

TECHNISCHE UNIVERSITEIT EINDHOVEN

FACULTEIT BOUWKUNDE Constructief Ontwerpen (BCO)

**Colleges Constructief Ontwerpen Materialen A: staal- en
houtconstructies / COMa / 7P112**

Herfsttrimester / donderdag 3e en 4e uur

Docenten : prof. ir. H.H. Snijder (staal)
ir. F. Schot (hout)

STAALCONSTRUCTIES (prof.ir. H.H. Snijder)

College 1 t/m 4

1 Introductie, Gebouwen

2 *Materiaaleigenschappen en Constructiedelen*

3 Ontwerp en berekening: Liggers

4 Ontwerp en berekening: Kolommen
Verbindingen

HOUTCONSTRUCTIES (ir. F.Schot)

College 5 t/m 8

TOEPASSINGEN VAN STAAL

-
- ```
graph TD; A[TOEPASSINGEN VAN STAAL] --> B[EISEN]; B --> C[SOORTEN]; C --> D[SOORTEN:]; D --> E[Ongelegeerd ↔ gelegeerd constructiestaal]; E --> F[roestvast staal]; F --> G[weervast staal]; G --> H[gietstaal]; H --> I[gietijzer];
```
- gebouwen
  - schepen
  - bruggen
  - machines
  - kunstwerken
  - apparaten
  - meubels
  - fietsen

EISEN

SOORTEN

SOORTEN:

Ongelegeerd ↔ gelegeerd  
constructiestaal  
roestvast staal  
weervast staal  
gietstaal

gietijzer

MATERIAALKEUZESTAALSOORT

## STERKTE

Fe 360 = Fe E 235 = S 235

Fe 430 = Fe E 275 = S 275

Fe 510 = Fe E 355 = S 355

STAALKWALITEIT

## CHEMISCHE

B = JR lasbaarheid  
 C = J0 taaiheid  
 D = J2 brosse breuk

## SAMENSTELLING

## STRUCTUUR

(DD) = K2

## CONSTRUCTIESTAAL

sterkte  
taaiheid  
lasbaar  
vervormbaar

- ongelegeerd of gelegeerd
- walsmethode / nabehandeling

NEN-EN 10025      ongelegeerd constructiestaal

NEN-EN 10113      fijnkorrelig constructiestaal

warmgewalst

| <b>EN 10025<br/>soort</b> | <b>Kwaliteiten</b>    | <b>EN 10113<br/>soort</b> | <b>Kwaliteiten</b>    |
|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| <b>S 235</b>              | <b>JR, JO, J2</b>     |                           |                       |
| <b>S 275</b>              | <b>JR, JO, J2</b>     | <b>S275</b>               | <b>N, M, NL en ML</b> |
| <b>S 355</b>              | <b>JR, JO, J2, K2</b> | <b>S355</b>               | <b>N, M, NL en ML</b> |
|                           |                       | <b>S420</b>               | <b>N, M, NL en ML</b> |
|                           |                       | <b>S460</b>               | <b>N, M, NL en ML</b> |

**Constructiestaalsoorten en kwaliteiten volgens  
NEN-EN 10025 en NEN-EN 10113**

S = constructiestaal

355 = minimaal geëiste  
vloeigrens in  $\text{N/mm}^2$

Kerfslagwaarde:

J = min. 27 J (gem.)

K = min. 40 J (gem.)

L = min. 60 J (gem.)

Beproevingstemperatuur:

R = kamertemperatuur

0 = 0 graden Celcius

2 = -20 graden Celcius

4 = -40 graden Celcius

Overige kenmerken:

G, gevolgd door een getal

S 355 J 2 G3

# ROESTVAST STAAL

Staal roest → roest door  
Koper en aluminium ook → maar stopt ondoordringbare  
oxydehuid  
Gelegeerd staal → roestvast staal  
+Cr +Ni +Cu +Al

Toepassing: gevels lateien  
Geringe sterkte (behalve bij duplex)

| Type | Toepassing                                                                        |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 304  | Waar een goede combinatie van corrosiebestendigheid en vervormbaarheid is vereist |
| 304L | Als 304, in combinatie met lasbaarheid (i.v.m. het lagere koolstofgehalte)        |
| 316  | Bij een vervuilde atmosfeer (stedelijke omgeving) of een omgeving vlak bij zee    |
| 316L | Als 316 in combinatie met lasbaarheid                                             |



## WEERVAST STAAL

TU/e

Gelegeerd staal + Cu → weervast staal

echter geringe corrosievastheid in agressief klimaat (zee, industrie)

Corten-staal: vergelijkbaar met constructiestaal

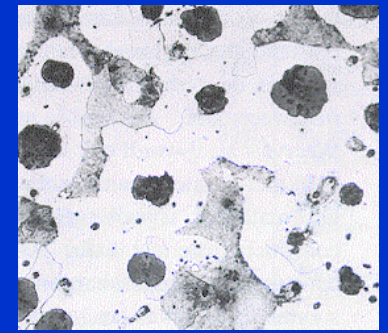
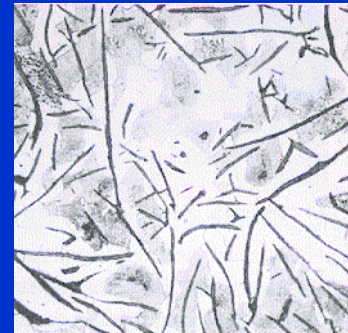
GIETSTAAL \_\_\_\_\_ 0,2 - 0,5% C

gegoten constructiedelen: knopen (krimp)

GIETIJZER \_\_\_\_\_ 2,5 - 3,5% C

slecht lasbaar en weinig krimp

lamellair en nodulair (minder bros)



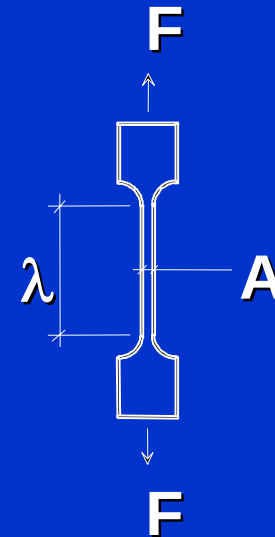
## EIGENSCHAPPEN VAN STAAL

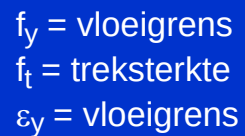
mechanische  
fysische  
milieu

## MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN

\_\_\_\_\_stijfheid  
sterkte

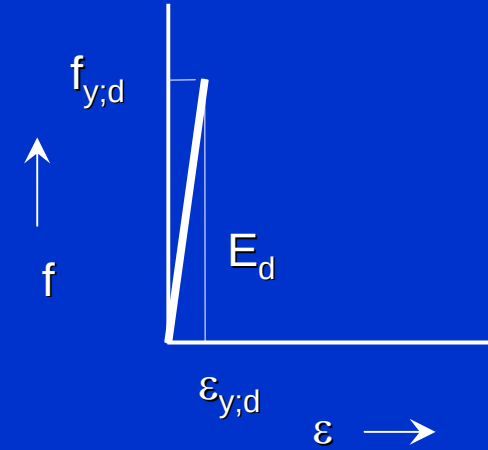
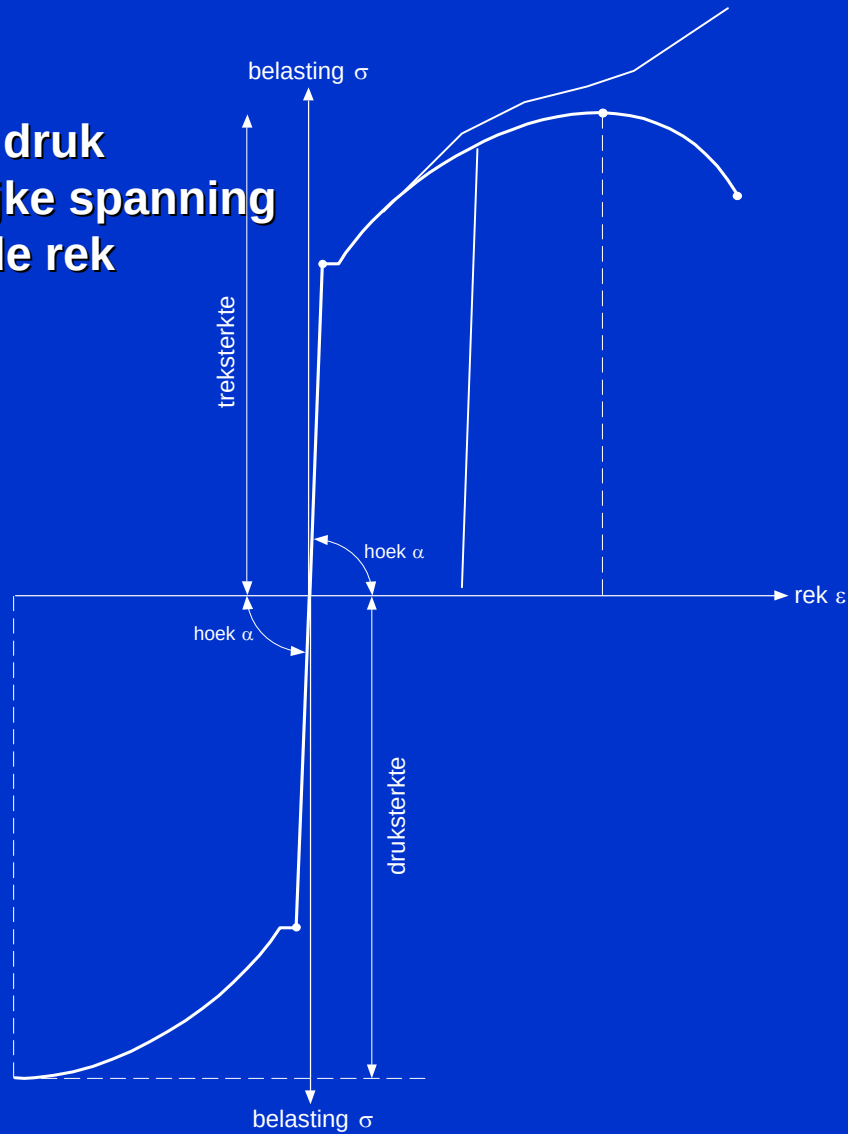
trekproef       $\sigma$  -  $\varepsilon$  - diagram  
 $\sigma = F / A$   
 $\varepsilon = \Delta\lambda / \lambda$



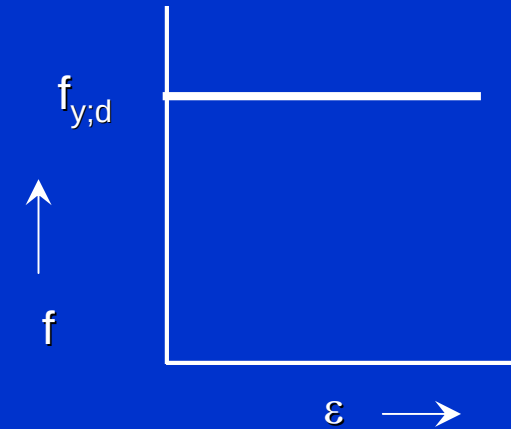


- $\varepsilon_t$  = rek behorende bij de treksterkte  $f_t$
- $\varepsilon_{vl}$  = rek aan het einde van het vloeitraject
- $\varepsilon_u$  = rek na breuk

**Trek en druk**  
**Werkelijke spanning**  
**Blijvende rek**



**Lineair elastisch**



**Star-plastisch**

Rekenwaarden van de      vloeigrens  
treksterkte  
E-modules  
dwarscontractiecoëfficiënt

Hoogwaardige staalsoorten  $f_y > 240 \text{ N/mm}^2$

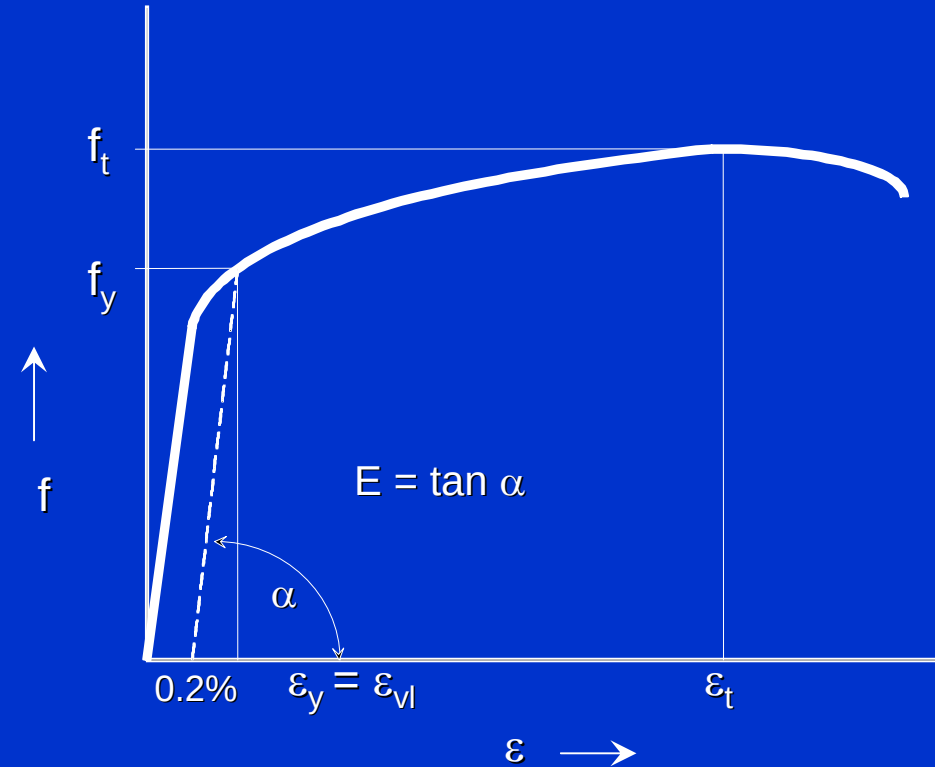
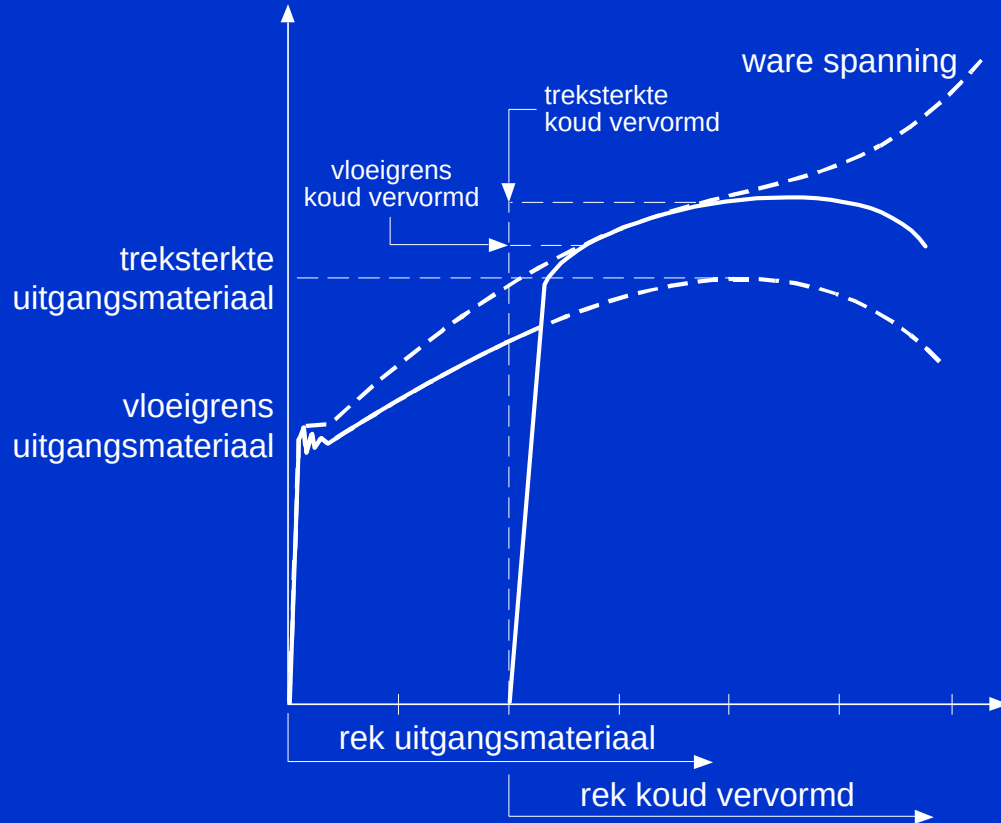
Dit kan door wals- en warmtebehandeling  
(bijvoorbeeld thermomechanisch walsen)

Hoogwaardig laaggelegeerd (HSLA)

Koudvervormen

# Koudvervormen

TU/e



**Geen vloeiplateau**  
 **$f_y$  of  $f_{0,2}$  0,2% rekgrens**

Staalsoort → sterkte

- Economische aspecten

| Staalsoort | verh. Prijs | verh. $f_y$ | arbeids-<br>loon | lasbaar-<br>heid      |
|------------|-------------|-------------|------------------|-----------------------|
| S 235      | 1           | 1           | 1                | normaal               |
| S 355      | 1,15        | 1,5         | 1,15             | Met voor-<br>zorg     |
| S 460      | 1,5         | 1,9         | >                | Zeer veel<br>voorzorg |
| S 1200     | 2           | 5           | ?                | Alleen in<br>lab      |

- Technische aspecten

**sterkte**

$$F = A f_y$$

$$M = W f_y$$

**stijfheid**

$$\delta = \alpha q \lambda^4 / EI$$

**stabiliteit**

knik:

{

$$\text{slank } F_E = \pi^2 EI / \lambda^2$$

$$\text{gedrongen } F = A f_y$$

plooi:

}

idem

kip:

**vermoeiing** aantal wisselingen



# CORROSIE

TU/e

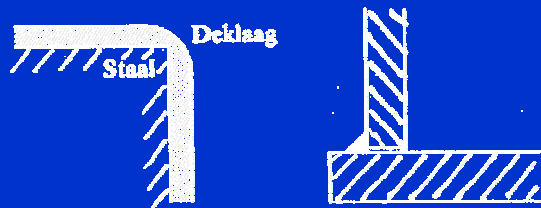
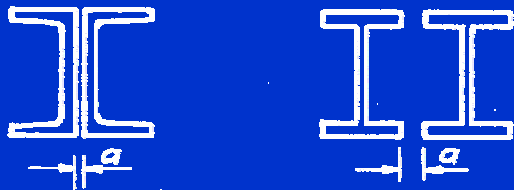
Staal + water geeft: IJzeroxide  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  Roest met volumevergroting 2  
Corrosiegevoeligheid wordt bepaald door:

- Milieu
- Ontwerp
- Verfsysteem
- Thermisch verzinken

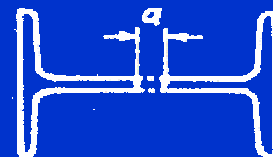
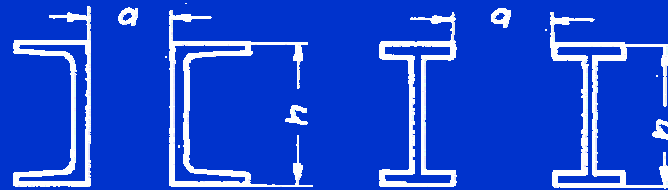
## Milieu

Agressiviteit van het klimaat

vatbaar voor corrosie



beter



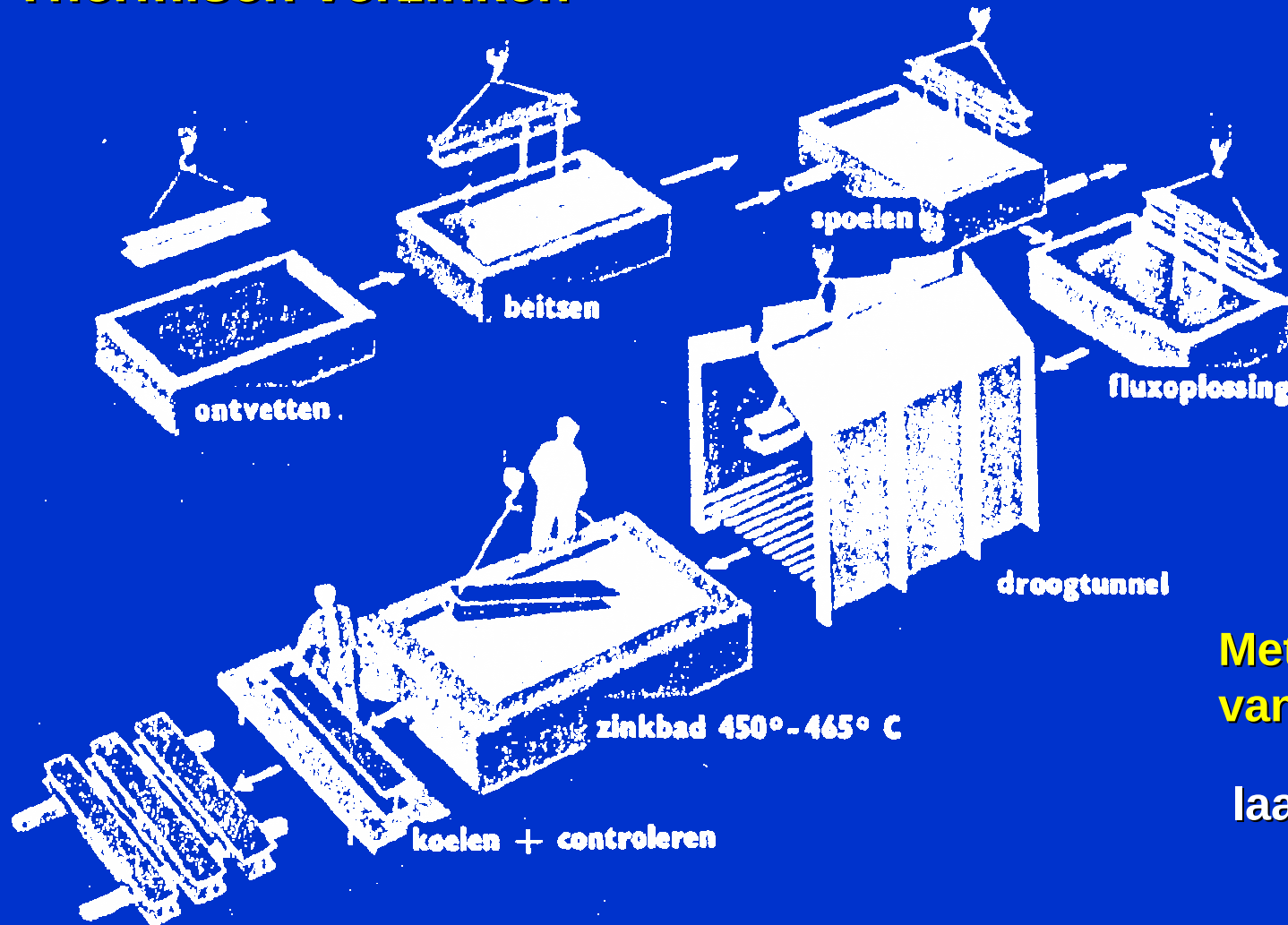
afwateringsopeningen  
 $\varnothing > 30 \text{ mm}$

|        |                            |                                       |
|--------|----------------------------|---------------------------------------|
| 120 µm | 25 µm toplaag              | weerstand atmosfeer, esthetica        |
|        | 30 µm tussenlagen<br>30 µm | opbouw laagdikte                      |
|        | 35 µm grondlaag            | basis, hechting, initiële bescherming |
|        | reinheid ruw oppervlak     |                                       |
|        | staal                      |                                       |

Walshuid verwijderen en reinigen staal door stralen Sa 2,5

# Thermisch verzinken

TU/e



**Metallische verbinding  
van zink op staal**

laagdikte 80  $\mu\text{m}$

Kans op brand: ca. 25% gedurende levensduur

|              |   |        |   |                    |
|--------------|---|--------|---|--------------------|
| Persoonlijke | } | schade | { | 90 personen / jaar |
| Materiële    |   |        |   | 1,2 miljard        |

Risico = kans x schade

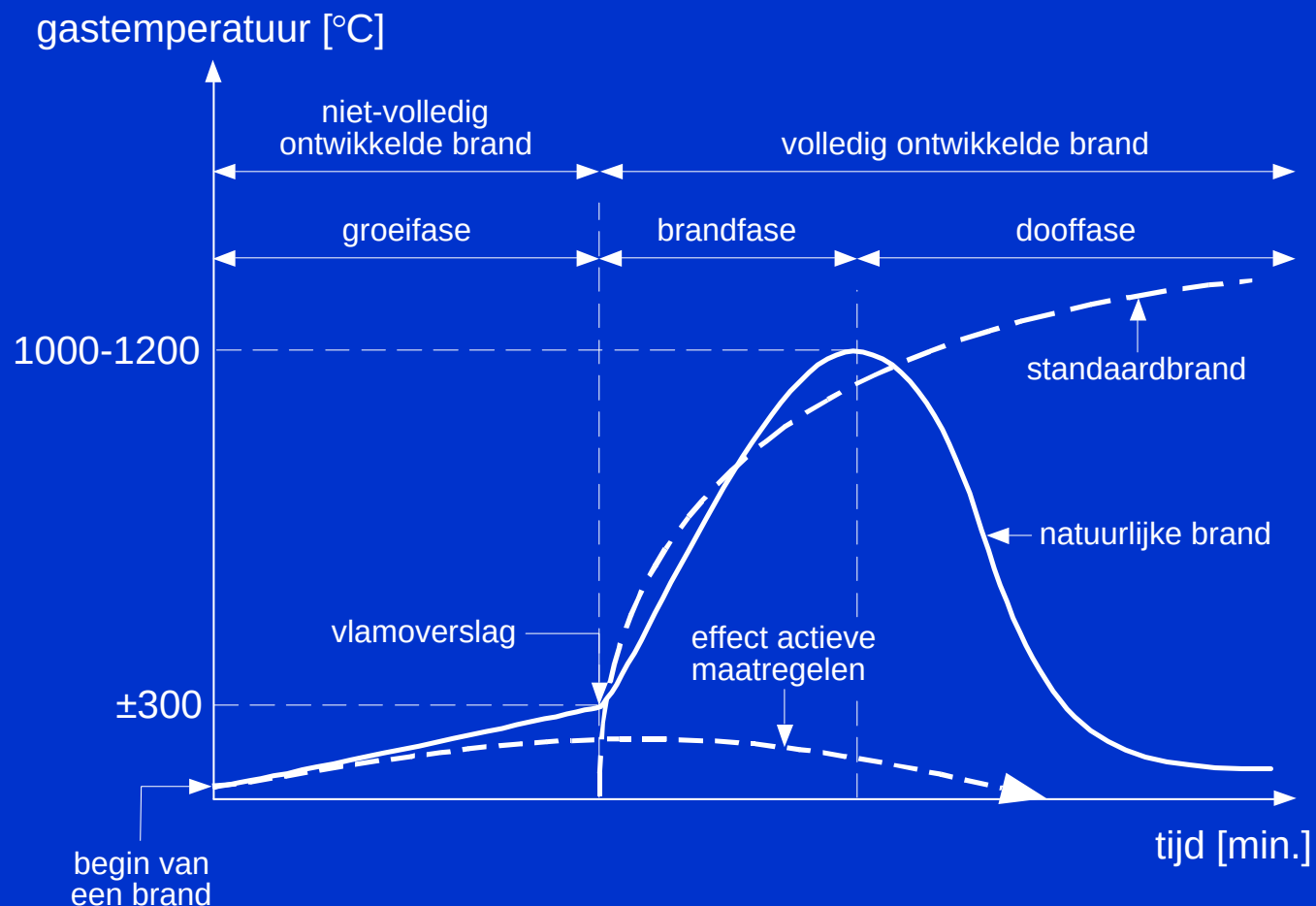
Eis ten aanzien van Brandwerendheid:

Tijd gedurende welke geen bezwijken  
optreedt bij de standaardbrand

# Temperatuur neemt toe in de tijd

## Natuurlijke brand

## Standaard brandkromme



**Sterkte  $f_y$  en stijfheid  $E$  nemen af**

**Belasting kan niet meer gedagen worden: bezwijken**

**Vertragen door brandwerende voorzieningen te treffen**

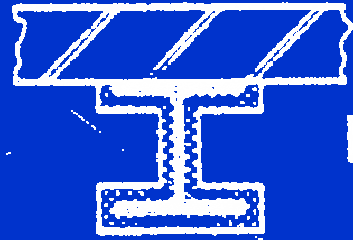
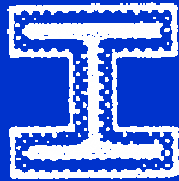
- Bouwkundige integratie
  - liggers in de vloer
  - kolommen in de gevel

} trage opwarming

gecombineerd met dunne bekleding/spuitlaag/  
opschuimende verf
- Isolerende bekleding
  - kokervormig rond profiel
  - profielvolgende bespuiting
  - opschuimende verf (brandwerende verf)
  - b.v. gips
  - b.v. minerale vezels / vermiculiet
  - schuim isoleert

# Isolerende bekledingen

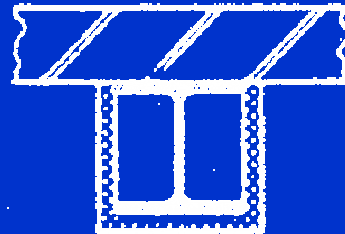
kolom



ligger

profielvolgend

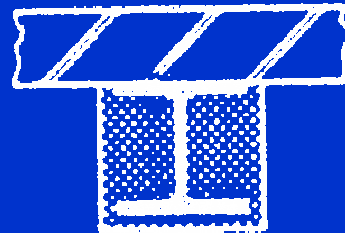
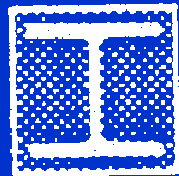
kolom



ligger

kokervormig

kolom



ligger

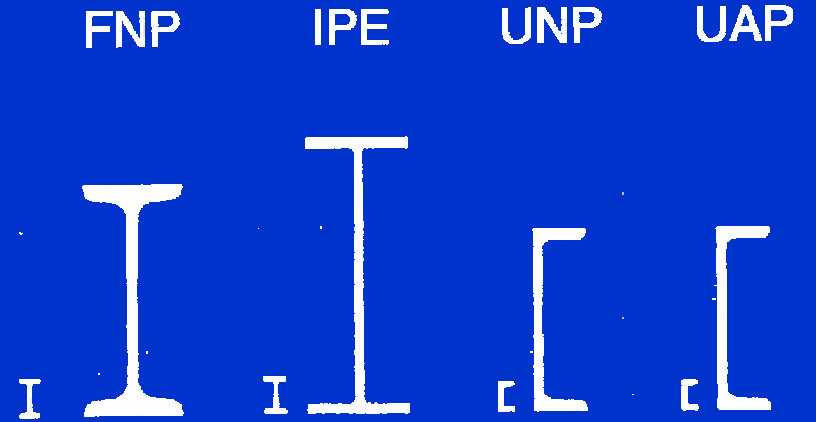
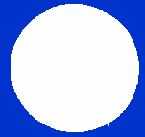
massief

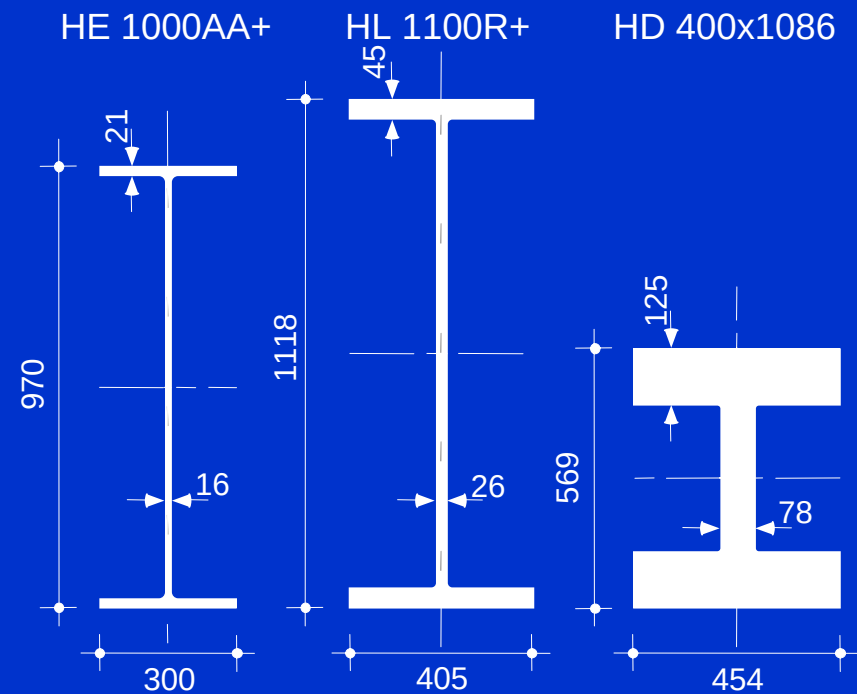
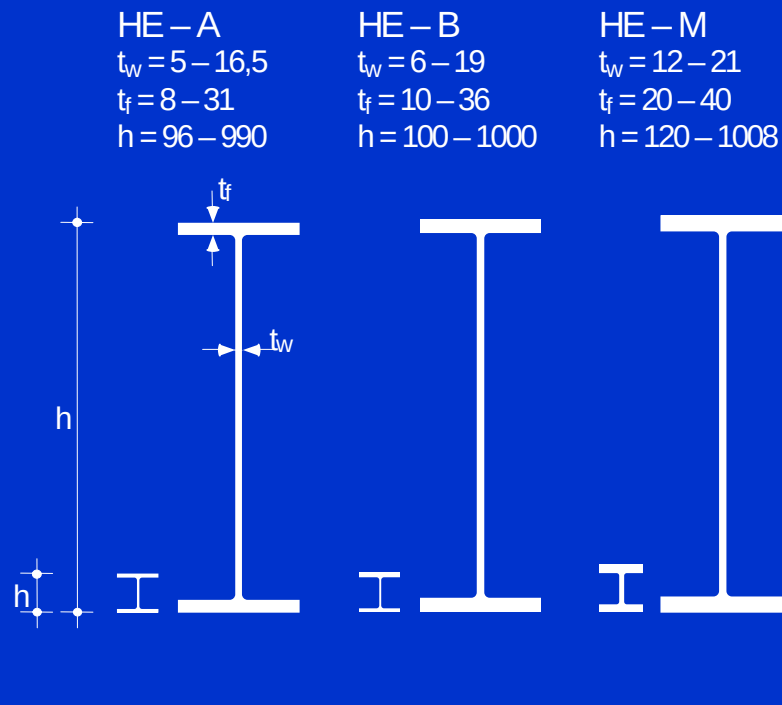


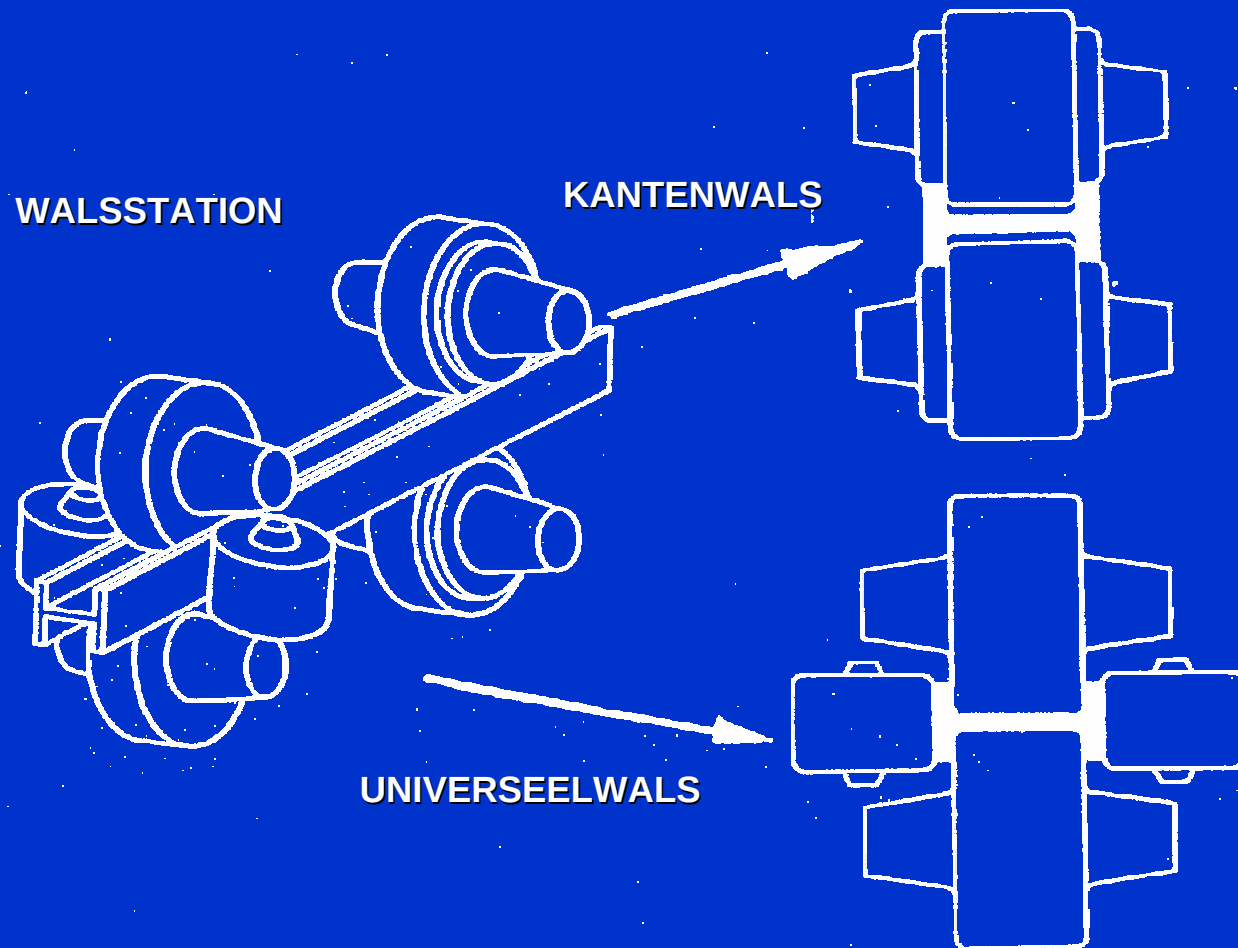
# CONSTRUCTIEDELEN

## WALSPRODUCTEN

- **PROFIELSTAAL**
- **BREEDFLENSPROFIELEN**
- **BUIZEN**
- **PLAAT**

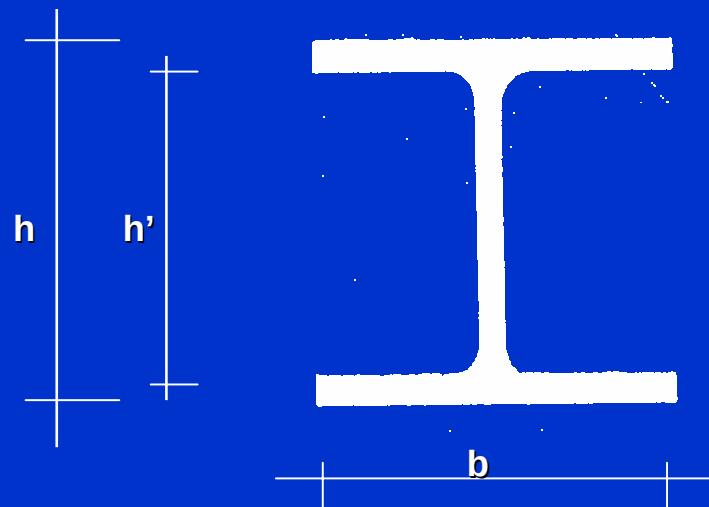
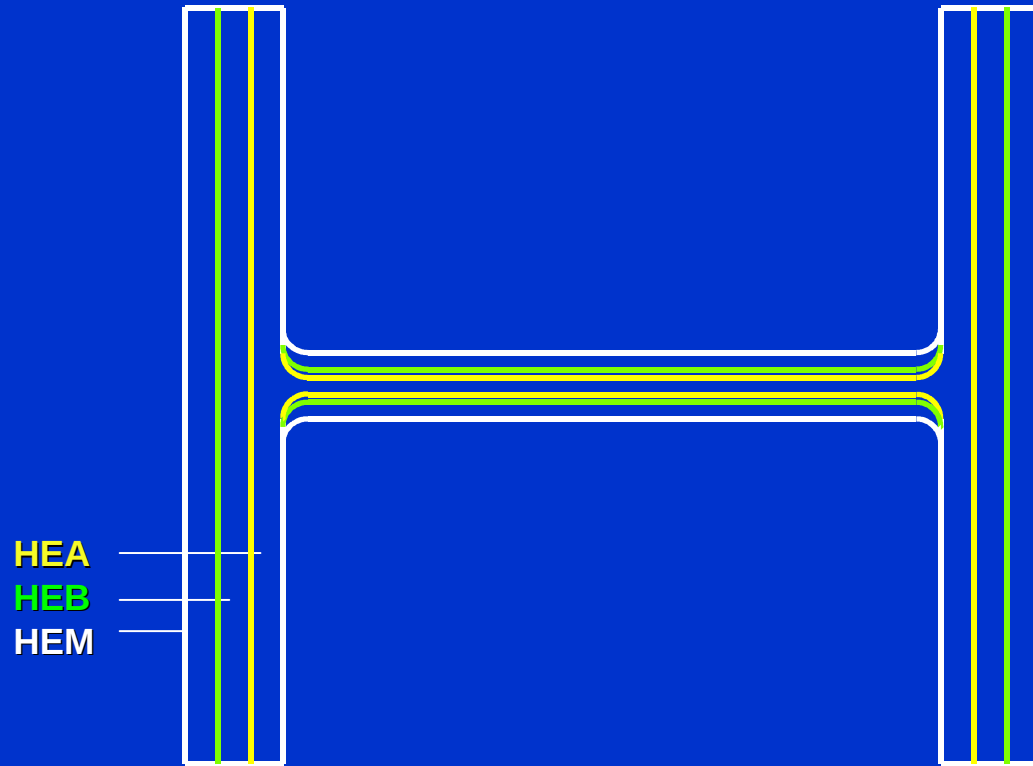






**NORMPROFIELEN  
EURONORM 53-62**

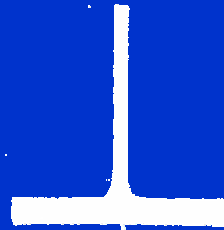
**TAILOR-MADE BEAMS**



|           |         |            |      |    |
|-----------|---------|------------|------|----|
| $h$       | 100     | -          | 1000 | mm |
| $b$       | 100     | -          | 300  | mm |
| $\lambda$ | normaal | 12, 14, 15 | m    |    |
|           | max.    | 25         | m    |    |

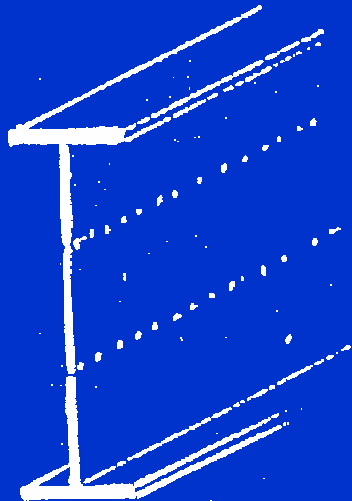


1/2 HE

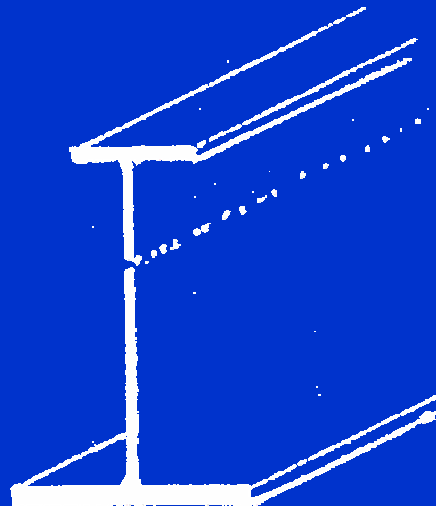


1/2 IPE

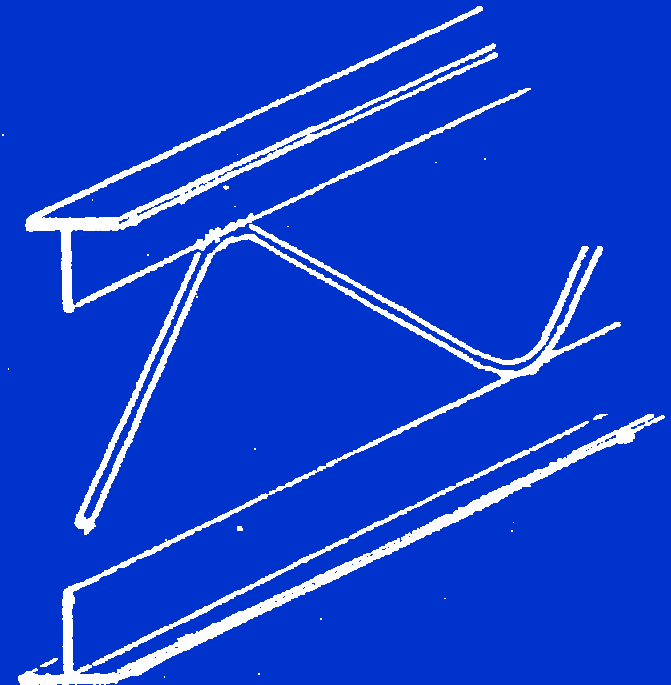
## TOEPASSING :



Verhoogd  
profiel



Asymmetrisch  
profiel



Rand vakwerk  
profiel

# BUIZEN

## RONDE BUISPROFIELEN

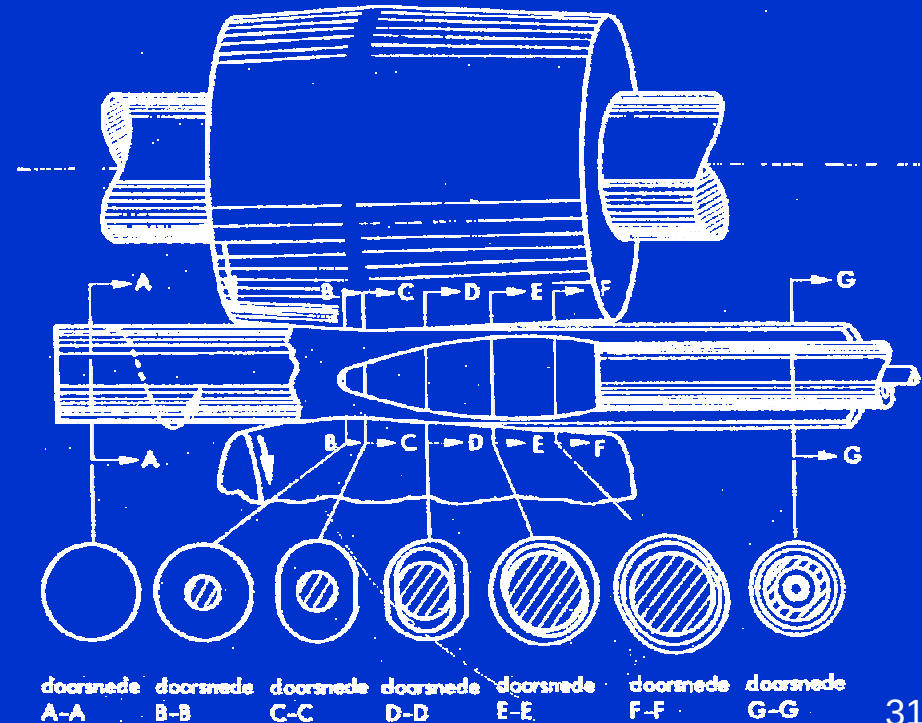
Ø x t

38 x 2,6 - 2020 x 25

## NAADLOOS

Persen  
Walsen

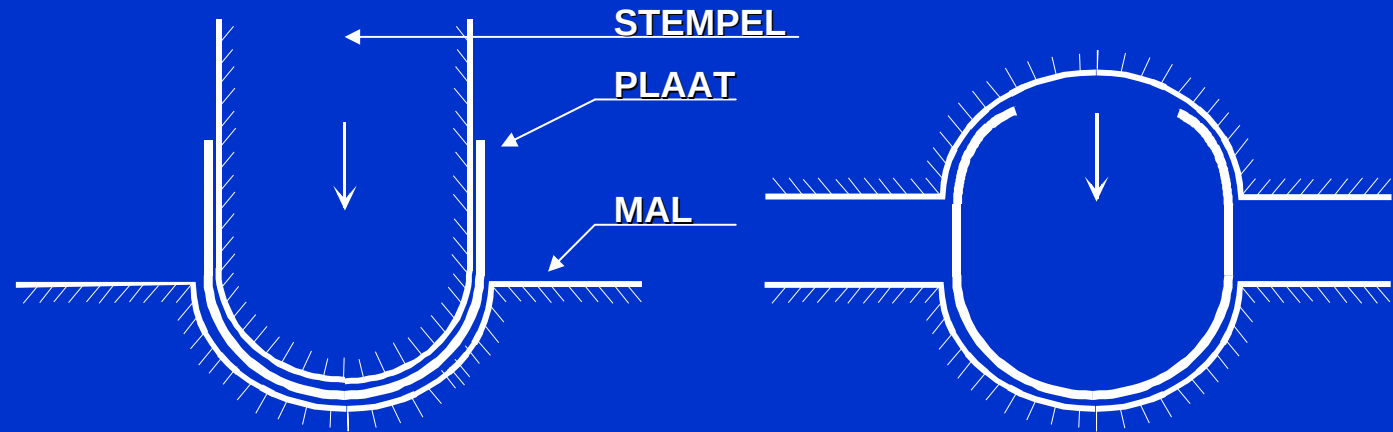
Ø 20 - 550 mm  
t 2,5 - 60 mm



## LANGSNAADGELAST

- Persen

$\varnothing \rightarrow 550 \text{ mm}$   
 $t \rightarrow 12,5 \text{ mm}$



- Walsen (klein  $\varnothing$ )      Weerstandlassen  
Inductielassen

## SPIRAALNAADGELAST



## VIERKANTE EN RECHTHOEKIGE BUISPROFIELEN

TU/e

40 x 3



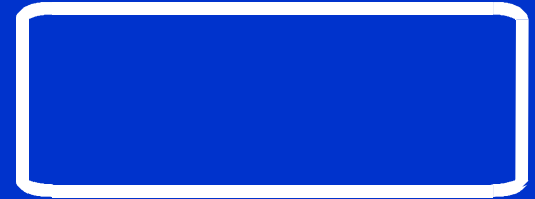
400 x 20



50 x 30 x 3



450 x 250 x 16



*WARMGEVORMDE BUISPROFIELEN*

*KOUDGEVORMDE BUISPROFIELEN*

\_\_\_\_\_Verhoging

Rekgrens & Treksterkte

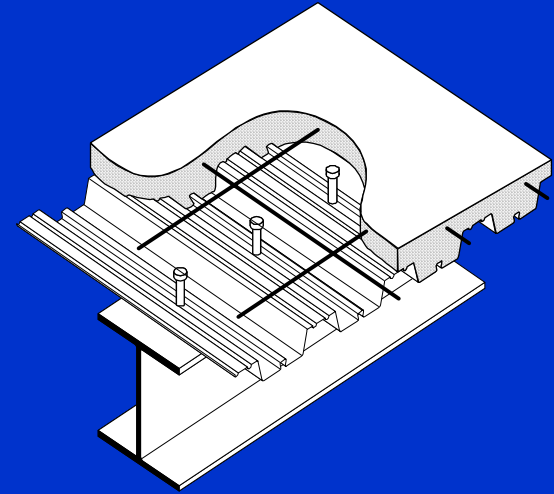
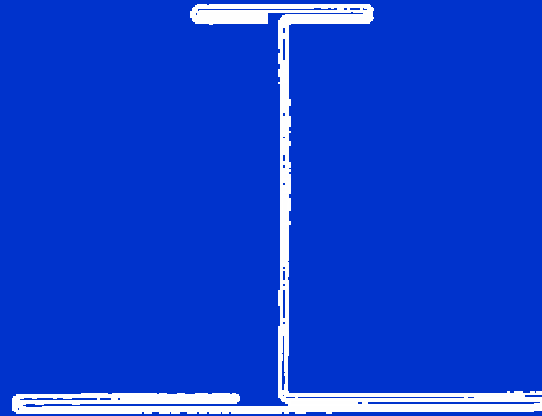
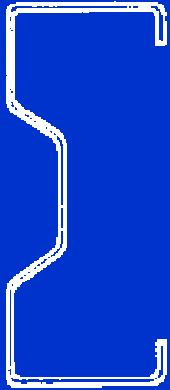
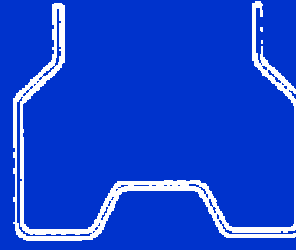
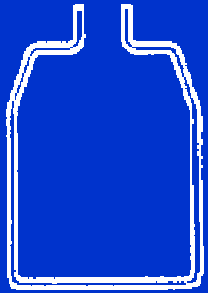
Vermindering Taaiheid

Ronde buizen als basis

# PLAAT

## Koudgevormde profielen

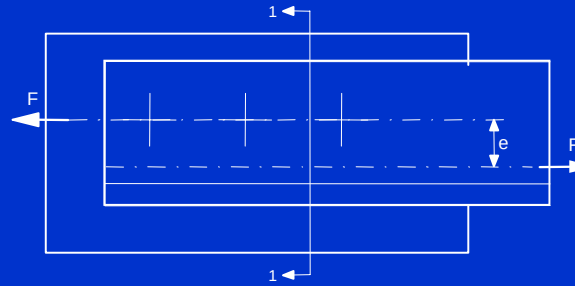
TU/e



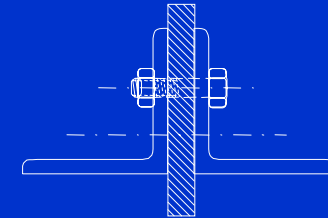
## GEBRUIK van ELEMENTEN

- OP **TREK** BELAST
  - staven
  - kabels
- OP **DRUK** BELAST
  - gewalst profiel
  - gelaste kolom
  - staal-beton kolom
  - samengestelde kolom
- OP **BUIGING** BELAST
  - gewalst profiel
  - gelaste ligger
  - raatligger
  - vierendeelligger
  - vakwerkligger
  - staal-betonligger

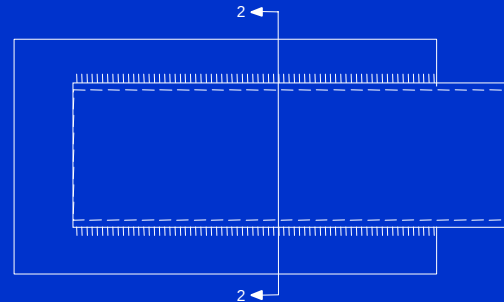
- hoekstalen
- buizen
- staven
- kabels



(a) trekstaaf bestaande uit twee hoekstalen



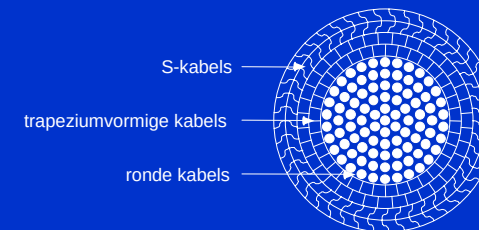
doorsnede 1-1



(b) trekstaaf bestaande uit een buis



doorsnede 2-2



(d) geslagen kabel

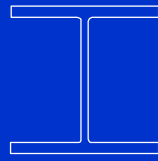
- buizen
- gewalste kolommen



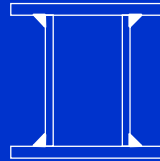
ronde buis-  
profiel



rechthoekig  
buisprofiel



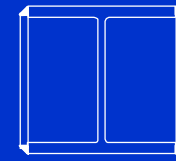
breedflens-  
profiel



gelast  
kokerprofiel

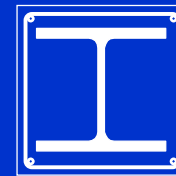
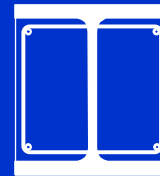


gelast  
H-profiel



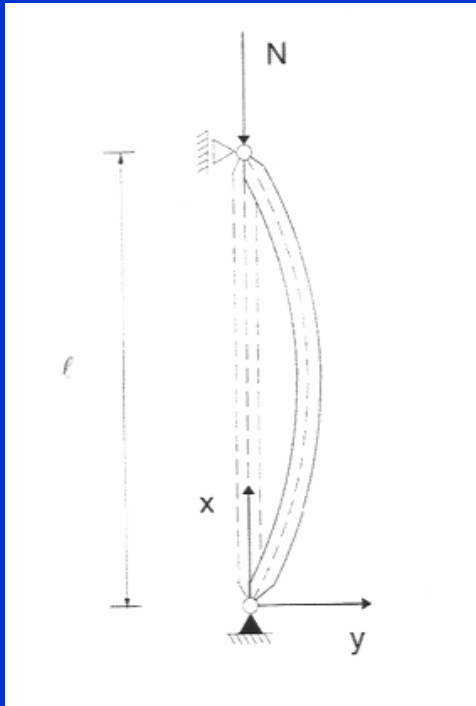
gelast koker-  
profiel met  
H-profiel

warmgewalste en gelaste drukelementen

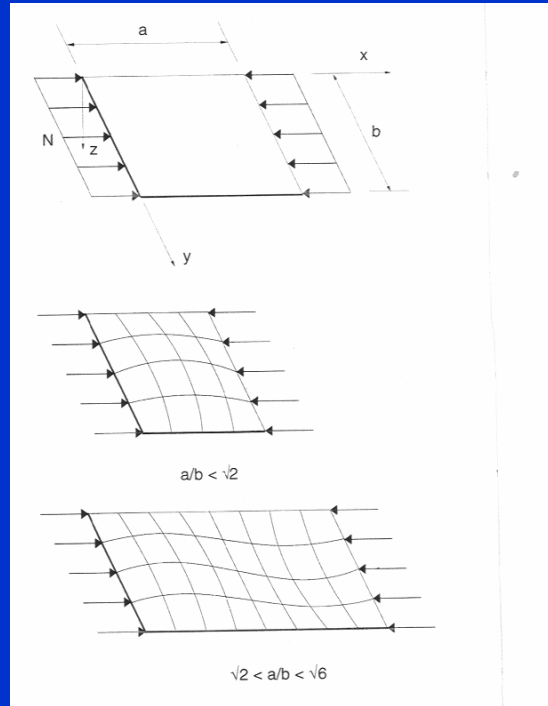


drukelementen van staal-beton

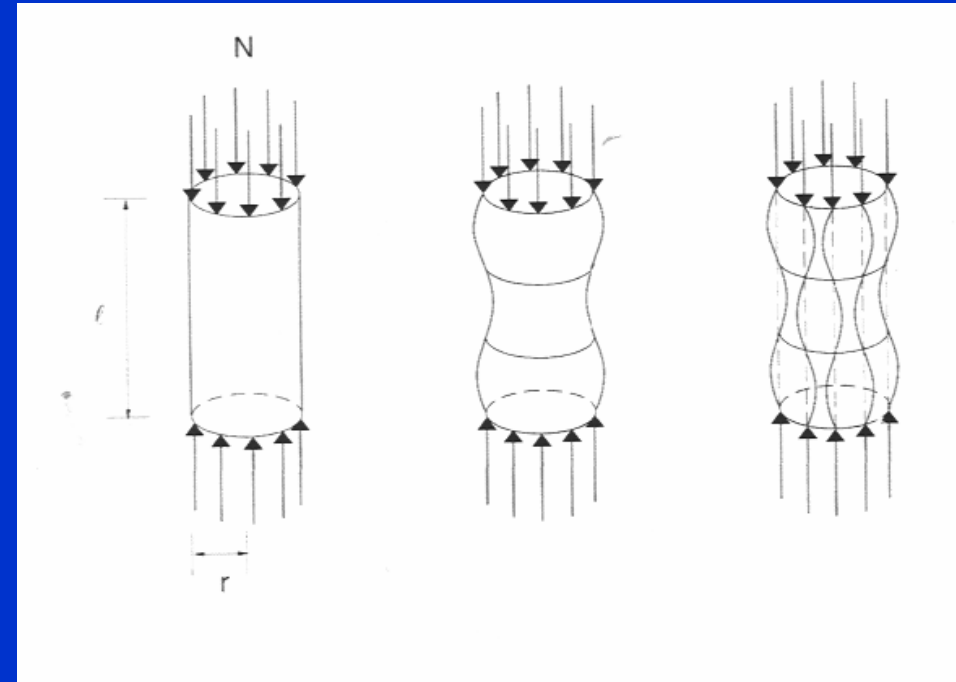
# Kolom



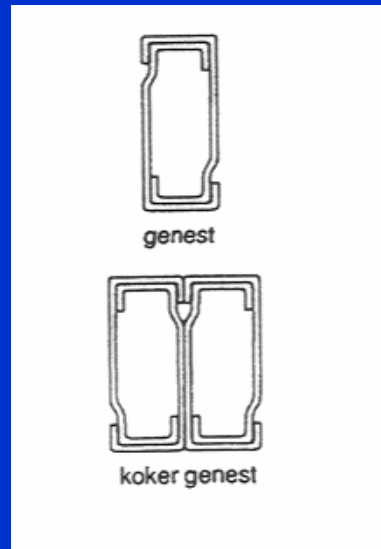
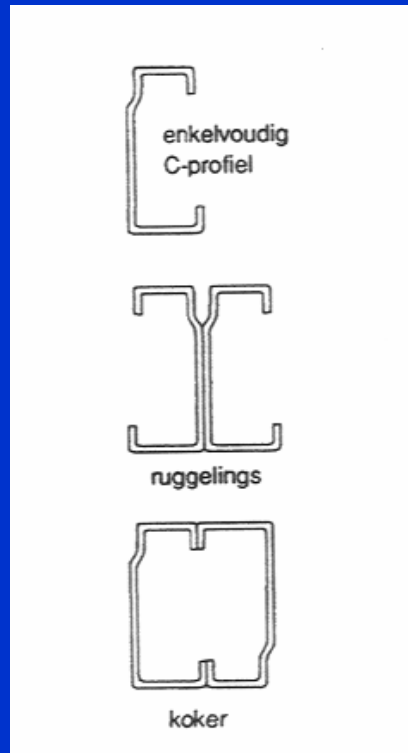
# Plaat



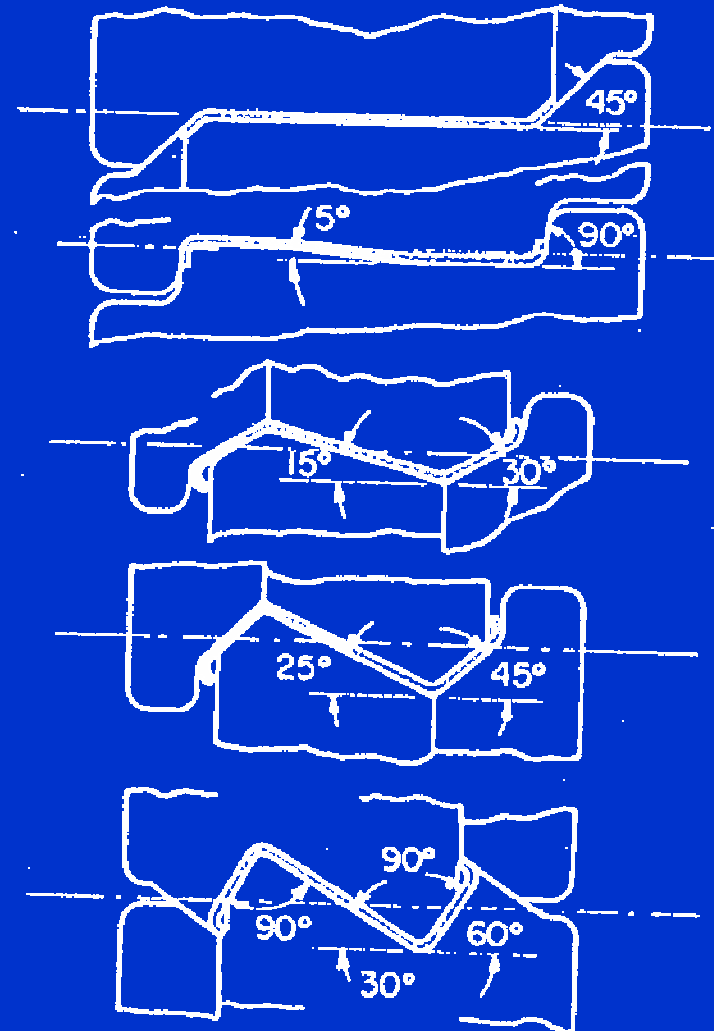
# Schaal



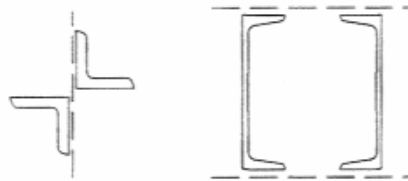
## - Koudgewalste profielen



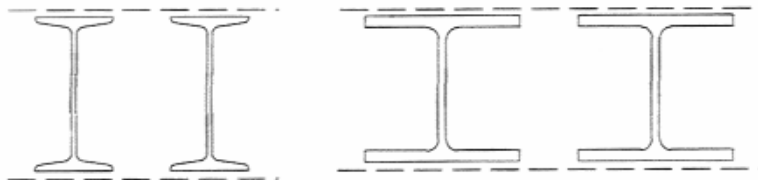
## Walsen: rolvormen TU/e



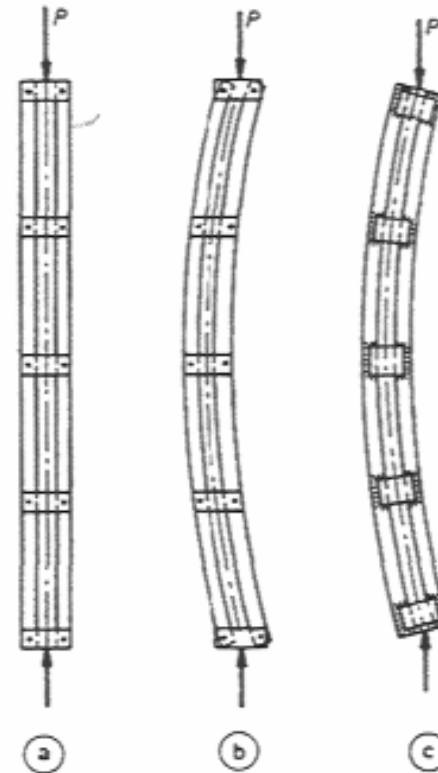
## - Samengestelde kolommen



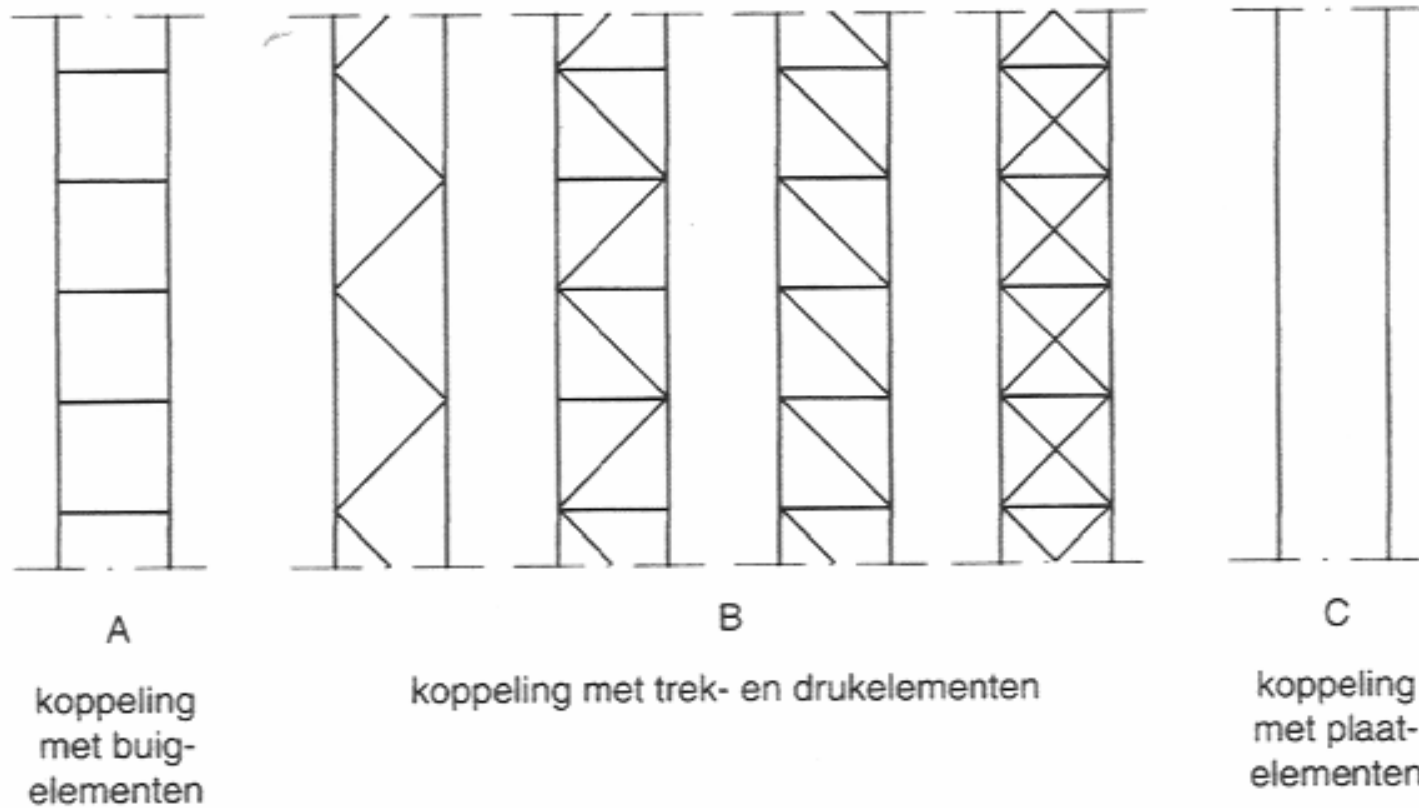
L- of U- profielen als basiselementen



I- of H- profiel als basiselementen

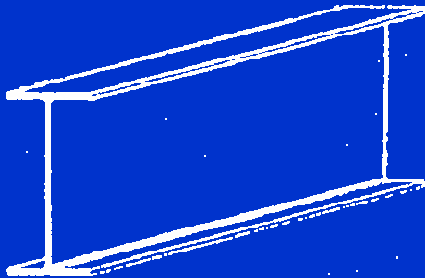




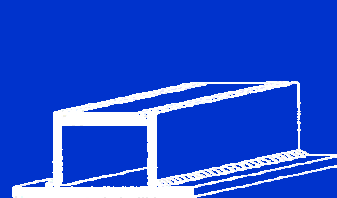
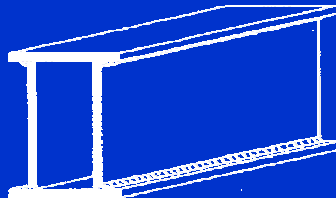
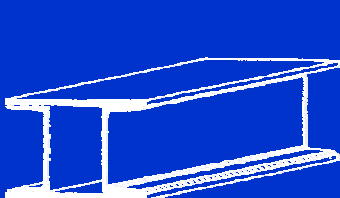
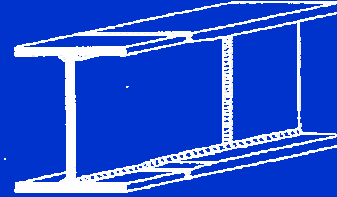
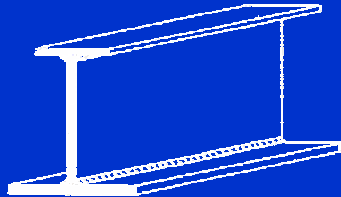
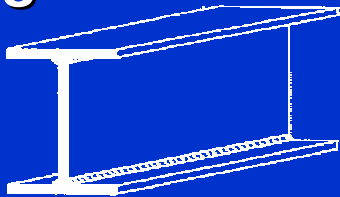


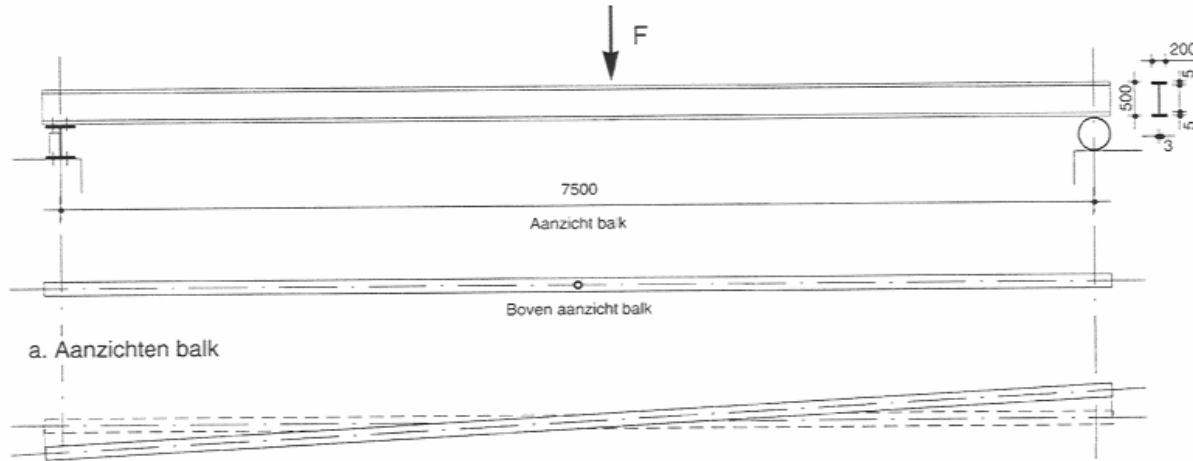


- gewalste liggers: UNP, IPE, HEA, HEB, HEM



- gelaste liggers (volle wand)
- liggers samengesteld uit meerdere elementen



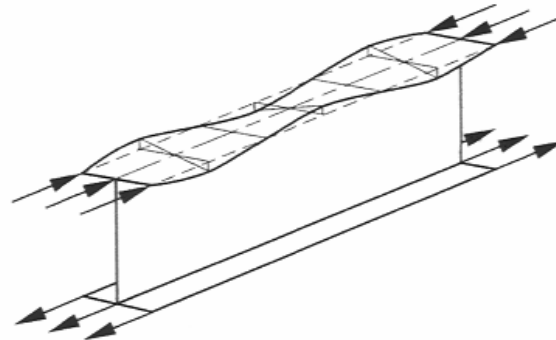


a. Aanzichten balk

b. Bezijken ten gevolge van verdraaien van de bovenflens ten opzichte van de onderflens.



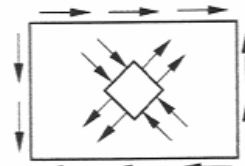
c. Bezijken door knik van het lijf ter plaatse van een puntlast of oplegging.



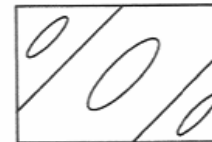
d. Bezijken door plooien



e. Bezijken door kip



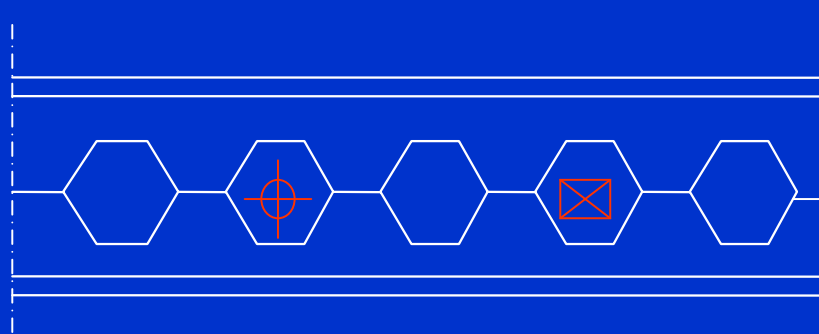
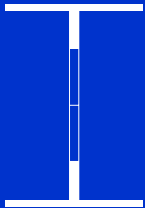
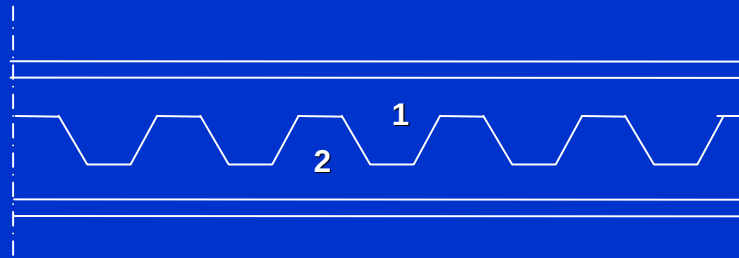
f. Spanningen op een vierkant element



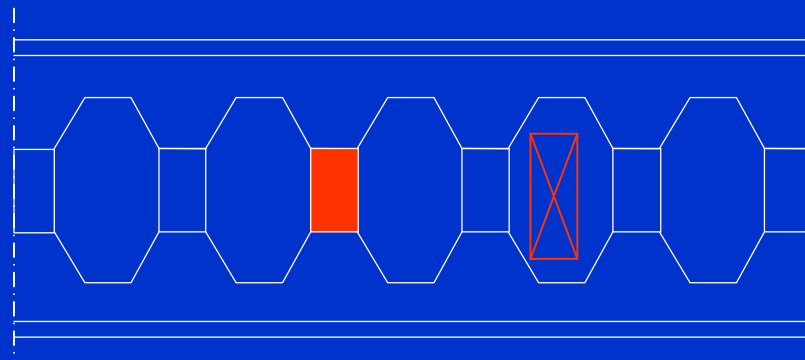
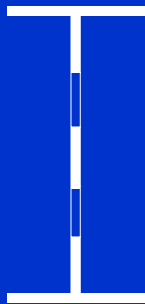
g. Elastische plooivorm

## 6.23 Bezwijkmogelijkheden van I-vormige liggers

# - raatliggers

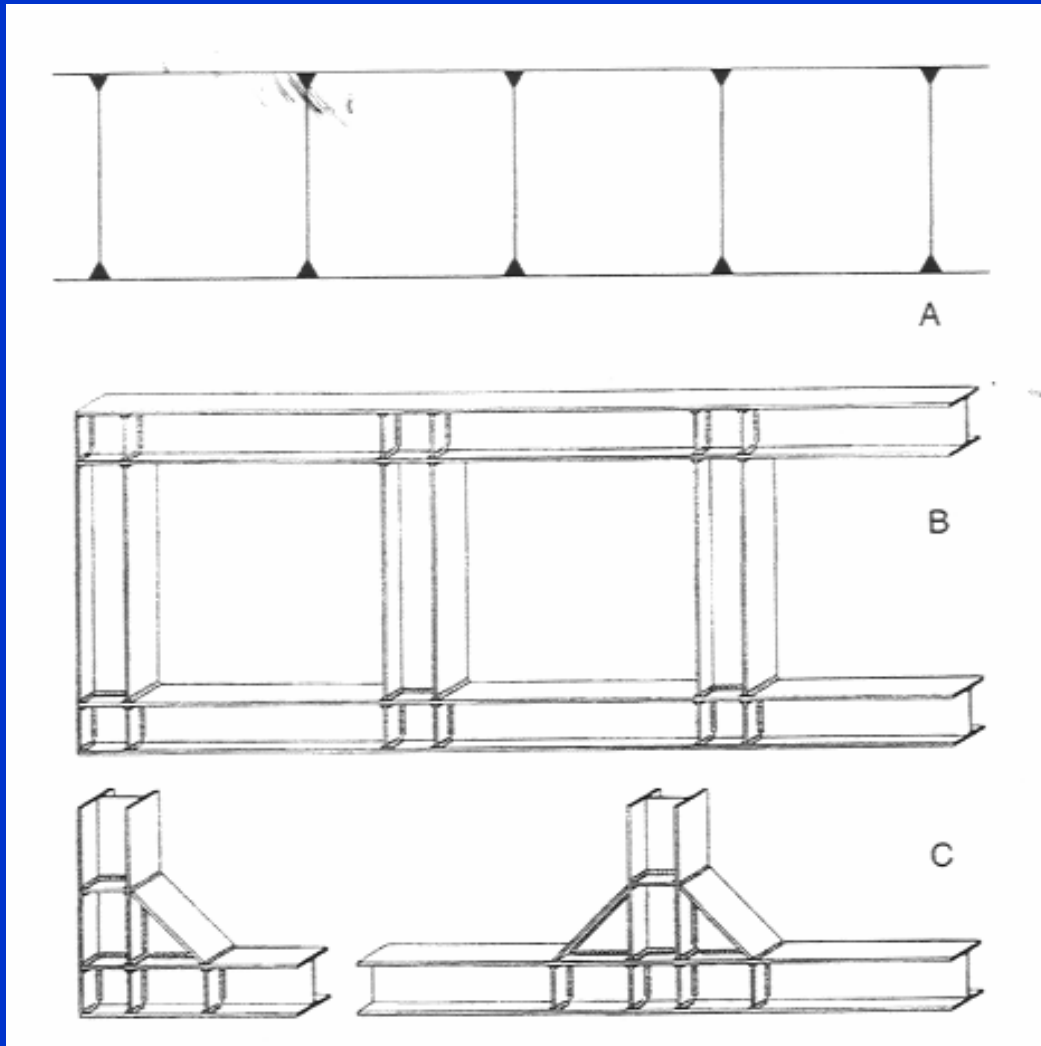


**Zonder tussenschotjes**



**Met tussenschotjes**

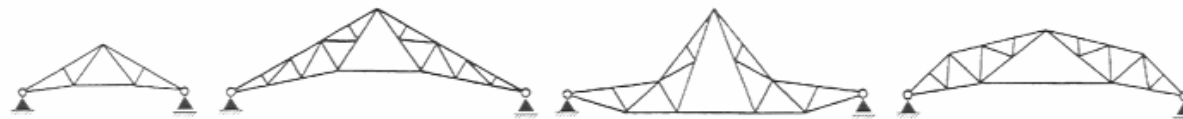
## - Vierendeelliggers



# - Vakwerkliggers



Engelse spanten (druckstaven zijn de verticale wandstaven)



Polonceau spanten (samengesteld met enkelvoudige of meervoudige onderspannen ligger)



Belgische spanten

Spanten met gebogen bovenranden en rechte onderrand



Spant met gebogen onderrand

Spant met gebogen onder- en bovenrand (sikkelspant)



N-liggers

V-liggers

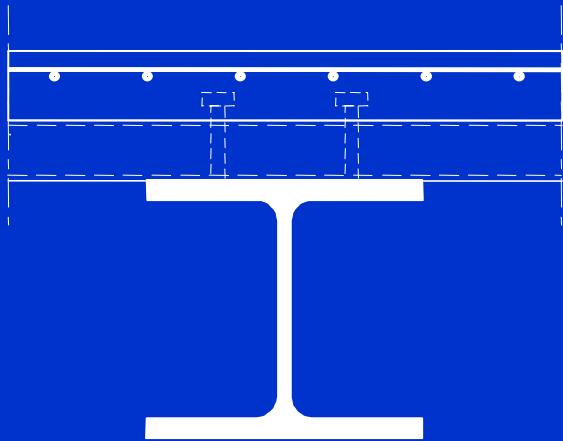
Spanten met evenwijdige randen



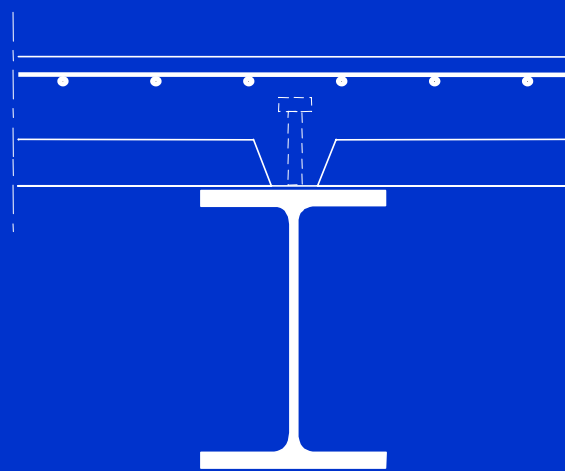
Onvolledige vakwerken

Onderspannen ligger

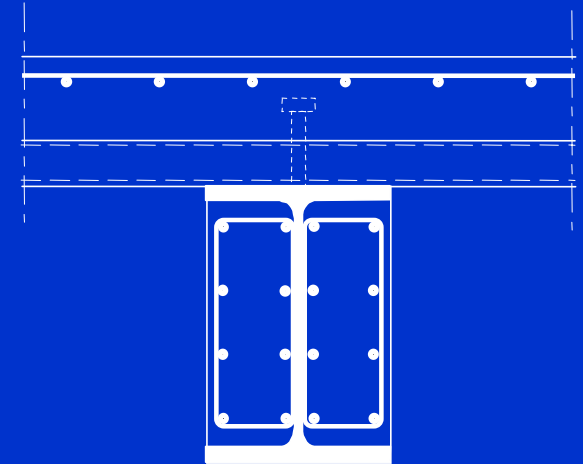
## - staal-betonliggers



staalplaat-betonvloer



breedplaatvloer



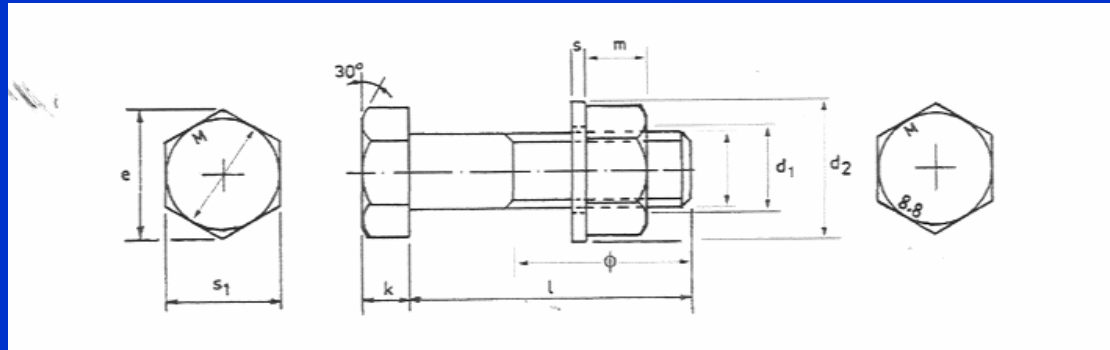
staalplaat-betonvloer



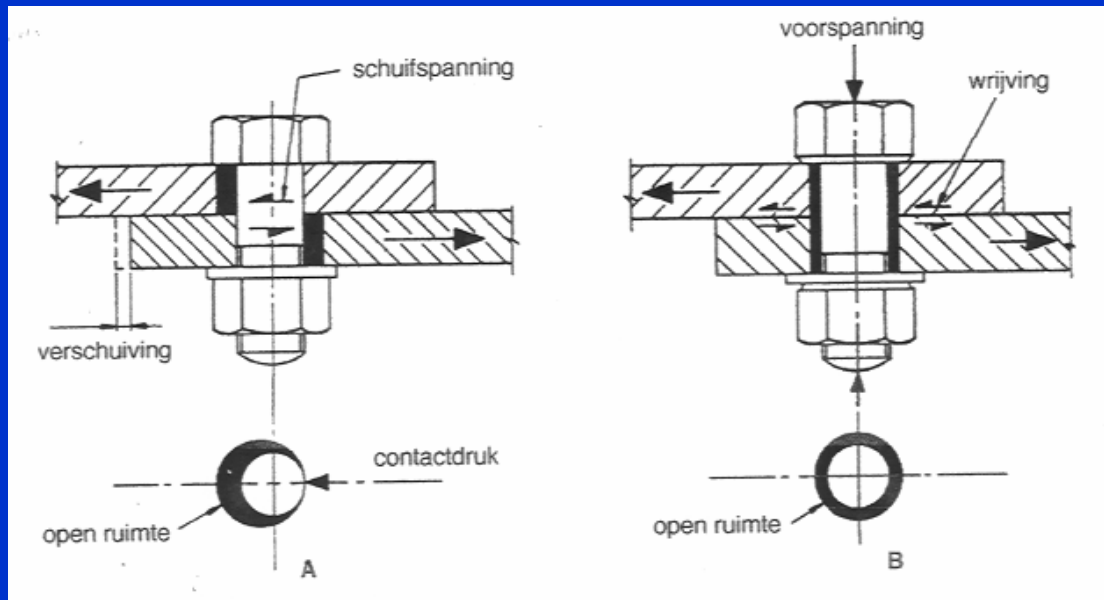
staalplaat



## - bouten + moeren



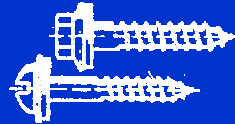
M20 8.8



Bouten in  
ruime gaten

# Bevestigingsmiddelen voor dunne plaat

TU/e



- schroeven
- schietnagels
- klinknagels
- **lassen**

