder med Stivere . . . . . . . . . . . . . . . . . . 2100 —
Vaucansons Kjæder briste ved en Længde lig . . . 520 —

47. Ved Krankjæder, der stadig bruges, forandrer Jernets Struktur sig saaledes, at det efterhaanden bliver haardt og krystallisk, og brydes derved lettere; derfor anbefales det, hvert 3die—4de Aar at udgløde Kjæderne ved Rødvarme, og at afkjøle dem i Aske for at gjøre dem sejge.

48. Kjæder, der kun skulle bruges til at bære Byrder eller til vedvarende Forankring af Pontonbroer, til at forbinde Skibe med o. d. l., have meget lange Led af firkantet eller rundt Jern, eller bestaa af Stænger med et ovalt Øje i hver Ende, og hver to og to forenede med et almindeligt Kjædeled, undertiden med 3 saadanne Led.

De lange Led af firkantet Jern, Fig. 31, giver man uden Hensyn til Tykkelsen en Længde af 914 Millimeter, og 20 Led danne et særskilt Stykke Kjæde. Stangkjædernes Led, Fig. 32, giver man en Længde af 1,5 Meter.

49. Styrken af saadanne Kjæder retter sig efter Leddenes Tversnit, ligesom ved de almindelige Kjæder; men Stangkjædernes Styrke beregnes efter Formlerne for Strækning af Stænger.

50. Naar Kjæderne skulle have store Længder, forenes hver to og to Stykker ved Hjælp af en saakaldt Heks eller Sjækel, Fig. 33.

Stangkjædernes Hekse have en Længde af 6,5 **d**, Tykkelsen er lig **d**; Tverbolten er rund, og er 1,3 **d** tyk og forsynet med en Møttrik. Ved Kjæder med lange Led ~~med~~ af firkantet Jern har Heksen samme Længde som Leddene, 914 Mm., og samme Tversnit; Bolten er rund, se Fig. 34.

Heksenes Bolte og Slutstifterne i disse ere af Staal og fortinnede. I Enden af Kjæder, der skulle forbindes ved Hekse, anbringes et Led, som er noget større og tykkere end Kjædeleddene; de ere i Almindelighed 4,5 **d** lange og 1,6 **d** brede indvendig, for at Heksen kan stikkes igjennem dem, og Tykkelsen er = 1,2 d.

Slutstifterne gjøres lidt kortere end Heksens Øje, og sikkres ved begge Ender ved en indstemmet Blyprop.

Naar en Kjætting skal forbindes med et større Kjædeled, t. Ex. med en Ankerring o. d. l., anvendes en Heks af passende Størrelse.

Naar Heksen er til Hinder for Kjædens Anvendelse, benyttes Støbestaals Hekse i Form som almindelige Kjædeled, men dannede af 2 Halve, se Fig. 35.

51. Naar en Kjætting skal kunne dreje sig om sin Længdeaxe, saa anvendes en Virvel (Warrel eller Warl). Fig. 36 viser dennes engelske Normalkonstruktion.

En stor Virvelring, navnlig til Brug for saakaldte Strandkjæder, med Led som Fig. 31, er viist i Fig. 37. Man kan ihekse 3 Kjædehekse i Ringen og 2 i Heksen (Forbindelsen kaldes for: at hekse i, Adskillelsen: at hekse ud). Enheden for Forholdstallene ved Virvelringen er Tykkelsen af Jernet i de Kjættinger, der hekses i Ringen.

52. Tykkelsen af en Rundjerns-Ring, der skal kunne taale et bestemt Træk, uden at forandre sin Form, og have lige stor Styrke med Kjæder, der skulle kunne taale samme Træk, kan bestemmes efter Fig. 37; men den der angivne Tykkelse passer dog kun til den Diameter, som Ringen har i Forhold til Kjædejernets Tykkelse; ved en større Diameter bliver Tykkelsen betydelig større. Efter Grashofs Festigkeitslehre, hvori Formlen for Ringtykkelser er udviklet ved Hjælp af Integralregning. bliver:

$$\mathsf{r} = \sqrt{\frac{\alpha\,\mathsf{P}}{\pi\,\mathsf{S}}}, \text{ hvori}$$

$\mathsf{P}$ = Halvparten af Trækkraften i Ringen.

$\mathsf{r}$ = Ringens halve Tykkelse.

$\alpha$ = Koefficienten til $\frac{\mathsf{P}}{\mathsf{F}}$ i nedenstaaende Formel for Værdien af $\mathsf{S}$.

$\mathsf{S}$ = den største Spænding, der forekommer i Ringen. Spændingen er nemlig forskjellig i forskjellig Punkter af Ringen; den største Værdi er:

$$\mathsf{S} = \frac{2}{\pi}\left(4\,\frac{\mathsf{R}}{\mathsf{r}} + 3 + \frac{\mathsf{r}}{\mathsf{R}} + \frac{5}{4} \times \frac{\mathsf{r}^2}{\mathsf{R}^2} + \cdots\right)\frac{\mathsf{P}}{\mathsf{F}},$$

hvori $\mathsf{R}$ = Ringens Radius fra Midten til Midten af Jerntykkelsen.

$\mathsf{F}$ = Flade-Indholdet af et enkelt Snit igjennem Ringen, altsaa = $\mathsf{r}^2\,\pi$.

Man finder derefter:

for $\frac{\mathsf{R}}{\mathsf{r}} = 2 \ldots\ldots\ldots 3 \ldots\ldots\ldots 4.$

$\mathsf{S} = 7{,}52\,\frac{\mathsf{P}}{\mathsf{F}} \ldots\; 9{,}85\,\frac{\mathsf{P}}{\mathsf{F}} \ldots\ldots\; 12{,}3\,\frac{\mathsf{P}}{\mathsf{F}}$ o. s. f.

$\alpha = 7{,}52 \ldots\ldots\; 9{,}85 \ldots\ldots\ldots\; 12{,}3.$

Spændingen $S$ kan sættes lige stor med Spændingen i Kjæder, alttaa:

Mm.

1) 7 Kil. pr. □″, 2) 9600 ℔ pr. □″ d og n, 3) 10,000 ℔ pr. □″ sv. eller den halve Værdi af Prøvevægten.

Exempel. For en Ring af Forholdet $\frac{R}{r} = 2$, og som skal kunne taale et Træk af 3500 ℔ dansk, bliver Tykkelsen $= 2\,r$, altsaa $= 2\sqrt{\frac{7{,}52 \times 1750}{3{,}14 \times 9600}} = 1{,}28$ Tomme, og $r = 0{,}64$, og $R = 1{,}28$ Tomme,

Kjædeskiver og Kjædevalser gives en Diameter lig 24 til 26 $d$, maalt til Midten af Kjæden paa Anlægsfladen. For at give et godt Anlæg, inddrejes en Rille, Fig. 38, i Skiven eller Valsen, eller man vælger en Form, som Fig. 39; denne nyere Form anstrenger Kjæden mindre end den førstnævnte ældre Form.

Fig 40

53. Krogene eller Hagerne, der anbringes i Kjættinger for at løfte Byrderne, maa konstrueres og udføres med stor Omhu. De gives svære Dimensioner, da deres Form medfører en Paavirkning af samtidig Strækning og Bøjning, og da en Brydning kan foraarsage store Tab og Ulykker.

Fig. 40 og 41 vise to enkelte Hager eller Kroge. Ved Fig. 40 bæres Byrden af en Skrue; Diameteren af dens Hals eller Stamme kan derfor beregnes efter Morins Formel:

$$1)\ d_1 = 0{,}67\sqrt{P} \quad \ldots \quad (43)$$

$$2)\ d_1 = 0{,}0182\sqrt{P} \quad \ldots \quad (44)$$

$$3)\ d_1 = 0{,}0177\sqrt{P} \quad \ldots \quad (45)$$

naar $P$ = Byrden, der hænges i Krogen.

De øvrige Maal bestemmes efter Reuleaux i Forhold til $d_1$ som Enhed. (Ogsaa Grashof har en videnskabelig udviklet Beregningsmaade.)

Er $w$ = Vidden af Hagens Øje, som man i Reglen gjør 3 Gange større end Kjædejernets Tykkelse, eller omtrent lig 2 $d_1$, alt dog eftersom Hagen skal kunne fatte et eller flere Kjædeled eller en tyk Hampegarns Sejsing, og er $h$ = Højden af Hagens Ryg, der for det Meste bliver omtrent lige stor med $w$, saa har man følgende Formel for Størrelsen af $h$:

$$h = 1{,}3\, d_1 \sqrt{\frac{w}{h} + \frac{5}{4}} \quad \ldots \quad (46)$$

Denne Formel gjælder for samtidig Strækning og Bøjning, som i det Følgende vil blive afhandlet, og fordrer en flere Gange gjentaget Udregning, indtil $h$ faaer en saadan Værdi (naar $w$ og $d$ ere bestemte), at Værdierne paa begge Sider af Lighedstegnet blive lige store.

Følgende Værdier for $h$ ere udregnede efter Formel 46:

Naar $w = d_1$ multipliceret med:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $1{,}00$ | $1{,}25$ | $1{,}50$ | $1{,}75$ | $2{,}00$ | $2{,}25$ | $2{,}50$ | $2{,}75$ | $3{,}00$ | $3{,}25$ |

saa er $h = d_1$ multipliceret med:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $1{,}75$ | $1{,}81$ | $1{,}86$ | $1{,}91$ | $1{,}95$ | $2{,}00$ | $2{,}04$ | $2{,}08$ | $2{,}12$ | $2{,}16$ |

Ryggens Tykkelse gjør man $= \frac{2}{3}\,h$, og Tykkelsen af Hagens Spids, diametralt modsat Ryggens største Højde, gjør man $= \frac{h}{2}$, og Diameteren af den Cirkel, der omslutter Hagen, bliver derefter: $D = w + 1{,}5\,h$.

Fig. 42 viser en dobbelt Hage. Den er ifølge sin Form stærkere end den enkelte Hage, fordi Ryggen ikke er bøjet. Naar man har bestemt Størrelsen af Hagens Aabning $w$, kan man benytte enten Formel 46 eller den anførte Tabel til Udregning af Værdien for $h$; men istedet for $d_1$ multipliceres kun med $0{,}7\,d_1$. Hagen konstrueres efter Fig. 42.

Ved svære Kystkraner anbringes ofte en Kontravægt oven over Hagen for at faa Kjæden til at løbe let ned.

Expl. En Belastning paa en enkelt Kjædehage udgjør 2000 Kilogr.; efter Formel 43 bliver derfor:

$$d_1 = 0{,}67\,\sqrt{2000} = 30 \text{ Mm.}$$

Vælger man $w = 2\,d_1 = 60$ Mm., saa bliver $h = 1{,}95 \times 30 = 59$ Mm., $D = 60 + 1{,}5 \times 59 = 148$ Mm., og Spidsen $= \frac{h}{2} = 29$ Mm.

Var Hagen dobbelt, saa blev til samme Anvendelse, som i første Tilfælde,

$$w = 2 \times 0{,}7 \times 30 = 42 \text{ Mm.},$$
$$h = 1{,}95 \times 0{,}7 \times 30 = 41 \text{ Mm.},$$
$$D = 42 + 1{,}5 \times 41 = 103 \text{ Mm., og}$$
$$\text{Spidsen} = \frac{h}{2} = 20 \text{ Mm.}$$

## c. Kjæder med flade Led.

54. Af Kjæder med flade Led er Gallé's Laskekjæder, Fig. 43, de mest anvendte; men de ere blevne betydeligt forbedrede af Ingenieur Neustadt i Paris, der har taget Patent paa sine Kjæder, ved hvilke han har anvendt et Antal flade Pladeled paa Bolte-Enderne; se Fig. 44.

55. For Kjæder med flade Led maa baade Bolte-Tykkelsen og Leddenes Tversnit beregnes. Weisbach regner 12,000 ℔ pr. □ Tomme (8,772 Kil. pr. □ Mm.) for Styrken af Gallé's Kjæder; derefter bliver Boltenes fulde Styrke, da hver Bolt har to Ender:

2 × 12000 = 24000 ℔ pr. □ Tomme (17,544 Kil. pr. □ Mm.), og man faaer derefter Boltens fulde Styrke:

$$1)\ P = \frac{17{,}544\ d^2\ \pi}{4} = 13{,}772\ d^2 \ldots\ldots (47)$$

$$2)\ P = \ldots\ldots = 18840\ d^2 \ldots\ldots (48)$$

$$3)\ P \ldots\ldots = 19818\ d^2 \ldots\ldots (49)$$

og derefter Tykkelsen af Tapperne:

$$1)\ d = 0.269\ \sqrt{P} \ldots\ldots (50)$$

$$2)\ d = 0{,}0073\ \sqrt{P} \ldots\ldots (51)$$

$$3)\ d = 0{,}0071\ \sqrt{P} \ldots\ldots (52)$$

Kjædeleddenes Tykkelse bliver .... $t = \frac{d}{2}$,

deres mindste Bredde .......... $b = \frac{3}{2}\ d$,

deres største Bredde .......... $B = \frac{5}{2}\ d$.

(Se Fig. 43.)

Kjædehjulets Tænder gives en Tykkelse $= \frac{3}{2}\ d$.

Stilen bliver $= 2{,}55\ d$;

Stilens Chorde er lige stor med Midte-Afstanden imellem to Bolte-Huller i et Led.

I Bunden afrundes Tænderne med en Radius $= 0{,}525\ d$, og Flankerne beskrives med Radier, fra Midten af Ledboltene imellem Tænderne paa Hjulet.

56. Gallé's Laskekjæder anvendes kun til at forplante en langsom Bevægelse, hvorimod Neustadts Kjæder have en talrig Anvendelse, og have givet saa gode Resultater, at de ere blevne en væsentlig Forbedring ved Kraner, og i Frankrig have de næsten ganske fortrængt Gallés Kjæder; man har ogsaa begyndt at indføre dem i Tyskland.

Fordelen ved at anvende disse Kjæder ved Kraner bestaaer især i den lille Diameter, man kan give Valsen, og dennes ringe Bredde, bvorved man opnaaer en mindre Hjul-Udvexling og et simplere Kranstel.

Neustadts smaa og store Værftskraner og Jernbane-Kraner, saavel som hans mægtige Mastekraner til 100,000 ℔s Løftning, og af 90 Fods Højde, fortjene i høj Grad Opmærksomhed. Baade som Lastkjæde og som Drivkjæde anvendes Neustads Kjæder ens, nemlig ved at lade dem gaa over et Kjædehjul, som Fig. 43.

Ved at anvende flere tynde Led paa Enden af Boltene, virke Trykkene i modsat Retning til Styrke for disse.

57. Tilnærmelsesvis give følgende Formler passende Værdier i Kilogrammer og Millimeter:

Antallet af Pladeled paa hver Ende af Boltene maa være et lige Tal, og kan tages lig det hele, lige Tal, der faaes ved Værdien:

$$\mathbf{i} = {}^1/_3 \sqrt[3]{\mathbf{P}} \quad \ldots\ldots \quad (53)$$

naar $\mathbf{i}$ = Antallet af flade Led paa ikkun den ene Bolte-Ende, og $\mathbf{P}$ = hele Byrden, som Kjæden skal løfte.

Leddenes Tykkelse bliver:

$$\mathbf{t} = \frac{0{,}35}{\mathbf{i} + 1} \sqrt{\mathbf{P}} \quad \ldots\ldots \quad (54)$$

Denne Værdi gives en passende Afrunding.

Hver Boltetaps Tykkelse bliver:

$$\left.\begin{array}{l} \mathbf{d_1} = 0{,}2 \left(\dfrac{\mathbf{i} + 2}{\mathbf{i} + 1}\right) \sqrt{\mathbf{P}} \text{ eller} \\ \mathbf{d_1} = 0{,}57\ \delta\ (\mathbf{i} + 2) \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (55)$$

Tykkelsen af Boltene i Midtepartiet:

$$\mathbf{d} = \frac{6}{5}\,\mathbf{d_1} \quad \ldots\ldots \quad (56)$$

og Længden paa dette Sted:

$$\mathbf{l} = 6 + 1{,}67\ \mathbf{d_1} \quad \ldots\ldots \quad (57)$$

Bredden af et Led:

$$\mathbf{b} = 2{,}6\ \mathbf{d_1} \quad \ldots\ldots \quad (58)$$

Højden af Leddets Hoved:

$$\mathbf{a} = 2 + 0{,}9\ \mathbf{d_1} \quad \ldots\ldots \quad (59)$$

Afstanden imellem to Bolte-Midter i et Led er:

$$\mathbf{h} = 5 + 2{,}8\ \mathbf{d_1} \quad \ldots\ldots \quad (60)$$

Kjædehjulet gives i det Mindste:

8 Tænder for Vægte fra 250 til 3000 Kil.
9 — - — - 4000 til 20,000 Kil. . . . . . . . . . . (61)
10 — - — over 20,000 Kilogr.

Lederullerne gives 16—30 Tænder . . . . . . . . . . . . . . . (62)

58. Efterstaaende Tabel indeholder de Maal, som Neustadt giver sine Kjæder. Tabellen er ikke beregnet efter de foranstaaende Formler, men Værdierne stemme godt overens dermed. Alle Maal ere Millimeter. (Se Fig. 44.)

| Byrde at løfte i Kilogr. | i. Antal Led paa 1 Tap. | Kjæden. | | | | | | | | | | Hjulet. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $d_1$ | $l_1$ | d | l | m | $m_1$ | t | b | a | h | D | $D_1$ | $D_{11}$ | Antal Tænder. |
| 250 | 2 | 5 | 4 | 6 | 14 | 22 | 24 | 2 | 13 | 5,5 | 18 | 47 | 25 | 56 | 8 |
| 500 | 2 | 6,5 | 6 | 7,5 | 15 | 27 | 30 | 3 | 16,5 | 6,5 | 21 | 55 | 30 | 65 | 8 |
| 750 | 4 | 7,5 | 8 | 9 | 16 | 32 | 35 | 2 | 19 | 7 | 23 | 60 | 35 | 71 | 8 |
| 1,000 | 4 | 8 | 8 | 10 | 18 | 34 | 37 | 2 | 23 | 9,5 | 28 | 73 | 40 | 88 | 8 |
| 1,500 | 4 | 10 | 12 | 12 | 20 | 44 | 40 | 3 | 25 | 10,5 | 32 | 83,5 | 46 | 101 | 8 |
| 2,000 | 4 | 11 | 12 | 14 | 24 | 48 | 51 | 3 | 31 | 13 | 38 | 99,3 | 54 | 120 | 8 |
| 3,000 | 6 | 14 | 18 | 17 | 28 | 64 | 68 | 3 | 34 | 13 | 41 | 107 | 62 | 130 | 8 |
| 4,000 | 6 | 16 | 24 | 19 | 32 | 80 | 84 | 4 | 36 | 13,5 | 44 | 128,8 | 72 | 155 | 9 |
| 5,000 | 6 | 17 | 24 | 20 | 35 | 83 | 88 | 4 | 42 | 16,5 | 51 | 149 | 78 | 180 | 9 |
| 7,500 | 6 | 19,5 | 24 | 23 | 40 | 88 | 93 | 4 | 56 | 22,5 | 56 | 193 | 96 | 230 | 9 |
| 10,000 | 8 | 23 | 32 | 28 | 45 | 109 | 115 | 4 | 61 | 23,5 | 71 | 207,5 | 110 | 247 | 9 |
| 15,000 | 8 | 29 | 40 | 34 | 55 | 135 | 142 | 5 | 73 | 28 | 86 | 251,5 | 130 | 300 | 9 |
| 20,000 | 8 | 35 | 48 | 40 | 65 | 161 | 170 | 6 | 85 | 32 | 100 | 292 | 150 | 352 | 9 |

## d. Jerntraads-Tove.

59. Man anvender ofte Tove af Jerntraad i Stedet for Tove af Hampegarn, navnlig i saadanne Tilfælde, hvor Hampetove snart vilde blive forslidte, og desuden til Hængebroer, Skibstakkelage, Afstivninger o. m. a. T.

Ofte forzinkes (galvaniseres) Jerntraaden, for at beskytte den imod Rust.

60. Jerntraadstove, der ikke skulle bevæges, kunne dannes som Bundter af enkelte Traade, ved at lægge disse parallelt sammen ved Siden af hverandre, og samle dem paa flere Steder ved Omvikling med Jerntraad; men i Reglen snoes de, ligesom Hampetove.

De Tove, der skulle bevæge sig, t. Ex. ved at benyttes til Snorløb, bestaa af 36 til 72 eller flere Traade, af hvilke hver 6 til 12 danne en tynd Snor, og af saadanne slaaes Tovet uden om en Hampesnor eller saakaldt Sjæl, der altsaa ligger i Midten; se Fig. 45.

De tynde Snore slaaes ligesom Tovene uden om en Sjæl eller et Hampegarn. Tove, som ikke skulle gaa over Tridser, Snorskiver eller Valser behøve ingen Sjæle.

61. Naar man kjender Antallet af Traade, hvoraf Tovet bestaaer, sædvanlig kun 36, og de enkelte Traades Tykkelse, i Reglen ikke under $^{1}/_{2}$ Mm. og ikke synderligt over 2 Mm., saa bliver selve Tovtykkelsen, naar Tovet har Hampesjæle, og

g = Tovets Vægt for en eller anden given Længde

**d** = Tovets Diameter,

$\delta$ = de enkelte Traades Tykkelse eller Diameter,

**a** = Antallet af Traade i Tovet,

$$\left.\begin{array}{l} \text{for } \mathbf{a} = 36 \;\ldots\; 42 \;\ldots\; 48 \;\ldots\; 60 \;\ldots\; 72 \;.. \\ \quad\;\; \mathbf{d} = \;\; 8\,\delta \quad 10{,}_{25}\,\delta \quad 11{,}_{33}\,\delta \quad 12{,}_{8}\,\delta \quad 14{,}_{2}\,\delta \end{array}\right\} \ldots\ldots\ldots \quad (63)$$

90

Staaltraad og Messingtraad er ikke saa godt som blød, svensk Jerntraad, der nu udelukkende anvendes til Jerntraadstove.

62. Efter R. S. Newalls & Co.s omfattende Forsøg er Brudbelastningen for Jerntraadstove i Gjennemsnit:

1) 34,31 Kil. pr. □ Mm.,
2) 47,000 ℔ pr. □″ dansk eller norsk,
3) 49,300 ℔ pr. □″ svensk,

altsaa omtrent kun halv saa stor, som Jerntraadens absolute Styrke; denne Forringelse hidrører dels derfra, at Jerntraaden svækkes meget ved at snoes, men især hidrører den fra, at Tovet ikke danner en til dets Diameter ganske udfyldt Cirkelflade i sit Tversnit, se Fig. 45, medens de anførte Styrke-Værdier ere Forholdstal til en fuld Cirkelflade.

63. Jerntraadstovenes Styrke kunne let udregnes efter de anførte Værdier; men ved at gjøre Udregningen efter Antallet af Traade i Tovet, gjælde Formlerne baade for Tove med og uden Sjæle.

Tove, som gaa over Skiver elles Valser for at anvendes ved Hejseværker, navnlig ved Grubedrift, eller til at forplante en Bevægelse, lide en betydelig Spænding ved at bøjes om Skiverne eller Valserne, da, som omtalt ved Bøjnings-Theorien, de yderste Fibre strækkes, og de underste sammentrykkes. Det er indlysende, at Spændingen bliver langt større ved Bøjning om smaa Skiver end om store, og ligeledes at tykke Traade lide en større Spænding ved Bøjniugen end tynde, da Strækningen af de yderste Fibre og Sammentrykningen af de underste Fibre skeer i Forhold til Traadtykkelsen. For at Spændingen ikke skal blive skadelig for Brugen af Tovet, maa Skiverne eller Valserne derfor gives en Størrelse, der afhænger af Traadtykkelsen.

T = den Kraft eller Byrde, som bryder Tovet
D = Diameter af Skiver og Valser

64. Jerntraadstove, der gaa over Skiver eller Valser for at anvendes ved Hejseværker giver man i Tyskland en Træk-Spænding i Traaden af 9 Kilo-

grammer, i Frankrig derimod i Reglen kun 8 Kilog. pr. □ Millim., og for at Skiverne eller Valserne ikke skulle faa altfor store Maal, tillader man en Bøjnings-Spænding af 18 Kil. pr. □ Mm. i Traadene, hvilket tilsammen giver en Spænding af 27 Kilog. pr. □ Mm., hvorimod man kun tillader en Spænding af ialt 18 Kil. pr. □ Mm. i Tove, der anvendes til at forplante en Bevægelse.

Naar $\mathbf{P}$ = Byrden, som Tovet skal bære eller trække, saa bliver altsaa:

$$\left.\begin{array}{ll} 1)\ \mathbf{P} = \dfrac{9 \times \mathbf{a}\, \pi\, \delta^2}{4} = 7{,}1\ \mathbf{a}\, \delta^2 & \text{for } \delta = \text{Mm.} \\ 2)\ \mathbf{P} = \dfrac{12314\ \mathbf{a}\, \pi\, \delta^2}{144 \times 4} = 67\ \mathbf{a}\, \delta^2 & \text{for } \delta = \text{Linier} \\ 3)\ \mathbf{P} = \dfrac{12951\ \mathbf{a}\, \pi\, \delta^2}{144 \times 4} = 70{,}6\ \mathbf{a}\, \delta^2 & \text{for } \delta = \text{Linier} \end{array}\right\} \ldots\ldots\ (64)$$

og derefter bliver altsaa ved de anførte Værdier for $\delta$:

$$\left.\begin{array}{l} 1)\ \delta = {}^3/_8 \sqrt{\dfrac{\mathbf{P}}{\mathbf{a}}} \\ 2)\ \delta = 0{,}12 \sqrt{\dfrac{\mathbf{P}}{\mathbf{a}}} \\ 3)\ \delta = 0{,}119 \sqrt{\dfrac{\mathbf{P}}{\mathbf{a}}} \end{array}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ (65)$$

Skivernes eller Valsernes Diameter maa ikke være mindre end:

$$\mathbf{D} = 1110\ \delta \ldots\ldots\ldots\ldots\ (66)$$

hvorimod det er meget gavnligt at gjøre dem større.

65. Til at løfte store Byrder kan man enten anvende flere enkelte Tove, for at faa saa smaa Valser eller Skiver som muligt, eller man anvender flade Tove, der sædvanlig ere sammensatte af 6 enkelte Tove, hver paa 24 Traade, der sammenholdes med Tverstifter eller med Traad.

Bære-Evnen og Traadtykkelsen beregnes efter Formlerne 64 og 65, og Skivernes eller Valsernes Diameter efter Formel 66.

Expl. 1. Et Tov paa 42 Traade, der skal ophejse en Byrde af 2100 Kil., faaer efter Formel 65 en Traadtykkelse:

$$\delta = {}^3/_8 \sqrt{\frac{2100}{42}} = 2{,}65 \text{ Mm.}$$

Efter Formel 63 bliver da:

$$\mathbf{d} = 10{,}25\ \delta = 10{,}25 \times 2{,}65 = 27{,}16 \text{ Mm.}$$

og efter Formel 66:

$$\mathbf{D} = 1110\ \delta = 2942 \text{ Mm.}$$

Expl. 2. Anvendes et fladt Tov med 144 Traade til at løfte den anførte Byrde af 2100 Kil., saa bliver:

$$\delta = {}^3/_8 \sqrt{\frac{2100}{144}} = 1{,}43 \text{ Mm., og}$$

$$\mathbf{D} = 1110 \times 1{,}43 = 1588 \text{ Mm.}$$

66. Jerntraadstove af Traad, som ikke er over 1 Mm. tykt, og som ikke gaa over Skiver eller Valser, men kun skulle bære en Byrde, kan man give en Spænding af 16 Kilogr. pr. □ Mm, derved bliver:

$$\left.\begin{array}{lll} 1)\ \mathbf{P} = 12{,}56\ \mathbf{a}\ \delta^2 & \text{for } \delta = \text{Mm.} \\ 2)\ \mathbf{P} = 119{,}32\ \mathbf{a}\ \delta^2 & \text{for } \delta = \text{Linier} \\ 3)\ \mathbf{P} = 125{,}51\ \mathbf{a}\ \delta^2 & \text{for } \delta = \text{Linier} \end{array}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(67)}$$

og derefter for $\delta$ i Millimeter og i Linier:

$$\left.\begin{array}{l} 1)\ \delta = 0{,}2825 \sqrt{\frac{\mathbf{P}}{\mathbf{a}}} \\ 2)\ \delta = 0{,}0917 \sqrt{\frac{\mathbf{P}}{\mathbf{a}}} \\ 3)\ \delta = 0{,}0893 \sqrt{\frac{\mathbf{P}}{\mathbf{a}}} \end{array}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(68)}$$

67. Jerntraadstovenes Vægt udgjør:

1) i Kilogr. for en Længde af 1 Meter:

$$\mathbf{G} = 0{,}007\ \mathbf{a}\ \delta^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(69)}$$

2) i Pund for en Længde af 10 Fod dansk eller norsk, naar $\delta$ = Linier:

$$\mathbf{G} = 0{,}21\ \mathbf{a}\ \delta^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(70)}$$

3) i Pund for en Længde af 10 Fod svensk, naar $\delta$ = Linier:

$$\mathbf{G} = 0{,}208\ \mathbf{a}\ \delta^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(71)}$$

Exempel. Et Tov med 36 Traade, og af en Traadtykkelse $\delta = 2{,}86$ Mm., vejer pr. Meter:

$$\mathbf{G} = 0{,}007 \times 36 \times 2{,}86^2 = 2{,}06 \text{ Kil.}$$

Naar Bære-Kraften **P** er udregnet efter Formel 67, saa er Vægten af Tovet paa det Nærmerte:

1) for en Længde af 1 Meter, naar **G** og **P** ere Antal Kilogrammer:

$$\mathbf{G} = \frac{\mathbf{P}}{1000} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(72)}$$

2) for en Længde af 1 dansk eller norsk Fod, naar **G** og **P** ere Antal Pund:

$$\mathbf{G} = \frac{\mathbf{P}}{3200} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(73)}$$

idet der regnes med fra 5 til 6½ Ganger Sikkerhed se Formel 72



3) for en Længde af 1 svensk Fod, naar $\mathsf{G}$ og $\mathsf{P}$ ere Antal Pund:

$$\mathsf{G} = \frac{\mathsf{P}}{3400} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (74)$$

68. Naar Jerntraadstoveue ere meget lange, som ved Grubedrift, maa der tages Hensyn til deres egen Vægt ved Bestemmelsen af den Byrde, de skulle løfte.

Tovene sønderrives ved deres egen Vægt ved en Længde af 5000 til 6,500 Metre.

Naar Tovets egen Vægt skal regnes med ved Bestemmelsen af Traadtykkelsen, saa indsættes i Styrkeformlerne 65, istedetfor $\mathsf{P}$, naar:

$\mathsf{L}$ = Tovets Længde i Meter eller i Fod, efter som Formlen gjælder for fransk, dansk og norsk eller for svensk Maal og Vægt:

$$1)\ \frac{\mathsf{P}}{\left(1 - \frac{\mathsf{L}}{1000}\right)} \qquad 2)\ \frac{\mathsf{P}}{\left(1 - \frac{\mathsf{L}}{3200}\right)} \qquad 3)\ \frac{\mathsf{P}}{\left(1 - \frac{\mathsf{L}}{3400}\right)} \Bigg\} \ldots\ldots \quad (75)$$

Exempel. Naar det i Exempel 1 under Nr. 65 anførte Tov, der løfter, 2100 Kil., skulde kunne naa ned i en Grube paa 400 Meters Dybde saa maatte der i Formlen for $\delta$ (65–67, 68) indsættes i Stedet for 2100:

$$\frac{2100}{\left(1 - \frac{400}{1000}\right)} \text{ eller } \frac{2100}{0{,}6},$$

hvilket giver $\mathsf{P} = 3500$ istedet for 2100, hvorved Traadenes Tykkelse vilde blive betydeligt større.

Anmk. Jerntraadstove kunne forplante en Bevægelse i over 1000 Meters Afstand. For at undgaa store Sænkninger $\mathsf{h}_1$ og $\mathsf{h}_2$ Fig. 177 anbringes Bæreruller i Afstande af 100 Meter eller mindre fra hinanden og fra Tovskiverne. Den mindste Afstand for et Tovanlæg er 10—15 Meter. Tovskivernes Diameter bestemmes efter Tabel 69; Bærerullernes, under Tovets trækkende Part, skal være lig Tovskivernes, men under den førte Part kan den i nedenanførte Tilfælde gjøres $^4/_5$ af Tovskivernes. Traadtykkelsen i Millimeter for et Træk = $\mathsf{P}$ i Kil. i Skivens Omkreds er: $\delta = {}^5/_8 \sqrt{\frac{\mathsf{P}}{\mathsf{a}}}$, naar $\mathsf{a}$ = Traadenes Antal i Tovet. Sænkningerne $\mathsf{h}_1$ og $\mathsf{h}_2$ i Meter for Afstanden $\mathsf{A}$ i Meter imellem 2 Skiver eller Bæreruller bliver:

$$\mathsf{h}_1 = 0{,}3535\ (960 - \sqrt{921{,}600 - \mathsf{A}^2})$$
$$\mathsf{h}_2 = 0{,}3535\ (480 - \sqrt{230{,}400 - \mathsf{A}^2})$$

og for Hvilespændingen bliver: $\mathsf{h}_0 = 0{,}28\ \mathsf{h}_1 + 0{,}67\ \mathsf{h}_2$, naar man vælger en Trækspænding af 6 Kil. og en Bøjningsspænding af 12 Kil. pr. □ Mill. i Tovets trækkende Part. (Spændingen i Tovets trækkende Part er dobbelt saa stor som Trækkraften $\mathsf{P}$.) Se videre i Reuleaux's Constructeur.

Se Side 143.

69. **Tabel**

over Jerntraadstove med Mere (efter Reuleaux).

| Traadenes | | Runde Tove med 36 Traade. | | | Flade Tove med 6 × 24 Traade. | | | | **D** mindste Værdi i Mm. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tykkelse $\delta$ i Mm. | Nr. engl. | d i Mm. | P i Kilog. | G i Kil. | d i Mm. | b i Mm. | P i Kil. | G i Kil | |
| 1 | 20 | 8 | 256 | 0,25 | 6 | 36 | 1024 | 1 | 1110 |
| 1,2 | 19 | 9,6 | 369 | 0,36 | 7,2 | 43,2 | 1474 | 1,45 | 1332 |
| 1,4 | 18 | 11,2 | 502 | 0,49 | 8,4 | 50,4 | 2007 | 1,98 | 1554 |
| 1,6 | 17 | 12,8 | 655 | 0,64 | 9,6 | 57,6 | 2621 | 2,58 | 1776 |
| 1,8 | 16 | 14,4 | 829 | 0,81 | 10,8 | 64,8 | 3317 | 3,27 | 1998 |
| 2 | 15 | 16 | 1024 | 1 | 12 | 72 | 4095 | 4,03 | 2220 |
| 2,25 | 14 | 18 | 1296 | 1,26 | 13,5 | 81 | 5183 | 5,10 | 2498 |
| 2,5 | 13 | 20 | 1600 | 1,56 | 15 | 90 | 6399 | 6,30 | 2776 |
| 2,75 | 12 | 22 | 1936 | 1,91 | 16,5 | 99 | 7743 | 7,62 | 3052 |
| 3 | 11 | 24 | 2304 | 2,25 | 18 | 108 | 9215 | 9,07 | 3330 |

Exempel. Ved en Grubedrift skal der hæves Byrder paa 600 Kil. i et Hejseapparat af 950 Kil.s Vægt, og fra en Dybde af 150 Meter, hvortil der skal anvendes et fladt Tov med 6 × 24 Traade.

Her bliver altsaa:

$$\mathbf{P} = \frac{600 + 950}{1 - \frac{150}{1000}} = \frac{1550}{0{,}85} = 1820 \text{ Kil.},$$

hvortil efter Tabellen svarer (for den nærmeste Værdi = 2007 Kil.) en Traadtykkelse $\delta$ = 1,4 Mm., en Tovtykkelse **d** = 8,4 Mm. og en Bredde = **b** = 50.4 Mm., samt en Valse af en Diameter **D** = 1554 Mm., og Tovets Vægt bliver pr. Meter = 1,98 Kil.

## e. Hampetove.

Se Side 147

70. Hampetovenes Styrke beroer især paa Materialets Godhed, paa de enkelte Garns Finhed og paa en passende Snoning.

Tovene maa slaaes saaledes, at de enkelte Garn tabe $^1/_5$ af Længden, da en stærkere Snoning svækker dem; Forsøg have viist, at et Tov, der var slaaet saaledes, at Garnene havde tabt $^1/_5$ af Længden, kunde bære 6206 ℔, hvorimod et andet Tov, af samme Materiale, men som havde tabt $^1/_4$ af

Længden, kun bar 4850 ℔, og et Tov, der havde tabt $^1/_3$ af Længden, bar kun 4098 ℔.

Styrken pr. Kvadratmaal af Tversnittet er større ved tynde end ved tykke Tove.

Vaade Tove og tjærede Tove have en mindre Styrke end tørre og utjærede Tove, og nye Tove ere stærkere end gamle.

71. Ifølge Wiebe kan et utjæret, nyt Tov, der gaaer over en Skive eller Valse, i Gjennemsnit betynges med:

1) 1,1 Kil. pr. □ Mm.,
2) 1500 ℔ pr. □″ dansk eller norsk,
3) 1580 ℔ pr. □″ svensk,

hvorved er regnet en Styrke af $^1/_6$ af tynde Tove, og $^1/_5$ af tykke Toves Brudbelastning.

Vaade og tjærede Tove maa kun belastes med $^3/_4$ af de anførte Vægte.

72. De runde treslaaede Tove ere de mest benyttede. De slaaes enten løse eller faste, eftersom de mest skulle bruges til staaende eller løbende Reb, og de belastes da derefter forskjelligt.

Er $\mathbf{d}$ = Dmt. af den Cirkel, man kan beskrive uden om Tovets 3 Parter;
$\mathbf{p}$ = Omkredsen af Tovet, d. v. s. Længden af en Traad, der gaaer 1 Gang om Tovet, hvorved $\mathbf{p}$ bliver mindre end den til Diameteren $\mathbf{d}$ svarende Periferi;
$\delta$ = Tykkelsen (Diameteren) af hver af Tovparterne;

saa er:
$$\left.\begin{aligned} \mathbf{d} &= 2{,}15\ \delta \\ \mathbf{p} &= 6{,}14\ \delta = 2{,}85\ \mathbf{d} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (76)$$

for et hvilket som helst Slags Maal.

73. Naar Tovet gaaer over en Skive elller en Valse, og

$\mathbf{P}$ = Belastningen, saa er:

for løst slaaede Tove:

$$1)\ \left\{\begin{aligned} \mathbf{d} &= 1{,}2\ \sqrt{\mathbf{P}} \\ \mathbf{p} &= 3{,}42\ \sqrt{\mathbf{P}} \\ \mathbf{P} &= 0{,}7\ \mathbf{d}^2 = 0{,}085\ \mathbf{p}^2 \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (77)$$

$$2)\ \left\{\begin{aligned} \mathbf{d} &= 0{,}0325\ \sqrt{\mathbf{P}} \\ \mathbf{p} &= 0{,}0926\ \sqrt{\mathbf{P}} \\ \mathbf{P} &= 958\ \mathbf{d}^2 = 116\ \mathbf{p}^2 \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (78)$$

$$3)\ \left\{\begin{aligned} \mathbf{d} &= 0{,}0315\ \sqrt{\mathbf{P}} \\ \mathbf{p} &= 0{,}0898\ \sqrt{\mathbf{P}} \\ \mathbf{P} &= 1007\ \mathbf{d}^2 = 122\ \mathbf{p}^2 \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (79)$$

for fast slaaede Tove:

$$1)\quad \left\{\begin{aligned} d &= \sqrt{P} \\ p &= 2{,}85\ d \\ P &= d^2 = 0{,}125\ p^2 \end{aligned}\right\} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (80)$$

$$2)\quad \left\{\begin{aligned} d &= 0{,}027 \sqrt{P} \\ p &= 0{,}077 \sqrt{P} \\ P &= 1368\ d^2 = 171\ p^2 \end{aligned}\right\} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (81)$$

$$3)\quad \left\{\begin{aligned} d &= 0{,}0263 \sqrt{P} \\ p &= 0{,}075 \sqrt{P} \\ P &= 1439\ d^2 = 180\ p^2 \end{aligned}\right\} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (82)$$

Ved Grubedrift bydes Tovet kun det Halve af den anførte Belastning.

Koefficienterne for Sønderrivning af nye Tove er (se Tabel 29) 12 Kil. for fast slaaede Tove, og 8 Kil. for løst slaaede Tove, hvorved maa erindres, at disse Værdier gjælde for en fuld udfyldt Kvadratmillimeter, altsaa ikke for Tversnittet af den Cirkel, der omslutter Tovet, men Tversnittet af de tre Tovparter, hver for sig.

74. Tove, som ikke gaa over Skiver og Valser, kan man lade bære $^7/_4$ Gange den Vægt, som findes efter de under Nr. 73 anførte Formler, hvorved man faaer:

for Tove af en løs Slaaning:

$$\left.\begin{aligned} &1)\ P = 1{,}225\ d^2 = 0{,}149\ p^2 \\ &2)\ P = 1676\ d^2 = 203\ p^2 \\ &3)\ P = 1762\ d^2 = 213\ p^2 \end{aligned}\right\} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (83)$$

for Tove af en fast Slaaning:

$$\left.\begin{aligned} &1)\ P = 1{,}75\ d^2 = 0{,}216\ p^2 \\ &2)\ P = 2394\ d^2 = 300\ p^2 \\ &3)\ P = 2518\ d^2 = 315\ p^2 \end{aligned}\right\} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (84)$$

75. Diameteren af Skiver og Valser for Hampetove gjør man i det Mindste:

for Tove af en løs Slaaning:

$$D = 6 \text{ til } 8\ d \dots\dots\dots\dots\dots\dots (85)$$

for Tove af en fast Slaaning:

$$D = 12 \text{ til } 16\ d \dots\dots\dots\dots\dots\dots (86)$$

Til Grubedrift gjør man Skiver og Valser ikke mindre end:

$$D = 50\ d \dots\dots\dots\dots\dots\dots (87)$$

76. Hampetovenes Vægt udgjør:

for løst slaaede Tove:

1) i Kilogr. for en Længde af 1 Meter:

$$G = 0{,}00071\ d^2 \ldots\ldots \tag{88}$$

2) i Pund for en Længde af 10 Fod dansk eller norsk, naar **d** = Tommer:

$$G = 3{,}038\ d^2 \ldots\ldots \tag{89}$$

3) i Pund for en Længde af 10 Fod svensk, naar **d** = Tommer:

$$G = 3{,}034\ d^2 \ldots\ldots \tag{90}$$

for fast slaaede Tove:

for de ovenfor benyttede Maal og Vægte:

1) $G = 0{,}00106\ d^2$ . . . . . (91)

2) $G = 4{,}535\ d^2$ . . . . . (92)

3) $G = 4{,}529\ d^2$ . . . . . (93)

Naar Tovets Bærekraft er udregnet efter Formlerne 77—82, saa er Vægten af Tovet paa det Nærmeste:

1) for en Længde af 1 Meter, naar **P** og **G** ere Kilogrammer:

$$G = \frac{P}{1000} \ldots\ldots \tag{94}$$

2) for en Længde af 1 dansk eller norsk Fod, naar **P** og **G** er Pund:

$$G = \frac{P}{3200} \ldots\ldots \tag{95}$$

3) for en Længde af 1 svensk Fod, naar **P** og **G** ere Pund:

$$G = \frac{P}{3400} \ldots\ldots \tag{96}$$

77. Hampetovene sønderrives ved deres egen Vægt ved en lodret Længde af 5—6000 Meter. — Vil man ved meget lange Tove tage disses egen Vægt med i Regningen for Bærekraften, saa indsættes i Styrkeformlerne istedet for **P** de Værdier, der ere anførte under Formel 75.

Gamle, hyppigt brugte Toves Bærekraft kan slet ikke nøjagtig bestemmes; de bør under alle Omstændigheder ikke regnes for stærkere end $^1/_5$—$^1/_6$ af de nye Toves, og endda kun for saa vidt, at de have et taaleligt godt Udseende.

## 78 a. **Tabel**

over nye treslaaede, utjærede Toves Bærekraft m. m. for Værdier i Millimeter og Kilogrammer.

**G** = Vægten af 1 Meters Tovlængde.

| Tov. | | Løst slaaede Tove. | | | Fast slaaede Tove. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | D | | |
| d | p | P | D | G | P | simple Hejse-værk. | ved Grube-drift. | G |
| 10 | 28,5 | 70 | 60 | 0,071 | 100 | 120 | 500 | 0,106 |
| 12 | 34 | 101 | 72 | 0,102 | 144 | 144 | 600 | 0,153 |
| 15 | 43 | 158 | 90 | 0,160 | 225 | 180 | 750 | 0,239 |
| 20 | 57 | 280 | 120 | 0,284 | 400 | 240 | 1000 | 0,424 |
| 25 | 71 | 438 | 150 | 0,444 | 625 | 300 | 1250 | 0,663 |
| 30 | 85 | 630 | 180 | 0,64 | 900 | 360 | 1500 | 0,95 |
| 35 | 100 | 858 | 210 | 0,87 | 1225 | 420 | 1750 | 1,3 |
| 40 | 114 | 1120 | 240 | 1,14 | 1600 | 480 | 2000 | 1,7 |
| 45 | 128 | 1418 | 270 | 1,44 | 2025 | 540 | 2250 | 2,15 |
| 50 | 145 | 1750 | 300 | 1,78 | 2500 | 600 | 2500 | 2,65 |
| 55 | 160 | 2118 | 330 | 2,15 | 3025 | 660 | 2750 | 3,21 |
| 60 | 171 | 2520 | 360 | 2,56 | 3600 | 720 | 3000 | 3,82 |
| 65 | 185 | 2958 | 390 | 3,00 | 4225 | 780 | 3250 | 4,48 |
| 70 | 200 | 3440 | 420 | 3,48 | 4900 | 840 | 3500 | 5,19 |
| 75 | 214 | 3938 | 450 | 4,00 | 5625 | 900 | 3750 | 5,96 |
| 80 | 228 | 4480 | 480 | 4,54 | 6400 | 960 | 4000 | 6,78 |
| 90 | 257 | 5670 | 540 | 5,75 | 8100 | 1080 | 4500 | 8,59 |
| 100 | 285 | 7000 | 600 | 7,10 | 10000 | 1200 | 5000 | 10,60 |

**d**, **p**, **P** og **D** have den i de foregaaende Numre anførte Betydning.

## 78 b. **Tabel**

over Bærekraft af nye, utjærede, treslaaede Tove, der gaa over Tridser eller Valser, samt over Vægten (**G**) af 10 Fod Tov.

| Tovets Maal i danske, norske eller svenske Tommer. | | Tove af en løs Slaaning. | | | | Tove af en fast Slaaning. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ℔ dansk & norsk. | | ℔ svensk. | | ℔ dansk & norsk. | | ℔ svensk. | |
| d | p | P | G | P | G | P | G | P | G |
| 1/16 | 0,178 | 3,7 | 0,012 | 3,9 | 0,012 | 5,3 | 0,018 | 5,6 | 0,018 |
| 1/8 | 0,356 | 15 | 0,048 | 15,7 | 0,048 | 21,4 | 0,071 | 22,5 | 0,071 |
| 3/16 | 0,534 | 34 | 0,107 | 35 | 0,107 | 48 | 0,159 | 51 | 0,159 |
| 1/4 | 0,713 | 60 | 0,19 | 63 | 0,19 | 86 | 0,28 | 90 | 0,28 |
| 5/16 | 0,891 | 94 | 0,3 | 98 | 0,3 | 134 | 0,44 | 140 | 0,44 |
| 3/8 | 1,069 | 135 | 0,43 | 142 | 0,43 | 192 | 0,64 | 202 | 0,64 |
| 7/16 | 1,247 | 184 | 0,58 | 193 | 0,58 | 261 | 0,87 | 275 | 0,87 |
| 1/2 | 1,428 | 240 | 0,76 | 252 | 0,76 | 342 | 1,13 | 360 | 1,13 |
| 5/8 | 1,781 | 374 | 1,19 | 393 | 1,19 | 534 | 1,78 | 562 | 1,78 |
| 3/4 | 2,138 | 539 | 1,71 | 566 | 1,71 | 770 | 2,55 | 809 | 2,55 |
| 7/8 | 2,494 | 733 | 2,33 | 771 | 2,32 | 1007 | 3,48 | 1102 | 3,47 |
| 1 | 2,85 | 958 | 3,04 | 1007 | 3,03 | 1368 | 4,54 | 1439 | 4,53 |
| 1 1/8 | 3,206 | 1212 | 3,85 | 1274 | 3,84 | 1731 | 5,75 | 1820 | 5,74 |
| 1 1/4 | 3,563 | 1497 | 4,75 | 1573 | 4,74 | 2138 | 7,08 | 2248 | 7,07 |
| 1 3/8 | 3,919 | 1811 | 5,75 | 1897 | 5,74 | 2587 | 8,59 | 2720 | 8,58 |
| 1 1/2 | 4,278 | 2156 | 6,84 | 2266 | 6,93 | 3078 | 10,20 | 3238 | 10,19 |
| 1 5/8 | 4,631 | 2530 | 8,03 | 2658 | 8,02 | 3612 | 11,99 | 3799 | 11,97 |
| 1 3/4 | 4,988 | 2934 | 9,24 | 3084 | 9,23 | 4190 | 13,89 | 4407 | 13,87 |
| 1 7/8 | 5,344 | 3368 | 10,69 | 3539 | 10,68 | 4809 | 15,97 | 5058 | 15,95 |
| 2 | 5,7 | 3832 | 12,15 | 4028 | 12,14 | 5472 | 18,14 | 5756 | 18,12 |
| 2 1/4 | 6,413 | 4850 | 15,38 | 5098 | 15,36 | 6926 | 22,96 | 7285 | 22,92 |
| 2 1/2 | 7,128 | 5988 | 18,99 | 6294 | 18,96 | 8550 | 28,34 | 8994 | 28,30 |
| 2 3/4 | 7,838 | 7144 | 22,98 | 7615 | 22,95 | 10346 | 34,30 | 10882 | 34,24 |
| 3 | 8,55 | 8622 | 27,34 | 9063 | 27,31 | 12312 | 40,82 | 12951 | 40,76 |

**Anmk.** I streng videnskabelig Henseende henhører Theorien for Styrken af Kjæder, Ringe, Kroge og for Jern- og Hampetove, naar disse gaa over Skiver eller Valser, til Afsnittet om Styrke mod forskjellige samtidige Kraftvirkninger.

79. Naar Hampesnore ved Hjælp af Jern-Snorskiver skulle forplante en Kraft, saa er Spændingen i den trækkende Part af Snoren dobbelt saa stor, som Trækkraften $\mathbf{P}$, der virker i Snorskivens Omkreds, (Naar $\mathbf{N}$ = Antallet af Hestes Kraft, $\mathbf{v}$ = Hastigheden, saa er: 1) $\mathbf{P} = \frac{75\,\mathbf{N}}{\mathbf{v}}$, 2) $\mathbf{P} = \frac{480\,\mathbf{N}}{\mathbf{v}}$, 3) $\mathbf{P} = \frac{600\,\mathbf{N}}{\mathbf{v}}$,

altsaa Spændingen i Snoren $S_1 = \frac{75 \times 2 \times N}{v}$

hvori $\mathbf{v}$ = Meter for fransk Maal, Fod for d., n. og sv. Maal,) og Snortykkelsen bliver da for de almindelige forekommende Tilfælde:

$$1)\ \delta = 1{,}48 \sqrt{\mathbf{P}}\ (\text{for } \delta = \text{Millm.}),\quad 2 \text{ og } 3)\ \delta = 0{,}04 \sqrt{\mathbf{P}}\ (\text{for } \delta = \text{Tom.}).$$

Disse Værdier gjælde for tørre, utjærede Snore.

Snorskivernes Riller maa have et kiledannet Tversnit af en Vinkel = $60^0$, se Fig. 178.

Til større Kræfters Forplantelse kan benyttes Snorskiver med flere Riller. Det fortjener Opmærksomhed, at Combe i Belfast har benyttet runde **Lædersnore** til at sætte sin store Maskinfabrik i Bevægelse for en Kraft af over 60 Heste, uden Anvendelse af staaende Axler eller koniske Hjul. Snorene ere ikke over 25 Mm. tykke, og han benytter 2, 3, 4, indtil 6 ved Siden af hinanden. For fransk Maal angiver Reuleaux Snortykkelsen til ikke under: $\delta = 4 \sqrt{\mathbf{P}}$. Ved en stor Kraft maa denne Tykkelse altsaa fordeles paa flere Snore efter disses Tversnitsflade.

**Anmk.** For Læder-Drivremme antager Reuleaux følgende Tykkelser for $\delta$ i Millimeter og Spændingen $\mathbf{S}$ i Kil. pr. □ Mm., svarende til Bredderne $\mathbf{b}$ i Mill., nemlig:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\mathbf{b}$ = | 50. | 100. | 150. | 200. | 250. | 300 | Mm. |
| $\delta$ = | 3,97. | 4,74. | 5,25. | 5,64. | 5,97. | 6,24 | Mm. |
| $\mathbf{S}$ = | 0,09. | 0,16. | 0,21. | 0,27. | 0,31. | 0,36 | Kil. |

Under disse Antagelser, og andre forudgaaende Betragtninger, faaer man følgende Bredde for en Kraft $\mathbf{P}$ i Omkredsen af Remskiven:

1) $\mathbf{b} = 18 \sqrt{\mathbf{P}}$ for $\mathbf{b}$ i Mm.

2) $\mathbf{b} = 0{,}51 \sqrt{\mathbf{P}}$ for $\mathbf{b}$ i Tommer.

3) $\mathbf{b} = 0{,}48 \sqrt{\mathbf{P}}$ for $\mathbf{b}$ i Tommer.

Anvender man Dobbeltremme ved store Kræfter, d. v. s. to efter Tykkelsen sammensyede Remme, saa beregner man først Bredden, som for en enkelt Rem, og multiplicerer dernæst Bredden med 0,7.

Naar Bredden skal være over 8 Tommer, anvendes bedst flere Remme af mindre Bredde.

Remskiverne gjøres helst saa store som muligt, dog indenfor rimelige Grænser; en Diameter af Størrelse = 8 Gange Rembredden, kan ansees for passende, hvis ikke særegne Omstændigheder fordre en Afvigelse herfra. Bredden gjøres $^5/_4$ Gange Rembredden.

I den nyere Tid har man i høj Grad befordret Remmens Trækevne ved at beklæde Remskiven med Læder, der maa anbringes tilstrækkelig fast.

---

## III. Sammentrykning

### eller Modstand mod Sønderknusning.

80. I det Efterfølgende har:

**P. F. $K_1$. $k_1$. $E_1$.** og **$T_1$.** de under Nr. 28, 30 og 31 anførte Betydninger eller Værdier.

Ifølge de i det Foregaaende afhandlede Læresætninger bliver:

a. **Kraften til at sønderknuse et Legeme af en given Grundflade F:**

$$P = K_1 F \quad \ldots \quad (97)$$

b. **Størrelsen af den Flade, der ligger lige ved Grænsen for Sønderknusning af et Legeme, der paavirkes af et givet Tryk P:**

$$F = \frac{P}{K_1} \quad \ldots \quad (98)$$

c. **Den Kraft eller det Tryk, som et Legeme med Sikkerhed kan taale, naar dets Grundflade F er givet:**

$$P = k_1 F \quad \ldots \quad (99)$$

d. **Fladens Størrelse ved et Legeme, der med Sikkerhed skal kunne taale et givet Tryk P:**

$$F = \frac{P}{k_1} \quad \ldots \quad (100)$$

e. **Fladens Størrelse ved et Legeme, der ved et givet Tryk P skal sammentrykkes indtil Spændighedsgrænsen $T_1$** (Tabel 31):

$$F = \frac{P}{T_1} \quad \ldots \quad (101)$$

**Anmk.** Ved at benytte en mindre Værdi end **$T_1$** i Formel 101, faaer man Fladens Størrelse for en Sammentrykning indenfor Spændighedsgrænsen.

P = Belastningen
F = Tværsnitsarealet
$K_1$ = Knusningsstyrken
$k_1$ = tilladelig Belastning,
$E_1$ = Elasticitetscoefficienten for Tryk
$T_1$ = Elasticitetsgrænsen for Tryk

f. **Størrelsen af Trykket P, der kan sammentrykke et Legeme med en given Trykflade F indtil Spændighedsgrænsen $T_1$:**

$$P = F\,T_1 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (102)$$

g. **Kraften til at frembringe en bestemt Sammentrykning $e^1$, naar Legemets paavirkede Flade = F og dets Højde = L er given:**

$$P = F\,E_1\,\frac{e_1}{L} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (103)$$

**Anmk.** Denne Formel er lig Formel 21, der ogsaa er anvendelig paa Sammentrykning.

h. **Størrelsen af Sammentrykningen $e_1$, naar Trykket P, Fladen F og Legemets Højde = L ere givne, er ifølge Formel 103:**

$$e_1 = \frac{P\,L}{F\,E_1} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (104)$$

81. **Exempel 1.** Kraften, der behøves til at sønderknuse en Kubus af Granit, hvis Sider ere 6″, bliver ifølge Formel 97: og Tabellen Side 20

$$P = K_1\,F = 9500 \times 36 = 342{,}000 \text{ ℔},$$

da $F = 6 \times 6 = 36$, og $K_1 = 10 \times 950$ efter Tabel 32. Side 20

**Exempel 2.** Diameteren af en Bøgetræes Cylinder, der med Sikkerhed skal kunne taale et Tryk af 20,000 ℔ svensk, bliver, da ifølge Formel 100:

$$F\quad P = \frac{P}{k_1} = \frac{20{,}000}{780} \quad (k_1 = 780 \text{ efter Tabel } 31).$$

og da $F = \dfrac{D^2 \times 3{,}14}{4}$, naar $D$ = Diameteren,

følgelig:

$$\frac{D^2 \,.\, 3{,}14}{4} = \frac{20{,}000}{780}, \text{ altsaa:}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 20{,}000}{3{,}14 \times 780}} = \sqrt{\frac{2000}{61{,}225}} = 5{,}7''.$$

**Exempel 3.** En Mur af almindelige, røde Mursten er opført til en Højde af 100 Fod svensk, og med lige stort Tryk paa ethvert Punkt af Grundfladen, hvor stor er Sikkerheden imod Knusning af de underste Sten?

**Svar.** Da 1 Kbf. Mur kan regnes til 100 ℔, saa bliver 1 Fod Murhøjde med 1 □″ til Grundflade lig $\frac{100}{144}$ ℔, da Grundfladen = 1 □′ = 144 □″; følgelig bliver 100′ Murhøjde $= 100 \times \frac{100}{144} = 70$ ℔ i afrundet Værdi. Da man efter Tabel 32 faaer 10 × 86 ℔ svensk som mindste Værdi for Sønderknusning af 1 □″ Murværk af røde Sten, saa udgjør Sikkerheden altsaa, da Mørtelen kan antages til samme Værdi:

$$\frac{860}{70} = 12{,}28.$$

**Exempel 4.** Hvor stor skal Trykfladen være i ~~dansk~~ svensk Tommemaal ved en Gjenstand af Egetræ, der skal udholde et Tryk af 24,000 ℔ uden at sammentrykkes ud over Spændighedsgrænsen $\mathbf{T_1}$?

**Svar.** Formel 101 bestemmer:

$$\mathbf{F} = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{T_1}} = \frac{24{,}000}{2590} = \text{omtrent } 10\ \square'',$$

idet at $\mathbf{P}$ er givet = 24,000 ℔, og
$\mathbf{T_1}$ = 2590 efter Tabel 31. Tab. 19

Var Trykfladen kvadratisk, saa blev Sidelinien i Kvadratet altsaa $= \sqrt{10} = 3{,}16''$; var Fladen en Cirkel, blev Diameteren $\mathbf{d}$ altsaa, da

$$\mathbf{F} = 10 = \frac{\mathbf{d}^2 \times 3{,}14}{4}:$$

$$\sqrt{\frac{4 \times 10}{3{,}14}} = \mathbf{d} = \frac{6{,}33}{1{,}77} = 3{,}6''.$$

---

## IV. Legemer med lige stor Styrke i ethvert Tversnit imod Træk eller Tryk.

82. Naar en Gjenstand lider et Træk eller et Tryk, der er fordelt enten ens eller forskjelligt paa en given Længde, eller naar der skal tages Hensyn til Legemets egen Vægt, saa bliver Brydnings-Modstands-Fladernes Størrelse forskjellige i de forskjellige Punkter af den givne Længde; ved at vælge de to yderste Punkter og et eller flere mellemliggende Punkter for Paavirkningen i Længde-Udstrækningen, og beregne Størrelsen af Fladerne i disse Punkters Tversnit, kan man tegne den Form, som Legemet skal have efter Længden. Tversnittene blive selvfølgelig mindre henimod de aftagende Kræfter, og man vælger jevnt og smukt i hinanden faldende Sidelinier, uden Hensyn til nogen streng matematisk Iagttagelse af de beregnede Værdier; se Fig. 46, 47, 48. Ved at tænke sig de nederste Dele af Figurerne vendt opad, og Kræfterne at trykke Overfladen ovenfra nedad, gjælde Formlerne tillige for Sammentrykning, dog kun for saa vidt, at Højden i Forhold

til den mindste Dimension i Tversnittet ikke er saa stor, at der kan finde en Bøjning Sted, for hvilke Tilfælde der senere vil blive givet Bestemmelser.

83. **Ved Fig. 46** antages Kraften **P** at være ens fordelt over hele Længden. Tversnittene ere antagne at være Cirkelflader. Profilet efter Længden bliver en Parabel, i Stedet for hvilket man kan anvende en afkortet Kegle med en Diameter for Endefladen af $\frac{d}{2}$, naar **d** er Diameteren, som Legemet skal have for hele Kraftvirkningen.

Diameteren for et hvilket som helst Snit bliver ellers:

$$y = d\sqrt{\frac{x}{l}} \quad \ldots\ldots \quad (105)$$

**Ved Fig. 47** antages Kraften at aftage ens nedefter, og Tversnittene at være Cirkelflader. Længdeprofilet bliver en Kegle.

Diameteren for ethvert Snit beregnes efter Formlen:

$$y = d\,\frac{x}{l} \quad \ldots\ldots \quad (106)$$

**Ved Fig. 48** antages Legemet belastet med Byrden **P**, og der tages tillige Hensyn til Legemets egen Vægt.

Sættes $\gamma$ = Legemets Vægt pr. Kubik-Enhed,
$x$ = Legemets Længde til det Sted, for hvilket man vil beregne Tversnittet,
$q$ = Flade-Indholdet af det beregnede Tversnit i Længden $x$,
$S$ = den Spænding, man vil tillade Legemet at udsættes for,
$e$ = 2,718 = Grundtallet for de naturlige Logarithmer,

**saa er:**

$$q = \frac{P}{S} e^{\frac{\gamma x}{S}} \quad \ldots\ldots \quad (107)$$

Denne Formel bliver simplere, naar man beregner Logarithmen til **q**, til hvilken man dernæst i en Logarithmetabel opsøger Værdien, man har da:

$$\text{Log. } q = \text{Log. } \frac{P}{S} + \frac{0{,}434\,\gamma\,x}{S} \quad \ldots\ldots \quad (108)$$

84. De anførte Former bidrage til at spare Materiale, men de udføres sjelden med nogen høj Grad af Nøjagtighed; ofte anvendes de endog kun for Formens Skyld, for at give Konstruktionen et passende Udtryk i Henseende til Stilen.

## V. Hule Legemers Modstand mod Sprængning og Sammentrykning.

85. Ifølge den almindelige Theori for Modstand mod Sønderrivning eller Strækning er Styrken af et Rør eller en hul Cylinder afhængig af Materialet, Størrelsen af den Flade, der udsættes for at sønderrives, og af den Spænding, der virker paa Fladen; naar derfor:

**l** = Længden af Røret,
**t** = dets Skorpetykkelse,
**d** = den indre Rørdiameter i Millimeter for fransk Maal, i Tommer for dansk, norsk og svensk Maal,
**p** = det indre Tryk pr. Flade-Enhed (Kilogrammer pr. □ Mm. eller ℔ pr. □″), naar det ydre Tryk er fraregnet,
**S** = den Spænding i Kilog. eller ℔ pr. Flade-Enhed, man vil tillade at Materialet udsættes for (**S** = **k** eller = en Part af **T** eller af **K** efter Tabel 29),

saa bliver:

$2\,t\,l\,S = d\,l\,p$, altsaa:

$$t = \frac{d\,p}{2\,S} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (109)$$

**og for hule Kugler** bliver:

$d\,\pi\,t\,S = \frac{d^2\,\pi\,p}{4}$, altsaa:

$$t = \frac{d\,p}{4\,S} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (110)$$

86. De Tykkelser, man faaer efter disse Formler for smaa Rørdiametre og svage Spændinger, ere saa ringe, at de medføre praktiske Vanskeligheder baade for Udførelsen og for Haandteringen af Gjenstande, byggede efter dem; de anførte Formler kunne derfor kun tjene til Bedømmelsen af en given Styrke, hvorimod man til praktisk Brug anvender Erfaringsformler.

87. **Tykkelsen af Godset i Rør, der kun udsættes for mindre Tryk,** nemlig saadanne, som forekomme ved Vand- Gas- og Dampledninger, bestemmes efter følgende Formler, naar:

**t** = Tykkelsen af Godset,
i Millimeter for fransk Maal, og i Linier for dansk, norsk og svensk Maal,
**d** = Rørets indre Diameter, i Millimeter eller i Linier, som for **t**,
**n** = det indre Tryk i Antal Atmosfærer med Fradrag af det ydre Tryk.

**Anmk.** En Atmosfære, maalt ved en Vandsøjle, er i afrundet Værdi:
$10^1/_3$ Meter for fransk Maal,
33 Fod for dansk og norsk Maal,
35 Fod for svensk Maal.

### a. For Vand- og Gasledningsrør.

(Efter Redtenbacher.)

| Rør af: | Tykkelsen $t$: for fransk Maal. | Tykkelsen $t$: for dansk, norsk og svensk Maal. | Formlens Nr. |
|---|---|---|---|
| Smedejern . . . . . . . | $0{,}00125\ n\ d + 3.$ | $0{,}00125\ n\ d + 1{,}5.$ | (111) |
| Støbejern . . . . . . . | $0{,}004\ n\ d + 5.$ | $0{,}004\ n\ d + 2{,}5.$ | (112) |
| Kobber . . . . . . . . . | $0{,}002\ n\ d + 1.$ | $0{,}002\ n\ d + 0{,}5.$ | (113) |
| Bly . . . . . . . . . . . | $0{,}04\ n\ d + 1.$ | $0{,}04\ n\ d + 0{,}5.$ | (114) |
| Zink . . . . . . . . . . | $0{,}025\ n\ d + 1.$ | $0{,}025\ n\ d + 0{,}5.$ | (115) |
| Træ. . . . . . . . . . . | $0{,}032\ n\ d + 27.$ | $0{,}032\ n\ d + 12{,}5.$ | (116) |
| Sten . . . . . . . . . . | $0{,}037\ n\ d + 30.$ | $0{,}037\ n\ d + 14.$ | (117) |
| Kunstig dannet Sten . . | $0{,}054\ n\ d + 40.$ | $0{,}054\ n\ d + 19.$ | (118) |

**Anmk. 1.** En Forening af tyske Ingenieurer og Maskinfabrikanter har vedtaget Normalmaal for Tykkelsen af Rør af forskjellig Størrelse i Diameter, og som paavirkes af forskjellige Tryk, samt for Rørkravernes (Flansernes) Maal, Antal og Tykkelse af Bolte m. m. for at opnaa ensartede og praktisk anvendelige Maal. Se Zeitschr. d. V. deutscher Ing., 1873.

**Anmk. 2.** Tykkelsen af Støbejerns Vandlednings-Rør, hvori Vandet kan udøve Stød, t. Ex. ved en pludselig Standsning af Cirkulationen, naar Ledningen lukkes ved en Skyder eller Ventil, kan ikke bestemmes efter Formel 112, men beregnes efter følgende Formel af Weisbach:

$$t = 0{,}000064 \left[\left(1 + 1094 \frac{h_1}{h}\right) n\ d\right] + \alpha \text{ . . . . . . . . . . . (119)}$$

naar $\frac{h}{h_1} > 759$, og

$$t = 0{,}000025 \left[\left(1 + 3675 \frac{h_1}{h}\right) n\ d\right] + \alpha \text{ . . . . . . . . . (120)}$$

naar $\frac{h}{h_1} < 750$,

hvorved $\alpha$ = 9 Mm. for $t$ udtrykt i Millimeter, og

$\alpha$ = 0,33 Tomme for $t$ i danske, norske eller svenske Tom.

Endvidere er:

$t$ = Rørtykkelsen i Millimeter eller i Tommer,

$n$ = Vandtrykket i Antal Atmosfærer,

$d$ = Rørets indre Diameter i Millimeter eller i Tommer,

$h$ = Trykhøjden i Meter eller i Fod,
ɔ: Afstanden fra Midten af Røret til Vandspejlet i Beholderen, hvorfra Røret faaer Vandet. Udmunder Røret under et andet Vandspejl, saa er $h$ = Afstanden imellem de to Vandspejl.

$h_1$ = $0{,}024\ v^2$, naar Indløbsaabningen fra Beholderen i Røret er skarpkantet; og

$v$ = Vandets Hastighed i Rørledningen i Meter eller Fod.

Hastigheden findes efter Formlen:

$$v = \frac{\sqrt{2\,g\,h}}{\sqrt{1 + m_0 + m\,\dfrac{L}{d}}}$$

hvori $g$ = Faldhastigheden = $9{,}81$ Meter.
$31{,}25$ Fod dansk eller norsk.
$33{,}03$ Fod svensk.

$h$ = Trykhøjden, som ovenfor anført.

$L$ = Rørledningens Længde i Meter eller Fod.

$d$ = Rørdiameteren, som ovenfor anført.

$m_0$ = $0{,}505$ for en skarpkantet Indløbsaabning for Vandet fra Beholderen til Røret, og
$0{,}08$ for en godt afrundet Indløbsaabning.

$$m = 0{,}01439 + \frac{0{,}016921}{\sqrt{v}}$$

For at finde denne Værdi for $m$ kan man sætte som første Tilnærmelse:

$$v = \frac{\sqrt{2\,g\,h}}{\sqrt{1{,}08 + 0{,}03\,\dfrac{L}{d}}},$$

og ved Hjælp af denne Værdi for $v$ udregnes Værdien for $m$; dernæst udregnes en ny Værdi for $v$ ved at indsætte Værdien for $m$ i den førstnævnte Formel for $v$, og den derved fundne Værdi for $v$ benyttes da til at søge en nøjagtigere Værdi for $m$, som tilsidst anvendes for Be-~~stemmelsen~~ v: Værdien for af $h_1$. Gjentages Omregningen for Søgning af $v$ endnu 1 à 2 Gange, bliver $h_1$ saameget desto nøjagtigere.

b. **For Støbejerns Damprør, Kogerer under Dampkjedler, og for Luftpumpe-Cylindre.** (Efter Reuleaux.)

1) $t = 12 + \dfrac{d}{50}$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (121)

$$\left.\begin{array}{l}2)\\3)\end{array}\right\} \; t = 6 + \frac{d}{100} \; \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \; (122)$$

c. **For Støbejerns Dampcylindre og for Vandpumpe-Cylindre.** (Efter Reuleaux.)

$$1) \; t = 20 + \frac{d}{100} \; \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \; (123)$$

$$\left.\begin{array}{l}2)\\3)\end{array}\right\} \; t = 10 + \frac{d}{200} \; \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \; (124)$$

**Anmk. 1.** Til den udregnede Cylindertykkelse maa føjes saameget, som Udboringen kræver for det Antal Gange, man tænker sig at denne skal foretages.

**Anmk. 2.** Cylinderdæxler og Bunde kunne gives samme Tykkelse, som Godset i Cylinderen; se forøvrigt Afsnit X om Tryk mod plane Flader.

**Anmk. 3. Støbejerns Rør** forbindes sædvanlig ved Hjælp af Kraver (Flanser), der sammenskrues, eller ved Muffer. Fig. 71—74 vise Maalene for Kraver og Muffer (i Millimeter).

**Boltenes Antal** bestemmes ved Formlen:

$$A = 2 + \frac{D}{50} \text{ til Rør for en ikke altfor høj Spænding;}$$

$$A = \frac{n}{180}\left(\frac{D}{d}\right)^2 \text{ til Rør for stærke indre Tryk.}$$

Derved er: $D$ = Rørets indre Diameter i Millimeter.

$d$ = Boltenes Tykkelse $= \frac{4}{3}\,t$ i Mm.

$n$ = Spændingen i Rørene i Antal Atmosfærer.

**Exp.** til en Dampcylinder af en Tykkelse $t = 30$ Mm., en Diameter $D = 1000$ Mm., og som lider et Tryk af $n = 4$ Atmosfærer, bliver Boltetykkelsen $d = \frac{4}{3} \times 30 = 40$ Millimeter, og Antallet af Bolte:

$$A = \frac{4}{180}\left(\frac{1000}{40}\right)^2 = 14.$$

**Trukne Smedejerns Rør** forbindes sædvanlig ved Muffer med Skruesnit. Muffen er i Reglen 40 Mm $+ 0{,}4\,D$ lang; Tykkelsen = Rørtykkelsen.

**Pladejerns Rør** forbindes ved paanettede Vinkeljerns Kraver af Smedejern eller Støbejern. Fig. 75 viser Maalene for Smedejerns Kraver, Fig. 76 for Kraver af Støbejern.

88. **Exempel 1.** Luftledningsrøret for Bore- og Ventilationsapparatet ved Mont-Cenis-Tunellen var af Støbejern og 200 Mm. i Diameter; det var udsat for et Tryk af 5 Atmosfærer over det ydre Lufttryk, og desuden for de Spæn-

dinger, som Varmeforholdene medførte paa hele Længden = 6 à 800 Meter; Tykkelsen var 10 Millimeter. Efter Formel 112 vilde Tykkelsen blive: $t = 0{,}004 \times 5 \times 200 + 5 = 9$ Mm. uden Hensyn til de omtalte Temperatur-Paavirkninger, der vel berettige Tillæget af 1 Mm.

**Exempel 2.** En Dampcylinder af en Diameter = 200 Linier sv. faaer efter Formel 124 en Tykkelse af:

$$t = 10 + \frac{200}{200} = 11$$ Linier, foruden hvad der lægges til for Udboringen.

89. **For Rør, der skulle udholde et høit indre Tryk, anvendes Lamé's Formel** til Beregning af Godstykkelsen, nemlig:

$$t = \frac{d}{2}\left(\sqrt{\frac{S+p}{S \div p}} \div 1\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (125)$$

hvori $t$, $d$, $S$ og $p$ have samme Betydning, som anført under Nr. 85.

Af Rørets Diameter og Tykkelse samt den indre Spænding findes Spændingen pr. Flade-Enhed i Materialet efter Formlen:

$$S = p\,\frac{\left(\frac{d}{2}+t\right)^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2}{\left(\frac{d}{2}+t\right)^2 \div \left(\frac{d}{2}\right)^2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (126)$$

Foruden **Lamé** har **Barlow** og **Brix** givet Formler for Styrken af Rør, der udsættes for høje Spændinger. Efter Barlows Formler faaer man noget større, efter Brix noget lavere Værdier end efter Lamé, hvis Formler ansees for de paalideligste og grundigst udtænkte.

90. **Cylindre til hydrauliske Presser og Pressepumper** beregnes efter Formel 125, hvorved man benytter følgende Værdier for Spændingen $S$, nemlig:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1. | for Støbejern | 3 til 7 | Kil. pr. □ Millimeter. | |
| | — Smedejern | 6 - 14 | — — | — |
| | — Støbestaal | 13 - 20 | — — | — |
| | — Bronce | 2 - 5 | — — | — |
| | — Kobber | 2 - 2,5 | — — | — |
| 2. | for Støbejern | 4000 til 9500 ℔ | pr. □″ | dansk og norsk. |
| | — Smedejern | 8000 - 19000 ℔ | — | — |
| | — Støbestaal | 17800 - 27400 ℔ | — | — |
| | — Bronce | 2700 - 6800 ℔ | — | — |
| | — Kobber | 2700 - 3400 ℔ | — | — |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | for Støbejern ......... | 4300 | til 10000 | ℔ | pr. □″ svensk. |
| | — Smedejern ......... | 8600 | - 20000 | ℔ | — — |
| 3. | — Støbestaal.......... | 18700 | - 28700 | ℔ | — — |
| | — Bronce ........... | 2900 | - 7200 | ℔ | — — |
| | — Kobber ........... | 2900 | - 3600 | ℔ | — — |

91. **Hydrauliske Presser** for voldsomme Tryk faa i Reglen Støbejerns Cylindre, der ere saa meget vanskeligere at frembringe, jo tykkere de skulle være i Godset. Man søger derfor at formindske Godstykkelsen ved at antage en høj Spænding i Materialet, og er desuden saa omhyggelig som mulig med at faa Støbejern af den bedst mulige Kvalitet, baade med Hensyn til Tæthed og Styrke. Det har viist sig, at en gjentagen Udsmeltning af Jernet i Pladeform giver et fortrinligt Materiale for Presse-Cylindre. Man har ogsaa med gode Resultater forsøgt en Tilsætning af Smedejern i Ovnen („Stirlings"-Metal).

Jo bedre man er istand til at vælge Materialet, og jo omhyggeligere og forsigtigere Støbningen udføres, desto højere tør man vælge Spændingen **S**. Desaarsag er der for Støbejern anført **S** = 3 til 7 Kil. Undertiden gaaer man i Praxis ud over denne Værdi, hvilket kun tør ske, naar man er fuldkommen vis paa en udmærket Støbning. Med Bronce forholder det sig paa samme Maade. Det almindelige gode, røde Metalgods taaler ikke, uden vedvarende Formforandringer, højere Spænding end 3 til 3,5 Kil. For højere Spændinger maa der anvendes en særegen haard Blanding.

Efterstaaende praktiske Exempler anføres til Oplysning:

**Exp. 1.** Til at løfte Conway-Broen benyttede man en hydraulisk Presse af følgende Maal: Stemplets Diameter **K** = 18″ engl. = 457 Mm.; Cylinderens Diameter **D** = 20″ = 508 Mm.; Godstykkelsen **t** = $8^3/_4$″ = 222 Mm. Belastningen udgjorde 650 Tons = 660,000 Kil. Herefter bliver det indre Tryk, eller Vandspændingen **p** = 402 Atmosfærer eller 4,02 Kil. pr. □ Mm., og Spændingen **S** = 7,2 Kil. Cylinderen er fremstillet i Fig. 51.

**Exp. 2.** Pressepumpen til nævnte Presse var af Bronce; Stemplets Diameter var 27 Mm., og Cylinderens Diameter og Godstykkelse var ligeledes 27 Mm. Spændingen **p** eller det indre Tryk var, som anført under Exp. 1, = 402 Atm. Herefter bliver Spændingen **S** i Materialet = 5 Kil.

**Exp. 3.** Ved Opstilling af Britannia-Broen blev der anvendt Presser af forskjellig Bygning. En af dem var en Dobbeltpresse med Cylindre af samme Maal som i Exp. 1. Belastningen af hvert Stempel udgjorde derimod kun 460,5 Tons eller omtrent 467,900 Kil., hvorved det indre Tryk af Vandspændingen kun blev 295 Atm., og Spændingen **S** i Materialet = 5,1 Kil.

**Exp. 4.** Den største Belastning af Presserne ved ovennævnte Bro's Opstilling var 1144 Tons eller 1,162,400 Kil. paa en Presse med een Cylinder, hvis Stempel var 20″ = 508 Mm., Cylinderens Diameter = 22″ = 559 Mm., og Godstykkelsen = 10″ = 254 Mm. Herefter blev Vandspændingen = 573 Atm., og Spændingen **S** i Materialet = 10 Kil.!! Da Brodrageren var løftet 24 Fod, sprang Cylinderen, og Drageren faldt ned paa de underneden opstillede Sikkerheds-Støtter, og blev stærkt beskadiget. Bruddet skete ikke, som man skulde mene, efter Længden, men paa tvers af Cylinderen, idet Bunden sprang af. Se Fig. 52. Den Modstandsevne, som Cylinderen viste, uagtet den overmaade store Periferiespænding, maa tilskrives det ualmindelig omhyggelige Udvalg og den fortrinlige Blanding af Støbejernet, og den omhyggelig udførte Støbning. At netop Bunden sprang af, hidrørte fra den skarpkantede Forbindelse, den havde til Cylinderen; se Fig. 52. Den nye Cylinder fik samme Maal som den sprængte, men Bunden fik en jevn Forbindelse med Cylinderen, som er viist ved Punkteringen i Fig. 52.

Den første Cylinder var bleven støbt med Bunden opad, men blev kasseret, fordi Bunden var porøs; den næste Cylinder blev støbt med Bunden nedad; det var denne, der sprang; den tredie Cylinder, hvortil Jernet var blevet omsmeltet to Gange forinden det blev taget til den endelige Støbning, holdt sig; en fjerde støbt Reservecylinder blev ikke anvendt.

**Exp. 5.** De Vanskeligheder, der hidrøre fra Cylinderbunden, ere ganske undgaaede ved en stor Presse fra Hammel i Berlin, hvorved er anvendt en særegen lige Plade, Fig. 53, til Bund, hvortil Cylinderen er fastgjort ved Hjælp af en Vinkeljerns-Ring. Pressen, som er en af de mægtigste, man kjender, har to ved Siden af hinanden staaende Cylindre. Stemplets Diameter er 23″ eller 601 Mm., Cylinderdiameteren er 24″ eller 628 Mm, Godstykkelsen **t** = $8^1/_2$″ eller 222 Mm. Trykket paa Stemplet kan gaa til 1 Million Kilog., det hele Tryk altsaa til 2 Millioner Kilog. Dette giver en Vandspænding **p** = 352 Atm., hvorved Spændingen i Materialet **S** = 7,18 Kil.

22?

**Anmk.** Ved Presser for overmaade store Tryk maa man hellere gjøre Stemplets Diameter stor end anvende et overmaade stort Vandtryk.

92. **Kugledannede Kar med et højt indvendigt Tryk** beregnes efter følgende Formel af Lamé:

$$t = \frac{d}{2}\left(\sqrt[3]{\frac{2\,(S+p)}{2\,S-p}} - 1\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (127)$$

hvilken giver en langt ringere Godstykkelse end for Cylindre af samme Diameter som Kuglen.

93. **Dampkjedlerør med ydre Tryk.**

Theorien for Rør, der paavirkes af ydre Tryk, der altsaa udsættes for at sammentrykkes, kan endnu ikke ansees for afsluttet. Fairbairn har anstillet Forsøg, hvorved han har fundet, at Længden kommer i Betragtning ved Bestemmelsen af Styrken, hans Formel er affattet for engelsk Maal, og noget vidtløftig, men Weisbach angiver en Tilnærmelse ved:

$$\mathbf{t} = 0{,}00123 \sqrt{\mathbf{l\,d\,n}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (128)$$

naar **t**, **d** og **l** er Tommemaal,
og **n** = Antal Atmosfærer af ydre Overtryk.

t = Godstykkelsen? , d = indv Diam
l = Længden.

Forøvrigt har man følgende lovbefalede Bestemmelser for saadanne Rørs Styrke:

a) De franske Anordninger fordre, at ved et saa nøjagtigt som muligt cirkelrundt Tversnit skal Rørets Tykkelse være dobbel saa stor, som for Rør og Kjedler af samme Diameter, der udsættes for samme Tryk indvendig, som hine udvendig.

b) Efter det preussiske Dampkjedle-Reglement skulle cylindriske Ild- og Røgkanaler beregnes efter følgende Formler, der her anføres for fransk, dansk, norsk og svensk Maal:

**Rør af Smedejerns Plader:**

$$1.\quad \mathbf{t} = 0{,}0067\, \mathbf{d} \sqrt[3]{\mathbf{n}} + 1{,}31 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (129)$$

$$2.\quad \mathbf{t} = 0{,}0067\, \mathbf{d} \sqrt[3]{\mathbf{n}} + 0{,}6 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (130)$$

$$3.\quad \mathbf{t} = 0{,}0067\, \mathbf{d} \sqrt[3]{\mathbf{n}} + 0{,}64 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (131)$$

**Rør af Messingplader:**

$$1.\quad \mathbf{t} = 0{,}01\, \mathbf{d} \sqrt[3]{\mathbf{n}} + 1{,}83 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (132)$$

$$2.\quad \mathbf{t} = 0{,}01\, \mathbf{d} \sqrt[3]{\mathbf{n}} + 0{,}84 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (133)$$

$$3.\quad \mathbf{t} = 0{,}01\, \mathbf{d} \sqrt[3]{\mathbf{n}} + 0{,}89 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (134)$$

hvori **t**, **d** og **n** have samme Betydning, som under Nr. 87.

Efter følgende Formel, der skyldes Fairbairns Forsøg, og som er anført i Reuleaux's Constructeur 1869, kan man udregne det Overtryk i Antal Atmosfærer = **n**, ved hvilket et Rør af givne Maal sammentrykkes, nemlig:

$$\mathbf{n} = 376{,}721 \frac{\mathbf{t}^2}{\mathbf{ld}} + 116 \frac{\mathbf{t}^2}{\mathbf{d}} - 93 \frac{\mathbf{t}}{\mathbf{d}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (135)$$

for **l**, **d** og **t** i Millimeter.

**t. Exp.** En kornisk Kjedles Røgkanal, der blev sammentrykket, havde følgende Maal:

**l** = 25 Fod = 7845 Mm.; **d** = 23″ = 601 Mm.; **t** = $0,_{25}''$ = $6,_{5}$ Mm.; den var desuden oprindelig beregnet for $2^1/_2$ Atmosfæres Overtryk. Efter Formel 135 var altsaa:

$$\mathbf{n} = 376{,}721 \times \frac{6{,}_5{}^2}{7845 \times 601} + 116 \times \frac{6{,}_5{}^2}{601} \div 93 \;\frac{6{,}_5}{601}$$

$$= 3{,}_{375} + 8{,}_{154} - 1{,}_{005} = 10{,}_{524} \text{ Atm.}$$

Midlet til at forhøje Sikkerheden uden at gjøre Rørtykkelsen større, bestaaer i at formindske Længden **l**, hvorhos Fairbairn tilraader Anbringelsen af Forstærkningsringe af **T** Jern ved Pladernes Sammenføjninger.

I England anvendes Adamsons Methode, Fig. 54, og Hicks Methode, Fig. 55, af hvilke Hicks vel er den simpleste for Udførelsen, men Adams har den Fordel, at ingen Nettehoveder udsættes for Ildens Paavirkning.

94. **Dampkjedler.**

I Forhold til de Spændinger, der forekomme ved hydrauliske Pressecylindre, ere de Spændinger, som Damqkjedler udsættes for, kun meget ubetydelige.

Men da Tykkelsen forringes ved Brugen, og da Spændingen betydeligt forhøjes ved mulig indtræffende Explosioner, saa er der, for, saa vidt muligt, at undgaa Sprængning, i alle Europas Fabrikslande givet Bestemmelser fra Lovgivningsmyndighedernes eller fra Politiets Side for Brugen og Styrken af Dampkjedler.

**I Sverrig og Norge** skal enhver Dampkjedle underkastes et kyndigt Skjøn forinden den tages i Brug.

**I Danmark** er det ved Lov af 12te April 1851 bestemt, at Dampkjedlerne skulle underkastes en Vandtrykprøve af det dobbelte Tryk, som de ere bestemte til at skulle udsættes for ved Brugen.

**I Preussen** bestemmer Circulairet af 1ste Decbr. 1864, at alle Slags Dampkjedler skulle prøves med det dobbelte af den normale Spænding, og ved Politibestemmelse af 29de Maj 1871 er det bestemt for det nordtyske Forbund, at den af Ilden berørte Flade ved Dampkjedler, Ildkanaler og Kogerør ikke maa gjøres af Støbejern, naar deres Størrelse i Lysningen ved cylindriske Former er over 25 Centimeter ($9^1/_2''$ dansk), og ved Kugleformer over 30 Centimeter ($11^1/_2''$ dansk).

Anvendelsen af Messingrør er kun tilladt, naar Diameteren i Lysningen ikke er over 10 Ctm. ($3^4/_5''$ dansk).

**I Frankrig** er det i 1865 blevet bestemt, at Dampkjedler skulle prøves med et dobbelt saa stort Tryk, som det Normale, dog ikke over 12 Atmosfærer.

**I England** fører Staten kun Tilsyn med Dampkjedler i Passagerskibe; de prøves med et Tryk, dobbelt saa stort som det Normale.

**I Preussen** og **i Frankrig** vare de tidligere Bestemmelser noget strengere end de nugjældende; begge Steder skulde Kjedlerne nemlig prøves med et 3 Gange større Tryk end det Normale, og desuden var der fastsat en Formel, hvorefter Pladetykkelserne skulde beregnes; i Frankrig var Formlen følgende:

$$\mathbf{t} = 0{,}0018\ \mathbf{n}\ \mathbf{d} + 3,$$

n = Tryk i Atmosphærer
d = Diameteren (indvendig)
t = Godstykkelsen

for **t** og **d** i Millimeter, **n** = Antal Atmosfærers Overtryk.

I Preussen var Formlen:

$$\mathbf{t} = \frac{\mathbf{d}}{2}\left(e^{0{,}003\ \mathbf{n}} - 1\right) + 0{,}1$$

for **t** og **d** i Tommemaal,

$\mathbf{e} = 2{,}718$ = Grundtallet for de naturlige Logarithmer,

$\mathbf{n}$ = Antal Atmosfærers Overtryk.

Denne Formel kan efter Weisbach tilnærmelsesviis udtrykkes ved:

$$\mathbf{t} = 0{,}00154\ \mathbf{n}\ \mathbf{d} + 2{,}6$$

for **t** og **d** i Millimeter.

Denne sidstnævnte Formel anvendes mest til Udregning af Pladetykkelsen i Dampkjedler, hvorefter man altsaa faaer følgende Værdier for Pladetykkelsen i fransk, dansk og norsk samt svensk Maal:

1) $\mathbf{t} = 0{,}00154\ \mathbf{n}\ \mathbf{d} + 2{,}6$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (136)
for **t** og **d** i Millimeter.

2) $\mathbf{t} = 0{,}01848\ \mathbf{n}\ \mathbf{d} + 1{,}2$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (137)

3) $\mathbf{t} = 0{,}01848\ \mathbf{n}\ \mathbf{d} + 1{,}26$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (138)
for **t** i Linier og **d** i Tommer.

Formlen 136 fremstaaer af Gruadformlen 109 ved i Stedet for **p** i Kil. pr. □ Mm. at sætte **n** = Antal Atmosfærer $\left(1 \text{ Atm.} = \frac{1}{100}\right.$ Kilog. pr. □ Mm., altsaa $\left.\mathbf{p} = \frac{\mathbf{n}}{100}\right)$, og sætte Spændingen **S** = 3,25 Kil., og endda at tilføje 2,6 Mm. Uden denne Tilføjning er nemlig Formel 109:

$$\mathbf{t} = \frac{\mathbf{d}\,\mathbf{p}}{2\,\mathbf{S}} = \frac{\mathbf{d}\ \mathbf{n}}{2 \times 3{,}25 \times 100} = 0{,}00154\ \mathbf{n}\ \mathbf{d}.$$

95. **For Dampkjedler af oval Form** beregnes Tykkelsen efter Formlerne 136—138, naar man i Stedet for:

**d** indsætter i Formlerne

den dobbelte Værdi af den største Krumningsradius (Radius til den fladeste Bue i Ovalen).

96. **Endebunde i Dampkjedler uden indvendig Fyring** gjøres bedst buede, da plane Flader medføre store Tykkelser; efter Weisbach beregnes Tykkelsen efter Formel 136—138, naar man i Stedet for **d** indsætter i Formlerne:

**for Bunde til cylindriske Kjedler:**

den dobbelte Værdi af Bundfladens Krumningsradius (Radius til Bundens buede Form); og

**for Bunde til ovale Kjedler:**

Værdien $2 \frac{r R}{r + R}$, naar:

$r$ = Bundfladens mindste, og

$R$ = dens største Krumningsradius.

**Plane Endebunde i Dampkjedler af smaa Dimensioner** (Landdampkjedler) maa forsynes med **Stiveplader** rundt over hele Fladen, se Fig. 56, og Tykkelsen af Endebunden beregnes efter Formel 139, hvorved **b** tages lig Kjedlens Radius, og **l** lig Afstanden imellem to Stiveplader, regnet paa Midten af dens Længde, se Fig. 56.

Stivepladerne gives samme Tykkelse som Endebunden; Længden gjøres lidt mindre end Kjedlens Radius; Bredden for Paanetningen lig $1^1/_2$ Tomme (40 Mm.), Højden **h** lig $^1/_8$ af Kjedlens Diameter, $h_1 = {}^1/_3\, h$.

Man kan ogsaa benytte Vinkeljern eller **T** Jern til Paanetning, ligesom man ogsaa kan paanette Stivepladerne i parallelle Rader enten vandret eller lodret.

Endebunde uden Stiveplader beregnes efter Formel 212, **a**, og blive meget tykke.

97. **Plane Endebunde i Dampkjedler med indvendig Fyring** afstives betydeligt ved de paanettede Røgkanaler; til yderligere Afstivning anbringes Stiveplader, se Fig. 57, og Endepladernes Tykkelse beregnes efter Formel 139, ligesom det er anført under Nr. 96. Stivepladerne gjøres som anført under Nr. 96. Uden Stiveplader maatte man benytte Formel 223 (se Anmk. til denne Formel).

**Ved cylindriske Skibskjedler**, der ere betydelig større i Diameter end Landkjedlerne, anvendes Stive- eller Stagbolte imellem de to Endebunde. Baade Stiveboltenes og Endepladernes Tykkelse bestemmes efter Beregning, som anført under efterfølgende Nr. 98.

98. **Tykkelsen af flade Sider ved Dampkjedler** bestemmes efter Formler, der udvikles paa en meget omstændelig Maade ved Anvendelse af Integralregning; Professor Weisbach har imidlertid i sin „Lehrbuch der Ingenieur und Maschinen Mechanik, 1865" paa en simplere Maade tilnærmelsesviis udviklet Formler, der have den fornødne Nøjagtighed for den praktiske Anvendelse; Styrken er gjort lige stor med Styrken af Pladerne i cylindriske Dampkjedler.

Naar, for hvilke som helst Maal:

$\mathfrak{t}$ = Pladetykkelsen,

$\mathfrak{l}$ = Pladens Længde,

$\mathfrak{b}$ = dens Bredde, hvorved maa erindres, at ved Bredden forstaaes den største af de to Udstrækninger $\mathfrak{l}$ og $\mathfrak{b}$,

$\mathfrak{n}$ = den indre Spænding, som Overtryk over det ydre Tryk, og i Antal af Atmosfærer,

saa er for Smedejern:

$$\mathfrak{t} = 0{,}0387\ \mathfrak{b} \sqrt{\frac{\mathfrak{l}^2\ \mathfrak{b}^2}{\mathfrak{l}^4 + \mathfrak{b}^4}\ \mathfrak{n}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (139)$$

Naar $\mathfrak{l}$ og $\mathfrak{b}$ have en fælles Faktor, kan denne bortdivideres for $\mathfrak{l}$ og $\mathfrak{b}$ under Rodtegnet, hvorimod $\mathfrak{b}$ udenfor Rodtegnet bliver uforandret; man faaer derved mindre Tal at regne med. Er. t. Ex. $\mathfrak{l} = 40$, $\mathfrak{b} = 70$, eller $\frac{\mathfrak{l}}{\mathfrak{b}} = \frac{40}{70}$, saa kan man sætte $\frac{\mathfrak{l}}{\mathfrak{b}} = \frac{4}{7}$, eller $\mathfrak{l} = 4$ og $\mathfrak{b} = 7$ under Rodtegnet.

**Exp.** En Jernplade, som er udsat for et Overtryk af $\mathfrak{n} = 1/4$ Atmosfære, og hvis Bredde $\mathfrak{b} = 72''$, Længden $\mathfrak{l} = 60$ maa gives en Tykkelse

$$\mathfrak{t} = 0{,}0387 \times 72 \sqrt{\frac{5^2 \times 6^2}{5^4 + 6^4}} \times 1/4 = 0{,}954'' = 11^1/_2'''.$$

$$\left(\frac{\mathfrak{l}}{\mathfrak{b}} = \frac{60}{72} = \frac{5}{6}, \text{ altsaa } \mathfrak{l} = 5 \text{ og } \mathfrak{b} = 6 \text{ under Rodtegnet.}\right)$$

For at undgaa de store Tykkelser, der følge af Anvendelsen af Formel 139, forener man to modstaaende flade Sider med Stivebolte i en saadan Afstand = $\mathfrak{a}$ fra hinanden i Antal af Tommer eller Millimeter, at Pladerne faa en saadan Tykkelse, som man vil anvende. (Afstanden $\mathfrak{a}$ bliver noget forskjellig efter den større eller mindre Dampspænding, og er = 6—12'' ved Skibskjedler, og 4'' ved Lokomotivkjedler.)

Efter Weisbach bliver Pladetykkelsen:

$$\mathfrak{t} = 0{,}0387\ \mathfrak{a} \sqrt{\mathfrak{n}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (140)$$

og Tykkelsen af Jern-Stivebolte:

$$\mathfrak{t} = 0{,}0619\ \mathfrak{a} \sqrt{\mathfrak{n}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (141)$$

**Exp.** For en rund Dampkjedel med en Spænding af 4 Atmosfærers Ove - tryk maa Endepladerne gives en Tykkelse, naar $\mathfrak{a} = 6''$, af:

$\mathfrak{t} = 0{,}0387 \times 6 \sqrt{4} = 0{,}4644'' = 5{,}6'''$, og Stive- eller Stagboltene faa en Tykkelse af:

$\mathfrak{t} = 0{,}0619 \times 6 \sqrt{4} = 3/4''$.

Af Formel 140 udledes Værdien for Afstanden **a**, naar Pladetykkelsen og Dampspændingen er givet, man har da:

$$\mathbf{a} = 26 \frac{\mathbf{t}}{\sqrt{\mathbf{n}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (142)$$

For andre Metaller end Smedejern bliver Tykkelsen **t** saameget større eller mindre, som det paagjældende Metals Styrke ved Sønderrivning (Tab. 29) er mindre eller større end Smedejernets.

Tykkelsen af de Plader, der udsættes direkte for Ildens Paavirkning, gjøres $1^1/_4$ Gang de beregnede Værdier efter de foranførte Formler.

---

## VI. Forskydning.

99. Naar et Materiale modtager et Tryk paa en Del af Overfladen, som ikke er understøttet, medens derimod den Del, der slutter sig til den paavirkede Del, er understøttet, saa vil der, naar Kraften er tilstrækkelig stor, først fremstaa en ringe Sammentrykning, og dernæst en Sønderrivning eller Sønderslidning, som man kalder Forskydning, Overklipning eller Overskjæring.

Den Kraft, som dertil udfordres, kan ansættes til 1,1 Gang Sønderrivningskoefficienten for det paagjældende Materiale, hvis Forskydningsflade er Størrelsen af den Flade, der løsrives. Som Exempel tjener Fig. 58, der viser den saakaldte Lokning af Plader (Udstødning), og Fig. 59, der fremstiller Forskydningen ved at sønderrive en Bolt, der sammenholder to Plader, hvoraf hver især tænkes forskudt i modsat Retning parallelt med deres plane Sider.

Sættes **F** = Forskydningsfladen, Areal
**K** = Sønderrivningskoefficienten,
**P** = Kraften, der frembringer Forskydning,

saa er:

$$\mathbf{P} = 1{,}1\ \mathbf{K}\ \mathbf{F} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (143)$$

**Exp. I.** To Plader, der ere sammennettede med 10 Netnagler, hver af 20 Mm.s Tykkelse, have en Styrke mod Forskydning, naar der ikke tages Hensyn til Gnidningsmodstanden, som Pladernes Sammenpresning imod hinanden medfører, af:

$$\mathbf{P} = 1{,}1\ \mathbf{K}\ \mathbf{F},$$

sættes **K** = 35 Kilog. efter Tabel 29,

og da $\mathbf{F} = 10\ \frac{d^2 \times \pi}{4} = 10 \times \frac{20^2 \times 3{,}14}{4} = 3140,$

saa bliver:

$$\mathbf{P} = 1{,}1 \times 35 \times 3140 = 120{,}890 \text{ Kilog.}$$

**Exp. 2.** Skal der lokkes (udstødes) $1^1/_2''$ runde Huller i Jernplader af $^1/_2''$s Tykkelse, saa bliver Kraften i danske ℔:

$$\mathsf{P} = 1{,}_1\ \mathsf{K}\ \mathsf{F}, \text{ og}$$

naar $\mathsf{K} = 42{,}200$ ℔ efter Tabel 29,

$$\mathsf{F} = \mathsf{d} \times \pi \times {}^1/_2'' = 1{,}_5 \times 3{,}14 \times 0{,}_5 = 2{,}_{355},$$

saa er $\mathsf{P} = 1{,}_1 \times 42{,}200 \times 2{,}_{355} = 109{,}319$ ℔.

100. For at kunne modstaa Forskydning, maa Trykket holdes indenfor Materialets Spændighedsgrænse, og man benytter dertil en Koefficient, der er $= 0{,}_8\ \mathsf{T}$ efter Tabel 29; derved bliver den største Kraft, hvormed man tør paavirke Materialet:

$$\mathsf{P} = 0{,}_8\ \mathsf{T}\ \mathsf{F} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (144)$$

og for en given Paavirkning $= \mathsf{P}$ bliver Sønderslidningsfladen:

$$\mathsf{F} = \frac{\mathsf{P}}{0{,}_8\ \mathsf{T}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (145)$$

**Exp.** Naar to med Nagler af 10 Mm.s Tykkelse sammennettede Jernplader skulle udholde Forskydning ved en Paavirkning af ialt 25,000 Kil., saa bliver Antallet $= \mathsf{n}$ af Netnaglerne, da, ifølge Formel 145,

$$\mathsf{F} = \frac{\mathsf{P}}{0{,}_8\ \mathsf{T}} = \mathsf{n}\ \frac{\mathsf{d}^2\ \pi}{4}:$$

$$\mathsf{n} = \frac{4\ \mathsf{P}}{0{,}_8\ \mathsf{T} \times \mathsf{d}^2 \times 3{,}_{14}}, \text{ og}$$

naar $\mathsf{T} = 12$ efter Tabel 29, saa er:

$$\mathsf{n} = \frac{4 \times 25{,}000}{0{,}_8 \times 12 \times 10^2 \times 3{,}_{14}} = 33.$$

101. Foruden **Lokning af Huller**, hvortil Kraftvirkningens Beregning er viist i Exp. 2 under Nr. 99, kan man ogsaa henregne Klipning, Boring, Drejning, Stikning og Høvling af Metaller til Forskydning.

**For Klipning**, se Fig. 60, maa Fladen **F** bestemmes ved at multiplicere den halve Pladetykkelse med Længden **b c** = **l** af det Snit, der, i Forhold til Knivenes Heldning imod hinanden, fremstaaer, naar den underste Kniv har bevæget sig fra Stillingen **b d**, hvor den begynder at skjære Pladen i **b**, og indtil den er gaaet igjennem hele Pladetykkelsen **a b**. Denne Længde **b c** = **l** bliver saa mange Gange større end Tykkelsen **a b** = **t**, som Knivens Længde **f g** er større end Halvdelen af Aabningen **e d**, Fig. 60; ved mindre Klippemaskiner for Plader af indtil $^1/_2''$ Tykkelse (13 Millimeter) er dette Forhold i Reglen $= \frac{9}{1}$, og derefter bliver altsaa Længden **l** for en hvilken som helst Tykkelse indtil $^1/_2''$:

$$\mathsf{l} = 9\ \mathsf{t},$$

og man faaer derefter Fladen:

$$F = \frac{1}{2}\, t\, l = 4{,}5\, t^2,$$

hvorved Formel 143, anvendt for Klipning af Plader af indtil $\frac{1}{2}''$s Tykkelse (13 Mm.) bliver forandret til:

$$P = 4{,}95\, K\, t^2.$$

Da Knivenes Skarpe er meget stump ved Klippemaskiner, saa formindskes Koefficienten kun ubetydeligt ved at tage Hensyn til, at Kraften **P** formindskes i Forhold til Sinus for Skarpens Vinkel; antages denne Vinkel = 75°, saa bliver:

$$P = 4{,}75\, K\, t^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (147)$$

**Exp.** For at overklippe en Smedejerns Plade af 10 Millimeters Tykkelse udfordres en Kraft:

$$P = 4{,}75 \times 32 \times 10^2 = 15{,}200 \text{ Kilog.}$$

For **Boring og Drejning** er der foretaget Forsøg for at bestemme Jernets Forskydningsmodstand, og Zeitschrift des öster. Ing. Vereins 1862 og 1865 bar efter franske Kilder meddelt saadanne, angaaende den bedste Form og Anvendelse af skjærende Værktøjer i Maskinfaget (Boer, Drejestaal, Stik- og Høvlestaal), og Ingenieur Heins meddeler herom i Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1868 Pag. 243 og 449 adskillige Resultater og Slutninger, angaaende den fornødne Kraft m. m. ved slige Arbejders Udførelse; herefter angives for:

**Boring**, at Omdrejningernes Antal pr. Minut fandtes at være heldigst ved

$$u = 11{,}000\, \frac{\sqrt{d}}{d^2},$$

naar **d** = Borets Diameter i Millim., hvilket giver en Omdrejningshastighed i Millimeter pr. Secund af:

$$v = \frac{576}{\sqrt{d}},$$

hvorefter man faaer for Boring i Smedejern:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| for **d** = | 6. | 8. | 10. | 15. | 20. | 25. | 30 Mm. |
| **u** = | 748. | 486. | 348. | 189. | 123. | 88. | 67, |

hvilket Antal Omdrejninger ikke kan overskrides uden at afslide Boret for meget.

Sættes **K** = Koefficienten for det undersøgte Smedejerns absolute Styrke, som viste sig at være lig 77 Kil. pr. □ Mm.;
og **u** = 100 = det bedste Antal Omdrejninger pr. Minut efter en Form af Boer, der gav de bedste Resultater;
**R** = 12 Mm. = Borets Radius;

$\mathsf{H}$ = 0,12 Mm. = Borets Fremrykning pr. Omdrejning (Udboringsdybden for 1 Omdr.);

$\mathsf{A}$ = 20 Kil. Meter = Arbejdsmængden, som selve Boret udfordrede i Borehullet, deri ikke medregnet Boremaskinens Drift.

Sætter man endvidere for et hvilket som helst andet Bor:

$\mathsf{r}$ = Borets Radius,

$\mathsf{h}$ = Fremrykningen pr. Omdrejning,

$\mathsf{a}$ = Arbejdsmængden i Borehullet pr. Omdrejning,

$\mathsf{q}$ = Jernets Forskydningsmodstand pr. □ Mm.,

saa er det hele Tryk, der virker paa hele Borets Skarpe:

$$\mathsf{p} = \mathsf{r\ h\ q} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (148)$$

og Gnidningsmodstanden imod Fladen $\mathsf{g}$ Fig. 61 bliver omtrent:

$$= \mathsf{p}\ æ = 0{,}2\ \mathsf{p} \text{ (naar } æ = \text{Gnidningskoefficienten} = 0{,}2\text{)}.$$

Til Bestemmelsen af det statiske Moment for Boring har man Kraften $\mathsf{p}$, og som Vægtstangsarm den halve Radius $\frac{\mathsf{r}}{2}$, hvorimod den hele Radius virker ved Gnidningsmodstanden; derefter bliver altsaa det statiske Moment:

$$\frac{\mathsf{a}}{2\,\pi} = \mathsf{p}\ \frac{\mathsf{r}}{2} + 0{,}2\ \mathsf{p\ r} = 0{,}7\ \mathsf{r}^2\ \mathsf{h\ q} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (149)$$

Anvendes denne Formel paa det ved Forsøget benyttede Bor, der havde udboret Huller af 24 Mm.s Diameter og 200 Mm.s Dybde i det anførte Jern af $\mathsf{K}$ = 77, saa faaer man, da:

$\mathsf{A}$ = 20 Kg. Meter = 20,000 Kil. Mm.

$\pi$ = 3,14

$\mathsf{R}$ = 12 Mm.

$\mathsf{H}$ = 0,12:

$$\frac{20{,}000}{2 \times 3{,}14} = 0{,}7 \times 12^2 \times 0{,}12\ \mathsf{q}, \text{ altsaa:}$$

$$\mathsf{q} = \frac{20{,}000}{2 \times 3{,}14 \times 0{,}7 \times 12{,}^2 \times 0{,}12} = 263 = 3{,}4\ \mathsf{K} \quad \ldots\ldots \quad (150)$$

Da Arbejdsmængden $\mathsf{a}$ = Kraften $\mathsf{P}$ multipliceret med det gjennemløbne Rum for en Omdrejning: $\left(\mathsf{s} = 2\ \frac{\mathsf{r}}{2}\ \pi\right)$, saa bliver altsaa ifølge Formel 149, og naar $\mathsf{h}$ sættes = 0,01 $\mathsf{r}$, se nedenfor:

$$\mathsf{P} = \frac{\mathsf{a}}{\mathsf{s}} = \frac{\mathsf{a}}{\mathsf{r}\,\pi} = \frac{2\,\pi \times 0{,}7\ \mathsf{r}^2\ \mathsf{h\,q}}{\pi\ \mathsf{r}} = 1{,}4\ \mathsf{r\ h\ q},$$

og da ifølge 150:

$\mathsf{q}$ = 3,4 $\mathsf{K}$, saa er:

$$\mathsf{P} = 1{,}4\ \mathsf{r\ h} \times 3{,}4\ \mathsf{K} = 4{,}76\ \mathsf{r\ h\ K} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (151)$$

Denne Værdi for $P$ gjælder kun for et saakaldt forskjærende Kanonbor, Fig. 61, for hvilket man har fundet den bedste Værdi for $h$ at være $= 0{,}01\ r$.

**For Centrumbor og Spidsbor** bliver $P$ mindre, fordi Gnidningen imod Fladen $g$ Fig. 61 bortfalder; derved faaer man:

$$P_1 = P \div 0{,}2\ p,$$

og da $p = r\ h\ q$ efter Formel 148, saa er

$$P_1 = P \div 0{,}2\ r\ h\ q \text{ eller}$$

$$= P \div 0{,}2\ r\ h \times 3{,}4\ K, \text{ da } q = 3{,}4\ K,$$

altsaa bliver, naar man indsætter Værdien for $P$ efter Formel 151:

$$P_1 = 4{,}76\ r\ h\ K \div 0{,}68\ r\ h\ K = 4{,}08\ r\ h\ K \quad \ldots\ldots\ldots \quad (152)$$

For Centrumbor og Spidsbor gjælder Omdrejningernes Antal $u$ efter foranstaaende Tabel, hvorimod $h$ bliver $= 0{,}008\ r$.

Forøvrigt er Kraften noget forskjellig efter den Vinkel, som Borskarpen danner, og efter en mere eller mindre god Smøremaade og Afkjøling af Boret.

Man faaer passende Værdier for Borenes Fremrykuing, naar man giver dem en Paavirkning af $^1/_{12}$ af Borskaftets Modstand mod Søndervridning. De anførte Værdier for $h$ ere afpassede derefter, saa at Borskaftet, naar Boret er gjort af halvrundt, blødt Støbestaal, faaer samme Radius $= r$ som Boret; er Borskaftet firkantet, eller den Tap, som gaaer op i Borstangen, er firkantet, saa maa Bredden og Tykkelsen $= b$ af Skaftet paa dette Sted, i Forhold til Borets Diameter $d$, være:

$$b = 0{,}93\ d \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (153)$$

**Drejning, Høvling og Stikning.** Ved Afdrejning af en Jernspaan af $3{,}36\ \square$ Mm. af en Vognaxel, hvis absolute Styrke var:

$$K = 45 \text{ Kil.},$$

fandtes ved Forsøg:

$$P = 460 \text{ Kil.}$$

Derefter bliver altsaa pr. $\square$ Mm.:

$$q = \frac{460}{3{,}36} = 137 = \frac{137}{45}\ K = 3{,}04\ K,$$

hvisaarsag man for Drejning, Høvling og Stikning kan sætte i afrundet Værdi for Smedejern:

$$q = 3\ K \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (154)$$

man faaer da:

$$P = 3\ K\ b\ t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (155)$$

naar $b$ = Spaanbredden, og
$t$ = Spaantykkelsen (Fremrykningen).

Drejestaalets Fremrykning er pr. Omdrejning: $t = 1/_{100}$ til $1/_{20}''$, og
Spaanbredden er: $b = 1/_4''$ til $3/_4''$,
eller: $t = 1/_4$ til $1\,1/_4$ Mm.
$b = 6\,1/_2$ til 20 Mm.
Ved Stikning og Høvling er: $t = 1/_{60}''$ til $1/_{12}''$,
$b = 1/_8''$ til $3/_8''$,
eller: $t = 2/_5$ til 2 Mm.
$b = 3$ til 9 Mm.

Forøvrigt har Dreje-, Høvle- og Stikstaalenes Skarpeform Indflydelse paa Forskjel i Kraften $P$.

---

## VII. Bolte, Skruer, Møtrikker, Søm og Nøtnagler.

102. **Bolte og Skruer** kunne gives Tversnit i Skruespindelen efter Formel 20:

$$F = \frac{P}{S}, \text{ altsaa er } P = F\,S.$$

Sættes Spændingen $S = k$ (se Tabel 29), saa bliver, da $F = \frac{d_1^2\,\pi}{4}$ $= 0{,}785\ d_1^2$:

$$P = 0{,}785\ k\ d_1^2 \text{ og } d_1 = 1{,}144\sqrt{\frac{P}{k}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (156)$$

Morin benytter en lavere Spænding end $k$, og hans Formler blive derved for Jernbolte og Skruer, naar $d_1$ = Mill. og $P$ = Kil.:

$$d_1 = 0{,}67\sqrt{P} \text{ og } P = 2{,}2\ d_1^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (157)$$

**Boltehovederne** gives en Højde = $0{,}7$ af Boltetykkelsen.

**Møtrikkerne** gives en Højde = Boltetykkelsen, og i Reglen Skruesnit efter Whitworth; derved bliver Trykket paa Gængerne imellem $1/_2$ og 1 Kil. pr. □ Mm., og Skruegængernes Styrke er da betydelig større end Boltenes Styrke imod Sønderrivning, naar Bolten passer godt i Møtrikken.

Sexkantede Møtrikke kunne gives Størrelse ved at indskrives i en Cirkel, der har Boltens Diameter til Radius; de blive derved kun meget lidt forskjellige fra Whitworths Størrelser, der bestemmes paa en mere vidtløftig Maade.

Efterstaaende Tabel indeholder Værdier for Bærekraft og Skruesnit efter Whitworths System. Skruesnittets Form og Maal sees i Fig. 179.

| For fransk Maal i Mm. | | | Eng. Tommer. | | Bærekraft P | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | ℔ | |
| Boltens Tykkelse d | Skrue-spind. $d_1$ | Antal Gænger paa 10 Mm | Boltens Tykkelse d | Antal Gænger paa 1 Tomme. | Kil. | dansk og norsk. | svensk. |
| 6 | 4,1 | 7 | $^1/_4$ | 20 | 37 | 74 | 87 |
| 8 | 5,9 | 6 | $^5/_{16}$ | 18 | 77 | 154 | 181 |
| 10 | 7,7 | $5^1/_2$ | $^3/_8$ | 16 | 130 | 260 | 309 |
| 12 | 9,5 | 5 | $^1/_2$ | 12 | 199 | 398 | 468 |
| 15 | 12,2 | $4^1/_2$ | $^5/_8$ | 11 | 327 | 654 | 769 |
| 18 | 14,9 | 4 | $^3/_4$ | 10 | 488 | 976 | 1148 |
| 21 | 17,6 | $3^3/_4$ | $^7/_8$ | 9 | 681 | 1362 | 1602 |
| 24 | 20,3 | 3 | 1 | 8 | 907 | 1814 | 2134 |
| 27 | 23 | 3 | $1^1/_8$ | 7 | 1164 | 2328 | 2739 |
| 30 | 25,7 | $2^1/_2$ | $1^1/_1$ | 7 | 1453 | 2906 | 3419 |
| 34 | 29,3 | $2^1\ _2$ | $1^3/_8$ | 6 | 1889 | 3779 | 4444 |
| 38 | 32,9 | $2^1/_2$ | $1^1/_2$ | 6 | 2381 | 4762 | 5602 |
| 42 | 36,5 | $2^1/_8$ | $1^5/_8$ | 5 | 2931 | 5862 | 6896 |
| 46 | 40,1 | $2^1/_8$ | $1^3/_4$ | 5 | 3528 | 7056 | 8300 |
| 50 | 43,1 | $1^7/_8$ | $1^7/_8$ | $4^1/_2$ | 4087 | 8174 | 9616 |
| 55 | 48,2 | $1^7/_8$ | 2 | $4^1/_2$ | 5111 | 10,222 | 12,025 |
| 60 | 52,7 | $1^5/_8$ | $2^1/_4$ | 4 | 6110 | 12,220 | 14,376 |
| 65 | 57,2 | $1^5/_8$ | $2^1/_2$ | 4 | 7198 | 14,396 | 16,935 |
| 70 | 61,7 | $1^3/_8$ | $2^3/_4$ | $3^1/_2$ | 8375 | 16,750 | 19,705 |
| 75 | 66,2 | $1^3/_8$ | 3 | $3^1/_2$ | 9641 | 19,280 | 22,680 |

103. Istedetfor de skarpe Skruegænger efter Whitworth anvendes der ofte for Bronceskruer runde Gænger, Fig. 180, hvis Højde **S** og Dybde **t** gives samme Maal, som i Fig. 179. Størrelsen af $d_1$ og **P** bestemmes efter Formel 156.

Jernskruer, der udsættes for stærke Tryk og for hyppig Brug, gives ofte flade Gænger, Fig. 181. I den nyere Tid anvendes ogsaa et trapez-danket Skruesnit, Fig. 182, i saadanne Tilfælde, hvor Gængen kun lider Tryk paa den ene Side.

Ved begge Slags Skruer gjør man Gængens Dybde $t = {}^1/_2\,(2 + 0{,}_{09}\, d)$ i Millim., altsaa Skruespindelen $d_1 = 0{,}_{91}\, d - 2$. Skruegængehøjden **S** er:

$$\text{ved de fladgængede Skruer} = 2\ t = 2 + 0{,}_{09}\ d:$$

$$\text{ved Trapez-Skruesnittet} = \frac{4}{3}\ t = \frac{4}{3} + 0{,}_{06}\ d.$$

Værdien for $d_1$ og **P** beregnes efter Formel 157.

Møtrikkens Højde $= 1{,}_5\ d$ for flade, og $= d$ for trapez-dannede Gænger.

Skulle Skruer gives den mindst mulige Tykkelse, saa maa man sørge for, at Møtrikkerne passe ganske nøje til Skruerne, og paa ingen Maade kan trykkes paa en af Siderne; de beregnes da efter Formel 156 med en Værdi for $k = 6$ for Millimeter og Kilogram.

104. **Ved Skruer til Presser** o. d. l. kan man gjøre

$$\left.\begin{array}{ll} \text{Gængedybden } t = \frac{d_1}{8}, \text{ og} & \\ \text{Gængehøjden } S = \frac{d_1}{4} & \text{for flade Gænger,} \\ S = \frac{d_1}{6} & \text{for Trapez-Gænger.} \end{array}\right\} \ldots\ldots\ldots (158)$$

**Møtrikken** gives for Sliddets Skyld et Fladetryk paa Gængerne af ikkun $1/2$ Kil. pr. □ Mm., og for at opnaa dette, maa Gængernes Antal $a$ i Støbejerns- og Broncemøtrikker bestemmes efter Formlen:

$$a = 0{,}636 \frac{P}{d^2} \frac{1}{\frac{t}{d}\left(1 - \frac{t}{d}\right)} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (159)$$

for $t$ og $d$ i Mm., og $P$ i Kil.

Faaer man en mindre Værdi for $a$ end 12, saa anvendes 12 Gænger.

Er Skruen konstrueret som Normalskrue, d. v. s. Tykkelser samt Gænge-Højde og Dybde bestemt efter de foranførte Formler, saa bliver:

$$a = 7 \frac{P}{d^2} = 4{,}48 \frac{P}{d^2_1}$$

Er en Presseskrue meget lang, saa maa Spindelens Tykkelse beregnes baade efter Formel 156 eller 157 og efter Formel 172, 173 eller 174 for Tryk i Længderetningen, og man anvender da det største Maal.

**Anmk. 1.** Ofte anvendes Skruer af en meget større Tykkelse end Normalskruerne; t. Ex. Skruesnit paa Stopbøsninger, Rørforbindelser o. d. l. En saadan Skrue kan man kalde **en udvidet Skrue** eller **en Skrue med forøget Tykkelse.** Som Regel for Skrnesnit paa forøgede Skruetykkelser kan fastsættes: at de gives samme Skruesnit og samme Møtrikhøjde, som ved Normalskruer, der svare til det Tryk, som de udvidede Skruer skulle kunne taale.

**Anmk. 2.** Bærekraften for Hager o. d. l., med Skruesnit i den ene Ende, og som indskrues i Træ, og udsættes for et Træk efter Skruens Længderetning, er, med tifold Sikkerhed, og for $P$ i Kil., Længden $= l$ af den i Træet skruede Del, og Tykkelsen $= d$ af Skruespindelen i Millim.

| | i Endetræ. | i Sidetræ. |
|---|---|---|
| $P = \Big\{$ | $0{,}146\ d\ l$ | $0{,}22\ d\ l$ for Fyr. |
| | $0{,}22\ d\ l$ | $0{,}29\ d\ l$ for Eg og Bøg. |

**Anmk. 3.** For Søm, og for Hager med Ender, som Søm, er, for lignende Forhold, som ovenfor anført, og naar den i Træet inddrevne Sømlængde er $= \mathbf{l}$, Bredden $= \mathbf{b}$ og Tykkelsen $= \mathbf{t}$ i Mm.

| | **i Endetræ.** | **i Sidetræ.** | |
|---|---|---|---|
| $\mathbf{P} =$ | $0{,}_{037}\ \mathbf{l}\ (\mathbf{b} + \mathbf{t})$ | $0{,}_{067}\ \mathbf{l}\ (\mathbf{b} + \mathbf{t})$ | for Fyr, |
| | $0{,}_{067}\ \mathbf{l}\ (\mathbf{b} + \mathbf{t})$ | $0{,}_{104}\ \mathbf{l}\ (\mathbf{b} + \mathbf{t})$ | for Bøg, |
| | $0{,}_{104}\ \mathbf{l}\ (\mathbf{b} + \mathbf{t})$ | $0{,}_{146}\ \mathbf{l}\ (\mathbf{b} + \mathbf{t})$ | for Eg, |

Alt for en tifold Sikkerhed.

Det er en Selvfølge, at Bærekraften kun gjælder for det Tilfælde, at det er nogenlunde godt, frisk Tømmer, hvorom Talen er, da gammelt, daarligt Tømmer yder en mindre Sikkerhed.

105. **Netninger** skulle fortrinsviis enten være **stærke**, som ved Jerndragere for Brobygning og Jernbjælker i Bygninger, **tætte**, som ved Skibe, Vandbeholdere og Gasbeholdere (Gasklokker) eller **baade stærke og tætte**, som ved Dampkjedler; desuden forekommer der Netninger, hvis Styrke ikke er af Vigtighed, fordi Netterne kun tjene til at forene to eller flere Dele, der ikke udsættes for Paavirkning til at sønderrive eller overskjære Naglerne; saadanne Netninger kan man kalde **simple Netninger.**

Ved varm Netning opstaaer der en stærk Spænding i Netterne, naar de ere blevne afkjølede; derved sammenholdes Pladerne med en Kraft, der afhænger af denne Spænding, og som Forsøg har viist at kunne naa til 10 á 14 Kil. pr. □ Mm. (14,000—19,600 ℔ pr. □″) af Netnaglens Tversnit. Jo længere Naglen er, desto større bliver denne Spænding, der ved lange Nagler endog kan medføre en Sønderrivning. Da denne Spænding paa en Maade bidrager til Styrken ved at sammenholde Pladerne, men tillige forringer Naglens Styrke mod Forskydning eller Overklipning, saa foretrækker man ved Beregning af Netningens Styrke at undlade Hensynet til den nævnte Spænding, og kun at tage Hensyn til Netternes Modstand mod Forskyduing. De Forsøg, man har anstillet i denne Henseende, føre til at antage Naglernes Styrke mod Forskydning i den foranførte Betydning til en Værdi af 32 Kil. pr. □ Millim. (ca. 44,800 ℔ pr. □″).

106. Netnaglernes Diameter $\mathbf{d}$ i Forhold til Pladetykkelsen $\mathbf{t}$ anvendes imellem Grænserne $\mathbf{d} = 1{,}_5\ \mathbf{t}$ og $\frac{10}{\pi}\ \mathbf{t}$.

Jo mindre Forholdet $\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t}}$ er, desto flere Netter udfordres der, idet at Afstanden imellem dem bliver mindre, se Formlerne 160 og 161, og desto mere svækkes de nettede Dele, men desto tættere blive Samlingerne; jo større $\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t}}$ er, desto mindre Antal Netter behøves der, men desto mindre tæt, men tillige desto stærkere er Forbindelsen; se Tabel under Nr. 108.

Man anvender Forholdet $\frac{d}{t} = 1$ eller $1{,}5$ ved simple Netninger; $\frac{d}{t} = 2$ anvendes baade ved Dampkjedler, Gitterdragere og Brobygning $\frac{d}{t} = 2{,}5$ à 3 anvendes ved Brobygning af Plader, samt ved kold Netning til Forbindelse af meget tynde Plader.

Nettehovederne giver man i Reglen (Fig. 62—63):

en Højde $= 0{,}6\ d$ ved de Kugledannede,
$= 0{,}8\ d$ ved de Kegledannede, og
en Basis $= 1{,}8\ d$ for Nettens Hoved, og
$2\ d$ for Netningen.

Til Hovedets Dannelse udfordres $1{,}3$ à $1{,}7\ d$ i Længden, efter den Nøjagtighed, hvormed Netten passer i Hullet. Vinkeljern og **T** Jern, der anvendes ved Netninger, gives Maal, i Forhold til Pladetykkelsen **t**, saaledes som er anført ved Fig. 64 og 65. Ofte er Vinkeljernet lige tykt helt igjennem, istedetfor at være tykkere ved Bøjningen.

107. Netningerne udføres enten som **ensidet**, ved Overlægning, Fig. 66, eller som **tosidet**, saakaldt **Kjædenetning**, Fig. 67, der især anvendes ved Brodragere. Desuden kunne Netningerne have flere Rader Netter, Fig. 68 og 70. Endvideres anvendes saakaldte **Laskenetninger**, dels som enkelte, Fig. 69, og dels som dobbelte, Fig. 70.

108. Netningerne kunne ikke opnaa samme Styrke, som selve Pladerne, der sammennettes; men ved rigtig afpassede Forhold kunne de blive meget stærke.

Sættes **d** = Diameteren af en Netnagle,
**t** = Pladetykkelsen,
**a** = Afstanden imellem to nærmest hinanden liggende Netter i en og samme Rade (Fig. 66),
**b** = Pladerandenes Bredde, maalt fra Midten af den yderste Netterade og ud til Yderkanten,
**i** = Antallet af Netterader,
$\varphi$ = Forholdet imellem Styrken af Netningen og Pladejernet i samme Længde-Udstrækning, som en enkelt eller dobbelt Netterade;

**saa er**, naar Netterne med det imellem dem liggende Pladejern skulle have lige stor Styrke med Pladeranden:

**ved ensidet Netning:**

$$\left.\begin{aligned}
\mathbf{a} &= \mathbf{t\,i}\,\frac{\pi}{5}\left(\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t}}\right)^2 + \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
\mathbf{b} &= \mathbf{t} \times {}^5/_8 \times \frac{\mathbf{a}-\mathbf{d}}{\mathbf{i\,t}} = 0{,}3925\,\mathbf{t}\left(\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t}}\right)^2 \ldots\ldots\ldots\ldots \\
\varphi &= \frac{1}{1+\left(\frac{1}{\mathbf{i}} \times \frac{5}{\pi} \times \frac{\mathbf{t}}{\mathbf{d}}\right)} = 1 - \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{a}} \ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}\right\} \quad (160)$$

**ved Kjædenetning:**

$$\left.\begin{aligned}
\mathbf{a} &= \mathbf{t} \times 2\,\mathbf{i}\,\frac{\pi}{5}\left(\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t}}\right)^2 + \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
\mathbf{b} &= \mathbf{t} \times {}^5/_8 \times \frac{\mathbf{a}-\mathbf{d}}{\mathbf{i\,t}} = 0{,}785\,\mathbf{t}\left(\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t}}\right)^2 \ldots\ldots\ldots\ldots \\
\varphi &= \frac{1}{1+\left(\frac{1}{2\,\mathbf{i}} \times \frac{5}{\pi} \times \frac{\mathbf{t}}{\mathbf{d}}\right)} = 1 - \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{a}} \ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}\right\} \quad (161)$$

Disse Formler grunde sig paa Bestemmelserne for Forskydning af Materiale; forøvrigt forudsættes, at Netterne og Pladejernet er af lige Godhed.

Fairbairns Forsøg med en- og toradede Netninger stadfæste Rigtigheden af de Resultater, som de anførte Formler give.

Naar Bredden **b** efter Formlerne 160 og 161 bliver mindre end 1,5 **d**, saa benyttes denne Værdi, 1,5 **d**; Regningen udviser kun, at Randen kunde være mindre for at modstaa Sønderrivning end den Bredde, der behøves for Nettehovederne.

## Tabel over Netningers Styrke

for enradet og toradet Netning (**i** = 1 og **i** = 2).

| | d = | t. | | 1,5 t. | | 2 t. | | 2,5 t. | | 3 t. | | 4 t. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | i = | 1. | 2. | 1. | 2. | 1. | 2. | 1. | 2. | 1. | 2. | 1. | 2. |
| Overlægs-netning. | **a** = | 1,63 t | 2,26 t | 2,91 t | 4,33 t | 4,51 t | 7,03 t | 6,43 t | 10,35 t | 8,65 t | 14,31 t | 14,05 t | 24,11 t |
| | **b** = | 0,39 t | 0,39 t | 0,88 t | 0,88 t | 1,57 t | 1,57 t | 2,45 t | 2,45 t | 3,53 t | 3,53 t | 6,28 t | 6,28 t |
| | $\varphi$ = | 0,39 | 0,58 | 0,52 | 0,65 | 0,56 | 0,72 | 0,61 | 0,76 | 0,65 | 0,79 | 0,72 | 0,83 |
| Kjæde-netning. | **a** = | 2,26 t | 3,51 t | 4,33 t | 7,15 t | 7,43 t | 12,05 t | 10,35 t | 18,21 t | 14,31 t | 25,62 t | 24,11 t | 44,21 t |
| | **b** = | 0,79 t | 0,79 t | 1,77 t | 1,77 t | 3,14 t | 3,14 t | 4,91 t | 4,91 t | 7,07 t | 7,07 t | 12,57 t | 12,57 t |
| | $\varphi$ = | 0,56 | 0,72 | 0,65 | 0,79 | 0,72 | 0,83 | 0,76 | 0,86 | 0,79 | 0,90 | 0,83 | 0,91 |

109. **Den stærke Netning eller Kraftningen** gjør man dels ensidet, ved Overlægning, dels tosidet (Kjædenetning) og med en eller flere Netterader. Naglernes Tykkclse er anført under Nr. 106.

**En tæt Netning** tilvejebringes ved at give Netterne en mindre Afstand fra hinanden, og at gjøre Pladeranden, se Fig. 66, saa smal som mulig, dog ikke under $1{,}5\ \mathbf{d}$, og at stemme Kanterne; dog anvendes bedst en toradet Netning, Fig. 68, hvorved hver Nette i den ene Rade maa ligge lige ud for Midten af Atstanden imellem to Netter i den anden Rade, og 3 saadanne liggende Netter danne Vinkelspidserne i en ligesidet Trekant.

**Alle Gasklokker** gjøres i Reglen af temmelig ens Pladetykkelse; de nettes med kolde Netter af 7—7½ Mm.s Tykkelse i en Afstand af 25 Mm., og med en Randbredde af 13 Mm. For Tæthedens Skyld anbringes et med Rødkit indsmurt Hampegarn imellem de overliggende Pladers Yderkanter.

**Dampkjedle-Netninger** fordre for Tæthedens Skyld en mindre Afstand imellem Netterne, men da Styrken lider derved, saa finder man Afstanden i Reglen bestemt efter Formlerne 160 og 161, eller Tabellen under Nr. 108. Ved tynde Plader anvender man forholdsvis tykkere Nagler end ved tykke Plader; der anvendes baade en og to Rader Netter, og Kanterne stemmes, hvisaarsag de afskraaes saaledes, som Fig. 66 viser.

Efter Lemaître skal det være hensigtsmæssigt for Dampkjedler med een Rade Netter at gjøre:

$$\left.\begin{aligned} \mathbf{d} &= 4\ \text{Mm.} + 1{,}5\ \mathbf{t} \\ \mathbf{a} &= 10\ \text{Mm.} + 2\ \mathbf{d} \\ \mathbf{b} &= 1{,}5\ \mathbf{d} \end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots (162)$$

Derved bliver $\varphi = 0{,}65 - 0{,}58$ ved de almindelige forekommende Dimensioner.

Ved to Rader Netter kan anvendes:

$$\mathbf{a}_1 = 20\ \text{Mm.} + 3\ \mathbf{d}\ (\text{Fig. 68 og 70}) \ldots\ldots\ldots (163)$$

Man træffer imidlertid ogsaa derved:

$\mathbf{a}_1 = 10\ \text{Mm.} + 2\ \mathbf{d}$, hvorved altsaa den toradede Netning kun forøger Tætheden, men ikke Styrken.

Da den toradede Netning er stærkere end den enradede, og da et cylindrisk Rør bliver stærkere paavirket i Netteraderne efter Længderetningen end i dem paa tvers, saa synes det anbefaleligt for Dampkjedler at gjøre to Rader Netter i Længderetningen, og een Rade paa tvers; man træffer saadanne Netninger i gode Kjedlefabrikker anvendte ved større Dampkjedler; ved store, cylindriske Skibskjedler forekommer ogsaa to Netterader i Omkredsen. Styrken forøges dog kun, naar man ved den toradede Netning anbringer Netterne i større Afstand fra hinanden end ved den enradede, se Formel 163. Røgkanalerne ved Cornwalls Kjedler (Kjedler med indvendig Fyring) gives i den nyere Tid Laskenetninger i Længderetningen og paa tvers; som Laske anvendes **T** Jern, med Ribben udefter, for at forstærke Røret.

**Laskenetninger** anvendes med Fordel ved staaende Rør, Jern-Skorstene o. d. l. Den anvendte Lask er med Hensyn til Styrke mod Sønderrivning at betragte som en enkelt Jernplade, og Netningen gjør kun Nytte som enradet, endskjøndt der er to Rader Netter.

---

# VIII. Bøjning

## ved Tryk i Længderetningen (Modstand mod Knæk).

110. Naar en Stang eller en Søjle, Fig. 77 og 78, hvis Længde er over en vis Grænse større end den mindste Dimension i Tversnittet, trykkes af en Kraft $P$ i Længderetningen, hvad enten Stangen eller Søjlen er i en lodret, vandret eller skraa Stilling, saa vil den bøje sig, naar Trykket er tilstrækkelig stort dertil. Bøjningen er af samme Natur som den, der er omtalt under Nr. 18—20, men Kraftmomentet bliver derimod (se Fig. 78):

$$M = P\,a \qquad (164)$$

idet Ordinaten $a$ bliver Vægtstangsarm for Kraften, hvorimod Absissen for Buen i Fig. 1 er Vægtstangsarm, naar Kraften trykker vinkelret paa Legemets Længderetning.

111. Ifølge Formel 5 er den almindelige Ligning for Bøjningsmodstanden:

$M = \frac{E\,J}{r}$, og da ifølge Formel 164:

$M = P\,a$, saa bliver:

$P\,a = \frac{E\,J}{r}$ og

$$P = \frac{E\,J}{a\,r} \qquad (165)$$

Da den Bøjning, der kan tillades, kun maa være overmaade ringe, saa bliver Ordinaten $a$ Fig. 78 altsaa meget lille, og Længden $e\,f$ bliver da saare lidt forskjellig fra $e\,d$, hvisaarsag disse to Værdier kunne ansees for lige store, hvorved man faaer i den retvinklede $\triangle\ c\,e\,f$:

$r^2 = m^2 + l^2$, og da $m = (r - a)$, saa er:

$r^2 = r^2 + a^2 - 2\,a\,r + l^2$, og

$a\,r = \frac{l^2 + a^2}{2}$;

da nu $a$, som anført, er meget lille, saa bliver $l^2 + a^2$ ikke væsentlig forandret ved at bortkaste $a^2$, hvisaarsag man kan sætte:

$a\,r = \frac{l^2}{2}$, og denne Værdi for $a\,r$, indsat i Formel 165, giver da:

$$P = \frac{2\,E\,J}{l^2}.$$

Den saaledes ved elementære Midler fundne Værdi for $a\,r$ er ikke saa nøjagtig, som naar den udvikles ved Integralregning, i hvilket Tilfælde man faaer:

$a\,r = \frac{l^2}{\left(\frac{\pi}{2}\right)^2} = \frac{4\,l^2}{\pi^2}$, og derefter bliver:

$$P = \frac{\pi^2}{4}\,\frac{E\,J}{l^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (166)$$

I denne Formel er $E$ lig det paagjældende Materiales Spændigheds-koefficient for Strækning, Tabel 29, og $J$ er Inertimomentet, som er forklaret under Nr. 20, og anført i Plan I—VI.

I den anførte Formel 166 er $P$ i Virkeligheden en Værdi for Bære-Evnen, men angiver dog tillige Værdien for Brudbelastningen, fordi den ejendommelige Maade, paa hvilken Bøjningen skeer, idet at Vægtstangen $a$ er Ordinat, medfører, at naar Kraften har været istand til at frembringe en ringe Bøjning, altsaa en lille Vægtstangsarm $a$, fra Legemets oprindelige lodrette Stilling, saa vil den saa meget desto lettere kunne ved sit fortsatte Tryk paa Vægtstangsarmen $a$ frembringe en endnu større Bøjning, og saa fremdeles, d. v. s. Vægtstangsarmen bliver stadig større og større ved en og samme Krafts Paavirkning, eller $P\,a$ voxer stadig, og vil altsaa tilsidst naa Brudgrænsen, under Forudsætning af, at Lovene for fuldstændig Elasticitet gjælder indtil denne Grænse. Det er ganske modsat med Bøjning efter Fig. 1, idet at Vægtstangsarmen der bliver mindre, jo større Bøjningen er.

Til Sikkerhed mod Brud maa derfor Værdien for $P$ divideres med en Koefficient $s$, der maa gives en saadan Størrelse, at der saa godt som ingen Bøjning kan finde Sted. Denne Værdi for $s$ angives meget forskjellig, man har:

for Smedejern og Støbejern $s = 4$ til $6$,

for Træ $s = 5$ til $10$ à $12$; men ved specielle Anvendelser af Formlerne, saasom ved Beregning af Styrken for Søjler, Plejlstænger og Stempelstænger har $s$ en anden Værdi, der senere skal blive omtalt. Formel 166 bliver derved forandret til: **for Stænger eller Søjler, hvis ene Ende er**

**fast, og den anden Ende er fri, og som trykkes saaledes i Længderetningen, at den frie Ende kommer ud af sin Stilling:**

$$P = \frac{\pi^2}{4} \frac{E J}{s l^2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (167)$$

112. Ved Udførelsen af Beregninger efter Formel 167 og følgende maa man erindre med Hensyn til Benyttelsen af Værdier for Inertimomenter, at:

ved Rektangler, hvor:

$$J = \frac{h b^3}{4}, \text{ og}$$

ved Ellipser, hvor:

$$J = 0{,}049\ h\ b^3,$$

maa **b** være den mindste af de to Udstrækninger, altsaa $b < h$.

113. Et saadant Tilfælde, som Fig. 78 viser, forekommer sjeldent i Praxis, derimod indtræffer det hyppigere for Stænger, at **begge Ender ere frie, og Trykket gaaer i Længderetntngen,** se Fig. 79 **a** og **c**. Den paavirkede Stang **a** eller **c** antager derved en Bøjning som **b**, og naar man trækker en vandret Linie **e f**, der halverer Længden af Fig. 79 **b**, saa er det indlysende, at hver Halvdel er i samme Tilfælde, som Fig. 78; indsættes derfor i Formel 167 i Stedet for Længden **l** kun $\frac{l}{2}$, altsaa i Stedet for $l^2$: $\frac{l^2}{4}$, saa faaer man:

$$P = \pi^2 \frac{E J}{s l^2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (168)$$

hvilket viser, at i dette Tilfælde er Stangen 4 Gange stærkere end efter Fig. 78.

Saadanne Virkninger, som Fig. 79 **c** viser, forekommer ved Stænger, hvis to Ender ere bevægelige om Tapper, saasom Plejlstænger ved Dampmaskiner.

114. **Naar den ene Ende er fast,** d. v. s. saaledes anbragt, at den ikke kan forskydes ud til Siden, **og Trykket styres saaledes paa den anden Ende, at det gaaer lige igjennem Stangens Axe,** Fig. 80 **a** og **c**, saa vil Bøjningen antage Formen Fig. 80, **b**, og Styrken er 8 Gange større end efter Formel 167, eller:

$$P = 2\ \pi^2 \frac{E J}{s l^2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (169)$$

Saadanne Tilfælde forekomme ved Stempelstænger ved Maskiner, naar den øverste Ende kan bevæge sig om en Tap eller en Bolt i et Krydshoved, der styrer Trykket i Retning af Stangens Axe.

115. **Naar begge Ender ere faste,** d. v. s. anbragte saaledes, at de ikke kunne forskyde sig ud til Siderne, **og Trykket skeer i Retning af Stangens Axe,** Fig. 81 **a** og **c**, saa vil Bøjningen antage Formen Fig. 81 **b**, og Styrken er omtrent 12 Gange større end efter Formel 167 (se Weisbach), eller:

$$\mathrm{P} = 3\,\pi^2\,\frac{\mathrm{E\,J}}{\mathrm{s\,l^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (170)$$

Saadanne Tilfælde forekomme ved Søjler, der enten ere fastgjorte foroven og forneden, eller som staa frit paa flade Ender (ifølge Hodgkinsons Forsøg), og ved Stempelstænger, hvis øverste Ende er fast anbragt i et Krydshoved, og hvis nederste Ende styres i en Stopbøsning.

116. Ifølge Hodgkinsons værdifulde Forsøg bliver Brydningskraften **P** lidt mindre end efter de anførte Formler, hvilket imidlertid ikke foraarsager nogen Fejl af Betydning, da Forskjellen udlignes ved Antagelsen af Sikkerhedsgraden **S**, og man undgaaer derved en mere vidtløftig Udregning, da Hodgkinson har Brøker i sine Potensexponenter.

**Forskjellen er:**

naar Værdien for Inertimomentetet er indført i Formel 170 for et Cirkelsnit, saa forekommer deri Værdien:

$\frac{\mathrm{d}^4}{\mathrm{l}^2}$, hvorimod Hodgkinson har:

$\frac{\mathrm{d}^{3,55}}{\mathrm{l}^{1,7}}$ for Søjler af Støbejern, og

$\frac{\mathrm{d}^{3,55}}{\mathrm{l}^2}$ for Søjler af Smedejern.

117. Stænger eller Søjler beregnes kun for Modstand mod Bøjning ved Tryk i Længderetningen (Knæk):

| efter Formel: | for Stænger eller Søjler af: | naar Længden $\mathbf{l}$: ved Cirkeltversnit er større end: | ved rektangulære Tversnit er større end: |
|---|---|---|---|
| 167 | Støbejern | 5 $\mathbf{d}$ | $5^3/_4$ $\mathbf{b}$ |
| | Smedejern | 12 $\mathbf{d}$ | 14 $\mathbf{b}$ |
| | Træ | 6 $\mathbf{d}$ | 8 $\mathbf{b}$ |
| 168 | Støbejern | 10 $\mathbf{d}$ | $11^1/_2$ $\mathbf{b}$ |
| | Smedejern | 24 $\mathbf{d}$ | 28 $\mathbf{b}$ |
| | Træ | $11^1/_2$ $\mathbf{d}$ | $13^1/_2$ $\mathbf{b}$ |
| 169 | Støbejern | 14 $\mathbf{d}$ | 16 $\mathbf{b}$ |
| | Smedejern | 33 $\mathbf{d}$ | 38 $\mathbf{b}$ |
| | Træ | 16 $\mathbf{d}$ | 19 $\mathbf{b}$ |
| 170 | Støbejern | 20 $\mathbf{d}$ | 23 $\mathbf{b}$ |
| | Smedejern | 48 $\mathbf{d}$ | 56 $\mathbf{b}$ |
| | Træ | 23 $\mathbf{d}$ | 27 $\mathbf{b}$ |

Naar der forudsættes, at Sikkerhed mod Knusning sættes lige stor med Sikkerhed mod Brud ved Bøjning, og naar man med Sikkerhed kan henføre de stedfindende Trykvirkninger til en af de anførte Formler.

118. Ved at gjøre en Stang eller Søjle tykkere paa Midten af Længden, sædvanlig $^1/_4$ af Tykkelsen ved Enderne, og lade den tabe sig i en flad Bue imod Enderne, forøges Modstandsevnen kun $^1/_7$—$^1/_8$ ifølge Morins Angivelser efter Hodgkinson.

119. For lige stor Modstand imod Bøjning i ethvert Tversnit i Længderetningen, angiver Reuleaux, at man kan gjøre Enderne $0{,}7$ af Tykkelsen paa Midten.

120. Ved at anvende Tversnit, hvorved der forekommer to eller flere forskjellige Maal, der skulle bestemmes, maa man forud vedtage et Forhold imellem disse Maal, saaledes at de alle blive Dele af Hovedmaalet; t. Ex. ved et Rektangel $= \mathbf{h}\,\mathbf{b}$, bestemmes først, at $\mathbf{h}$ skal være $1^1/_2$ $\mathbf{b}$, 2 $\mathbf{b}$ eller 3 $\mathbf{b}$ etc., derved bliver Formlen for Inertimomentet:

$\mathbf{J} = \frac{\mathbf{h}\,\mathbf{b}^3}{12}$ forandret til, naar $\mathbf{h}$ t. Ex. $= 2\,\mathbf{b}$: $\mathbf{J} = \frac{2}{12}\,\mathbf{b}^4 = \frac{\mathbf{b}^4}{6}$. For et hult Cirkelsnit bestemmer man Diameteren $\mathbf{d}$ til det hule Rum, t. Ex. $= {}^3/_5\,\mathbf{D}$, naar $\mathbf{D}$ = den ydre Diameter, derved bliver Inertimomentet:

$$\mathbf{J} = 0{,}0491\,(\mathbf{D}^4 - \mathbf{d}^4) \text{ forandret til:}$$

$J = 0{,}0491\ [D^4 - (^3/_5\, D)^4] = 0{,}0427\ D^4$, eller, naar $\frac{d}{D}$ sættes $= n$, saa er $J = 0{,}0491\ (1 - n^4)\ D^4$. Ellipsen behandles som Rektanglet, o. s. f. for andre Former.

---

# IX. Søjler, Plejlstænger, Stempelstænger og nedrammede Pæle i Jord.

## a. Søjler.

121. **For Stensøjler, murede Piller eller Støtter** har Erfaringen godtgjort, at man ikke maa gjøre den mindste Dimension i Tversnittet mindre end $^1/_{12}$ af Højden. Belastningen, der tør bydes saadanne Søjler, findes anført i Tabel 32, hvorefter enhver Udregning let udføres.

122. **For Søiler af Træ og Jern** kan Tversnittet udregnes efter Formel 170, naar man indsætter Værdien for Inertimomentet, og foretager den fornødne Omformning. Dersom man var fuldkommen sikker paa, at Trykket virkede i Tversnittets Tyngdeaxe, saa kunde Sikkerhedskoefficienten $s$ være meget lille, men da flere Aarsager umuliggjøre denne Sikkerhed, saa gaaer Reuleaux ud fra den svageste Form for Søjler, Fig. 79, og benytter Formlen 168 med en Sikkerhed $s = \frac{10}{4} = 2{,}5$, hvilket altsaa giver samme Resultat, som at benytte Formel 170 med $s = 7{,}5$.

Derefter bliver altsaa:

$$P = 0{,}4\ \pi^2 \frac{J\,E}{l^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (171)$$

123. Sætter man i afrundede Værdier:

for Træ . . . . . . . . . . . $E = 1{,}000$ Kil. pr. □ Mm.
for Støbejern . . . . . . . . $E = 10{,}000$ — —
for Smedejern . . . . . . . $E = 20{,}000$ — —

saa bliver i afrundede Værdier,
for $P$ i Kilog. eller ℔, og
for $d$ og $l$ i Millim. eller Tommer:

**for runde, massive Søjler** af:

$$\text{Træ} \ldots\ldots \left\{ \begin{array}{ll} 1)\ P = 194\,\frac{d^4}{l^2} \ \ldots \text{ og } d = 0{,}27\,\sqrt{l}\,\sqrt[4]{P} \\ 2)\ P = 265000\,\frac{d^4}{l^2} \ \ldots \text{ og } d = 0{,}044\,\sqrt{l}\,\sqrt[4]{P} \\ 3)\ P = 270000\,\frac{d^4}{l^2} \ \ldots \text{ og } d = 0{,}0433\,\sqrt{l}\,\sqrt[4]{P} \end{array} \right\} \quad (172)$$

$$\text{Støbejern} \ldots \left\{\begin{array}{lll} 1)\; P = \phantom{000}1938\,\dfrac{d^4}{l^2} & \ldots \text{og } d = 0{,}151 & \sqrt{l}\,\sqrt[4]{P} \\ 2)\; P = 2651000\,\dfrac{d^4}{l^2} & \ldots \text{og } d = 0{,}025 & \sqrt{l}\,\sqrt[4]{P} \\ 3)\; P = 2788700\,\dfrac{d^4}{l^2} & \ldots \text{og } d = 0{,}0245 & \sqrt{l}\,\sqrt[4]{P} \end{array}\right\} \quad (173)$$

$$\text{Smedejern} \ldots \left\{\begin{array}{lll} 1)\; P = \phantom{000}3876\,\dfrac{d^4}{l^2} & \ldots \text{og } d = 0{,}127 & \sqrt{l}\,\sqrt[4]{P} \\ 2)\; P = 5302000\,\dfrac{d^4}{l^2} & \ldots \text{og } d = 0{,}021 & \sqrt{l}\,\sqrt[4]{P} \\ 3)\; P = 5577500\,\dfrac{d^4}{l^2} & \ldots \text{og } d = 0{,}0207 & \sqrt{l}\,\sqrt[4]{P} \end{array}\right\} \quad (174)$$

**Exp.** For en Belastning af $P = 15000$ Kil. paa en Støbejerns Søjle af 4000 Mm.s Længde bliver Tykkelsen efter Formel 173, 1:

$$d = 0{,}151\,\sqrt{4000}\;\sqrt[4]{15000} = 106 \text{ Mm.}$$

124. Jo mindre Søjlelængden er, desto forholdsviis mindre bliver Tykkelsen, og derved bliver Trykket pr. Flade-Enhed større; men dette Tryk maa ikke overskride:

for Træ . . . . . . . . . . . . . . . . 0,5 Kil. pr. □ Mm.,

for Støbejern og Smedejern . . . . . . . . . . . 6 Kil. pr. □ Mm.

Man maa desaarsag paasee, at Diameteren $d$ ikke bliver mindre end:

$$\text{for Træ} \ldots\ldots \left\{\begin{array}{l} 1)\; d = 1{,}6\;\sqrt{P} \ldots\ldots \\ 2)\; d = 0{,}043\,\sqrt{P} \ldots\ldots \\ 3)\; d = 0{,}0423\,\sqrt{P} \ldots\ldots \end{array}\right\} \quad (175)$$

$$\text{for Støbejern og Smedejern} \ldots\ldots \left\{\begin{array}{l} 1)\; d = 0{,}46\;\sqrt{P} \ldots\ldots \\ 2)\; d = 0{,}0124\,\sqrt{P} \ldots\ldots \\ 3)\; d = 0{,}0122\,\sqrt{P} \ldots\ldots \end{array}\right\} \quad (176)$$

eller at Belastningen ikke bliver større end:

$$\text{for Træ} \ldots\ldots \left\{\begin{array}{l} 1)\; P = 0{,}3925\; d^2 \ldots\ldots \\ 2)\; P = \phantom{0}540\; d^2 \ldots\ldots \\ 3)\; P = \phantom{0}560\; d^2 \ldots\ldots \end{array}\right\} \quad (177)$$

$$\text{for Støbejern og Smedejern} \ldots\ldots \left\{\begin{array}{l} 1)\; P = \phantom{00}4{,}71\; d^2 \ldots\ldots \\ 2)\; P = 6500\; d^2 \ldots\ldots \\ 3)\; P = 6720\; d^2 \ldots\ldots \end{array}\right\} \quad (178)$$

Disse Værdier medføre lidt Afvigelse fra Angivelserne om Forholde imellem **d** og **l** i Tabel Nr. 117, i hvilken der forudsættes et nøjagtigt Kjendskab til Trykforholdene, og lige stor Styrke imod Knusning og Bøjning.

## 125. **Tabel**

over den Belastning, der kan bydes runde, massive Søjler eller Stænger af Støbejern.

De Værdier, der ere vedføiede en Stjerne, ere beregnede efter Formel 178, 1; de Andre efter Formel 173, 1.

| Diameter **d** i Millim. | Længden **l** i Millimeter. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| | Belastning **P** i Kilogrammer. | | | | | |
| 15 | 43 | 24 | 15 | 10 | 8 | 6 |
| 20 | 138 | 77 | 49 | 34 | 25 | 19 |
| 25 | 336 | 189 | 121 | 84 | 61 | 47 |
| 30 | 697 | 392 | 251 | 174 | 128 | 98 |
| 35 | 1292 | 727 | 465 | 323 | 237 | 181 |
| 40 | 2205 | 1240 | 792 | 551 | 405 | 310 |
| 45 | 3532 | 1987 | 1271 | 883 | 648 | 496 |
| 50 | 5385 | 3028 | 1938 | 1345 | 988 | 757 |
| 60 | 11162 | 6279 | 4018 | 2790 | 2050 | 1569 |
| 70 | 20700 | 11632 | 7444 | 5170 | 3799 | 2908 |
| 80 | *) 30144 | 19844 | 12700 | 8820 | 6480 | 4961 |
| 90 | *) 38151 | 31718 | 20344 | 14128 | 10379 | 7947 |
| 100 | *) 47100 | *) 47100 | 31008 | 21513 | 15738 | 12106 |
| 120 | *) 67824 | *) 67824 | 64298 | 44651 | 32723 | 25116 |
| 140 | *) 92316 | *) 92316 | *) 92316 | 82722 | 60775 | 46531 |
| 160 | *)120576 | *)120576 | *)120576 | *)120576 | 103680 | 79380 |
| 180 | *)152604 | *)152604 | *)152604 | *)152604 | *)152604 | 127152 |
| 200 | *)188400 | *)188400 | *)188400 | *)188400 | *)188400 | *)188400 |

| Diameter d i Millim. | Længden l i Millimeter. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4500 | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 |
| | Belastning P i Kilogrammer. | | | | | |
| 15 | 5 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 20 | 15 | 12 | 10 | 8 | 7 | 6 |
| 25 | 38 | 30 | 25 | 21 | 18 | 15 |
| 30 | 77 | 62 | 51 | 43 | 37 | 32 |
| 35 | 143 | 116 | 96 | 80 | 68 | 59 |
| 40 | 245 | 198 | 164 | 137 | 117 | 101 |
| 45 | 392 | 317 | 274 | 220 | 188 | 162 |
| 50 | 598 | 484 | 400 | 336 | 286 | 247 |
| 60 | 1240 | 1004 | 830 | 697 | 594 | 512 |
| 70 | 2297 | 1861 | 1538 | 1292 | 1101 | 949 |
| 80 | 3920 | 3175 | 2624 | 2205 | 1878 | 1620 |
| 90 | 6279 | 5086 | 4203 | 3532 | 3009 | 2594 |
| 100 | 9570 | 7752 | 6406 | 5383 | 4586 | 3955 |
| 120 | 19845 | 16074 | 13284 | 11162 | 9511 | 8201 |
| 140 | 37114 | 29780 | 24878 | 20680 | 17812 | 15357 |
| 160 | 62720 | 50803 | 41986 | 35280 | 30061 | 25920 |
| 180 | 100465 | 81377 | 67254 | 56512 | 48152 | 41519 |
| 200 | 153125 | 124032 | 102505 | 86133 | 73388 | 63281 |

**Smedejerns Søjler** eller **Stænger** bære dobbelt saameget, som anført i Tabellen, og

**Træsøjler** eller **Støtter** bære kun $1/10$ af den i Tabellen anførte Belastning; men ved at benytte Tabellen for disse to Slags Materiale, maa Formlerne 177 og 178 haves i Erindring. **Hule Søjler** beregnes efter Nr. 126, og efter Nr. 127 i Forbindelse med ovenstaaende Tabel.

126. **For runde, hule Søjler** er efter Nr. 120, naar Forholdet imellem den indre Diameter $= \delta$ og den ydre Diameter $= D$ er: $\frac{\delta}{D} = n$:

Inertimomentet $J = 0{,}0491\ (1 - n^4)\ D^4$:

og efter Formel 171 bliver da:

$$P = 0{,}4\ \pi^2\ \frac{0{,}0491\ (1 - n^4)\ D^4\ E}{l^2} = 0{,}1938\ (1 - n^4)\ \frac{D^4}{l^2}\ E \quad . \ . \ (179)$$

11

$$\text{og } \mathbf{D} = \left[\sqrt{\mathbf{l}}\ \sqrt[4]{\frac{\mathbf{P}}{(1-\mathbf{n}^4)\times 0{,}1938\ \mathbf{E}}}\right] \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (180)$$

Heraf udledes for hule Støbejerns Søjler:

$$\left.\begin{array}{l}
1)\ \mathbf{P} = 1938\,(1-\mathbf{n}^4)\,\dfrac{\mathbf{D}^4}{\mathbf{l}^2} \ldots \text{og } \mathbf{D} = 0{,}151\ \sqrt{\mathbf{l}}\ \sqrt[4]{\dfrac{\mathbf{P}}{(1-\mathbf{n}^4)}} \\
2)\ \mathbf{P} = 2651000\,(1-\mathbf{n}^4)\,\dfrac{\mathbf{D}^4}{\mathbf{l}^2} \ldots \text{og } \mathbf{D} = 0{,}025\ \sqrt{\mathbf{l}}\ \sqrt[4]{\dfrac{\mathbf{P}}{(1-\mathbf{n}^4)}} \\
3)\ \mathbf{P} = 2788700\,(1-\mathbf{n}^4)\,\dfrac{\mathbf{D}^4}{\mathbf{l}^2} \ldots \text{og } \mathbf{D} = 0{,}0245\ \sqrt{\mathbf{l}}\ \sqrt[4]{\dfrac{\mathbf{P}}{(1-\mathbf{n}^4)}}
\end{array}\right\} \quad (181)$$

For hule Smedejerns Søjler (af trukne Rør)

bliver $\mathbf{P} = 2$ Gange større end efter Formel 181,

og $\mathbf{D} = 0{,}84$ Gange Værdierne efter samme Formel.

127. Naar man sammenligner Formlerne for massive, runde Søjler med dem for hule, runde Søjler, saa fremgaaer deraf, at naar man dividerer den massive, runde Søjles Diameter $= \mathbf{d}$, med $\sqrt[4]{(1-\mathbf{n}^4)}$, saa faaer man, for samme Styrke, den hule, runde Søjles ydre Diameter; altsaa:

$$\mathbf{D} = \frac{\mathbf{d}}{\sqrt[4]{(1-\mathbf{n}^4)}} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (182)$$

og den mindre Diameter $\delta = \mathbf{n}\,\mathbf{D}$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (183)

For $\mathbf{n} = 0{,}5 \ldots 0{,}6 \ldots 0{,}7 \ldots 0{,}75 \ldots 0{,}8 \ldots 0{,}85 \ldots 0{,}9 \ldots 0{,}95$

bliver $\mathbf{D} = 1{,}016\,\mathbf{d}$ $\ 1{,}035\,\mathbf{d}$ $\ 1{,}07\,\mathbf{d}$ $\ 1{,}1\,\mathbf{d}$ $\ 1{,}14\,\mathbf{d}$ $\ 1{,}2\,\mathbf{d}$ $\ 1{,}31\,\mathbf{d}$ $\ 1{,}52\,\mathbf{d}$

Værdierne for $\mathbf{D}$ kunne altsaa paa en let Maade beregnes af Værdierne i Tabel 125; men man maa paase, at $\mathbf{D}$ ikke bliver mindre end:

$$\left.\begin{array}{l}
\mathbf{D} = \dfrac{1}{\sqrt{1-\mathbf{n}^2}} \times 0{,}46\ \sqrt{\mathbf{P}} \ldots\ldots\ldots\ldots \\
\text{eller at Belastningen ikke bliver større end:} \\
\mathbf{P} = (1-\mathbf{n}^2) \times 4{,}71\ \mathbf{D}^2 \ldots\ldots\ldots\ldots
\end{array}\right\} \quad (184)$$

Til Lettelse for denne Udregning har man:

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| for $\mathbf{n}$ = | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 |
| $\dfrac{1}{\sqrt{1-\mathbf{n}^2}}$ = | 1,15 | 1,25 | 1,40 | 1,51 | 1,67 | 1,89 | 2,29 | 3,20 |
| og $(1-\mathbf{n}^2)$ = | 0,75 | 0,64 | 0,51 | 0,44 | 0,36 | 0,28 | 0,19 | 0,10 |

**Exp.** Den i Exemplet under Nr. 123 anførte runde, massive Støbejerns Søjle, for hvilken $\mathbf{P} = 15000$ Kil., $\mathbf{l} = 4000$ Mm., vilde faa en Diameter $\mathbf{D}$, dersom man vilde have den hul med Forholdet $\dfrac{\delta}{\mathbf{D}} = 0{,}8$, efter Formel 181, 1, af:

$$\mathbf{D} = 0{,}151\ \sqrt{4000}\ \sqrt[4]{\frac{15000}{(1 - 0{,}8^4)}} = 120 \text{ Mm., og}$$

$$\delta = 0{,}8 \times 120 = 96 \text{ Mm.}$$

Undersøger man efter Formel 184, hvilken Byrde man tør byde disse Dimensioner med Hensyn til Modstand mod Sammentrykning, saa faaer man:

$$\mathbf{P} = (1 - 0{,}8^2) \times 4{,}71 \times 120^2 = 24{,}416 \text{ Kil.},$$

altsaa mere end de forlangte 15,000 Kil., følgelig ere Maalene tilfredsstillende, saafremt Skorpetykkelsen ikke frembyder Betænkelighed med Hensyn til Muligheden for en god Støbning. Foretrækker man i saa Henseende en større Skorpetykkelse, t. Ex. $\frac{\delta}{\mathbf{D}} = 0{,}7$, saa vilde Udregningen give $\mathbf{D} = 112$ Mm. og $\delta = 79$ Mm. som passende Værdier.

128. **For Søjler af et korsdannet Tversnit**, som Fig. 82, er Inertimomentet lig det af et Kvadrat minus Inertimomentet af 4 Kvadranter. Sættes Kvadratets Sidelinier $= \mathbf{S}$, og Radius til Kvadranterne $= \mu\ \mathbf{S}$, hvorved $\mu$ altsaa er en Brøk, der angiver den Part, som Radius $\mathbf{r}$ udgjør af Sidelinien $\mathbf{S}$, saa faaer man:

$$\mathbf{J} = \mathbf{S}^4 \left[\frac{(1 + 16\ \mu^3) - 3\ \pi\ (\mu^2 + \mu^4)}{12}\right], \text{ og}$$

$$\mathbf{P} = 0{,}329\ \left[(1 + 16\ \mu^3) - 9{,}42\ (\mu^2 + \mu^4)\right] \frac{\mathbf{ES}^4}{\mathbf{l}^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (185)$$

$$\mathbf{S} = \sqrt{\mathbf{l}}\ \sqrt[4]{\frac{\mathbf{P}}{0{,}329\ \left[(1 + 16\ \mu^3) - 9{,}42\ (\mu^2 + \mu^4)\right] \mathbf{E}}} \quad \ldots\ldots \quad (186)$$

**Exempel.** For den i Exemplet under Nr. 123 anførte Søjle af $\mathbf{P} = 15000$ Kil. og $\mathbf{l} = 4000$ Millim. bliver, naar man antager $\mu = {}^1/_3$ $\left(\text{altsaa } \mathbf{r} = \frac{\mathbf{S}}{3}\right)$:

$$\mathbf{S} = \sqrt{4000}\ \sqrt[4]{\frac{15000}{0{,}329\ \left[(1 + {}^{16}/_{27}) - 9{,}42\ ({}^1/_9 + {}^1/_{81})\right]\ 10000}}$$

$$= 63{,}25 \times \frac{11{,}03}{5{,}7} = 122{,}5 \text{ Mm., og Radius til Kvadrantudsnittene:}$$

$${}^1/_3 \times 122{,}5 = 40{,}8 \text{ Mm.}$$

Herefter faaer Søjleskaftet en Tversnitsflade $= 122{,}5^2 - 40{,}8^2 \times 3{,}14 = 9779$ □ Millim., og lider altsaa et Tryk pr. □ Millim. af $\frac{15000}{9779} = 1{,}54$ Kil. eller omtrent kun ${}^1/_4$ af det Tryk, der med Sikkerhed tør bydes for Modstand mod Sammentrykning.

**Anmk. 1.** Søjler af ethvert andet Tversnit end de Anførte, beregnes efter Formel 171 ved at indføre Værdierne for **J** og **E**, og foretage de fornødne Omformninger; ved de foretagne Udregninger maa iagttages, at Belastningen ikke bliver større end:

| | | |
|---|---|---|
| for Træ . . . . . . | 0,5 Kil. pr. □ Mm. | |
| | 684 ℔ pr. □ Tomme d. eller n. | |
| | 720 ℔ pr. □ Tomme svensk Maal. | |
| for Støbejern og Smedejern . . . | 6 Kil. pr. □ Millimeter. | |
| | 8200 ℔ pr. □ Tomme d. eller n. | |
| | 8600 ℔ pr. □ Tomme svensk Maal. | |

**Exempel.** En firkantet, hul Støbejerns Søjle, som er 17 Fod svensk høj, og hvis Tversnit er udvendig 6 Tommer svensk, indvendig 4″, kan bære følgende Belastning efter Formel 171:

$$\mathbf{P} = 0{,}4\ \pi^2 \frac{\mathbf{J\,E}}{\mathbf{l}^2}.$$ Naar da:

$$\mathbf{E} = 14{,}000{,}000$$ i afrundet Gjennemsnitsværdi efter Tabel 29, og da

$$\mathbf{J} = \frac{6^4 - 4^4}{12} = 86{,}67$$ efter Figur Nr. XIII Plan III, og

$$\mathbf{l} = (204'')^2 = 41616,$$

saa bliver:

$$\mathbf{P} = \frac{3{,}948 \times 86{,}67 \times 14{,}000{,}000}{41616} = 115110 \text{ ℔}.$$

Da Tversnitsfladen er $= 6^2 - 4^2 = 20$ □ Tommer, saa bliver Trykket pr. □ Tomme:

$$\frac{115110}{20} = 5755^1/_2 \text{ ℔},$$

altsaa tilfredsstillende.

**Anmk. 2.** Saavel i Bygningsfaget som i Maskinfaget gjør man ofte Søjlerne stærkere end efter de anførte Formler, navnlig naar de ere udsatte for Rystelser; saaledes giver man t. Ex. Søjler, der bære Mølleværker, ofte en 5 til 6 Gange større Sikkerhed end efter Formel 171.

**Anmk. 3.** Søjleskaftet gjør man i Reglen noget tyndere foroven end forneden; smukkest bliver Formen, naar den nederste Trediedel af Længden bliver lige tyk, hvorimod den øvrige Længde taber sig op efter indtil 0,8 à 0,7 af den nederste Tykkelse. En Søjle af et korsdannet Tversnit i hele Længden lader man i Reglen tabe sig fra Midten nedefter og opad til 0,8 à 0,7 af den beregnede Tykkelse.

129. **Støbejerns-Søjlernes Form** er i Enkelthederne meget forskjellig; til Bygninger for industriel Virken anvendes Søjlen Fig. 83 ikke sjelden; den her tegnede Figur eller Form er anvendt i Kjælderne ved Banen fra St. Germain, og den mere elegante Form, Fig. 84, er anvendt ved en Tobaks-Fabrik i Strasborg.

Fig. 85 viser en rund Søjle, hvis Hoved har en paastøbt Kasse til at bære en Bjælke; den har derhos en meget høj Sokkel; Soklen er ottekantet, og nærmer sig derved den gothiske Stil; men ofte er denne Sokkel rund.

Fig. 86 til 91 vise forskjellige for Jernsøjler anvendelige Hoveder eller Capitæler; af disse egner sig den enkelte Terning-Capitæl, Fig. 86, for de underste Etager i store Fabriksbygninger, og for stærkt belastede Jernsøjler; den normanniske Capitæl, Fig. 87, egner sig ligeledes for slanke, stærkt belastede Søjler; denne Form er anvendt ved Arsenalet i Wien, og i den østerrigske Lloyds Værksteder i Triest.

Noget lettere og livligere er Fig. 88, som er en Simplifikation af visse gothiske Capitæler; denne findes anvendt i Tower i London. De lade sig alle tre let støbe. Mest anvendt i Maskinbyggeriet er **Fig. 89**, hvis Form ligger imellem den romersk-doriske og den toskanske Orden. Ved at forkorte eller forlænge Afstanden imellem Ekinus (Rundingen foroven) under den kvadratiske Dækplade (Abakus) og Astragalen (Rundstaffen) forneden af Capitælen, kan Søjlen efter Behag gives et slankere eller mere trykket Udseende.

Den græsk-doriske Stils strenge Former passe ikke for Søjler af Jern, og findes derfor heller ikke anvendte i Maskinbyggeriet, hvorimod de korinthiske Søjler af den grazieuse og simple Form i **Fig. 90** passe bedre. Capitælen bestaaer af 21 Blade, der ere udhulede forneden, og hvælvede foroven, og adskilles fra Søjleskaftet ved en Astragal. Udelades Ornamentet, som viist i den højre Halvdart, saa faaer man ogsaa en smuk og simpel Form.

**Fig. 91** viser en Capitæl, der nærmer sig Renaissance-Formen; den har en ottekantet Abakus.

**Fig. 92** viser en Forbindelse af to ovenpaa hinanden anbragte Søjler for to Etager, og med Anbringelse af Bjælkelagene.

**Fig. 93 til 95** viser tre forskjellige Maader at fastgjøre Søjler, naar de skulle staa meget faste. Ved Fig 93 er Fodpladen fastgjort med en Ankerbolt i Murværk; Fig. 94 har en Krave støbt paa Foden, hvorved den fastgjøres til en Kvaderstens Sokkel, ved deri faststøbte Jernbolte. Fig. 95 (Borsigs Konstruktion) viser en Fastgjørelse ved Hjælp af en Fodplade, hvorpaa er anbragt en lav, hul Cylinder, og begge Dele er fastgjort ved en Ankerbolt til Murværk; den hule Søjle stilles over den lave Cylinder saaledes, at der bliver et Spillerum, der tillader Søjlen at kunne flyttes lidt i enhver Retning, og naar Søjlen er stillet nøjagtig paa sin Plads, saa helder man smeltet Bly ind i Spillerummet imellem Søjlefoden og den lave Cylinder, igjennem et Hul i Søjlefoden.

Søjler ved Bygninger, og som skulle bære meget tunge Byrder, stilles ofte med en underlagt Blyplade uden nogen Befæstelse paa en Sokkelsten.

Søjler i Maskinbyggeriet fastgjøres enten til Grundplader af Jern, eller stilles paa Murværk eller Kvaderstene, ligesom i Bygningsfaget.

### b. Plejlstænger.

130. Saavel Plejlstænger som Excentrikstænger og Trækstænger i Almindelighed ere enten kun udsatte for Træk eller baade for Træk og Tryk.

Er en Stang kun udsat for Træk, saa beregnes Tversnittet efter Formel 20, nemlig:

$F = \frac{P}{S}$, hvori $F$ = Tversnitsfladen,

$S$ = den Spænding, man vil tillade, at der finder Sted i Stangen,

$P$ = Trækkraften.

Man benytter følgende Værdier for Spændingen $S$:

| | For Stænger af: | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Smedejern. | Støbejern. | Støbestaal. | Egetræ. |
| 1 | 4 | 2 | $6^2/_3$ | 0,27 |
| 2 | 5500 | 2700 | 9100 | 370 |
| 3 | 5800 | 2900 | 9600 | 390 |

Ved Anvendelsen af disse Spændinger bliver Tversnittet noget større end ved almindelige Beregninger for Strækning, hvorved $S$ er $^1/_2$ Gang større end Tilfældet er her, fordi her er taget Hensyn til mulig forekommende Stød, naar Panderne i Plejlstangslejerne ere udslidte.

For runde Stænger bliver derefter:

$$D = 1{,}128 \sqrt{\frac{P}{S}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (187)$$

Den samme Formel: $F = \frac{P}{S}$ kan anvendes med samme Værdier for $S$, som oven anført, naar meget korte Stænger udsættes for Sammentrykning.

131 Naar Længden $l$ er saa stor i Forhold til Tykkelsen, at der maa tages Hensyn til Modstand mod Knæk, saa anvendes Formel 168, nemlig:

$$P = \pi^2 \frac{E\,J}{s\,l^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (188)$$

der enten benyttes til ligefrem Udregning af Trykket $P$, som man tør byde en Stang af et givet Tversnit, eller, ved Omformning, til at beregne Stangens Tversnit, paa samme Maade, som er viist for Søjler.

Værdien af Sikkerhedsgraden $s$ er meget forskjellig i de praktiske Udførelser af Plejlstænger, hvilket dels maa søge sin Grund i en overdreven Forsigtighed, dels i en mangelfuld Beregningsmaade, og dels fordi Stangen i Reglen slutter sig til temmelig store Former i Hovederne, hvisaarsag man søger at tilvejebringe Harmoni i Udseendet ved at gjøre Stængerne noget tykkere end nødvendigt. Undersøger man Stænger, anvendte ved forskjellige Slags Maskiner, saa vil man finde:

**Ved faste Land-Dampmaskiner:**

$\mathbf{s} = 50$ til 60 ved smaa Maskiner,

$\mathbf{s} = 5$ til 25 ved store og middelstore Maskiner,

og man kan i Almindelighed sætte:

$\mathbf{s} = 20$ for faste Landdampmaskiner.

**Ved Skibsmaskiner** forefindes Værdien for $\mathbf{s}$ ualmindelig høj, nemlig:

$\mathbf{s} = 30$, 40, 60 ja endog 80,

hvilket sandsynligvis hidrører fra den Sædvane, at give Plejlstangen Tykkelse i Forhold til Cylinderens Diameter; men desuden maa man erindre, at Skibsmaskinerne have et meget bevægeligt og ledløst Fundament i Skibsskroget, hvisaarsag Maskindelene maa gives en høj Grad af Styrke.

**Ved Lokomotiver,** hvis Plejlstænger i Reglen have et firkantet Tversnit, finder man:

$\mathbf{s} = 2$ til $1{,}5$ for Drivstængerne, og

$\mathbf{s} =$ ikke under 2 for Kobbelstængerne imellem to efter hinanden følgende Hjul.

Kobbelstængerne gjøres stærkere paa Midten, hvorimod Drivstængerne gjøres stærkest henimod Krumtappen, og tabe sig i den anden Ende til $0{,}8$ à $0{,}7$ i Højderetningen. Fig. 96 viser dette nærmere ved en Drivstang, og Fig. 97 ved en Kobbelstang.

Bestræbelserne for at gjøre Lokomotiv-Plejlstængerne saa lette som muligt har ført iil Anvendelsen af et I-dannet Tversnit, Fig. 98 og 99 (Kraus & Co. i München). Inertimomentet for saadanne Tversnit, Fig. 98, er overensstemmende med Nr. VI paa Plan II, naar man erindrer, at i den herværende Anvendelse skal benyttes det mindste Inertimoment, altsaa:

$$\mathbf{J} = {}^1/_{12}\,[2\,\mathbf{c}\,\mathbf{B}^3 + (\mathbf{h} - 2\,\mathbf{c})\,\mathbf{b}^3] \text{ (se Fig. 98 og 99).}$$

For at kunne benytte dette Inertimoment i Formlen 188, bestemmer man først efter Skjøn, hvilke Forhold man vil give de enkelte Maal indbyrdes i Tversnittet; havde man saaledes t. Ex. gjort:

$$\mathbf{B} = \frac{\mathbf{h}}{2}, \quad \mathbf{b} = \frac{\mathbf{h}}{6}, \quad \mathbf{c} = \frac{\mathbf{h}}{5},$$

saa vilde man faa:

$$\mathbf{J} = {}^1/_{12}\left[\frac{2\,\mathbf{h}}{5} \times \frac{\mathbf{h}^3}{8} + \left(\mathbf{h} - \frac{2\,\mathbf{h}}{5}\right)\frac{\mathbf{h}^3}{216}\right] = \frac{19}{4320}\,\mathbf{h}^4.$$

For en Støbejerns Plejlstang, som Fig. 100, med et Tversnit paa Midten, som Fig. 82, er Inertimomentet anført under Nr. 128. Fra Midten taber Stangen sig ud imod Enderne til $0{,}8$ à $0{,}7$. Det samme er Tilfældet med runde Stænger af Staal, Smedejern og Støbejern.

132. Af de foranførte Forklaringer fremgaaer følgende Formler for Plejlstængers Tversnit, for Maal og Vægt i Millimeter og Kilog., eller Tommer og Pund:

**For et Cirkel-Tversnit:**

$$\mathbf{D} = 1{,}2\sqrt{\mathbf{l}\sqrt{\frac{\mathbf{s\,P}}{\mathbf{E}}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (189)$$

**For et retvinklet Tversnit uden Ribber,**

naar **h** er den største, **b** den mindste Side, og $\frac{\mathbf{h}}{\mathbf{b}}$ sættes = **a**, og bestemmes forud:

$$\mathbf{b} = 1{,}05\sqrt{\mathbf{l}\sqrt{\frac{\mathbf{s\,P}}{\mathbf{a\,E}}}}, \ldots\ldots \text{og } \mathbf{h} = \mathbf{ab} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (190)$$

**For et I dannet (dobbelt T dannet) Tversnit**, Fig. 98 og 99, naar de enkelte Maal ere satte i Værdi i Forhold til Højden **h**, saaledes, som anført i Slutningen af Nr. 131, og den Brøk, hvormed $\mathbf{h}^4$ da bliver multipliceret sættes = **n**, hvorved Inertimomentet bliver: $\mathbf{J} = \mathbf{n\,h}^4$ (i Exemplet i Slutningen af Nr. 131 er $\mathbf{J} = \frac{19}{4320}\mathbf{h}^4$, altsaa $\mathbf{n} = \frac{19}{4320}$)

$$\mathbf{h} = 0{,}564\sqrt{\mathbf{l}\sqrt{\frac{\mathbf{s\,P}}{\mathbf{n\,E}}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (191)$$

**For et korsdannet Tversnit**, Fig. 82:

$$\mathbf{S} = 0{,}564\sqrt{\mathbf{l}\sqrt{\frac{\mathbf{s\,P}}{\mathbf{m\,E}}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (192)$$

naar den Værdi, som indesluttes i Parenthesen, og hvormed $\mathbf{S}^4$ skal multipliceres i Formlen for **J** under Nr. 128 sattes = **m**.

**Exempler**. Ved et Skruedampskib var **P** = 43,000 Kil. og **l** = 1515 Mm., Plejlstangen var af Jern, med et Cirkeltversnit. Havde man bestemt dette Tversnit for en Sikkerhed **s** = 20, og **E** = 20,000 — se Nr. 123 — saa var ifølge Formel 189 Diameteren bleven:

$$\mathbf{D} = 1{,}2\sqrt{1515\sqrt{\frac{20 \times 43{,}000}{20{,}000}}} = 118 \text{ Mm.},$$

men Maudslay havde gjort **D** = 152 Mm., hvortil svarer **s** = 54,7.

Ved et Locomotiv var Trykket paa Drivstangen: **P** = 13,000 Kil., Stangens Længde $\mathbf{l} = 1830$ Mm., Tversnit: firkantet af et Forhold $\frac{\mathbf{h}}{\mathbf{b}} = \mathbf{a} = 2{,}5$ (Fig. 96). Med $\mathbf{s} = 1{,}5$ og $\mathbf{E} = 20{,}000$ bliver efter Formel 190:

$$\mathbf{b} = 1{,}05\sqrt{1830\sqrt{\frac{1{,}5 \times 13{,}000}{2{,}5 \times 20{,}000}}} = 34 \text{ Mm.}$$

og $\mathbf{h} = \mathbf{ab} = 2{,}5 \times 34 = 85$ Mm.
Borsig har gjort $\mathbf{b} = 36$ Mm. og $\mathbf{h} = 85$ Mm.

### c. Stempelstænger.

133. Stempelstænger gjøres enten af Smedejern eller af Støbestaal, og ere enten ganske, eller fortrinsviis udsatte for Strækning, og beregnes da efter Formel 187; eller de lide tillige en Sammentrykning, og beregnes da enten for Modstand mod Knusning, efter Formel 100, eller efter den dermed stemmende Formel 187 (se Bemærkningen under samme), naar de kun ere korte, eller for Modstand mod Knæk, efter Formel 169, naar Længden er stor i Forhold til Tykkelsen (se Nr. 117). I dette Tilfælde bliver Diameteren:

$$1,\ \mathbf{d} = 0{,}2\sqrt{\mathbf{l}\sqrt{\mathbf{P}}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (193)$$

$$2,\ \mathbf{d} = 0{,}033\sqrt{\mathbf{l}\sqrt{\mathbf{P}}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (194)$$

$$3,\ \mathbf{d} = 0{,}0327\sqrt{\mathbf{l}\sqrt{\mathbf{P}}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (195)$$

naar $\mathbf{s} = 32$ og $\mathbf{E}$ i Middelværdi sættes:

1) = 20,000 . . . 2) = 27,000,000 . . . 3) = 29,000,000.

Stangens Tversnit for at modstaa Knæk maa ikke være mindre end for at modstaa Strækning, og naar Stangen svækkes ved Anbringelsen af Kilehuller eller Skruesnit, maa den gjøres saa meget tykkere, som Svækkelsen udgjør.

At Sikkerheden $\mathbf{s}$ er sat lig 32 har sin Grund i, at Stempelstænger ikke altid ere sikrede imod at komme i det ved Fig. 78 angivne Tilfælde, hvortil svarer Formel 167, og derved formindskes $\mathbf{s}$ til 8.

**Exempel.** Ved en Dampmaskine med en Cylinder-Diameter = 400 Mm., et Stempelslag = 1000 Mm., og et Damptryk = 4 Atmosfærer, bliver

$$P = \frac{400^2 \times 3{,}14}{4} \times 0{,}04 = 5024 \text{ Kil.},$$ og da $l = 1000$ Mm., saa bliver efter Formel 193:

$$d = 0{,}2\sqrt{1000\sqrt{5024}} = 53 \text{ Mm.}$$

### d. Pæle, nedrammede i Jord.

134. Ifølge Rondele's Angivelser kunne saadanne Pæle, naar der anbringes Tverstykker over deres Hoveder, belastes med 0,3 à 0,35 Kil. pr. □ Millimeter af deres Tversnit, og derefter bliver:

$$A = \frac{P}{m\,F} \qquad (196)$$

naar $A$ = Antallet af Pæle for det hele Tryk = $P$ som en Fundering skal bære, og $F$ = Tversnittet af en Pæl i □ Millim. eller i □ Tommer; endvidere er:

$m = 0{,}32$ for $F$ i □ Mm. og $P$ i Kilogr., og

$m = 450$ for $F$ i □ Tom. og $P$ i Pund, for dansk, norsk og svensk Maal og Vægt.

135. En Pæls Bære-Evne, naar den er nedrammet i Jord, bestemmes efter Ramslaget ved følgende Formel af Weisbach:

$$p = a\,h\,G, \qquad (197)$$

Herved er $G$ = Ramslagets Vægt i ℔ eller i Kil.
$h$ = Ramslagets Faldhøjde ved det sidste Slag.
$s$ = Dybden af Pælens Indtrængelse ved $n$ Antal Slag.
$a = \frac{n}{s}$.

Naar $G$ regnes i Pund, maa $h$ og $s$ begge regnes enten i Fod eller i Tommer, og naar $G$ regnes i Kilogr., maa $h$ og $s$ regnes i Meter eller Millim.

Af Bære-Evnen $p$ anvendes kun $^1/_{10}$ Del à $^1/_{100}$ Del.

Formel 197 grunder sig paa: at Arbejdsmængden $p\,s$ er lige stor med Arbejdsmængden $n\,h\,G$; $h$ skal derfor egenlig være Middel-Faldhøjden for det gjorte Antal $n$ Slag.

**Exempel.** I et givet Tilfælde er $G = 500$ ℔, $h = 8$ Fod, $s = {}^1/_2$ Fod, $n = 20$, altsaa $\frac{n}{s} = a = 40$.

Derefter bliver altsaa:

$p = 40 \times 8 \times 500 = 160{,}000$ ℔; ved en 10 Fold Sikkerhed blev altsaa Belastningen $p = 16{,}000$ ℔ for hver Pæl. Dersom man havde valgt Pæle-tømmer af Størrelse 10″ × 10″ = 100 □″ = **F**, saa blev t. Expl. for en Totalbelastning af 5 Millioner ℔, efter Formel 196 Antallet af Pæle:

$$A = \frac{P}{m\,F} = \frac{5{,}000{,}000}{450 \times 100} = 112 \text{ Pæle, og da hver Pæl}$$

bærer 16,000 ℔, saa bære de 112 Pæle 16,000 × 112 = 1,792,000 ℔, altsaa mindre end 5 Millioner ℔, hvilket antyder, at der maa fortsættes med Nedramningen, indtil hver Pæl kan bære 450 ℔ pr. □″ eller ialt 100 × 450 = 45,000 ℔, hvilket altsaa naaes, naar **a** bliver saameget større, som $\frac{45{,}000}{16{,}000}$ = crc, 3, eller naar Dybden **s** ved 20 Slag formindskes fra $^1/_2$′ = 6″ til $\frac{6}{3}$″ = 2″.

## X. Plane Fladers Modstand mod Tryk i retvinklet Retning.

136. Foruden det, som i foregaaende Afsnit V er afhandlet om flade Bunde i Cylindre, og om flade Sider ved Dampkjedler, anføres i nærværende Afsnit en Del Tilfælde for plane Fladers Modstand mod Tryk, naar Trykket ikke virker saaledes, at der fremstaaer Forskydning, se Pag. 62, Nr. 99. Beviserne for Formlernes Rigtighed grunde sig paa Integralregning, og kan findes hos de nedenanførte Forfattere.

I Formlerne er:

**a** og **b** = Pladesiderne, og **a** < **b**, d. v. s. at **a** betegner den mindste Side;
**t** = Pladetykkelsen og
**f** = Bøjningens Størrelse paa Midten af Pladen;
**E** = Elasticitetskoefficienten for Strækning;
**S** = Spændingen pr. Flade-Enhed, som man vil tillade, at der finder Sted i Materialet, efter Tabel 29;
**P** = Trykket paa Midten af Pladen;
**p** = Trykket pr. Flade Enhed;
**C**, $C_1$, $C_2$, og $C_3$ = Koefficienter af neden anførte Værdier.

137. **Firkantede, retvinklede Plader, der ere fastgjorte til alle Sider.**

a. **Tryk paa Midten.**

Ifølge Naviers Bevisførelse er:

$$P = 0{,}4387 \frac{S\,t^2}{a\,b^3\,C} \quad \ldots\ldots \quad (198)$$

$$t = 1{,}51\, b \sqrt{\frac{a\,b\,P}{S}\,C} \quad \ldots\ldots \quad (199)$$

$$f = 0{,}4622\, \frac{a^3\, b^3\, P}{t^3\, E}\, C_1 \quad \ldots\ldots \quad (200)$$

$$\text{hvorved } C = \left[\frac{10}{9\,(a^2 + b^2)^2} + \frac{9}{(a^2 + 9\,b^2)^2} + \frac{1}{(9\,a^2 + b^2)^2}\right]$$

$$\text{og } C_1 = \left[\frac{82}{81\,(a^2 + b^2)^2} + \frac{1}{(a^2 + 9\,b^2)^2} + \frac{1}{(9\,a^2 + b^2)^2}\right]$$

b. **For Tryk, ens fordelt over hele Fladen er:**

$$p = 1{,}0818\, \frac{S\, t^2}{a^2\, b^4\, C_2} \quad \ldots\ldots \quad (201)$$

$$t = 0{,}962\, a\, b^2 \sqrt{\frac{p}{S}\, C_2} \quad \ldots\ldots \quad (202)$$

$$f - 0{,}1868\, \frac{a^4\, b^4\, p}{t^3\, E}\, C_3 \quad \ldots\ldots \quad (203)$$

$$\text{hvorved } C_2 = \left[\frac{82}{81\,(a^2 + b^2)^2} \div \left(\frac{3}{(a^2 + 9\,b^2)^2} + \frac{1}{3\,(9\,a^2 + b^2)^2}\right)\right]$$

$$\text{og } C_3 = \left[\frac{730}{729\,(a^2 + b^2)^2} \div \left(\frac{1}{3\,(a^2 + 9\,b^2)^2} + \frac{1}{3\,(9\,a^2 + b^2)^2}\right)\right]$$

Professor Weisbach har følgende Tilnærmelsesformel:

$$p = \frac{2\,S\,t^2\,(a^4 + b^4)}{a^2\, b^4} \quad \ldots\ldots \quad (204)$$

$$t = b \sqrt{\frac{a^2\, b^2}{a^4 + b^4} \times \frac{p}{2\,S}} \quad \ldots\ldots \quad (205)$$

Naar $a = b$ bliver:

$$p = \frac{4\,S\,t^2}{a^2} \quad \ldots\ldots \quad (206)$$

$$t = \frac{a}{2} \sqrt{\frac{p}{S}} \quad \ldots\ldots \quad (207)$$

**Exempel.** En lukket Kobberkasse uden Stivebolte, med Sideflader af 40″ dansk i enhver Retning, lider et Damptryk af 20 ℔ pr. □″ over det ydre Tryk, og man tillader en Spænding i Pladerne af **S** = 2500. Efter Formel 207 bliver Tykkelsen:

$$\mathbf{t} = \frac{40}{2}\sqrt{\frac{20}{2500}} = 1{,}78'' \text{ dansk.}$$

Efter Formel 202 blev Tykkelsen:

$$\mathbf{t} = \left[ 0{,}962 \times 40^3 \sqrt{\frac{20}{2500}} \times 0{,}000{,}000{,}09 \right] = 1{,}7'' \text{ dansk.}$$

En saadan Kasse vilde man selvfølgelig gjøre tyndere, ved at forsyne den med Stivebolte, og beregne Tykkelsen efter Formel 140 med Iagttagelse af Bemærkningen efter Formel 142 Pag. 62, for det Tilfælde, at Metallet ikke er Smedejern.

138. **Firkantede, retvinklede Plader, der understøttes paa alle 4 Sider, og som hvile frit paa deres Underlag, og lide et ens fordelt Tryk over hele Fladen.**

Dr. Kirsch har i „Zeitschrift des Vereins deutscher Ing. 1870“ udviklet efternævnte Formler, for hvilke: **a, b, t, f, p, S** og **E** have samme Betydning, som under Nr. 136, og **m** og **i** ere Koefficienter, der indeholdes i efterstaaende Tabel.

Man har da:

$$\mathbf{p} = \frac{\mathbf{S\,t^2}}{\mathbf{m^2\,a^2}} \quad \ldots\ldots \quad (208)$$

$$\mathbf{t} = \mathbf{m\,a}\sqrt{\frac{\mathbf{p}}{\mathbf{S}}} \quad \ldots\ldots \quad (209)$$

$$\mathbf{f} = \mathbf{i}\,\frac{\mathbf{a^4\,p}}{\mathbf{t^3\,E}} \quad \ldots\ldots \quad (210)$$

Koefficienternes Værdi rette sig efter Forholdet imellem **a : b**

| $\frac{a}{b}$ | m | i | $\frac{a}{b}$ | m | i |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 0,51090 | 0,0457 | 0,5 | 0,73660 | 0,1139 |
| 0,9 | 0,53613 | 0,0557 | 0,4 | 0,78641 | 0,1293 |
| 0,8 | 0,56150 | 0,0671 | 0,3 | 0,82169 | 0,1408 |
| 0,7 | 0,61950 | 0,0817 | 0,2 | 0,83687 | 0,1450 |
| 0,6 | 0,67935 | 0,0475 | 0,1 | 0,83853 | 0,1465 |

**Exempel.** En Samling af Smedejerns Plader med fine Huller for Varmens Gjennemgang (t. Exp. Kølleplader) er anbragt frit liggende paa Jernstænger, og skulle taale et ens fordelt Tryk af det, der skal tørres paa dem, af $2^1/_4$ ℔ pr. □″ dansk Maal. Pladerne ere 20″ brede og 70″ lange imellem Understøttelserne. Summen af Hullernes Diameter i en Række udgjør $^1/_4$ af Pladernes Længde og Bredde, hvis Aarsag Spændingen **S** antages $^1/_4$ mindre end naar Pladerne ingen Huller havde; men da disse Plader kun ere udsatte for et roligt Tryk, uden Stød eller Rystelser, saa kan Spændingen **S** i denne Henseende være højere end ellers, og naar man desaarsag tager $\mathbf{S} = 12{,}000$, og da $\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{b}} = \frac{20}{70}$ eller omtrent $= \frac{3}{10}$, hvorefter $\mathbf{m} = 0{,}82169$, saa bliver Pladetykkelsen:

$$\mathbf{t} = 0{,}81269 \times 20 \sqrt{\frac{2{,}25}{12000}} = 0{,}24'' = {}^1/_4''$$

## 139. Cirkelrunde, plane, fulde Flader.

(se Grashofs Festigkeitslehre 1866).

For Formlerne under dette og det følgende Nummer har: **P, p, S, E, t** og **f** samme Betydning, som under Nr. 136.

**R** = Radius til den Del af den fulde Plade, der ligger indenfor Understøttelsen, eller den største Radius til den Del af en ringdannet Plade, der ligger indenfor Understøttelsen.

**r** = Radius til den kredsdannede Del paa Midten af en fuld Plade, hvorpaa der virker et Tryk = **P**, eller Radius til den cirkeldannede Aabning i Midten af en ringdannet Plade.

### A. Ens fordelt Tryk over hele Fladen.

1. **Naar Fladen hviler frit paa Randen,** saa er:

$$\mathbf{t} = 0{,}9127\, \mathbf{R} \sqrt{\frac{\mathbf{p}}{\mathbf{S}}} \;\ldots\; \text{og}\; \mathbf{f} = {}^2/_3\, \frac{\mathbf{p\,R^4}}{\mathbf{E\,t^3}} \;\ldots\ldots\ldots \quad (211)$$

2. **Naar Pladen er fastgjort i Randen,** saa er:

a, **Naar der finder en Spænding Sted i radial Retning.**

$$\mathbf{t} = \mathbf{R} \sqrt{\frac{2}{\left(\frac{3\,\mathbf{S}}{\mathbf{p}} \div \frac{\mathbf{L}}{\mathbf{t}}\right)}} \;\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (212,\ \mathbf{a})$$

$$\mathbf{S} = \frac{\mathbf{p}}{3\,\mathbf{t}^2}(\mathbf{t\,L} + 2\,\mathbf{R}^2) \ldots\; \text{og}\; \mathbf{f} = \frac{\mathbf{p\,R^4}}{6\,\mathbf{E\,t^3}} \ldots\ldots \quad (212,\ \mathbf{b})$$

b. **Naar der ingen Spænding finder Sted i radial Retning:**

$$t = 0{,}8164\, R \sqrt{\frac{p}{S}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (213)$$

**Anmk. 1.** For at bestemme **t** efter Formel 212 a maa man først indsætte en Tilnærmelsesværdi for **t** under Rodtegnet, hvortil man kan benytte Værdien for **t** efter Formel 213, hvorefter man da finder en noget større Værdi, der benyttes til en ny Udregning, ved at indsættes for **t** under Rodtegnet, og saaledes vedblives flere Gange, indtil den efter Formel 212 a fundne Værdi for **t** bliver ligestor med den sidst benyttede Værdi for **t** under Rodtegnet.

**Anmk. 2.** Ved en Dampkjedel med flade Endebunde, uden Ildkanal og uden Stivebolte eller Stiveplader, finder man Forholdet imellem Kjedelpladernes Tykkelse $= \delta$ og Bundens Tykkelse $=$ **t** for lige store Spændinger i Materialet, naar **n** $=$ Antallet af Atmosfærers Tryk af Dampen over det ydre Tryk, at være:

| for n = | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $t >$ | $5{,}34\,\delta$. | $4{,}86\,\delta$. | $4{,}45\,\delta$. | $4{,}17\,\delta$. | $3{,}93\,\delta$. | $3{,}7\,\delta$. |

Herved bemærkes: at for at tilvejebringe denne Sammenstilling, er der bortkastet et Led, hvorved Værdierne ere blevne noget for smaa, hvisaarsag **t** er sat **større end** ($>$) de vedføjede Værdier, og disse kunne, efter Størrelsen af Kjedlens Længde og Diameter, i enkelte Tilfælde blive omtrent dobbelt saa store, som de Anførte, hvilket viser den uundgaaelige Nødvendighed af at forsyne saadanne plane Bundplader med Stivebolte eller med Stiveplader.

B. **Ens fordelt Tryk i Kredsform paa Midten af Pladen.**

1. **Naar Pladen hviler frit paa Randen,** saa er:

$$t = m_1 \sqrt{\frac{P}{S}} \;\ldots\; \text{og } f = 0{,}5305\, \frac{P R^2}{E t^3} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (214)$$

| for $\frac{r}{R} =$ | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
|---|---|---|---|---|---|
| er $m_1 =$ | 1,1385. | 1,0009. | 0,9109. | 0,8411. | 0,7828. |
| for $\frac{r}{R} =$ | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,09 0,9 | |
| er $m_1 =$ | 0,7316. | 0,6858. | 0,6428. | 0,6026. | |

(215)

2. **Naar Pladen er fastgjort i Randen,** saa er:

$$t = m_2 \sqrt{\frac{P}{S}} \;\ldots\; \text{og}\; f = 0{,}2122\, \frac{P R^2}{E t^3} \;\ldots\ldots \tag{216}$$

$$\left.\begin{array}{llllll} \text{for } \frac{r}{R} = & 0{,}1 & 0{,}2 & 0{,}3 & 0{,}4 & 0{,}5 \\ \text{er } m_2 = & 0{,}9883. & 0{,}8264. & 0{,}7148. & 0{,}6236. & 0{,}5424. \\ \text{for } \frac{r}{R} = & 0{,}6 & 0{,}7 & 0{,}8 & 0{,}9 & \\ \text{er } m_2 = & 0{,}4656. & 0{,}3891. & 0{,}3077. & 0{,}2115. & \end{array}\right\} \tag{217}$$

140. **Ringdannede Plader,** med ens fordelt Tryk over hele Fladen. (se Grashof).

1. **Naar Pladens Yderkant er fastgjort, men Inderkanten er fri og uden Understøttelse,** saa er:

$$t = m_3 \sqrt{\frac{p}{S}} \;\ldots\ldots \tag{218}$$

$$\left.\begin{array}{llllll} \text{for } \frac{r}{R} = & 0{,}1 & 0{,}2 & 0{,}3 & 0{,}4 & 0{,}5 \\ \text{er } m_3 = & 0{,}9434. & 0{,}8633. & 0{,}7803. & 0{,}7301. & 0{,}6552. \\ \text{for } \frac{r}{R} = & 0{,}6 & 0{,}7 & 0{,}8 & 0{,}9 & \\ \text{er } m_3 = & 0{,}5573. & 0{,}4398. & 0{,}3055. & 0{,}1583. & \end{array}\right\} \tag{219}$$

2) **Naar den frie Kant har en Hylse,** som t. Ex. Stopbøsningen paa et Cylinderdæksel, saa er:

$$t = m_4 R \sqrt{\frac{p}{S}} \;\ldots\ldots \tag{220}$$

$$\left.\begin{array}{llllll} \text{for } \frac{r}{R} = & 0{,}06 & 0{,}07 & 0{,}08 & 0{,}09 & 0{,}10 \\ \text{er } m_4 = & 0{,}8121. & 0{,}8105. & 0{,}8088. & 0{,}8068. & 0{,}8045. \\ \text{for } \frac{r}{R} = & 0{,}11 & 0{,}12 & 0{,}13 & 0{,}14 & 0{,}15 \\ \text{er } m_4 = & 0{,}8021. & 0{,}7994. & 0{,}7965. & 0{,}7934. & 0{,}7895. \end{array}\right\} \tag{221}$$

3. **Naar begge Kanter ere fastgjorte**, saaledes, som Bunden ved Dampkjedler med indvendig Ildkanal, saa er:

$$t = m_5 R \sqrt{\frac{p}{S}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (223)$$

$$\left.\begin{array}{llllll} \text{for } \frac{r}{R} = & 0,_1 & 0,_2 & 0,_3 & 0,_4 & 0,_5 \\ \text{er } m_5 = & 0,_{8708}. & 0,_{6934}. & 0,_{5496}. & 0,_{4484}. & 0,_{3626}. \\ \text{for } \frac{r}{R} = & 0,_6 & 0,_7 & 0,_8 & 0,_9 & \\ \text{er } m_5 = & 0,_{2733}. & 0,_{2268}. & 0,_{1601}. & 0,_{1563}. & \end{array}\right\} (222)$$

**Anmærkn.** Formlen passer kun for Beregningen af en Bund i en Dampkjedel med indvendig Ildkanal, naar denne er anbragt midt i Kjedlen, som ved nogle staaende Rørkjedler med et lodret Røgrør, og flere vandrette Rør. Ved liggende Dampkjedler er Ildkanalen anbragt excentrisk imod Kjedlen, og den er sædvanlig halv saa stor i Diameter som Kjedlen, altsaa $\frac{r}{R} = 0,_5$; men paa Grund af Excentriciteten skulde man egenlig kun regne $\frac{r}{R} = 0,_4$; men da Vinkeljernsringene om Røgkanalen yder en betydelig Afstivning, saa kan man benytte $\frac{r}{R} = 0,_5$, og udledes herefter Forholdet imellem Tykkelsen $\delta$ af Pladerne i Kjedlen og Tykkelsen $t$ af Endebundene, naar $n$ = det indre Overtryk i Antal Atmosfærer, saa faaer man, for:

$$\begin{array}{lllllll} n = & 1. & 2. & 3. & 4. & 5. & 6. \\ t = & 2,_{39}\,\delta. & 2,_{16}\,\delta. & 1,_{99}\,\delta. & 1,_{85}\,\delta. & 1,_{74}\,\delta. & 1,_{55}\,\delta. \end{array}$$

hvorved Bundpladerne og Pladerne i den cylindriske Del af Kjedlen lide lige stor Spænding $S$ i Materialet.

Det fremgaaer heraf, at naar man ingen Stiveplader anvender (se Nr. 97) saa maa Bundpladerne være omtrent dobbelt saa tykke som Pladerne i den cylindriske Del af Kjedlen, for at have samme Styrke som disse.

---

## XI. Pukkelplader.

141. I den engelske Afdeling af Pariser Industriudstillingen i Aaret 1867 blev der viist Styrken af Pukkelplader, der vare udstillede af Civ. Ing. Robert Mallet fra London.

Disse Plader, se Fig. 101, gjøres dels i Kvadratform dels rektangulære, og ere ophøjede fra alle 4 Kanter imod Midten, saaledes, at Tversnit i en hvilken som helst Retning, viser en flad Kurve. De have i Reglen en smal, flad Kant rundt om til Anlæg og Fastgjørelse; de kunne bære store Byrder uden at udøve noget Sidetryk, der optages af Kanterne.

Styrken er omtrent lige stor, hvad enten Pladerne belastes paa den ophøjede eller paa den hule Flade.

Disse Plader anvendes meget i England, især hvor man vil have lette og dog langvarige og stærke Flader, t. Ex. til Tage, Gulve, Lofter, Vægge, Brobaner, Vandbeholdere m m. De anbringes paa Underlag af Dragere, der enten ligge ved Siden af hinanden eller krydse hinanden saaledes, at hver Plade da hviler paa alle sine 4 Sider, hvorved de kunne taale større Tryk; de anbringes enten løse eller fastgjorte, og kunne dækkes med Grus, Asfalt o. desl.

Afbildning af en Del Anvendelser for Broer og Bygninger findes i Z. d. V. deutscher Ing. 1868 Plan VII.

Mallets Forsøg over disse Pladers Styrke har givet følgende Resultater:

Styrken voxer i lige Forhold med Tykkelsen og med Pilhøjden (Pladens Pukkelhøjde).

Pukkelhøjden maa dog holdes inden for en vis Grænse, for at Spændighedsgrænsen ikke skal overskrides allerede ved Pukkeldannelsen; 50 Mm.s Pilhøjde er tilstrækkelig for en Plade af 1,22 Meters Sidelængde, og 6 Mm.s Tykkelse.

Naar Pladen fastgjøres paa alle 4 Sider, saa er Styrken dobbelt saa stor som naar den hviler frit paa alle 4 Sider;

Naar en Plade kun hviler paa to over for hinanden liggende Sider, saa er Styrken kun $^5/_8$ af den Styrke, der svarer til Anlæg paa alle 4 Sider; dette gjælder saavel Forholdet imellem 2 løse Sider til 4 løse Sider, som 2 fastgjorte til 4 fastgjorte Sider.

Indenfor Sikkerhedsgrænsen er Styrken næsten ens, naar Belastningen anbringes ens fordelt over hele Fladen og naar den samme Byrde kun hviler paa Midten af Puklen.

Styrken af rektangulære Plader er lige stor med kvadratformede Plader, af en Sidelængde, saa stor som den største Side i Rektanglet, hvisaarsag de kvadratiske Plader have Fortrinet.

Pladerne forekomme i en Størrelse af 3 til 4 Fod engelsk Maal (0,91 til 1,2 Meter), i kvadratisk Form, og af denne Bredde med en større Længde.

I efterstaaende Tabel anføres Belastningen, som 1 Kvadratmeter Jernkonstruktion med disse Plader, fastgjorte paa alle 4 Sider kan bære med Sikkerhed.

| Plade-Nr. | Pladetykk. i Millimeter. | Belastn. pr. □ Meter i Kilogr. | Pladens Vægt i Kilogr. | Pris i Francs i Aaret 1868. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | $1,_{2}$ | 330 | $9,_{4}$ | $3,_{3}$ |
| 2 | $1,_{7}$ | 520 | $12,_{8}$ | $4,_{3}$ |
| 3 | $2,_{7}$ | 770 | $21,_{1}$ | $7,_{0}$ |
| 4 | $3,_{2}$ | 1220 | $24,_{5}$ | $7,_{9}$ |
| 5 | $4,_{8}$ | 3040 | $36,_{7}$ | $12,_{0}$ |
| 6 | $6,_{4}$ | 5480 | $49,_{0}$ | $15,_{9}$ |
| 7 | $7,_{9}$ | 7510 | $61,_{2}$ | $19,_{9}$ |
| 8 | $9,_{5}$ | 10920 | $73,_{5}$ | $23,_{9}$ |

De tyndere Plader gjøres ogsaa af Zink og af Puddelstaal.

Af de forskjellige Slags angives:

Nr. 1, 2, 3 især tjenlige til Tage og brandfrie Lofter;

Nr. 4 og 5 til Hængebroer og Fodpassage.

Nr. 6 og 7 til faste Broer.

Nr. 8 havde endnu ikke været anvendt i Aaret 1868, derimod er Nr. 6 anvendt til den nye Westminsterbro.

---

## XII. Kannelerede eller bølgedannede Plader.

Af de Styrkeprøver, der ere gjorte med denne Slags Plader, anføres de to efternævnte, som vigtige for saadanne Pladers Anvendelse.

142. **Modstand mod Bøjning,** naar Pladen ligger frit paa Underlag under de to Ender, der vise Bølgeformen.

Hr. Hart har i Ingineer Nr. 688 for 1869 bekjendtgjort Resultaterne af en Række Forsøg i den nævnte Henseende, hvoraf Dr. Kirsch meddeler følgende Resultater i Z. d. V. deutscher Ing. 1869.

Pladerne bleve lagte frit paa to Bukke; Kannelyrerne udfyldtes med Sand for at tilvejebringe et ens fordelt Tryk, og der blev lagt en Drager tvers over Midten af Pladen, vinkelret paa Kannelyrernes Længderetning; den tyngende Vægt blev anbragt ved Hjælp af et Staalbaand, der var fastgjort til Drageren, og som gik ned under Pladen igjennem deri anbragte Huller.

De benyttede Plader havde en Længde af 760 til 1520 Mm., en Bredde af 310 til 2500 Mm., en Tykkelse af $0,_{7}$ til 4 Mm., og Afstanden imellem Kannelyrerne fra Midte til Midte var fra 80 til 130 Mm.

Brudkoefficienten $K$ blev bestemt efter Brudbelastningen $P$ efter Rankines Tilnærmelsesformel:

$$\frac{1}{4} P l = \frac{4}{15} K H b t \ldots\ldots \quad (224, a)$$

hvori $l$ = Afstanden imellem Understøttelserne,
$H$ = Dybden af en Kannelyre fra Top til Bund,
$b$ = Pladebredden,
$t$ = Pladetykkelsen.

Derefter fandt man $K$ at være imellem $28{,}1$ og $41{,}0$ Kil. pr. □ Mm., medens Middelværdien af hele Forsøgsrækken gav $K = 32$ Kil. pr. □ Mm.

Ingen af Pladerne bristede pludselig ved Paavirkning af den største Vægt, men de bøjede sig alle langsomt, idet at Kannelyrerne bleve flade; ved forøget Belastning revnede Pladerne paa Undersiden, medens de opadvendte Kannelyrer forbleve hele.

Som en Følge af disse Forsøg foreslaaer Rankine en Forandring ved den anvendte Formel, som bestaaer deri, at der istedetfor Værdien $bt$ benyttes en Værdi af $q = bt_1$ = Tversnittets virkelige Flade-Indhold.

For at undgaa en vidtløftig Udregning af Værdien for $q$, bestemmer Rankine den efter Pladens Vægt, ved at sætte Vægten af 1 Kubikmeter = 7689 Kil.

Størrelsen $t_1$ i Ligningen $q = bt_1$ kalder Rankine for Pladens virtuelle Tykkelse.

Sætter man da Vægten af 1 □ Meter kanneleret Plade = $p$, saa bliver:

$$t_1 = \frac{p}{7{,}689} \text{ Millimeter,}$$

og ved Anvendelse af Formel 224,a finder man $K$ = imellem 24 og $31{,}8$ Kil. pr. □ Mm.; derimod som Middelværdi: $K = 27{,}5$ Kil. pr. □ Mm.

Herefter synes det, at man uden Betænkning kan beregne Styrken af kannelerede Jernplader (indenfor de anførte Grænser) efter Formlen:

$$\frac{1}{4} P l = \frac{4}{15} K H b t_1 \ldots\ldots \quad (224, b)$$

naar $K$ i det Højeste sættes = 12 Kil. pr. □ Mm. som det Halve af den mindste Brudkoeff.

Herefter faaer man da:

$$P = \frac{16}{15} \frac{b H t_1 K}{l} \ldots\ldots \text{ og } t_1 = \frac{15}{16} \frac{P l}{b H K} \ldots\ldots \quad (225)$$

Bøjningens Størrelse bliver:

$$f = \frac{5}{32} \frac{P \cancel{l} \ell^3}{b t_1 H^2 E} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \quad (226)$$

hvori $E$ = 14360 Kil. pr. □ Mm. ifølge Iagttagelserne over Bøjningernes Størrelse.

### 143. Modstand mod Tryk paa en enkelt Bølgetop.

For at udfinde Pladernes Styrke for Anvendelse til Brobaner har Dr. W. Fränkel i Dresden (se Z. d. V. deutscher Ing. 1870) gjort Forsøg, dels med Tryk direkte paa Pladerne, dels med Tryk, naar Pladerne vare belagte med et Lag Grus med iblandede Murstensbrokker.

De anvendte Plader havde 4 Bølger, 1, 2, 3, 4 Fig. 103 af en Middelhøjde $h$ Fig. 102 af 75 Mm., og havde en Længde af 1646 Mm., og en Bredde af 910 Mm. Hver Bølge havde en Bredde af $\frac{910}{4} = 227\frac{1}{2}$ Mm., og Trykkene udøvedes ved Anvendelse af en hydraulisk Presse paa Plade-Elementet II. Fig. 103 i en Udstrækning (Berørelseslængde) af 150 Mm., og med Belastninger af 10, 20, 30, 40 og 45 Ctn. Gruslagets Højde var 250 Mm. over Bølgetoppene. Hver Fordybning 1, 2, 3, 4 Fig. 103 paa begge Ender af Pladerne var fastgjort med Skruer til en Jernbaneskinne, som Underlag for hver Ende.

Med Fradrag af Hvilefladerne ved begge Ender var Spændvidden = 1500 Mm ($1\frac{1}{2}$ Meter).

Resultaterne af disse Forsøg vare følgende, naar man holder sig til Trykkene under 40 Centner:

**Trykket umiddelbart paa Bølgetoppen II, paa Midten af Pladens Længde** fordelte sig omtrent saaledes til de sideliggende Elementer, at der kom:

$0{,}4$ af hele Trykket paa de to nærmest liggende Bølger 1 og 2, og
$0{,}1$ af hele Trykket paa de næste to Bølger 3 og 4,

naar man gik ud fra den Forudsætning, at Trykkene forholde sig som de stedfindende Bøjninger, der bleve maalte i 10de Dels Millimetre.

**Trykket paa Bølgetoppen II midt paa Pladen, og med et Gruslag af 250 Mm.s Højde over Bølgetoppene** blev udøvet med et Stykke Hjulkrans med en Chords af 450 Mm. og af en Bredde = 130 Mm., for saa nøje som muligt at nærme sig Virkningen af Trykket fra et Vognhjul.

Resultaterne kunne tilnærmelsesvis benyttes saaledes, at man antager Trykkets Fordeling paa de sideliggende Elementer til:

$\frac{1}{3}$ af hele Trykket paa de to nærmest liggende Bølger 1 og 2,
$\frac{1}{6}$ af hele Trykket paa de næste to Bølger 3 og 4,

under samme Forudsætning, som for det førstnævnte Forsøg, at Trykkene forholde sig som Bøjningerne.

144. **Spændvidden**, eller den aabne Afstand imellem to Underlag for Enderne af en bølgedannet Jernplade, lader sig nu beregne efter de anførte Resultater, naar Pladernes Maal ere givne, og naar man regner en Spænding **S** = 6 Kil. pr. □ Mm. som tilladelig i Pladerne.

Sættes **W** = Pladens Tversnitsmodel, **l** = Spændevidden, **P** = Trykket af et Vognhjul, og beregnes Spændevidden desuden for Pladerne, som om de ikke vare fastgjorte, hvorved de have en saameget større Styrke naar de ere fastgjorte, saa bliver ifølge Formel 11:

$\mathbf{M} = \frac{\mathbf{P\,l}}{4} = \mathbf{S\,W}$, hvorefter man faaer, da der istedet for **P** kun skal benyttes $\frac{\mathbf{P}}{3}$, og da **S** = 6:

$$\frac{\mathbf{P}}{3} \times \frac{\mathbf{l}}{4} = 6\,\mathbf{W}, \text{ altsaa:}$$

$$\mathbf{l} = \frac{72\,\mathbf{W}}{\mathbf{P}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (227)$$

Tversnitsmodellen **W** kan beregnes efter følgende Tilnærmelses Formel:

$$\mathbf{W} = \mu \, \frac{\mathbf{B\,H^2\,t}}{\mathbf{h}} \text{ (se Fig. 102)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (228)$$

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| for $\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{r}}$ = | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| er $\mu$ = | 0,1964. | 0,1864. | 0,1776. | 0,1701. | 0,1639. | 0,1611. |

Ved de prøvede Plader var:

$\mathbf{r} = 61{,}9$ Mm. $\mathbf{a} = 24{,}4$ Mm., altsaa $\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{r}} = 0{,}4$ (omtr.)

$\mathbf{B} = 227{,}5$ Mm. $\mathbf{H} = 75$ Mm. $\mathbf{t} = 4$ Mm. $\mathbf{h} = 37{,}5$ Mm.

regner man et Tryk pr. Hjul = 2,500 Kil. = **P**, saa faaer man, da:

$$\mathbf{W} = 0{,}1639 \times \frac{227{,}5 \times 75^2 \times 4}{37{,}5} = 22372{,}35:$$

$$\mathbf{l} = \frac{72 \times 22372{,}35}{2500} = 644{,}32 \text{ Mm.}$$

**Anmk.** Det maa erindres, at det kun er en enkelt Forsøgsrække, hvorpaa den anførte Formel beroer; men det tør dog nok antages, at den beregnede Spændvidde er tilstrækkelig sikker, og at med de tykkere Plader af 5 Mm.s Tykkelse, og hvis Bølger have en Bredde **B** = 230 Mm. og en Højde **H** = 75 Mm., vil man uden Fare kunne benytte en Spændvidde af 900 Mm. ($0{,}9$ Meter) for et samlet Tryk pr. Hjul af 2500 Kil., hvorimod Spændvidden bliver mindre for større Tryk, som det fremgaaer af Formel 227.

---

## XIII. Aabne Vandbeholdere af Jernplader.

145. En theoretisk Udvikling af Formler for Beregningen af Styrken af aabne Vandbeholdere vil være meget vanskelig, og føre til saa vidtløftige Bestemmelser, at man i det praktiske Liv ikke vilde benytte dem; de vilde desuden give saa svage eller rettere sagt saa ringe Dimensioner, som man ikke heller vilde benytte, hvisaarsag man i det Hele taget er bedst tjent med at benytte Erfarings Resultater.

Uden nærmere Betragtninger over, hvorledes Trykket virker stærkere paa Sidefladerne jo nærmere man kommer Bunden, og at Sidefladerne ved Vandbeholdere med firkantet Bund lide dels et Tryk paa Sidefladerne dels en Spænding efter Pladernes Bredde, som en Følge af Trykkene paa de sidestillede Plader, skal det kun bemærkes, at naar en Vandbeholder skal hvile paa hele sin Bundflade, der altsaa ikke er udsat for Bøjning i dette Tilfælde, saa kan Bunden gives samme Tykkelse, som Sidepladerne; men man foretrækker dog altid at gjøre den lidt tykkere, fordi den mere end Sidepladerne er udsat for at lide af Rust; skal Bunden derimod hvile paa et Underlag af Dragere, saaledes, at der fremstaaer aabne Rum, saa maa den gives en Tykkelse i Forhold til Vandets Tryk og til Størrelsen af den Flade, som ikke er understøttet, efter Bestemmelserne for Tryk imod plane Flader, se Formel 202 og 205.

For Udførelsen af denne Udregning maa det erindres, at Vægten af en Vandsøjle udgjør:

**for hver Meters** (1000 Millimeters) **Højde.**

$0{,}001$ Kilogr. pr. □ Mm.

**for hver Fods Højde** i dansk eller norsk Maal:

$0{,}425$ ℔ pr. □″ dansk eller norsk.

**for hver Fods Højde** i svensk Maal:

$0{,}43$ ℔ pr. □″ svensk.

Det er en Selvfølge, at saadanne Bunde kunne forstærkes ved paanettede Vinkeljern eller **T** Jern paa passende Steder, og ved Stiveplader, ligesom ved Dampkjedlernes Endebunde.

146. **Sidepladernes Tykkelse beregnes:**

a, **For cylindriske Vandbeholdere**
efter Formel 111 og 112 for Vand- og Gasrør.

**Exempel.** En cylindrisk Vandbeholder af Smedejerns Plader skal være 5′ høj i dansk Maal, og 5′ i Diameter; dens Pladetykkelse bliver da, eftersom Trykket i Atmosfærer er:

$$\mathbf{n} = \frac{5 \times 0{,}425}{14} = 0{,}152 \text{ og}$$

$$\mathbf{d} = 5 \times 144 = 720 \text{ Linier.}$$

$$\mathbf{t} = (0{,}00125 \times 0{,}152 \times 720) + 1{,}5 = 1{,}6368'''.$$

b. **For Vandbeholdere med flade Sider**
kan Pladetykkelsen beregnes efter samme Formel 111 og 112, naar man for Værdien **d** tager $1\frac{1}{2}$ Gang den største Bredde af Beholderen, og stiver dem, som anført under Nr. 148.

**Exempel.** En Vandbeholder, som er 10 Fod i Firkant og 7 Fod høj, faaer følgende Tykkelse, da:

$$\mathbf{n} = \frac{7 \times 0{,}425}{14} = 0{,}213, \text{ og } \mathbf{d} = 1{,}5 \times 10 \times 144 = 2160''':$$

$$\mathbf{t} = (0{,}00125 \times 0{,}213 \times 2160) + 1{,}5 = 2{,}08'''.$$

Den maatte tillige afstives, som anført under Nr. 148.

147. Pladejerns Vandbeholdere af en mindre Diameter eller Sidelinie end $1\frac{1}{4}$ Meter eller 4 Fod kunne nøjes med en Pladetykkelse af $2\frac{1}{2}$ Mm. eller 1 à $1\frac{1}{4}$ Linie.

148. Vandbeholderne stives foroven med en Kant af fladt Jern, halvrundt Jern eller Vinkeljern; de stives desuden ved Vinkeljernet, hvormed de samles i Bunden og Siderne, og Vandbeholdere med flade Sider, desuden ved Rundjerns Stænger i en Afstand fra hinanden af crc. 16 til 24″ i Højden og Bredden. Stængernes Tykkelse kan regnes til det største Maal af Bredden eller Højden divideret med 300 og dertil adderet 6 Mm. eller 3‴.

Desuden anbringes Stiveplader i 12 til 18″ Afstand fra hinanden langs Siderne; fastgjorte til disse og til Bunden. Stivepladerne gives Højde og Længde lig $\frac{1}{3}$ Del af Vandbeholdernes Højde og af Bundens Bredde, og Tykkelsen gjøres lig med Sidepladernes.

# XIV. Bøjning

## af Stænger, Bjælker eller Axler, naar Kraftretningen danner en Vinkel med Legemets Længderetning, og Tversnittene ere ens i hele Længden.

149. I det Følgende benævnes de nævnte Legemer Stænger.

Ifølge Forklaringerne under Nr. 20 skulle Kraftmomenterne eller de statiske Momenter være lige store med Tversnitsmodellen Gange Spændingen for den Anstrengelse, man vil tillade i det paagjældende Materiale, se Formel 11, og efter Formel 1 er Spændingen $\mathbf{S}$ til praktisk Brug $= \frac{\mathbf{T}}{\mathbf{s}}$ eller $\frac{\mathbf{K}}{\mathbf{s}}$ eller $\mathbf{k}$; men denne Spænding maa afpasses efter de under Nr. 25 samt Formlerne 12, 13 og 14 anførte Omstændigheder, der især vedrøre Støbejern og Træ, og Bøjninger efter en dobbelt krnm Linie.

150. Naar de nævnte Værdier ere satte i Ligning, kunne de omformes for Udregning enten af Kraftens Størrelse eller af Legemets Tversnits-Størrelse, som nærmere vil blive viist i det Følgende.

151. Det Tversnit, for hvilket Kraftmomentet er størst, kaldes **det farlige Tversnit**, fordi det er mest udsat for Brud, og Trykket eller Kraften $\mathbf{P}$, der svarer til dette Snit, og som regnes ved Legemets Spændighedsgrænse, kaldes Legemets **Bære-Evne**. Saaledes er t. Ex. ved Fig. 104 det farlige Snit ved $\mathbf{A}$, fordi Momentet $\mathbf{P\,L}$ er den største Værdi for Tversnit i Længden $\mathbf{L}$; for et andet Snit, t. Ex. $\mathbf{X}$, er Værdien for Momentet $= \mathbf{P\,x} < \mathbf{P\,L}$.

Naar en angiven Formel giver negative (÷) Værdier, betyder dette kun, at Spændingen for det udregnede Sted er i modsat Retning af de positive Værdier; t. Ex. efter Formel 259 for $\mathbf{x} = \frac{\mathbf{L}}{8}$ bliver:

$$\mathbf{W} = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{S}} \times \left( \div \frac{\mathbf{L}}{16} \right) = \div \frac{\mathbf{P\,L}}{16\,\mathbf{S}}$$

Ligesaa naar en Formel giver Værdien = 0, saa antyder dette kun, at Snittet er lagt igjennem et Vendepunkt i den elastiske Linie, t. Ex. samme Formel 259 for $\mathbf{x} = \frac{\mathbf{L}}{4}$ bliver:

$$\mathbf{W} = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{S}} \times 0 = 0;$$

i dette Punkt finder altsaa ingen Spænding Sted, eller der kan intet Brud ske.

152. Den elastiske Linie, se Nr. 20, kan kun fremstaa, naar Vægte eller Kræfter virke i eet eller flere særskilte Punkter imellem Understøttelserne, naar de Byrder eller Kræfter, der trykke et Legeme i dets hele Udstrækning, ere af en bøjelig Natur, saasom: Damptryk, Lufttryk, Vandtryk, eller Tryk af kornede Substantser; ved Tryk af en fast Gjenstand, der strækker sig over hele Legemet, saasom af et Vognhjul paa en Axelarm, og lignende Forhold fremstaaer der selvfølgelig ingen krum Linie, og Legemet er da, som oftest, i det Tilfælde, at Styrken maa beregnes efter Formlerne for Forskydning.

Formlerne for Bøjningernes Størrelse ere udviklede ved Integralregning.

Den elastiske Linie kan konstrueres, ved at afsætte Punkter i den vandrette Linie, t. Ex. **A B** Fig. 112 i forskjellige Afstande (Absisser) fra **B** imod **A**, til hvilke man da kan beregne de tilsvarende Sænkninger (Ordinater) for Tryk, indenfor Elasticitetsgrænsen. I Formlerne for den elastiske Linie betegner: $\mathbf{x}$ = Absisser, $\mathbf{y}$ = Ordinater og $\mathbf{f}$ = den største Ordinat, eller Maalet for den største Bøjning.

## A. Stænger, som ere fastgjorte i den ene Ende, og hvis anden Ende er fri.

153. **Naar der virker et Tryk P i et givet Punkt, vinkelret paa Længderetningen, og Legemets egen Vægt ikke medregnes**, Fig. 104, saa er $\mathbf{M} = \mathbf{P\,L} = \mathbf{S\,W}$, altsaa:

$$\mathbf{W} = \frac{\mathbf{P\,L}}{\mathbf{S}} \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\; \mathbf{P} = \frac{\mathbf{S\,W}}{\mathbf{L}} \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;;\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;. \quad (229)$$

**Exempel.** For et Rektangel-Tversnit er efter Nr. I paa Plan I: $\mathbf{W} = \frac{\mathbf{b\,h}^2}{6}$, altsaa:

$$\mathbf{P} = \frac{\mathbf{S} \times \mathbf{b\,h}^2}{6\,\mathbf{L}}, \;.\;.\;.\;.\;.\;.\; \text{og } \mathbf{b\,h}^2 = \frac{6\,\mathbf{P\,L}}{\mathbf{S}}.$$

Er $\mathbf{L} = 100''$, $\mathbf{S} = \frac{\mathbf{T}}{\mathbf{s}} = \frac{8220}{2} = 4110$ for Støbejern, saa bliver

$$\mathbf{P} = \frac{4110 \times \mathbf{b\,h}^2}{6 \times 100} = 6{,}85\,\mathbf{b\,h}^2;$$

er da Tversnittet t. Ex. givet saaledes, at $\mathbf{b} = 2''$ og $\mathbf{h} = 8''$, altsaa $\mathbf{b} = \frac{\mathbf{h}}{4}$, saa bliver:

$\mathbf{P} = 6{,}85 \times 2 \times 8^2 = 876{,}8$ ℔; og omvendt, dersom $\mathbf{P}$ var givet $= 876{,}8$ ℔ saa blev

$$\mathbf{b\,h}^2 = \frac{6 \times 876{,}8 \times 100}{4110} = 128, \text{ og da } \mathbf{b} = \frac{\mathbf{h}}{4},$$

Om x – y – f se foregaaende Side

saa er $\mathbf{b\,h^2} = \frac{\mathbf{h}}{4} \times \mathbf{h^2} = \frac{\mathbf{h^3}}{4} = 128$, og $\mathbf{h^3} = 4 \times 128$

eller $\mathbf{h} = \sqrt[3]{512} = 8''$, altsaa $\mathbf{b} = \frac{8}{4} = 2''$.

**Den elastiske Linies Ordinater blive,** se Fig. 112:

$$y = \frac{P\,L^3}{2\,E\,J}\left[\frac{x}{L} - \frac{x^3}{3\,L^3}\right] \ldots\ldots \text{ og } f = \frac{P\,L^3}{3\,E\,J} \ldots\ldots \quad (230)$$

154. Det i foregaaende Nummer udregnede Tversnit er det farlige Snit ved **A**, ethvert andet Snit hen imod **B** kan være mindre; for et saadant Snit, t. Ex. **X** Fig. 104, bliver Kraftmomentet $\mathbf{M} = \mathbf{P\,x}$; sættes $\mathbf{x} = 40''$, saa bliver efter Værdierne i foregaaende Exp.:

$$\frac{P\,x}{S} = W = \frac{b\,h^2}{6} = \frac{876{,}8 \times 40}{4110}, \text{ og da } b = \frac{h}{4},$$

$$\text{saa er } h = \sqrt[3]{\frac{24 \times 876{,}8 \times 40}{4110}} = 6{,}118'', \text{ og } b = \frac{6{,}118''}{4} = 1{,}58''.$$

155. **Naar der hviler en ens fordelt Byrde P over Længden L af en Stang,** (Fig. 105) **som har en vandret Stilling,** saa ligger Byrdens Tyngdepunkt paa Midten af **L**, og da er: $\mathbf{M} = \mathbf{P}\,\frac{\mathbf{L}}{2} = \mathbf{S\,W}$, altsaa:

$$W = \frac{P\,L}{2\,S} \ldots\ldots\ldots \text{ og } P = \frac{2\,S\,W}{L} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (231)$$

**For et hvilket som helst Snit** i Afstanden **x** fra den frie Ende er:

$$W = \frac{P\,x^2}{2\,S\,L} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (232)$$

**Den elastiske Linies Ordinater blive:**

$$y = \frac{P\,L^3}{6\,E\,J}\left[\frac{x}{L} - \frac{x^4}{4\,L^4}\right] \ldots \text{ og } f = \frac{P\,L^3}{8\,E\,J} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (233)$$

**Anmrk. 1.** Formlerne 231, 232 og 233 anvendes ogsaa i det Tilfælde, at man kun beregner Virkningen af Legemets egen Vægt, og naar Tversnittet er ens i hele Længden.

**Anmrk. 2.** Er Tversnittet ikke ens i hele Længden, som t. Ex. Fig. 107, saa benyttes i Formel 231 Længden **L** fra den faste Ende **A** til Legemets Tyngdepunkt **G**, og Legemets hele Vægt = **P**, naar man beregner Virkningen af Legemets egen Vægt.

**Anmrk. 3.** Er en Byrde anbragt paa Legemet i en vis Udstrækning, Fig. 106, saa benyttes Længden **L** fra den faste Ende til Byrdens Tyngdepunkt **G**, og Byrdens hele Vægt **P** i Formlen 229 og 230.

**Anmrk. 4.** Er der baade anbragt en ens fordelt Byrde **P** over hele Legemet, og Legemets egen Vægt **p** tillige skal tages med i Regning, saa benyttes Summen $(P + p)$ i Formlerne 231 til 233, naar Legemets Tversnit er ens i hele Længden.

**Anmrk. 5.** Finde de under Anmrk. 2 og 3 nævnte Tilfælde samtidig Sted, saa indsættes i Formel 229: $(P\,l + P_1\,l_1)$ istedet for **P L**, se Fig. 108. Bøjningen bestemmes efter Anvisning under Nr. 156.

156. **Naar flere Tryk:** $p_1\ p_2\ p_3\ \ldots$ **virke vinkelret** i Afstandens $a_1\ a_2\ a_3 \ldots$ **fra den fastgjorte Ende,** saa er Summen af Kraftmomenterne, Fig. 109: $p_1\,a_1 + p_2\,a_2 + p_3\,a_3 + \ldots\ldots = S\,W$, altsaa:

$$W = \frac{p_1\,a_1 + p_2\,a_2 + p_3\,a_3 + \ldots\ldots}{S} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (234)$$

**Den elastiske Linies Ordinater** beregnes tilnærmelsesviis efter Formel 230, naar man benytter den hele Længde **L** fra den faste Ende til den yderste Byrdes Angrebspunkt som Længdemaal; og da bestemmer Værdien af **P** efter følgende Formel, se Fig. 113:

$$P = \frac{p\,L + p_1\,L_1 + p_2\,L_2 + \ldots\ldots}{L} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (235)$$

**Anmrk.** Skal Legemets egen Vægt tages med i Regning, eller, er der foruden de anførte Tryk desuden en ens fordelt Byrde paa Legemet, saa forholdes overensstemmende med Anmærkningerne til Nr. 155.

157. **Naar Kræfter virke i forskjellig Retning** i samme Punkt af en Axel eller Stang, saa udregnes en Resultant **R** for Middelkraften og dens Retning, og Kraftmomentet bestemmes da efter denne, altsaa bliver $M = R\,L$.

Herved maa erindres: at naar begge Kræfter ikke stadig virke samtidig, som t. Ex. en Remspænding i Forbindelse med Tyngden af Remskiven paa en Axel, saa maa Kraftmomentet bestemmes efter den største Værdi, der fremstaaer, naar enten Tyngden virker alene, eller naar Resultanten benyttes; er t. Ex. Remskivens Tyngde større end Resultanten af denne Tyngde og af Remspændingen, saa benyttes Tyngden for Styrkeberegningen. Det maa tillige erindres, at Remspændingen ved at virke i modsat Retning af Tyngden, undertiden kan ophæve dennes Virkning, hvorimod den, ved at virke i Tyngderetningen, i høj Grad forøger Trykket paa Axlen.

Samme Iagttagelse maa gjøres, naar flere Kræfter virke i forskjellige Punkter og Retninger.

158. **Naar Kraftretningen danner en spids eller en stump Vinkel med**

**Stangens Længderetning**, Fig. 110 og 111, saa opløses Kraften **P** i to Sidekræfter, af hvilke den Ene, **V**, gaaer i Stangens Længderetning, den anden, **N**, gaaer vinkelret paa samme. Derved fremstaaer der en Sammentrykning efter Stangens Længderetning, naar Kraftretningen danner en spids Vinkel med Stangens Længderetning, og en Strækning, naar Vinklen er stump; begge Tilfælde bestemmes efter Værdien af Sidekraflen **V**. Samtidig med Sammentrykningen eller Strækningen finder en Bøjning Sted, bestemt efter Værdien af Sidekraften **N**.

Det anførte Tilfælde henhører af de nævnte Grunde under et følgende Afsnit: Styrke mod forskjellige Slags samtidige Kraftvirkninger, men kan her, med tilstrækkelig Nøjagtighed for praktiske Forhold, behandles paa følgende Maade:

Da Trekanterne **a b d** og **a f g** ere lige dannede, saa forholder sig, naar man sætter $af = L$, samt $fg$ i Fig. 110, og $ag$ i Fig. 111 $= L_1$: $ad : ab = L : L_1$, eller $P : N = L : L_1$ og følgelig er Kraftmomentet $N L = P L_1 = S W$, altsaa:

$$P = \frac{S W}{L_1} \;\ldots\ldots\ldots \text{ og } W = \frac{P L_1}{S} \;\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (236)$$

Heraf fremgaaer: at en skraatliggende Bjælke eller Drager, under de anførte Omstændigheder, er saa meget stærkere end en vandret liggende Bjælke eller Drager, som Forholdet imellem Længden til dennes vandrette Projektion.

## B. Stænger, der ligge vandret paa to Støtter under Enderne, og som trykkes af Kræfter i lodret Retning.

159. **Naar et Tryk virker midt imellem Støtterne**, Fig. 115, saa bærer hver Støtte den halve Byrde, og det farlige Snit er i Midten. Man kan derfor tænke sig Byrden paa Midten, som Støttepunkt, og Trykkene imod Enderne, som Kræfter i modsat Retning, hvorefter det statistiske Moment bliver:

$$M = \frac{P}{2} \times \frac{L}{2} = \frac{P L}{4} = S W, \text{ altsaa:}$$

$$P = \frac{4 S W}{L} \;\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{ og } W = \frac{P L}{4 S} \;\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (237)$$

**Exempel.** En Fyrretræes Bjælke, hvis Tversnit er et Rektangel, og som hviler paa to Støtter i en Afstand af 20 Fod svensk fra hinanden, skal bære en Byrde af 10,000 ℔ svensk paa Midten, med en Sikkerhed $s = 3$ indenfor Spændighedsgrænsen.

Til Bestemmelse af Tversnittets Størrelse har man:

$$\mathbf{P} = 10{,}000 \text{ ℔}, \ \mathbf{L} = 240'', \ \mathbf{S} = \frac{\mathbf{T}}{3} = 1036 \text{ (se Tab. 29)}$$

$$\mathbf{W} = \frac{\mathbf{b\,h}^2}{6} \text{ efter Nr. I i Plan I, altsaa:}$$

$$\mathbf{b\,h}^2 = \frac{6\,\mathbf{P\,L}}{4\,\mathbf{S}} = \frac{6 \times 10{,}000 \times 240}{4 \times 1036} = 3475.$$

Sattes Forholdet af $\mathbf{b} : \mathbf{h} = 1 : 1^1/_2$, saa er $h = 1{,}5\ b$, altsaa $\mathbf{b\,h}^2 = \mathbf{b} \times 1{,}5^2\ \mathbf{b}^2 = 2{,}25\ \mathbf{b}^3 = 3475$, og

$$\mathbf{b} = \sqrt[3]{\frac{3475}{2{,}25}} = 11{,}56'', \text{ følgelig } \mathbf{h} = 1{,}5 \times 11{,}56 = 17{,}34''.$$

**For et Snit udenfor Angrebspunktet, t. Ex. i Afstanden x fra Støtten A, Fig. 115,** er:

$$\mathbf{P} = \frac{2\,\mathbf{S\,W}}{\mathbf{x}} \ \ldots\ldots \text{ og } \mathbf{W} = \frac{\mathbf{P\,x}}{2\,\mathbf{S}} \ \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (238)$$

**Den elastiske Linies Ordinater blive:**

$$\mathbf{y} = \frac{\mathbf{P\,L}^3}{16\,\mathbf{E\,J}} \left[\frac{\mathbf{x}}{\mathbf{L}} - \frac{4\,\mathbf{x}^3}{3\,\mathbf{L}^3}\right] \ldots\ldots \text{ og } \mathbf{f} = \frac{\mathbf{P\,L}^3}{48\,\mathbf{E\,J}} \ldots\ldots \quad (239)$$

**Exempel.** Et hult Støbejerns Rør, som hviler paa to Underlag i en Afstand fra hinanden af 6′ kan taale et Tryk paa Midten af $\mathbf{P} = 1653$ ℔ ved en tofold Sikkerhed indenfor Spændighedsgrænsen, naar dets ydre Diameter $\mathbf{D} = 6''$, den indre Diameter $\mathbf{d} = 4''$. Bøjningen $\mathbf{f}$ bliver da, naar $\mathbf{E} = 11{,}508{,}000$, og da $\mathbf{J} = 0{,}0491\ (\mathbf{D}^4 - \mathbf{d}^4) = 18{,}1179$:

$$\mathbf{f} = \frac{1653 \times 72^3}{48 \times 11{,}508{,}000 \times 18{,}1179} = {}^1/_{16} \text{ Tomme.}$$

f = største Ordinat eller største Værdi for y

160. **Naar et Tryk virker udenfor Midten imellem Støtterne,** Fig. 116, saa blive Trykkene imod Støtterne:

$$\mathbf{P}_1 = \mathbf{P}\,\frac{\mathbf{a}_1}{\mathbf{L}} \ \ldots \text{ og } \mathbf{P}_2 = \mathbf{P}\,\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{L}} \ \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (240)$$

Kraftmomentet er da: $\mathbf{M} = \mathbf{P}\,\frac{\mathbf{a\,a}_1}{\mathbf{L}} = \mathbf{S\,W}$, altsaa:

$$\mathbf{P} = \frac{\mathbf{S\,W\,L}}{\mathbf{a\,a}_1} \ \ldots\ldots \text{ og } \mathbf{W} = \frac{\mathbf{P\,a\,a}_1}{\mathbf{S\,L}} \ \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (241)$$

**For et Snit udenfor Angrebspunktet, til Exp. i Afstanden x fra Støtten A**, er:

$$W = \frac{P a_1 x}{S L} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (242)$$

og for $x_1$ fra Støtten **B** er:

$$W = \frac{P a x_1}{S L} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (243)$$

**Exempel.** Har man givet: $L = 100''$, $a = 60''$, $x_1 = 15''$, $P = 400$ ℔. Spændingen $S = \frac{T}{3} = \frac{2740}{3}$ t. Ex. for Egetræ, og $W = \frac{b^3}{6}$ for et kvadratisk Tversnit, saa er:

$$\frac{b^3}{6} = \frac{400 \times 60 \times 15}{913 \times 100}, \text{ altsaa } b = \sqrt[3]{\frac{6 \times 400 \times 60 \times 15}{91300}} = 2{,}9''.$$

**Den elastiske Linies Ordinater blive**, for et Punkt **x** i Grenen **A C**, et Punkt $x_1$ i Grenen **B C** og for Angrebspunktet **f**:

$$y = \frac{P a^2 a^2_1}{6 E J L}\left[\frac{2x}{a} + \frac{x}{a_1} - \frac{x^3}{a^2 a_1}\right] \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (244)$$

$$y_1 = \frac{P a^2 a^2_1}{6 E J L}\left[\frac{2x_1}{a_1} + \frac{x_1}{a} - \frac{x^3_1}{a^2_1 a}\right] \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (245)$$

$$f = \frac{P a^2 a^2_1}{3 E J L} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (246)$$

f er største Værdi for y (største Ordinat)

**Den største Bøjning** er i den længste Gren **A C** i en Afstand fra **A** af:

$$x_2 = a\sqrt{\frac{1}{3} + \frac{2 a_1}{3 a}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (247)$$

og kan altsaa beregnes efter Formel 244, efter at Værdien for $x_2$ er udregnet og indsat som **x** i Formlen.

161. **Naar der virker et ensfordelt Tryk over hele Afstanden imellem Støtterne**, Fig. 117, saa er Stangen i samme statiske Forhold, som om den hvilede paa Midten paa een Støtte, med to frie Ender, paa hvilke Trykkene imod Støtterne virke opad, man har da Halvdelen af Byrden, som Tryk paa hver Støtte, og da Tyngdepunktet for hver halve Længde **L** ligger i Midten af samme, saa er:

$$\mathbf{M} = \frac{\mathbf{P}}{2} \times \frac{\mathbf{L}}{4} = \frac{\mathbf{PL}}{8} = \mathbf{SW},\ \text{altsaa:}$$

$$\mathbf{P} = \frac{8\,\mathbf{SW}}{\mathbf{L}} \ldots\ldots\ldots \text{ og } \mathbf{W} = \frac{\mathbf{PL}}{8\,\mathbf{S}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (248)$$

**For et Snit i hver af de to halve Længder,** til Exp. i Afstanden **x**, er:

$$\mathbf{W} = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{S}}\left(\frac{\mathbf{x}}{2} - \frac{\mathbf{x}^2}{2\,\mathbf{L}}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (249)$$

**Den elastiske Linies Ordinater for hver halve Længde, og for Midten** blive:

$$\mathbf{y} = \frac{\mathbf{PL}^3}{24\,\mathbf{EJ}}\left[2\frac{\mathbf{x}^3}{\mathbf{L}^3} - \frac{\mathbf{x}^4}{\mathbf{L}^4} - \frac{\mathbf{x}}{\mathbf{L}}\right] \ldots \text{ og } \mathbf{f} = \frac{5\,\mathbf{PL}^3}{384\,\mathbf{EJ}} \ldots \quad (250)$$

162. **Naar der virker et ens fordelt Tryk = P af en ubøjelig Byrde paa en given Længde = m imellem Støtterne i en Afstand $\mathbf{L_1}$, fra Støtten A til Midten af m, og $\mathbf{L_2}$ fra B til Midten af m, Fig. 118,** saa er Stangen i samme Tilfælde, som naar den hviler paa to Støtter (Fig. 127), og har to frie Ender, paa hvilke Trykkene $\mathbf{p_1}$ og $\mathbf{p_2}$ imod Støtterne **A** og **B**, Fig. 118, virker opad; man har da:

$$\mathbf{p_1} = \mathbf{P}\frac{\mathbf{L_2}}{\mathbf{L}} \ldots\ldots\ldots\ldots \text{ og } \mathbf{p_2} = \mathbf{P}\frac{\mathbf{L_1}}{\mathbf{L}} \text{ og}$$

Vægtstangsarmene for Kraftmomenterne:

$$\text{for } \mathbf{p_1} = \mathbf{L_1} - \frac{\mathbf{m}}{2} = \mathbf{a_1}$$

$$\text{for } \mathbf{p_2} = \mathbf{L_2} - \frac{\mathbf{m}}{2} = \mathbf{a_2},\ \text{altsaa } \mathbf{M_1} = \mathbf{p_1 a_1} = \mathbf{SW}$$

$$\text{og } \mathbf{W} = \frac{\mathbf{p_1 a_1}}{\mathbf{S}} \text{ for den ene Ende} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (251)$$

$$\text{samt: } \mathbf{M_2} = \mathbf{p_2\ a_2} = \mathbf{SW},\ \text{altsaa:}$$

$$\mathbf{W} = \frac{\mathbf{p_2 a_2}}{\mathbf{S}} \text{ for den anden Ende} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (152)$$

**Bøjningerne** kunne beregnes efter Formlerne 230, naar Stangen ikke kan bøje sig paa Længden **m**; ellers efter Formel 257.

**Anmrk.** Bøjningen kan blive af forskjellig Natur; er Stangen t. Ex. en Drager, der tynges af en Byrde, saa fremstaaer der tillige en Bøjning under

Udstrækningen $m$, lige som ved Fig. 127, naar denne Figur tænkes omvendt; er Stangen derimod en Axel, hvorpaa er anbragt et Hjul eller deslige, hvis Nav har Længden $m$, saa bøjes kun Enderne $a_1$ og $a_2$.

163. **Naar flere Tryk virke i forskjellige Afstande fra en af Støtterne,** saa udregnes en Middelværdi, Resultant, for Trykkene, og Angrebspunktet bestemmes, og Styrken m. v. udregnes dernæst efter Formlerne under Nr. 159 eller 160, efter som Resultanten har sit Angrebspunkt i Midten eller udenfor Midten af den understøttede Del. Skal Stangens egen Vægt tages med i Regning, saa betragtes denne Vægt som et Tryk i Tyngdepunktet, der, for en Stang af ens Førlighed i hele Længden, altsaa ligger i Midten.

Resultanten er = Summen af alle Trykkene.

Resultantens Angrebspunkt findes paa følgende Maade: Man udregner først Trykkene imod Støtterne $A$ og $B$, se Fig. 114; virker der t. Ex. 3 eller flere Tryk $p_1$ $p_2$ $p_3$ . . . . paa Længden $A\ B = L$, saa er det samlede Tryk imod Støtten $B$:

$$P_2 = \frac{a_1\ p_1 + a_2\ p_2 + a_3\ p_3 + \ldots}{L} \ldots\ldots\ldots \quad (253)$$

og sættes $p_1 + p_2 + p_3 + \ldots = P$, saa er Trykket imod $A$:

$$P_1 = P - P_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (254)$$

Afstanden $L$ imellem Støtterne deles dernæst i to Dele i omvendt Forhold til $P_1$ og $P_2$, d. v. s. saaledes, at den korteste Del kommer nærmest ved det største Tryk, og Delingspunktet er da Angrebspunktet for Kraften $R = p_1 + p_2 + p_3 + \ldots.$

Delingen af Længden $L$ skeer paa følgende Maade: er t. Ex. for Fig. 114 : $P_2 > P_1$, saa deles $L$ i to Dele : $l_1 > l_2$, hvoraf $l_2$ er nærmest ved $P_2$ og $l_1$ ved $P_1$ efter Formlen:

$$l_1 = L\frac{P_2}{R} \ldots\ldots \text{og } l_2 = L\frac{P_1}{R} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (255)$$

**Anmrk. I.** Man kan ogsaa bestemme hvert enkelt Kraftmoment (statisk Moment) for sig, og da sætte dette = $S\ W$, og foretage den nødvendige Omformning og Udregning, saaledes, som anført i flere Exempler.

Momenterne ere følgende, naar Trykkene ere udregnede efter Formel 253 og 254, se Fig. 114:

for Trykket $p_1$ . . . . $M_1 = P_1\ a_1$

- — $p_2$ . . . . $M_2 = P_1\ a_2 - [p_1\ (a_2 - a_1)]$

- — $p_3$ . . . . $M_3 = P_1\ a_3 - [p_1\ (a_3 - a_1) + p_2\ (a_3 - a_2)]$

o. s. f. naar der er flere Tryk.

For et hvilket som helst Snit, t. Ex. $x\,x_1$ i Afstanden $n$ fra Støtten **A** bliver:

$$M = P_1\,n - [p_2\,(n - a_2) + p_1\,(n - a_1)].$$

Af det Anførte fremgaaer: at ethvert Moment er lige stort med Forskjellen imellem Momentet af det opadvirkende Tryk (Trykket mod Støtterne) og Momenterne af alle nedadvirkende Tryk (Byrderne) i Udstrækningen fra den Støtte, for hvilken Trykket er beregnet og til det Sted, for hvilket Tversnittet skal beregnes. Vægtstangslængden for det opadvirkende Tryk er Afstanden fra Støtten til det Sted, hvor Snittet lægges, og for de nedad virkende Tryk er Vægtstangslængden lig Afstanden fra Snittet til Angrebspunkterne for Trykkene $p_1$ $p_2$ o. s. v.

**Anmrk. 2.** Et specielt Tilfælde af flere Tryks Virkning er en Stang eller Axel, Fig. 128, der hviler frit paa to Støtter **A** og **B**, og trykkes i to Punkter **C** og **C** af to lige store Byrder $p$ og $p$, i lige store Afstande $a$ og $a$ fra Enderne **A** og **B**. I dette Tilfælde er Kraftmomentet $= p\,a = S\,W$, altsaa:

$$W = \frac{p\,a}{S} \quad \text{(256)}$$

Bøjningen bliver en Cirkelbue efter en Radius $R = \frac{E\,J}{p\,a}$, og det farlige Snit er imellem **C C**.

**Den største Bøjning** bliver:

$$f = \frac{L^2}{8\,R} \text{ eller } = \frac{P\,a\,L^2}{8\,E\,J} \quad \text{(257)}$$

**C. Stænger, der ligge vandret med fastgjorte Ender.** Fig. 119 og 120.

164. **Naar et Tryk virker midt imellem de fastgjorte Ender,** saa er det farlige Snit samtidig ved begge Ender **B** og **B** og paa Midten **C**, Fig. 119, øverste Figur, og hver Ende trykkes af den halve Byrde.

Ved Integralregning bevises, og Erfaring stadfæster, at man i nævnte Tilfælde faaer:

$$P = \frac{8\,S\,W}{L} \;\ldots\ldots\; \text{og } W = \frac{P\,L}{8\,S} \quad \text{(258)}$$

**For et Snit i hver af de to halve Længder,** t. Exp. i Afstanden $x$, er:

$$W = \frac{P}{S}\left(\frac{x}{2} - \frac{L}{8}\right) \quad \text{(259)}$$

**Den elastiske Linie** har en dobbelt Bøjning; Vendepunkterne ligge i Midten af hver Halvpart af Længden **L**.

**Ordinaterne** for hver halve **L**, og for Midten ere:

$$y = \frac{P L^3}{16 E J}\left(\frac{x^2}{L^2} - \frac{4 x^3}{3 L^3}\right) \ldots\ldots \text{og } f = \frac{P L^3}{192 E J} \ldots\ldots \quad (260)$$

**Exempel.** En Drager af Støbejern, og af et trekantet Tversnit, som Nr. **XIX** i Plan **V**, ligger, fastgjort i begge Ender, med den flade Side opad; altsaa er $W_1 = \frac{b h^2}{12}$ og $W_{11} = \frac{b h^2}{24}$, og Spændingen **S** bestemmes derfor efter Formel 12 og 13; da nu ifølge Tversnittet, $\frac{a}{a_1} = {}^1/_2$ for Bøjning ved Støtterne **B**, Fig. 119, saa bliver, da $\frac{T}{T_1} = {}^1/_2$ (se Nr. 26) altsaa $\frac{a}{a_1} = \frac{T}{T_1}$ og Spændingen $S = \frac{T}{s}$, d. v. s. en Part af Strækningskoefficienten $T = 8200$ for Støbejern, og sattes Sikkerheden $s = 2$, saa bliver $S = 4100$ for dansk Maal og Vægt.

For Bøjningen af den midterste Halvpart af Stangen finder derimod en Strækning Sted i den midterste, spidse Del, hvisaarsag $\frac{a}{a_1} = 2$, (nemlig $\frac{a_{11}}{a_1} = 2$ i Figur Nr. **XIX**, Plan **V**) altsaa er $\frac{a}{a_1} > \frac{T}{T_1}$, og derfor bliver $S = \frac{T^1}{s} = \frac{18000}{2} = 9000$.

Er nu t. Exp. i Stangens Tversnit, $h = 6''$, $b = 4''$, saa bliver, se ovenfor, $W_1 = 12$ og $W_{11} = 6$; sattes Afstanden imellem Støtterne $= 100''$, saa bliver efter Formel 258 Stangens Bære-Evne ved Støtterne:

$$P = \frac{8 S W}{L} = \frac{8 \times 4100 \times 12}{100} = 3936 \text{ ℔},$$

og Bære-Evnen midt paa Stangen:

$$P = \frac{8 S W}{L} = \frac{8 \times 9000 \times 6}{100} = 4320,$$ altsaa paa det Nærmeste lige store. Forskjellen hidrører kun fra, at Tversnittet ikke har været nøjagtig saaledes, at $\frac{a}{a_1} = \frac{T}{T_1}$ (se Nr. 27).

**Anmrk.** Ved alle Udregninger maa, som allerede tidligere bemærket, nøje iagttages at Spændingen bestemmes paa rette Maade.

165. **Naar et Tryk P virker udenfor Midten imellem Støtterne,** Fig. 119, underste Figur, saa fremstaaer der en dobbelt krum Linie.

**Trykkene imod Støtterne** blive for:

$$A = P\frac{(3a + b)b^2}{L^3} \ldots \text{og } B = P\frac{a^2(a + 3b)}{L^3} \ldots\ldots \quad (261)$$

**For Styrken ved Støtten A** er:

$$P = \frac{SWL^2}{ab^2} \ldots\ldots\ldots \text{og } W = \frac{Pab^2}{SL^2} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (262)$$

**For Styrken ved Støtten B** er:

$$P = \frac{SWL^2}{a^2b} \ldots\ldots\ldots \text{og } W = \frac{Pa^2b}{SL^2} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (263)$$

**For Styrken i Angrebspunktet C** er:

$$P = \frac{SWL^3}{2a^2b^2} \ldots\ldots\ldots \text{og } W = \frac{2Pa^2b^2}{SL^3} \ldots\ldots\ldots \quad (264)$$

**Anmrk.** Da de 3 forskjellige Værdier for **P** angive det Tryk i Angrebspunktet **C**, der svarer til Stangens Styrke i dette Punkt og ved Støtterne **A** og **B**, naar Tversnittet er ens i hele Stangens Længde; saa maa man kun anvende den mindste Værdi, som findes ved at udregne **P** efter den Formel, der angaaer den Støtte, som er nærmest ved Angrebspunktet.

De 3 forskjellige Værdier for Tversnitsmodellen **W** bestemme den Størrelse, som Stangens Tversnit i det mindste maa gives ved de to Støtter og i Angrebspunktet. Vil man give Stangen ens Tversnit i hele Længden, maa man anvende den største Værdi for **W**, og denne findes ved at udregne Tversnittet efter den Formel, som angaaer den Støtte, der er nærmest ved Angrebspunktet.

**Den elastiske Linie** har den største Bøjning i den længste Gren **B C**; dens Afstand fra **B** er:

$$x_1 = \frac{2b}{a + 3b}L \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (265)$$

Den største Bøjning bliver:

$$f = \frac{P}{EJ}\left(\frac{2a^2b^3}{3(a + 3b)^2}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (266)$$

Bøjningens Størrelse i Angrebspunktet **C** er:

$$y = \frac{P}{EJ}\left(\frac{a^3b^3}{3L^3}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (267)$$

**Afstanden fra Støtterne A og B til Vendepunkterne for den elastiske Linie** er:

$$\left.\begin{aligned}\text{fra Støtten } \mathbf{A} &= \frac{a}{3\,a + b}\,L \\ \text{fra Støtten } \mathbf{B} &= \frac{b}{a + 3\,b}\,L\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (268)$$

166. **Naar der virker et ens fordelt Tryk over hele Afstanden imellem Støtterne**, Fig. 120, saa faaer den elastiske Linie en dobbelt Bøjning, og Vendepunkterne ligge i en Afstand fra Støtterne af $0{,}2113\,L$, eller paa det Nærmeste $= \frac{L}{5}$.

Det farlige Snit ligger ved begge Ender, idet at Kraftmomentet for Midten kun er : $M = \frac{P\,L}{24}$, medens det ved Enderne er : $M = \frac{P\,L}{12}$, altsaa bliver:

$$P = \frac{12\,S\,W}{L} \ldots\ldots\ldots \text{og } W = \frac{P\,L}{12\,S} \ldots\ldots\ldots \quad (269)$$

**Anmrk.** Formlen 269 er først bleven bevist af Rebbann i Aaret 1853; før den Tid finder man angivet $M = \frac{P\,L}{16}$.

**For et Snit imellem Midten af Stangen og Enderne**, t. Ex. i Afstanden $x$ fra Enden er:

$$W = \frac{P\,L}{2\,S}\left(\frac{1}{6} - \frac{x}{L} + \frac{x^2}{L^2}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (270)$$

**Den største Bøjning er i Midten.**

**Den elastiske Linies Ordinater** er:

$$y = \frac{P\,L^3}{24\,E\,J}\left[\frac{x^2}{L^2} - 2\,\frac{x^3}{L^3} + \frac{x^4}{L^4}\right] \ldots \text{og } f = \frac{P\,L^3}{384\,E\,J} \ldots\ldots \quad (271)$$

167. **Naar flere Tryk virke i forskjellige Afstande fra Støtterne A**, Fig. 125 saasom:

Trykkene . . . . . . . . . . $p_1$ $p_2$ $p_3$ $p_4$ . . . .
i Punkterne. . . . , . . . . $C_1$ $C_2$ $C_3$ $C_4$ . . . . .
i Afstand fra **A** . . . . . . $a_1$ $a_2$ $a_3$ $a_4$ . . . .
i Afstand fra **B** . . . . . $b_1$ $b_2$ $b_3$ $b_4$ . . . .

saa indsættes i Stedet for $P$ multipliceret med $a$ og $b$ i de angivne Forhold i Formlerne 261, 262 og 263 Summen af alle Tryk $p_1$ $p_2$ . . . . hvert især multipliceret med Afstanden $a_1$ $a_2$ . . . . $b_1$ $b_2$ . . . . i samme Regningsforhold (samme Funktioner) som anført i de ovennævnte Formler for Afstandene $a$ og $b$. Skal Stangens egen Vægt regnes med, betragtes denne som et Tryk i Stangens Tyngdepunkt, altsaa paa Midten, naar Tversnittet er ens i hele Længden.

Som Exempel anføres her for 3 Tryk:

**Trykkene imod Støtterne** blive:

$$\text{ved } A = \frac{p_1 (3\,a_1 + b_1)\,b_1^2 + p_2 (3\,a_2 + b_2)\,b_2^2 + p_3 (3\,a_3 + b_3)\,b_3^3}{L^2} \qquad (272)$$

$$\text{ved } B = \frac{p_1 (a_1 + 3\,b_1)\,a_1^2 + p_2 (a_2 + 3\,b_2)\,a_2^2 + p_3 (a_3 + 3\,b_3)\,a_3^2}{L^3} \qquad (273)$$

**For Styrken ved Støtterne** er:

$$\text{ved } A : W = \frac{p_1\,a_1\,b_1^2 + p_2\,a_2\,b_2^2 + p_3\,a_3\,b_3^2}{S\,L^2} \;\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (274)$$

$$\text{ved } B : W = \frac{p_1\,a_1^2\,b_1 + p_2\,a_2^2\,b_2 + p_3\,a_3^2\,b_3}{S\,L^2} \;\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (275)$$

**Det farlige Snit** ligger ved den Støtte, som lider det største Tryk; er Trykkene imod Støtterne lige store, saa er det Tegn paa, at Trykkenes Resultant har sit Angrebspunkt midt imellem Støtterne, og det farlige Snit ligger da samtidig ved begge Støtter og paa Midten af Stangen.

### D. Stænger, der ligge vandret med den ene Ende fastgjort, og den anden paa en Støtte.

168. **Naar der virker et Tryk midt imellem Støtterne**, Fig. 121, **eller udenfor Midten,** Fig. 122 og 123, saa faaer den elastiske Linie en dobbelt Bøjning, og det farlige Snit bliver ved den faste Ende $A$.

Naar Kraftens Angrebspunkt er i en Afstand fra den faste Ende $A$ af $A\,C^1 = 0{,}5859\ L$, saa er den største Bøjning $f\,m$ i dette Punkt; ligger derimod Angrebspunktet i en anden Afstand fra $A$, saa er den største Bøjning udenfor Angrebspunktet, og modsat den Ende, som er nærmest ved Angrebspunktet.

Sættes Afstanden fra Støtten $A$ til Kraftretningen, eller $A\,C^1 = n\,L$, altsaa $n = \frac{A\,C^1}{L}$, saa bliver:

**Trykket imod Støtten B:**

$$p = P\,\frac{n^2\,(3 - n)}{2} \quad \ldots \quad (276)$$

**Trykket imod Støtten A** bliver altsaa:

$$p_1 = P - p \quad \ldots \quad (277)$$

**For det farlige Snit ved Støtten A** er:

$$W = n\,(1 - n)\,(2 - n)\,P \times \frac{L}{2\,S} \quad \ldots \quad (278)$$

**For et hvilket som helst andet Snit** bliver:

**i Grenen B C:**

$$W = \frac{p\,x}{S} \quad \ldots \quad (279)$$

**i Grenen A C:**

$$W = \frac{P\,(n\,L - x_1) - p\,(L - x_1)}{S} \quad \ldots \quad (280)$$

**Den elastiske Linies Ordinater** blive:

1) **for et hvilket som helst Punkt**, naar Absisserne regnes fra **A**:

**for Grenen A C¹:**

$$y_1 = \frac{x_1^2}{2\,E\,J}\left[\left(n\,L - \frac{x_1}{3}\right)P - \left(L - \frac{x_1}{3}\right)p\right] \quad \ldots \quad (281)$$

**for Crenen B C¹:**

$$y = \frac{P\,L^3\left(\frac{n^2\,x_{11}}{2\,L} - \frac{n^3}{6}\right) - p\,L\left(\frac{x_{11}^2}{2} - \frac{x_{11}^3}{6\,L}\right)}{E\,J} \quad \ldots \quad (282)$$

2) **For Angrebspunktet C** bliver for alle 3 Tilfælde:

$$f = \frac{L^3}{12\,E\,J}\,(1 - n)^2\,(4 - n)\,n^3\,P \quad \ldots \quad (283)$$

3) **For den største Bøjning**, naar Absisserne regnes fra **A**, og deres Længde sættes $= l$, og

**naar Angrebspunktet er i Midten:**

$$f_m = 0{,}0098\,\frac{P\,L^3}{E\,J} \quad \ldots \quad (284)$$

$$\text{og } l = 0{,}5528\,L \quad \ldots \quad (285)$$

**Naar Angrebspunktet er i en mindre Afstand fra A end $0{,}5859$ L:**

$$f_m = \left(\frac{n^2 - n^3}{6}\sqrt{\frac{1-n}{3-n}}\right)\frac{P\,L^3}{E\,J} \;\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (286)$$

$$\text{og } l = \left(1 - \sqrt{\frac{1-n}{3-n}}\right) L \;\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (287)$$

**naar Angrebspunktet er i en større Afstand fra A end $0{,}5859$ L:**

$$f_m = \left(\frac{(n^3 - n^4)(2-n)^3}{3\,[2 + (2\,n - n^2)]^2}\right)\frac{P\,L^3}{E\,J} \;\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (288)$$

$$\text{og } l = \left(\frac{4\,n - 2\,n^2}{2 + 2\,n - n^2}\right) L \;\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (289)$$

169. **Naar der virker et ens fordelt Tryk over hele Afstanden imellem Støtterne**, Fig. 124, saa faaer den elastiske Linie en dobbelt Bøjning, og Vendepunktet for de to Krumninger er i en Afstand fra **A** $= \frac{3}{4}$ **L**.

**Det farlige Snit** er ved den faste Ende **B**.
**Den største Sænkning** $f_m$ er i en Afstand fra den frie Ende **A** af:

$$x_1 = \frac{L}{16}\left(1 + \sqrt{33}\right) = 0{,}4215\, L \;\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (290)$$

**Trykket imod Støtten A** er:

$$p = \frac{3}{8}\, P \;\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (291)$$

**For et Snit ved B** bliver:

$$W = \frac{P\,L}{8\,S} \;\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (292)$$

**For et hvilket som helst andet Snit**, t. Ex. **x udenfor Midten** bliver:

$$W = \frac{P\,x}{2\,S}\left(\frac{3}{4} - \frac{x}{L}\right) \;\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (293)$$

**Den elastiske Linies Ordinater** blive, naar Absisserne begynde ved **A**:

$$y = \frac{P\,L^3}{48\,E\,J}\left(\frac{x}{L} - 3\,\frac{x^3}{L^3} + 2\,\frac{x^4}{L^4}\right) \;\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (294)$$

$$f = \frac{P L^3}{192 E J} \text{ for Bøjningen paa Midten} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (295)$$

$$f_m = 0{,}0054 \frac{P L^3}{E J} \text{ for den største Bøjning} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (296)$$

170. **Naar flere Tryk virke i forskjellige Afstande fra den faste Ende A,** saa bestemmes Trykkene imod Støtterne, og Styrken ved Støtten **A** paa lignende Maade, som anført under Nr. 167, idet man nemlig i Formlerne 276 og 278 indsætter Summen af Trykkene, hvert især multipliceret med sine tilsvarende Funktioner af $n$, istedetfor $P$ multipliceret med Funktionerne af $n$. Se Fig. 125, og anse Enden ved **B** som fritliggende. Man faaer da t. Ex. for to Tryk, $p_1$ og $p_2$ i Afstanden $A C_1 = n_1 L$ og $A C_2 = n_2 L$ fra **A**: . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . $n_1 = \frac{A C_1}{L}$ og $n_2 = \frac{A C_2}{L}$, og

**for Tryk imod Støtten B:**

$$p = p_1 \frac{n_1^2 (3 - n_1)}{2} + p_2 \frac{n_2^2 (3 - n_2)}{2} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (297)$$

**for Tryk imod Støtten A:**

$$p_0 = (p_1 + p_2) - p \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (298)$$

**For et Snit ved Støtten A** (det farlige Snit):

$$W = \frac{L}{2 S} [(p_1 n_1 (1 - n_1)(2 - n_1) + p_2 n_2 (1 - n_2)(2 - n_2)] \quad (299)$$

## E. Stænger, der hvile paa en Støtte under Midten, og lide lige store Tryk paa Enderne. Fig. 126.

171. Kaldes det samlede Tryk for **P**, altsaa Trykket i hver Ende $= \frac{P}{2}$, saa er Stangen i samme Tilfælde, som om den var understøttet red Enderne, og led et Tryk **P** paa Midten, og de fornødne Beregninger kan udføres efter Formlerne under Nr. 159.

**Anmrk.** Er Vægtstangsarmene af forskjellig Længde, men Kraftmomenterne lige store for begge Ender, saa beregnes Styrken for Midten efter Formel 229.

Længden **L** regnes da kun fra Midten ud til Angrebspunktet.

Virke flere Tryk paa Armene beregnes Styrken efter Formel 234.

## F. Stænger, der hvile paa to Støtter, og som have frie Ender udenfor Støtterne.

172. Naar der ingen Byrde er imellem Støtterne, Fig. 127, men to lige store Byrder **P** og **P** paa to lige store Ender **a** og **a**, saa er Virkningerne de samme, som om Stangen hvilede paa Støtter i Yderenderne, og led Tryk i Støttepunkterne, og Styrken saavelsom Bøjningen udregnes desaarsag efter Formlerne for Virkningen ved Fig. 128, altsaa Formel 256 og 257.

173. For andre forekommende Tilfælde, der kunne variere meget, bestemmes efter statiske Love en Værdi for Kraftmomentet **M**, der, som ofte viist foran, sættes = med Spændingsmomentet **S W**, hvorefter Omformning foretages for at bestemme **W**, og dernæst ved at indsætte de fornødne Værdier for Tversnitsmodellen **W**, bestemmes Tversnitsmaalene paa lignende Maader, som er viist i flere Exempler.

## G. Stænger, der ligge i skraa Stilling med Støtte ved begge Ender, og lide Tryk imellem Støttepunkterne under en spids eller stump Vinkel med Længderetningen. Fig. 129.

174. For Tilfælde af denne Natur kunne alle Formler for Stænger, der ligge vandret paa to Underlag, anvendes, naar man i Stedet for det givne Tryk **P** i den givne Retning, benytter $P_1$ vinkelret paa Stangen i Angrebspunktet.

Værdien $P_1$ findes ved at afsætte en vilkaarlig Længde **a b** paa Trykkets Kraftretning, og fra Endepunktet **b** at nedfælde en Linie **b c** vinkelret paa Stangen. Afsættes **b d** parallel med **a c**, og **d a** parallel med **b c** saa er **c d** Sidekræfternes Parallellogram, i hvilket **a d** og **a c** ere Sidekræfterne (Komposanterne) for Resultanten **a b**, altsaa forholder sig:

$$P_1 : P = a\,d : a\,b, \text{ og da er : } P_1 = P\,\frac{a\,d}{a\,b}.$$

Ved at maale Længden af **a d** og **a b** kan man altsaa, ved Hjælp af Værdien for **P** finde $P_1$. Paa samme Maade findes Trykket **p** der virker i Længderetningen **B A**, da $p : P = a\,c : a\,b$, altsaa $p = P\,\frac{a\,c}{a\,b}$.

Trykkene $p_1$ og $p_2$ lodret i Støttepunkterne, beregnes saaledes, som tidligere er anført; naar nemlig $B\,A = L$, $a\,B = a$, $a\,A = b$, saa er $p_1 = P\,\frac{a}{L}$ og $p_2 = P\,\frac{b}{L}$. Vil man benytte Trykket i Støttepunkterne for Udregning af Bøjning af Stangen, maa $\frac{a}{L}$ og $\frac{b}{L}$ multipliceres med $P_1$ istedetfor med **P**.

Ved Hjælp af Trykkene **p** og $p_2$ findes Trykkene $p_3$ og $p_4$ efter samme Fremgangsmaade, som anført for $P_1$.

## H. Stænger med lige Styrke imod Bøjning i ethvert Tversnit.

175. Stænger med denne Egenskab have en saadan Form, at Spændingerne i alle Tversnit i den strækkede eller i den sammentrykkede Del under Bøjningen blive lige store; det farlige Snit har da ikke nogen særskilt Beliggenhed.

176. Da Kraftmomenterne for et hvert Snit i bøjede Stænger ere lige store med Spændingen Gange Tversnitsmodellen, og da alle Spændingerne skulle være lige store, saa forholde sig i en og samme bøjet Stang, Momenterne $\mathbf{M}$ og $\mathbf{m}$ for de forskjellige Snit, som de tilsvarende Tversnitsmodeller $\mathbf{W}$ og $\mathbf{w}$,

eller: $\mathbf{M} : \mathbf{m} = \mathbf{W} : \mathbf{w}$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (300)

**Ved Stænger, hvis ene Ende er fastgjort, og den anden Ende lider et Tryk** er saaledes for det farlige Snit: $\mathbf{M} = \mathbf{P\,L}$, og for et andet Snit: $\mathbf{M} = \mathbf{P\,x}$, for Afstanden $\mathbf{x}$ fra den faste Ende; derefter er altsaa:

$$\mathbf{P\,L} : \mathbf{P\,x} = \mathbf{W} : \mathbf{w}, \text{ eller } \mathbf{L} : \mathbf{x} = \mathbf{W} : \mathbf{w} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (301)$$

dette giver for et rektangulairt Tversnit, hvori $\mathbf{W} = \frac{\mathbf{b\,h}^2}{6}$ og $\mathbf{w} = \frac{\mathbf{b_1\,h_1}^2}{6}$

naar man vil give Stangen ens Bredde $= \mathbf{b}$ i hele Længden:

$$\mathbf{L} : \mathbf{x_1} = \mathbf{h}^2 : \mathbf{h_1}^2 \text{ — se Fig. 130—131, altsaa:}$$

$\mathbf{h_1} = \sqrt{\frac{\mathbf{h}^2\,\mathbf{x_1}}{\mathbf{L}}}$, og saa fremdeles for de øvrige Snit. Formen bliver i dette Tilfælde en Perabel.

Vilde man derimod give Stangens Tversnit ens Højde i hele Længden, Fig. 132—133, saa fik man $\mathbf{L} : \mathbf{x_1} = \mathbf{b} : \mathbf{b_1}$, altsaa $\mathbf{b_1} = \frac{\mathbf{b\,x_1}}{\mathbf{L}}$.

De beregnede Maal kunne ogsaa anvendes til at give Stangen Form, som Fig. 134, eller, tilnærmelsesviis, som Fig. 135 og 136, eller man kan give en Del af Længden et andet Tversnit, som t. Exp. i Fig. 137, naar kun Tversnitsmodellerne forholde sig til hinanden som Momenterne.

177. **Ved Stænger, som ere fastgjorte i den ene Ende, og have en ens fordelt Byrde over hele Længden** er Kraftmomentet for det farlige Snit: $\mathbf{M} = \frac{\mathbf{P\,L}}{2}$, og for et andet Snit i Afstanden $\mathbf{x}$ fra den fastgjorte Ende:

$\mathbf{m} = \frac{\mathbf{P\,x}^2}{2\,\mathbf{L}}$, hvorefter man faaer: $\mathbf{L}^2 : \mathbf{x}^2 = \mathbf{W} : \mathbf{w}$ . . . . . . . . . (302)

og herefter bestemmes da Tversnittene, lige som viist ovenfor.

178. **Ved Stænger, der understøttes i begge Ender, og lide Tryk imellem Støtterne**, forholdes paa lignende Maade, som ovenfor anført; forøvrigt

kan Størrelsen af de forskjellige Tversnit beregnes efter de for dem særskilt angivne Formler i det Foregaaende. Fig. 139—141 vise Exempler paa saadanne udregnede Former.

179. I Reglen anvendes Former, der kun nærme sig de beregnede Former, idet man vælger retlinede Figurer, ved at lade de rette Linier omslutte de beregnede krumme Linier. Se Fig. 142.

180. I de anførte Tilfælde er der ikke taget Hensyn til Stængernes egen Vægt, da den i Reglen ikke har Betydning i Forhold til de trykkende Kræfter; men der er selvfølgelig Intet til Hinder for at indføre den i Beregningerne.

181. Bøjningerne blive meget større ved Stænger med lige Styrke imod Bøjning i ethvert Tversnit end ved Stænger med ens Tversnit i hele Længden, og den kan endog i visse Tilfælde blive dobbelt saa stor, som for sidstnævnte Stænger.

## J. Stænger, der hvile vandret paa 3 eller flere Støtter, og tynges af Byrder imellem Støtterne.

182. Naar en Drager hviler paa flere end 2 Støtter, kan der forekomme mange forskjellige Tilfælde for Støtternes indbyrdes Afstande eller Byrdernes Størrelse og Angrebspunkter.

For de mest almindelige praktiske Tilfælde, hvor Støtterne have lige stor Afstand fra hinanden, og Byrderne enten ere lige store, med Angrebspunkter midt imellem Støtterne, eller ere ens fordelte over hele Længden, har Ingenieur Rebhann o. f. A. udviklet Formler, og Professor Weisbach har udarbejdet en Tabel, hvorefter Trykkene imod Støtterne og Værdien for Tversnitsmodellen **W** er anført med den Nøjagtighed, som er tilfredsstillende for Praxis.

Naar man sætter, see Fig. 143:

**l** = Længden fra Midte til Midte imellem to Støtter,

**P** = det Tryk, som finder Sted midt imellem to Støtter, og naar man antager, at alle disse Tryk ere lige store,

**Q** = det ens fordelte Tryk, som finder Sted imellem to Støtter, og man antager alle disse Tryk lige store,

saa er:

| | For Tryk $=$ **P** midt imellem Støtterne. | | For ens fordelt Tryk $=$ **Q**. | |
|---|---|---|---|---|
| | Stangens Ender ere frie. | Stangens Ender ere fastgjorte. | Stangens Ender ere frie. | Stangens Ender ere fastgjorte. |
| Trykket paa de to Yderstøtter | $\frac{5\,P}{16}$ | $\frac{P}{2}$ | $\frac{3\,Q}{8}$ | $\frac{Q}{2}$ |
| Trykket paa de to Støtter, som ere nærmest ved de to Yderste. | $\frac{19\,P}{16}$ | $P$ | $\frac{9\,Q}{8}$ | $Q$ |
| Trykket paa de øvrige Støtter | $P$ | $P$ | $Q$ | $Q$ |
| Værdien af **W** for Snit imellem to Yderstøtter ved hver Ende især | $\frac{3\,P\,l}{16\,S}$ | $\frac{P\,l}{8\,S}$ | $\frac{Q\,l}{8\,S}$ | $\frac{Q\,l}{12\,S}$ |
| Værdien af **W** for Snit imellem de øvrige Støtter. | $\frac{P\,l}{8\,S}$ | $\frac{P\,l}{8\,S}$ | $\frac{Q\,l}{12\,S}$ | $\frac{Q\,l}{12\,S}$ |

**Exempel.** Paa en Drager af Fyrretræ, af kvadratisk Gjennemsnit (Sidelinien $=$ **b**), og som ligger frit paa 7 Støtter, virker et Tryk af **P** $=$ 2000 ℔ dansk midt imellem hver to Dragere; Længden imellem Støttemidterne er 100 Tommer.

Sættes Spændingen, man vil tillade i Tømmeret, til **S** $=$ 1000 ℔ (se Tabel 29), saa bliver:

Trykket paa de 2 Yderstøtter $= \frac{5 \times 2000}{16} \ldots\ldots = 625$ ℔

— — 2 næstyderste Støtter $= \frac{19 \times 2000}{16} = 2375$ ℔

— — 3 mellemste Støtter $= P \ldots\ldots = 2000$ ℔

Styrken for Snittet imellem de to Yderstøtter bliver:

$$W = \frac{b^3}{6} = \frac{3 \times 2000 \times 100}{16 \times 1000} = 37{,}5; \text{ altsaa } b = \sqrt[3]{6 \times 37{,}5} = 6{,}1''$$

Styrken for Snit imellem de øvrige Støtter bliver:

$$W = \frac{b^3}{6} = \frac{2000 \times 100}{8 \times 1000} = 25; \text{ altsaa } b = \sqrt[3]{6 \times 25} = 5{,}3''$$

Skal Drageren være lige tyk i hele Længden, bliver **b** altsaa $=$ 6,1 Tomme.

183. **Bøjningens Størrelse** kan tilnærmelsesviis bestemmes,

a) **Naar der virker et Tryk midt imellem Støtterne:**

efter Formel 283 for Afstanden imellem Yderstøtterne, ved at sætte $n = {}^1/_2$, og

efter Formel 260 for Afstanden imellem de øvrige Støtter. Denne Formel kan tillige anvendes for Afstanden imellem Yderstøtterne, naar Enderne ere faste.

b) **Naar der hviler et ens fordelt Tryk over hele Længden:**

efter Formel 295 for Afstanden imellem Yderstøtterne,

efter Formel 271 for Afstanden imellem de øvrige Støtter. Denne Formel kan tillige anvendes for Afstanden imellem Yderstøtterne, naar Enderne ere faste.

**Exempel.** Den i foregaaende Exempel anførte Drager faaer, efter Formel 283, følgende Bøjning for Afstanden imellem Yderstøtterne, da $J = \frac{b^4}{12} = \frac{(5{,}3)^4}{12} = 65{,}_{75}$, og $E$ sættes $= 2{,}000{,}000$ i afrundet Værdi efter Tabel 29:

$$f = \frac{100^3 \times 2000}{12 \times 2{,}000{,}000 \times 65{,}_{75}} \times \left(\frac{1}{4} \times 3^1/_2 \times \frac{1}{8}\right) = \frac{875}{6312} = 0{,}_{1386}'';$$

og for de øvrige Mellemrum, efter Formel 260:

$$f = \frac{100^3 \times 2000}{192 \times 2{,}000{,}000 \times 65{,}_{75}} = \frac{1000}{12624} = 0{,}_{0792}''.$$

184. **Naar der virker et Tryk udenfor Midten imellem Støtterne,** saa kan Styrken og Bøjningen beregnes, for Enderne paa de to yderste Støtter efter Formel 278 til 289, og for Stykkerne imellem de øvrige Støtter efter Formel 262 til 267.

**Trykkene imod Støtterne** kunne bestemmes ved Summen af Trykkene fra to ved en Støtte liggende Dragerstykker, efter Formel 261 i Forbindelse med Formel 276 og 277; de to sidstnævnte Formler dog kun, forsaavidt Trykkene paa de yderste Støtter komme med i Regningen, enten for de to yderste Støtters Vedkommende eller for Bestemmelsen af Trykkene imod de to næstyderste Støtter.

185. **Naar flere Tryk virke i forskjellig Afstand imellem Støtterne,** saa kan Styrken beregnes,

for Enderne paa de to yderste Støtter: efter Bestemmelserne under Nr. 170 for Benyttelsen af Formel 278, og

for Stykkerne imellem de øvrige Støtter: efter Bestemmelserne under Nr. 167 for Benyttelsen af Formel 262 og 263.

**Trykkene imod Støtterne** kunne bestemmes ved Summen af Trykkene fra to ved en Støtte liggende Dragerstykker efter Anvisning under Nr. 110 og 167.

## K. Naar en Drager ligger i en skraa Stilling paa flere Støtter.

186. I dette Tilfælde fordele Trykkene sig i samme Forhold, som er anført for den vandret liggende Drager. Støtter den skraatliggende Drager sig imod vertikale Støtter af Mur eller Træ, og disses Endeflader ere vandrette, saa virke de udregnede Tryk med fuld Værdi imod Støtterne; ere Endefladerne derimod skraa, eller ere Støtterne stillede skraat imod Dragerne, saa opløses hvert Tryk imod sit Støttepunkt i Sidetryk, hvorefter Drageren da tillige faaer en Spænding i Længderetningen.

De nævnte Kræfters Opløsning i Sidekræfter kan simpelt udføres efter Anvisningerne under Afsnit **G** Nr. 174. Dragernes Bøjningsmodstand bestemmes for Stykkerne imellem Støtterne efter Anvisning under Nr. 174, see tillige Nr. 209 til 215.

## L. Styrken af Gjenstande, der ere sammensatte af flere enkelte Stykker.

187. I det Foregaaende er forudsat, at Gjenstandene udgjorde en uafbrudt sammenhængende Materie af Træ eller Metal, eller, at Materien var, hvad man kalder *homogen*; dette er ikke altid Tilfældet, da man ofte maa danne større Stykker af flere mindre, og nødsages til at gjennembryde Stykkerne, dels med Huller for Bolte, Skruer eller Nagler, dels med Indsnit for Tapper o. desl., hvorved Styrken svækkes.

188. Naar man har været i Stand til at forbinde flere Stykker saaledes, at Styrken kan ansees for at være lige saa god, som om Stykkerne vare homogene, og man ikke formaaer nøje at bestemme de enkelte Stykkers Modstands-Evne, saa betragtes Materialet som det Sletteste i sin Slags, og Styrken beregnes efter de svageste Koefficienter.

189. **Træforbindelser**, som Fig. 145, hvorved Forbindelsen skeer med Bolte eller med Jernbaand, beregnes ved at benytte $^2/_3$ **S** istedelfor **S** og $^2/_3$ **E** istedetfor **E**, naar to Bjælker ligge paa hinanden; men kun $^1/_2$ **S** eller $^1/_2$ **E**, naar der ligge 3 Bjælker paa hverandre.

**Anvendes Fortanding**, Fig. 146, benyttes $^3/_4$ **S** eller $^3/_4$ **E**.

**Anvendes Fortanding med Kiler**, Fig. 147 og 148 af godt, haardt Træ, benyttes $^4/_5$ **S** eller $^4/_5$ **E**.

**Anvendes indfalsede Mellemstykker og aabne Rum**, i Forbindelse med Bolte eller Jernbaand, Fig. 149, saa benyttes $^2/_3$—$^3/_4$ **S** eller $^2/_3$—$^3/_4$ **E**.

**Ere Mellemstykkerne ikke indfalsede**, som Fig. 150, benyttes $^1/_2$—$^2/_3$ **S** eller $^1/_2$—$^2/_3$ **E** istedetfor **S** eller **E**.

190. Foruden de Forbindelser, der forøge Højden, gjøres undertiden tillige Forbindelser for at forstørre Længden; i saa Tilfælde maa Værdierne for Spændingerne **S** og **E** end yderligere nedsættes.

191. Ved sammennettede Jernplader lide ikke alle Netnagler lige store Spændinger, naar Netteraderne ligge i Tversnittets Højderetning; man maa derfor benytte $\varphi$ **S** og $\varphi$ **E** istedetfor **S** og **E** ved Styrkens Beregning; Værdierne for $\varphi$ tages efter Tabellen under Nr. 108, (Netningers Styrke).

---

## XV. Vridning.

192. Naar en Stang eller Axel, Fig. 151, tænkes fast i den ene Ende, og den anden Ende drejes, t. Ex. ved en Kraft **P** paa en Vægtstangsarm **c d** = **R**, saa vil en ret Linie **a b** paa Overfladen, parallel med Axen **g c**, faa en krum Form **a f**; en lignende Form faa alle de fine Fibrer, hvoraf Stangen kan tænkes dannet, og denne Virkning kaldes Vridning eller Snoning.

Jo længere Fibrene ligge fra Midten desto mere sno de sig, og derved fremstaaer en særegen Forlængelse, der udgjør Modstanden imod Vridningen.

193. Foruden det Tilfælde, at den ene Ende er fast, gives der, t. Ex. ved omdrejende Axler, Tilfælde, hvor forskjellige Organer, saasom Tandhjul, Remskiver og Vægtstænger, se Fig. 153, virke i modsat Retning, og derved foraarsage Vridning.

194. Det er indlysende, at Modstanden mod Vridning er afhængig af Gjennemsnitsfladens Størrelse, da der strækkes flere Fibrer i samme Forhold, som denne Flade forstørres; men da Modstanden er forskjellig ved de forskjellige Fibrer, efter deres Afstande fra Midten, og da de inderste Fibres Afstand fra Axen er = 0, idet at Fibrene selv udgjøre Axen, og Afstanden til de yderste Fibre, t. Ex. i et Cirkelsnit, er = **r**, saa kan man sætte Middelafstanden af alle Fibrer i et Cirkeltversnit $= \frac{r}{2}$, som Fællesafstand for et almindeligt statisk Moment, og man faaer da, som Modstand for hele Tversnittet i et cylindrisk Legeme: $r^2 \times \pi \times \frac{r}{2} = \frac{\pi}{2} r^3 = \frac{\pi}{16} d^3$, naar

**d** = Diameteren. Denne Værdi kaldes Tversnitsmodellen for Vridning (den polare Tversnitsmodel), og, ved at sammenligne denne Værdi med Tversnitsmodellen til Fig. Nr. XXI paa Plan V, vil man finde, at den er dobbelt saa stor, som Tversnitsmodellen for Bøjning, og den er, ligesom denne, lig med Inertimomentet **J** divideret med Afstanden **r**, som den største Afstand fra Tyngdepunktet, hvisaarsag Inertimomentet for Vridning bliver dobbelt saa stor, som for Bøjning, altsaa for et Cirkelsnit $= \frac{\pi}{32}$ **d** $^4$. For andre Tversnit udfordres en anden Udviklingsmaade.

195. Inertimomentet for Vridning kaldes det **polare Inertimoment**, fordi det er lige stort med Summen af to Inertimomenter for to igjennem Tyngdelinien lodret paa hinanden stillede Linier i samme Tversnit. Paa denne Maade kunne alle polare Inertimomenter bestemmes for Tversnit, der ved den anførte Deling give symetriske Parter, altsaa t. Ex. for Cirkler, Kvadrater, Korsfigurer med lige store Fremspring, o. m. a.; men for Figurer, der ikke give symetriske Parter ved Axedelingen, maa der paa en vidtløftig Maade foretages Modificationer.

196. Det polare Inertimoment, **J p**, og den polare Tversnitsmodel, **W p**, for **en fuld Cirkel, en Cirkelring, et fuldt Kvadrat og et hult Kvadrat; en Ottekant og et Kors**, som Fig. VIII og XXVI paa Plan II og Plan VI, og flere Andre, kan bestemmes, ved at tage den dobbelte Værdi, som for disse er anført i Planerne II til VI. For et Rektangel, Fig. Nr. 1 paa Plan I, er det polare Inertimoment $= \frac{1}{3} \times \frac{b^3\ h^3}{b^2 + h^2}$, og den polare Tversnitsmodel tilnærmelsesviis $= \frac{b^2\ h^2}{3(0{,}4\ b + 0{,}96\ h)}$.

197. Jo længere en Stang eller Axel er, desto større bliver Vridningsbuen ved samme Kraftmoment for hele Længden; Buen $\varphi$, Fig. 152, der fremstaaer ved at lægge et Tversnit i en given Afstand fra Stangens faste Ende, og deri angive Projektionen af Linien **a c**, som ved Vridningen er rykket til Stillingen **b c**, voxer altsaa med Afstanden imellem Vridnings Organerne.

198. Ved Forsøg har man fundet, hvor stor en Kraft, der udfordres til at vride Legemer af forskjelligt Stof, og den Værdi, som betegner dette Kraftmoment (nemlig Vægtstangsarmenes Længde **R** Gange Kraften **P**, som trykker samme, eller **P R**), har man beregnet for det Tilfælde, at det var muligt at vride eller sno et Legeme af 1 Tommes, eller 1 Millimeters Længde med et til 1 □ Tommes, eller 1 □ Millimeters Tversnit svarende Inertimoment en hel Omgang, eller 360 Grader rundt, naar Kraftens Angrebspunkt var i Legemets Overflade. (Altsaa Vægtstangsarmen **R** = Radius i et Cirkelsnit).

Denne Værdi kaldes **Vridningskoefficienten**, og betegnes i det Følgende med **G**; dens Størrelse angives til $^2/_5$ af Elasticitetskoefficienten **E** (Grashof: $^3/_8$ til $^2/_5$ **E**) hos de Forfattere, der have bestemt Værdien ved theoretiske Udviklinger. Morin har i Modsætning til disse Angivelser fundet en anden Værdi for Støbejern.

199. Efter Morin har **G** følgende Værdi, i afrundede Maal, naar Legemets Længde regnes i Meter eller Fod.

| | Fyrretræ og Egetræ. | Støbejern. | Tysk Staal og blødt Smedejern. | Stangjern. |
|---|---|---|---|---|
| for fransk Maal . . . . | $0_{,4}$ | 2 | 6 | $6_{,66}$ |
| for dansk og norsk Maal | 46,000 | 228,300 | 685,000 | 761,000 |
| for svensk Maal . . . . | 51,000 | 253,200 | 759,600 | 842,000 |

Kobber har dobbelt saa store Værdier som Støbejern.

200. I det Følgende betegner:

**a** = Længden af Buen **a b**, Fig. 152, som et Punkt forrykkes ved Vridning, naar Radius **a c** = 1.

**P** = Vridningskraften i Pund eller Kilogram.

**R** = Længden i Tommer eller Mill. af Vægtstangsarmen for Kraften **P**. (se Fig. 153).

**L** = Afstanden i Fod eller Meter imellem to Vridningsorganer.

$\varphi$ = Vridningsvinklens Størrelse i Grader.

201. Ifølge de givne Forklaringer bliver:

$$a = \frac{P\,R\,L}{G\,Jp} \quad \ldots\ldots \quad (303)$$

og da Periferien ved Radius = 1 er = $2\,\pi$, saa bliver $\frac{a}{2\,\pi}$ = den Part af hele Periferien, som Vridningsvinklen udgjør, altsaa er **a** $\times \frac{360^0}{2\,\pi}$ = Antallet af Grader, og

**Vridningsvinklens Størrelse i Grademaal** er:

$$\varphi^0 = \frac{360^0}{2\,\pi} \times \frac{P\,R\,L}{G\,Jp} = 57_{,325}\,\frac{P\,R\,L}{G\,Jp} \quad \ldots\ldots \quad (304)$$

**Exempel.** Udregnes Vridningsvinklen for et Staalboer af 1''s Diameter og 5' langt, saa er for et Kanonbor, efter Formel 151, naar Kraftens Angrebspunkt regnes i Borets Overflade,

**P** $= 4{,}_{76}$ **r h K**, og sættes **h** $= 0{,}_{01}$ **r**, og **r** $= 0{,}_5''$ og **K** $= 80{,}000$ for Smedejern, saa bliver, da **R** $= 0{,}_5$, **Jp** $= 0{,}_{0982}$ og **G** $= 685{,}000$:

$$\varphi = 57{,}_{325}\ \frac{4{,}_{76} \times 0{,}_5 \times 0{,}_{005} \times 80{,}000 \times 0{,}_5 \times 5}{685{,}000 \times 0{,}_{0982}} = 2{,}_{03} \text{ Grad.}$$

202. Istedetfor **P R** kan man benytte Antal Hestes Kraft = **N**, som en Axel skal overføre til andre Organer ved et Antal af **n** Omdrejninger pr. Minut. Man sætter da i Stedet for **P R** følgende Værdier for fransk, dansk og norsk eller svensk Maal:

$$1, \ldots 716500\,\frac{N}{n} \ldots\ldots 2, \ldots 55000\,\frac{N}{n} \ldots\ldots 3, \ldots 68800\,\frac{N}{n} \ldots \quad (305)$$

**Exempel.** En Smedejerns Axel af 3''s Diameter og 40's Længde overfører en Kraft af 5 Heste ved Kræfternes Angrebspunkter i de angivne 40's Afstand, og ved 60 Omdrejninger pr. Minut.

Man har da: **P R** $= 55000 \times \frac{5}{60}$; **L** $= 40$; **G** $= 761{,}000$,

og **Jp** $= 0{,}_{0982} \times 3^4 = 7{,}_{9542}$; altsaa bliver Vridningsvinklen for hele Længden efter Formel 304.

$$\varphi = \frac{57{,}_{325} \times 55{,}000 \times 5 \times 40}{761{,}000 \times 7{,}_{9542} \times 60} = 1{,}_{73} \text{ Grad.}$$

203. **En Axels Styrkemaal**, uden Hensyn til Størrelsen af Vridningsvinklen, beregnes ved at sætte Vridningsmomentet **P R** lige stort med den polare Tversnitsmodel multipliceret med den Spænding **S** pr. □ Millimeter eller pr. □ Tomme, som man for Sikkerhed imod Søndervridning vil tillade at der finder Sted i Materialet. Denne Spænding ansættes i Reglen til $\frac{T}{2}$, altsaa lig Halvdelen af Elasticitetsgrænsens Koefficient efter Tabel 29, og derefter bliver,

for rolig gaaende Axler:

$$Wp = \frac{P\,R}{S} = \frac{2\,P\,R}{T} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (306)$$

for hurtig gaaende Axler:

$$Wp = \frac{P\,R}{{}^1\!/_4 S} = \frac{8\,PR}{T} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (307)$$

for Axler, der udsættes for Stød og Rystelser:

$$Wp = \frac{P\,R}{{}^1\!/_8 S} = \frac{16\,PR}{T} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (308)$$

Istedetfor **P R** kan man indsætte Værdierne efter Formlerne 305.

**Exempel.** For den i sidst anførte Exempel nævnte Axel er $\mathbf{P\,R} = 55000 \times \frac{5}{60}$, og $\mathbf{Wp} = 0{,}1964\ \mathbf{d}^3$, og **T** kan sættes $= 16{,}000$; følgelig bliver efter Formel 306:

$$\mathbf{Wp} = 0{,}1964\ \mathbf{d}^3 = \frac{2 \times 55000 \times 5}{16000 \times 60} = 0{,}573 \text{ og}$$

$$\mathbf{d} = \sqrt[3]{\frac{0{,}573}{0{,}1964}} = \frac{8{,}3}{5{,}8} = 1{,}6'';$$

hvoraf fremgaaer, at denne Axel ikke behøvede den anførte Tykkelse af 3″, hvilket ogsaa var Aarsag til den fundne lille Vridningsvinkel.

204. **En Axels Styrkemaal**, naar der tages Hensyn til Vridningsvinklens Størrelse bliver ifølge Formel 304 beregnet efter:

$$\mathbf{Jp} = 57{,}325\ \frac{\mathbf{P\,R}}{\mathbf{G}} \overset{\text{gange}}{\cancel{\times}} \frac{\mathbf{L}}{\varphi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (309a)$$

Man tillader i Reglen en Snoning af $^1/_{12}$ Grad for hver Fods Længde, og derved faaer man, da $\frac{\mathbf{L}}{\varphi} = \frac{\mathbf{L}}{\left(\frac{\mathbf{L}}{12}\right)} = 12$:

$$\mathbf{Jp} = 687{,}9\ \frac{\mathbf{P\,R}}{\mathbf{G}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (309b)$$

Istedetfor **P R** kan man benytte Værdierne efter Formlerne 305.

205. **P R** betegner Summen af alle Vridningsmomenter, og det samme er Tilfældet med $\frac{\mathbf{N}}{\mathbf{n}}$ for Hestekraft, og da alle Vridningsorganerne sidde paa samme Axel, og gjør lige mange Omdrejninger i samme Tid, saa bliver:

$\frac{\mathbf{N}}{\mathbf{n}} = \frac{\mathbf{N}_1 + \mathbf{N}_2 + \mathbf{N}_3 + \ldots}{\mathbf{n}}$ naar der er flere Vridningsorgauer, $\mathbf{N}_1\ \mathbf{N}_2\ \mathbf{N}_3$ og den derved udregnede Værdi, multipliceret med de ved Formel 305 anførte Koefficienter, (716500, 55000 og 68800) kan da indsættes i Formlerne i Stedet for $\mathbf{P\,R} + \mathbf{P}_1\mathbf{R}_1 + \mathbf{P}_2\mathbf{R}_2 + \ldots$

206. Naar der er flere Vridningsorganer paa en Axel, indgaaer ikke hele Længden **L** imellem de to yderste Organer i Beregningen, men Længden, udtrykt i Meter eller i Fod, bestemmes efter Afstanden fra Drivkraftens Angrebspunkt til Middel-Vridningsmomentet, som findes ved at summere Produkterne af de

enkelte Modstandsmomenter (i Antal Hestes Kraft) og deres Afstande fra Kraftyderen, og dividere denne Sum med hele Kraftydelsen i Antal Hestes Kraft.

**Exempel.** Afgives der ialt 4 Hestes Kraft paa en Længde af 40 Fod, saaledes:

1 Hestes Kraft i 8 Fods Afstand fra Kraftyderen,
$^1/_2$ — — i 24 — — —
$^1/_2$ — — i 32 — — —
2 — — i 40 — — —

saa er Middel-Vridningsmomentets Afstand:

$$\frac{(1 \times 8) + (^1/_2 \times 24) + (^1/_2 \times 32) + (2 \times 40)}{4} = 29 \text{ Fod,}$$

og denne Værdi benyttes i Formlerne 304 og 309a.

207. Er en lang Axel samlet af flere Stykker ved at kobles sammen med Muffer, saa kan Tykkelsen af de enkelte Stykker udregnes hvert for sig, og Axlen, om ønskes, gives forskjellig Tykkelse, idet man tager Hensyn til, hvilke Organer, der vride hvert Stykke især. Som Exempel tjener Fig. 154, hvorved alle Vridningsorganerne $\mathbf{N}_1$ $\mathbf{N}_2$ $\mathbf{N}_3$ $\mathbf{N}_4$ vride Axelstykket $\mathbf{A}_1$, der altsaa beregnes efter dem Alle; Axelstykket $\mathbf{A}_2$ vrides derimod kun af $\mathbf{N}_2$ $\mathbf{N}_3$ $\mathbf{N}_4$ og $\mathbf{A}_3$ af $\mathbf{N}_3$ og $\mathbf{N}_4$, saa at $\mathbf{A}_3$ altsaa kan blive meget tyndere i Diameter end $\mathbf{A}_1$. Alt under Forudsætning af, at Kraften udgaaer fra Enden **B**.

208. Ved Beregning af Styrken mod Vridning for Axler med Vægtstænger eller Krumtapper benyttes $0{,}64$ **P** istedetfor **P**, fordi Momentet **P R** er forskjelligt i Omdrejningsplanet; og for Krumtapper, der bevæges direkte fra en Dampcylinder, benyttes kun $0{,}4$ **P** istedet for **P**, naar **P** udtrykker Damptrykket i Kjedlen, multipliceret med Stemplets Overflade i Kvadrattommer eller Kvadratmill.; den omtalte Dampspænding anvendes nemlig ikke udelukkende til Vridning, og for Krumtappen gjælder den ovenfor anførte Bemærkning om Vægtstænger.

## XVI. Styrke mod forskjellige Slags samtidige Kraftpaavirkninger.

209. Det er under Nr. 3 blevet anført, at Kræfter eller Byrder kunne paavirke Legemerne saaledes, at der finder en samtidig Sammentrykning og Bøjning Sted, eller en samtidig Strækning og Bøjning. Beregningen af Styrken til at modstaa disse Paavirkninger er noget forskjellig fra de hidtil omhandlede Styrkeberegninger, og nogle af de hyppigst forekommende Tilfælde afhandles desaarsag i det Følgende.

210. I simple Tilfælde, hvor det ikke kommer an paa med nogen høi Grad af

Nøiagtighed at finde det paagjældende Legemes Styrkemaal, kan man lettest bestemme Styrken ved at udregne denne for hver især af de paavirkende Kræfter, og da benytte det største Maal; men det kommer derved an paa at bestemme Kraftmomentet paa rette Maade.

211. Naar en Sammentrykning eller en Strækning ikke virker i Legemets Længde-Axe, men kun parallel med den, Fig. 155 til 158, saa fremstaaer der enten en samtidig Sammentrykning og Bøjning, eller en samtidig Strækning og Bøjning, og Bære-Evnen bestemmes da efter følgende Formler:

$$\mathbf{P} = \frac{\mathbf{S}}{\frac{\mathbf{R}}{\mathbf{W}} + \frac{1}{\mathbf{F}}} \ldots\ldots\ldots \text{og } \mathbf{W} = \frac{\mathbf{P\,R}}{\mathbf{S} - \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{F}}} \ldots\ldots\ldots \quad (310)$$

Herved er $\mathbf{F}$ = Tversnitsfladen i Kvadrat-Millimeter eller Kvadrattommer, $\mathbf{P}$, $\mathbf{W}$ og $\mathbf{S}$ ere de sædvanlige Værdier for Tryk, Tversnitsmodel og Spænding, og $\mathbf{R}$ = Vægtstangsarmen i Millim. eller Tommer. Angaaende Værdien for $\mathbf{S}$, se Bemærkningen derom under Nr. 212.

**Anmrk.** Det fremgaaer af disse Formler, at Værdien for $\mathbf{W}$ findes kun efter Tilnærmelses-Methoden, nemlig ved at indsætte en Værdi efter passende Skjøn for $\mathbf{W}$ i Formlen for $\mathbf{P}$, naar $\mathbf{P}$ er bekjendt, og ifølge den antagne Værdi for $\mathbf{W}$ den dertil svarende for $\mathbf{F}$, hvilke Værdier rettes nogle Gange, indtil Formlen giver Værdien for $\mathbf{P}$ saa nær som muligt; ved Hjælp af Værdien for $\mathbf{F}$ søges dernæst Værdien for $\mathbf{W}$ i den anden Formel; den saaledes fundne Værdi for $\mathbf{W}$, og deraf følgende Værdi for $\mathbf{F}$ indsættes paany i Formlen for $\mathbf{P}$, og saaledes vedblives nogle Gange, indtil man af den sidst fundne Værdi for $\mathbf{W}$ og $\mathbf{F}$ faaer en nøjagtig Værdi for $\mathbf{P}$, som er givet, og i saa Fald er den sidst fundne Værdi for $\mathbf{W}$ den Rette.

212. **Naar skraatliggende Legemer paavirkes af lodret virkende Tryk, eller horizontaltliggende Legemer paavirkes af skraatvirkende Tryk**, se Fig. 159 til 162, saa bestemmes Styrken efter de almindelige Formler for Bøjning, ved at opløse den virkende Kraft i to Sidekræfter $p_1$ og $p_2$, derved bliver $p_1 = \mathbf{P}\cos.\alpha$ og $p_2 = \mathbf{P}\sin.\alpha$, og Spændingen for Tryk eller Træk i Længderetningen bliver $= \frac{\mathbf{P}\cos.\alpha}{\mathbf{F}}$ pr. Flade-Enhed, naar $\mathbf{F}$ = Tversnitsfladen i $\square''$ eller $\square$ Mm.; Spændingen for Bøjningen bliver $\frac{\mathbf{P\,L}\sin.\alpha}{\mathbf{W}}$, da $p_2\,\mathbf{L} = \mathbf{L\,P}\sin\alpha = \mathbf{S\,W}$, og Totalspændingen for Bøjning plus Strækning eller Sammentrykning:

$$\mathbf{S} = \frac{\mathbf{P}\cos.\alpha}{\mathbf{F}} + \frac{\mathbf{P\,L}\sin.\alpha}{\mathbf{W}} = \mathbf{P}\left(\frac{\cos.\alpha}{\mathbf{F}} + \frac{\mathbf{L}\sin.\alpha}{\mathbf{W}}\right),$$

hvorefter man faaer ved Omformning:

$$P = \frac{S}{\frac{\cos.\alpha}{F} + \frac{L}{W}\sin.\alpha} \ldots \text{og } W = \frac{P\,L\,\sin.\alpha}{S - \frac{P\cos.\alpha}{F}} \ldots (311)$$

Udregningen sker paa lignende Maade, som er anført under Anmrk. til Nr. 211:

Angaaende Spændingen $S$, da benyttes den mindste Værdi efter Tabel 29 eller 31, naar der finder Bøjning og Sammentrykning Sted, men naar der finder Strækning og Bøjning Sted, tages $S$ efter Tabel 29, saafremt Angivelserne under Nr. 25, 26 og 27 ikke medføre en Forandring for Bøjningens Skyld.

213. For en Kraftvirkning, som ved Fig. 163 er:

$$P = \frac{W\left(S - \frac{P\cos.\alpha}{F}\right)}{L\sin.\alpha + R\cos.\alpha} \ldots \text{og } W = \frac{P(L\sin.\alpha + R\cos.\alpha)}{S - \frac{P\cos.\alpha}{F}} \ldots (312)$$

Udregningen sker saaledes, som anført ovenfor.

214. Formlerne 311 anvendes ogsaa ved at beregne Styrken af Legemer, der have en bøjet Form, t. Exp. som Fig. 164, hvorved ikke alene Styrken maa beregnes ved $B$, efter Formel 311, men ogsaa for denne Figur ved $O$.

I dette Punkt virker en Kraft $p_1$ til Sammentrykning, og $p_2$ til Bøjning. Kraftretningen for $p_1$ og $p_2$ bestemmes ved at trække en Tangent gjennem Punktet $O$, og derfra at trække en perpendikulair Linie paa Tangenten; Vinklen $\alpha$ fremstaaer ved at trække en Linie fra $O$ parallel med Kraftretningen $P$. Vægtstangsarmen $x$ er den lodrette Afstand fra $O$ til Kraftretningen for $P$, og derefter bliver for Punktet $O$:

$$P = \frac{S}{\left(\frac{\cos.\alpha}{F}\right)} + \frac{S}{\left(\frac{x}{W}\right)} \ldots \text{og } F = \left(\frac{F\,x}{S_1\,W} + \frac{\cos.\alpha}{S}\right) P \ldots (313)$$

Spændingen $S$ gjælder for Strækning, $S_1$ for Sammentrykning.

215. **Naar en Stang paavirkes af en Kraft, der strækker den, og af en Kraft, der bøjer den,** Fig. 165, saa er:

$$P = q\,S\,W\frac{m + \frac{1}{m}}{m - \frac{1}{m}} \ldots \text{og } W = \frac{P}{q\,S}\,\frac{m - \frac{1}{m}}{m + \frac{1}{m}} \ldots (314)$$

Foruden de almindelige bekjendte Værdier er:

$\mathsf{e} = 2{,}71828 =$ Grundtallet i det naturlige Logarithmesystem,

$\mathsf{q} = \sqrt{\frac{\mathsf{Q}}{\mathsf{J\,E}}}$, og $\mathsf{m} = \mathsf{e}.^{\mathsf{lq}}$ (se Fig. 165).

Udregningen skeer efter Tilnærmelsesmethoden; man sætter t. Ex. $\mathsf{W} = \frac{\mathsf{P\,l}}{\mathsf{S}}$, se Fig. 165, og af de forud bekjendte Værdier for $\mathsf{P}$, $\mathsf{l}$ og $\mathsf{S}$ faaer man da $\mathsf{W}$, som første Tilnærmelse.

Inertimomentet udregnes af Værdien for $\mathsf{W}$, og dernæst udregnes Værdien for $\mathsf{q}$. Efter Formlen søger man dernæst en nøjagtigere Værdi for $\mathsf{W}$, indsætter denne i Formlen for $\mathsf{P}$, og naar man derved faaer den bekjendte Værdi for $\mathsf{P}$, saa er Værdien for $\mathsf{W}$ rigtig, i modsat Fald foretages en ny Udregning, med større eller mindre Værdier for $\mathsf{W}$, $\mathsf{J}$ og $\mathsf{q}$, indtil man faaer den rette Tversnitsmodel.

**Exempel.** Var $\mathsf{P} = 500$ ℔. $\mathsf{Q} = 4000$ ℔, $\mathsf{l} = 180''$ og $\mathsf{S} = \frac{\mathsf{T}}{2} = 8000$ for Smedejern, efter Tabel 29; saa blev den første Tilnærmelsesværdi for $\mathsf{W}$:

$\frac{500 \times 180}{8000} = 11{,}25$; skal Tversnittet da t. Ex. være et Kvadrat, saa er $\mathsf{W} = \frac{\mathsf{b}^3}{6} = 11{,}25$, altsaa $\mathsf{b} = 4{,}05''$, og $\mathsf{J} = \frac{\mathsf{b}^4}{12} = 22{,}78$. $\mathsf{E}$ er $=$ 25,378,000, altsaa:

$$\mathsf{q} = \sqrt{\frac{4000}{25{,}378{,}000 \times 22{,}78}} = \frac{1}{380}, \ \mathsf{ql} = \frac{180}{380} = \frac{9}{19}, \text{ og } \mathsf{m} = 1{,}606;$$

Formlen giver da: $$\mathsf{W} = \frac{500}{8000\,\frac{1}{380}} \left( \frac{1{,}606 - \frac{1}{1{,}606}}{1{,}606 + \frac{1}{1{,}606}} \right) = 23{,}75 \times \frac{0{,}983}{2{,}229} = 10{,}5.$$

Indsættes denne Værdi i Formlen for $\mathsf{P}$, saa skal Resultatet give $\mathsf{P} = 500$, i modsat Fald er $\mathsf{W} = 10{,}5$ ikke tilstrækkelig nøjagtig: man faaer nu:

$$\mathsf{P} = \frac{8000 \times 10{,}5}{380} \left( \frac{1{,}606 + \frac{1}{1{,}606}}{1{,}606 - \frac{1}{1{,}606}} \right) = 494,$$ hvilket tør anses for tilfredsstillende.

Af **W** = 10,5 findes da Sidelinien **b** i det kvadratiske Tversnit, $b = \sqrt[3]{6 \times 10{,}5} = 4''$.

216. Formlen 314 kan ogsaa benyttes til Udregning af Styrken af en Drager, der hviler frit paa to Underlag, **C C** Fig. 166, og som paavirkes af en Kraft **P** paa Midten, og af to Krafter **Q** + **Q** til Strækning; men da anvendes Trykket imod Støtten **C** = $^1/_2$ **P** for **P**, og den ene Kraft **Q**, samt den halve Længde, $^1/_2$ **L** = **l** i Formlen.

217. **For samtidig Vridning og Bøjning** af en Axel udregnes Styrken lettest ved at forene de virkende statiske Momenter til **et ideelt Bøjningsmoment**, og deraf udregnes Axlens Maal.

Sættes **Mv** = Momentet for Vridning, for det Tversnit, som skal beregnes,
**Mb** = Momentet for Bøjningen.
**(Mb) i** = det ideelle Bøjningsmoment, saa er:

$$(Mb)\,i = {^3/_8}\,Mb + {^5/_8}\sqrt{Mb^2 + Mv^2} \;\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (315)$$

eller tilnærmelsesviis, efter Poncelet:

$$\text{naar } Mb > Mv: \ldots\ldots W = \frac{0{,}975\,Mb + 0{,}25\,Mv}{S} \ldots\ldots \quad (316)$$

$$\text{og naar } Mv > Mb: \ldots\ldots W = \frac{0{,}625\,Mb + 0{,}6\,Mv}{S} \ldots\ldots \quad (317)$$

**Exempel.** Axlen Fig. 167 bærer en Remskive **D** og et Hjul **C**, der overfører en Kraft ved et Tryk = **P** paa samme i nedadgaaende Retning; derved fremstaaer **Mv** = **P R**, og Tryk af **C** og **D**.

Trykket imod Lejet **A** bliver: $P_1 = P_3 \dfrac{s}{a+s} - P_4 \dfrac{b}{a+s}$,

Trykket imod Lejet **B** bliver: $P_2 = P_3 \dfrac{a}{a+s} + P_4 \dfrac{a+s+b}{a+s}$,

Sættes Vægten af Hjulet **C** plus Trykket **P** = $P_3$ = 1000 ℔; Vægten af Remskiven **D** = $P_4$ = 500 ℔; samt Længderne **a** = 20″, **s** = 80″, **b** = 10″ og **R** = 12″, saa bliver: $P_1$ = 750 ℔ og $P_2$ = 750 ℔, og Bøjningsmomentet for Punktet **C** = **Mb** = $P_1$ **a** = 15,000, og for Punktet **B** = **M b** = $P_4$ **b** = 5000, altsaa er **C** det farligste Punkt, og da **P R** = 600 × 12 = 7200, saa er **M b** = 15000 > **M v** = 7200, og Styrken beregnes derfor efter Formel 316.

Man faaer da, naar **S** sættes = $\dfrac{T}{2}$ = 8000 for Smedejern:

$$W = \frac{(0{,}975 \times 15000) + (0{,}25 \times 7200)}{8000} = 2{,}058,$$ hvilket giver for en rund Axel, hvorved $W = 0{,}0982\ d^3$:

$$d = \sqrt[3]{\frac{2{,}058}{0{,}0982}} = 2^3/_4''.$$

---

## XVII. Metalfjedre.

218. Til Fjedre egner sig kun saadant Materiale, der har en høj Grad af Spændighed, altsaa især Staal. Til svage Kræfter kan ogsaa anvendes Jern, Kobber og Messing. Man anvender kun Bøjning eller Vridning for Fjedringen.

219. **Bøjningsfjedre** forekomme som Fig. 168—170, der lide Tryk paa Enden, som Fig. 171, der drejes, og som Fig. 172 **b**, nemlig Skiver, der sammentrykkes.

**En enkelt Bøjningsfjeder**, som Fig. 168, af lige stor Bredde i hele Længden, men hvis Tykkelse taber sig ud imod Enden til $^2/_3$ af den fulde Tykkelse **t**, har en Bære-Evne af:

$$P = \frac{S\,b\,t^2}{6\,l}, \text{ og da bliver } b\,t^2 = \frac{6\,P\,l}{S} \qquad (318)$$

Bøjningens Størrelse er: $$f = \frac{6\,P\,l^3}{E\,b\,t^3} \qquad (319)$$

**For en sammensat Bøjningsfjeder**, Fig. 169, af et Antal enkelte Fjedre $= a$, og hvis Tykkelser tabe sig, som anført ovenfor, er:

$$P = \frac{a\,S\,b\,t^2}{6\,l}, \text{ og } b\,t^2 = \frac{6\,P\,l}{a\,S} \qquad (320)$$

$$f = \frac{6\,P\,l^3}{a\,E\,b\,t^3} \qquad (321)$$

En Fjeder, som Fig. 170 beregnes efter Formlerne 320 og 321 for hver Halvpart, og hele Fjedren bærer altsaa dobbelt saa meget, som Formel 320 giver.

Aftrapningen, eller Stykket **x**, Fig. 169, maa ikke være større end:

$$x = \frac{S\,b\,t^2}{6\,P} \qquad (322)$$

Det er en Betingelse for Holdbarhed, at de enkelte Fjederlag holdes godt sammen paa Midten.

Spændingen **S** benyttes i Reglen $= {}^3/_4$ **T**, og ved Jernbanevogne, der altid gaa paa jevn Bane, er den endog større, undertiden næsten $=$ **T**.

**En Spiralfjeder**, Fig. 171, af fladt Metal, har følgende Styrke m. v.: naar **l** $=$ hele Længden af den udstrakte Fjeder:

$$P = \frac{S\,b\,t^2}{6\,R} \qquad (323)$$

$$\varphi = \frac{2\,R\,S\,l}{E\,t} \text{ i Millim. eller Tommer} \qquad (324)$$

**For en flad, skruedannet Fjeder**, Fig. 172 a, anvendes Formlerne 323 og 324.

**For en skruedannet Fjeder af rund Traad** er, naar **d** $=$ Fjedertraadens Tykkelse:

$$P = \frac{\pi\,S\,d^3}{32\,R} \;\ldots\ldots \text{ og } d = \sqrt[3]{\frac{32\,P\,R}{\pi\,S}} \qquad (325)$$

$$\varphi = \frac{2\,R\,S\,l}{E\,d} \text{ i Millim. eller Tommer} \qquad (326)$$

**Skivefjedre** (Rondelles Belleville) Fig. 172 **b** ere sammensatte af runde, hule Staalplader. Deres Styrke og Bøjelighed er betinget af Pladetykkelsen, den ydre Diameter, Hullets Diameter og Fordybningens Størrelse (Skivens Bukning).

Der er gjort Forsøg med dem i stort Udvalg i den franske Nord-Jernbanes Værksteder, med Tryk fra 250 Kilog. til 28,000 Kilog. De prøvede Skivefjedres Skiver havde Diametre af 80 til 280 Mm. Hullerne vare omtrent $^1/_4$ à $^1/_3$ til $^1/_2$ af Skivediameterne, og Tykkelserne fra $2^1/_2$ til $16^1/_2$ Millim. Fordybningen ved Skiven er $2^1/_2$—$5^1/_2$ Millim.

Det har ikke været muligt at udlede nogen bestemt Formel af Forsøgene.

220. **Vridningsfjedre** kunne være af tre Hovedformer, nemlig:

**En enkelt Vridningsfjeder**, der bestaaer af en lige Stang, enten rund, firkantet eller flad i Tversnittet, og som vrides paa sædvanlig Maade, som anført under Afsnittet „Vridning“.

De almindelige Formler for Vridning anvendes for disse Fjedre.

**En cylindrisk, skruedannet Fjeder**, Fig. 173, der enten er af rundt eller af fladt Metal. For denne er:

**naar Fjedren er af rundt Metal**, af Tykkelse $=$ **d**:

$$P = \frac{S\,\pi\,d^3}{16\,R}, \ldots \text{ og } f = \frac{32}{\pi}\,\frac{P\,R^2\,l}{G\,d^4} \qquad (327)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi}\frac{P R}{S}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (328)$$

Herved er $G$ = Vridningskofficienten,

$l$ = hele Længden af den udstrakte Fjeder.

$f$ = Forlængelsen i Millim. eller Tommer i Kraftens Retning.

**naar Fjedren er af fladt Metal:**

$$P = \frac{S}{3 R} \frac{t^2 + b^2}{\sqrt{t^2 + b^2}} \ldots \text{og } f = 3 \frac{P R^2 l}{G} \times \frac{t^2 b^2}{t^3 b^3} \ldots\ldots \quad (329)$$

**En Keglefjeder**, Fig. 174; for denne beregnes:

$P$ efter Formel 327 eller 329, efter som Metallet er rundt eller fladt;

$d$ beregnes efter Formel 328,

$f$ bliver halv saa stor, som efter Formel 327 eller 329.

221. Tykkelsen og Bredden for alle Fjedre af fladt Metal, udledes af de vedkommende Formler, ved at sætte $t$ i en vis Part af $b$, t. Ex. $t = \frac{b}{10}$ $\left(\text{eller i Almindelighed } t = \frac{b}{m}\right)$, og da omforme Formlerne saaledes, at $b$ kan beregnes, og derefter $t$ af Værdien for $b$.

---

## XVIII. Kautschukfjedre.

222. Vulkaniseret eller svovlet Kautschuk (Vulkanit) benyttes til Pufferfjedre for Vogne, især i rlngdannet Form, Fig. 175 og 176. Til Jernbanepuffere gives de paa den ene Side et Fremspring, og paa den anden Side en Fordybning, hvori Mellemplader af Jern gribe ind med deres fremspringende Kanter, for at hindre Forskydning til Siderne i Pufferhylsterne.

Sammentrykning indenfor Spændighedsgrænsen finder Sted efter en Lov, der retter sig efter Kautschukens Godhed, og kan tilnærmelsesviis udtrykkes ved følgende empiriske Formler. Naar:

$h$ = Sammentrykningen og $t$ = Tykkelsen af et givet Antal af Ringplader i Millim. eller Tommer;

$F$ = Størrelsen af en enkelt ringdannet Flade paa en Ringplade, i □ Mm. eller i □ Tom.

$P$ = Trykket imod Pladerne, i Kil. eller i ℔.

$m$ = Materialets specifike Vægt, (1 à $1{,}32$) saa er:

$$1)\ h = \frac{t}{m}\sqrt{\frac{P}{F}} \ldots 2)\ h = \frac{t}{37\,m}\sqrt{\frac{P}{F}} \ldots 3)\ h = \frac{t}{38\,m}\sqrt{\frac{P}{F}} \ldots\ldots \quad (330)$$

223. Af Værdien for det Tryk, som Kautschuk kan taale at sammentrykkes indtil Spændighedsgrænsen, efter Tabel 31, findes Fladens Størrelse, $F$, naar Trykket $P$ er givet, og Trykket, naar Fladens Størrelse er givet, ved at sætte Spændingen $S = \frac{T_1}{2}$ efter følgende Eormler:

$$1,\ F = \frac{P}{0{,}25} \ldots 2)\ F = \frac{P}{340} \ldots 3)\ F = \frac{P}{360} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (331)$$

$$1)\ P = 0{,}25\ F \ldots 2)\ P = 340\ F \ldots 3)\ P = 360\ F \ldots\ldots\ldots \quad (332)$$

224. Ved Sammentrykning indtil Spændighedsgrænsen bliver Ringpladernes Tversnit paa Midten, efter Linien $E\,F$, Fig. 176, dobbelt saa stor, som før Sammentrykningen.

225. Naar Kautschukpladerne ikke have frit Spillerum for Udvidelsen, men trykkes imod Pufferhylsterne, saa bliver Stoffet hurtigt haardt og revnet. Man maa forøvrigt give Ringpladernes Tversnit den i Fig. 175 angivne Form, for at undgaa Folder.

---

# XIX. Tillæg.

De i første Halvdel af denne Afhandling anførte Bestemmelser for Jerntraadstove, Hampesnore og Læderremme, benyttede til at overføre Kræfter ved Bevægelse fra et Sted til et Andet, vare ikke oprindelig bestemte til at have Plads i nærværende Afhandllng, men bleve medtagne under Korrekturlæsningen; Pladsen tillod derfor ikke dengang at omtale disse Forhold yderligere end anført, hvisaarsag her tilføjes nogle nærmere Bestemmelser, ligesom der tillige her er optaget enkelte andre nyttige Anvendelser m. m. af forud anførte Læresætninger.

---

## Jerntraadstove.

(Se Anmrkn. til Nr. 68).

226. Naar man vil benytte Tabel Nr. 69 over Jerntraadstove for Hejseværker, til Bestemmelse af Tykkelsen af Jerntraadstove, der forplante en Bevægelse for at overføre en Kraft, saa maa Værdien **P** for Trækket i Skivens Omkreds (se herom Nr. 79) regnes dobbelt, og denne dobbelte Værdi for **P** søges da i Tabellen; den derved anførte Traadtykkelse og Vægt er da den Rette; den til den benyttede Værdi af **P** svarende Tovskive-Diameter **D** multipliceres med $1^1/_2$, hvorved man faaer den Skivediameter, der svarer til Tovet, som skal forplante Kraften; Alt dog kun for en Trækspænding af 6 Kil. pr. ☐ Mill.

227. Tovhastigheden maa ikke overstige 30 à 32 Meter pr. Sekund, for at Centrifugalkraften ikke skal blive skadelig for Skivernes Ring eller Krans.

228. **Tabel**

over Tovsænkningerne i Meter ved lige Tovledninger, for en Trækspænding af 6 Kil. pr. ☐ Mm. og for forskjellige Afstande **A** i Meter.

| **A** = | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 150 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $h_1$ | 0,021 | 0,074 | 0,297 | 0,665 | 1,191 | 1,849 | 2,662 | 4,168 |
| $h_2$ | 0,039 | 0,149 | 0,590 | 1,294 | 2,372 | 3,722 | 5,387 | 8,498 |
| $h_0$ | 0,032 | 0,121 | 0,479 | 1,059 | 1,923 | 3,013 | 4,355 | 6,861 |

229. En Sænkning under 0,5 Meter benyttes i Reglen ikke. For at faa større Sænkninger, vælger man en lavere Trækspænding, og omvendt, naar Sænkningen er for stor, vælger man en større Trækspænding; men herved forandres alle Forhold, der ere anførte for den bestemte Spænding af 6 Kil. pr ☐ Mm., og der maa for hvert af disse Forhold foretages nye Udregninger; til den Hensigt bemærkes: at den Totalspænding, man tør tillade i Tovet, er 18 Kil. pr. ☐ Mm., og denne Totalspænding er sammensat af Trækspændingen **S** og Bøjningsspændingen **s**, der fremstaaer ved at bøje Tovet om Skiven; man skal derfor have $S + s = 18$, følgelig $s = 18 - S$, hvoraf sees, at naar Trækspændingen **S** gjøres større eller mindre, bliver Bøjningsspændingen **s** mindre eller større, og dette tilvejebringes ved at give Tovskiverne en dertil svarende Diameter **D**, for hvilken Formlen da er, naar **D** og Traadtykkelsen $\delta$ sættes i Millimeter:

$$D = \frac{20{,}000\ \delta}{s} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (333)$$

og Traadtykkelsen skal da være:

$$\delta = 1{,}6 \sqrt{\frac{P}{a\,S_1}} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (334)$$

hvori $S_1$ er Trækspændingen i Kilog. pr. □ Mm. Tovtykkelsen $d$ findes efter Formel 63.

Naar man da har givet eller valgt bestemte Værdier for Afstanden $A$ og Sænkningen $h_1$, begge i Meter, saa findes Trækspændingen $S_1$, der skal benyttes for at finde $\delta$, efter Formlen:

$$S_1 = 0{,}00877 \left(h_1 + \frac{A^2}{8\,h_1}\right) \ldots\ldots\ldots \quad (335)$$

Spændingen $S_2$ i Tovets førte Part er $= \frac{S_1}{2}$.

Er Sænkningen $h_1$ ikke givet eller valgt, men kun Afstanden $A$ og den Trækspænding $S_1$, man vil tillade, saa findes Sænkningen $h_1$ efter Formlen:

$$h_1 = 0{,}3535\,(160\,S_1 - \sqrt{25600\,S_1^2 - A^2}) \ldots\ldots \quad (336)$$

Samme Formel gjælder for $h_2$ ved at indsætte $S_2 = \frac{S_1}{2}$ istedetfor $S_1$.

Hvilespændingen bliver:

$$h_0 = \sqrt{\frac{h_1^2 + h_2^2}{2}} \text{ eller omtrent } = 0{,}67\,h_2 + 0{,}28\,h_1 \ldots \quad (337)$$

230. De nyeste og bedste Anlæg af Jerntraadstove er Ingenieur Zieglers „sammensatte Tovledning“, som er fremstillet i Fig. 177 c. Ziegler anvender dobbelte Tovskiver, hvorved Bærerullerne kunne bortfalde. Ziegler har paa denne Maade forplantet en Kraft af omtrent 100 Heste i en Afstand af 984 Meter.

Ved og i Schaffhausen er anlagt en Tovledning, som ved Anvendelse af Turbiner overfører en Kraft af 600 Heste fra den venstre til den højre Rhinbred, hvor Kraften fordeles til flere Fabrikker.

231. Ved Ledninger i ujevnt Terrain kunne Tovskiverne komme til at ligge i ulige Højde, se Fig. 177 d. Sænkningerne $h_1$ og $h_2$ samt Hvilespændingen $h_0$ og Afstanden $a_1$ til Tovets lavest liggende Punkt bestemmes ved først at udregne Sænkningerne for Afstanden $A$ imellem Skiverne, som om disse laa lige højt, altsaa efter Formlerne 336 og 337, eller, naar $S_1$ er $= 6$, efter de simplere Formler under Nr. 68. Anmk. Af de derved fundne Værdier for $h_1$ $h_2$ og $h_0$ beregnes dernæst Størrelsen for den skjæve Ledning efter følgende Formler (se Fig. 177 d):

$$\left.\begin{array}{l} h_1{}^1 = \left(h_1 + \dfrac{H^2}{16\,h_1} \div \dfrac{H}{2}\right) \ldots h_2{}'' = \left(h_2 + \dfrac{H^2}{16\,h_2} \div \dfrac{H}{2}\right) \\ \qquad\qquad\qquad\qquad h_0{}' = \left(h_0 + \dfrac{H^2}{16\,h_0} \div \dfrac{H}{2}\right) \end{array}\right\} \ldots \ldots \quad (338)$$

Afstanden $a = \left(\dfrac{A}{2} - \dfrac{A\,H}{8\,h}\right) \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots$ (339)

hvorved $h = h_1\ h_2$ eller $h_0$, eftersom $a$ skal svare til $h_1{}^1\ h_2{}^{11}$ eller $h_0{}^1$ i den skjæve Ledning Fig. 177 **d**.

**Exempel.** Sættes den lodrette Afstand $H$ imellem de to Skivers Axler = 5 Meter, og den vandrette Afstand $A$ = 100 Meter, saa er efter Tabellen Nr. 228: $h_1 = 1{,}85$, $h_2 = 3{,}72$ og $h_0 = 3{,}01$, og derefter blive de tilsvarende Sænkninger for den skjæve Ledning, (Fig. 177 **d**):

$$h_1{}^1 = \left(1{,}85 + \frac{5^2}{16 \times 1{,}85} \div \frac{5}{2}\right) = 0{,}2 \text{ Meter.}$$

$$h_2{}^{11} = \left(3{,}72 + \frac{5^2}{16 \times 3{,}72} \div \frac{5}{2}\right) = 1{,}64 \text{ Meter.}$$

$$h_0{}^1 = \left(3{,}01 + \frac{5^2}{16 \times 3{,}01} \div \frac{5}{2}\right) = 1{,}08 \text{ Meter.}$$

og Afstanden $a_1$ bliver $= \dfrac{100}{2} \div \dfrac{100 \times 5}{8 \times 1{,}85} = 16{,}22$ Meter,

$$a_2 = \frac{100}{2} \div \frac{100 \times 5}{8 \times 3{,}72} = 33{,}2 \text{ Meter.}$$

**Anmrkn.** Spændingen i Tovet bliver lidt større ved en skjæv Ledning end ved en lige Ledning, naar Afstanden $A$ er lige stor for begge; men Forskjellen har ingen Betydning.

232. **Tovlængden** bestemmes ved Konstruktion, og til den derved fundne Længde lægges omtrent 2 Meter til en omhyggelig Sammenspledsning af Enderne. Fig. 177 **e** viser Sænkningernes Konstruktion, som udmaales, og der tillægges yderligere den Part, som gaaer om Tovskiverne, som i Reglen udgjør ialt for begge Skiver saameget, som Omkredsen af een Skive. Konstruktionen maa tegnes i en saa stor Maalestok, som mulig. Man tegner Skiverne i deres Afstand fra hinanden, afsætter de udregnede Afstande $a_1$ og $a_2$ og Sænkningerne $h_1$ og $h_2$. Stykkerne **m** og **n** deles hver især i to lige store Dele, og fra Delingspunkterne **c** og **d** trækkes Tangenter til de to Skiver; Stykkerne **c g** og **g d** deles i et Antal lige store Dele (jo flere desto bedre), og Tangenterne **c f** og **d k** deles i lige saa mange lige store Dele, og nummereres saaledes, som Figuren viser; der trækkes dernæst rette

Linier 1 **I**, 2 **II**, o. s. v. og Curven, som derved fremstaaer, og som bliver en Parabel, angiver da Længden. Den øverste Sænkning behandles paa samme Maade.

233. **Tovskivernes Krans eller Ring** blev oprindelig gjort af Træ, med Læder i Bunden; men nu anvendes Støbejern (i Sverrig anvendes ofte Pladejern). For at give Tovet den nødvendige Gnidningsmodstand, indbankes Guttaperkastænger i Fordybninger i Kransens Bund, se Fig. 177 **f.** Man anvender ogsaa med Fordel fastbundne Læderremme, der maa bankes fast ned i Fordybningen. Ligeledes anvendes Piletræ, hvilket da i passende Størrelser indføres igjennem en Aabning paa Siden af Kransen, hvilken tilsidst lukkes.

Meget store Skiver gjøres i to Stykker, og samles med Bolte.

**Armenes Antal** er: $\mathbf{A} = 4 + \frac{\mathbf{D}}{80\ \mathbf{d}}$ . . . . . . . . . . . . . . . . . (340)

hvorved **d** er Tovets og **D** er Skivernes Diameter i Millimeter.

**Armenes Tversnit** er enten ovalt eller korsdannet, begge af en Bredde i Retning af Ringens Runding af $\mathbf{b} = 4\ \mathbf{d} + \frac{\mathbf{D}}{8\ \mathbf{A}}$ . . . . . . . . . . (341)

$$\left.\begin{array}{l} \text{Det ovale Tversnits Tykkelse er} \ldots\ \mathbf{t} = \tfrac{1}{2}\ \mathbf{b} \\ \text{Det korsdannede Tversnits Tykkelse er}\ \mathbf{t} = \tfrac{1}{5}\ \mathbf{b} \end{array}\right\} \ldots\ldots \quad (342)$$

Tverribbens Tykkelse er . . . . . . . . . $\mathbf{e} = \frac{2}{3}\ \mathbf{t}$ . . . . . . . . . (343)

De korsdannede Ribbers Tykkelse tabe $\frac{1}{3}$ af Tykkelsen udefter, og Armene gjøres lige, hvorimod Arme med ovale Tversnit ere enkeltkrumme eller dobbeltkrumme.

**Navet** ved Tovskiver med lige Arme støbes med flere smalle Aabninger, for at forhindre Armene i at springe itu ved Afkjølingen efter Støbningen. Aabningerne eller Fugerne udfyldes, og der anbringes to Smedejerns Ringe om Navet.

Navets Tykkelse i Millim. er: $\mathbf{w} = 10 + \frac{\mathbf{d}}{6} + \frac{\mathbf{D}}{100}$ . . . . . (344)

hvorved **d** er Axlens og **D** er Tovskivens Diameter i Millim. Navets Længde er $\mathbf{L} = 2{,}5\ \mathbf{w}$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (345)

234. Lederullerne konstrueres lige som Tovskiverne; deres Størrelse er lig Tovskivernes, for den trækkende Tovpart, men for den førte Tovpart er

$$\mathbf{D} = \frac{20{,}000\ \delta}{18 - \frac{\mathbf{S}_1}{2}} \quad \ldots\ldots \quad (346)$$

hvorved $\delta$ er Traadtykkelsen i Mm., $\mathbf{S}_1$ er Spændingen i Kil. pr. $\square$ Mm. i den trækkende Tovpart.

235. **Tovskivernes Anbringelse** paa fri Mark skeer paa murede Piller, hvorpaa stilles Tappelejer (Boklejer) eller Støbejerns Stativer. Axlen faaer et Leje for hver Ende.

236. Tovene kunne holde i omtrent 4 Aar, naar Skiverne ikke ere for smaa, thi da kunne de blive kassable efter en 10 Maaneders Forløb.

## Hampesnore og Læderdrivremme

(se Nr. 79).

237. De under Nr. 79 anførte Formler for Tykkelsen af Drivsnore, og for Bredden af Læder-Drivremme, faa en større eller mindre Værdi, naar man beregner den for en bestemt Størrelse af Anlæget om Snorskiven eller om Remskiven.

Naar en Snor eller en Rem gaaer om Skiver af Jern eller Træ, og de i Grademaal omslutte en saa stor Part af Skiverne, som er anført i nedenstaaende Tabel, saa findes Snorens Tykkelse og Drivremmens Bredde ved at multiplicere de efter Formlerne under Nr. 79 udregnede Maal med de Koefficienter, der ere anførte i Tabellens Rækker med Vedtegning „Jern" og „Træ", hvitke da gjælde for Jernskiver og Træskiver.

Naar Remme eller Snore anbringes med Krydsning, bliver Anlæget vel større end $180^0$, men der kan regnes $180^0$, især for Remme, hvorved en Del af Buen ikke omsluttes paa hele Bredden, naar Krydsning finder Sted.

| Omslutning i Grader | | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 165 | 180 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Koefficienter | Jern | $1{,}22$ | $1{,}17$ | $1{,}12$ | $1{,}09$ | $1{,}06$ | $1{,}03$ | 1 | $0{,}97$ | $0{,}94$ |
| | Træ | 1 | $0{,}96$ | $0{,}93$ | $0{,}91$ | $0{,}89$ | $0{,}87$ | $0{,}85$ | $0{,}83$ | $0{,}81$ |

## Hjultænder.

238. Naar $\mathbf{a}$ er Hjultandens Tykkelse i Delkredsen,
$\mathbf{l}$ = Længden i Retning af Hjulets Radius,
$\mathbf{b}$ = Bredden i Retning af Hjulringens Bredde,
$\mathbf{P}$ = Trykket paa en Tand. ($\mathbf{P}$ kan udregnes efter Formlen under Nr. 79 for Træk i Snorskiver).
$\mathbf{S}$ = Spændingen, som man vil tillade i Tandens Materiale, i Reglen $= \frac{\mathbf{k}}{2}$ efter Tabel 29.

saa er, naar man for yderligere Sikkerhed for Styrken regner Trykket at finde Sted paa Enden af Tanden, og kun paa een Tand, ifølge Formel 229:

$$\mathbf{P\,l} = \mathbf{S\,W} = \mathbf{S}\,\frac{\mathbf{b\,a}^2}{6}\text{, altsaa:}$$

$$\mathbf{a} = \sqrt{\frac{6\,\mathbf{P\,l}}{\mathbf{S\,b}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (347)$$

Sættes $\mathbf{l} = \mathbf{m}\,\mathbf{a}$, og $\mathbf{b} = \mathbf{n}\,\mathbf{a}$, saa er:

$$\mathbf{a} = \sqrt{\frac{6\,\mathbf{m}\,\mathbf{P}}{\mathbf{S}\,\mathbf{n}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (348)$$

I Reglen er $\mathbf{m} = 1{,}5$ og $\mathbf{n} = 6$.

Ved Maskiner, hvis Hjul gaa langsomt, og ved Saadanne, der bevæges ved Menneskekraft, er $\mathbf{n} = 4$ eller endog mindre, navnlig, naar Rummet fordrer en Indskrænkning; ved hurtig gaaende Maskiner gjør man $\mathbf{n}$ større end 6, endog indtil 8.

Skal Bredden $\mathbf{b}$ være et bestemt angivet Maal, saa kan $\mathbf{n}$ ikke bestemmes, og man udregner da først $\mathbf{a}$ efter Formel 348 ved at sætte $\mathbf{b} = \mathbf{a}$ altsaa $\mathbf{n} = 1$, og dernæst forandres Værdien $\mathbf{a}$, afpasset efter den forlangte Bredde, som vi satte $= \mathbf{B}$, og man faaer da Tandens virkelige Tyskelse $\mathbf{t}$ efter Formlen:

$$\mathbf{t} = \mathbf{a}\sqrt{\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{B}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (349)$$

**Exempel.** Et Hjul af Smedejern skal udholde et Tryk $\mathbf{P}$ af 3000 ℔, og Bredden kan kun være $1'' = \mathbf{B}$. Sættes $\mathbf{m} = 1{,}5$ og $\mathbf{S} = 4000 = \frac{\mathbf{k}}{2}$ efter Tabel 29, saa bliver foreløbig efter Formel 348, da $\mathbf{n} = 1$:

$$\mathbf{a} = \sqrt{\frac{6 \times 1{,}5 \times 3000}{4000}} = \sqrt{\frac{27}{4}} = 2{,}6'', \text{ og den virkelige Tykkelse } \mathbf{t}$$

for $\mathbf{B} = 1''$ bliver efter Formel 349:

$$\mathbf{t} = 2{,}6\sqrt{\frac{2{,}6}{1}} = 2{,}6 \times 1{,}6 = 4{,}16'' \text{ og } \mathbf{l} = 1{,}5 \times 4{,}16 = 6^1/_4''.$$

**Anmrk.** I særegne Tilfælde, hvor man er sikker paa, at der ikke ved Tilfældigheder kan komme Noget ind i imellem Tænderne, der kunde foraarsage forøget Kraftanstrengelse, og naar Hastigheden kun er ringe, navnlig naar Bevægelsen skeer ved Haandkraft, kan Spændingen $\mathbf{S}$ sættes $= \mathbf{k}$, og Trykket paa Tanden regnes i en Afstand af $^2/_3\ \mathbf{l}$ i Stedet for $= \mathbf{l}$, og derved kan Tandtykkelsen gjøres $= 0{,}6 \times \mathbf{a}$ eller $\mathbf{t}$ i Stedet for $= \mathbf{a}$ eller $\mathbf{t}$, altsaa i oven anførte Exempel: $\mathbf{t} = 2{,}5''$ i Stedet for $4{,}16''$.

## Arme ved Remskiver, Tandhjul og Svinghjul.

239. **Antallet af Arme er** 4 til 10 ved Remskiver og Tandhjul, efter disses Diameter, og

**Svinghjul** gives 4 til 8 Arme, i Reglen 6.

240. For Bestemmelsen af Armenes Bredde $= \mathbf{b}$ og Tykkelse $= \mathbf{e}$ kan der gjøre sig flere Anskuelser gjældende; men den tilstrækkelige Styrke opnaaes efter Formel 229. Naar:

$\mathbf{A}$ = Antallet af Arme; $\mathbf{L}$ = Armlængden i Millim. eller Tom., $\mathbf{P}$ = Trykket i Omkredsen, saa er for et retvinklet Tversnit, Fig. 183:

$$\mathbf{b} = \sqrt[3]{\frac{6\,\mathbf{P\,L}}{\mathbf{A\,S\,m}}} \;\ldots\; \text{og } \mathbf{l} = \frac{\mathbf{b}}{\mathbf{m}}, \text{ i Reglen} = \frac{\mathbf{b}}{5} \;\ldots\ldots \quad (350)$$

for et ovalt Tversnit, Fig. 184, naar $\mathbf{e} = \frac{\mathbf{b}}{2}$:

$$\mathbf{b} = \sqrt[3]{\frac{\mathbf{P\,L}}{0{,}0491\;\mathbf{A\,S}}} \;\ldots\ldots \quad (351)$$

hvorved Spændingen $\mathbf{S}$ kan sættes = $\mathbf{k}$ efter Tabel 29, eller lidt mindre, t. Ex. = 2500 ℔ for Tommemaal, og 1,8 Kilog. for Millim. Maal.

Tykkelsen af Ribben $\mathbf{e}^1$ er = $^2/_3$ $\mathbf{e}$, og Bredden (eller Højden) gjøres efter Skjøn, da den ikke er regnet med ved Bestemmelsen af Armstyrken.

Ved Ringen eller Kransen bliver Armbredden = $\frac{4}{5}$ $\mathbf{b}$; Tykkelsen gjøres lige stor i hele Længden.

Ved Remskiver gjøres de ovale Arme enten lige, enkeltkrumme eller dobbeltkrumme.

Værdien af $\mathbf{P}$ for Tandhjul og Remskiver kan bestemmes efter Formlen under Nr. 79 for Snorskiver.

Ved Svinghjul er $\mathbf{P} = \mathbf{M\,v} = \frac{\mathbf{G\,v}}{\mathbf{g}}$, naar

$\mathbf{M}$ = Svinghjulets Masse = $\frac{\mathbf{G}}{\mathbf{g}}$, og

$\mathbf{G}$ = Vægten i Kil. eller Pund af Svinghjulsringen,

$\mathbf{g}$ = Faldhastigheden i 1ste Sekund,

= 9,81 for Metermaal, 31,25 for dansk og norsk Maal,

= 33,04 for svensk Maal.

$\mathbf{v}$ = Svinghjulsringens Hastighed pr. Secund i Meter eller Fod.

Anvendes Svinghjulet tillige som Remskive eller som Tandhjul, maa $\mathbf{P}$ forøges med Trykket, der virker i Omkredsen, beregnet som ovenfor angivet for Tandhjul og Remskiver.

## Axler.

241. Styrkemaalene for at modstaa Bøjning eller Vridning, eller samtidig Bøjning og Vridning, udregncs efter de derhen hørende Afsnit for Stænger eller Axler; kun bliver derved at erindre: at Axler maa altid beregnes som fritliggende, og at naar lange, staaende eller liggende Axler have stor Afstand imellem Tappelejerne, saa gives noget større Tykkelse, end Formlerne vise, for at undgaa Rystelser.

## Krumtapaxler.

242. Disse Axler beregnes baade for Vridning og for Bøjning, efter Formlerne for disse Virkninger. For at bestemme Tykkelsen af Tappen imellem de krumme Arme, tænker man sig Axlen som lige eller ret, altsaa uden Krumning, og Tappens Diameter udregnes da efter det Tryk, der virker paa den, og i Forhold til Afstanden imellem Understøttelserne til Siderne af Tappen. Giver man Tappen en ringere Tykkelse, end denne Udregningsmaade bestemmer, vil Axlen kunne bøje sig, og brække. Har Axlen to eller flere Krumtapper, anvendes samme Fremgangsmaade. Naar Vridningskraften kun virker til den ene Side af Krumningen, maa Tykkelsen af den derliggende Søle bestemmes for Vridning og Bøjning, hvorimod Tykkelsen af den anden Tap, i Reglen en Endetap, kun i saa Fald bestemmes efter Bøjningsmodstanden. Krumningens Arme maa ikke være svagere end Axlens Diameter, ved Sammenstødet med denne, som Højdemaal, og $^8/_{10}$ af denne Højde til Tykkelse.

## Axel-Endetapper.

243. Axeltapper skulle gives Størrelse baade i Forhold til deres Styrke og til det Slid og den Opvarmning, de ere udsatte for

Naar $\mathbf{P}$ = Trykket, i Kil. eller ℔, der virker paa Tappen,

$\mathbf{d}$ = Tapdiameteren i Mm. eller Tommer,

$\mathbf{l}$ = Tappens Længde i Mm. eller Tommer,

$\mathbf{w} = \frac{\mathbf{l}}{\mathbf{d}} = 1{,}5$ for Smedejerns Tapper i Broncepander,

$1{,}7$ for — — i Støbejernspander,

$^4/_3$ for Støbejerns Tapper i Broncepander.

For Staaltapper er $\mathbf{w} = 0{,}7$ af Værdierne for Smedejernstapper,

$\mathbf{n}$ = Antallet af Axlens Omdrejninger pr. Minut; saa bliver for liggende Axlers Endetapper,

a) naar $\mathbf{n} < 150$, og naar Tapperne ere af:

$$\left.\begin{array}{lll} \textbf{Staal} \ldots & 1)\ \mathbf{d} = 1{,}05\sqrt{\mathbf{Pw}} \ldots & 2 \text{ og } 3)\ \mathbf{d} = 0{,}028\sqrt{\mathbf{Pw}} \\ \textbf{Smedejern} & 1)\ \mathbf{d} = 1{,}53\sqrt{\mathbf{Pw}} \ldots & 2 \text{ og } 3)\ \mathbf{d} = 0{,}041\sqrt{\mathbf{Pw}} \\ \textbf{Støbejern} & 1)\ \mathbf{d} = 1{,}85\sqrt{\mathbf{Pw}} \ldots & 2 \text{ og } 3)\ \mathbf{d} = 0{,}05\sqrt{\mathbf{Pw}} \end{array}\right\} \ldots (352)$$

b) naar $\mathbf{n} > 150$, og naar Tapperne ere af:

$$\left.\begin{array}{l} \textbf{Staal} \ldots 1)\ \mathbf{d} = 0{,}35\sqrt{\mathbf{P}}\sqrt[4]{\mathbf{n}} \ldots 2 \text{ og } 3)\ \mathbf{d} = 0{,}009\sqrt{\mathbf{P}}\sqrt[4]{\mathbf{n}} \\ \qquad 1,\ 2 \text{ og } 3)\ \mathbf{l} = 0{,}084\ \mathbf{d}\sqrt{\mathbf{n}} \\ \textbf{Smedejern}\ 1)\ \mathbf{d} = 0{,}51\sqrt{\mathbf{P}}\sqrt[4]{\mathbf{n}} \ldots 2 \text{ og } 3)\ \mathbf{d} = 0{,}014\sqrt{\mathbf{P}}\sqrt[4]{\mathbf{n}} \\ \qquad 1,\ 2 \text{ og } 3)\ \mathbf{l} = 0{,}12\ \mathbf{d}\sqrt{\mathbf{n}}. \end{array}\right\} \ldots (353)$$

**Støbejerns Tapper** gives i Reglen ikke over 200 Omdrejninger pr. Minut, og Maalene bestemmes efter Formel 352.

244. Naar Axlerne kun ere udsatte for svage Tryk, som Fabriksaxler m Fl., der hovedsagelig kun udsattes for Vridning, saa gives Tapperne eller Slidstederne samme Tykkelse, som Axlen, eller neddrejes for en Brystflade, til at forhindre Forskydning efter Længden.

245. Naar Axler ikke ere i stadig Gang, men kun bevæges af og til, og Omdrejningshastigheden kun er ringe, t. Ex. ved Kraner, Lastspil m. Fl., saa gjør man **l** mindre, saasom:

$l = d$ eller $^3/_4\ d$, $^1/_2\ d$, $^1/_3\ d$, altsaa:

$w = 1$ eller $^3/_4$, $^1/_2$, $^1/_3$,

og **d** udregnes forøvrigt efter Formel 352.

## Halstapper (Halse eller Søler).

246. Disse ere et imellem Endetapperne liggende understøttet Sted af en Axel, og ere udsatte for Vridning, og Tykkelsen beregnes derefter. Ere de tillige udsatte for Tryk, beregnes Tykkelsen for begge Virkninger, og Tappen gives det største Maal i Diameter, hvorimod Længden bestemmes efter Formlen for Tryk.

## Sportapper.

247. Den underste Ende af en staaende Axel, eller en Sportap, er stærkt udsat for Slid og for at løbe sig varm, hvisaarsag Slidfladen bestemmes derefter, og Tappen bliver da altid tilstrækkelig stærk. Efter Weisbach bliver Diameteren:

**for Axler, der gjør under 150 Omdrejninger pr. Minut:**

$$1)\ d = \sqrt{1{,}35\ P}\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ 2 \text{ og } 3)\ d = \sqrt{\frac{P}{1000}}\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ (354)$$

**for Axler, der gjør over 150 Omdrejninger pr. Minut:**

$$1)\ d = 1{,}11\sqrt{P + \frac{n\,P}{100}}\ .\ .\ .\ .\ 2 \text{ og } 3)\ d = 0{,}03\sqrt{P + \frac{n\,P}{100}}\ .\ .\ (355)$$

Hvorved **P**, **d** og **n** have samme Betydning, som anført under Nr. 243.

## Kamtapper (Fig. 185 og 186).

248. Naar en Sportap er udsat for meget stærke Tryk, og naar en liggende Axel trykkes stærkt i Længderetningen, som t. Ex. Dampskibs-Skrue-Axler, saa giver man den fornødne Slidflade ved at forsyne Sportappen eller Halstappen med Slideringe, hvorved man er i Stand til at formindske Trykket pr. Flade-Enhed til en hvilken som helst passende Værdi.

Er $\mathbf{P}$ = Trykket i Axlens Længderetning i Kil. eller Pund, og $\mathbf{d}$, $\mathbf{D}$, $\mathbf{b}$, $\mathbf{h}$ og $\mathbf{h_1}$ have den i Fig. 186 viste Betydning, udtrykt i Millim. eller Tommer,
$\mathbf{a}$ = Antallet af Ringe,
$\mathbf{n}$ = Antallet af Axlens Omdrejninger pr. Minut,
saa tages, ifølge Reuleaux, $\mathbf{a}$ lig den største af følgende to Værdier:

$$\left.\begin{array}{l} 1)\ \mathbf{a} = \dfrac{\mathbf{P\,n}}{2000\ \mathbf{b}} \text{ eller } \mathbf{a} = \dfrac{24\ \mathbf{P}}{25\ \mathbf{D\,b}} \\ 2 \text{ og } 3)\ \mathbf{a} = \dfrac{\mathbf{P\,n}}{104000\ \mathbf{b}} \text{ eller } \mathbf{a} = \dfrac{\mathbf{P}}{1425\ \mathbf{D\,b}} \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (356)$$

Det bemærkes, at i Reglen bliver den første Værdi størst, altsaa den, der skal benyttes; den anden Værdi bliver ofte meget mindre end den Første.

Ringbredden $\mathbf{b}$ tages efter Skjøn = $^1/_6$ til $^1/_{10}$ $\mathbf{d}$; derved bliver altsaa $\mathbf{D} = \mathbf{d} + \mathbf{b}$. Axlens Diameter $\mathbf{d}$, hvorpaa Ringene anbringes, er selvfølgelig udregnet forud. $\mathbf{h}$ og $\mathbf{h_1}$ gjør man som oftest = $\mathbf{b}$, dog er $\mathbf{h}$ undertiden lidt mindre. Formlerne, der gjelde baade for staaende og for liggende Axler, forudsætter at Tappen gaaer i Pander af Bronce eller af hvidt Metal.

## Armerede Bjælker, Hængeværk, Sprængværk, Tagværk og Gitterdragere m. Fl.

249. Naar de Spændinger, som de trykkende Kræfter foraarsage til Strækning eller Sammentrykning i Spærene, Stiverne og Stænger eller Bolte er udregnet, saa beregnes Styrkemaalene efter Afsnittene, angaaende disse Virkninger.

Som en letfattelig Vejledning, med omfattende fortrinlige Exempler, til Beregning af Spændingerne anbefales: **Ritters** Dach- und Brücken-Construcktionen; lige som ogsaa Weisbachs „der Ingenieur“ indeholder en Samling af Exempler paa saadanne Udregninger i større Udvalg; tillige anbefales Behses „die Berechnung der Festigkeit von Holtz- und Eisenconstructionen“, der indeholder en god Samling Tegninger og Beregninger af Bro- og Tagværk, samt Holmbergs og Steens de „mekaniske Love for Bygningsvæsenet;“ en fortrinlig Afhandling over Kræfters Virkning paa enkelte Partikler, samt paa faste, spændige, leddede, løse og flydende Systemer. retlinet Bevægelse, Stød og Vands Udstrømning og Bevægelse m. m.

# Indhold.

Nr. Side

I. **Forklaringer** . . . . . . . . . . 1—28.
Tabel over Koeff. for Strækning og Bøjning . . . . . . . . . . 29.
Tabel over Koeff. for Sammentrykning . . . . . . . . . . 30—32.
II. **Strækning** eller Modstand mod Sønderrivning:
Stænger af Metal og Træ m. m., Kjæder, Kjædehekse, Virvler, Ringe, Kjædeskiver, Kjædevalser, Kjædehjul og Kjættingkroge . . . . . . . . . . 33—58.
Jerntraadstove, Hampetove, Skiver og Valser dertil, Læderdrivremme og Remskiver . . . . . . . . . . 59—79. 226—237.
III. **Sammentrykning** eller Modstand mod Knusning . . . . . . . . . . 80—81.
IV. **Legemer med lige stor Styrke i ethvert Tversnit imod Træk eller Tryk** . . . . . . . . . . 82—84.
V. **Hule Legemers Modstand mod Sprængning og Sammentrykning.**
Almindelige Bemærkninger og Formler . . . . . . . . . . 85—86.
Rør, der kun udsættes for ringe Tryk: . . . . . . . . . . 87—88.
Vand-, Gas- og Damplednings-Rør, Kogerør under Dampkjedler, Luftpumpe-Cylindre, Dampcylindre, Vandpumpe-Cylindre og Rørforbindelser m. m.
Rør, der skulle udholde store Tryk: . . . . . . . . . . 89—91.
Almindelige Formler samt Cylindre for hydrauliske Presser og Pumper.
Kugledannede Kar med højt indre Tryk . . . . . . . . . . 92.
Dampkjedlerør med ydre Tryk, Dampkjedler samt Endebunde og flade Sider ved Dampkjedler . . . . . . . . . . 93—98. 139—140.
VI. **Forskydning:** Almindelig Forskydning, Lokning, Klipning, Boring, Drejnig, Høvling og Stikning . . . . . . . . . . 99—101.
VII. **Bolte, Skruer, Møtrikker, Søm, Netnagler og Netning** . . . , . . 102—109.
VIII. **Bøjning ved Tryk i Længderetningen** eller Modstand mod Knæk . . 110—120.
IX. **Søjler, Plejlstænger, Stempelstænger og Pæle,** nedrammede i Jord 121—135.
X. **Plane Fladers Modstand mod Tryk** . . . . . . . . . . 136—140.
XI. **Pukkelplader** . . . . . . . . . . 141.
XII. **Kannelerede eller bølgedannede Plader** . . . . . . . . . . 142—144.
XIII. **Aabne Vandbeholdere af Jern** . . . . . . . . . . 145—148.
XIV. **Bøjning af Stænger, Bjælker og Axler,** naar Kraftretningen danner en Vinkel med Legemets Længderetning:
Forklaringer . . . . . . . . . . 149—152.
A. Den ene Ende er fast, den anden Ende er fri . . . . . . . . . . 153—158.
B. Enderne hvile paa to Støtter . . . . . . . . . . 159—163.

Nr.
C. Begge Ender ere fastgjorte . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 164—167.
D. Den ene Ende er fastgjort, den anden Ende hviler paa en Søtte . . . 168—170.
E. Stænger, der hvile paa en Støtte under Midten . . . . . . . . . . . . 171.
F. Stænger, der hvile paa to Støtter med frie Ender udenfor Støtterne . 172—173.
G. Stænger i skraa Stilling . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 174.
H. Stænger med lige stor Styrke imod Bøjning i et hvert Tversnit . . . 175—181.
J og K. Stænger, der hvile paa 3 eller flere Støtter . . . . . . . . . . . 182—186.
L. Gjenstande, sammensatte af flere enkelte Stykker . . . . . . . . . . . 187—191.
XV. **Vridning** . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 192—208.
XVI. **Styrke mod forskjellige Slags samtidige Kraftvirkninger** . . . . 209—217.
XVII. **Metalfjedre** . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 218—221.
XVIII. **Kautschukfjedre** . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 222—225.
XIX. **Tillæg.**
Jerntraadstove . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 226—236.
Hampesnore og Læder-Drivremme . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 237.
Hjultænder . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 238.
Arme ved Remskiver, Tandhjul og Svinghjul . . . . . . . . . . . . . . 239—240.
Axler . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 241.
Krumtap-Axler . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 242.
Axeltapper . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 243—248.
Armerede Bjælker, Hængeværk, Sprængværk, Tagværk og Gitterdragere . . 249.

# Rettelser.

Pag. 1. Linie 2 f. o. maa læs: maa de

— 13. — 3 f. o. $T^1 = T$ læs: $T^1 = 2$ T.

— 24. — 2 f. o. Nr. 79 læs: Nr. 78 b.,

— 13 f. o. ombøjøies læs: ombøjes

— 28. — 9 f. n. Led med læs: Led af

— 29. — 19 f. o. } Graskof læs: Grashof.

— 30. — 11 f. n. }

— 52. — 5 f. n. af $h_1$ læs: af V i Værdien for $h_1$

— 59. — 10 f. n. Fonmlen læs: Formlen

— 68. — 8 f. n. danket læs: dannet

— 70. — 3 f. o. ængde læs: længde

— 72. — 10 f. n. tyrke læs: Styrke

— 73. — 4 f. n. fosekommer læs: forekommer

— 96. — 2 f. n. $0,_{09}$ læs: $0,_9$.

— 102. — 2 f. o. $t^3$ læs $l^3$

— 103. — 1 f. o. Eorsøg læs: Forsøg.

— 113. — 5 f. n. (152) læs: (252)

— 115. — 1 f. n. (258) læs: (259)

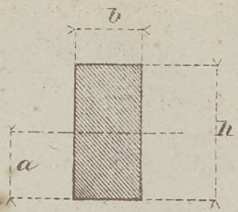
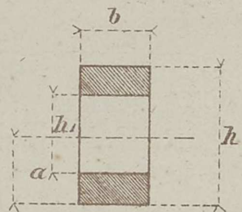
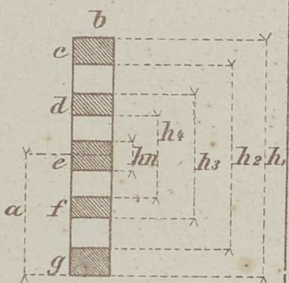
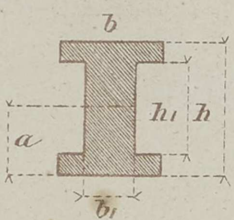
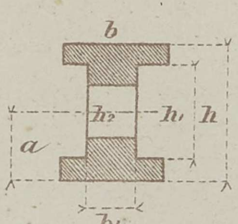
— 133. — 6 f. o, $1,_6$ læs: $1,_6''$.

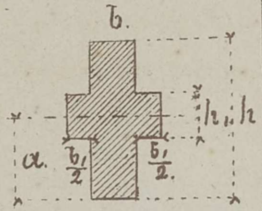
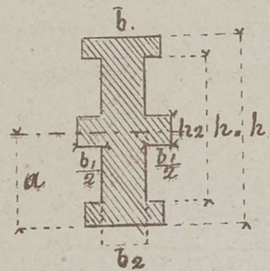
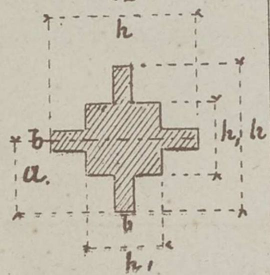
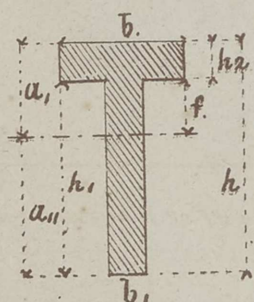
— 11 f. o. $57,_{325} \frac{P R}{G} = \frac{L}{\varphi}$ læs: $57,_{325} \frac{P R}{G} \times \frac{L}{\varphi}$

— 134. — 17 f. o. $N_9$ læs: $N_3$

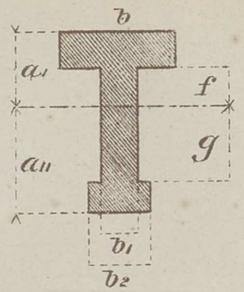
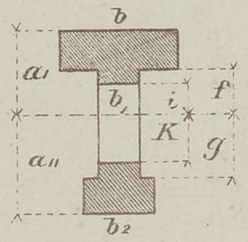
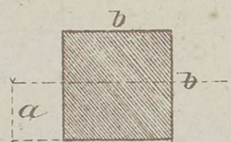
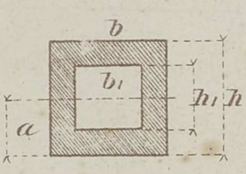
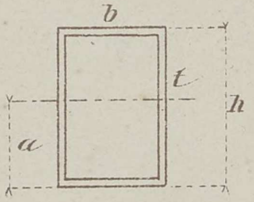
— 135. — 5 f. o. Længge læs: Længde

— 141. — 6 f. o. $\times \frac{t^2 \ b^2}{t^3 \ b^3}$ læs: $\times \frac{t^2 + b^2}{t^3 \ b^3}$

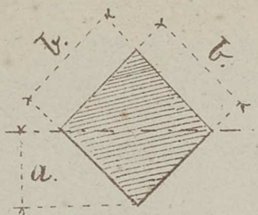
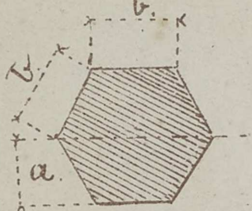
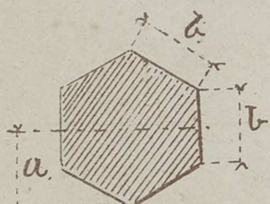
| No | | Pl. I. |
|---|---|---|
| I. |  | $J = \frac{bh^3}{12}$ <br> $W = \frac{bh^2}{6}$ <br> $a = \frac{h}{2}$ |
| II. |  | (see Fig. 149) <br> $J = \frac{b(h^3 - h_1^3)}{12}$ <br> $a = \frac{h}{2}$ <br> $W = \frac{h(h^2 - h_1^2)}{6}$ |
| III. |  | (see Fig. 150) <br> Naar $n$ = Antallet af fyldte Rum c. d. e. f. g. <br> og $n-1$ = Antallet af aabne Rum; <br> saa bliver <br> $J = \frac{1}{12} b \left(h_1^3 - h_2^3 + h_3^3 - \ldots\ldots \pm h_n^3\right)$ <br> $a = \frac{h_1}{2}$ <br> $W = \frac{b\left(h_1^3 - h_2^3 + h_3^3 - \ldots\ldots \pm h_n^3\right)}{6h_1}$ <br> Anmk. Det sidste Led bliver <br> + naar $n$ er et ulige Tal <br> ÷ naar $n$ er et lige Tal |
| IV. |  | $J = \frac{bh^3 - (b - b_1)h_1^3}{12}$ <br> $a = \frac{h}{2}$ <br> $W = \frac{bh^3 - (b - b_1)h_1^3}{6h}$ |
| V. |  | $J = \frac{b(h^3 - h_1^3) + b_1(h_1^3 - h_2^3)}{12}$ <br> $a = \frac{h}{2}$ <br> $W = \frac{b(h^3 - h_1^3) + b_1(h_1^3 - h_2^3)}{6h}$ |

| No. | | |
|---|---|---|
| VI. |  | $J = \dfrac{bh^3 + b_1 h_1^3}{12}$<br>$a = \dfrac{h}{2}$<br>$W = \dfrac{bh^3 + b_1 h_1^3}{6h}$ |
| VII. |  | $J = \dfrac{bh^3 - (b - b_2) h_1^3 + b_1 h_2^3}{12}$<br>$a = \dfrac{h}{2}$<br>$W = \dfrac{bh^3 - (b - b_2) h_1^3 + b_1 h_2^3}{6h}$ |
| VIII. |  | $J = \dfrac{bh^3 + (h_1 - b) h_1^3 + (h - h_1) b^3}{12}$<br>$a = \dfrac{h}{2}$<br>$W = \dfrac{bh^3 + (h_1 - b) h_1^3 + (h - h_1) b^3}{6h}$ |
| IX. |  | $J = \frac{1}{3}\left[b(a_1^3 - f^3) + b_1(f^3 + a_{11}^3)\right]$<br>$a_1 = \dfrac{bh_2^2 + b_1 h_1 (h + h_2)}{2\left[bh - (b - b_1) h_1\right]}$<br>$a_{11} = h - a_1$<br>$W_1 = \dfrac{J}{a_1}$<br>$W_{11} = \dfrac{J}{a_{11}}$ |

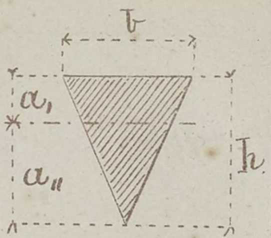
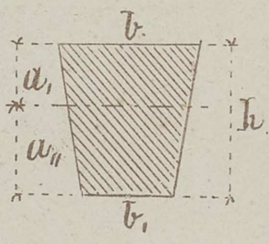
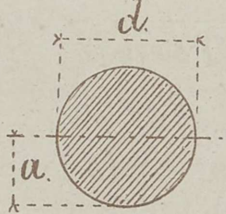
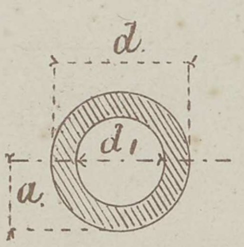
Pl. III.

| No. | | |
|---|---|---|
| X. |  | $J = \frac{1}{3}\left[b(a_I^3 - f^3) + b_1(f^3 + g^3) + b_2(a_{II}^3 - g^3)\right]$<br>$a_I$ og $a_{II}$ bestemmes ved Forsög.<br>$W_I = \frac{J}{a_I}$<br>$W_{II} = \frac{J}{a_{II}}$ |
| XI. |  | $J = \frac{1}{3}\left[b(a_I^3 - f^3) + b_1(f^3 + g^3 - i^3 - K^3) + b_2(a_{II}^3 - g^3)\right]$<br>$a_I$ og $a_{II}$ bestemmes ved Forsog<br>$W_I = \frac{J}{a_I}$<br>$W_{II} = \frac{J}{a_{II}}$ |
| XII. |  | $J = \frac{b^4}{12}$<br>$a = \frac{b}{2}$<br>$W = \frac{b^3}{6}$ |
| XIII. |  | $J = \frac{1}{12}(bh^3 - b_1h_1^3)$<br>$a = \frac{h}{2}$<br>$W = \frac{bh^3 - b_1h_1^3}{6h}$ |
| XIV. |  | For Rör af Jernplader er tilnærmelsesviis,<br>naar Tyk. = $t$<br>$J = \frac{1}{6}(h + 3b)th^2$<br>$a = \frac{h}{2}$<br>$W = \frac{(h^2 + 3bh)t}{3}$ |

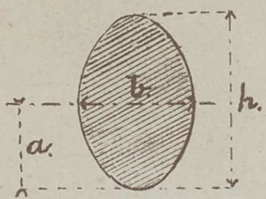
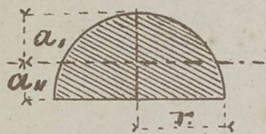
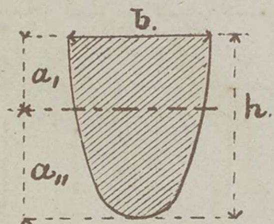
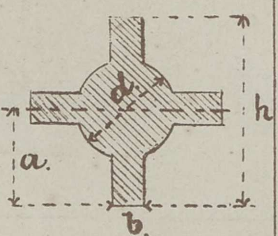
Pl. IV.

| No. | | |
|---|---|---|
| XV |  | $J = \frac{b^4}{12}$.<br>$a = \frac{b}{\sqrt{2}} = 0,707\,b$.<br>$W = 0,118\,b^3$. |
| XVI |  | $J = \frac{5\sqrt{3}}{16}\,b^4 = 0,5413\,b^4$.<br>$a = b\sqrt{3/4} = 0,866\,b$.<br>$W = 5/8\,b^3$. |
| XVII |  | $J = \frac{5\sqrt{3}}{16}\,b^4 = 0,5413\,b^4$.<br>$a = b$.<br>$W = 0,5413\,b^3$. |
| XVIII |  | $J = \frac{1+2\sqrt{2}}{6}\,b^4 = 0,638\,b^4$.<br>$a = 0,924\,b$.<br>$W = 0,677\,b^3$. |

Pl. V.

| № | | |
|---|---|---|
| XIX |  | $J = \frac{bh^3}{36}$. <br> $a_I = \frac{h}{3}$. $a_{II} = \frac{2}{3}h$. <br> $W_I = \frac{bh^2}{12}$. <br> $W_{II} = \frac{bh^2}{24}$. |
| XX |  | $J = \left(\frac{b^2 + 4bb_1 + b_1^2}{36(b + b_1)}\right)h^3$. <br> $a_I = \left(\frac{b + 2b_1}{b + b_1}\right) \times \frac{h}{3}$ <br> $a_{II} = \left(\frac{2b + b_1}{b + b_1}\right) \times \frac{h}{3}$. <br> $W_I = \left(\frac{b^2 + 4bb_1 + b_1^2}{12(b + 2b_1)}\right) \times h^2$. <br> $W_{II} = \left(\frac{b^2 + 4bb_1 + b_1^2}{12(2b + b_1)}\right) \times h^2$. |
| XXI |  | $J = \frac{\pi}{64} d^4 = 0{,}0491\, d^4$. <br> $a = \frac{d}{2}$ <br> $W = \frac{\pi}{32} d^3 = 0{,}0982\, d^3$. |
| XXII |  | $J = \frac{\pi}{64}(d^4 - d_1^4) = 0{,}0491(d^4 - d_1^4)$. <br> $a = \frac{d}{2}$. <br> $W = \frac{\pi}{32}\left(\frac{d^4 - d_1^4}{d}\right) = 0{,}0982\, \frac{d^4 - d_1^4}{d}$. |

Pl VI.

| № | | |
|---|---|---|
| XXIII |  | $J = \frac{\pi}{64} bh^3 = 0{,}0491\, bh^3$.<br>$a = \frac{h}{2}$.<br>$W = \frac{\pi}{32} bh^2 = 0{,}0982\, bh^2$. |
| XXIV. |  | $J = 0{,}11\, r^4$.<br>$a_{,} = 0{,}5765\, r$.<br>$a_{,,} = 0{,}4235\, r$.<br>$W_{,} = 0{,}19\, r^3$. $W_{,,} = 0{,}26\, r^3$. |
| XXV. |  | *Parabelsnit.*<br>$J = \frac{8}{175} bh^3 = 0{,}0457\, bh^3$.<br>$a_{,} = \frac{2}{5} h$. $a_{,,} = \frac{3}{5} h$.<br>$W_{,} = \frac{4}{35} bh^2 = 0{,}114\, bh^2$.<br>$W_{,,} = \frac{8}{105} bh^2 = 0{,}076\, bh^2$. |
| XXVI |  | $J = \frac{1}{12}\left[\frac{3\pi}{16} d^4 + b(h^3 - d^3) + b^3(h - d)\right]$<br>$a = \frac{h}{2}$<br>$W = \frac{1}{6h}\left[0{,}589\, d^4 + b(h^3 - d^3) + b^3(h - d)\right]$. |

Pl. VII.

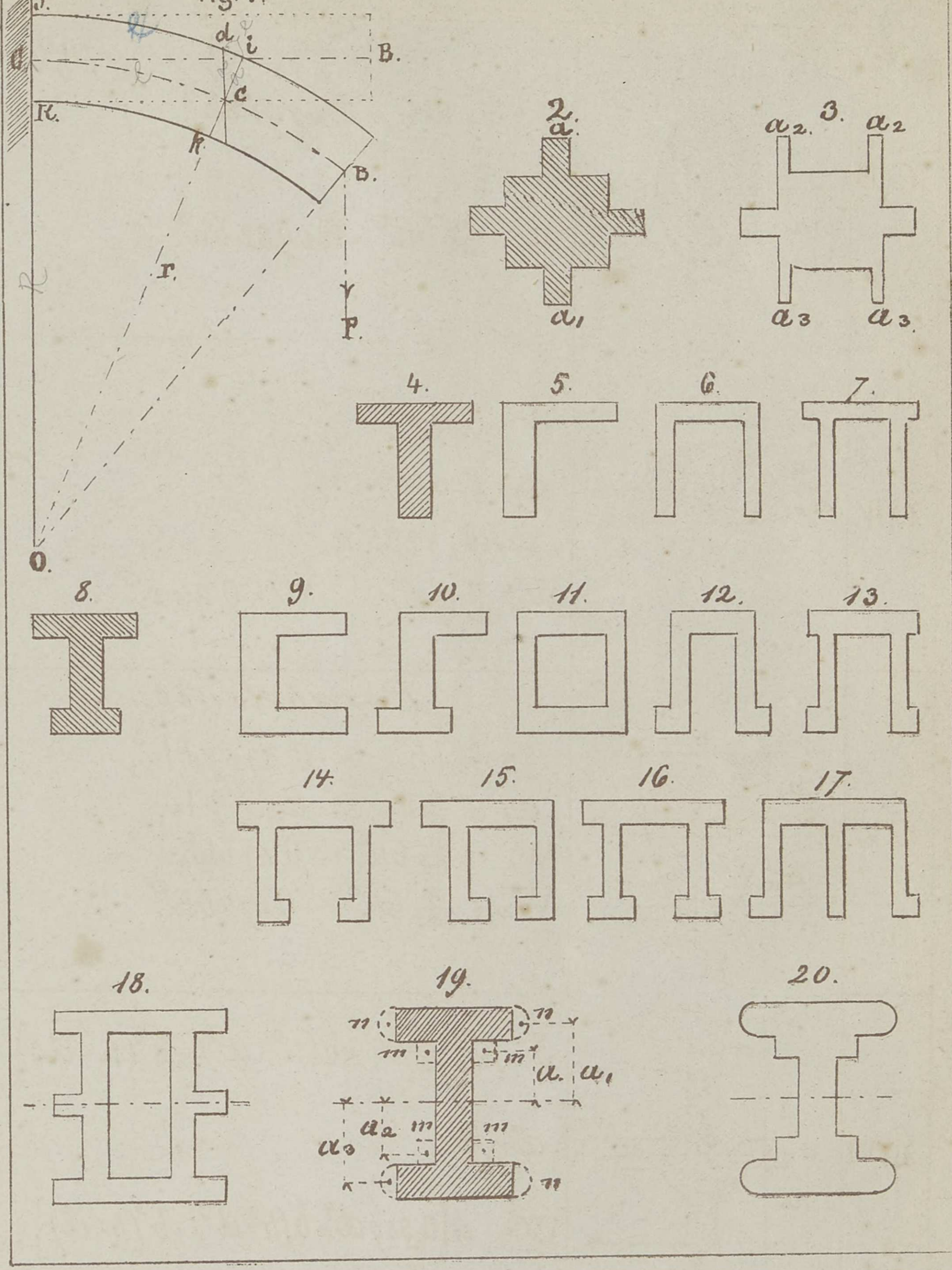
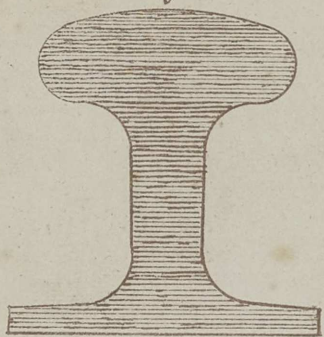


Fig. 1.
j.
d
i
B.
c
K.
k
B.
r.
P.
O.
2.
a
a₁
3.
a₂.
a₂
a₃
a₃.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
n
m
a.
a₁
a₂
a₃
20.

Pl VIII.

Fig 21.



22.

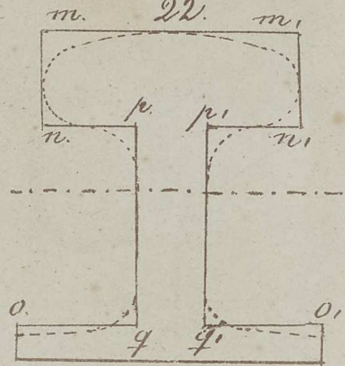
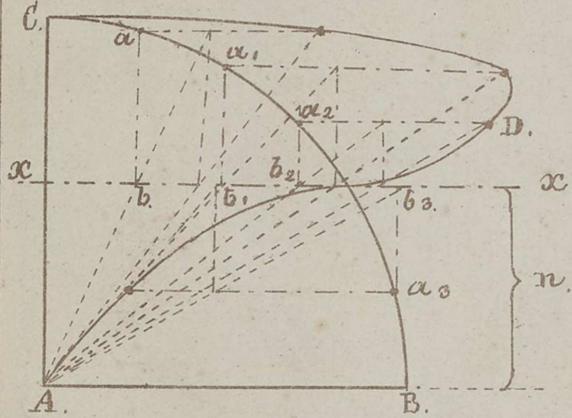



Fig 23.




26.

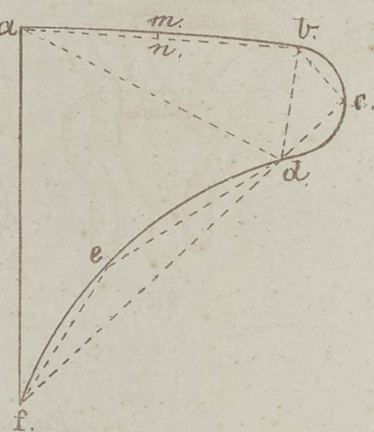
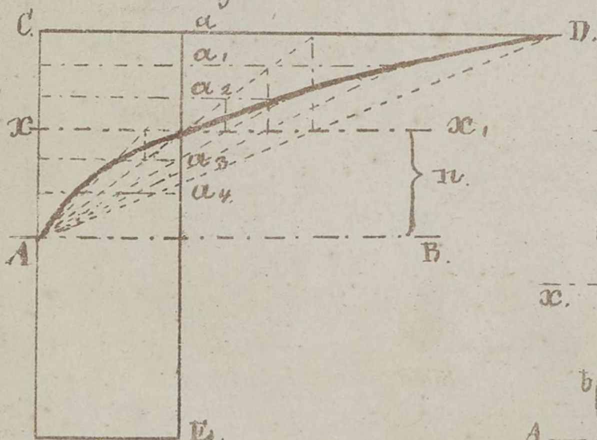
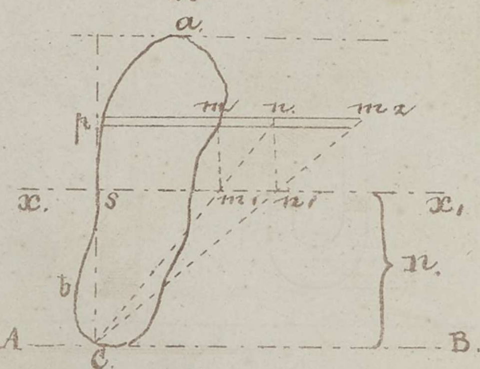


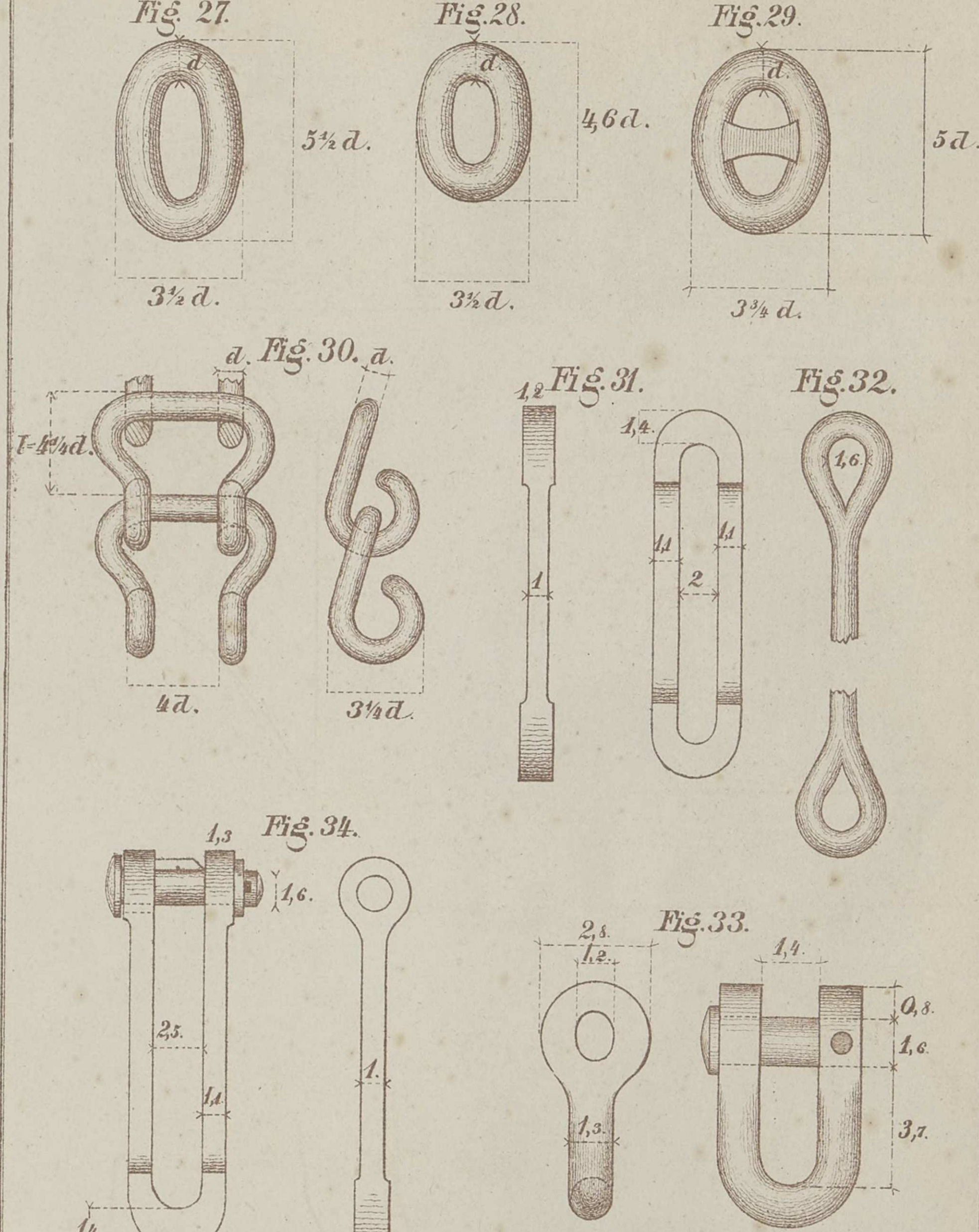

Fig. 24.




25.



Plan IX.




Kjædejernets Tykkelse d=1.

Plan. X.

Fig. 35.

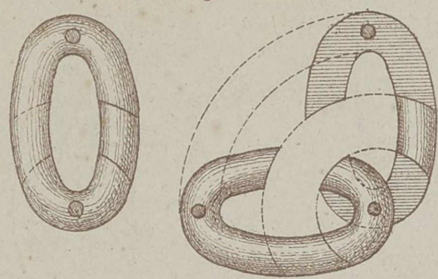
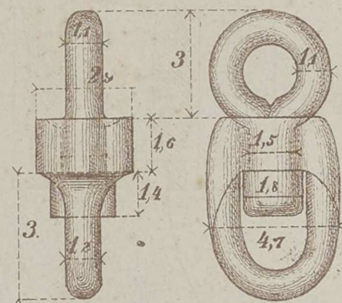
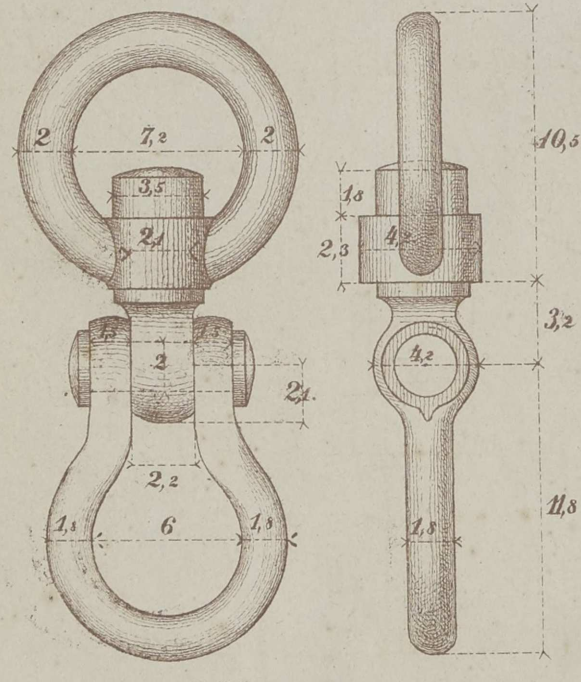


Fig. 36.




Kjædeleddenes Tyk d=1

Fig. 37.




Kjædeleddenes Tyk d=1

Fig. 38.

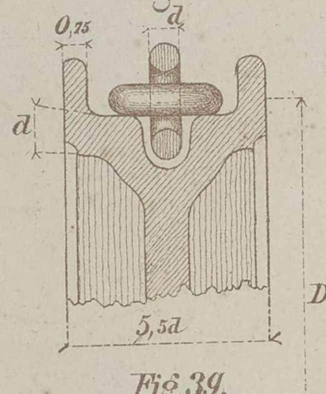
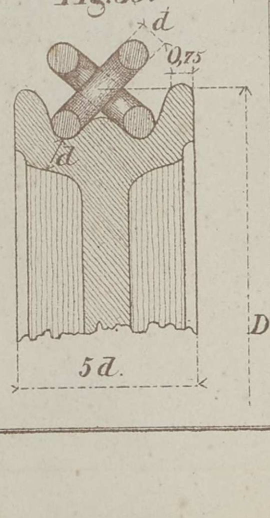



Fig. 39.



Pl. XI.

Fig. 40.

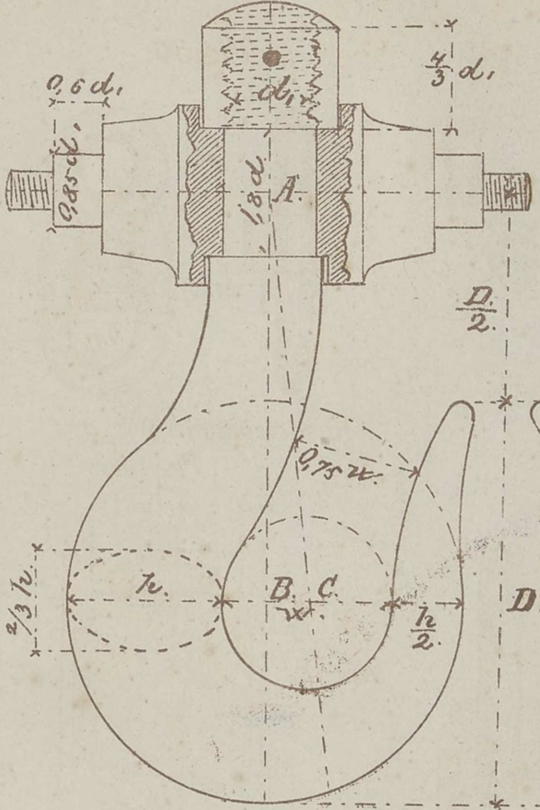



Fig. 41.

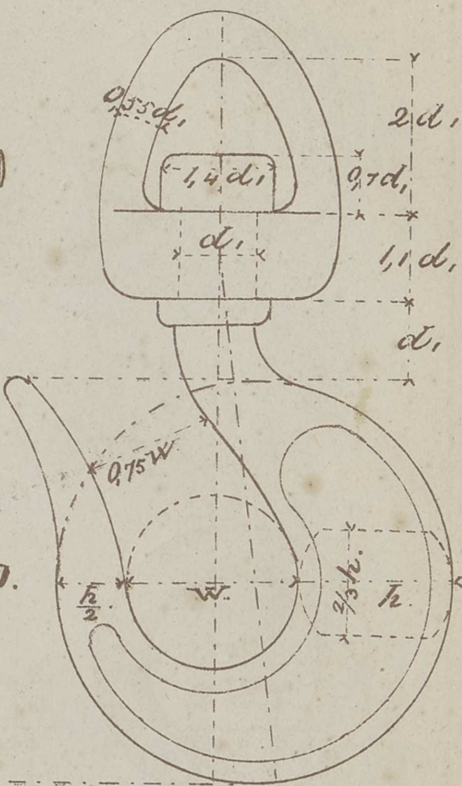
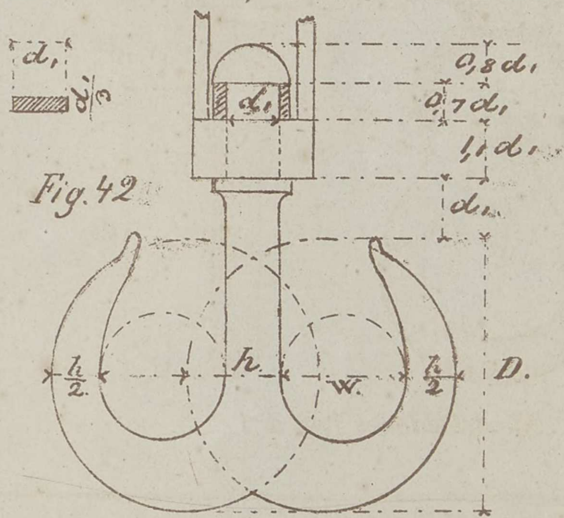



Fig. 42.



Pl.XII.

Fig. 43.

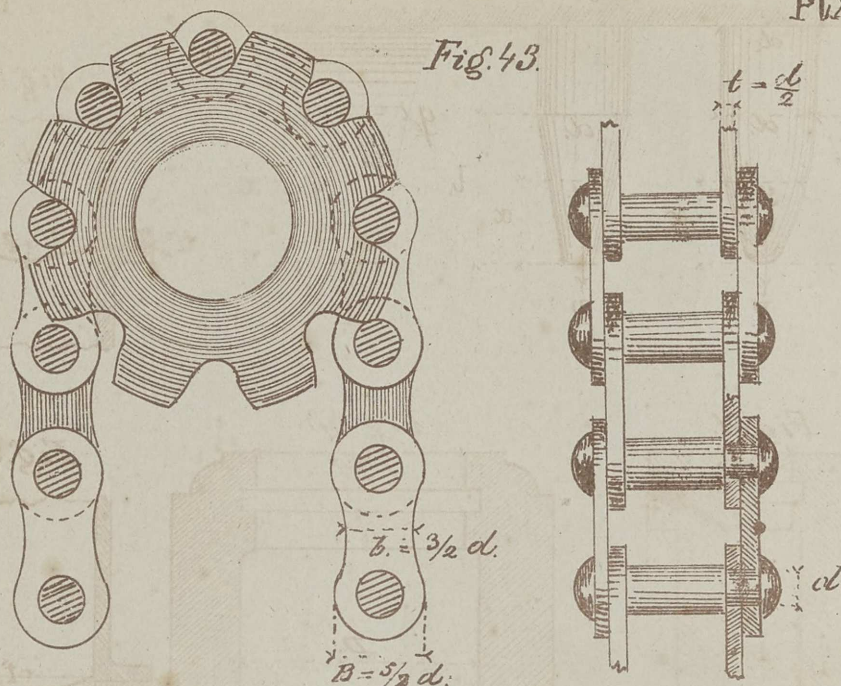
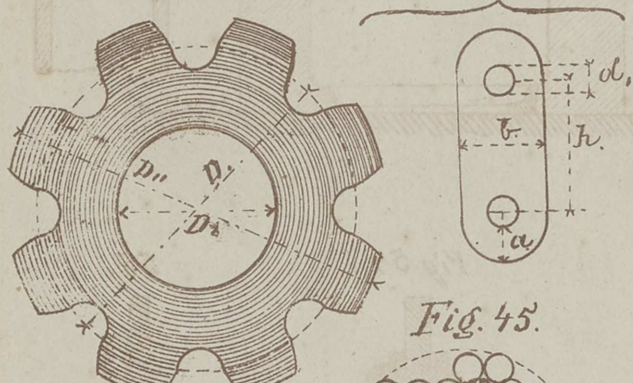



Fig. 44.



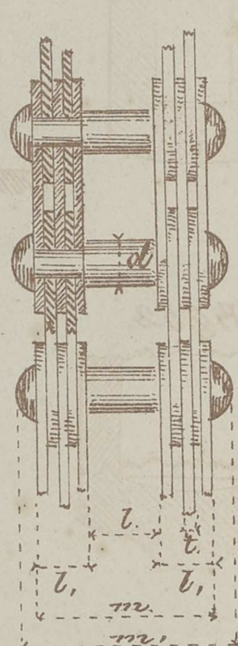
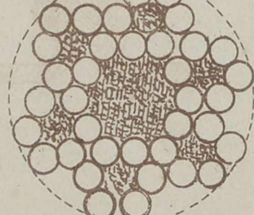
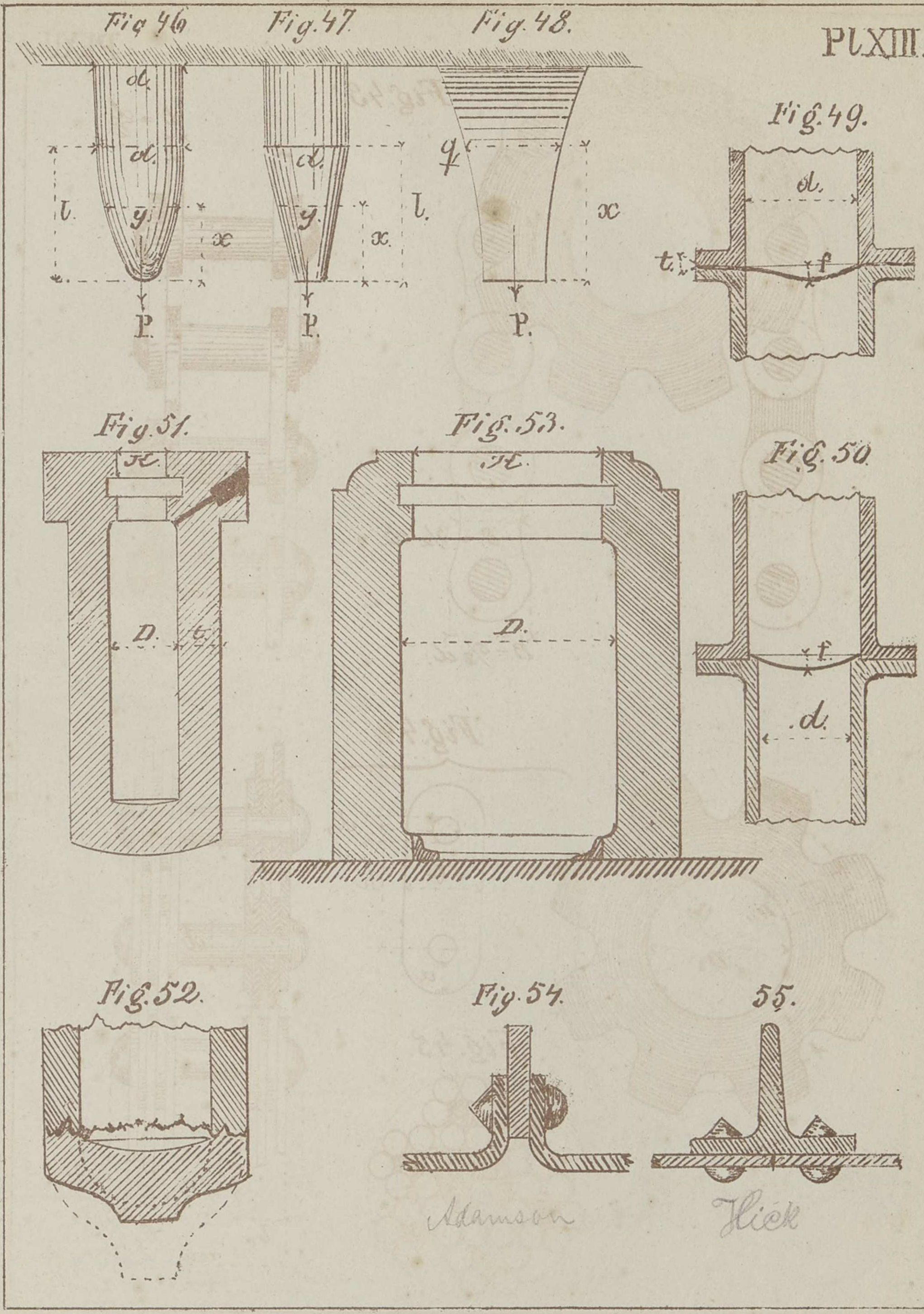



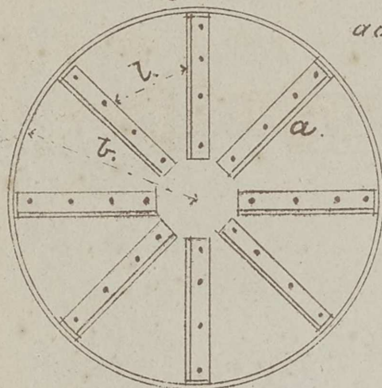

Fig. 45.




Pl XIII.
Fig. 46.
Fig. 47.
Fig. 48.
Fig. 49.
Fig. 50.
Fig. 51.
Fig. 52.
Fig. 53.
Fig. 54.
55.
Adamson
Hick

Pl. XIV.

Fig. 56.




ad: Fig. 56-57.

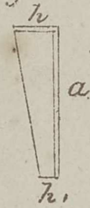



Fig. 57.

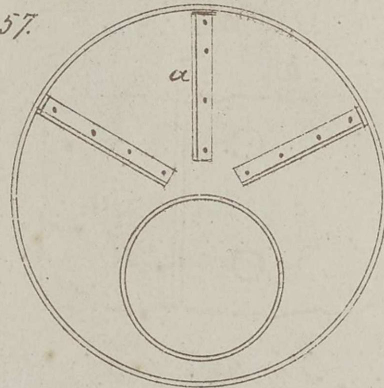



Fig. 58.

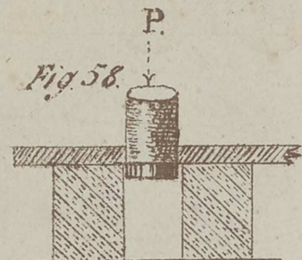



Fig. 60.

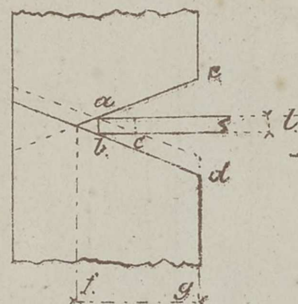
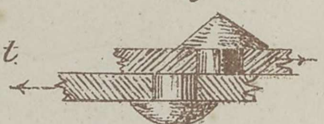



Fig. 59.



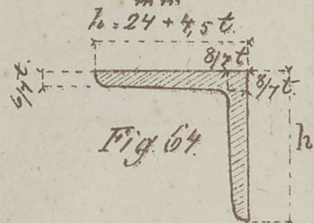



Fig. 64.

Fig. 62.

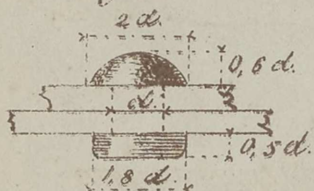



Fig. 61.


Fig. 63.

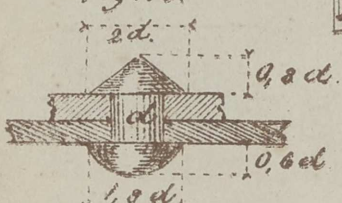
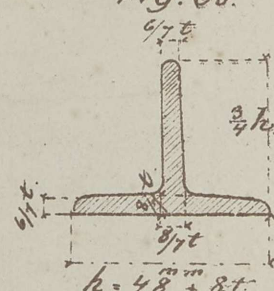



Fig. 65.



Pl. XV.

Fig. 66.

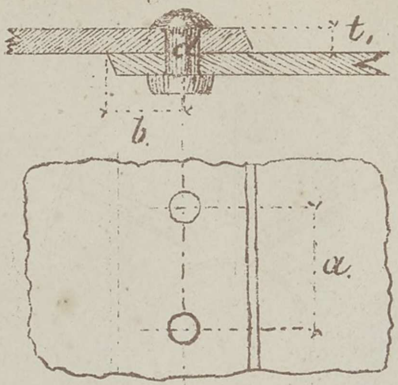



Fig. 67.

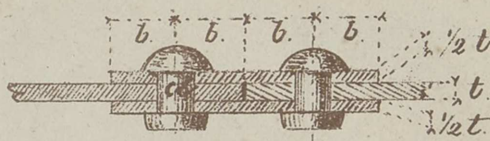



Fig 68.

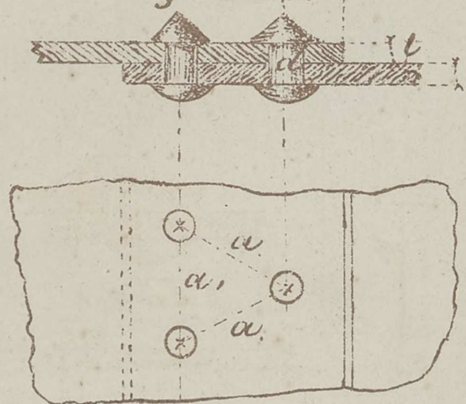



Fig. 69.

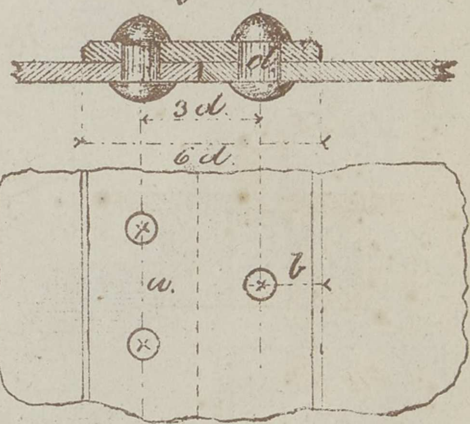
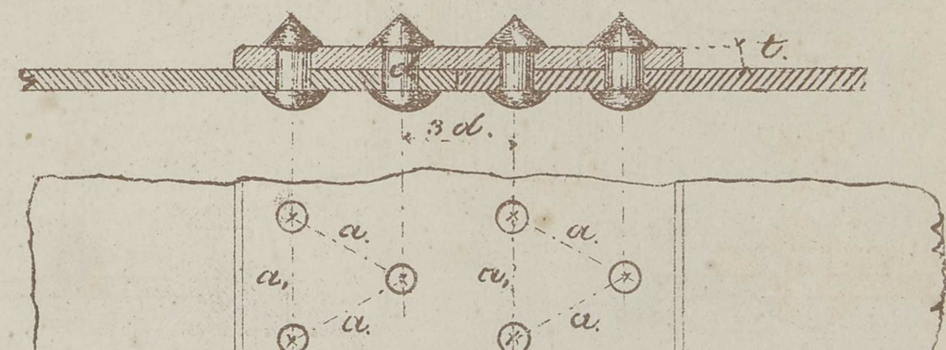



Fig. 70.



Pl. XVI

Fig. 71.

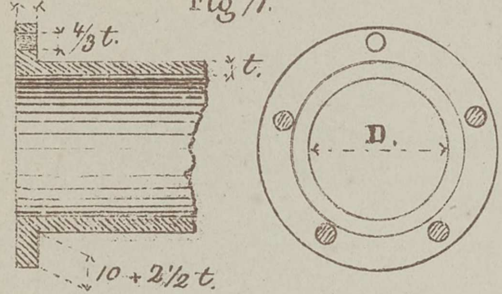



Fig. 72.

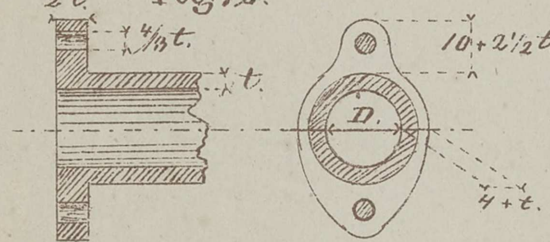
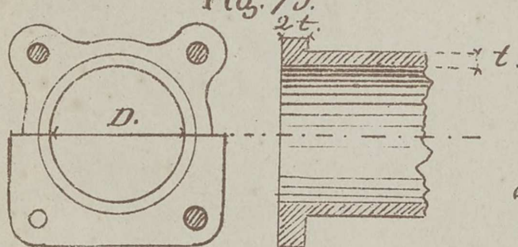
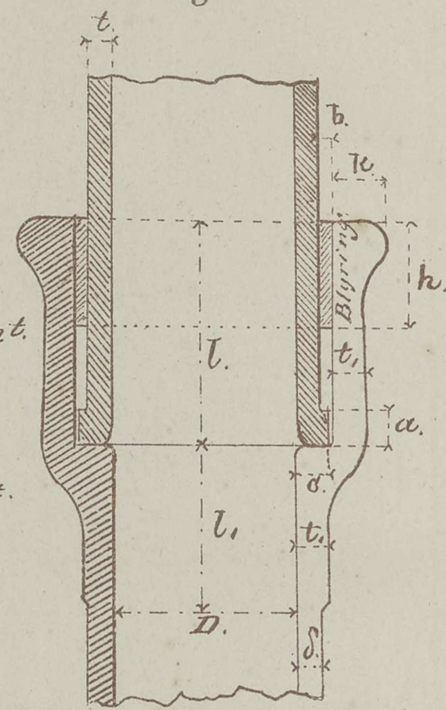



Fig. 73.




Øren og Huller som Fig. 72.

Fig. 74.




| | |
|---|---|
| $a = 1{,}2\,\delta.$ | $h = 28 + 0{,}07\,D.$ |
| $b = 5 + 0{,}007\,D.$ | $k = 18 + 0{,}0025\,D.$ |
| $c = \delta + (b - 2)$ | $l = 67 + 0{,}11\,D.$ |
| $t_1 = 10 + 0{,}0135\,D.$ | $l_1 = 49 + 0{,}09\,D.$ |

*Alle ubenævnte Tal ved Fig. 71–76 ere Millimeter.*

Fig. 75.

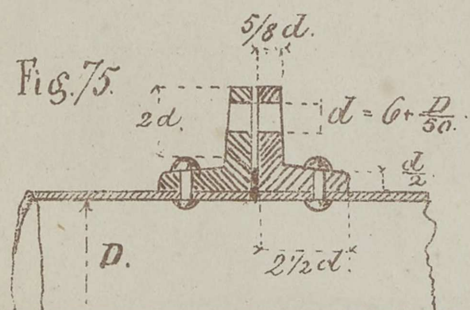
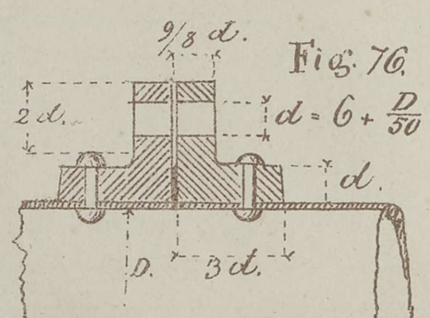



Fig. 76.



Pl. XVII.

Fig. 77. 78.

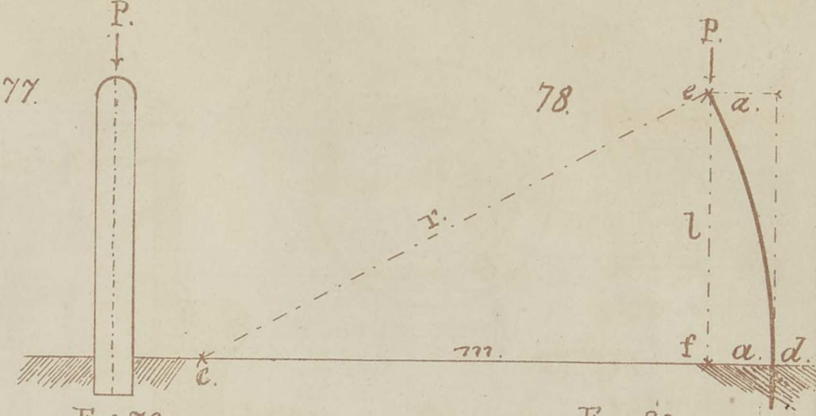



Fig. 79.

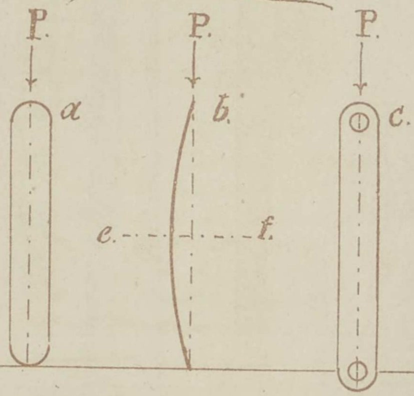



Fig. 80.

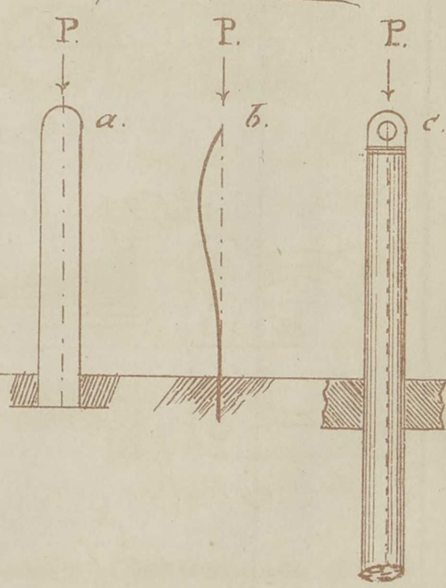



Fig. 81.

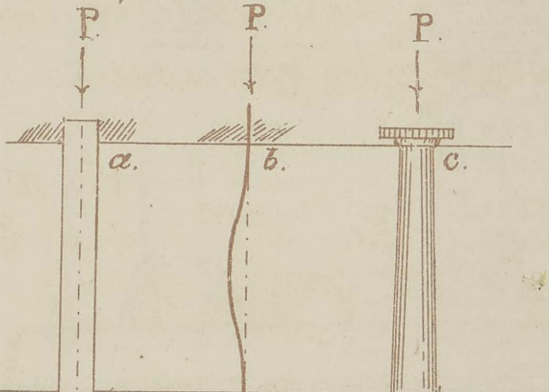
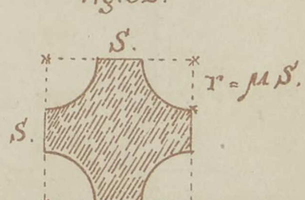



Fig. 82.



Plan XVIII.

Fig. 83.

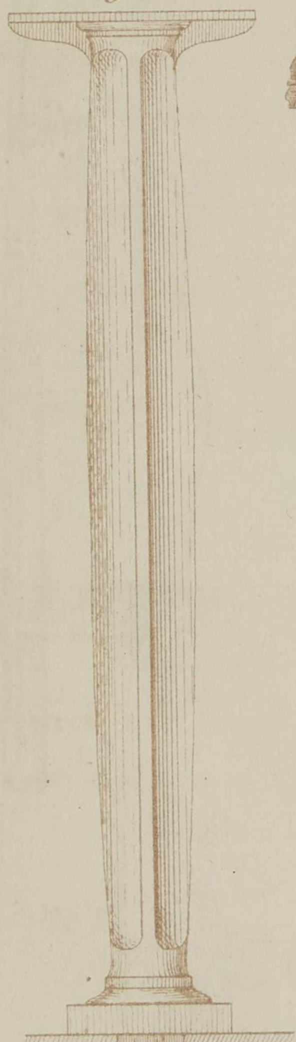


Fig. 84

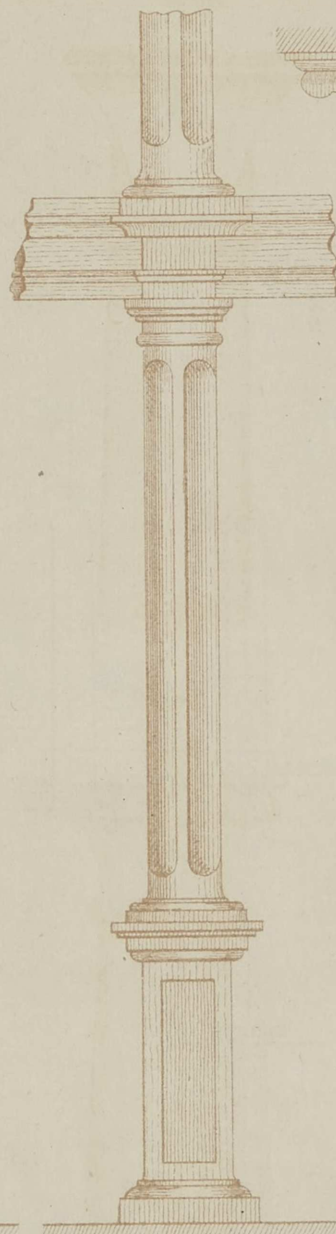
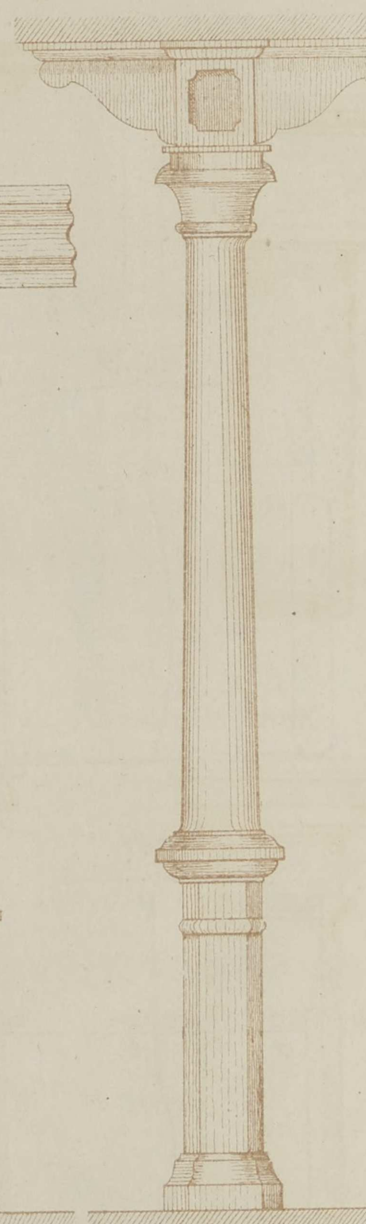


Fig. 85.



Plan XIX.

Fig. 86.

Fig. 87.

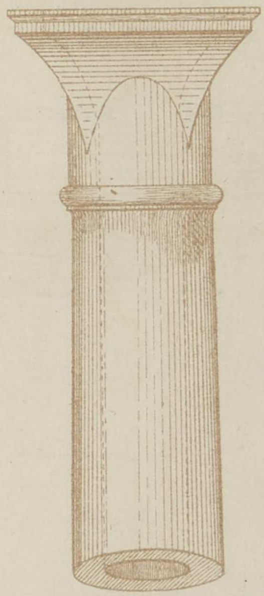


Fig. 88.

Fig. 89.

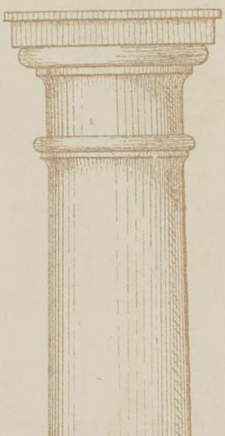
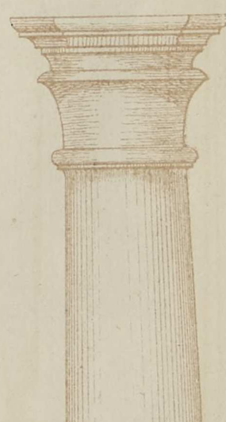


Fig. 90.

Fig. 91.



Plan XX.

*Fig. 92.*

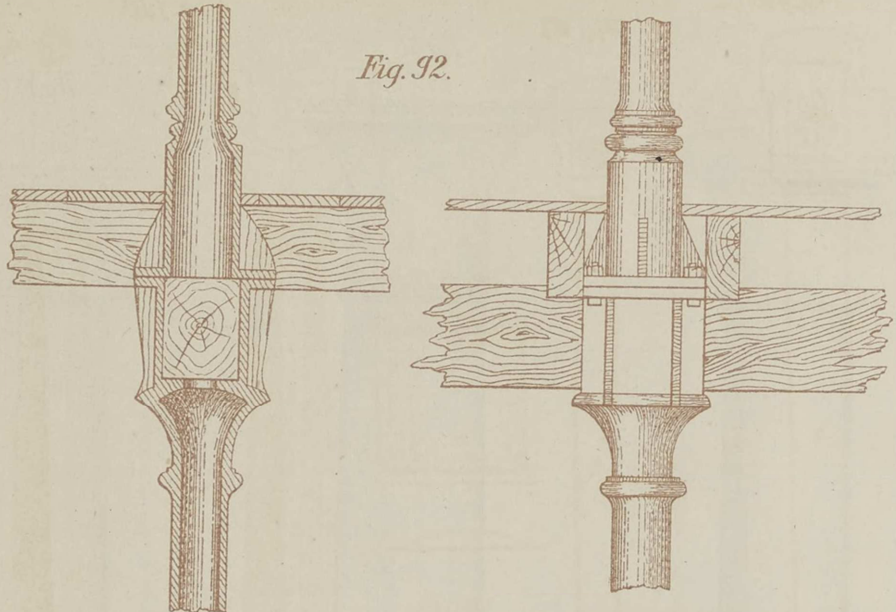


*Fig. 93.*

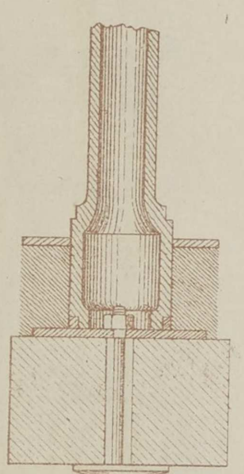


*Fig. 94.*

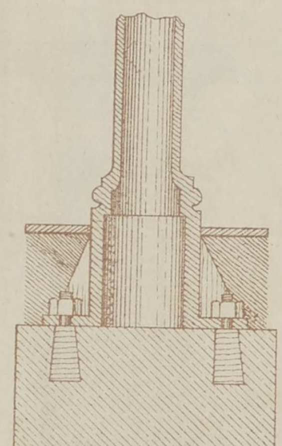
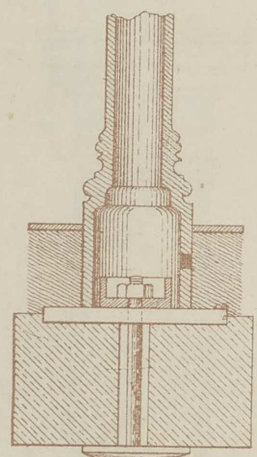
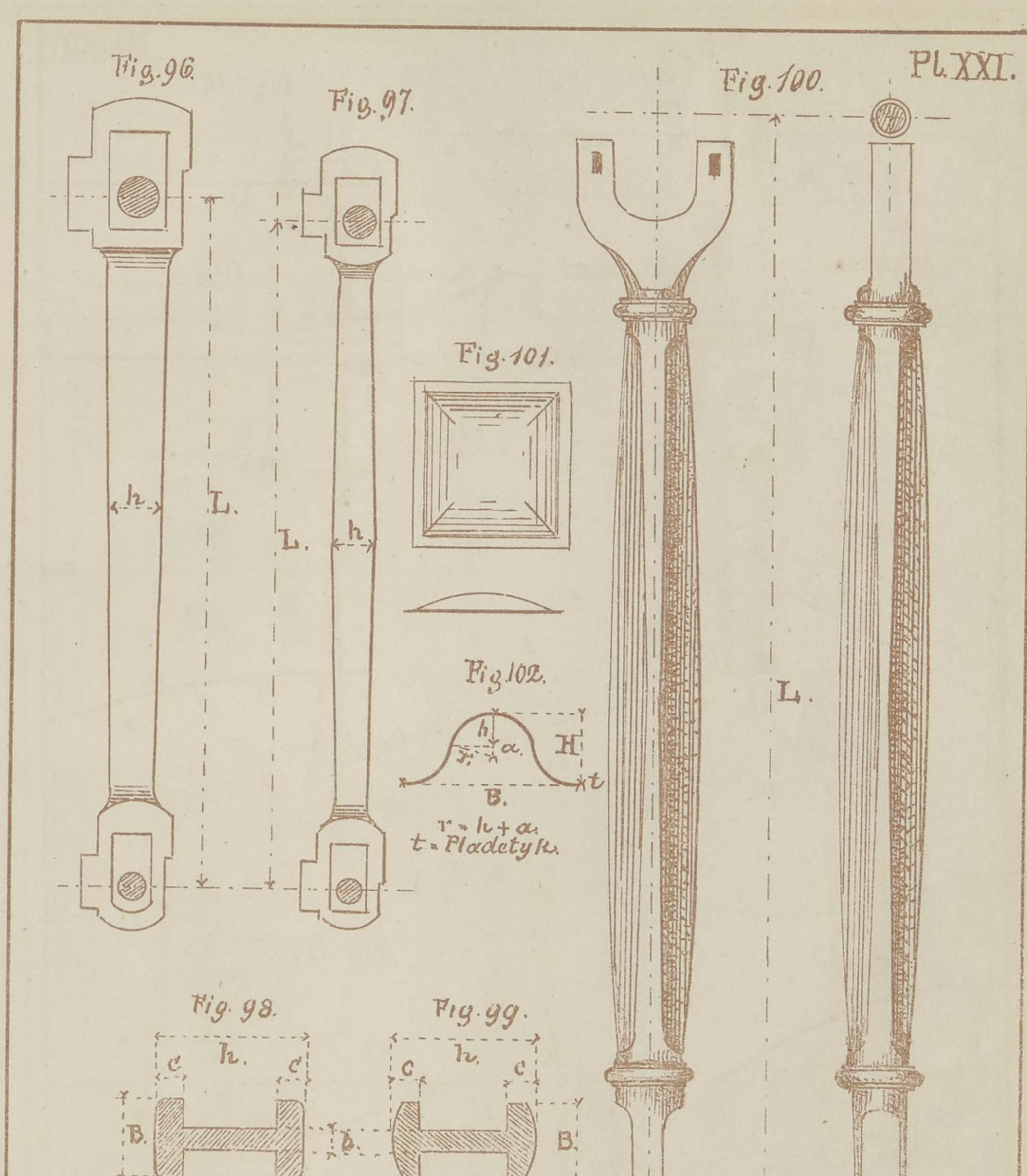


*Fig. 95.*




Pl. XXI.
Fig. 96.
Fig. 97.
Fig. 100.
Fig. 101.
Fig. 102.
h
a
r
H
t
B.
r = h + a.
t = Pladetyk.
L.
Fig. 98.
Fig. 99.
c
h.
B.
b.
Fig. 103.
I.
II
III.
3.
1.
2.
4.

Pl. XXII.

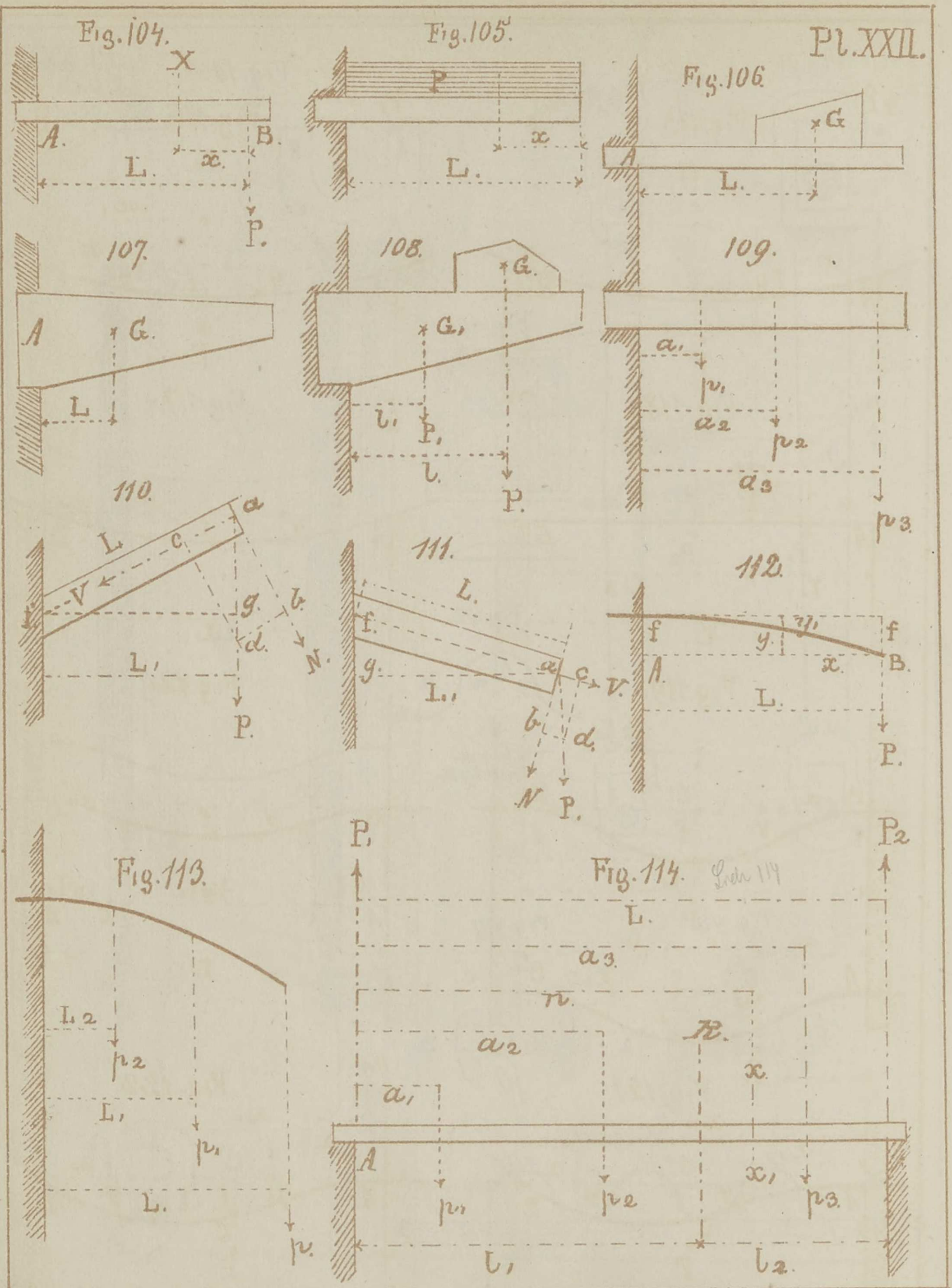


Fig. 104.
X
A.
B.
x.
L.
P.
Fig. 105.
P
x
L.
Fig. 106.
G
A
L.
107.
A
G.
L
108.
G.
G,
l,
P,
l.
P.
109.
a,
p,
a2
p2
a3
p3
110.
a
L
c
V
g.
b.
d.
L,
N.
P.
111.
L.
f.
g.
a
c
V.
L,
b
d.
N
P.
112.
f
y.
y,
f
A.
x.
B.
L.
P.
Fig. 113.
L2
p2
L,
p,
L.
p.
P,
P2
Fig. 114.
L.
a3.
n.
a2
R.
x.
a,
A
x,
p,
p2
p3.
l,
l2.

Lich 110

Pl. XXIII.

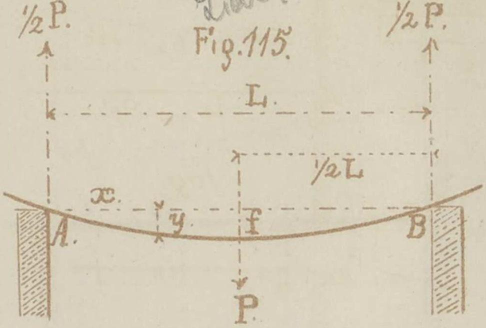



Fig. 115.

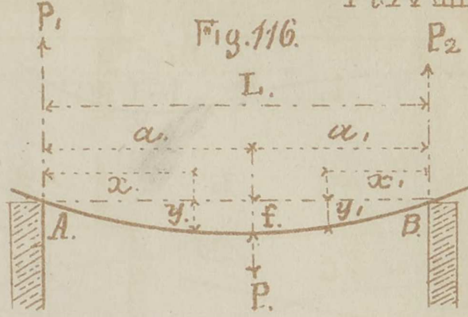



Fig. 116.

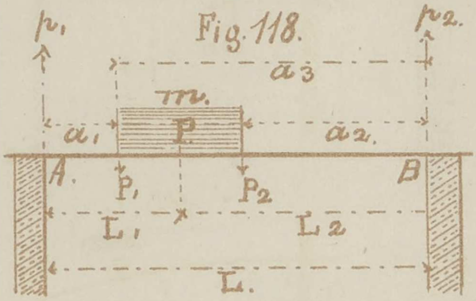



Fig. 118.

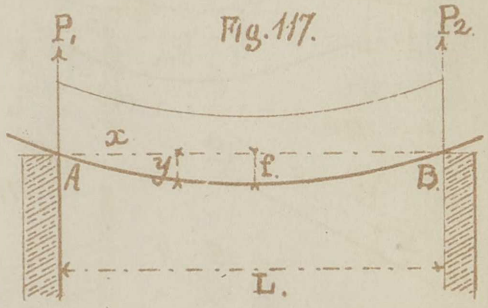



Fig. 117.

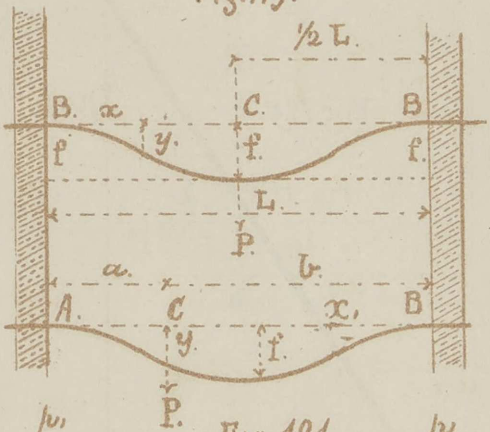



Fig. 119.

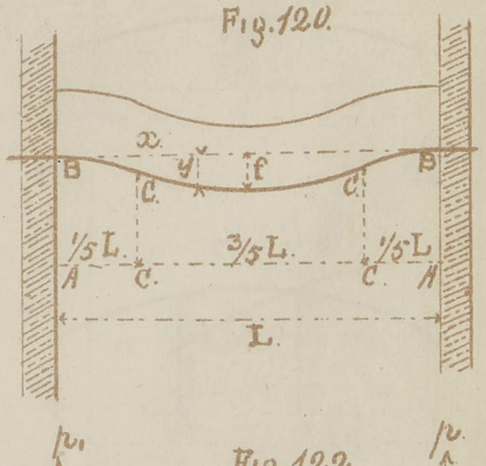



Fig. 120.

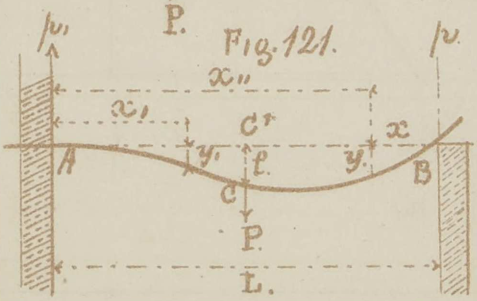



Fig. 121.

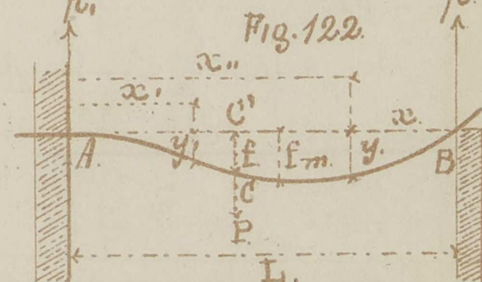



Fig. 122.

Pl. XXIV.

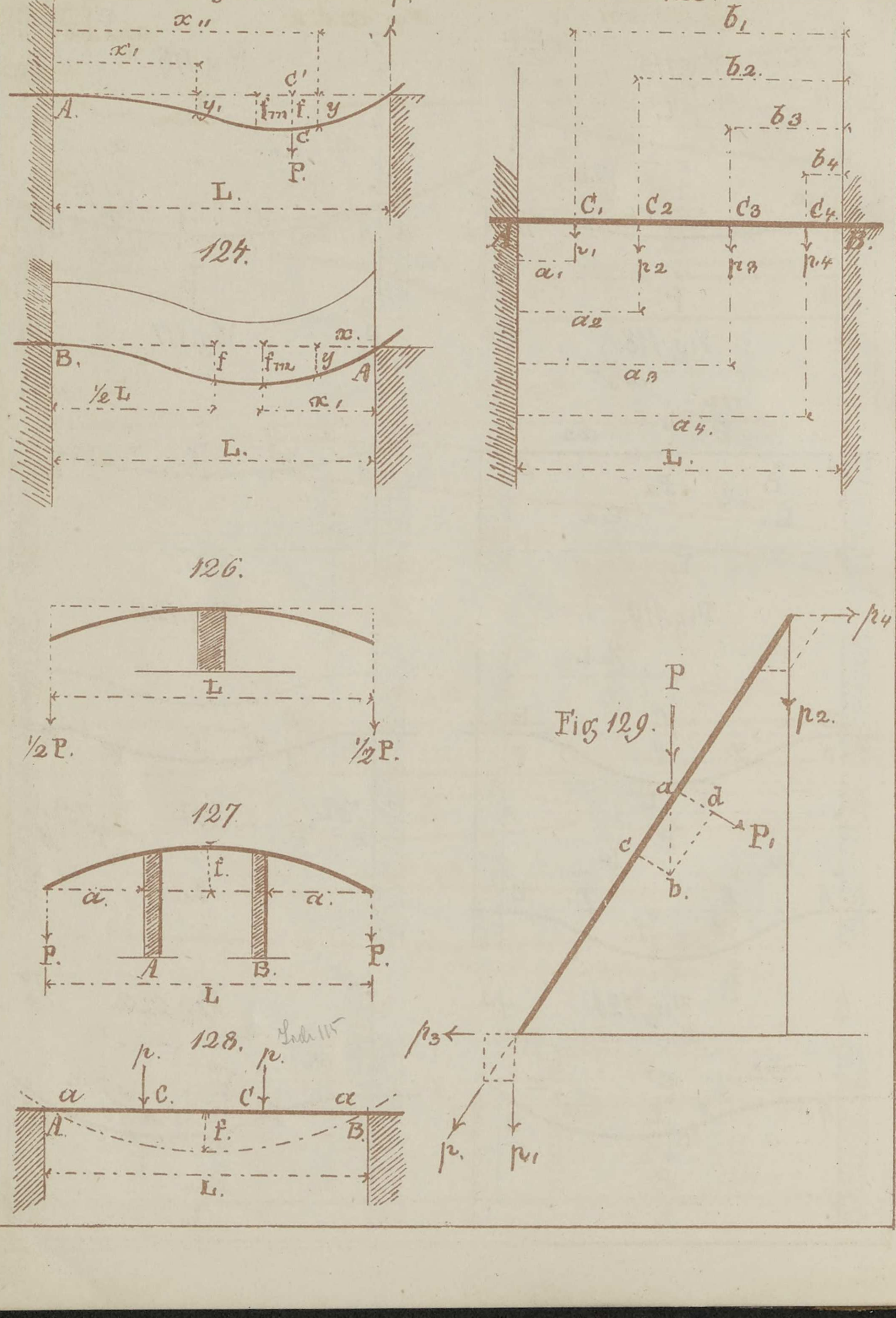
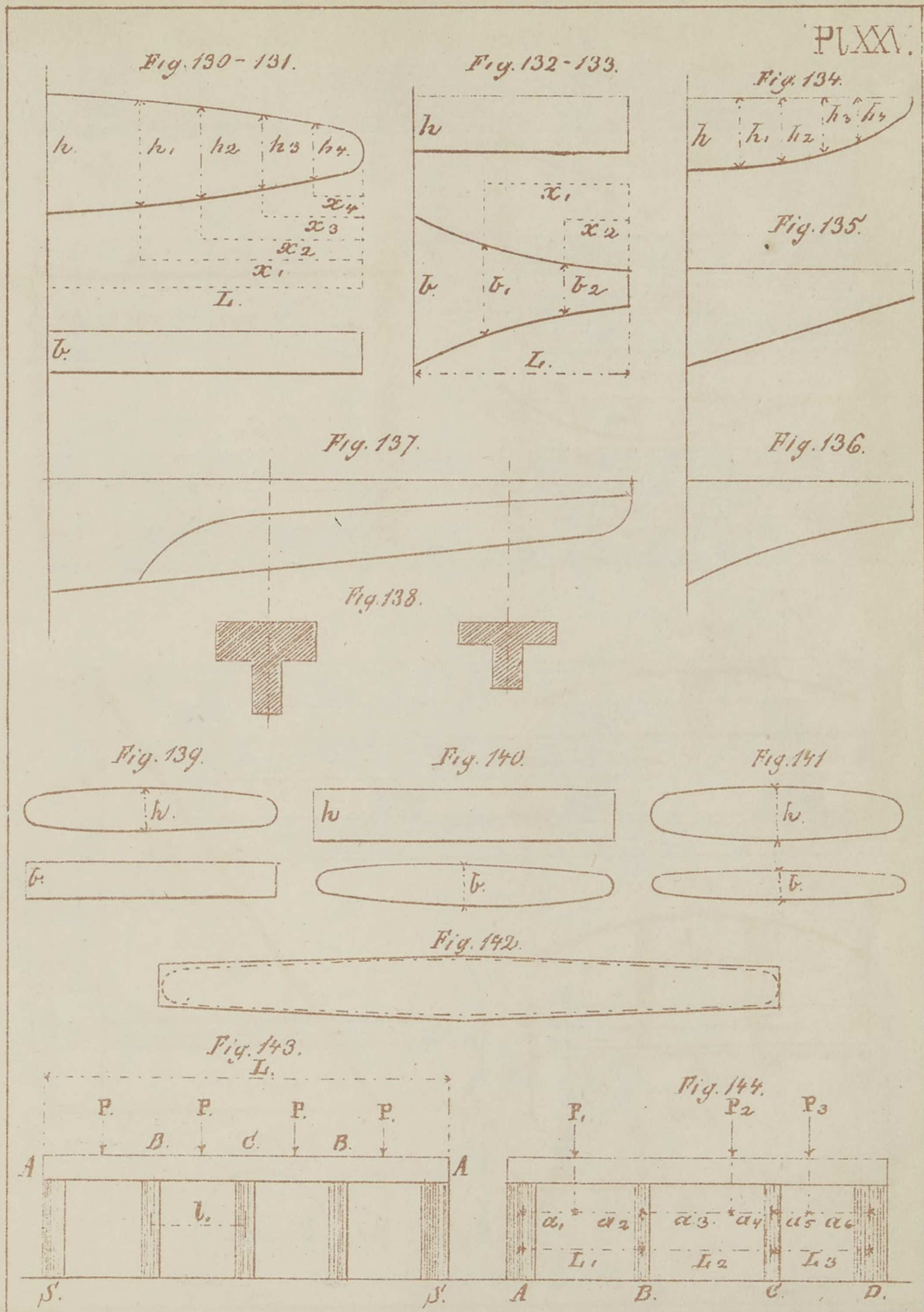
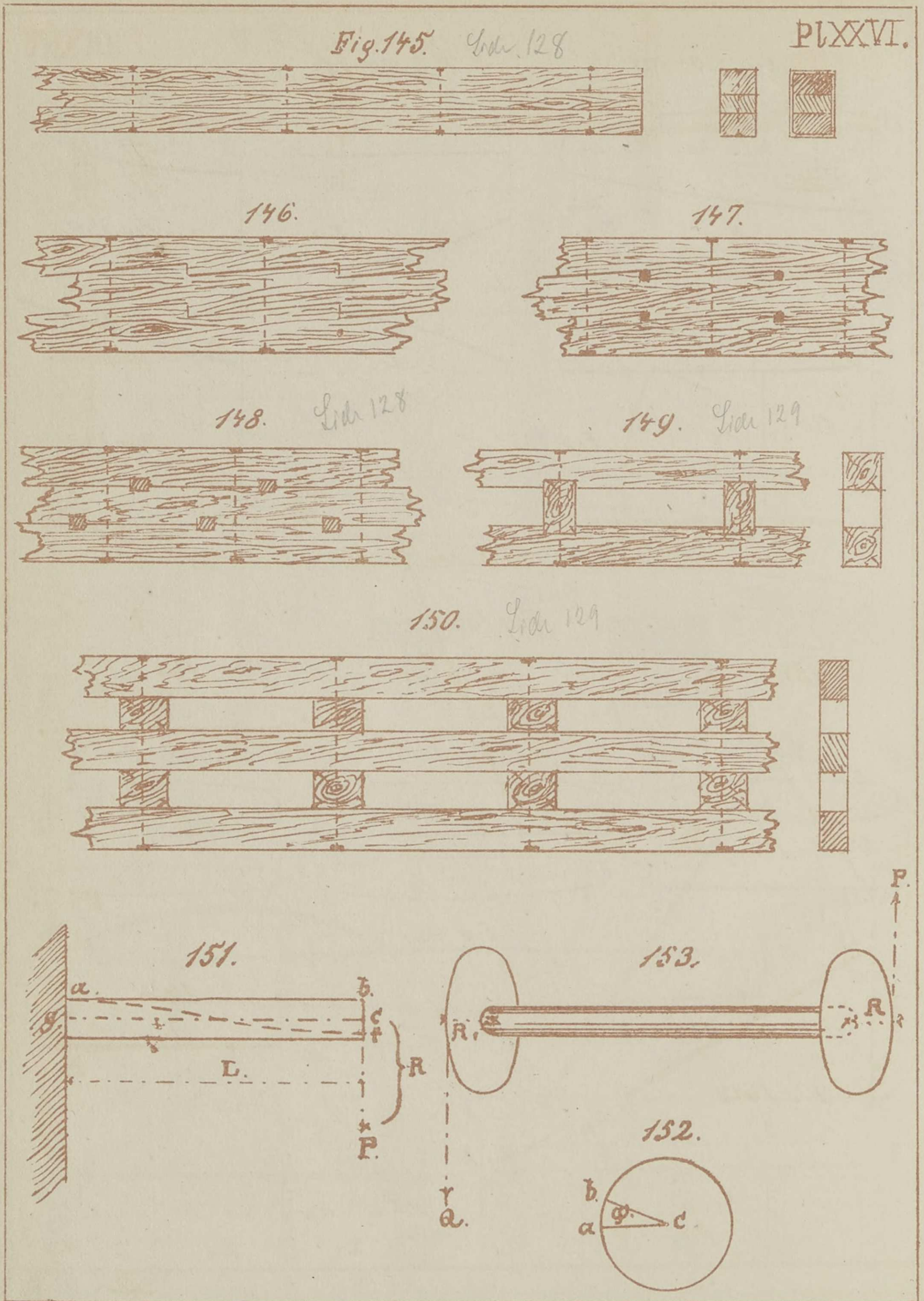


Fig. 123.
$p_1$
$p.$
$x_{11}$
$x_1$
$c'$
A.
$y_1$
$f_m$
f.
y
c
P.
L.
124.
x.
B.
f
$f_m$
y
A
½ L
$x_1$
L.
125.
$b_1$
$b_2$
$b_3$
$b_4$
$C_1$
$C_2$
$C_3$
$C_4$
A.
B.
$p_1$
$p_2$
$p_3$
$p_4$
$a_1$
$a_2$
$a_3$
$a_4$.
L.
126.
L
½ P.
½ P.
127
f.
a.
a.
P.
P.
A
B.
L
128.
p.
p.
a
c.
C'
a
A.
f.
B.
L.
Fig. 129.
P
$p_4$
$p_2$.
a
d
$P_1$
c
b.
$p_3$
p.
$p_1$


Pl. XXI.
Fig. 130-131.
h. h1 h2 h3 h4
x4 x3 x2 x1
L.
b.
Fig. 132-133.
h
x1 x2
b. b1 b2
L.
Fig. 134.
h h1 h2 h3 h4
Fig. 135.
Fig. 137.
Fig. 136.
Fig. 138.
Fig. 139.
h.
b.
Fig. 140.
h
b.
Fig. 141
h.
b.
Fig. 142.
Fig. 143.
L.
P. P. P. P.
B. C. B.
A A
l.
S. S.
Fig. 144.
P1 P2 P3
a1 a2 a3 a4 a5 a6
L1 L2 L3
A B. C. D.


Pl. XXVI.
Fig. 145.
Side 128
146.
147.
148.
Side 128
149.
Side 129
150.
Side 129
151.
a.
b.
c
L.
R
P.
153.
R,
R
P.
Q.
152.
b.
a
φ.
c

Pl XXVII.

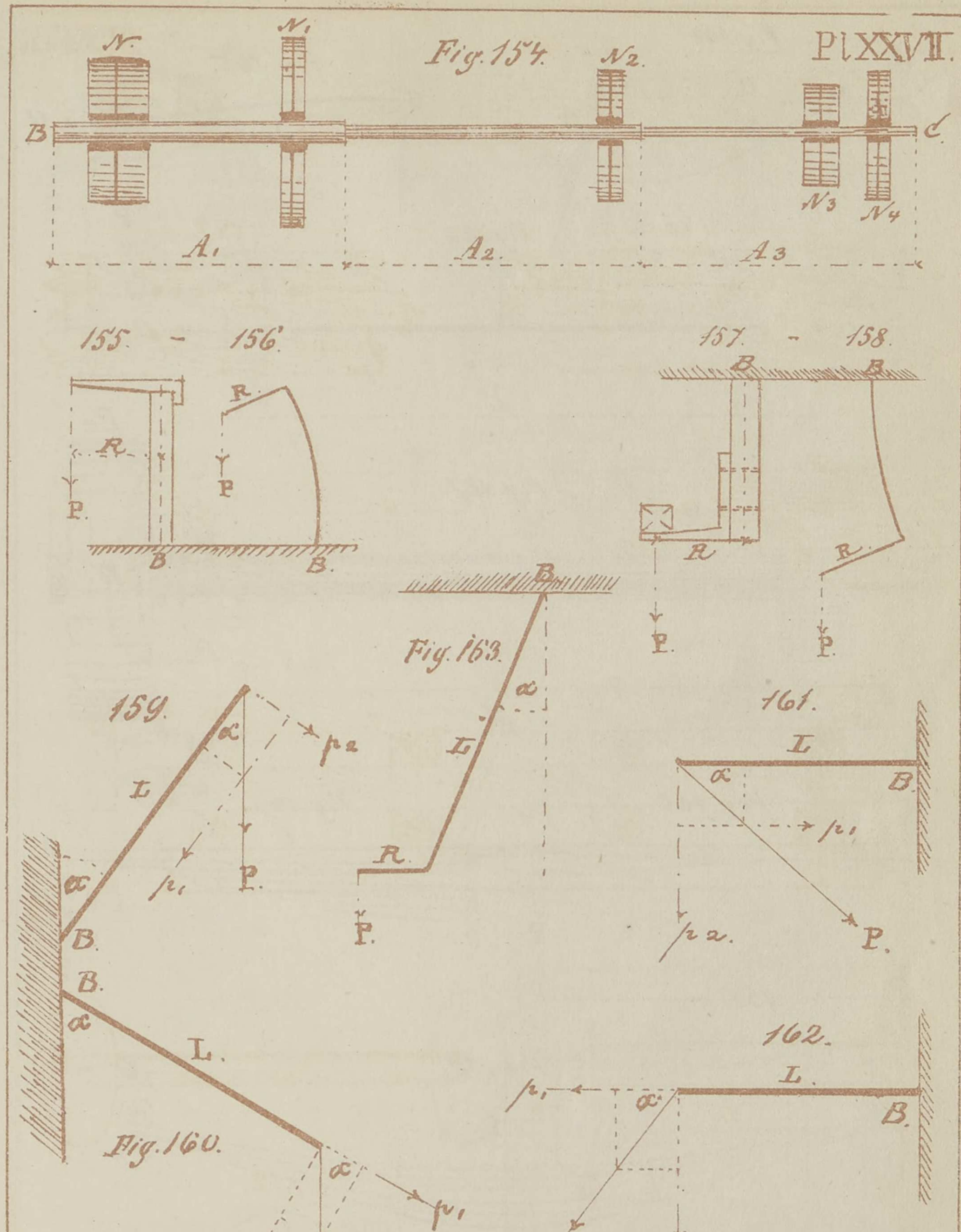
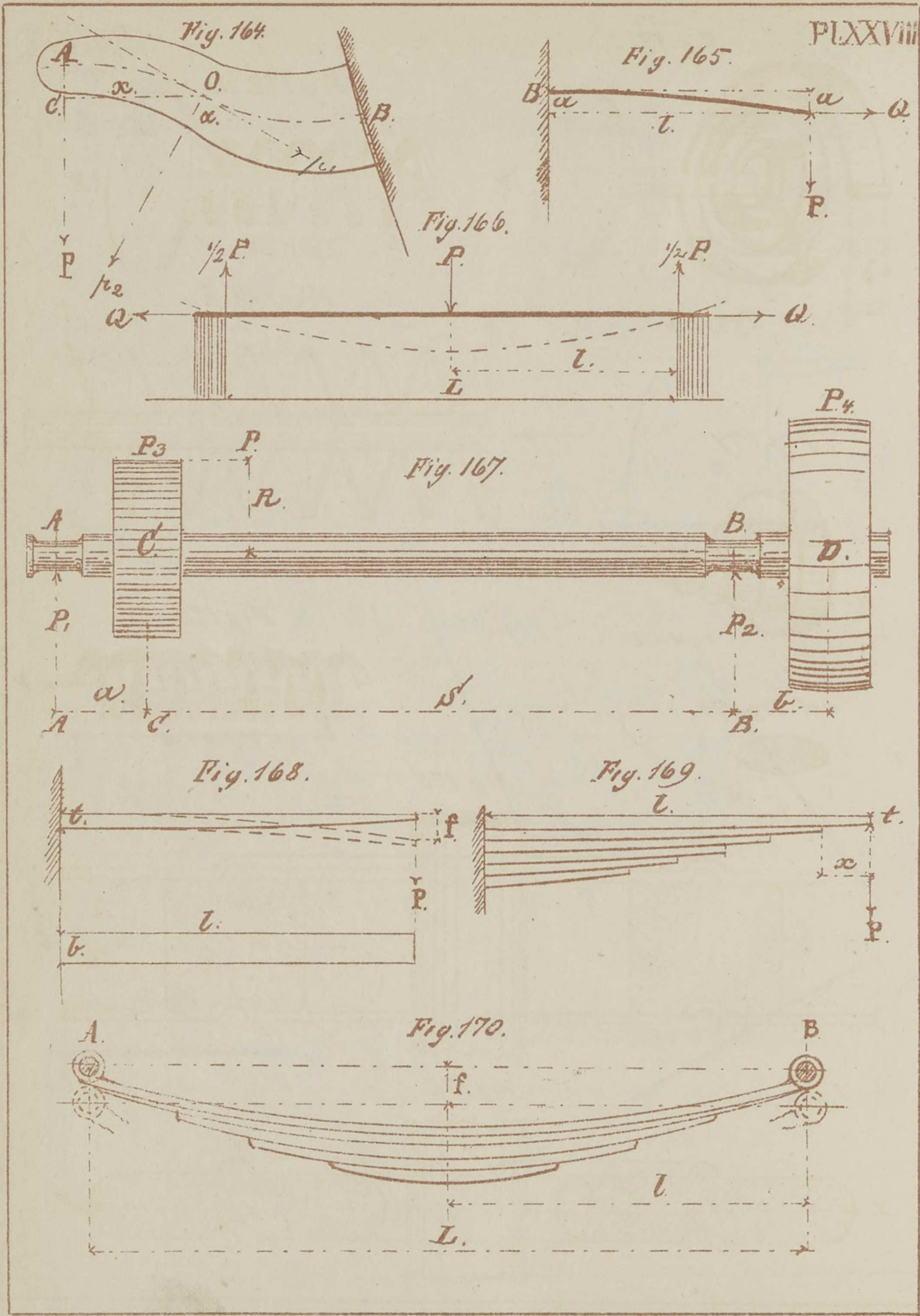


Fig. 154.
N.
N1
N2
N3
N4
B
C
A1
A2
A3
155 - 156.
157 - 158.
R
P
B.
Fig. 163.
α
L
159.
p1
p2
161.
162.
L.
Fig. 160.


Pl XXVIII
Fig. 164.
A
O.
x.
c.
α.
B.
P
Fig. 165.
B
a
a
l.
Q.
P.
Fig. 166.
½ P.
P.
½ P.
Q
Q.
l.
L
P3
P.
P4.
Fig. 167.
R.
A
C.
B.
D.
P1
P2.
a.
S.
b.
A
C.
B.
Fig. 168.
t.
f
P.
l.
b.
Fig. 169.
l.
t.
x
P.
Fig. 170.
A.
B
f.
l
L.

Pl. XXIX.

Fig. 171.

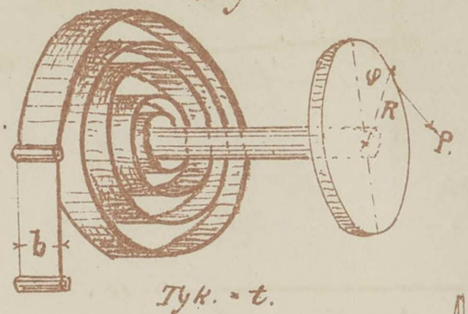



Fig. 172. a.

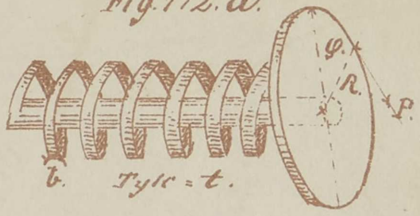



Fig. 172. b.

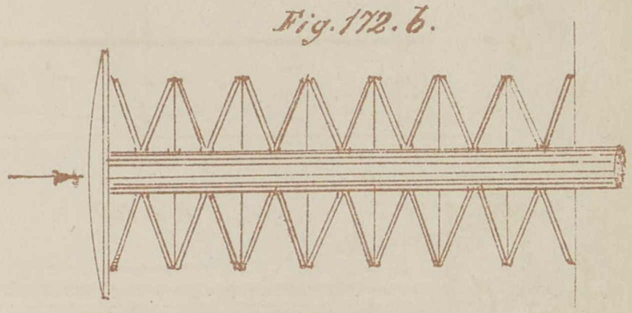
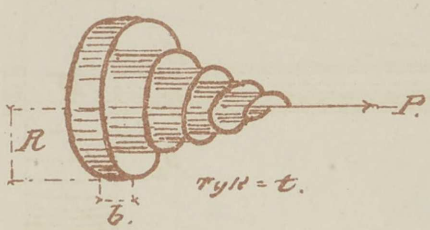


Fig. 174.




ad. Fig. 174.

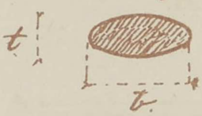



Fig. 173.


Fig. 175.

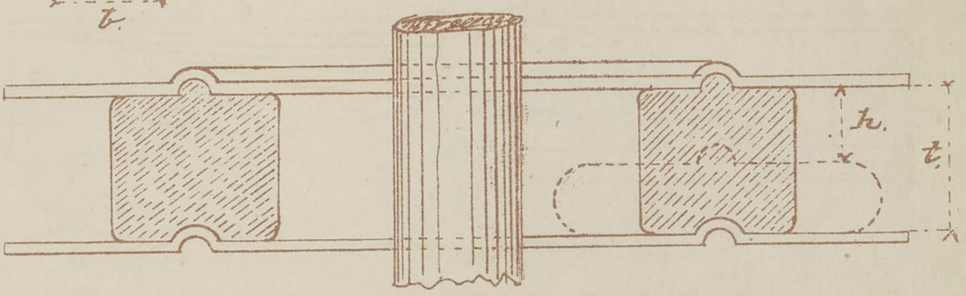



Fig. 176.

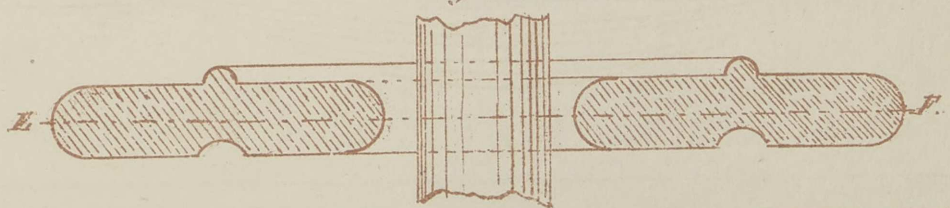


Fig. 177. a.

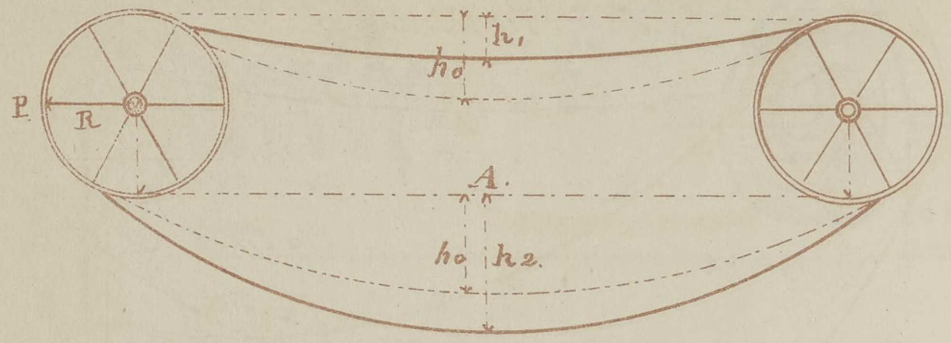



Fig. 177. b.

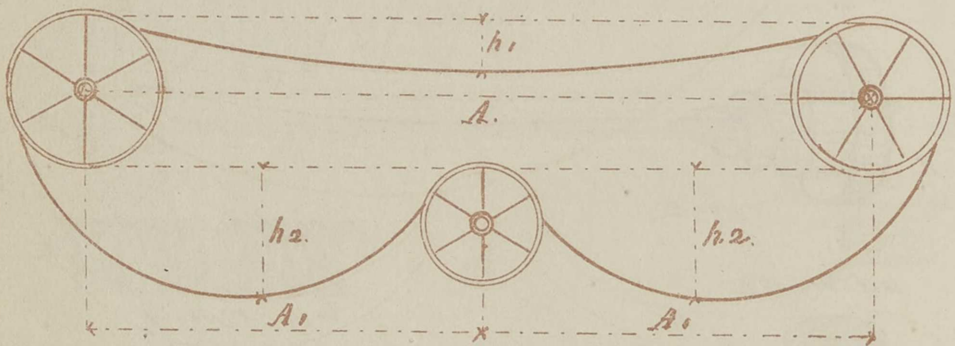
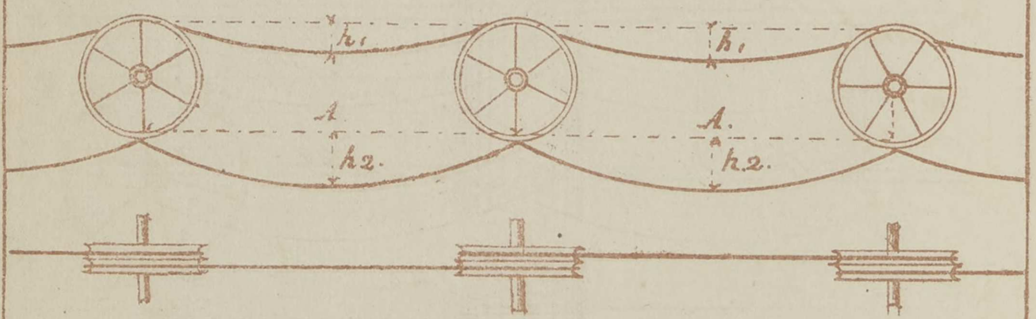



Fig. 177. c.



Pl. XXXI.

Fig. 177. d.

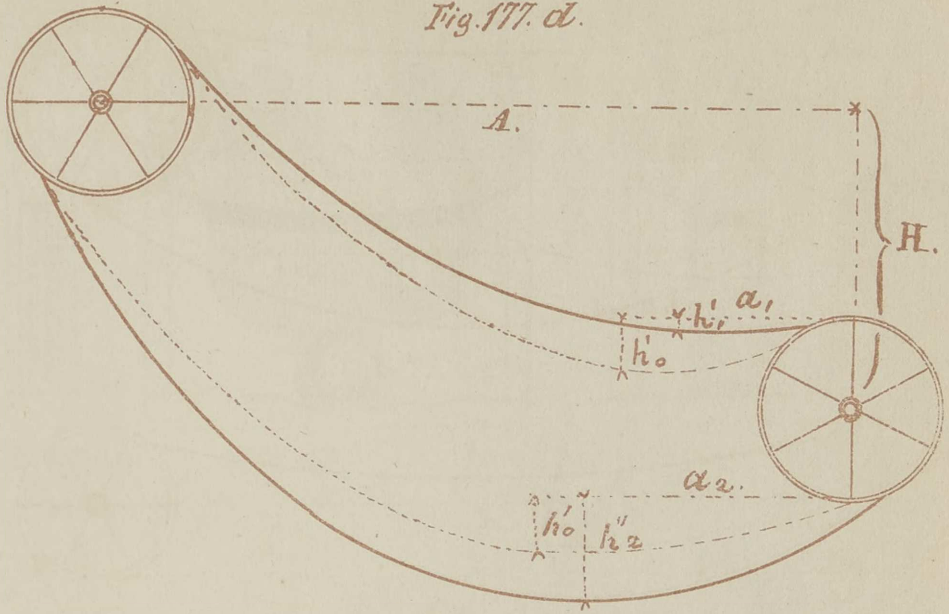
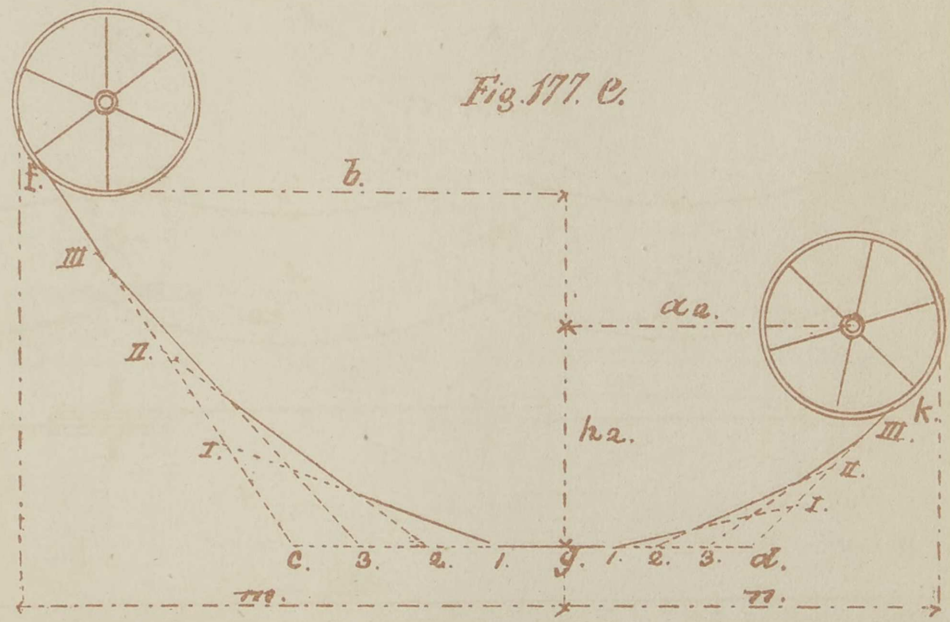



Fig. 177. e.



Pl. XXXII.

Fig. 177. f.

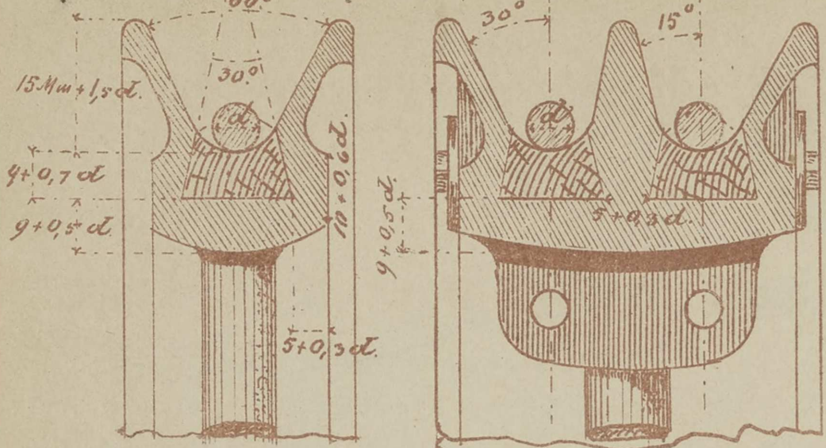



Fig. 178.


Fig. 179.

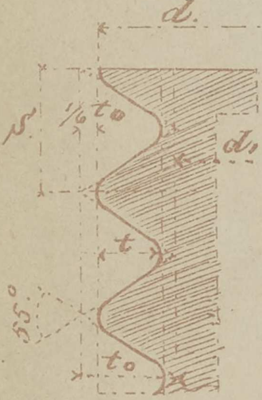



Fig. 180.

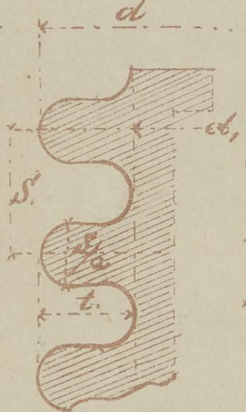



Fig. 181.

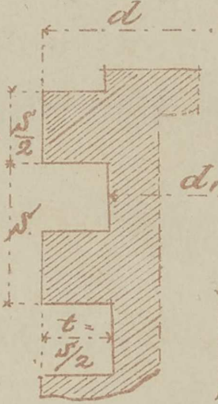
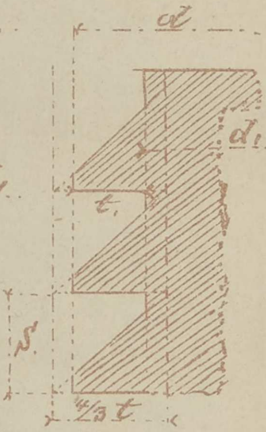



Fig. 182.




$S = 1 + 0{,}08\,d$ i Mm. $t_0 = 0{,}96\,S.$

$d_1 = 0{,}9\,d \div 1{,}3$ Mm. $t = 2/3\,t_0$

Fig. 183.

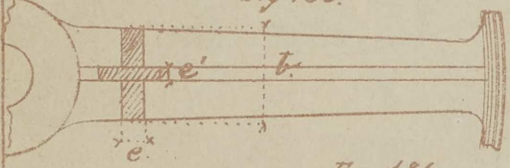



Fig. 184.


Fig. 185.

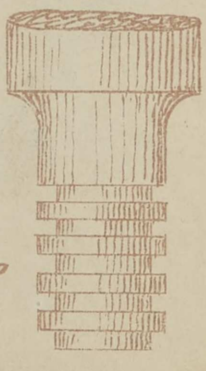


Fig. 186.