

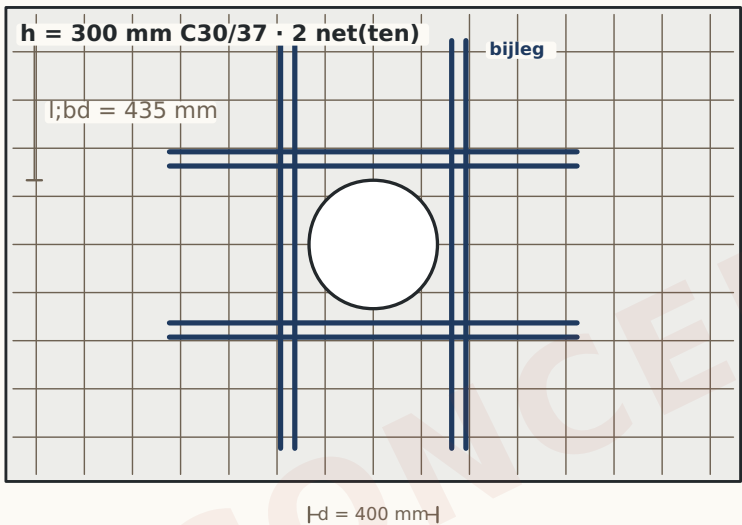
1. SPARING IN BETONWAND OF -PLAAT

VOORBEELDBEREKENING MET FICTIEVE WAARDEN — geen geldige berekening voor een echte situatie; elke geleverde berekening wordt door de constructeur gecontroleerd en goedgekeurd.

Toepassing: (NEN-EN 1992-1-1) — voorbeeld met fictieve waarden

Rekenmodel · sparing in betonwand/-plaat

Sparing in betonwand of -plaat (NEN-EN 1992-1-1) — voorbeeld met fictieve waarden



Onderbroken → bijleg

v: 3Ø12 → 2Ø12 per zijde

h: 3Ø12 → 2Ø12 per zijde

l;bd 435 / 435 mm (v / h)

Toets NEN-EN 1992-1-1

buiging §6.1 UC 0,08

dwarskracht §6.2.2 UC 0,20

tijdelijk ongewapend §12:

M UC 0,55 · V UC 0,13

Bijleg 2Ø12 (v) + 2Ø12 (h) per zijde per net · tijdelijk buiging UC 0,55

voldoet

Aannames

Geometrie	sparing rond Ø 400 mm in een C30/37-wand/plaat van 300 mm, dekking 35 mm, 2 wapeningsnet(ten) — horizontaal Ø12-150, verticaal Ø12-150 (B500, f;yd = 435 N/mm²).
Onderbroken wapening	verticaal 3 staaf/staven per net over de sparingsbreedte 400 mm (floor(400/150) + 1) → As;ond = 679 mm²; horizontaal 3 per net over de hoogte 400 mm → As;ond = 679 mm². AANNAME: het grootste aantal dat in de maat kan vallen (een staaf op beide randen), conservatief naar boven.
Bijlegwapening (§9.3.1.1(4)/ §9.6, NL-praktijkregel)	per zijde ≥ 50% van de onderbroken wapening in dezelfde richting, binnen een strook van 3h = 900 mm naast de sparingsrand: verticaal 2Ø12 per zijde per net (l;bd 435 mm), horizontaal 2Ø12 per zijde per net (l;bd 435 mm); staaflengte verticaal 1270 mm, horizontaal 1270 mm (sparingsmaat + 2·l;bd). AANNAME: dezelfde Ø als de bestaande wapening; pas boven 4 staven per zijde per net een grotere Ø.

Verankeringslengte §8.4	$f_{ctd} = 1,33 \text{ N/mm}^2$, $f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 3,00 \text{ N/mm}^2$ ($\eta_1 = 1,0$ goede aanhechting, $\eta_2 = 1,0$), $\sigma_{sd} = f_{yd}$; verticaal $l_{b,rqd} = (\varnothing/4)$ ($\sigma_{sd}/f_{bd} = 435 \text{ mm}$, $l_{b,min} = 130 \text{ mm} \rightarrow l_{bd} = 435 \text{ mm}$; horizontaal $l_{b,rqd} = 435 \text{ mm} \rightarrow l_{bd} = 435 \text{ mm}$. AANNAME: $\alpha_1 t/m$ $\alpha_5 = 1,0$ (rechte staaf, geen reductie voor dekking of dwarsdruk) en goede aanhechting — staven in de bovenste 300 mm van een stort zijn 'matig' ($\eta_1 = 0,7$, l_{bd} 43% langer).
Restdoorsnede	strook van 1 m over de sparing, $b_{net} = 1000 - 400 = 600 \text{ mm}$ draagt de snedekrachten van de volle meter; $d = h - c - \varnothing$; dwars - $\varnothing/2 = 247 \text{ mm}$ (AANNAME: de getoetste staven als binnenste laag; bij één net $d = h/2$). $A_{s,rest} = 754 \cdot 0,60 + 2 \cdot 2\varnothing 12 = 905 \text{ mm}^2$ per net (trekzijde).
Buiging §6.1 met normaalkracht	$C = A_{s,rest} \cdot f_{yd} + N = 493,4 \text{ kN}$, $x = C/(0,8 \cdot b_{net} \cdot f_{cd}) = 51,4 \text{ mm}$ ($x/d = 0,208 \leq 0,45$), $z = d - 0,4x = 226,4 \text{ mm} \rightarrow M; R_d = C \cdot z - N \cdot (d - h/2) = 102,0 \text{ kNm}$ (UC 0,08); centrisch $N; R_d = 4387 \text{ kN}$ (UC 0,02).
Dwarskracht §6.2.2 zonder dwarswapening	$k = 1,900$, $\rho_l = 0,0061$, $\sigma_{cp} = 0,556 \text{ N/mm}^2$, $v; R_{d,c} = \max(0,12 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ctk})^{1/3}; v_{min} = 0,502) + 0,15 \cdot \sigma_{cp} = 0,684 \text{ N/mm}^2 \rightarrow V; R_{d,c} = 101,4 \text{ kN}$ (UC 0,20).
Tijdelijke toestand	bij het herstel met een mechanische koppelmof is de wapening over 800 mm verwijderd; de wand draagt daar als ONGEWAPEND beton (§12) over b_{net} ; $f_{ctd,pl} = 0,8 \cdot f_{ctk,0,05}/\gamma_c = 1,07 \text{ N/mm}^2$, $f_{cd,pl} = 16,0 \text{ N/mm}^2$, $W = b_{net} \cdot h^2/6 = 9000 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$, $\sigma; N = 0,556 \text{ N/mm}^2 \rightarrow M; R_{d,pl} = W \cdot (f_{ctd,pl} + \sigma; N) = 14,60 \text{ kNm}$ (UC 0,55); §12.6.3: $f_{cvd} = 1,315 \text{ N/mm}^2 \rightarrow V; R_{d,pl} = f_{cvd} \cdot A_{cc}/1,5 = 157,9 \text{ kN}$ (UC 0,13). AANNAME: de bouwphase draagt dezelfde snedekrachten als de eindtoestand; is de bouwphase lichter (leeg, tijdelijk ondersteund), geef die snedekrachten dan apart op.
Koppeling (randvoorwaarde, §8.7.1)	Mechanische koppelmof met ETA (EN 1992-1-1 §8.7.1(1)P; prestatie volgens ISO 15835): trek- én drukcapaciteit minstens gelijk aan de staaf ($\geq A_s \cdot f_{yk}$), geen slip die de scheurwijdte vergroot; het product en de montage-eisen (aanhaalmoment, staafeinde) bepaalt de leverancier — hier NIET gerekend.
NIET BESCHOUWD	of de wand als geheel slank genoeg is om uit te knikken, de scheurwijdte en de brandwerendheid ter plaatse van de sparing, en een leidingdoorvoer die zelf krachten op de wand zet (wateroverdruk, zetting van de leiding).
AANDACHTSPUNT	tweede-orde-effecten/knik van de wand (§5.8, ongewapend §12.6.5), scheurwijdte (§7.3) en brand (NEN-EN 1992-1-2) vallen buiten deze module; een doorvoer met een inklemmend flensstuk of een dilatatie geeft een aparte last die hier niet in zit.

Algemene gegevens		
Sparing	rond Ø 400 mm	
Wand-/plaatdikte h	300	mm
Betonklasse	C30/37	
Dekking c	35	mm
Wapening horizontaal	Ø12-150	mm
Wapening verticaal	Ø12-150	mm
Wapeningsnetten	2	
Herstel wapening	mechanische koppelmof (ETA)	

Onderbroken wapening		
Verticaal onderbroken	3 staven × 2 net(ten)	
$A_{s,ond}$ verticaal	679	mm ²
Horizontaal onderbroken	3 staven × 2 net(ten)	
$A_{s,ond}$ horizontaal	679	mm ²

Restdoorsnede (strook 1 m over de sparing)		
Netto breedte b_{net}	600	mm
Nuttige hoogte d	247	mm
$A_{s,rest}$ (trekzijde, per net)	905	mm ²
x / d	51,4 / 0,208	mm / -
M_{Rd} (§6.1, met N)	102,0	kNm
$V_{Rd,c}$ (§6.2.2)	101,4	kN
N_{Rd} (centrisch)	4.387	kN

Snedekrachten (rekenwaarden)		
Richting	verticaal	
Normaalkracht n_{Ed}	100,0	kN/m
Moment m_{Ed}	8,00	kNm/m
Dwarskracht v_{Ed}	20,0	kN/m
KFI toegepast	1,00	

Bijlegwapening + verankering (§9.3.1.1, §8.4)		
Verticaal per zijde per net	2Ø12	
$A_{s,eis} / A_{s,geleverd}$	170 / 226	mm ²
l_{bd} verticaal (§8.4)	435	mm
Staaflengte verticaal	1.270	mm
Horizontaal per zijde per net	2Ø12	
l_{bd} horizontaal (§8.4)	435	mm
Staaflengte horizontaal	1.270	mm
Strook naast de rand	$\leq 3h = 900$ mm	

Tijdelijke toestand — ongewapend beton (§12)		
Lengte zonder wapening	800	mm
$f_{ctd,pl} / f_{cd,pl}$	1,07 / 16,0	N/mm ²
$\sigma_N = N / (b_{net} \cdot h)$	0,556	N/mm ²
$M_{Rd,pl} = W \cdot (f_{ctd,pl} + \sigma_N)$	14,60	kNm
f_{cvd} (§12.6.3)	1,315	N/mm ²
$V_{Rd,pl} = f_{cvd} \cdot A_{cc} / 1,5$	157,9	kN

Toetsing · NEN-EN 1992-1-1			
Buiging restdoorsnede §6.1 (met N)	8,0 / 102,0 kNm	u.c. = 0,08	voldoet
Dwarskracht restdoorsnede §6.2.2	20,0 / 101,4 kN	u.c. = 0,20	voldoet
Normaalkracht restdoorsnede	100,0 / 4.387 kN	u.c. = 0,02	voldoet
Tijdelijk ongewapend — buiging §12	8,0 / 14,60 kNm	u.c. = 0,55	voldoet
Tijdelijk ongewapend — dwarskracht §12.6.3	20,0 / 157,9 kN	u.c. = 0,13	voldoet

Toepassen: verticaal 2Ø12 per zijde per net (l;bd 435 mm), horizontaal 2Ø12 per zijde per net (l;bd 435 mm)	ULS u.c. 0,55 · SLS u.c. n.v.t. ✓ voldoet
--	--

Aandachtspunten

Onderwerp	Te bevestigen bij de goedkeuring
Schematisering	Koppelmof: leg de ETA/prestatieklasse (ISO 15835) en de montagevoorschriften van het toegepaste product vast; de koppeling is minstens gelijkwaardig aan de staaf.
Schematisering	Bijlegstaven: plaats de eerste staaf direct naast de sparingsrand (dekking) en de rest binnen de strook van 3h; de verankeringslengte l;bd telt vanaf de sparingsrand.

CONCEPT