

MASTER

Eckartbad : ontwerp, konstruktie en bouwfysica van een overdekt zwembad

van Vroenhoven, M.W.C.

Award date:
1988

[Link to publication](#)

Disclaimer

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

••

ECKARTBAD

ontwerp, konstruktie en bouwfysica
van een overdekt zwembad

Afstudeerverslag van: Tiny van Uroenhoven

Examencommissie : Prof.dr.ir. G. Scherpbier
Ir. J.H. v.d. Ploeg
Prof. D. Slebos
Ir. H.L. Schellen

Technische Universiteit Eindhoven,
Faculteit Bouwkunde,
Vakgroep Konstruktief Ontwerpen,
11 april 1988.

**

Inhoudsopgave

Symbolen	0
H 1 <u>Inleiding</u>	1
H 2 <u>De ontwerpfase</u>	2
# 2.1 Programma van eisen	2
# 2.2 Van programma van eisen naar het ontwerp	5
H 3 <u>De houtkonstructie in de zwemzaal</u>	29
# 3.1 Het dakbeschot	30
# 3.1.1 Dakbeschot, inleiding	30
# 3.1.2 Dakbeschot vlakke dakdelen	32
# 3.1.3 Dakbeschot hellende dakdelen	36
# 3.1.4 Samenvatting dakbeschot	38
# 3.2 De sporen	39
# 3.2.1 Sporen, inleiding	39
# 3.2.2 Sporen in het vlakke dakgedeelte van de zwemzaal (a)	40
# 3.2.3 Sporen in het vlakke dakgedeelte boven de zwemzaalwand (b)	43
# 3.2.4 Sporen in de hellende dakdelen (c)	49
# 3.2.5 De verbinding tussen de sporen (b) en (c)	54
# 3.2.6 Samenvatting sporen	57
# 3.3 De gordingen	58
# 3.3.1 De gordingen in de zwemzaal	58
# 3.3.2 Gordingen in de overige ruimten	75
# 3.4 De drie-scharnierspanten	77
# 3.4.1 Berekeningsformules/eisen	77
# 3.4.1.1 Algemeen	77
# 3.4.1.2 Sterkte	80
# 3.4.1.3 Vervormingen van het spant	82
# 3.4.1.4 Knik van de spantpoot	84
# 3.4.2 Berekening van het rechte drie-scharnierspant ..	87
# 3.4.3 Berekening van het schuine drie-scharnierspant .	103
# 3.4.4 Slot-opmerking	117

H 4	De bouwfysische aspecten van de zwemzaal	118
# 4.1	Inleiding	118
# 4.2	Akoestiek/geluidisolatie	119
# 4.2.1	Algemene eisen	119
# 4.2.2	De akoestiek/geluidssituatie in de zwemzaal van het Eckartbad	120
# 4.3	Verlichting	124
# 4.3.1	Inleiding	124
# 4.3.2	Principieele eisen	124
# 4.3.3	Daglicht	124
# 4.3.4	Kunstverlichting	125
# 4.3.5	Overige aspecten	126
# 4.3.6	Verlichting van de zwemzaal van het Eckartbad ..	127
# 4.4	Warmte, vocht en ventilatie	134
# 4.4.1	Inleiding	134
# 4.4.2	Condensatie op of in bouwkonstruktiedelen	136
# 4.4.3	De maximale waterdampproductie	143
# 4.4.4	Ventilatie	145
# 4.4.5	Warmtetransmissie-verlies berekening	146
# 4.4.6	Samenvatting warmte, vocht en ventilatie	151
	Literatuurlijst	152

Bijlage-tekeningen

Bij dit verslag behoren de volgende bijlage-tekeningen:

no.	1	Definitief ontwerp, plattegrond
	2	Definitief ontwerp, gevelaanzichten en situatieschets
	3	Definitief ontwerp, doorsnede
	4	Definitief ontwerp, spantafmetingen
	10, 11, en 12	Schets-ontwerpen, plattegrond (samengevoegd op 1 afdruk)
	15	Schets-ontwerp, plattegrond
	16	Schets-ontwerp, gevelaanzichten en situatieschets

SYMBOLEN

In de hier volgende lijst wordt een verklaring gegeven van die symbolen/tekens waarvan de betekenis eventueel niet geheel duidelijk zou kunnen zijn (symbolen/tekens die in de tekst ter plaatse worden verklaard zijn niet in deze lijst opgenomen).

machten worden aangegeven d.m.v.²
bijv.: 3 wordt geschreven als 3²

- c<d> = winddruk-coëfficiënt
- c<o> = over/onderdruk-coëfficiënt
- c<u> = windrijvings-coëfficiënt
- c<z> = windzuigings-coëfficiënt
- F<t> = trekkracht
- F = verplaatsing
- F<hor> = horizontale verplaatsing
- F<max> = maximale verplaatsing
- F<vert> = verticale verplaatsing (doorbuiging)
- h<min> = minimale doorsnedehoogte (nodig voor sterkte)
- h<uit> = uiteindelijke doorsnedehoogte
- M<max> = maximaal optredend moment
- Perm. = permanente belasting
- q<w> = stuwdruk veroorzaakt door de wind
- s = buigspanning
- s<b,max> = maximaal optredende buigspanning
- s<b,t> = toelaatbare buigspanning
- s<d,t> = toelaatbare drukspanning
- s<t,t> = toelaatbare trekspanning
- s<s,t> = toelaatbare schuifspanning
- s<l'> = toelaatbare knikspanning volgens NEN 3852 # 4.5.4
[lit. 7]
- VE_vol = veranderlijke belasting, volbelast
- VE_half = veranderlijke belasting, half belast
- Wl_on = wind van links met onderdruk in het gebouw
- Wl_ov = wind van links met overdruk in het gebouw
- Wr_on = wind van rechts met onderdruk in het gebouw
- Wr_ov = wind van rechts met overdruk in het gebouw
- I(d) = belastingsgeval I, doorbuiging
- I(d,h) = belastingsgeval I, doorbuiging horizontaal
- I(d,v) = belastingsgeval I, doorbuiging vertikaal

H 1 Inleiding

In dit verslag wordt het tweede deel van het door mij aan de Technische Universiteit te Eindhoven, bij de faculteit Bouwkunde vakgroep Konstruktief Ontwerpen, uitgevoerde afstudeerproject behandeld.

Het eerste deel van het afstudeerproject omvatte een onderzoek. Dit onderzoek had als thema: 'Onderzoek naar het spanningsverloop in met staalplaat versterkte houtverbindingen met stiften'. De beschrijving en resultaten van dit onderzoek zijn in een ander verslag weergegeven.

Het tweede deel van het afstudeerproject - waarover dit verslag - heeft als thema: 'Eckartbad'; 'ontwerp, constructie en bouwfysica van een overdekt zwembad'.

De keuze tot het ontwerpen van een overdekt zwembad is gedaan op het feit dat dit naast een aardige ontwerpogave ook wat betreft constructie en bouwfysica de nodige interessante aspecten in zich had. Als situatie voor het zwembad werd gekozen voor het 'Eckartdal', een woon- en leefgemeenschap van geestelijk gehandicapten te Eindhoven. Van dit terrein is een gedeelte gekozen waar het zwembad geplaatst zou moeten worden.

Een belangrijke keuze die nu eerst nog gedaan moest worden was de keuze van de grootte van het wateroppervlak. De grootte van het wateroppervlak bepaalt tevens de benodigde ruimte-oppervlakten van de overige ruimten. Er wordt van uitgegaan dat het zwembad niet alleen bedoeld is voor de bewoners van het Eckartdal, maar ook voor andere inwoners van Eindhoven. Wordt dan de behoefte aan extra zwemwateroppervlak bekeken, dan lijkt het - gebaseerd op het aantal zwembaden dat reeds in Eindhoven aanwezig is - niet wenselijk een nieuw zwembad te realiseren. Er wordt daarom gekozen voor een bepaald wateroppervlak waarbij niet wordt uitgegaan van de behoefte aan zwemwater maar waarbij de mogelijkheid tot het ontwerpen van een gebouw van redelijke afmetingen als uitgangspunt wordt genomen. De uiteindelijke keuze is gevallen op een wateroppervlak van 350 m², verdeeld over een 'wedstrijd'-bassin van 10*25 m² en een recreatie-bassin (vrije vorm) van 100 m².

In dit verslag worden achtereenvolgens de volgende onderwerpen behandeld:

- * In hoofdstuk 2 wordt de ontwerpfase behandeld. In het kort wordt iets verteld over de wijze waarop, uitgaande van het programma van eisen, tot een ontwerp is gekomen.
- * In hoofdstuk 3 wordt de berekening van de houtconstructie, die in de zwemzaal aanwezig is, behandeld. De onderwerpen die hier ter sprake komen zijn ondermeer: het dakbeschoot, de sporen, de gordingen en de drie-scharnierspanten.
- * In het laatste hoofdstuk - hoofdstuk 4 - worden de bouwfysische aspecten van de zwemzaal behandeld.

* Entree-zone

Ruimte voor entree (buiten)		40 m ²
Entree-hal	h >= 2.75 m	40 m ²
Tochtsluis		5 m ²
Kassarimte		5 m ²
Poetsspullen-kast		2 m ²
Garderobe		6 m ²
Toiletten (2*dames, 2*heren)		30 m ²
Personeelsruimte	h >= 2.50 m	30 m ²
Rijwielstalling personeel		10 m ²
Kantoorruimte	h >= 2.50 m	10 m ²

* Omkleed-zone

h >= 2.75 m

Garderobekastjes,	175 stuks	35 m ²
Omkleedplaatsen		
- wisselcabines normaal,	20 stuks +	
wisselcabines groot,	2 stuks (minder validen)	130 m ²
- groepskleedruimten,	2 stuks	120 m ²
Haarkamplaatsen,	6 stuks	6 m ²
Voetdesinfectieplaatsen,	2 stuks	4 m ²
Uitwringbakken,	4 stuks	4 m ²
Poetskast		2 m ²

* Sanitaire-zone

h >= 2.75 m

Doucheruimten (1*dames, 1*heren, elk 15 douchep1.)	80 m ²
Toiletten (3*dames, 3*heren, 2 minder validen)	30 m ²

* Bassin-zone

'Wedstrijd'-bassin, 10*25 m ²	h >= 4.00 m	250 m ²
bassindiepte vrij: 1.80 m		
beweegbare bodem : l = 9.00 m		

Variatie 0.30-1.80 m waterdiepte

(schuinstand mogelijk, max. 60 mm/m)

De beweegbare bodem moet in de vaste bodem kunnen worden verzonken zodat over het gehele bassin een waterdiepte van 1.80 m gerealiseerd kan worden.

'Recreatie'-bassin	h >= 3.20 m	100 m ²
Bassindiepte varieerend tussen 0.00-0.90 m		

Ruimte rond de bassins:	h >= 2.50 m
bij hoofdingangszone zwemzaal	3.00 m
achter de startblokken	3.00 m
overigen	>= 1.50 m

Schatting 'loop'-vloeroppervlak zwemzaal	500 m ²
------------------------------------------	--------------------

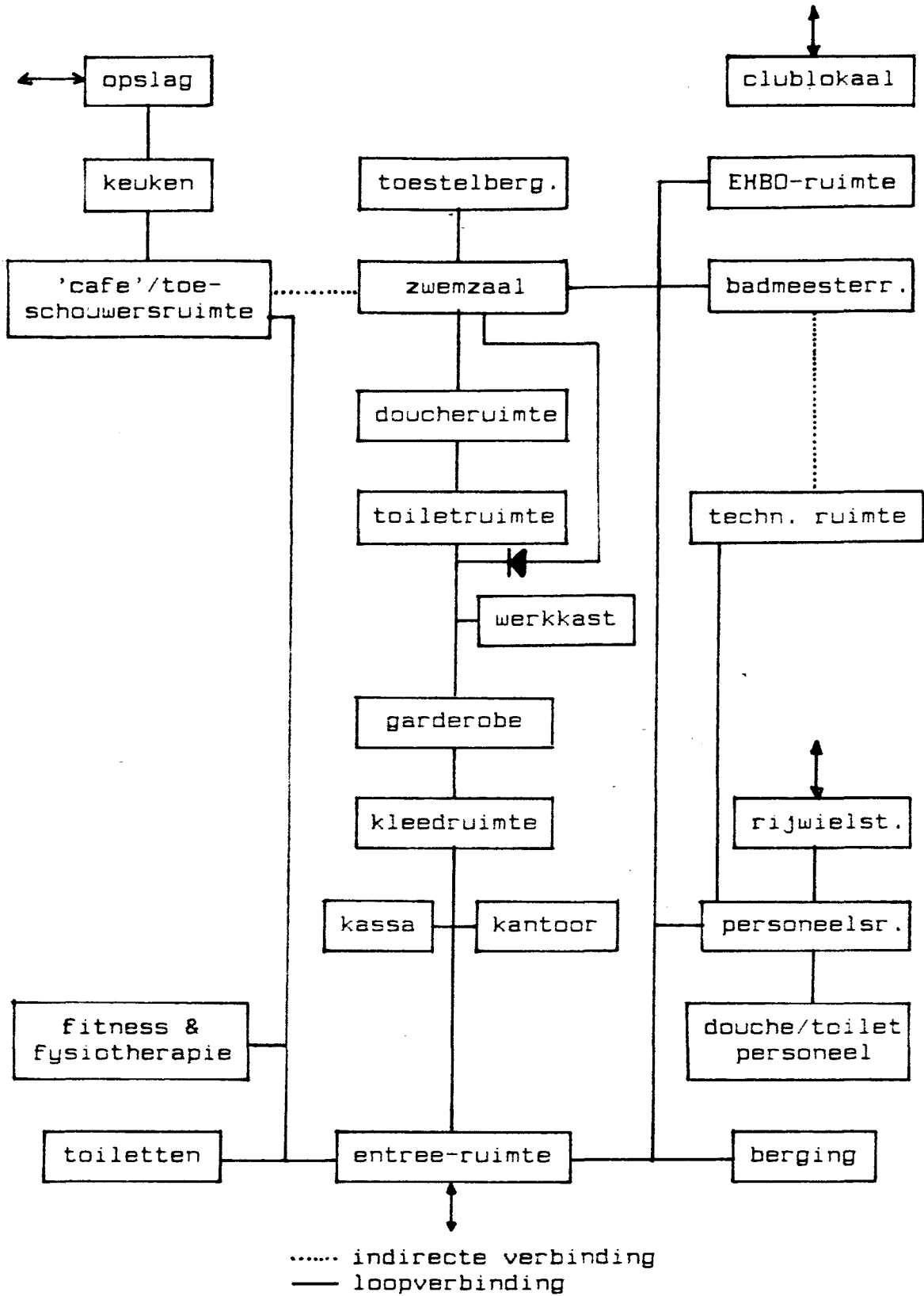
Badmeesterruimte		6 m ²
EHBO-ruimte		10 m ²
Toestelruimte		20 m ²
* <u>Overige ruimten</u>		
Fitness- en fysiotherapieruimte	h >= 2.50 m	40 m ²
'Cafe'/toeschouwersruimte		
- zitplaatsen, 50 stuks		80 m ²
- container/leeggoedruimte		12 m ²
- opslag/koelruimte		12 m ²
- keuken		20 m ²
- barruimte		25 m ²
Club-(kleed)-lokaal, 2 kleedruimten		60 m ²
12 Douches en 2 toiletten		45 m ²
entree-ruimte		15 m ²
* <u>Technische ruimte</u>		
Verwarmingsinstallatie en warm water bereiding en verdeling	h >= 3.00 m	140 m ²
Ventilatie-installatie	h >= 3.00 m	90 m ²
Waterbereidings-installatie en chloorgas-installatie	h >= 4.00 m	100 m ²
Electriciteitsverdeling	h >= 2.50 m	20 m ²
Werkruimte	h >= 2.50 m	15 m ²
Opslagruimte reinigingsmiddelen	h >= 2.50 m	5 m ²
Warmte-overdrachtsruimte		10 m ²
Gas-overdrachtsruimte		10 m ²
Brandstofopslag: olie 70000 liter		
Wateropslag : 45 m ³		
Oppomp-installatie overloopwater		5 m ²
Opslagruimte algemeen	h >= 2.00 m	5 m ²
Traforuimte	h >= 2.50 m	25 m ²
Ruimte noodstroomvoorziening	h >= 2.50 m	5 m ²
totaal technische ruimte:		<u>430 m²</u>
Oppervlakte schatting volgens het programma van eisen:		
- buitenoppervlak	:	1390 m ²
- binnenoppervlak	:	2175 m ²
- loopruimte binnen (20 % binnenoppervlak):		435 m ²
		+-----
Totaal:		3000 m ²

2.2 Van programma van eisen naar het ontwerp

In deze paragraaf wordt in het kort aangegeven op welke wijze, uitgaande van het programma van eisen, tot een ontwerp is gekomen. Dit wordt gedaan aan de hand van tekeningen en begeleidende tekst. De tekeningen zijn - in zover mogelijk - direct na de begeleidende tekst geplaatst. Tekeningen die niet in het verslag geplaatst konden worden vanwege hun afmetingen zijn als bijlage los toegevoegd. Deze tekeningen worden hierna bijlage-tekeningen genoemd ter onderscheid van de in het verslag opgenomen tekeningen (die gewoon als tekening zullen worden aangeduid). De bijlage-tekeningen 10, 11 en 12 zijn tezamen op een blad afgedrukt. De in het programma van eisen onder het hoofdje 'buitenruimte' aangegeven parkeerplaatsen (pag. 2) worden in de ontwerpfase verder niet behandeld. Wel wordt vermeld dat op het terrein van het 'Eckartdal' al de nodige parkeerruimte aanwezig is (zie bijlage-tekening 2, gevelaanzichten en situatieschets). Door aan deze parkeerruimte een klein aantal parkeerplaatsen toe te voegen zal het mogelijk zijn om aan de eisen voor het aantal parkeerplaatsen te voldoen. Naast het programma van eisen is het op de volgende pagina weergegeven ruimten-relatieschema een belangrijk hulpmiddel geweest bij de ontwerpfase. In dit schema wordt aangegeven of er tussen bepaalde ruimten een relatie bestaat of niet. Een doorgetrokken lijn tussen twee ruimten geeft aan dat er een loopverbinding tussen deze ruimten moet bestaan. Een gestippelde verbinding geeft aan dat er een indirecte verbinding tussen desbetreffende ruimten aanwezig moet zijn. De indirecte verbindingen die in het gebouw aanwezig zijn, zijn:

- de zichtverbinding tussen cafe/toeschouwersruimte en de zwemzaal;
- de bedieningsverbinding tussen badmeesterruimte en technische ruimte - mogelijkheid tot het bedienen van de technische installaties vanuit de badmeesterruimte -.

Ruimten-relatieschema



Van schets tot uiteindelijk ontwerp

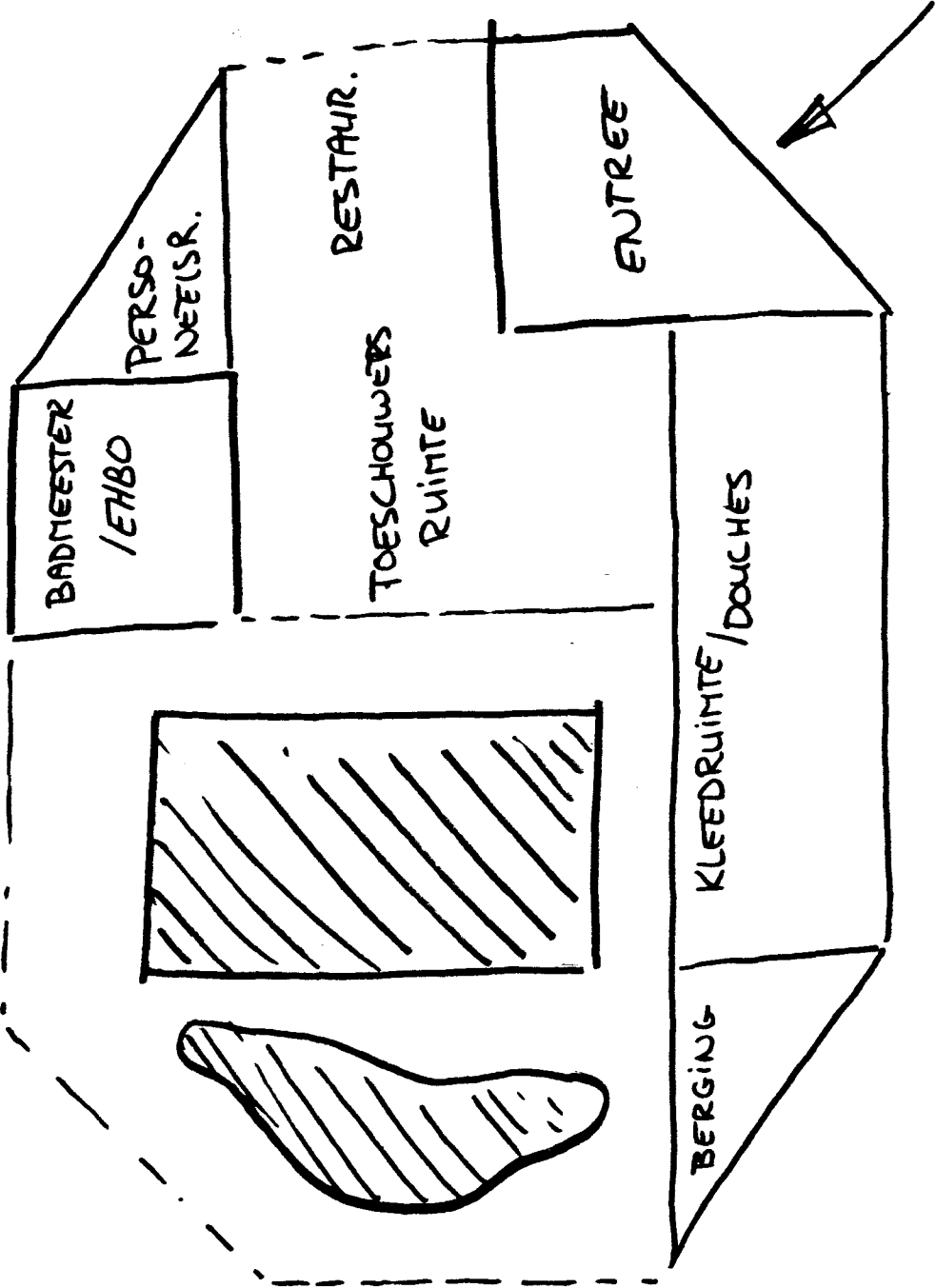
tekening 1,2,3

In deze eerste schetstekeningen is gekeken naar eventueel mogelijke ruimteplaatsingen. Vooral de onderlinge ligging van de ruimten - gebaseerd op het ruimten-relatieschema - stond in de belangstelling. De situatie, de terreinafmetingen en de ruimte-oppervlakten zijn grotendeels buiten beschouwing gelaten.

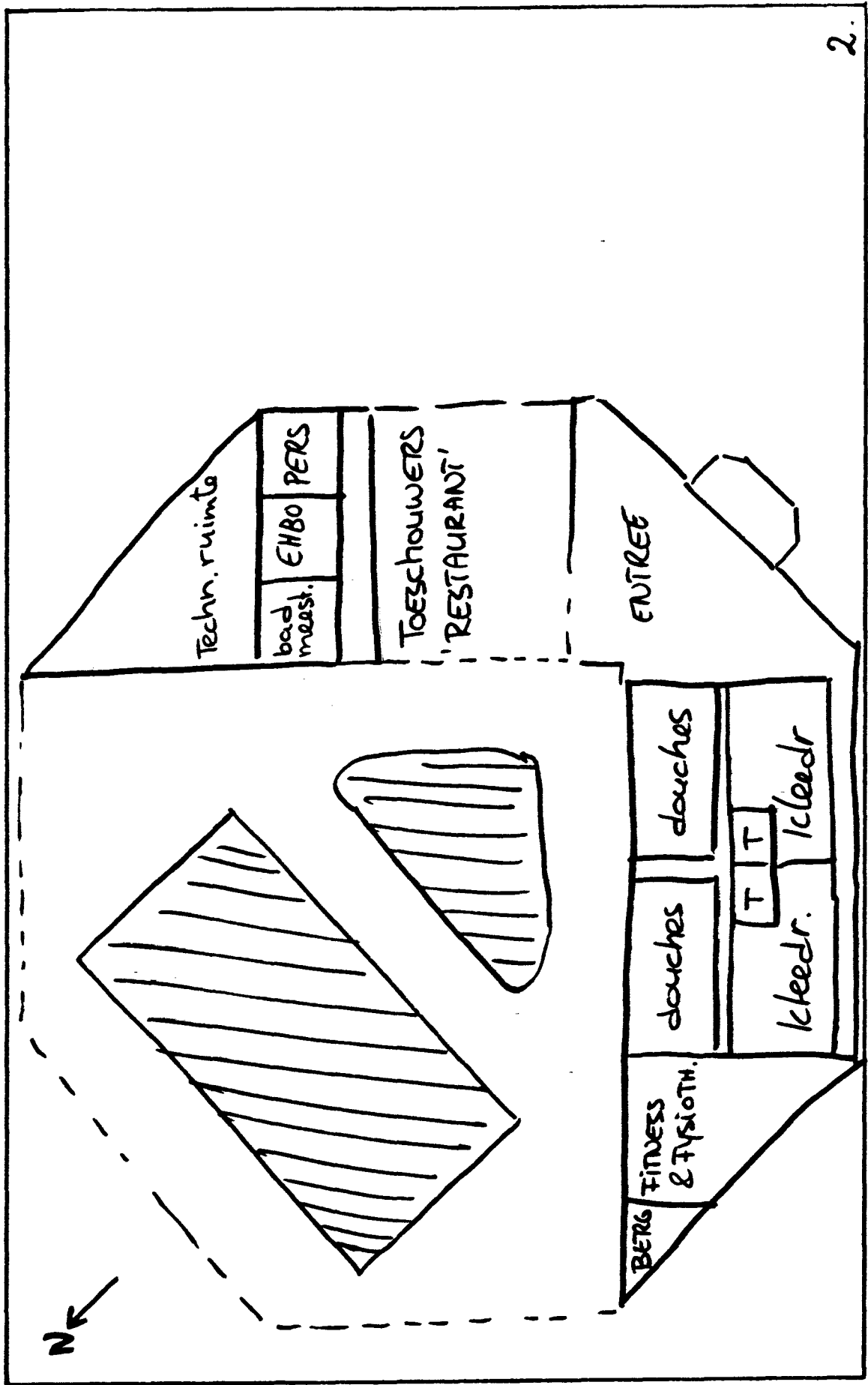


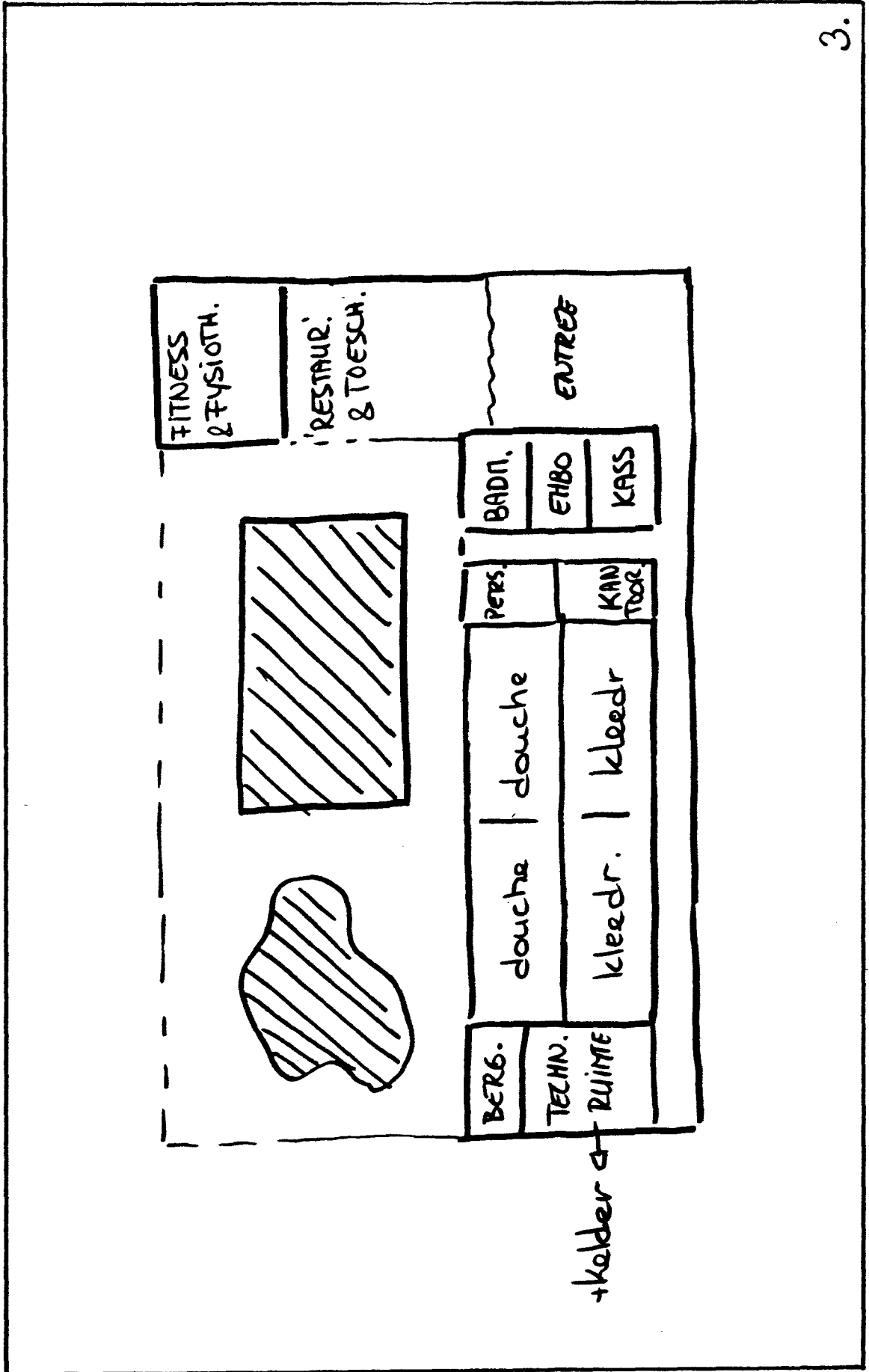
Het op het terrein aanwezige club-kleed-lokaal
kijkrichting Noord-Oost-Oost

technischer. un
kelder?
konstructievorm
zweizaal?
fysiotherapie?



1.





3.

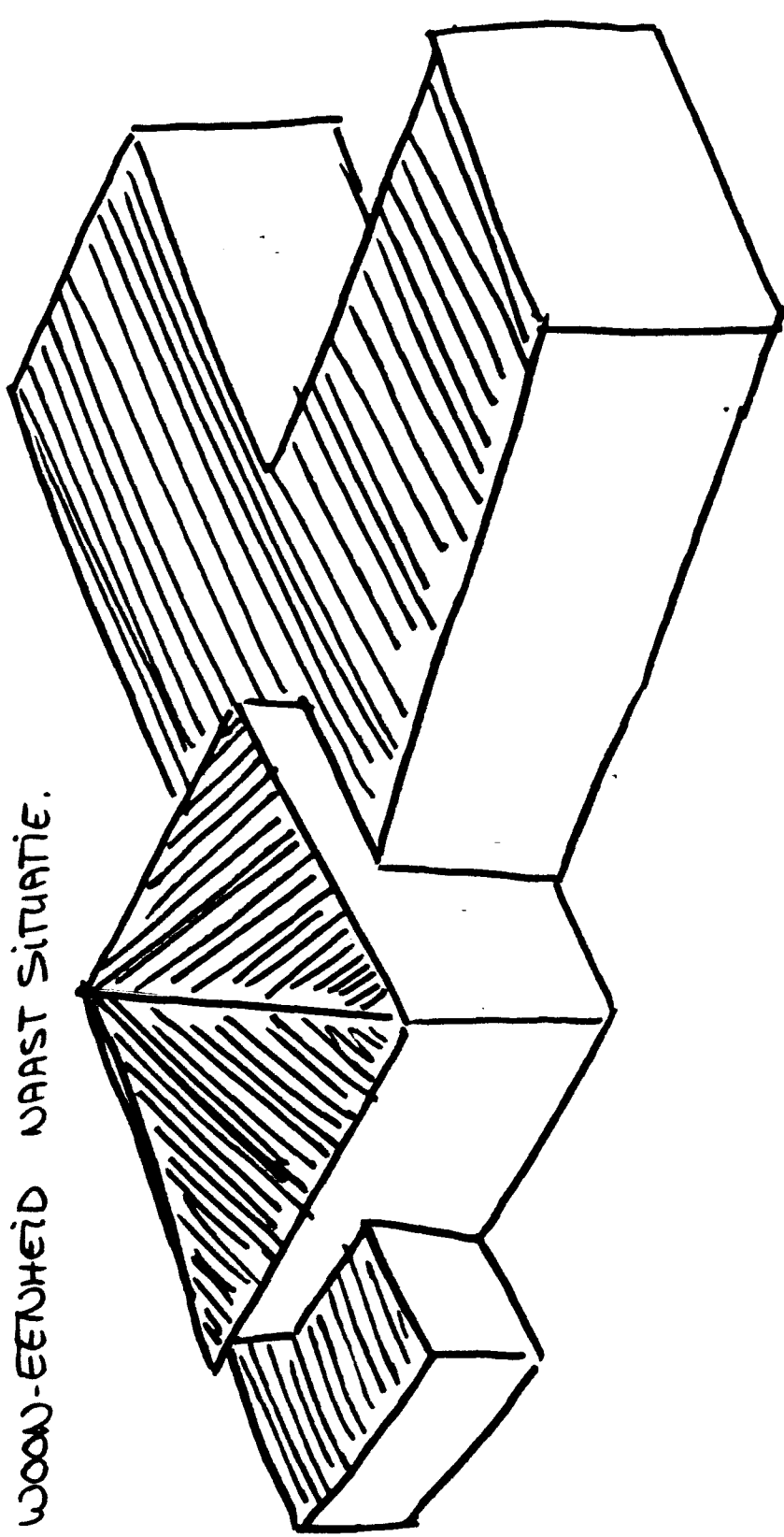
tekening 4,5

Na deze eerste 'verkenning' wordt de situatie in het geheel betrokken. Er ontstond een plan om het nieuwe gebouw wat uiterlijk betreft een gelijkenis te geven met de op het terrein aanwezige wooneenheden. Deze overeenkomst zou dan vooral in de dakvorm en de blokvorm van het gebouw moeten zitten. Dit plan wordt verworpen. Het gebouw heeft immers een heel andere functie (zwembad) dan de wooneenheden en mag daarom wat uiterlijk betreft ook gerust anders zijn.



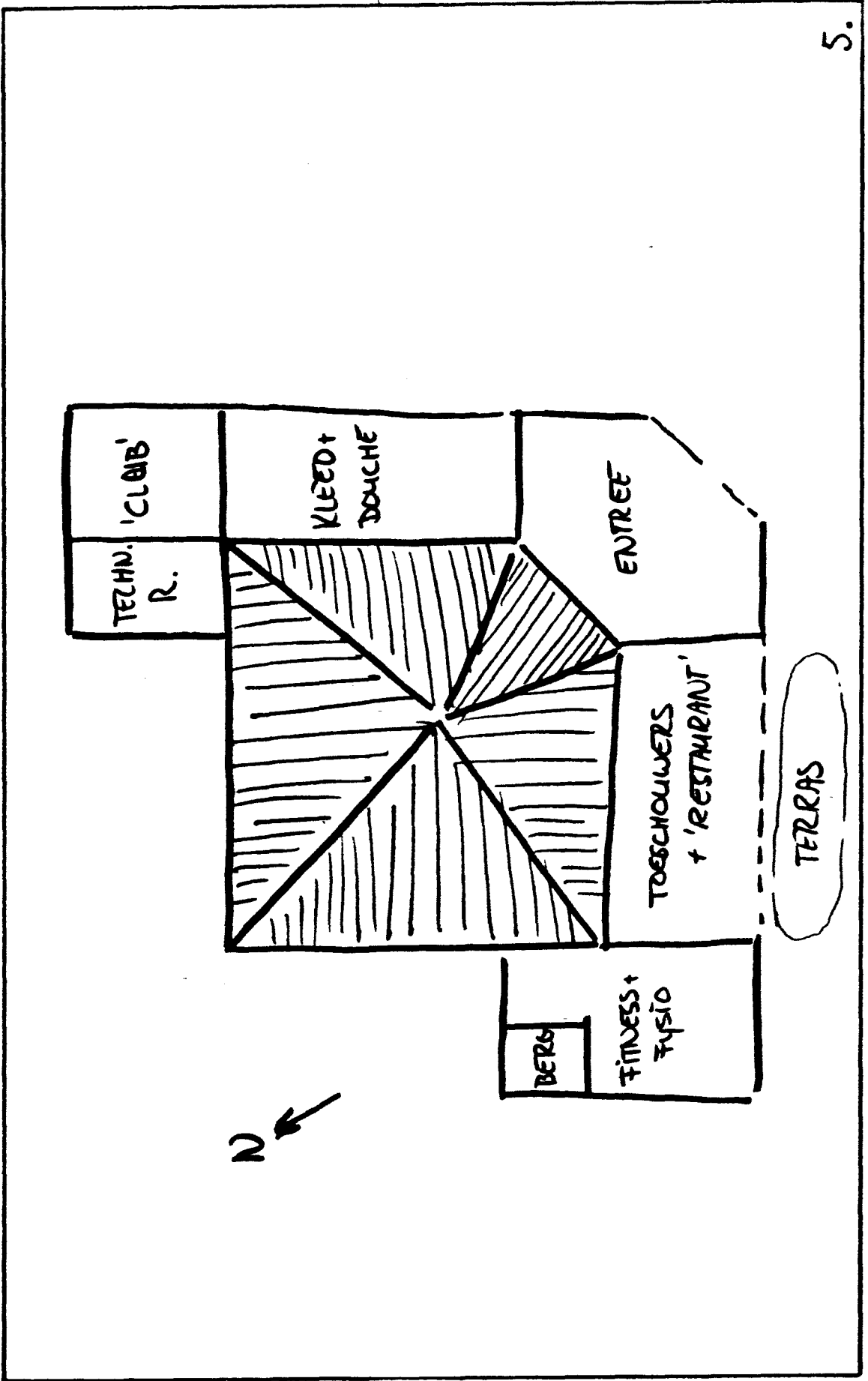
Wooneenheid en bouwterrein
kijkrichting Noord

WOON-EENHEID NAAST SITUATIE.



OVEREENKOMST TUSSEN DEZE VORM EN NIEUW GEBOUW ?

4.



5.

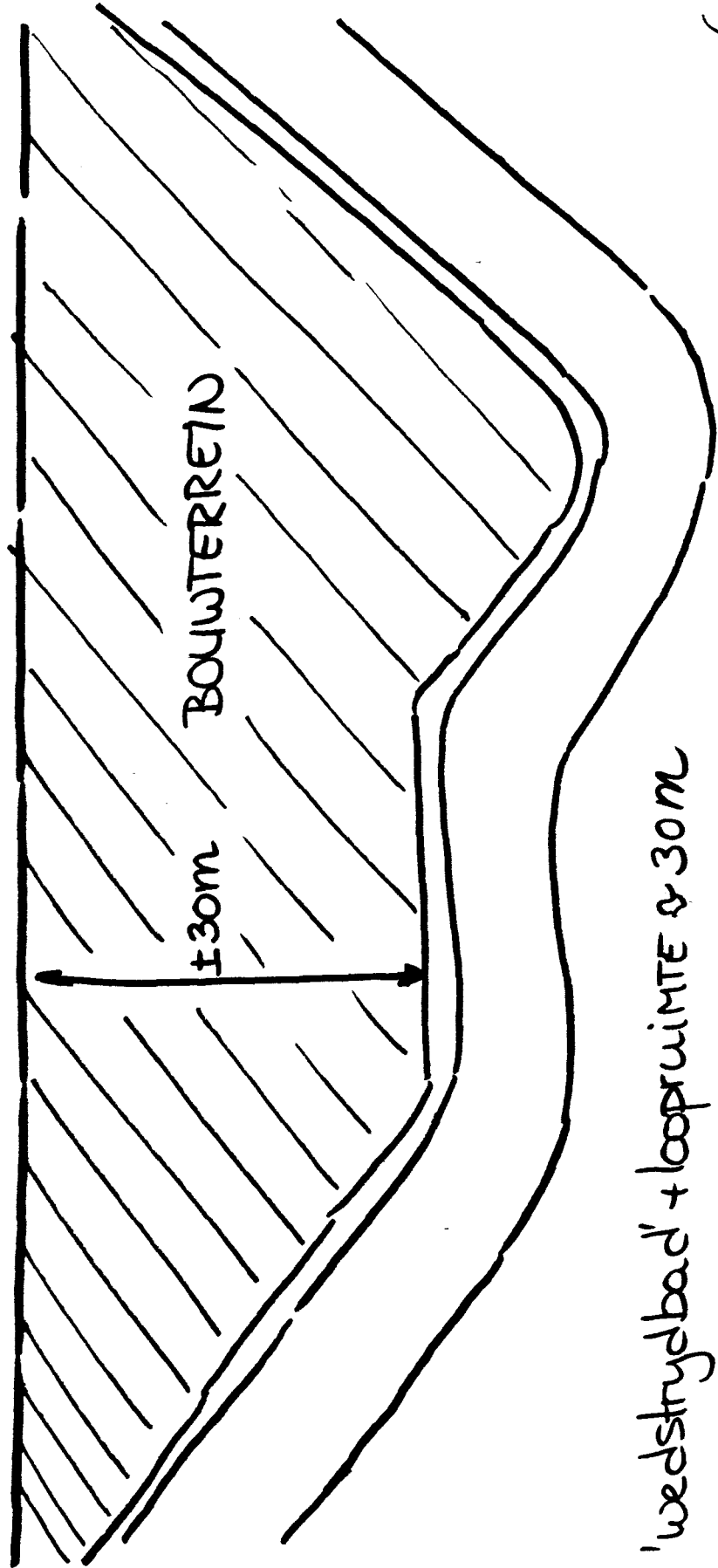
tekening 6

Het terrein waarop het gebouw geplaatst dient te worden is van groot belang voor het ontwerp. Het is langgerekt van vorm en vrij smal (+ 30 m breed). Gebouwwormen zoals deze op de tekeningen 1, 2, 3 en 5 zijn weergegeven passen - door hun breedte - dan ook niet op het terrein. De plaatsing van het 'wedstrijd'-bassin zal mede bepalend zijn voor de gebouwworm. De wens is dat een lange zijde van het bassin aan de noordzijde van het gebouw komt te liggen. Hier kunnen dan ramen worden geplaatst die geen hinder door zoninstraling (hinderlijke spiegel- en warmte-effecten) veroorzaken.



Het bouwterrein
kijkrichting Noord-West

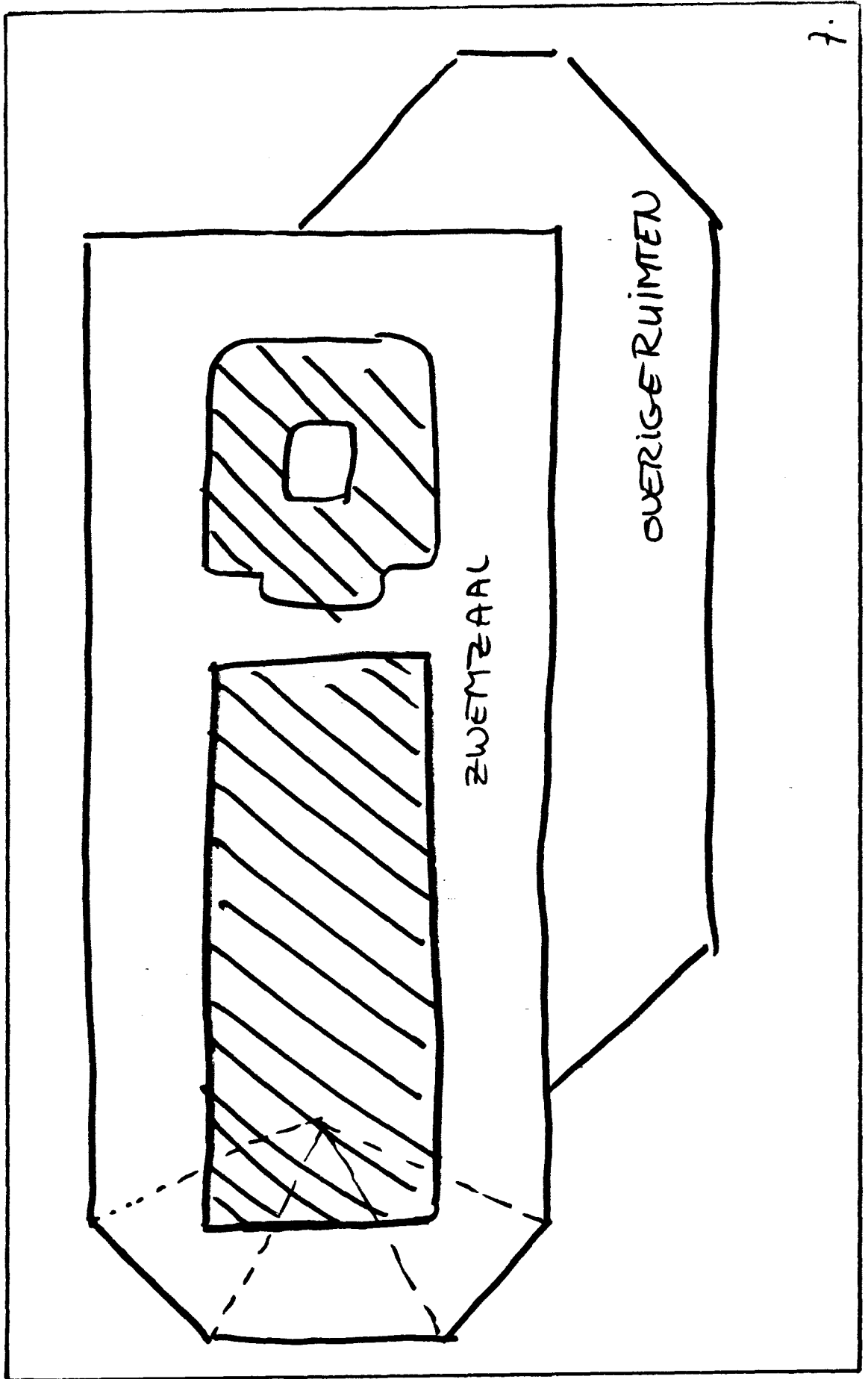
N
↑
DE AFMETINGEN VAN HET BOUWTERREIN ZIJN DUSDANIG
DAT EEN KOMPACTE BOUWVORM NIET TE VERWERZEN
IS. → HET GEBOUW WORDT LANGGEREKT.



tekening 7,8,9

Er ontstaat aldus een langgerekte gebouwworm. Tekening 7 geeft een globaal beeld van de vorm en de ruimteplaatsingen. Er wordt nu meer op schaal gewerkt. In eerste instantie wordt begonnen op een schaal van 1:500. De gebouwworm uit tekening 8 blijkt al weer te breed te worden voor het terrein. Het gebouw moet dus echt in een rechte - langgerekte - vorm worden uitgevoerd.

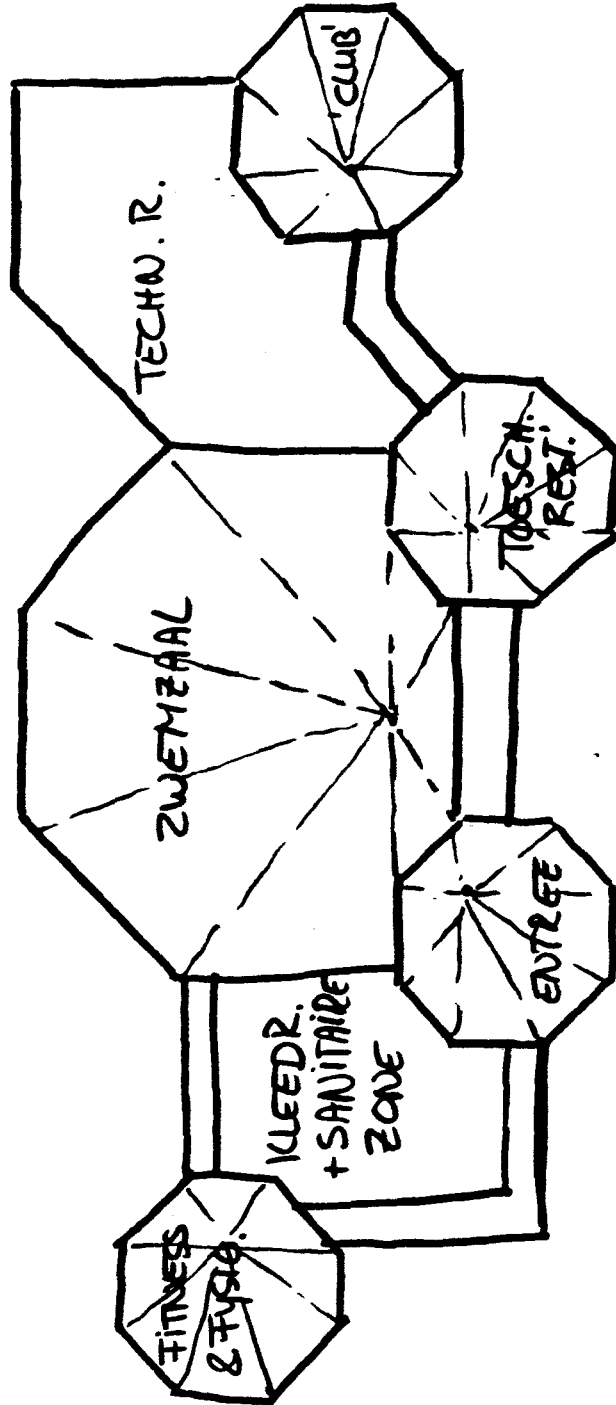
In tekening 9 is zo'n langgerekte vorm weergegeven. Voor de indeling van de zwemzaal wordt hier nog uitgegaan van de gedachte dat het recreatie-bassin en de cafe/toeschouwersruimte door de konstruktievorm gedeeltelijk afgescheiden zouden moeten worden van het 'wedstrijd'-bassin. Het spant met een middenkolom en een soort van uitkragende liggers - boomvorm - zou dit moeten verwezenlijken. Later wordt van deze gedachte afgestapt en weer overgegaan tot een 'open' zwemzaal.



7.

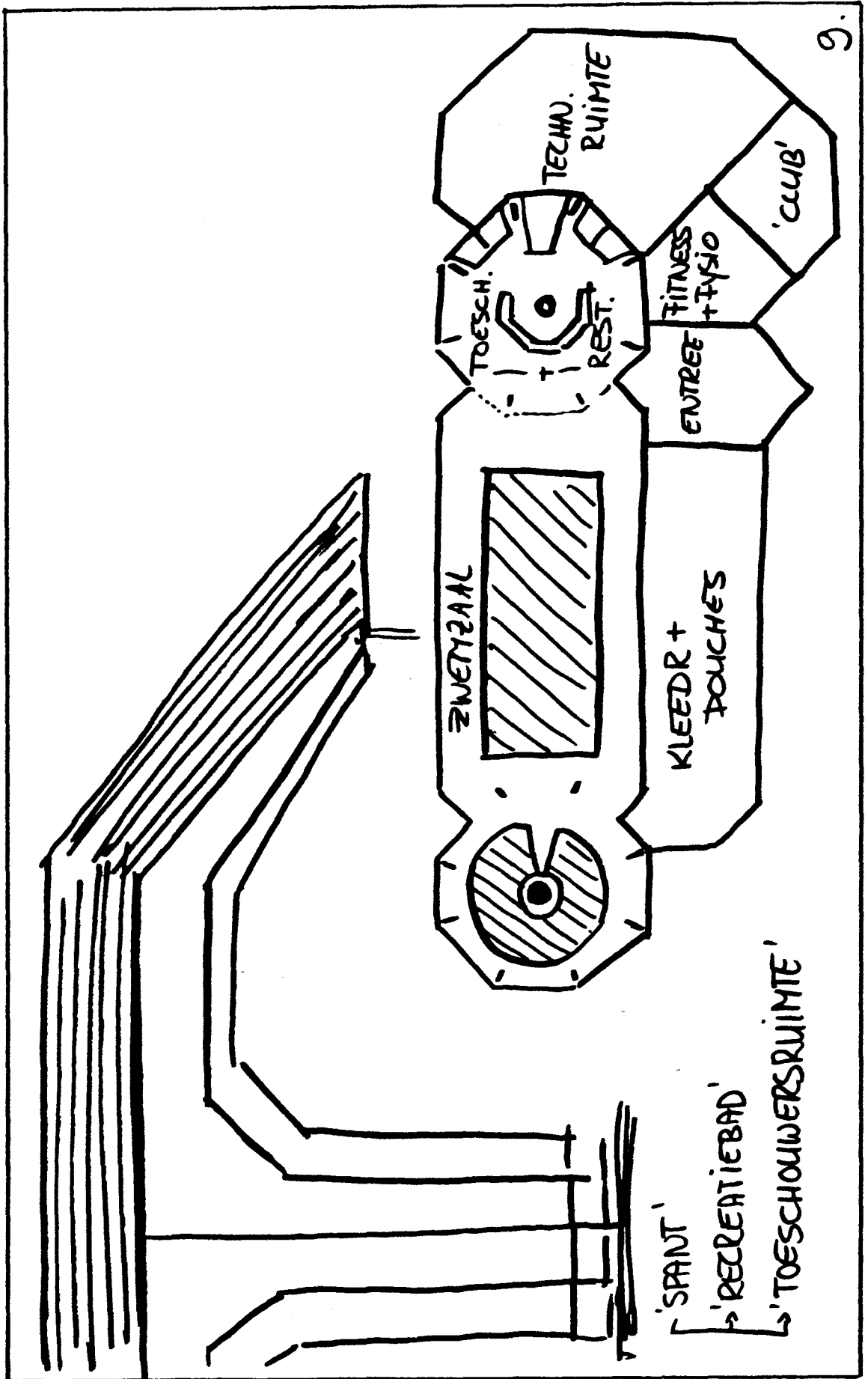
1:500

N ↑



WEER TE BREED VOOR HET TERREIN

8.



In het hier volgende gedeelte worden telkens een aantal tekeningen met elkaar vergeleken. Hierbij wordt aangegeven wat de wijzigingen zijn die in de laatst vermelde tekening zijn aangebracht ten opzichte van de eerst vermelde tekening. De tekeningen zijn nu uitgevoerd op een schaal van 1:200.

bijlage-tekening 10 en bijlage-tekening 11

Wijzigingen:

- De zwemzaal is vergroot. Er was niet voldoende ruimte voor het recreatie-bassin;
- De technische ruimte beslaat een groot vloeroppervlak. Om dit in de plattegrond terug te dringen wordt besloten de technische ruimte in twee lagen uit te voeren.

bijlage-tekening 11 en bijlage-tekening 12

Wijzigingen:

- De fitness/fysiotherapieruimte is verplaatst;
- De badmeesterruimte, EHBO-ruimte en toestelbergingsruimte zijn toegevoegd;
- Het gebouw is verder ingedeeld.

biilage-tekening 12 en tekening 13

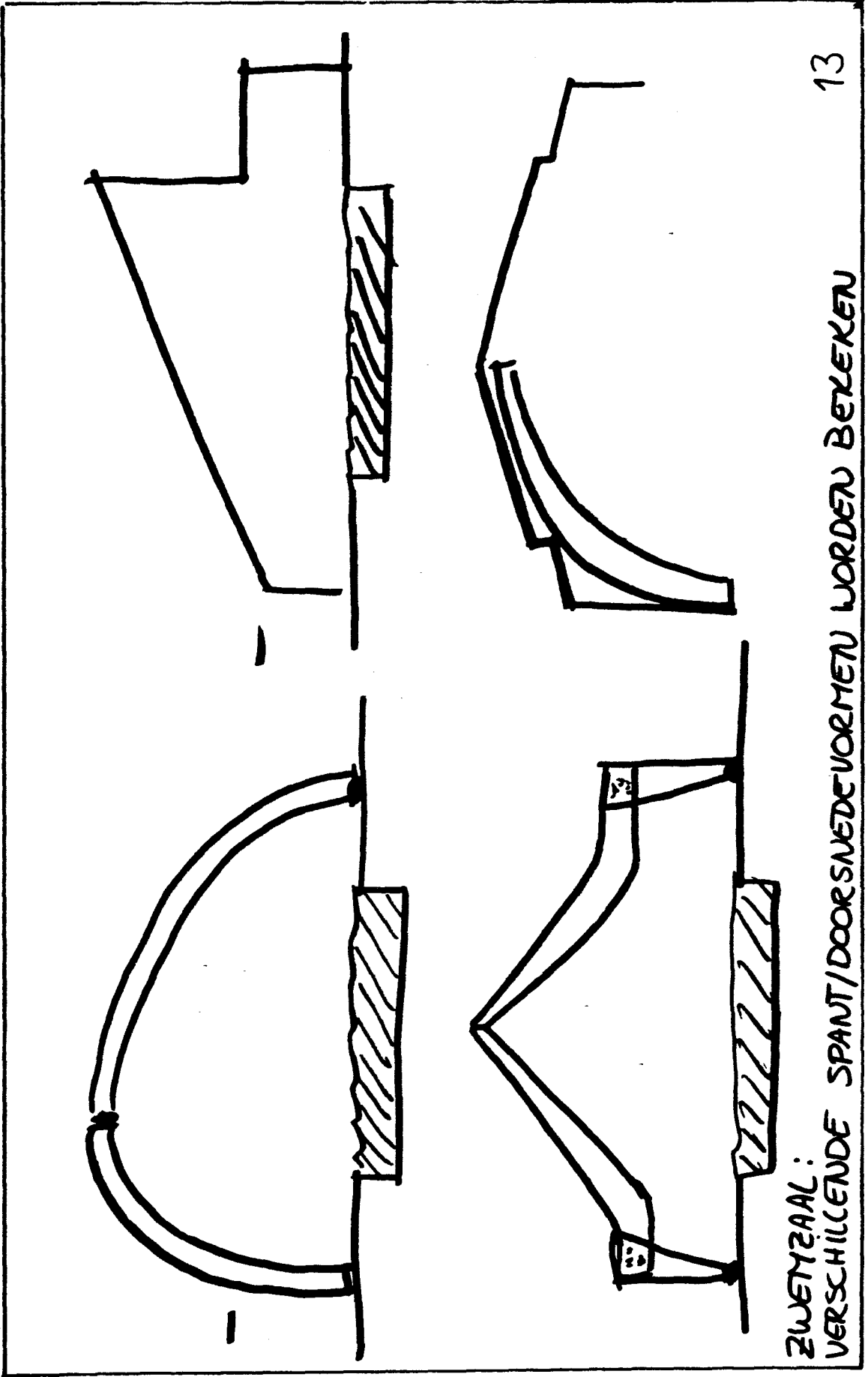
Als hoofdkonstruktie voor de zwemzaal wordt gekozen voor spanten. De spantvorm moest een omsluitende vorm hebben. De relatie tussen binnen- en buitenruimte is niet zo belangrijk en hoeft door de spantvorm niet te worden benadrukt. Verder wordt de eis gesteld dat boven het 'wedstrijd'-bassin het dakvlak zoveel mogelijk een vlak moet vormen.

tekening 14a

Nadat de spantvorm was bepaald is er gekeken naar de hoogtematen van het spant. Na het tekenen van een aantal spanten met verschillende hoogten is uiteindelijk voor een bepaalde uitvoering gekozen.

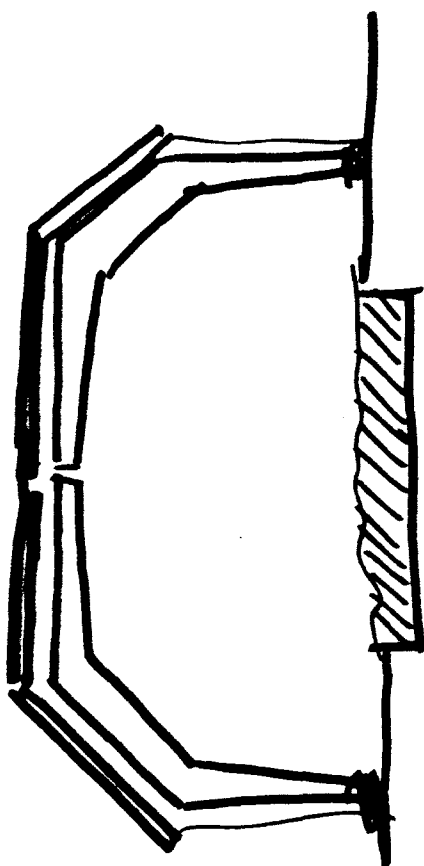
tekening 14b

Na de vaststelling van de hoogte-afmetingen van het spant is er nog gekeken naar de spantplaatsing. Vooral de plaatsing van de spanten aan de 'einden' van de zwemzaal stonden daarbij in de belangstelling.

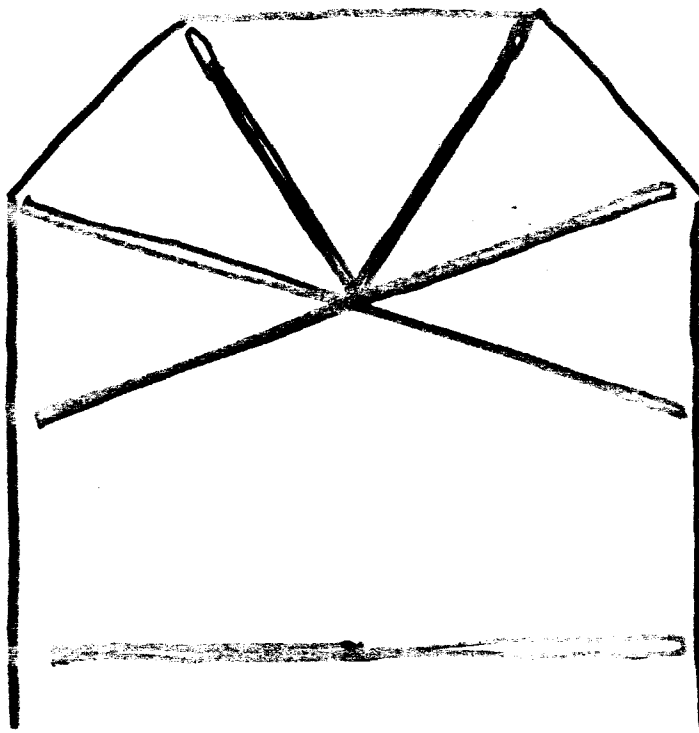


ZWEMZAAL:
 VERSCHILLENDE SPANT/DOORSNEDEVORMEN WORDEN BEKEKEN

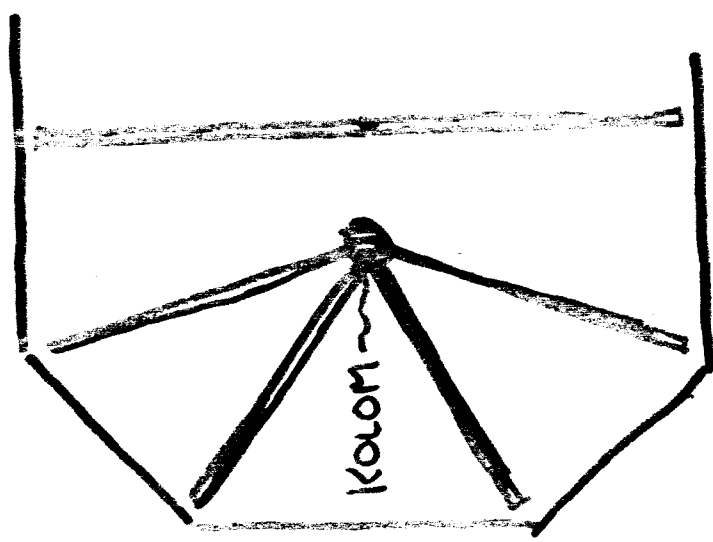
14a



UITEINDELYKE SPANTVORM



DEZE OPLOSSING IS
GEKOZEN.



KOLOM ~

SPANPLAATSING

14b

bijlagetekening 12 en bijlagetekening 15

Wijzigingen:

- Uitwerking op een schaal van 1:100;
- Scherpe hoeken zoveel mogelijk verwijderd;
- Het lage gebouwgedeelte wordt minder omsluitend tegen de zwemzaal geplaatst zodat de zwemzaal meer op zichzelf staand wordt;
- Er verwisselen/verschuiven weer wat ruimten (bijv. fitness/fysiotherapie-ruimte);
- De doucheruimte was in eerste instantie - volgens de Duitse normen - opgedeeld in douchecabines. In de Nederlandse situatie is een dergelijke indeling niet gebruikelijk. Daarom wordt overgestapt naar 'open' doucheruimten. Het was nu ook mogelijk om de looproute door deze ruimten wat minder slingerachtig te maken;
- De gangpaden - die vrij smal waren - zijn breder gemaakt;
- De kassarimte is verplaatst naar een positie waar deze beter in het zicht ligt.

bijlage-tekening 15 en bijlage-tekening 1

Wijzigingen:

- Het aantal wisselcabines is vergroot;
- De groepskleedruimten zijn aangepast;
- Het kantoor is verplaatst naar een plek aan de gevel;
- Het toiletblok aan de entree-ruimte is gedraaid zodat bij het betreden van het gebouw niet direct tegen al deze deuren aan wordt gekeken;
- Het douche/toiletblok voor het personeel heeft een eigen plaats gekregen;
- De entree is gewijzigd. De eerst aanwezige tochtsluis met klapdeuren is toch niet zo geschikt om in een dergelijk gebouw de personenstroom te verwerken. Daarom wordt gekozen voor twee draaideuren met in het midden een tochtsluis met automatische schuifdeuren.

bijlage-tekening 16 en bijlage-tekening 2

wijzigingen:

- De technische ruimte had in eerste instantie een duidelijk ander uiterlijk gekregen als de rest van het gebouw. Dit om aan te geven dat de functie van dit gebouwdeel anders is dan de functie van het overige deel van het gebouw. De technische ruimte bleek nu echter zo opvallend te worden dat hier toch maar weer van wordt afgestapt. Tevens wordt de technische ruimte verlaagd zodat deze in de gevels minder dominerend wordt;
- Het boeiboord dat in eerste instantie geheel rond liep is grotendeels verwijderd. Dit is gedaan om de entree duidelijker aan te kunnen geven (alleen boeiboord bij entree);
- De geknikte wand in de zwemzaal is aangepast. Het aantal hoeken is verlaagd en de wand wordt in zijn geheel uit panelen samengesteld (houtskeletbouw wand). Tevens is het glasoppervlak verlaagd.

Afsluiting

In het voorgaande werd in het kort weergegeven hoe het definitieve ontwerp is ontstaan. Het zou mogelijk zijn om het geheel nog verder uit te schrijven maar er wordt aangenomen dat de hier gegeven tekst in samenwerking met de tekeningen een vrij goed beeld geeft van het ontwerpproces en dat een verdere uitwerking daarom achterwege kan blijven.

H 3 De houtconstructie in de zwemzaal

Van de constructie wordt alleen de houtconstructie in de zwemzaal bekeken. Deze constructie omvat het dakbeschot, de sporen, de gordingen en de drie-scharnierspanten. Aan de hand van NEN 3850 [lit. 7] en NEN 3852 [lit. 8] zijn de hiervoor vermelde onderdelen berekend. In de hier volgende paragrafen worden deze berekeningen en de resultaten daarvan weergegeven.

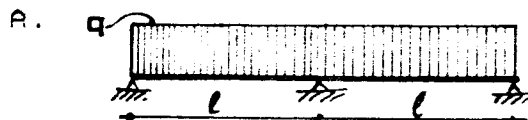
3.1 Het dakbeschot

3.1.1 Dakbeschot, inleiding

Bij de berekening van het dakbeschot wordt uitgegaan van een schematisering van het beschot als ligger over 3 steunpunten. Er wordt een strook van het dakbeschot ter breedte van 1 m bekeken. Op deze ligger zijn drie - voor de berekening van belang zijnde - basis-belastingsgevallen aan te geven. Van deze drie gevallen worden eerst de belangrijkste gegevens weergegeven.

Basis-belastingsgevallen

- M<vl> = moment in het midden van het linker veld
- M<st> = moment boven het steunpunt
- M<vr> = moment in het midden van het rechter veld
- f<max> = maximale doorbuiging (linker veld)

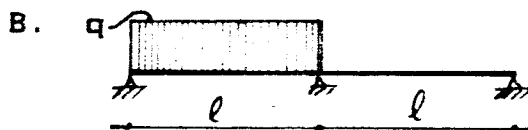


$$M\langle vl \rangle = \frac{1}{16} * q * l^2$$

$$M\langle st \rangle = - \frac{1}{8} * q * l^2$$

$$M\langle vr \rangle = \frac{1}{16} * q * l^2$$

$$f\langle max \rangle = 0.0054 * \frac{q * l^4}{E * I} \quad [\text{lit. B}]$$

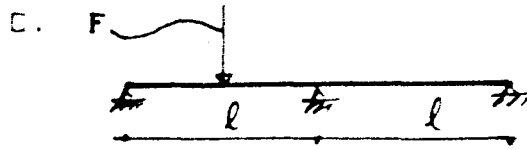


$$M\langle vl \rangle = \frac{3}{32} * q * l^2$$

$$M\langle st \rangle = - \frac{1}{16} * q * l^2$$

$$M\langle vr \rangle = - \frac{1}{32} * q * l^2$$

$$f\langle max \rangle = 0.0090 * \frac{q * l^4}{E * I} \quad [\text{lit. B}]$$



$$M\langle vl \rangle = \frac{13}{64} F \cdot l$$

$$M\langle st \rangle = - \frac{3}{32} F \cdot l$$

$$M\langle vr \rangle = - \frac{3}{64} F \cdot l$$

$$f\langle max \rangle = 0.014 \cdot \frac{F \cdot l^3}{E \cdot I} \quad [\text{lit. 8}]$$

Dakbeschot

Houtsoort: Europees naaldhout

$$s\langle b, t \rangle = 7 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 10000 \text{ N/mm}^2$$

Mogelijke dakbeschotdikte: 16, 19, 22 mm

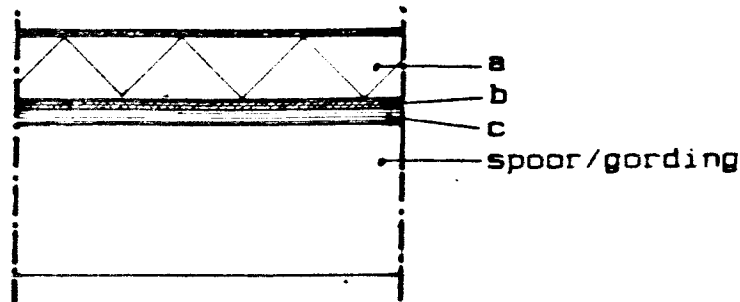
Triplex-plaatafmetingen : 1220*2500 mm²

Voor de verschillende dakbeschotdikten - zoals hiervoor aangegeven - wordt nu de maximale hart op hart afstand van de ondersteuning bepaald.

Na de bepaling van de maximale hart op hart afstanden wordt een van de dakbeschotdikten gekozen en wordt de ondersteuningsafstand vast gelegd.

3.1.2 Dakbeschot_vlakke_dakdelen

Opbouw_vlakke_dakdelen



a. Roofmate LG 90 mm (80 mm Roofmate met 10 mm toplaag van gemodificeerde mortel):	280 N/m ²
b. Dakbedekking (bitumen)	: 30 N/m ²
c. Dakbeschot (22 mm)	: 155 N/m ²
	+-----
Totaal :	465 N/m ²

Belastingen:

a) Permanente belasting	465 N/m ²
b) Veranderlijke belasting:	
Gelijkmatig verdeelde verticale belasting	1000 N/m ²
of	
Verticale lijnlast op ongunstigste plaats	2000 N/m

c) Windbelasting:

c<d> = + 0.4	c<d> = + 1.5 (bij een knik in het dakvlak)
c<z> = - 0.4	c<z> = - 1.5 (bij een knik in het dakvlak)
c<w> = 0.04	(strijkend langs het vlak)
c<o> = ± 0.3	(over- of onderdruk)

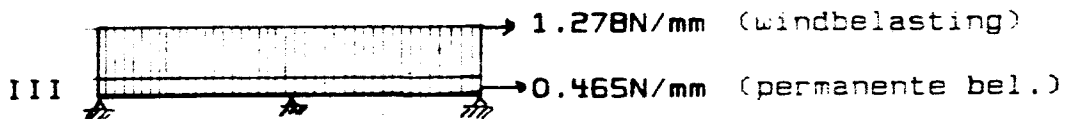
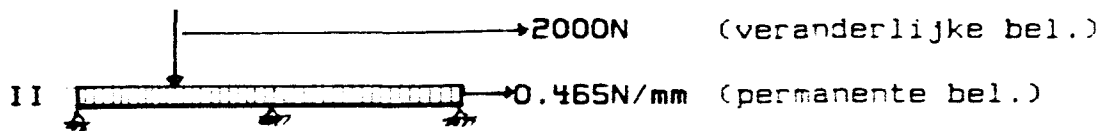
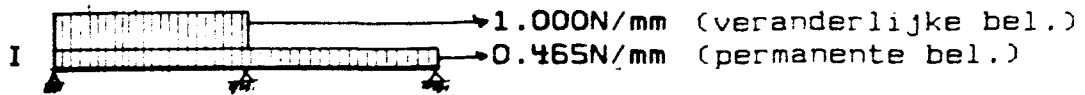
$q_{<w>} = 710 \text{ N/m}^2$

De voor de berekening maatgevende c-waarde waarmee wordt gerekent is 1.8. Deze c-waarde is gelijk aan de waarde c<d> (bij een knik in het dakvlak) plus de c<o>-waarde bij onderdruk. De windbelasting waarmee aldus wordt gerekent bedraagt:

$c * q_{<w>} = 1.8 * 710 = 1278 \text{ N/m}^2$

Berekening op sterkte

Mogelijk maatgevende belastingsgevallen:



$$I. M\langle vl \rangle = \frac{1}{16} * 0.465 * l^2 + \frac{3}{32} * 1.000 * l^2 = 0.12 * l^2$$

$$M\langle st \rangle = - \frac{1}{8} * 0.465 * l^2 - \frac{1}{16} * 1.000 * l^2 = - 0.12 * l^2$$

$$M\langle vr \rangle = \frac{1}{16} * 0.465 * l^2 - \frac{1}{32} * 1.000 * l^2 = - 0.00 * l^2$$

Maatgevend moment: $M = 0.12 * l^2$

resultaat sterkte, I

d(mm)	h.o.h-afstand (maximaal, mm)
16	1578
19	1873
22	2169

$$\begin{aligned}
 \text{II.} \\
 \text{M<v1>} &= \frac{1}{16} * 0.465 * 1^2 + \frac{12}{64} * 2000 * 1 = 0.03 * 1^2 + 406 * 1 \\
 \text{M<st>} &= - \frac{1}{8} * 0.465 * 1^2 - \frac{3}{32} * 2000 * 1 = - 0.06 * 1^2 - 188 * 1 \\
 \text{M<vr>} &= \frac{1}{16} * 0.465 * 1^2 - \frac{3}{64} * 2000 * 1 = 0.03 * 1^2 - 94 * 1
 \end{aligned}$$

Maatgevend moment: M<v1> of M<st>

resultaat sterkte, II

d(mm)	M<v1>	M<st>	(h.o.h.-afstand max. t.g.v. ...)
16	1423	756	
19	1489	878	
22	1553	1005	

III. Maatgevend moment boven steunpunt:

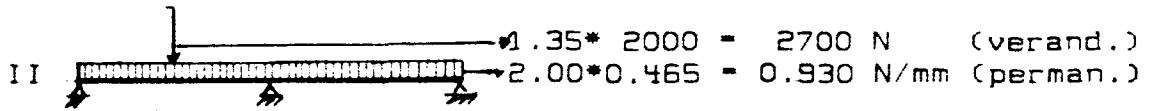
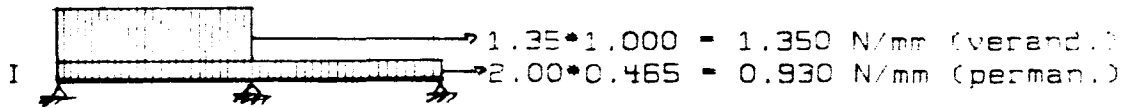
$$\text{M<st>} = \frac{1}{8} * 1.743 * 1^2 = 0.22 * 1^2$$

resultaten sterkte, III

d(mm)	h.o.h.-afstand maximaal (mm)
16	1165
19	1384
22	1602

Doorbuiging

Voor de doorbuiging van het dakbeschot op de vlakke dakdelen wordt als eis gesteld dat de doorbuiging in de eindsituatie maximaal 0.004 maal de overspanning mag bedragen. Voor het berekenen van deze doorbuiging in de eindsituatie wordt als belasting in rekening gebracht: 2 maal de permanente belasting plus 1.35 maal de veranderlijke belasting.



$$I. f_{\max} = 0.0054 \cdot \frac{0.930 \cdot 10^4}{E \cdot I} + 0.0090 \cdot \frac{1.350 \cdot 10^4}{E \cdot I} \leq 0.004 \cdot 1$$

$$II. f_{\max} = 0.0054 \cdot \frac{0.930 \cdot 10^4}{E \cdot I} + 0.0140 \cdot \frac{2700 \cdot 10^3}{E \cdot I} \leq 0.004 \cdot 1$$

resultaten doorbuiging, I, II

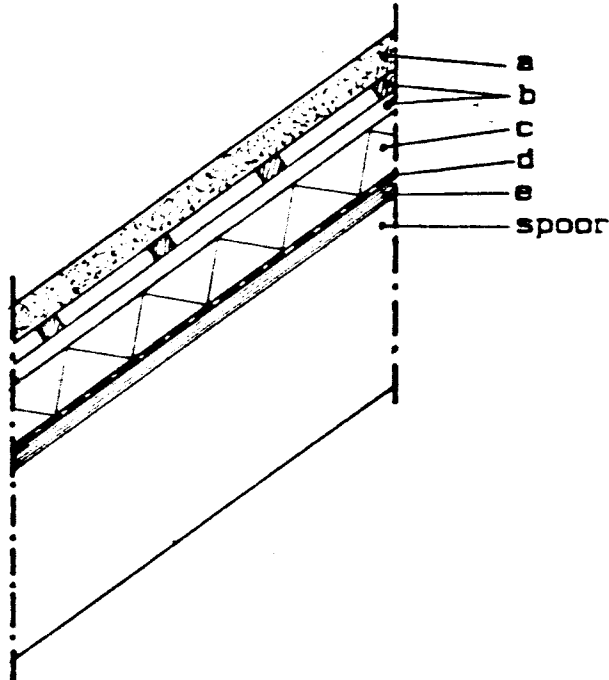
d(mm)	I	II (h.o.h.-afstand max. t.g.v. ...)
16	925	579
19	1099	742
22	1274	915

De doorbuiging van II is maatgevend voor de toe te passen dakbeschotdikte op de vlakke dakdelen. Er wordt gekozen voor een dakbeschotdikte van 22 mm. De hierbij behorende maximale hart op hart afstand van de ondersteuning bedraagt dan 915 mm.

Bij het toepassen van een dergelijke hart op hart afstand dient rekening te worden gehouden met het feit dat bij de berekening is uitgegaan van een 'ligger' over drie steunpunten. Dit bepaalt de richting waarin de triplex dakbeschotplaten op de sporen bevestigd moeten worden.

3.1.3 Dakbeschot hellende dakdelen

Opbouw hellende dakdelen



a. Dakpannen, beton (RBB, Beierse leien)	: 85 N/m ²
b. Tengels en panlatten	: 20 N/m ²
c. Roofmate SL 60 mm	: 20 N/m ²
d. Waterdichte scheidingslaag	: --
e. Dakbeschot (22 mm)	: 155 N/m ²
	+-----
Totaal	: 280 N/m ²

Belastingen:

a) Permanente belasting	280 N/m ²
b) Veranderlijke belasting:	
Gelijkmatig verdeelde verticale belasting	
- normaal: 1000 N/m ²	
- dak helling 35°, levert met NEN 3850	
# 2.2.2.4 : 1000*(1.1 - 0.7) = 400 N/m ²	
minimaal te rekenen met 500 N/m ²	500 N/m ²
of	
vertikale lijnlast op ongunstigste plaats	2000 N/m
c) Windbelasting (zie # 3.1.2):	
1.8*710 N/m ² loodrecht op het dakoppervlak	1278 N/m ²

Er wordt uitgegaan van de bij het vlakke dak berekende gegevens, namelijk: dakbeschotdikte 22 mm, ondersteuningsafstand hart op hart 915 mm. Er wordt gecontroleerd of deze gegevens ook bij het hellend dak tot een bevredigend - toelaatbaar - resultaat leiden.

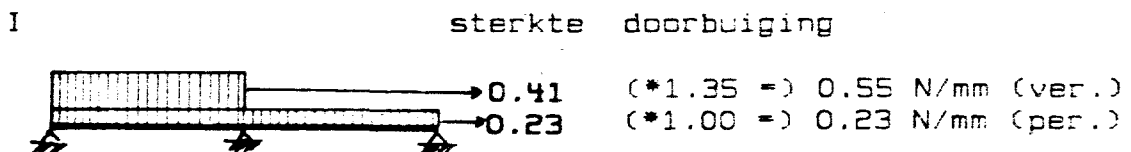
De krachten die in het vlak van het beschot werken leveren slechts kleine - verwaarloosbare - spanningen op. Daarom wordt alleen gekeken naar de krachten loodrecht op het beschotoppervlak.

Voor de doorbuiging van het dakbeschot op de hellende dakdelen wordt als eis gesteld dat de bijkomende doorbuiging - gemeten loodrecht op het dakvlak - maximaal 0.004 maal de overspanning mag bedragen. Voor het berekenen van deze bijkomende doorbuiging dient 1 maal de permanente plus 1.35 maal de veranderlijke belasting in rekening te worden gebracht.

Controle

Belasting loodrecht op het dakoppervlak:

$$\begin{aligned} \text{permanent} & : 0.28 \cdot \cos(35) = 0.23 \text{ N/m}^2 \\ \text{veranderlijk} & : 0.50 \cdot \cos(35) = 0.41 \text{ N/m}^2 \\ & 2000 \cdot \cos(35) = 1638 \text{ N/m} \end{aligned}$$



Sterkte:

Maatgevend moment:

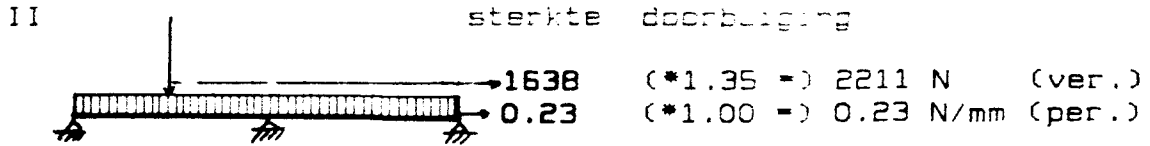
$$M_{\langle st \rangle} = \frac{1}{8} \cdot 0.23 \cdot 915^2 + \frac{3}{32} \cdot 0.41 \cdot 915^2 = 56251 \text{ Nmm}$$

$$s_{\langle b \rangle} = \frac{M}{W} = 0.70 \text{ N/mm}^2 (< 7 \text{ N/mm}^2, \text{ voldoet})$$

doorbuiging:

$$f_{\langle \max \rangle} = 0.004 \cdot 915 = 3.66 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} f & = 0.0054 \cdot \frac{12 \cdot 0.23 \cdot 915^4}{10000 \cdot 1000 \cdot 22^3} + 0.0090 \cdot \frac{12 \cdot 0.55 \cdot 915^4}{10000 \cdot 1000 \cdot 22^3} \\ & = 0.10 + 0.39 = 0.49 (< 3.66 \text{ mm}, \text{ voldoet}) \end{aligned}$$



$$M_{\langle \max \rangle} = \frac{1}{16} \cdot 0.23 \cdot 915^2 + \frac{13}{64} \cdot 1638 \cdot 915 = 316473 \text{ Nmm}$$

$$s_{\langle b \rangle} = \frac{M}{W} = 3.92 \text{ N/mm}^2 \quad (< 7 \text{ N/mm}^2, \text{ voldoet})$$

doorbuiging:

$$f_{\langle \max \rangle} = 3.66 \text{ mm}$$

$$f = 0.0054 \cdot \frac{12 \cdot 0.23 \cdot 915^4}{10000 \cdot 1000 \cdot 22^3} + 0.014 \cdot \frac{12 \cdot 2211 \cdot 915^3}{10000 \cdot 1000 \cdot 22^3}$$

$$= 0.10 + 2.67 = 2.77 \text{ mm} \quad (< 3.66 \text{ mm}, \text{ voldoet})$$

De gekozen dakbeschotdikte met de erbij berekende ondersteuningsafstand voldoet ook voor het hellende dak. De ondersteuningsafstand wordt aangepast naar een beter bruikbare waarde. Uitgaande van een lengte van 2500 mm van de voor het beschot toe te passen triplex platen wordt gekozen voor een ondersteuningsafstand van 834 mm. De triplex platen kunnen dan over vier steunpunten worden aangebracht wat iets gunstiger is dan de in de berekening aangehouden schematisering over drie steunpunten. Tevens worden de randen van de triplex platen bij deze ondersteuningsafstand ondersteund ($3 \cdot 834 = 2502 \text{ mm}$, plaatlengte 2500 mm, speling van 2 mm tussen de platen).

3.1.4 Samenvatting dakbeschot

Voor het gehele gebouw toe te passen:

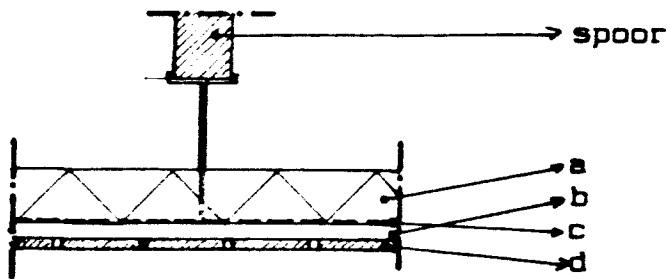
Dakbeschot: Europees naaldhout
 dikte: 22 mm
 ondersteuningsafstand beschot zwemzaal
 (2500/3 is ongeveer :) h.o.h. 834 mm

3.2 De sporen

3.2.1 Sporen, inleiding

Naast het dakbeschot en de daar op werkende/rustende belastingen zullen de sporen ook het plafond moeten dragen. Daarom wordt hier eerst de plafondopbouw aangegeven.

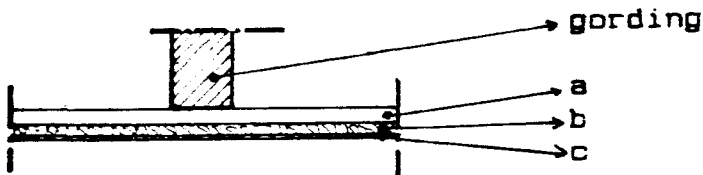
Opbouw plafond in de zwemzaal en de droge ruimten



- a. Geluidsabsorberend materiaal (minerale wol)
- b. Regelwerk
- c. Afdekvlies
- d. Open-schroten-plafond

Totaal : 130 N/m²

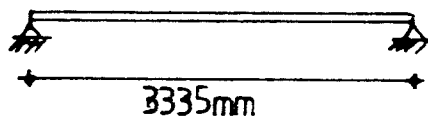
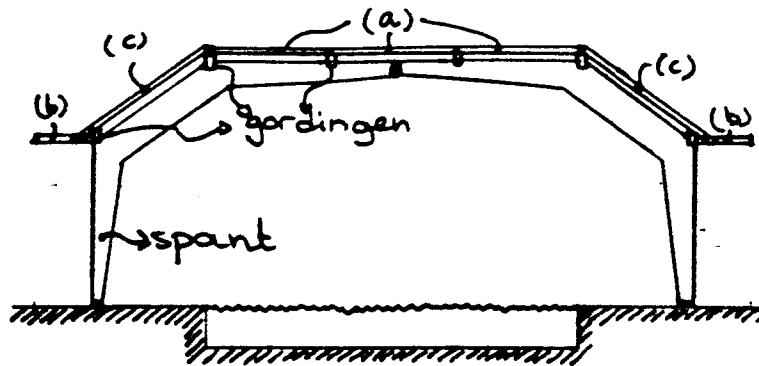
Opbouw plafond natte ruimten (douche, toilet e.d.)



- a. Regelwerk : 10 N/m²
- b. Gipsplaat Gyproc WR, 12.5 mm : 130 N/m²
- c. Afwerklaag, gipsmortel, 3 mm : 40 N/m²

Totaal : 180 N/m²

3.2.2 Sporen in het veld van de draagconstructie van zaal (a)



sporen: lengte: 3.335 m
h.o.h.: 0.834 m

Belastingen:

a) Permanente belasting:

Eigen gewicht (71*221 mm ² , Europees naaldhout)	80 N/m
Rustende belasting:	
dakbelasting (# 3.1.2) 465 N/m ²	
levert: 465*0.834 =	390 N/m
plafondbelasting (# 3.2.1) 130 N/m ²	
levert: 130*0.834 =	110 N/m
	+-----
	580 N/m

b) Veranderlijke belasting

Gelijkmatig verdeelde verticale belasting:

- normaal: 1000 N/m²
- reductie volgens NEN 3850 # 2.2.2.3
(dakoppervlak is 48 m²)

$$1000 * \left(1.1 - \frac{48}{100}\right) = 620 ; 620 * 0.834 = 520 \text{ N/m}$$

of

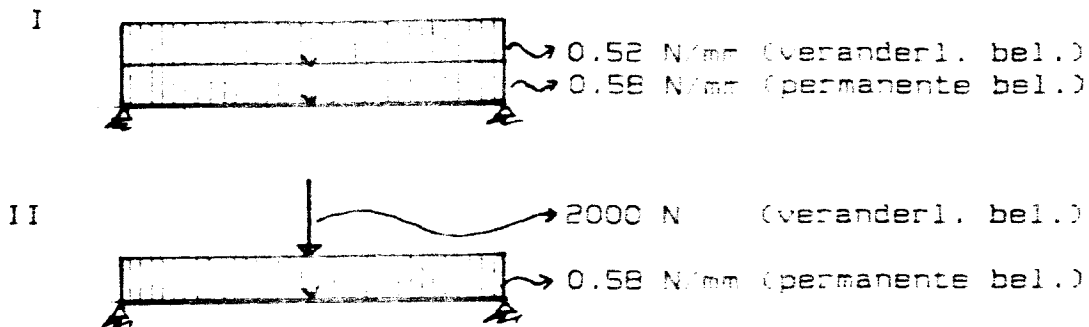
Geconcentreerde verticale last op de ongunstigste plaats 2000 N

c) Windbelasting:

Ongunstigste c-waarde: $c = c\langle d \rangle + c\langle s \rangle$
 $= 0.4 + 0.3 = 0.7$
 $c \cdot q\langle w \rangle = 0.7 \cdot 710 = 497 \text{ N/m}^2$; $497 \cdot 0.834 = 415 \text{ N/m}$

De windbelasting is kleiner dan de gelijkmatig verdeelde veranderlijke - verticale - belasting en is dientengevolge niet maatgevend.

De volgende twee belastingsgevallen blijven nu over:



Berekening

sterkte:

I. $M\langle \max \rangle = 0.125 \cdot q \cdot l^2 = 0.125 \cdot 1.10 \cdot 3335^2 = 1.53 \cdot 10^6$

II. $M\langle \max \rangle = 0.125 \cdot q \cdot l^2 + 0.25 \cdot F \cdot l$
 $= 0.125 \cdot 0.58 \cdot 3335^2 + 0.25 \cdot 2000 \cdot 3335$
 $= 2.47 \cdot 10^6$

Maatgevend moment : $2.47 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$
 toelaatbare buigspanning: 7 N/mm^2

$$s = \frac{M}{W} \rightarrow b \cdot h^2 \geq \frac{6 \cdot M}{7} \rightarrow \underline{b \cdot h^2 \geq 2.11 \cdot 10^8}$$

doorbuiging ($2 \cdot$ permanente + $1.35 \cdot$ veranderlijke belasting):

$E = 10000 \text{ N/mm}^2$

I. $f\langle \max \rangle = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I} \rightarrow \frac{5}{384} \cdot \frac{1.86 \cdot 3335^4}{10000 \cdot b \cdot h^3}$

$f\langle \max \rangle \leq 0.004 \cdot l \rightarrow b \cdot h^3 \leq 2.70 \cdot 10^8$

$$II. \quad f_{\langle \max \rangle} = \frac{S \cdot q \cdot 10^4 \cdot P \cdot 10^3}{384 \cdot E \cdot I + 48 \cdot E \cdot I}$$

$$= \frac{5 \cdot 12 \cdot 1.16 \cdot 3335 \cdot 4}{384 \cdot 10000 \cdot b \cdot h^3} + \frac{12 \cdot 2700 \cdot 3335 \cdot 3}{48 \cdot 10000 \cdot b \cdot h^3}$$

$$f_{\langle \max \rangle} = 0.004 \cdot l \rightarrow$$

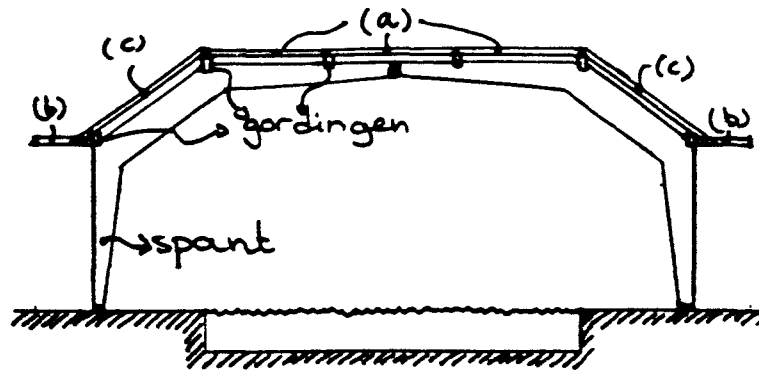
$$b \cdot h^3 \leq 3.56 \cdot 10^8$$

Er is nu bepaald aan welke voorwaarden de breedte en de hoogte van de sporen in dit dakdeel moeten voldoen. Nu worden bij enkele breedten de minimaal - bij die breedte - benodigde hoogte bepaald waarbij wordt voldaan aan zowel de sterkte- als de doorbuigings-eis. Aan de hand hiervan wordt een keuze gemaakt voor de afmetingen van de in het vlakke dakdeel van de zwemzaal toe te passen sporen.

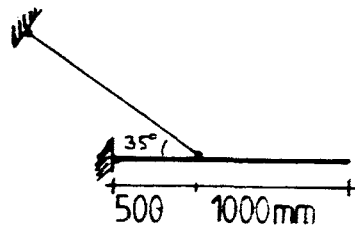
b(mm)	h(sterkte)	h(doorb)	h(handelsafm) (mm)
59	188	182	196
71	172	171	171
96	148	155	171

Keuze sporen vlakke dakdeel zwemzaal: 59*196 mm²

3.2.3 Sporen in het vlakke dakgedeelte boven de zwemzaalwand (b)



De sporen in het vlakke dakgedeelte boven de zwemzaalwand zijn te beschouwen als uitkragende liggers. Ze worden bevestigd aan de randgording en aan de sporen die zich in het hellend dakgedeelte bevinden.



sporen: lengte: 1.500 m
h.o.h.: 0.834 m

Belastingen:

a) Permanente belasting:

eigen gewicht (71*221 mm ² , Europees naaldhout)	80 N/m
rustende belasting:	
dakbelasting (# 3.1.2) 465 N/m ²	
levert: 465*0.834 =	390 N/m
plafondbelasting (#3.2.1) 130 N/m ²	
levert: 130*0.834 =	110 N/m

Deze waarden worden hier niet opgeteld omdat de sporen niet over de gehele lengte door dezelfde permanente belasting wordt belast.

b) Veranderlijke belasting:

Gelijkmatig verdeelde vert. belasting	
- normaal 1000 N/m ²	
- geen reductie; levert: 1000*0.834 =	834 N/m
of	
Geconcentreerde verticale last op de ongunstigste plaats	2000 N

c) Windbelasting:

ongunstigste c-waarde: $c = c\langle d \rangle + c\langle e \rangle$
 $= 0.4 + 0.3 = 0.7$

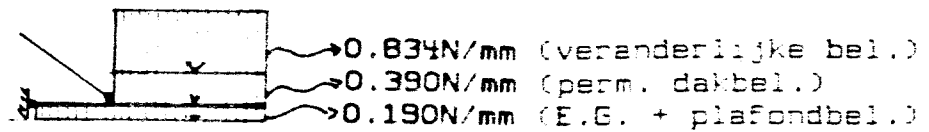
$c \cdot q\langle w \rangle = 0.7 \cdot 710 = 497 \text{ N/m}^2$

levert: $497 \cdot 0.834 = 415 \text{ N/m}$

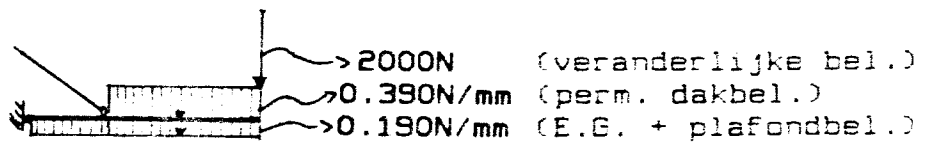
De windbelasting is niet maatgevend (t.o.v. gelijkmatig verdeelde verticale - veranderlijke - belasting)

Dit resulteert in twee - mogelijk maatgevende - belastingsgevallen, waarvan hierna de schematisering wordt gegeven.

I

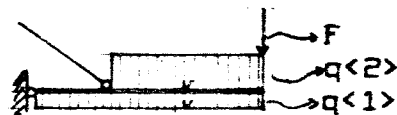


II



Berekening

Sterkte:



$$M\langle \max \rangle = (q\langle 1 \rangle + q\langle 2 \rangle) \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} + F \cdot \frac{1}{3}$$

I. $q\langle 1 \rangle = 0.190 \text{ N/mm}$

$q\langle 2 \rangle = 0.390 + 0.834 = 1.224 \text{ N/mm}$

$F = 0 \text{ N}$

$M\langle \max \rangle = 0.71 \cdot 10^{-6} \text{ Nmm}$

II. $q\langle 1 \rangle = 0.190 \text{ N/mm}$

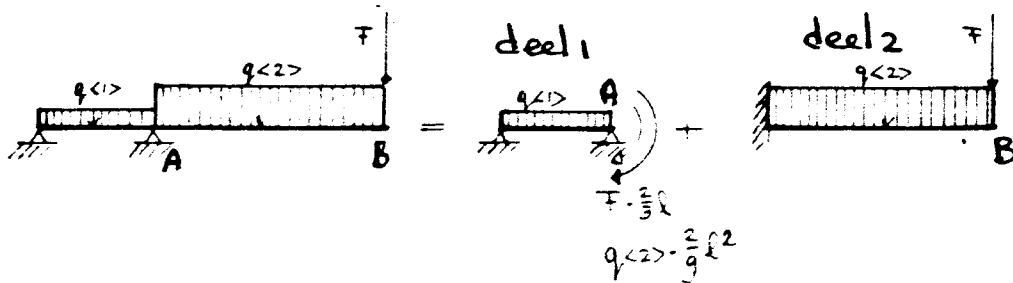
$q\langle 2 \rangle = 0.390 \text{ N/mm}$

$F = 2000 \text{ N}$

$M\langle \max \rangle = 2.29 \cdot 10^{-6} \text{ Nmm} \rightarrow \underline{b \cdot h^2} \geq 1.96 \cdot 10^{-6}$

Doorbuiging:

aanname: de scharnierpunten blijven in eenzelfde horizontaal vlak liggen. De doorbuiging wordt bepaald ten opzichte van dit horizontale vlak, ten gevolge van twee maal de permanente plus 1.35 maal de veranderlijke belasting.



deel 1:

$$\phi\langle A \rangle = - \frac{q\langle 1 \rangle \cdot l^3}{27 \cdot 24 \cdot E \cdot I} + \frac{q\langle 2 \rangle \cdot 2 \cdot l^3}{27 \cdot 3 \cdot E \cdot I} + \frac{2 \cdot F \cdot l^3}{3 \cdot 3 \cdot E \cdot I}$$

$$f\langle B \rangle = \frac{2}{3} \cdot \phi\langle A \rangle$$

deel 2:

$$f\langle B \rangle = \frac{q\langle 2 \rangle \cdot 16 \cdot l^4}{81 \cdot 8 \cdot E \cdot I} + \frac{F \cdot 8 \cdot l^3}{27 \cdot 3 \cdot E \cdot I}$$

Samengevoegd levert dit:

$$f\langle B \rangle = \frac{q\langle 1 \rangle \cdot l^4}{972 \cdot E \cdot I} + \frac{166 \cdot q\langle 2 \rangle \cdot l^4}{243 \cdot E \cdot I} + \frac{12 \cdot F \cdot l^3}{81 \cdot E \cdot I}$$

Als maximum voor de doorbuiging geldt: $f\langle \max \rangle = 0.008 \cdot l$
 wat hier oplevert: $f\langle \max \rangle = 8 \text{ mm}$ ($l\langle \text{overstek} \rangle = 1000 \text{ mm}$)

Er moet dus gelden: $f\langle B \rangle \leq f\langle \max \rangle$
 Om hieraan te voldoen moet voor b, h gelden:

$$b \cdot h^3 \geq \frac{q\langle 1 \rangle \cdot l^4}{8 \cdot 81 \cdot E} + \frac{83 \cdot q\langle 2 \rangle \cdot l^4}{81 \cdot E} + \frac{2 \cdot F \cdot l^3}{9 \cdot E}$$

I. $q<1> = 2 \cdot 0.190 = 0.380 \text{ N/mm}$
 $q<2> = 2 \cdot 0.580 + 1.35 \cdot 0.834 = 2.266 \text{ N/mm}$
 $F = 0 \text{ N}$

$b \cdot h^3 \geq 1.19 \cdot 10^9$

II. $q<1> = 2 \cdot 0.190 = 0.380 \text{ N/mm}$
 $q<2> = 2 \cdot 0.580 = 1.160 \text{ N/mm}$
 $F = 1.35 \cdot 2000 = 2700 \text{ N}$

$b \cdot h^3 \geq 0.80 \cdot 10^9 \text{ (niet maatgevend)}$

Aan de hand van de hiervoor bepaalde sterkte- en doorbuigings-doorsnede-eisen worden bij bepaalde doorsnedebreedten de minimaal benodigde hoogten bepaald. Daarnaast wordt weer aangegeven wat de dichtst hierbij gelegen toepasbare handelshoutafmeting is.

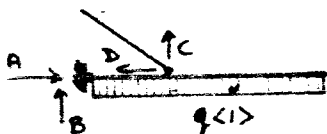
b(mm)	h(sterkte)	h(doorb)	h(handel)
46	206	296	---
59	182	272	---
71	166	256	271
96	143	231	---

Er wordt gekozen voor sporen met een doorsnede-afmeting van 71*271 mm².

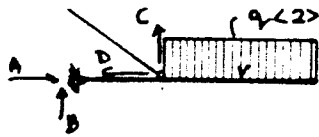
Basisoplossingen

Voor het berekenen van de sporen in het hellend dakgedeelte en een aantal van de gordingen is het van belang te weten hoe groot de reactiekrachten van het overstek op deze konstruktiedelen zijn. Met behulp van de hier volgende formules zijn deze reactiekrachten snel te bepalen.

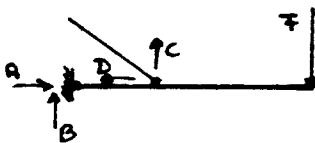
$$C = \frac{\cos(35)}{\sin(35)} \cdot D = 1.43 \cdot D$$



A = 1.05 * q<1> * l
 B = - 0.50 * q<1> * l
 C = 1.50 * q<1> * l
 D = 1.05 * q<1> * l



$$\begin{aligned}
 A &= 0.93 \cdot q^{(2)} \cdot l \\
 B &= -0.67 \cdot q^{(2)} \cdot l \\
 C &= 1.33 \cdot q^{(2)} \cdot l \\
 D &= 0.93 \cdot q^{(2)} \cdot l
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 A &= 2.10 \cdot F \\
 B &= -2.00 \cdot F \\
 C &= 3.00 \cdot F \\
 D &= 2.10 \cdot F
 \end{aligned}$$

Dit levert samengenomen de volgende waarden voor A,B,C,D:

$$\begin{aligned}
 A &= 1.05 \cdot q^{(1)} \cdot l + 0.93 \cdot q^{(2)} \cdot l + 2.10 \cdot F \\
 B &= -0.50 \cdot q^{(1)} \cdot l - 0.67 \cdot q^{(2)} \cdot l - 2.00 \cdot F \\
 C &= 1.50 \cdot q^{(1)} \cdot l + 1.33 \cdot q^{(2)} \cdot l + 3.00 \cdot F \\
 D &= 1.05 \cdot q^{(1)} \cdot l + 0.93 \cdot q^{(2)} \cdot l + 2.10 \cdot F
 \end{aligned}$$

De krachten A t/m D worden nu berekend, uitgaande van de belastingsgevallen I en II zoals aangegeven bij de sterkteberekening van de sporen in het overstek. Dit levert dan de volgende krachten op:

Belastingsgeval:	I(N)	II(N)
Kracht: A	2007	5043
B	- 1373	- 4534
C	2869	7206
D	2007	5043

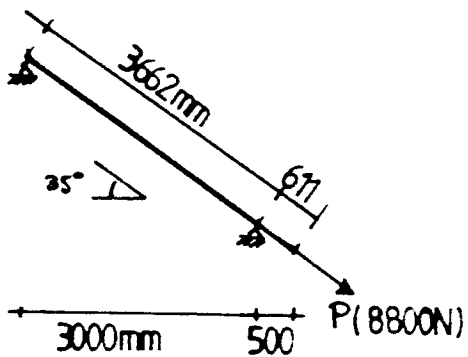
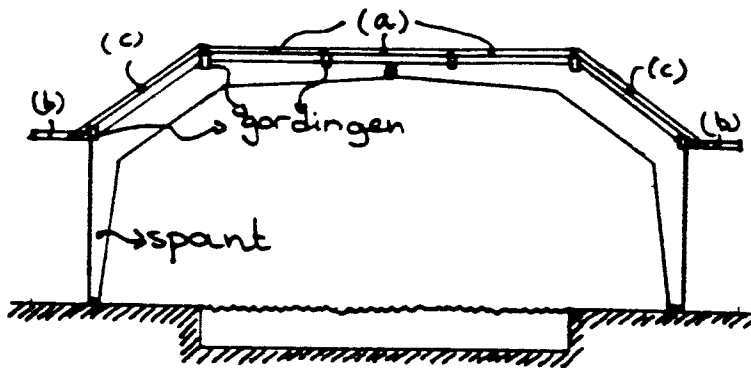
De kracht die door een spoor in het hellend dak bedraagt oefend op een spoor in het hellend dak bedraagt:

$$F\langle t \rangle = \sqrt{C^2 + D^2}.$$

Dit levert voor belastingsgeval I een waarde van $F\langle t \rangle = 3500$ N en voor belastingsgeval II $F\langle t \rangle = 6800$ N.

Belastingsgeval II is maatgevend voor de berekening van de sporen in het hellend gedeelte van het dak. De kracht $F\langle t \rangle$ wordt bij het berekenen op sterkte, van de sporen in het hellend dakgedeelte, in de berekening meegenomen. Bij de doorbuiging - waarop de trekkracht $F\langle t \rangle$ verlagend werkt - wordt deze niet meegerekend.

3.2 : Sporen in de hellende dakdelen (c)



sporen: h.o.h.: 0.834 m

Belastingen:

a) Permanente belasting:

Eigen gewicht (71*221 mm ² , Europees naaldhout)	80 N/m
Rustende belasting:	
dakbelasting (# 3.1.3) 280 N/m ²	
levert: 280*0.834 =	235 N/m
plafondbelasting (# 3.2.1) 130 N/m ²	
levert: 130*0.834 =	110 N/m
	+-----
	425 N/m

b. Veranderlijke belasting:

- Gelijkmatig verdeelde verticale belasting
 - normaal 1000 N/m²
 - gereduceerd volgens NEN 3850 # 2.2.2.4
 (dakhelling 35 graden)

$$1000 \cdot \left(1.1 - \frac{35}{50}\right) = 400 \text{ N/m}^2$$

- minimaal in rekening te brengen: 500 N/m²
 levert: $500 \cdot 0.834 = 415 \text{ N/m}$

of
 Geconcentreerde verticale last op de ongunstigste plaats 2000 N

c) Windbelasting: loodrecht op dakoppervlak

ongunstigste c-waarde: $c = c\langle d \rangle + c\langle o \rangle$
 $= 0.4 + 0.3 = 0.7$

$c \cdot q\langle w \rangle = 0.7 \cdot 710 = 497 \text{ N/m}^2$
 levert: $497 \cdot 0.834 = 415 \text{ N/m}$

d) Overige belastingen: t.g.v. overstek

zie einde van # 3.2.3 8800 N

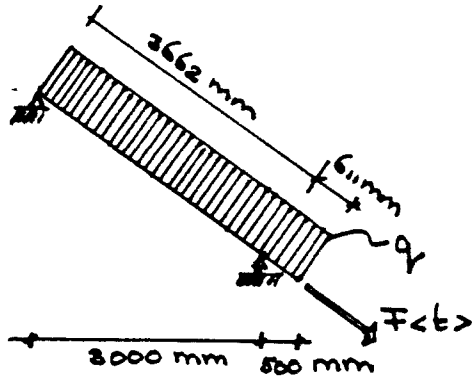
De windbelasting zal nu ten opzichte van de gelijkmatig verdeelde verticale veranderlijke belasting maatgevend zijn, omdat de loodrecht op het dakvlak werkende component van de veranderlijke belasting kleiner is dan die van de windbelasting.

Berekening

$$s\langle b, t \rangle = 7.0 \text{ N/mm}^2$$

$$s\langle t, t \rangle = 5.0 \text{ N/mm}^2$$

Belastingsgeval I: Permanente belasting + windbelasting + overige belasting.



Voor de sterkte-berekening wordt aangehouden (uitgaande van NEN 3852, # 4.4.2):

$$\frac{F}{A} \leq s\langle t, t \rangle$$

$$\frac{F}{A} + \frac{M}{W} \leq s\langle b, t \rangle$$

Dit levert verder uitgewerkt de volgende eisen op:

$$b \cdot h \leq \frac{F}{S}$$

en

$$7 \cdot b \cdot h^2 - F \cdot h - 6 \cdot M \leq 0$$

Sterkte:

$$F\langle t \rangle = 0.425 \cdot 3662 \cdot \sin(35) + 8800 = 9693 \text{ N}$$

$$q = 0.425 \cdot \cos(35) + 0.415 = 0.763 \text{ N/mm}$$

$$M = 0.125 \cdot 0.763 \cdot 3662^2 = 1.28 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

Met behulp van de hiervoor aangegeven formules wordt nu bepaald welke hoogte minimaal nodig is bij een vastgestelde breedte. Bij de berekening wordt het gedeelte van het spoor dat buiten de ondersteuning uitsteekt niet meegenomen. De resultaten van de berekening worden verderop in een tabel weergegeven.

Doorbuiging:

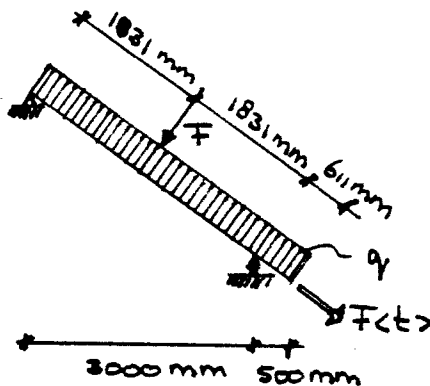
Voor het bepalen van de doorbuiging wordt 1 maal de permanente plus 0.35 maal de veranderlijke belasting (loodrecht op dakoppervlak) in rekening gebracht. De maximale doorbuiging die ten gevolge van deze belastingen mag optreden bedraagt: $0.004 \cdot 3662 = 14.65 \text{ mm}$.

$$q = 0.425 \cdot \cos(35) + 0.35 \cdot 0.415 \cdot \cos(35) = 0.467 \text{ N/mm}$$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I} \leq 14.65 \text{ mm}$$

Dit levert: $b \cdot h^3 \geq 89.6 \cdot 10^6$ (niet maatgevend, zie II)

Belastingsgeval II: permanente + veranderlijk, geconcentreerde + overige belasting.



Sterkte:

$$\begin{aligned} F_{<t>} &= 0.425 \cdot 3662 \cdot \sin(35) + 2000 \cdot \sin(35) + 8800 = 10840 \text{ N} \\ F &= 2000 \cdot \cos(35) = 1638 \text{ N} \\ q &= 0.425 \cdot \cos(35) = 0.348 \text{ N/mm} \\ M &= 0.125 \cdot 0.348 \cdot 3662^2 + 0.25 \cdot 1638 \cdot 3662 \\ &= 2.08 \cdot 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

**

**

Doorbuiging:

$$F = 0.35 \cdot 1638 = 573 \text{ N}$$
$$q = 0.348 \text{ N/mm}$$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{12 \cdot 0.348 \cdot 3662^4}{E \cdot b \cdot h^3} + \frac{573 \cdot 3662^3}{4 \cdot E \cdot b \cdot h^3} \leq 14.65 \text{ mm}$$

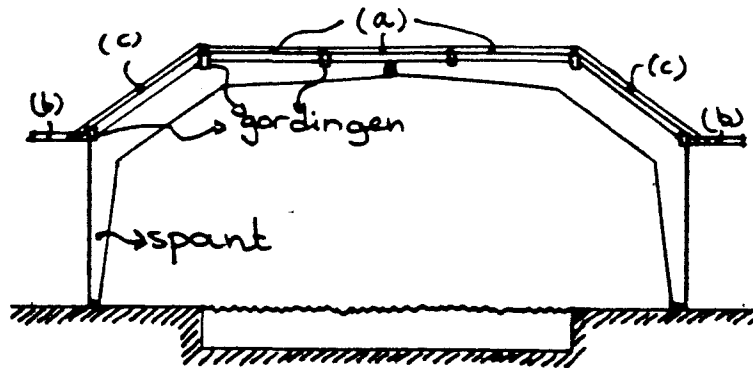
$$\text{levert uitgewerkt: } b \cdot h^3 \geq 114.77 \cdot 10^6$$

Bepaling benodigde doorsnede

b(mm)	I(sterk)	I(doorb)	II(sterk)	II(doorb)	handel
46	50	---	65	136	136
59	45	---	59	125	121
71	42	---	55	117	121
96	37	---	48	106	121

Keuze: 59*121 mm²

3.2.5 De verbinding tussen de sporen (b) en (c)



De sporen in het overstek (b) worden bevestigd aan de sporen in het hellend dakgedeelte (a). De sporen a worden op trek belast door de sporen b. De trekkracht in de sporen a draagt in het maatgevende geval 8800 N zoals werd bepaald in # 3.2.3. Deze kracht zal door de verbinding opgenomen moeten worden. Er wordt gekozen voor een verbinding met draadnagels.

Keuze draadnagels

draadnagels: diameter: $d = 5.6 \text{ mm}$
 lengte : $l = 125 \text{ mm}$

Berekening benodigd aantal draadnagels

hechtlengte: $l\langle h \rangle = \text{lengte draadnagel} - \text{breedte van een spoor in het hellend dak}$
 $= 125 - 59 = 66 \text{ mm} (= 11.79 \cdot d)$

toelaatbare - basis - snede-belasting: $F\langle \text{basis}, t \rangle = 900 \text{ N}$

toelaatbare snede-belasting:

$$F\langle t \rangle = F\langle \text{basis}, t \rangle \cdot m\langle 1 \rangle \cdot m\langle 2 \rangle \cdot m\langle 3 \rangle \cdot m\langle 4 \rangle \cdot m\langle 5 \rangle \cdot m\langle 6 \rangle$$

modificatiefactoren:

$m\langle 1 \rangle = 0.7$ (vochtgehalte)
 $m\langle 2 \rangle = 0.8$ (asymmetrische aansluiting)
 $m\langle 3 \rangle = 1.0$ (meer dan 1 snede per nagel; n.v.t.)

$m\langle 4 \rangle = \frac{11.79}{12}$ (hechtlengte)

$m\langle 5 \rangle = 1.0$ (meer dan 10 draadnagels achter elkaar; n.v.t.)

$m\langle 6 \rangle = 1.0$ (staal-hout verbinding; n.v.t.)

Dit levert: $F_{kt} = 495 \text{ N}$

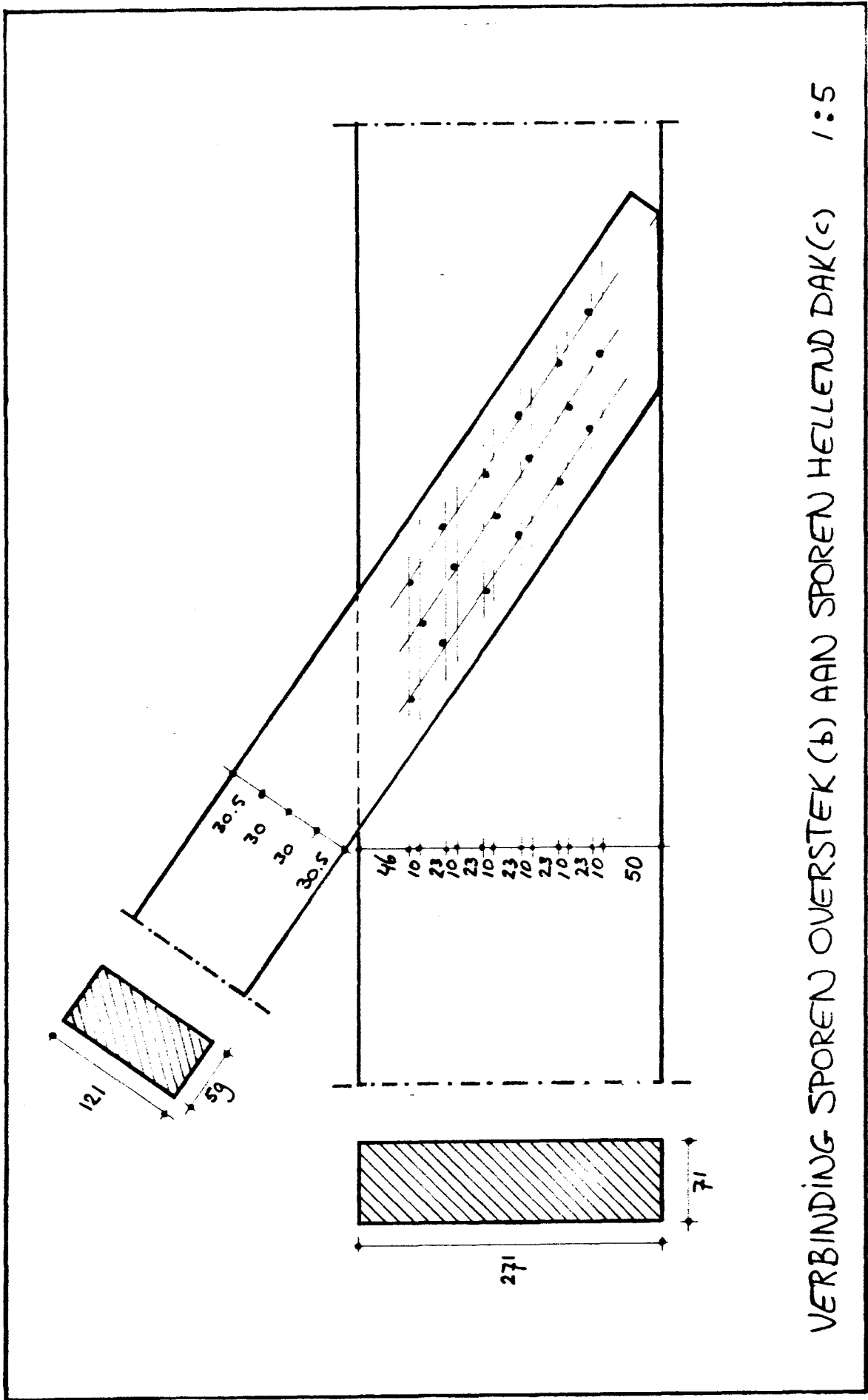
Op te nemen door de verbinding: 8800 N

8800

----- = 17.8 --> 18 nagels

495

De verbinding wordt uitgevoerd met 18 draadnagels 5.6/125.
Op de hier volgende pagina wordt het nagelpatroon aangegeven.



**

**

3.2.6 Samenvatting_spooren

Spooren: Europees naaldhout
 kwaliteit standaard bouwhout

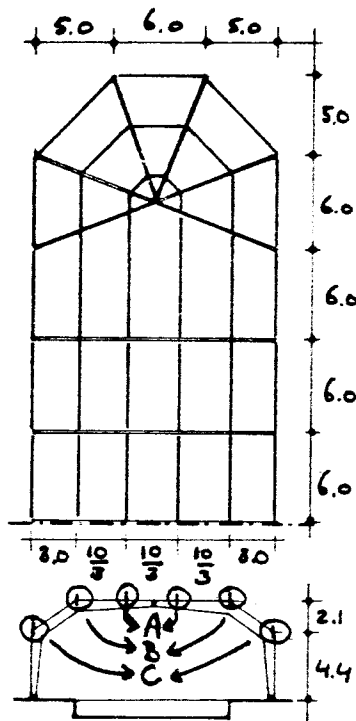
Toe te passen spoordoorsnede-afmetingen:

Zwemzaal vlak	:	59*196	mm ²
Zwemzaalwand vlak (overstek):	:	71*271	mm ²
Dak hellend	:	59*121	mm ²

3.3 De gordingen

3.3.1 De gordingen in de zwemzaal

In het dak van de zwemzaal zijn wat betreft overspanning en belasting nogal wat verschillende gordingen aanwezig. De gordingen worden daarom eerst ingedeeld in een aantal groepen.



MATEN IN M

De eerste indeling wordt gebaseerd op de belasting die door de gordingen worden gedragen. Dit levert drie groepen gordingen op te weten:

- A. gordingen met links en rechts een vlak dakgedeelte;
- B. gordingen op de spanthoek regel-schuin;
- C. gordingen op de spanthoek stijl-schuin.

Per groep van gordingen is er een onderverdeling in gordinglengten te geven.

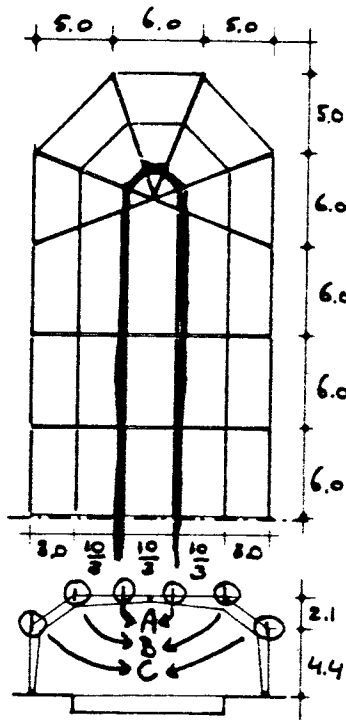
- A. 1250 - 2946 - 6000 - 8375 mm
- B. 3750 - 4419 - 6000 - 7125 mm
- C. 6000 - 7071 mm

In het totaal levert dit een tiental 'verschillende' gordingen. Deze 10 verschillende gordingen worden berekend. Bij de berekening wordt per gording de minimaal benodigde hoogte bepaald waarbij aan de sterkte- en doorbuigings-eisen wordt voldaan. Deze minimaal benodigde hoogte wordt bepaald bij een drietal breedten van de gording, te weten $b = 50$ mm, $b = 100$ mm en $b = 150$ mm.

Voor de berekening worden de volgende gegevens aangehouden:

Gordingen uit gelamineerd hout: $s\langle b, t \rangle = 12$ N/mm²
 $s\langle t, t \rangle = 11$ N/mm²
 $s\langle d, t \rangle = 9$ N/mm²
 $E = 12000$ N/mm²

Voorwaarden_gordingsgroep_A



MATEN IN M

Belastingen:

De gordingen van gordinggroep A dragen een strook van het dak ter breedte van $10/3 = 3.333$ m.

a) Permanente belasting:

Eigen gewicht

aanname: doorsnede gording: 150×500 mm²

5000 N/m³

levert : $5000 \times 0.150 \times 0.500 \times 1.000 =$ 375 N/m

Rustende belasting

dakbelasting: 465 N/m² (# 3.1.2)

levert: $465 \times 3.333 =$ 1550 N/m

plafondbelasting: 130 N/m² (# 3.2.1)

levert: $130 \times 3.333 =$ 435 N/m

sporen: 59×196 mm²; h.o.h.: 0.834 m

5000 N/m³

levert: $5000 \times 0.059 \times 0.196 \times 3.333 / 0.834 =$ 230 N/m

+-----
2590 N/m

b) Veranderlijke belasting:

Gelijkmatig verdeelde verticale belasting

- normaal 1000 N/m²

- dakoppervlak:

meest voorkomende gordinglengte: 6.000 m

strookbreedte gedragen door gording: 10/3 m

dakoppervlak 6.000*10/3 = 20 m²

reductie gelijkmatig verdeelde verticale belasting volgens NEN 3850, # 2.2.2.3:

$$1000 * \left(1.1 - \frac{20}{100}\right) = 900 \text{ N/m}^2$$

levert: $900 * 3.333 =$

3000 N/m

of

Puntlast op ongunstigste plaats

2000 N

c) Windbelasting:

ongunstigste c-waarde: $c = c_{<d>} + c_{<o>}$

$$= 0.4 + 0.3 = 0.7$$

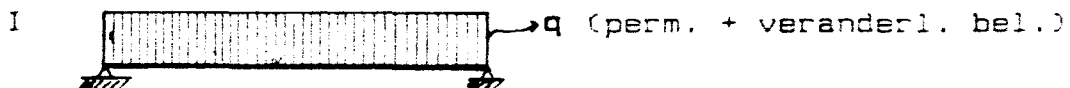
$c * q_{<w>} = 0.7 * 710 = 497 \text{ N/m}^2$

levert: $497 * 3.333 =$

1657 N/m

De waarde van de windbelasting is niet maatgevend ten opzichte van de gelijkmatig verdeelde veranderlijke belasting.

Belastingsgevallen:



Bepaling voorwaarden:

Sterkte:

I. $q = 2.590 + 3.000 = 5.590 \text{ N/mm}$

$M_{<max>} = 0.125 * q * l^2 = 0.699 * l^2$

$\underline{b * h^2} \geq 0.349 * l^2$

**

KONSTRUKTIE

**

$$\text{II. } q = 2.590 \text{ N/mm}$$

$$F = 2000 \text{ N}$$

$$M_{\langle \max \rangle} = 0.125 \cdot q \cdot l^2 + 0.25 \cdot F \cdot l = 0.324 \cdot l^2 + 500 \cdot l$$

$$\underline{b \cdot h^2} \geq 0.162 \cdot l^2 + 250 \cdot l$$

Doorbuiging:

$$\text{I. } q = 2 \cdot 2.590 + 1.35 \cdot 3.000 = 9.230 \text{ N/mm}$$

$$\frac{5}{384} \frac{12 \cdot q \cdot l^4}{12000 \cdot b \cdot h^3} \leq 0.004 \cdot l \rightarrow \underline{b \cdot h^3} \geq 3.00 \cdot 10^{-2} \cdot l^3$$

$$\text{II. } q = 2 \cdot 2.590 = 5.180 \text{ N/mm}$$

$$F = 1.35 \cdot 2000 = 2700 \text{ N}$$

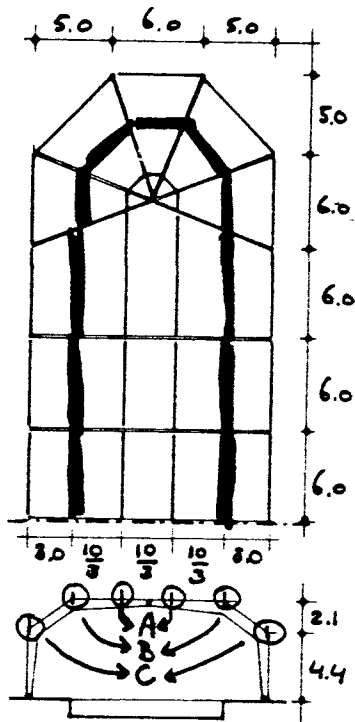
$$\frac{5}{384} \frac{12 \cdot q \cdot l^4}{12000 \cdot b \cdot h^3} + \frac{12 \cdot F \cdot l^3}{48 \cdot 12000 \cdot b \cdot h^3} \leq 0.004 \cdot l$$

$$\underline{b \cdot h^3} \geq 1.69 \cdot 10^{-2} \cdot l^3 + 14.06 \cdot l^2$$

De voorwaarden worden hier verder uitgewerkt. Als mogelijke doorsnede breedte worden de volgende waarden gekozen: $b = 50$ mm, $b = 100$ mm en $b = 150$ mm. Voor elk van deze waarden wordt nu de minimaal benodigde hoogte bepaald zodat aan alle vier de eisen - twee maal sterkte en twee maal doorbuiging - wordt voldaan. Dit wordt gedaan voor alle optredende lengten van gordingsgroep A.

lengte	b(mm)	I(st)	II(st)	I(db)	II(db)	h<min>
1250	50	104	106	105	103	106
	100	74	75	84	82	84
	150	60	61	73	72	73
2946	50	246	207	248	223	248
	100	174	146	197	177	197
	150	142	120	172	155	172
6000	50	501	383	506	436	506
	100	354	271	402	346	402
	150	289	221	351	303	351
8375	50	700	519	706	602	706
	100	495	367	561	478	561
	150	404	300	490	417	490

Voorwaarden_gordinggroep_B



MATEN IN M

Belastingen:

De gordingen van gordinggroep B dragen een strook van het vlakke dakgedeelte ter breedte van $0.5 \cdot 10/3 = 1.667$ m en een strook van het hellend dakgedeelte ter breedte van $0.5 \cdot 4.274 = 2.137$ m.

**

KONSTRUKTIE

**

a) Permanente belasting:

Eigen gewicht

aanname: doorsnede gording: 150*500 mm²
5000 N/m³

levert : $5000 * 0.150 * 0.500 * 1000 =$ 375 N/m

Rustende belasting

vlak dakgedeelte:

dakbelasting 465 N/m² (# 3.1.2)

levert: $465 * 1.667 =$ 775 N/m

plafondbelasting 130 N/m² (# 3.2.1)

levert: $130 * 1.667 =$ 215 N/m

sporen: 59*196 mm²; h.o.h.: 0.834 m

5000 N/m³

levert: $5000 * 0.059 * 0.196 * 1.667 / 0.834 =$ 115 N/m

hellend dakgedeelte:

dakbelasting 280 N/m² (# 3.1.3)

levert: $280 * 2.137 =$ 600 N/m

plafondbelasting 130 N/m² (# 3.2.1)

levert: $130 * 2.137 =$ 280 N/m

sporen: 59*121 mm²; h.o.h.: 0.834 m

5000 N/m³

levert: $5000 * 0.059 * 0.121 * 2.137 / 0.834 =$ 90 N/m

+-----
2450 N/m

Bij de bepaling van de belasting op de gording ten gevolge van de belasting op het dakoverstek (# 3.2.3) wordt er van uitgegaan dat op het overstek een gelijkmatig verdeelde veranderlijke belasting aanwezig is. Voor de berekening van de gording wordt er van uitgegaan dat deze belasting permanent aanwezig is.

De belasting op de gording bedraagt in dit geval per spoor:

vertikale belasting : $0.5 * C = 0.5 * 2869 = 1435$ N

horizontale belasting: $0.5 * D = 0.5 * 2007 = 1004$ N

De hart op hart afstand van de sporen bedraagt 0.834 m. De belasting van de sporen wordt omgerekend van puntlasten naar een gelijkmatig verdeelde q-belasting.

Dit levert: verticale belasting : $1435 / 0.834 = 1721$ N/m

horizontale belasting: $1004 / 0.834 = 1204$ N/m

De totale permanente belasting bedraagt nu:

vertikale belasting : $2450 + 1721 = 4171$ N/m

horizontale belasting: 1204 N/m

b) Veranderlijke belasting:

- Gelijkmatig verdeelde verticale belasting
- vlak dakgedeelte: 1000 N/m²
 - hellend dakgedeelte, helling 35 graden volgens NEN 3850 # 2.2.2.4:

$$1000 * \left(1.1 - \frac{35}{50}\right) = 400 \text{ N/m}^2$$

minimaal in rekening te brengen: 500 N/m²

$$\text{levert: } 1000 * 1.667 + 500 * 2.137 = 2736 \text{ N/m}$$

of
Vertikale puntlast 2000 N

c) Windbelasting (loodrecht op het dakvlak):

$$\begin{aligned} \text{ongunstigste c-waarde: } c &= c\langle d \rangle + c\langle o \rangle \\ &= 0.4 + 0.3 = 0.7 \end{aligned}$$

$$c * q\langle w \rangle = 0.7 * 710 = 497 \text{ N/m}^2$$

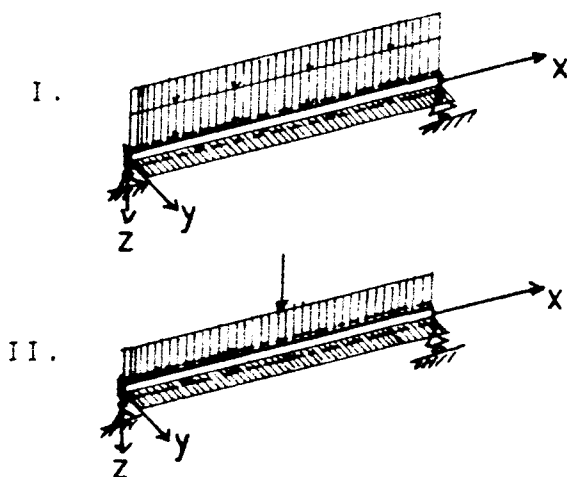
Dit levert de volgende gordingbelasting op:

$$\begin{aligned} \text{Vertikale belasting: } & 497 * (1.667 + 2.137 * \cos(35)) = 1700 \text{ N/m} \\ \text{Horizontale belasting: } & 497 * 2.137 * \sin(35) = 610 \text{ N/m} \end{aligned}$$

De horizontale belasting ten gevolge van de windbelasting werkt in tegengestelde richting als de horizontale belasting ten gevolge van het overstek.

De combinatie permanente belasting plus veranderlijke belasting (gelijkmatig verdeeld) levert een zwaardere belasting op voor de gording dan de combinatie permanente belasting plus windbelasting. De combinatie permanente belasting plus windbelasting is dientengevolge niet maatgevend.

Belastingsgevallen:



Berekening:

Sterkte:

$$\begin{aligned} \text{I. } M\langle y \rangle &= 0.125 \cdot (4.171 + 2.736) \cdot l^2 = 0.86 \cdot l^2 \\ M\langle z \rangle &= 0.125 \cdot 1.204 \cdot l^2 = 0.15 \cdot l^2 \end{aligned}$$

$$s\langle b, \max \rangle = \frac{6 \cdot M\langle y \rangle}{b \cdot h^2} + \frac{6 \cdot M\langle z \rangle}{b^2 \cdot h} \leq 12 \text{ N/mm}^2$$

Dit levert uitgewerkt de volgende eis op:

$$2 \cdot b^2 \cdot h^2 - 0.86 \cdot l^2 \cdot b - 0.15 \cdot l^2 \cdot h \geq 0$$

$$\begin{aligned} \text{II. } M\langle y \rangle &= 0.125 \cdot 4.171 \cdot l^2 + 0.25 \cdot 2000 \cdot l \\ &= 0.52 \cdot l^2 + 500 \cdot l \\ M\langle z \rangle &= 0.125 \cdot 1.204 \cdot l^2 = 0.15 \cdot l^2 \end{aligned}$$

eis:

$$2 \cdot b^2 \cdot h^2 - 0.52 \cdot l^2 \cdot b - 500 \cdot l \cdot b - 0.15 \cdot l^2 \cdot h \geq 0$$

Doorbuiging:

De doorbuiging/vervorming wordt in twee blokken gesplitst. De verticale vervorming mag maximaal 0.004 maal de overspanning \$l\$ bedragen. Voor het bepalen van de verticale vervorming wordt als belasting in rekening gebracht: 2 maal de permanente plus 1.35 maal de veranderlijke belasting.

Dak voor de horizontale verforming van de gording wordt als eis gesteld dat deze maximaal 0.004 maal de overspanning l mag bedragen.

De horizontale vervorming is vooral van belang voor de detaillering van de aansluiting van de wanden op de dakconstructie. Er wordt van uitgegaan dat het dak geheel aanwezig is alvorens de wanden worden gemonteerd. De directe vervorming ten gevolge van 1 maal de permanente belasting is dan al aanwezig voor de wandmontage. Voor de berekening van de horizontale vervorming wordt in rekening gebracht: 1 maal de permanente plus 1.35 maal de veranderlijke belasting.

De eisen die dit met zich meebrengt worden nu bepaald.

vervorming t.g.v. een q-last:

$$f = \frac{5 q \cdot l^4}{384 E \cdot I}$$

vervorming t.g.v. een puntlast in het midden van de gording:

$$f = \frac{1 F \cdot l^3}{48 E \cdot I}$$

I. vertikaal: $q = 2 \cdot 4.171 + 1.35 \cdot 2.736 = 12.036 \text{ N/mm}$

$$b \cdot h^3 \geq 3.93 \cdot 10^{-2} \cdot l^3$$

horizontaal: $q = 1 \cdot 1.204 = 1.204 \text{ N/mm}$

$$b^3 \cdot h \geq 0.39 \cdot 10^{-2} \cdot l^3$$

II. vertikaal: $q = 2 \cdot 4.171 = 8.342 \text{ N/mm}$

$$F = 1.35 \cdot 2000 = 2700 \text{ N}$$

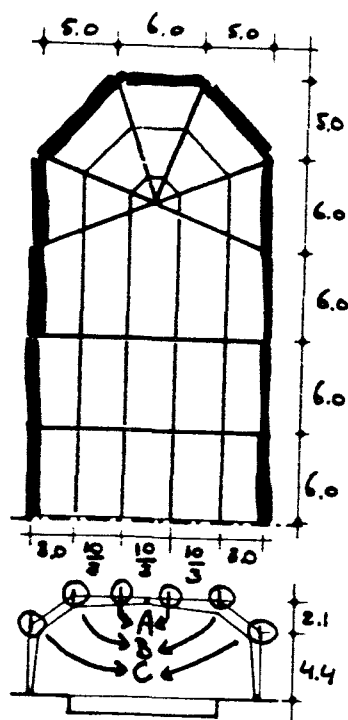
$$b \cdot h^3 \geq 2.72 \cdot 10^{-2} \cdot l^3 + 14.06 \cdot l^2$$

horizontaal: gelijk aan I horizontaal

De voorwaarden worden hier verder uitgesproken. Als mogelijke doorsnede breedte worden de volgende waarden gekozen: $b = 50$ mm, $b = 100$ mm en $b = 150$ mm. Voor elk van deze waarden wordt nu de minimaal benodigde hoogte bepaald zodat aan alle vier de eisen - twee maal sterkte en twee maal doorbuiging - wordt voldaan. Dit wordt gedaan voor alle optredende lengten van gordinggroep B.

l(mm)	b	I(st)	II(st)	I(d,v)	I(d,h)	II(d,v)	hmin
3750	50	618	581	329	1645	320	1645
	100	305	274	261	206	254	305
	150	226	200	228	61	222	228
4419	50	797	751	408	2692	374	2692
	100	373	333	324	337	297	373
	150	271	238	283	100	260	283
6000	50	1361	1254	554	6739	503	6739
	100	551	492	439	842	400	842
	150	388	336	384	250	349	388
7125	50	1770	1700	658	11285	595	11285
	100	696	622	522	1411	473	1411
	150	476	412	456	418	413	476

Voorwaarden gordinggroep C



MATEN IN M

Belastingen:

De gordingen van gordinggroep C dragen een strook van het hellend dakgedeelte ter breedte van $0.5 \cdot 4.274 = 2.137$ m.

a) Permanente belasting:

Eigen gewicht

aanname: doorsnede gording: $150 \cdot 500$ mm²
5000 N/m³

levert : $5000 \cdot 0.150 \cdot 0.500 \cdot 1.000 =$ 375 N/m

Rustende belasting

dakbelasting 280 N/m² (# 3.1.3)

levert: $280 \cdot 2.137 =$ 600 N/m

plafondbelasting 130 N/m² (# 3.2.1)

levert: $130 \cdot 2.137 =$ 280 N/m

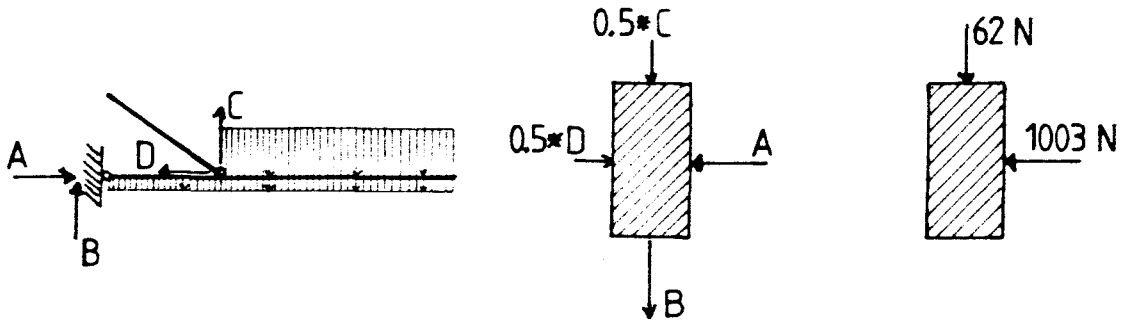
sporen: $59 \cdot 121$ mm²; h.o.h.: 0.834 m

5000 N/m³

levert: $5000 \cdot 0.059 \cdot 0.121 \cdot 2.137 / 0.834 =$ 90 N/m

+-----
1345 N/m

Bij de bepaling van de belasting op de gording ten gevolge van de belasting op het dakoverstek wordt er van uitgegaan dat op het overstek een gelijkmatig verdeelde veranderlijke belasting aanwezig is. Voor de berekening van de gording wordt er van uitgegaan dat deze belasting permanent aanwezig is.



In # 3.2.3 (belasting ten gevolge van het dakoverstek) werd voor de krachten A t/m D de volgende waarden bepaald (belastingsgeval I):

A	=	2007 N
B	=	- 1373 N
C	=	2869 N
D	=	2007 N

De krachten zoals deze hier in de eerste figuur zijn weergegeven zijn reactiekrachten. De krachten A en D zijn reactiekrachten die direct door de gordingen uit gordinggroep C geleverd dienen te worden. De reactiekrachten C en D worden in eerste instantie geleverd door de sporen in het hellend dakgedeelte. Deze kracht in de sporen wordt gelijkmatig verdeeld over de gordingen van gordinggroep B en C. In de tweede (middelste) figuur worden de actiekrachten weergegeven zoals deze nu op de gording werken.

In de derde figuur worden de resulterende actiekrachten op de gording in gordinggroep C weergegeven. Deze actiekrachten zijn aanwezig op de plaatsen waar de sporen aan de gording worden bevestigd. Worden deze (punt-) belastingen omgeschreven naar een gelijkmatig verdeelde belasting dan wordt, uitgaande van de hart op hart afstand van 0.834 m van de sporen, het volgende gevonden:

horizontale belasting: $1003/0.834 = 1205 \text{ N/m}$
 verticale belasting : $62/0.834 = 75 \text{ N/m}$

Het totaal voor de permanente belasting wordt dan:

horizontale belasting:	1205 N/m
vertikale belasting :	$1345 + 75 = 1420 \text{ N/m}$

b) Veranderlijke belasting:

Gelijkmatig verdeelde verticale belasting
 - hellend dakgedeelte, helling 35 graden
 volgens NEN 3850 # 2.2.2.4:

$$1000 \cdot \left(1.1 - \frac{35}{50}\right) = 400 \text{ N/m}^2$$

minimaal in rekening te brengen: 500 N/m²

levert: $500 \cdot 2.137 = 1070 \text{ N/m}$

of
 Puntlast op ongunstigste plaats 2000 N

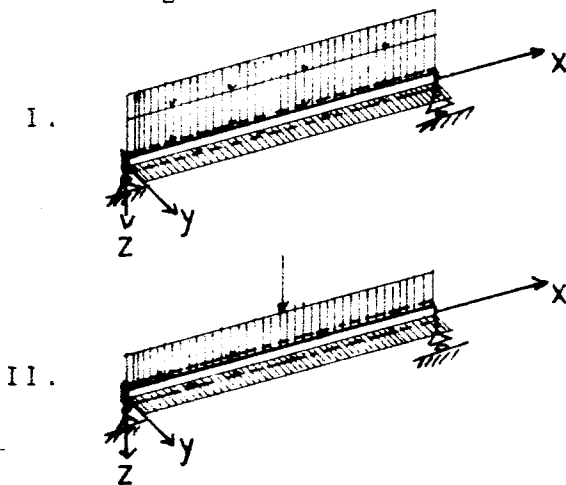
c) Windbelasting (loodrecht op het dakvlak):

ongunstigste c-waarde: $c = c_{<d>} + c_{<o>}$
 $= 0.4 + 0.3 = 0.7$
 $c \cdot q_{<w>} = 0.7 \cdot 710 = 497 \text{ N/m}^2$

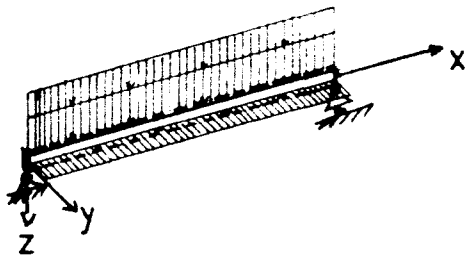
Dit levert de volgende gordingbelasting op:

Vertikale belasting : $497 \cdot 2.137 \cdot \cos(35) = 870 \text{ N/m}$
 Horizontale belasting: $497 \cdot 2.137 \cdot \sin(35) = 610 \text{ N/m}$

Berekening:



III.



Sterkte:

$$\begin{aligned} \text{I. } M_{\langle y \rangle} &= 0.125 \cdot (1.420 + 1.070) \cdot 1^2 = 0.31 \cdot 1^2 \\ M_{\langle z \rangle} &= 0.125 \cdot 1.204 \cdot 1^2 = 0.15 \cdot 1^2 \end{aligned}$$

Dit levert uitgewerkt - gebruik makend van de formule bij I, gordinggroep B - de volgende eis op:

$$2 \cdot b^2 \cdot h^2 - 0.31 \cdot 1^2 \cdot b - 0.15 \cdot 1^2 \cdot h \geq 0$$

$$\begin{aligned} \text{II. } M_{\langle y \rangle} &= 0.125 \cdot 1.420 \cdot 1^2 + 0.25 \cdot 2000 \cdot 1 \\ &= 0.18 \cdot 1^2 + 500 \cdot 1 \\ M_{\langle z \rangle} &= 0.125 \cdot 1.204 \cdot 1^2 = 0.15 \cdot 1^2 \end{aligned}$$

eis:

$$2 \cdot b^2 \cdot h^2 - 0.18 \cdot 1^2 \cdot b - 500 \cdot 1 \cdot b - 0.15 \cdot 1^2 \cdot h \geq 0$$

$$\begin{aligned} \text{III. } M_{\langle y \rangle} &= 0.125 \cdot (1.420 + 0.870) \cdot 1^2 = 0.29 \cdot 1^2 \\ M_{\langle z \rangle} &= 0.125 \cdot (1.204 + 0.610) \cdot 1^2 = 0.23 \cdot 1^2 \end{aligned}$$

eis:

$$2 \cdot b^2 \cdot h^2 - 0.29 \cdot 1^2 \cdot b - 0.23 \cdot 1^2 \cdot h \geq 0$$

Doorbuiging:

Voor de doorbuiging van gordinggroep C wordt uitgegaan van dezelfde eisen als die voor gordinggroep B zijn gesteld (vertikale vervorming $\leq 0.004 \cdot 1$, horizontale vervorming $\leq 0.004 \cdot 1$).

$$\text{I. vertikaal: } q = 2 \cdot 1.420 + 1.35 \cdot 1.070 = 4.285 \text{ N/mm}$$

$$b \cdot h^3 \geq 1.39 \cdot 10^{-2} \cdot 1^3$$

$$\text{horizontaal: } q = 1 \cdot 1.205 = 1.205 \text{ N/mm}$$

$$b^3 \cdot h \geq 0.39 \cdot 10^{-2} \cdot 1^3$$

II. vertikaal: $q = 2 \cdot 1.420 = 2.840 \text{ N/mm}$
 $F = 1.35 \cdot 2000 = 2700 \text{ N}$

$$b \cdot h^3 \geq 0.92 \cdot 10^6 - 2 \cdot 1^3 + 14.06 \cdot 1^2$$

horizontaal: gelijk aan I horizontaal

Voor de verschillende gordinglengten van gordinggroep C wordt nu bepaald wat de minimaal benodigde hoogte is bij de vastgestelde breedten $b = 50 \text{ mm}$, $b = 100 \text{ mm}$ en $b = 150 \text{ mm}$.

l(mm)	b	I(st)	II(st)	III(st)	I(d,v)	I(d,h)	II(d,v)	hmin
6000	50	1176	1162	1718	392	6739	368	6739
	100	407	392	515	311	842	292	842
	150	263	248	301	272	250	255	301
7071	50	1598	1580	2362	461	11031	429	11031
	100	523	501	681	366	1379	341	1379
	150	326	305	382	320	409	298	409

Bepaling gordingsafmetingen uitvoering

Voor alle gordingen, zoals deze aanwezig zijn in het zwemzaaldak, zijn nu de minimaal benodigde hoogten bepaald bij een aantal breedten. Als eis wordt hier gesteld dat de breedte-hoogteverhouding van de gordingen niet groter mag zijn dan 1:5 (dus $b/h \geq 1/5$).

Het onderste gedeelte van de gordingen zal in de zwemzaal in het zicht blijven. Dit visueel oogpunt wordt daarom de eis gesteld dat de gordingen, in een lijn (gordingsgroep) ten opzichte van elkaar, niet teveel in hoogte mogen verschillen. Bij het maken van een keuze voor de gordingsafmetingen is er van uitgegaan dat bij een gordingovergang de sprong (hoogteverschil tussen de gordingen) maximaal 100 mm mag bedragen. Dit levert vooral voor de 'korte' gordingen een hoogte op die nogal wat groter is dan de berekende hoogte. Omdat dit om een beperkt aantal gordingen gaat, en het visuele aspect belangrijk wordt gevonden, wordt deze verzwa- ring toegestaan.

Er wordt nu eerst een samenvatting gegeven van de gordingsafmetingen zoals deze tot nu toe zijn bepaald. Indien de verhouding $b:h$ niet voldoet wordt dit in de tabel aangegeven door middel van ***. Hierna wordt de afmetingen bepaald die bij de uitvoering toegepast zal worden.

gording; b =	50 mm	100 mm	150 mm	Keuze: [mm ²]
A1250	106	84	73	100*400
A2946	248	197	172	100*400
A6000	***	402	351	100*400
A8375	***	***	490	150*500
B3750	***	305	228	100*380
B4419	***	373	283	100*380
B6000	***	***	338	150*380
B7125	***	***	476	150*480
C6000	***	***	301	150*320
C7071	***	***	409	150*420

3.3.2 Gordingen in de overige ruimte

De gordingen boven de overige ruimten hebben nogal verschillende overspanningsafstanden. De grootste overspanning bedraagt 6000 mm. Omdat overal dezelfde gordingafmeting gewenst wordt, wordt deze grootste overspanningsafstand aangehouden bij de berekening. De hart op hart afstand wordt gehalveerd ten opzichte van de hart op hart afstand van de sporen in het zwemzaaldak. Dit wordt gedaan omdat anders een te zware gordingafmeting wordt verkregen (doorsnede die niet in handelshout verkrijgbaar is). De hart op hart afstand van de gordingen wordt dus: $834/2 = 417$ mm.

Belastingen:

a) Permanente belasting:

Eigen gewicht (71*271 mm ² , Europees naaldhout)	80 N/m
Rustende belasting:	
dakbelasting 465 N/m ² (# 3.1.2)	
levert: $465 * 0.417 =$	195 N/m
plafondbelasting 180 N/m ²	
(# 3.1.2 natte ruimte)	
levert: $180 * 0.417 =$	75 N/m
	+-----
Totaal:	350 N/m

b) Veranderlijke belasting:

Gelijkmatig verdeelde verticale belasting	
- normaal: 1000 N/m ²	
- reductie volgens NEN 3850 # 2.2.2.3	
(dakoppervlak > 60 m ²)	
in rekening te brengen: 500 N/m ²	
levert: $500 * 0.417 =$	210 N/m

of
Puntlast op de ongunstigste plaats 2000 N

c) Windbelasting:

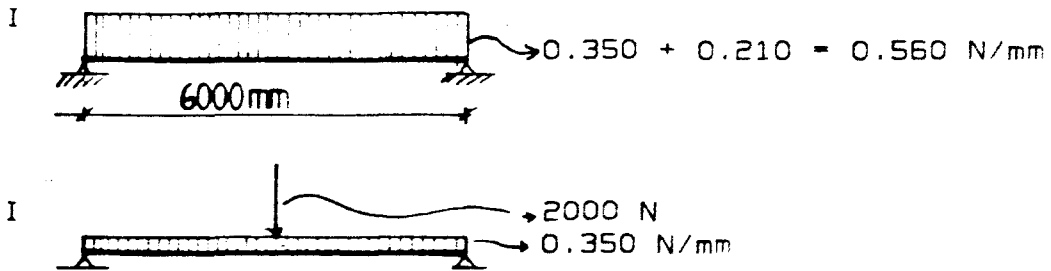
$$\begin{aligned} \text{ongunstigste } c\text{-waarde: } c &= c\langle d \rangle + c\langle o \rangle \\ &= 0.4 + 0.3 = 0.7 \\ c * q\langle u \rangle &= 0.7 * 710 = 497 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{levert: } 497 * 0.417 = 207 \text{ N/m}$$

niet maatgevend t.o.v. gelijkmatig verdeelde veranderlijke belasting.

**

Berekening:



Sterkte:

$$\text{I. } M_{\text{max}} = 0.125 \cdot (0.350 + 0.210) \cdot 6000^2 = 2.52 \cdot 10^6$$

$$\text{II. } M_{\text{max}} = 0.125 \cdot 0.350 \cdot 6000^2 + 0.25 \cdot 2000 \cdot 6000 = 4.58 \cdot 10^6$$

standaard bouwhout $s_{b,t} = 7 \text{ N/mm}^2$, $E = 10000 \text{ N/mm}^2$

$$\text{eis: } b \cdot h^2 \geq 3.93 \cdot 10^6$$

Doorbuiging:

$$\text{I. } q = 2 \cdot 0.35 + 1.35 \cdot 0.21 = 0.98 \text{ N/mm}$$

$$\text{eis: } b \cdot h^3 \geq 0.83 \cdot 10^9$$

$$\text{II. } q = 2 \cdot 0.35 = 0.70 \text{ N/mm}; F = 1.35 \cdot 2000 = 2700 \text{ N}$$

$$\text{eis: } b \cdot h^3 \geq 1.20 \cdot 10^9$$

Doorsnedebeoordeling:

b(mm)	h(sterkte)	h(doorb)	h(handelsafm)	(mm)
59	258	273	---	
71	235	257	271	
96	202	232	---	

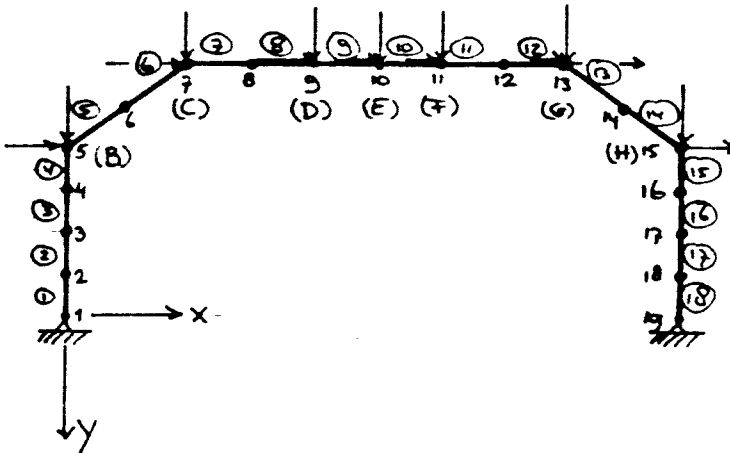
Keuze gordingen dakvlak overig: 71*271 mm²

3.4 De drie-scharnierspanten

3.4.1 Berekeningsformules/eisen

3.4.1.1 Algemeen

De berekening van de drie-scharnierspanten is uitgevoerd met behulp van het eindige-elementenmethode computerprogramma ICES-STRUDEL. In de hiervolgende tekening wordt de schematisering van de spanten weergegeven zoals deze is gebruikt bij de invoer in het programma.

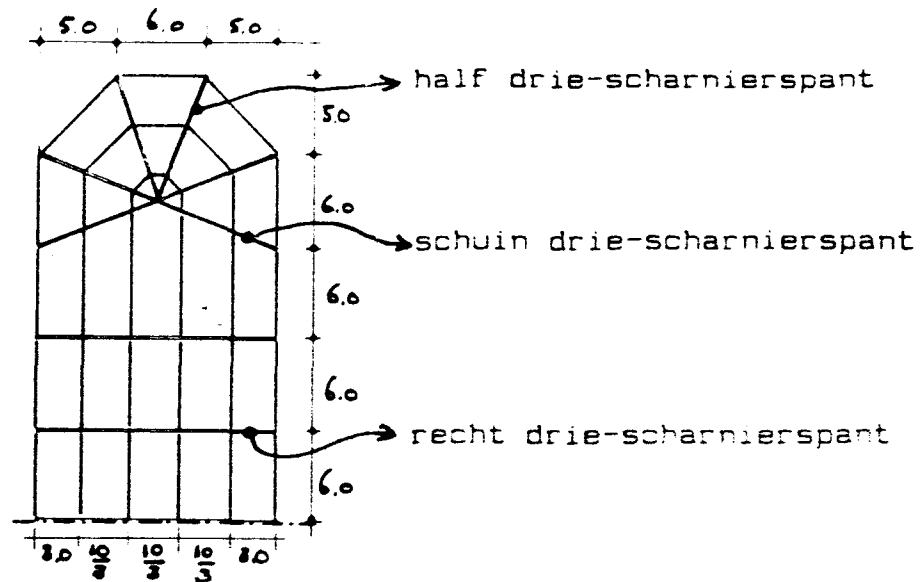


De in cirkeltjes aangegeven waarden zijn de staafnummers, de losse waarden zijn knoopnummers. De letters E t/m H behoren bij de knopen waarop de belastingen worden aangebracht.

In deze paragraaf (# 3.4) zal worden gesproken over een drietal verschillende spanten te weten:

- het rechte drie-scharnierspant;
- het schuine drie-scharnierspant;
- het halve drie scharnierspant.

In de hiervolgende tekening wordt aangegeven welke spanten tot een bepaalde groep behoren (van elke groep wordt een spant aangegeven).



Voor het rechte en voor het schuine drie-scharnierspant worden hier de coördinaten van de knopen - in mm - weergegeven:

knoop	Recht		Schuin	
	x	y	x	y
1	0.	0.	0.	0.
2	0.	- 1100.	0.	- 1100.
3	0.	- 2200.	0.	- 2200.
4	0.	- 3300.	0.	- 3300.
B) 5	0.	- 4400.	0.	- 4400.
6	1500.	- 5450.	1602.	- 5450.
C) 7	3000.	- 6500.	3204.	- 6500.
8	4500.	- 6567.5	4806.	- 6567.5
D) 9	6333.	- 6650.	6764.	- 6650.
E) 10	8000.	- 6725.	8544.	- 6725.
F) 11	9667.	- 6650.	10324.	- 6650.
12	11500.	- 6567.5	12282.	- 6567.5
G) 13	13000.	- 6500.	13884.	- 6500.
14	14500.	- 5450.	15486.	- 5450.
H) 15	16000.	- 4400.	17088.	- 4400.
16	16000.	- 3300.	17088.	- 3300.
17	16000.	- 2200.	17088.	- 2200.
18	16000.	- 1100.	17088.	- 1100.
19	16000.	0.	17088.	0.

De toegepaste houtkwaliteit is gelamineerd hout waarvoor volgens NEN 3852 [lit. 7] de volgende gegevens gelden:

gelamineerd hout: $s\langle b,t \rangle = 12 \text{ N/mm}^2$
 $s\langle t,t \rangle = 11 \text{ N/mm}^2$
 $s\langle d,t \rangle = 9 \text{ N/mm}^2$
 $s\langle s,t \rangle = 1.2 \text{ N/mm}^2$
 $E = 12000 \text{ N/mm}^2$

De drie-scharnierspanten zijn symmetrisch ten opzichte van de verticale lijn door het middenscharnier.

Symmetrieknopen (a,b) zijn knopen waarvoor geldt: $a + b = 20$

Symmetriestaven (c,d) zijn staven waarvoor geldt: $c + d = 19$

3.4.1.2 Sterkte

Uit de computerberekening volgen de krachten en de momenten in de knopen. Hieruit wordt per knoop de maatgevende knoopbelasting bepaald.

De sterkte-berekening heeft tot doel de minimaal - voor het opnemen van de maatgevende knoopbelasting - benodigde doorsnede per knoop te bepalen. De doorsnede zal aan een aantal voorwaarden moeten voldoen. Deze voorwaarden worden samen genomen aangeduid als de spannings-eis.

spannings-eis

Dwarskracht (D):

$$\frac{3}{2} \frac{D}{A} \leq s_{s,t} \quad [\text{lit. 8}]$$

computerresultaten: $D = F_{\langle y \rangle}$
 $A = b \cdot h$
 $s_{s,t} = 1.2 \text{ N/mm}^2$

resulteert: $b \cdot h \geq 1.250 \cdot F_{\langle y \rangle}$

Normaalkracht (F):

$$\frac{F}{A} \leq s_{d,t} \quad [\text{lit. 8}]$$

computerresultaten: $F = F_{\langle x \rangle}$
 $A = b \cdot h$
 $s_{d,t} = 9 \text{ N/mm}^2$

resulteert: $b \cdot h \geq 0.111 \cdot F_{\langle x \rangle}$

Normaalkracht (F) plus moment (M)

$$\frac{F}{A} + \frac{M}{W} \leq s_{b,t} \quad [\text{lit. 8}]$$

computerresultaten: $F = F_{\langle x \rangle}$; $M = M_{\langle z \rangle}$
 $A = b \cdot h$
 $W = (b \cdot h^2) / 6$
 $s_{b,t} = 12 \text{ N/mm}^2$

resulteert: $12 \cdot b \cdot h^2 - F_{\langle x \rangle} \cdot h - 6 \cdot M_{\langle z \rangle} \geq 0$

Indien wordt uitgegaan van een vaste waarde voor de breedte b van de doorsnede dan kan de minimale waarde voor de hoogte h worden bepaald uit de formule:

$$h_{\langle \min \rangle} = \frac{F_{\langle x \rangle} + \sqrt{F_{\langle x \rangle}^2 + 288 \cdot b \cdot M_{\langle z \rangle}}}{24 \cdot b}$$

In de hier gegeven spannings-eis wordt er van uitgegaan dat $F_{\langle x \rangle}$ een drukkracht is. Dit zal voor het spant ook meestal het geval zijn. Indien $F_{\langle x \rangle}$ een trekkracht is wordt toch de hiervoor gegeven spannings-eis aangehouden. Dit betekent dat gerekend wordt met een toelaatbare trekspanning die gelijk is aan de toelaatbare drukspanning. Daar de toelaatbare drukspanning van het hout kleiner is dan de toelaatbare trekspanning wordt op deze manier veilig gerekend.

Voor het spant wordt een vaste doorsnede-breedte aangenomen. Bij deze doorsnede-breedte wordt per knoop de minimaal benodigde doorsnede-hoogte bepaald waarbij aan de spannings-eis wordt voldaan.

3.4.1.3 Vervormingen van het spant

Na de berekening op sterkte waarbij een doorsnedeverloop voor het spant wordt bepaald worden de vervormingen bekeken. De vervormingen treden op in twee richtingen, te weten vertikaal en horizontaal.

Vertikale verplaatsingen

De eisen voor de verticale verplaatsing/doorbuiging worden bepaald aan de hand van de norm NEN 3850 [lit. 6] Statische vervormingen mogen het aanzien van het bouwwerk niet schaden - # 4.2.2.1.1 NEN 3850 - en een goede afvoer van regenwater e.d. moet verzekerd zijn - # 4.2.2.3.2 NEN 3850 -. De zinking in de eindtoestand - die gelijk is aan de doorbuiging in de eindtoestand verminderd met de zeeg - moet in dit geval kleiner of gelijk zijn aan 0.004 maal de overspanning.

Voor de verticale verplaatsingen worden nu de volgende eisen opgesteld:

- In het vlakke dakdeel moet een minimaal afschot van 1.5 % blijven bestaan in de uiterste vervormingstoestand.
- Voor de overige knopen - inclusief de hoekknopen van het vlakke dakdeel - geldt dat de maximale verticale verplaatsing gelijk is aan 0.004 maal de overspanning van het spant.

De verticale verplaatsingen worden bepaald bij een belasting van 2 maal de permanente plus 1.35 maal de veranderlijke belasting.

Om aan de eerste eis te kunnen voldoen moet - om geen al te grote doorsnede-hoogte te krijgen - een zeeg worden aangebracht. Het middenscharnier wordt daarom 225 mm omhoog gebracht (ten opzichte van de horizontale lijn door de knopen 7 en 13 - zie figuur # 3.4.1.1 -).

De maximaal toelaatbare verticale verplaatsing van het middenscharnier bedraagt nu:

$$f\langle b, \max \rangle = f\langle a \rangle + 225 - 0.015 \cdot l\langle b, a \rangle \text{ [mm]}$$

waarin: $f\langle b, \max \rangle$ = maximale verticale verplaatsing van het middenscharnier

$f\langle a \rangle$ = de verticale verplaatsing van knoop 7 of knoop 13 (kleinste waarde)

$l\langle b, a \rangle$ = afstand tussen knoop 7 en het middenscharnier

Rechte drie-scharnierspant

$$l\langle b, a \rangle = 5000 \text{ mm}$$

Schuine drie-scharnierspant

$$l\langle b, a \rangle = 5340 \text{ mm}$$

Horizontale verplaatsingen

Voor de horizontale verplaatsingen wordt in de norm NEN 3850 [lit. 6] geen eis aangegeven. Daarom wordt hier een richtlijn voor de horizontale verplaatsing gegeven. De horizontale verplaatsing is van invloed op de bevestiging tussen de wanden en de dakconstructie. Als richtlijn voor de maximale horizontale verplaatsing wordt gegeven: 0.008 maal de hoogte van de spantpoot wat neer komt op $0.008 \cdot 4400 = 35.2$ mm.

De verplaatsingen worden ook door de computer berekend. Het is nu nodig meer gegevens over de staven in te voeren dan voor de krachtsverdeling bij de sterkteberekening noodzakelijk was. Deze extra gegevens zijn doorsnedegegevens zoals het doorsnede-oppervlak, breedte, hoogte en traagheidsmoment.

De staven in het spant hebben een verlopende hoogte. Dit is niet rechtstreeks in het computerprogramma in te voeren. Daarom wordt hier aangegeven hoe dit wordt opgelost.

Stel de staafhoogte is minimaal a mm en maximaal b mm. De in het programma in te voeren staafhoogte h' die nu voor de gehele staaf wordt aangehouden is gelijk aan a plus een derde van het verschil tussen a en b.

$$\text{In formule: } h' = a + \frac{1}{3}(b - a)$$

Met de hoogten bepaalt volgens deze formule worden nu de verplaatsingen berekend. Indien de verplaatsingen te groot worden zullen aanpassingen moeten worden aangebracht in het doorsnedeverloop totdat aan de eisen wordt voldaan.

3.4.1.4 Knik van de spantpoot

Daar de spantpoten vrij in de ruimte staan zouden deze eventueel kunnen knikken. Dit zal dus gecontroleerd moeten worden.

Er zijn twee richtingen waarin de spantpoot kan uitknikken, te weten:-

- 1) in het vlak van buiging (x-y-vlak);
- 2) loodrecht op het vlak van buiging (x-z-vlak).

Voor deze richtingen gelden de volgende formules:

$$1) \quad F \quad \frac{s\langle l'y \rangle}{A \quad s\langle b,t \rangle} + \frac{s\langle b \rangle}{s\langle b,t \rangle} \leq s\langle l'y \rangle$$

Waarin $s\langle l'y \rangle$ kan worden bepaald m.b.v. NEN 3852 # 4.5.3.2 tabel 6 [lit. 7], na het bepalen van $l'y$ met behulp van de formule:

$$l'y = \sqrt{\frac{I\langle z \rangle}{A}} \quad \text{waarin } I\langle z \rangle = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

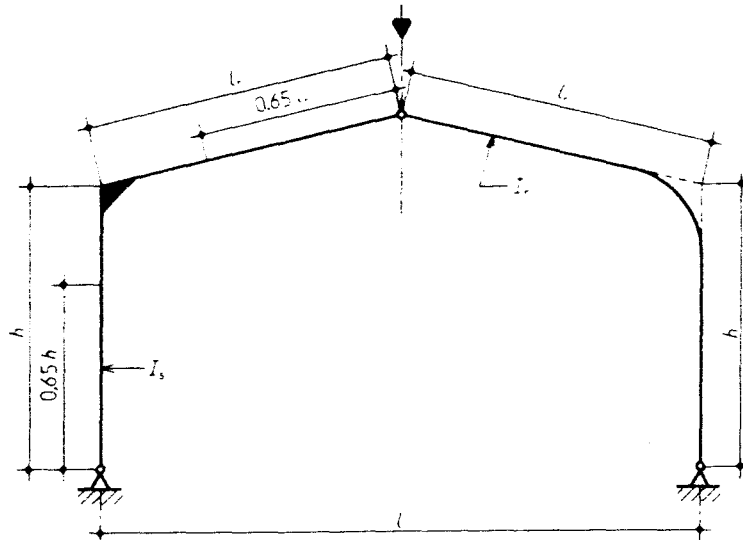
$$2) \quad F \quad \frac{s\langle l'z \rangle}{A \quad s\langle b,t \rangle} + \frac{s\langle b \rangle}{2} \leq s\langle l'z \rangle$$

Waarin $s\langle l'z \rangle$ kan worden bepaald m.b.v. NEN 3852 # 4.5.3.2 tabel 6 [lit. 7], na het bepalen van $l'z$ met behulp van de formule:

$$l'z = \sqrt{\frac{I\langle y \rangle}{A}} \quad \text{waarin } I\langle y \rangle = \frac{b^3 \cdot h}{12}$$

Kniklengte

Voor de bepaling van de kniklengte in het vlak van buiging wordt uitgegaan van NEN 3852 # 4.5.2.6 [lit. 7]. Deze paragraaf wordt hier weergegeven.



Figuur 10

De kniklengte van symmetrische twee- en driescharnierportalen volgens figuur 10 kan wanneer van een nauwkeurigere berekening wordt afgezien bij berekening op uitknikken in het spantvlak worden aangehouden op:

$$l_k = h \sqrt{4 + 1,6 c}$$

waarin $c = \frac{I_s}{I_r} \cdot \frac{2l_r}{h}$

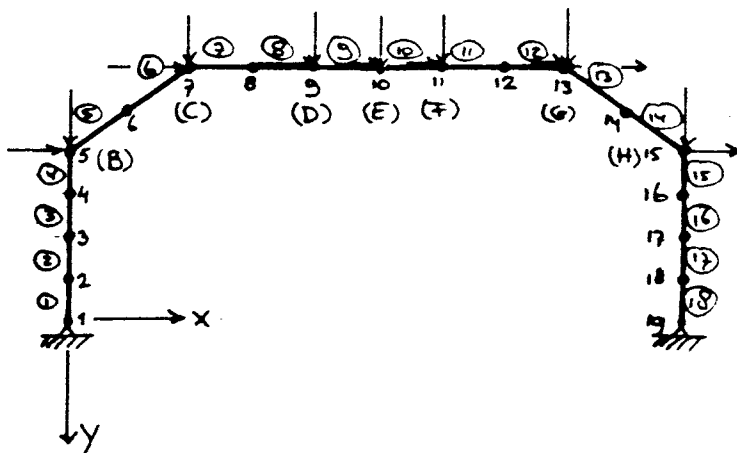
Hierin zijn I_s en I_r het traagheidsmoment van stijl.-resp. regel. h is de lengte van de stijl en l_r is de lengte van de bovenregel bij driescharnierspanten resp. de lengte van de halve bovenregel bij tweescharnierspanten. Wanneer de traagheidsmomenten niet constant zijn, kan met de waarden in de punten gelegen op $0,65 h$ van de oplegging resp. $0,65 l$, van de top worden gerekend. Maatgevend voor de knikberekening is de grootste optredende normaalkracht in stijl resp. regel, waarbij voor de berekening van A en λ met de waarden in de punten $0,65 h$ van de oplegging resp. $0,65 l$, van de top moet worden gerekend. De buigspanning moet worden berekend ter plaatse van het grootste buigend moment.

De kniklengte loodrecht op het vlak van buiging wordt gelijk gesteld aan de lengte l (er wordt van uitgegaan dat de stijl zowel onder als boven scharnierend is verbonden en dat de verplaatsing van het dakvlak te verwaarlozen is).



$$l_{<k>} = l = 4400 \text{ mm}$$

Fig. 2 Berekening van het rechte drie-scharnierspant



Het rechte drie-scharnierspant draagt een dakstrook ter breedte van 6 meter. De belastingen worden via de gordingen op het spant afgedragen. De punten B, C, D, F, G en H in bovenstaande tekening zijn de punten waar de gordingen aan het spant zijn bevestigd en diensgevolge de punten waar de belastingen op worden afgedragen. Om de belastingen op elk punt snel te kunnen bepalen wordt hier aangegeven welk deel van de totale belasting nu door desbetreffend punt wordt gedragen.

punt B : Eigen gewicht (E.G. [N/m])

- op punt B wordt het eigen gewicht van het verticale deel en de helft van het hellend deel van de spantpoot afgedragen. Dit komt overeen met een houtlengte van $4.400 + 1.831 = 6.231$ m

Belasting: $6.231 * E.G.$

Vlakke dakgedeelte (V.D. [N/m²])

- op het punt B wordt geen belasting van het vlakke dakgedeelte afgedragen.

Belasting: $0.000 * V.D.$

Hellend dakgedeelte (H.D. [N/m²])

- op punt B wordt de helft van het hellend dakgedeelte afgedragen. Dit komt neer op $6.000 * 2.137 = 12.822$ m² hellend dak

Belasting: $12.822 * H.D.$

punt C : Eigen gewicht (E.G. [N/m])

- op punt C wordt het eigen gewicht van de helft van het hellend deel en een lengte van 1.667 m (helft van de afstand tussen C en D) van het vlakke - horizontale - deel van de spantpoot afgedragen. Dit komt overeen met een houtlengte van $1.831 + 1.667 = 3.498$ m

Belasting: $3.498 * E.G.$

Vlakke dakgedeelte (U.D. [N/m²])

- op het punt C wordt de helft van de belasting van het vlakke dakgedeelte - welk gelegen is tussen de punten C en D - afgedragen. De oppervlakte van dit dakdeel is $6.000 * 1.667 = 10.000$ m²

Belasting: $10.000 * U.D.$

Hellend dakgedeelte (H.D. [N/m²])

- op punt C wordt de helft van het hellend dakgedeelte afgedragen. Dit komt neer op $6.000 * 2.137 = 12.822$ m² hellend dak

Belasting: $12.822 * H.D.$

punt D : Eigen gewicht (E.G. [N/m])

- op punt D wordt een lengte van 3.334 m (helft van de afstand tussen C en F) van het vlakke - horizontale - deel van de spantpoot afgedragen.

Belasting: $3.334 * E.G.$

Vlakke dakgedeelte (U.D. [N/m²])

- op het punt D wordt de helft van de belasting van het vlakke dakgedeelte - welk gelegen is tussen de punten C en F - afgedragen. De oppervlakte van dit dakdeel is $6.000 * 3.334 = 20.000$ m²

Belasting: $20.000 * U.D.$

Hellend dakgedeelte (H.D. [N/m²])

- op punt D wordt geen belasting van het hellend dakgedeelte afgedragen.

Belasting: $0.000 * H.D.$

punt F : gelijk aan D

punt G : gelijk aan C

punt H : gelijk aan B

**

**

Naast deze belastingen worden de knopen E, C, G en H ook nog belast door het overstek. De belastingen die hierdoor ontstaan worden in het hierna volgende gedeelte bepaald.

Belastingen:

a) permanente belasting:

eigen gewicht

aanname: doorsnede spant: $200 \times 700 \text{ mm}^2$
5000 N/m³

levert : $5000 \times 0.200 \times 0.700 \times 1.000 = 700 \text{ N/m}$

rustende belasting

vlak dakgedeelte

dakbelasting: 465 N/m² (# 3.1.2)

sporen: $59 \times 196 \text{ mm}^2$; h.o.h. 0.834 m; 5000 N/m³

levert: $5000 \times 0.059 \times 0.196 / 0.834 = 69 \text{ N/m}^2$

plafondbelasting: 130 N/m² (# 3.2.1)

gording: $150 \times 500 \text{ mm}^2$; h.o.h. 3.334 m; 5000 N/m³

levert: $5000 \times 0.150 \times 0.500 / 3.334 = 112 \text{ N/m}^2$

totaal vlak dakgedeelte:

$465 + 69 + 130 + 112 = 776 \text{ N/m}^2$

hellend dakgedeelte

dakbelasting: 280 N/m² (# 3.1.3)

sporen: $59 \times 121 \text{ mm}^2$; h.o.h. 0.834 m; 5000 N/m³

levert: $5000 \times 0.059 \times 0.121 / 0.834 = 43 \text{ N/m}^2$

plafondbelasting: 130 N/m² (# 3.2.1)

gording: $150 \times 500 \text{ mm}^2$; h.o.h. 3.662 m; 5000 N/m³

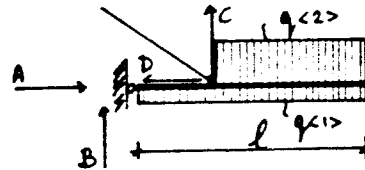
levert: $5000 \times 0.150 \times 0.500 / 3.662 = 102 \text{ N/m}^2$

totaal hellend dakgedeelte:

$280 + 43 + 130 + 102 = 555 \text{ N/m}^2$

rustende belasting ten gevolge van het dakoverstek:

Voor de bepaling van de belasting op het spant ten gevolge van het overstek wordt gebruik gemaakt van de formules die zijn bepaald bij de berekening van de sporen in het overstek (# 3.2.3).



Deze formules zijn:

$$A = 1.05 \cdot q_{<1>} \cdot l + 0.93 \cdot q_{<2>} \cdot l$$

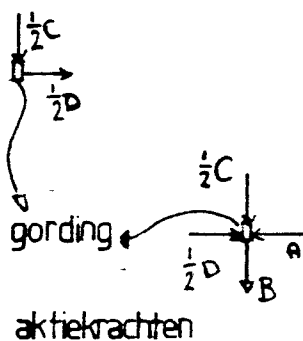
$$B = -0.50 \cdot q_{<1>} \cdot l - 0.67 \cdot q_{<2>} \cdot l$$

$$C = 1.50 \cdot q_{<1>} \cdot l + 1.33 \cdot q_{<2>} \cdot l$$

$$D = 1.05 \cdot q_{<1>} \cdot l + 0.93 \cdot q_{<2>} \cdot l$$

Voor het bepalen van de belasting op het spant moet voor $q_{<1>}$ en $q_{<2>}$ worden ingevuld: $6/0.834$ maal de op een spoor werkende q -belasting. Verder dient er rekening mee te worden gehouden dat de krachten A t/m D uit bovenstaande formules reactiekrachten zijn. De actiekrachten werken dus in tegengestelde richting.

De krachten C en D zijn reactiekrachten die door de sporen in het hellend dakgedeelte worden opgenomen. Deze sporen dragen de krachten af op de gordingen die de krachten weer afdragen aan de spanten. Voor de afdracht van krachten van de sporen naar de gordingen wordt aangehouden: $1/2$ van de kracht wordt op de onderste gording overgedragen, $1/2$ van de kracht wordt op de bovenste gording afgedragen.



De belasting (belastingsgeval 1, # 3.2.3) die op het overstek werken zijn: $q<1> = 190 \text{ N/m}$ en $q<2> = 390 \text{ N/m}$. Voor de bepaling van de belasting op het spant is dan voor $q<1>$ en $q<2>$ de volgende waarde in de formules in te vullen:

$$q<1> = 190 \cdot 6 / 0.834 = 1367 \text{ N/m}$$

$$q<2> = 390 \cdot 6 / 0.834 = 2806 \text{ N/m}$$

De lengte l bedraagt 1.5 m waaruit dan volgt:

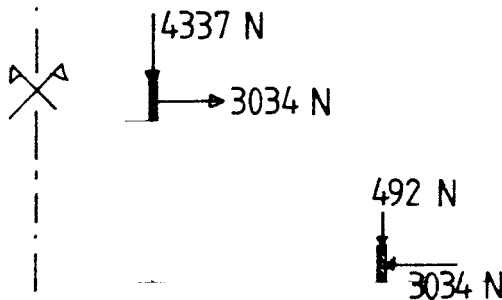
$$A = 6067 \text{ N}$$

$$B = -3845 \text{ N}$$

$$C = 8574 \text{ N}$$

$$D = 6067 \text{ N}$$

Hieruit volgt de volgende spantbelasting ten gevolge van de belasting op het overstek:



Spantbelasting t.g.v. de permanente belasting

Vertikaal:

	B	C	D	E	F	G	H
eg	4362	2449	2334	-	2334	2449	4362
rb, dak vl	-	7760	15520	-	15520	7760	-
, dak hl	7150	7150	-	-	-	7150	7150
, overst	492	4337	-	-	-	4337	492
+-----							
totaal:	12004	21696	17854	-	17854	21696	12002

Horizontaal:

	B	C	D	E	F	G	H
rb, overst	3034	-3034	-	-	-	3034	-3034

b) Veranderlijke belasting:

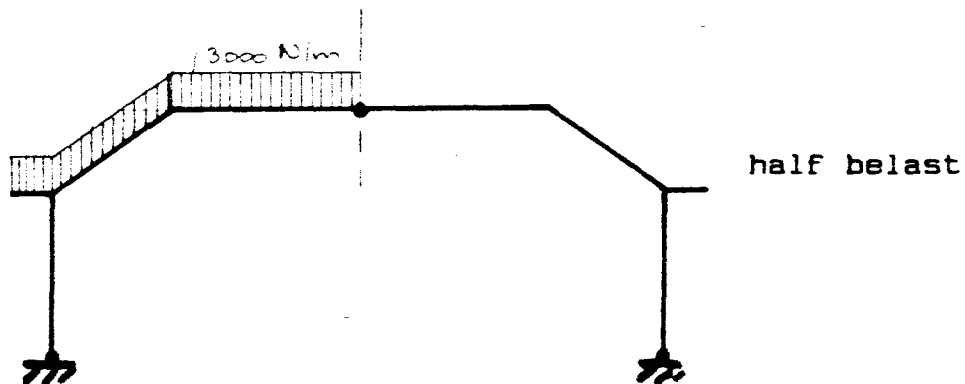
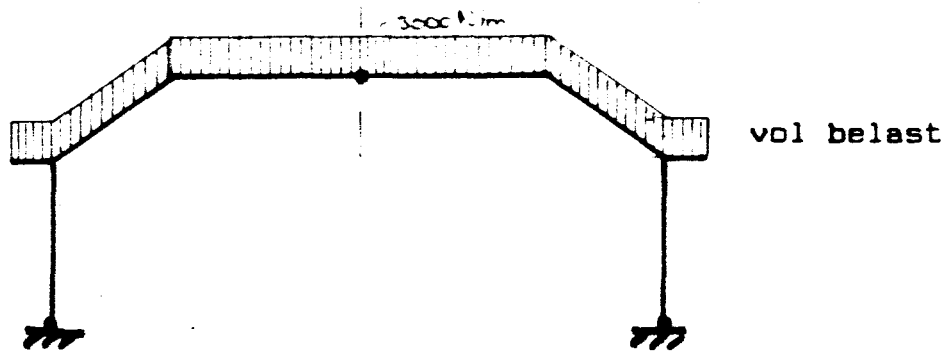
Gelijkmatig verdeelde verticale belasting: 500 N/m²
(alle dakvlakken)

of

Vertikale puntlast op de ongunstigste plaats: 2000 N

De gelijkmatig verdeelde - vertikaal - veranderlijke belasting van 500 N/m² levert op de spant-bovenrand een belasting van $6 \cdot 500 = 3000$ N/m. Deze waarde is in vergelijking met de puntlast van 2000 N dusdanig groot dat de puntlast zeker niet maatgevend zal zijn.

Voor de veranderlijke belasting worden nu twee gevallen in rekening gebracht te weten: vol belast en half belast.



**

KONSTRUKTIE

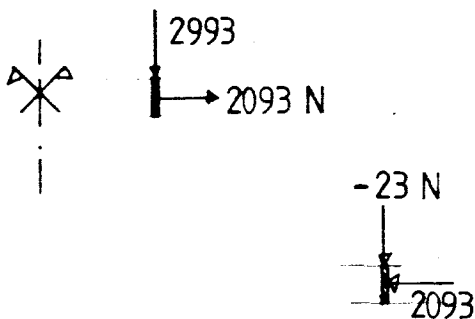
**

De gelijkmatig verdeelde veranderlijke belasting op het overstek wordt met de eerder vermelde formules weer omgerekend naar spantbelastingen.

De belasting zijn nu: $q<1> = 0$
 $q<2> = 417 \cdot 6 / 0.834 = 3000 \text{ N/m.}$

Dit levert: A = 4185 N
 B = - 3015 N
 C = 5985 N
 D = 4185 N

Omgerekend levert dit de volgende spantbelastingen:



Spantbelasting t.g.v. de veranderlijke belasting

Vertikaal, vol belast:

	B	C	D	E	F	G	H
vb, dak vl	-	5000	10000	-	10000	5000	-
, dak hl	6411	6411	-	-	-	6411	6411
, overst	-23	2993	-	-	-	2993	-23
+-----							
totaal:	6388	14404	10000	-	10000	14404	6388

Horizontaal, vol belast:

	B	C	D	E	F	G	H
rb, overst	2093	-2093	-	-	-	2093	-2093

Voor de veranderlijk halfvol belaste situatie geldt: knoop F, G, H onbelast, knoop B, C, D, E belast zoals bij vol belast.

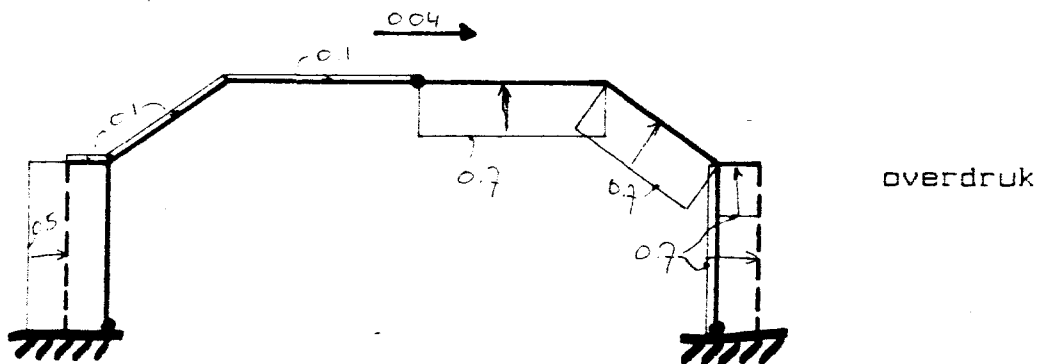
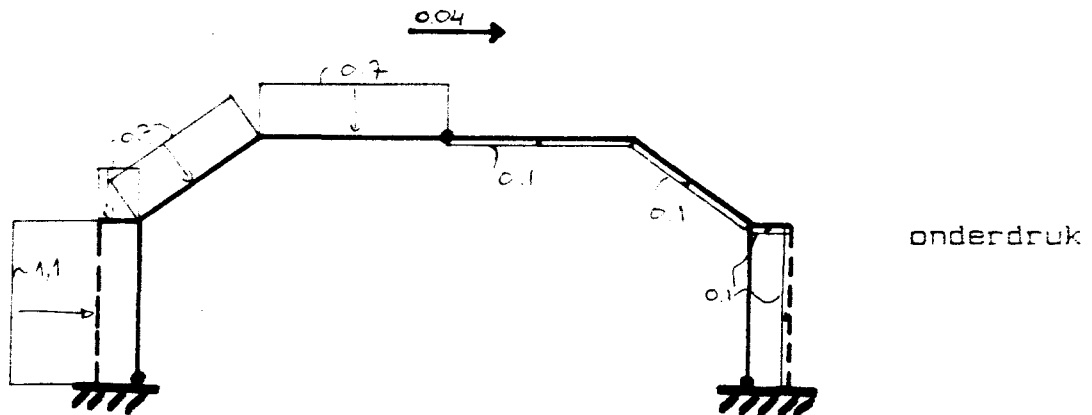
c) Windbelasting - werkt loodrecht op dakoppervlakte -

$$q = 710 \text{ N/m}^2$$

winddruk wanden	: c_{fd}	=	0.8
dak	: c_{fd}	=	0.4
windzuiging wanden/dak	: c_{fs}	=	0.4
windwrijving dak vlak	: c_{fw}	=	0.04
over-/onderdruk	: c_{fo}	=	± 0.3

Dit levert dan voor het spant de volgende c-waarden op:

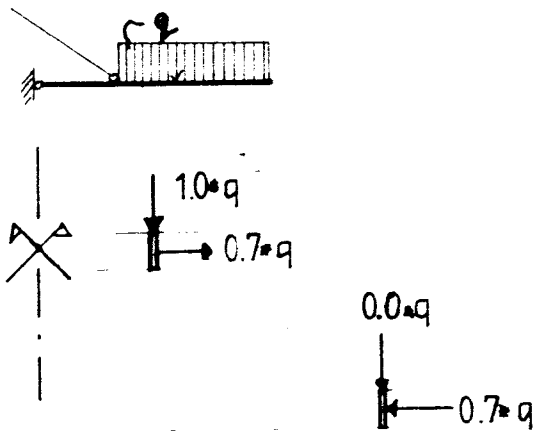
Wind van links



De krachten die ten gevolge van de windbelasting op het spant aangrijpen worden nu bepaald. Dit wordt hier niet exact voorgerekend maar er wordt alleen aangeven hoe groot de krachten op bepaalde knopen zijn ten gevolge van de windbelasting op een bepaald dakdeel. De kracht die op een knoop worden afgedragen is ondermeer afhankelijk van:

- de c-waarde verdeling over het spant;
- het dakoppervlak dat door de knoop 'gedragen' wordt;
- de invloed van het dakoverstek (punten B, C, G en H).

Om de krachtafdracht van het overstek op snelle wijze te kunnen bepalen zijn de formules uit # 3.2.3 uitgewerkt uitgaande van een q -last van q N/m op het overstek. De hiervolgende spantbelasting wordt nu gevonden:



Voor de bepaling van de spantbelasting ten gevolge van de windbelasting op het overstek dient nu de voor het spant te verrekenen wind- q -last (op het overstek) te worden bepaald. Deze waarde dient dan in N/m te worden uitgedrukt en is dan met de in het hiervoor gegeven plaatje aangegeven formules om te rekenen naar de spantbelastingen (N).

Bepaling windbelastings-krachten

Wind van links met onderdruk:

Wand links:

$$B\langle h \rangle = 1.1 * 710 * 6.00 * 4.4/2 = 10309 \text{ N}$$

Overstek links:

$$B\langle h \rangle = 0.7 * 710 * 6.00 * 0.7 = 2087 \text{ N}$$

$$B\langle v \rangle = 0.7 * 710 * 6.00 * 0.0 = 0 \text{ N}$$

$$C\langle h \rangle = 0.7 * 710 * 6.00 * -0.7 = -2087 \text{ N}$$

$$C\langle v \rangle = 0.7 * 710 * 6.00 * 1.0 = 2982 \text{ N}$$

Dak hellend links:

$$B\langle h \rangle = 0.7 * 710 * 6.00 * 2.137 * \sin(35) = 3655 \text{ N}$$

$$B\langle v \rangle = 0.7 * 710 * 6.00 * 2.137 * \cos(35) = 5220 \text{ N}$$

$$C\langle h \rangle = 3655 \text{ N}$$

$$C\langle v \rangle = 5220 \text{ N}$$

Dak vlak links:

$$C\langle v \rangle = 0.7 * 710 * 6.00 * 1.667 = 4971 \text{ N}$$

$$D\langle v \rangle = 0.7 * 710 * 6.00 * 3.333 = 9942 \text{ N}$$

Dak vlak rechts:

$$F\langle v \rangle = -0.1 * 710 * 6.00 * 3.333 = -1420 \text{ N}$$

$$G\langle v \rangle = -0.1 * 710 * 6.00 * 1.667 = -710 \text{ N}$$

Dak hellend rechts:

$$G\langle h \rangle = -0.1 * 710 * 6.00 * 2.137 * -\sin(35) = 522 \text{ N}$$

$$G\langle v \rangle = -0.1 * 710 * 6.00 * 2.137 * \cos(35) = -746 \text{ N}$$

$$H\langle h \rangle = 522 \text{ N}$$

$$H\langle v \rangle = -746 \text{ N}$$

Overstek rechts:

$$G\langle h \rangle = -0.1 * 710 * 6.00 * 0.7 = -298 \text{ N}$$

$$G\langle v \rangle = -0.1 * 710 * 6.00 * 1.0 = -426 \text{ N}$$

$$H\langle h \rangle = -0.1 * 710 * 6.00 * -0.7 = 298 \text{ N}$$

$$H\langle v \rangle = -0.1 * 710 * 6.00 * 0.0 = 0 \text{ N}$$

Wand rechts:

$$H\langle h \rangle = 0.1 * 710 * 6.00 * 4.4/2 = 937 \text{ N}$$

Wrijving dakoppervlak:

$$B\langle h \rangle = 0.04 * 710 * 6.00 * 2.137 = 364 \text{ N}$$

$$C\langle h \rangle = 0.04 * 710 * 6.00 * 3.804 = 648 \text{ N}$$

$$D\langle h \rangle = 0.04 * 710 * 6.00 * 3.333 = 568 \text{ N}$$

$$F\langle h \rangle = 568 \text{ N}$$

$$G\langle h \rangle = 648 \text{ N}$$

$$H\langle h \rangle = 364 \text{ N}$$

Wind van links met overstek:

Wand links:

$$B\langle h \rangle = 0.5 * 710 * 6.00 * 4.4/2 = 4685 \text{ N}$$

Overstek links:

$$B\langle h \rangle = 0.1 * 710 * 6.00 * 0.7 = 298 \text{ N}$$

$$B\langle v \rangle = 0.1 * 710 * 6.00 * 0.0 = 0 \text{ N}$$

$$C\langle h \rangle = 0.1 * 710 * 6.00 * -0.7 = -298 \text{ N}$$

$$C\langle v \rangle = 0.1 * 710 * 6.00 * 1.0 = 426 \text{ N}$$

Dak hellend links:

$$B\langle h \rangle = 0.1 * 710 * 6.00 * 2.137 * \sin(35) = 522 \text{ N}$$

$$B\langle v \rangle = 0.1 * 710 * 6.00 * 2.137 * \cos(35) = 746 \text{ N}$$

$$C\langle h \rangle = 522 \text{ N}$$

$$C\langle v \rangle = 746 \text{ N}$$

Dak vlak links:

$$C\langle v \rangle = 0.1 * 710 * 6.00 * 1.667 = 710 \text{ N}$$

$$D\langle v \rangle = 0.1 * 710 * 6.00 * 3.333 = 1420 \text{ N}$$

Dak vlak rechts:

$$F\langle v \rangle = -0.7 * 710 * 6.00 * 3.333 = -9940 \text{ N}$$

$$G\langle v \rangle = -0.7 * 710 * 6.00 * 1.667 = -4970 \text{ N}$$

Dak hellend rechts:

$$G\langle h \rangle = -0.7 * 710 * 6.00 * 2.137 * -\sin(35) = 3654 \text{ N}$$

$$G\langle v \rangle = -0.7 * 710 * 6.00 * 2.137 * \cos(35) = -5222 \text{ N}$$

$$H\langle h \rangle = 3654 \text{ N}$$

$$H\langle v \rangle = -5222 \text{ N}$$

Overstek rechts:

$$G\langle h \rangle = -0.7 * 710 * 6.00 * 0.7 = -2087 \text{ N}$$

$$G\langle v \rangle = -0.7 * 710 * 6.00 * 1.0 = -2982 \text{ N}$$

$$H\langle h \rangle = -0.7 * 710 * 6.00 * -0.7 = 2087 \text{ N}$$

$$H\langle v \rangle = -0.7 * 710 * 6.00 * 0.0 = 0 \text{ N}$$

Wand rechts:

$$H\langle h \rangle = 0.7 * 710 * 6.00 * 4.4/2 = 6559 \text{ N}$$

Wrijving dakoppervlak:

$$B\langle h \rangle = 0.04 * 710 * 6.00 * 2.137 = 364 \text{ N}$$

$$C\langle h \rangle = 0.04 * 710 * 6.00 * 3.804 = 648 \text{ N}$$

$$D\langle h \rangle = 0.04 * 710 * 6.00 * 3.333 = 568 \text{ N}$$

$$F\langle h \rangle = 568 \text{ N}$$

$$G\langle h \rangle = 648 \text{ N}$$

$$H\langle h \rangle = 364 \text{ N}$$

Alle krachten die op het spant werken zijn nu bepaald. In de hier volgende tabel worden deze krachten nog eens op een rijtje gezet.

Belastingen

	Permanent	UB_vol	UB_half	W_1_on	W_1_ov
B<h>	3034	2093	2093	16415	5870
B<v>	12004	6388	6388	5220	746
C<h>	-3034	-2093	-2093	2216	872
C<v>	21696	14404	14404	13173	1882
D<h>	0	0	0	568	568
D<v>	17854	10000	10000	9942	1420
F<h>	0	0	0	568	568
F<v>	17854	10000	0	-1420	-9940
G<h>	3034	2093	0	872	2216
G<v>	21696	14404	0	-1882	-13174
H<h>	-3034	-2093	0	2121	12664
H<v>	12004	6388	0	-746	-5222

Voor de sterkteberekening van het rechte drie-scharnierspant zijn de volgende belastingsgevallen op de computer doorgerekend:

- a) permanente belasting + veranderlijke belasting volbelast;
- b) permanente bel. + veranderlijke bel. half belast;
- c) permanente bel. + wind van links met onderdruk;
- d) permanente bel. + wind van links met overdruk.

In de hier volgende tabel worden de maatgevende knoopbelastingen aangegeven (absolute waarden) zoals deze uit de computerresultaten zijn bepaald. Met behulp van de in # 3.4.1.2 gegeven spannings-eis en uitgaande van een doorsnedebreedte van 200 mm wordt de minimaal benodigde doorsnede-hoogte per knooppunt bepaald.

**

KONSTRUKTIE

**

knoop	F<x> [N]	F<y> [N]	M<z>*10 ¹⁶ [N*mm]	(b = 200 mm) h = ... mm
1	82346	40962	0.0	260
2	61650	40962	45.1	360
3	61650	40962	90.1	500
4	61650	40962	135.2	600
5	61650	40962	180.2	700
s. 5	74246	26904	179.2	700
s. 6	63203	26904	148.6	640
s. 7	63203	26904	117.0	560
7	39305	28840	117.0	560
8	39306	28840	73.7	440
9	37410	28840	26.4	280
10	40692	13403	0.0	100

(de aanduiding s. voor het knoopnummer geeft aan dat deze waarden gelden voor de staaf in het schuine deel van de spantpoot.)

De voor de sterkte minimaal benodigde doorsnede-hoogte per knoop is nu bepaald. De volgende stap die wordt gemaakt is het controleren van de verplaatsingen.

Verplaatsing

Voor het bepalen van de verticale verplaatsingen wordt als belasting in rekening gebracht: 2 maal de permanente belasting plus 1.35 maal de veranderlijke belasting (half of vol belast). Om aan de eisen te voldoen mag de verticale verplaatsing van knoop 1 t/m 7 en 13 t/m 19 maximaal 64 mm bedragen. Voor het vlakke spantgedeelte moet gelden:

$$f<10> - f<7> \leq 150.0 \text{ mm}$$

en

$$f<10> - f<13> \leq 150.0 \text{ mm}$$

Voor de bepaling van de horizontale verplaatsingen wordt in rekening gebracht: 2 maal de permanente belasting plus 1.35 maal de veranderlijke belasting. De richtlijn voor de maximale horizontale verplaatsing bedraagt 35.2 mm.

Eerst worden nu de verplaatsingen berekend uitgaande van het minimale - sterkte - doorsnede-verloop. In de hier volgende tabel wordt per knoop de maximaal optredende verplaatsing weergegeven. Een positieve waarde voor de horizontale verplaatsing geeft aan dat deze naar rechts is. Een positieve verticale verplaatsing is naar beneden toe gericht.

knoop	h<min>	f<vert>	f<hor>
1	260	0.0	0.0
2	360	0.2	-24.7
3	500	0.4	-38.3
4	600	0.5	-42.4
5	700	0.6	-39.2
6	640	21.3	-28.1
7	560	53.2	23.4
8	440	94.6	25.2
9	280	159.7	27.8
10	100	222.3	29.1
11	280	159.7	32.1
12	440	89.5	34.6
13	560	46.7	36.0
14	640	16.7	49.4
15	700	0.6	54.1
16	600	0.5	51.8
17	500	0.4	43.1
18	360	0.2	26.3
19	260	0.0	0.0

Bij de controle van de verticale verplaatsingen blijkt dat de verplaatsing van knoop 10 te groot is. Ook de horizontale verplaatsingen zijn nog vrij groot. De afmetingen worden daarom aangepast. Hierbij wordt in eerste instantie het verloop van de doorsnedehoogte regelmatig gemaakt. In het schuine gedeelte van het spant wordt een constante doorsnede-hoogte aangenomen. De stijl en de regel krijgen een constant verlopende hoogte. De afmetingen die uiteindelijk zijn gekozen komen overeen met de doorsnede-hoogte-afmetingen van het - uiteindelijke - schuine drie-scharnierspant verminderd met 100 mm. Dit is gedaan om beide spanten een zelfde uiterlijk te geven.

Hier volgen de afmetingen en verplaatsingsresultaten van het uiteindelijke rechte drie-scharnierspant.

knoop	h<uit>	f<vert>	f<hor>
1	340	0.0	0.0
2	460	0.2	-13.5
3	580	0.3	-21.6
4	700	0.4	-24.1
5	780	0.5	-22.0
6	780	10.9	-15.2
7	680	27.2	4.6
8	572	49.5	5.4
9	440	83.7	6.6
10	320	115.7	7.6
11	440	83.7	8.9
12	572	49.5	10.1
13	680	27.2	10.9
14	780	10.5	19.7
15	780	0.5	24.3
16	700	0.4	24.8
17	580	0.3	21.6
18	460	0.2	13.5
19	340	0.0	0.0

De verticale verplaatsing voldoet nu aan de eisen. De horizontale verplaatsing is ook kleiner als de richtlijn.

Tot slot moet nog worden gecontroleerd of de spantpoot niet uitknikt.

**

**

Knikcontrole (zie ook # 3.4.1.4)

De spantpoot is op knik te berekenen met als belasting:

- > normaalkracht, druk : 82346 N
- > moment in vlak van spant: $180.2 \cdot 10^6$ Nmm

- Knik in het vlak van buiging

$$h = 4400 \text{ mm}$$

$$I_{<r>} = 5000 + 3662 = 8662 \text{ mm}^3$$

$$\text{stijl: } h_{<top>} = 820 \text{ mm}$$

$$h_{<voet>} = 340 \text{ mm}$$

$$h_{<0.65>} = 652 \text{ mm} \rightarrow I_{<s>} = 4.62 \cdot 10^9 \text{ mm}^3$$

$$\text{regel: } h_{<mid>} = 320 \text{ mm}$$

$$h_{<eind>} = 780 \text{ mm}$$

$$h_{<0.65>} = 780 \text{ mm} \rightarrow I_{<r>} = 7.91 \cdot 10^9 \text{ mm}^3$$

$$c = \frac{4.62 \cdot 2 \cdot 8662}{7.91 \cdot 4400} = 2.30 \rightarrow I_{<k>} = 2.8 \cdot h = 12320 \text{ mm}$$

$$s_{} = M/W_{<top>} = 8.04 \text{ N/mm}^2$$

$$A = 200 \cdot 652 = 130400 \text{ mm}^2$$

$$l'_{<y>} = 65.46 \rightarrow s_{<l'y>} = 4.95 \text{ N/mm}^2$$

$$F + \frac{s_{<l'y>}}{s_{}} = \frac{82346}{130400} + \frac{4.95}{8.04} = 3.95$$

3.95 < 4.95, spant knikt niet in vlak van buiging.

- Knik loodrecht op het vlak van buiging

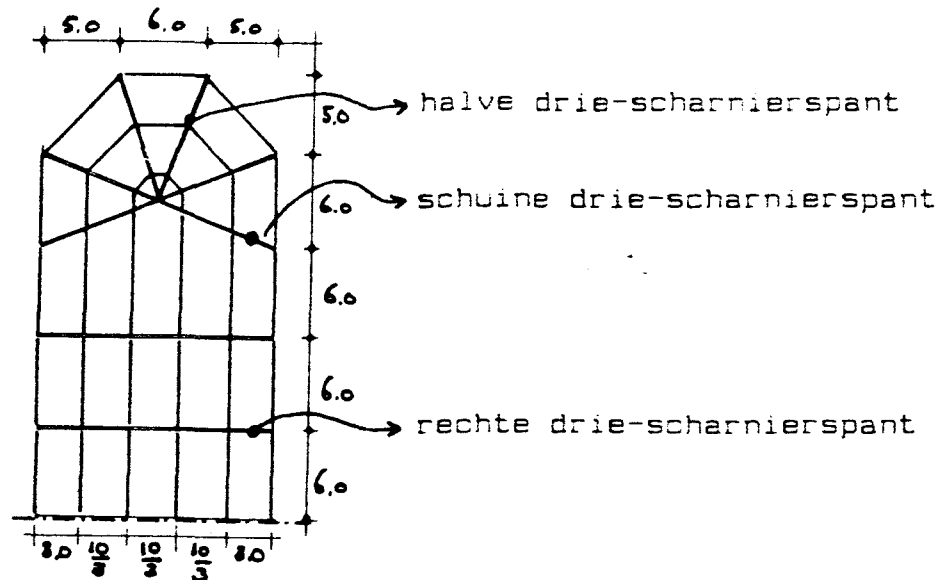
$$l'_{<z>} = 76.2 \rightarrow s_{<l'z>} = 4.08 \text{ N/mm}^2$$

$$F + \frac{s_{<l'z>} s_{}}{A} = \frac{82346}{130400} + \frac{4.08 \cdot 8.04}{12} = 2.00$$

2.00 < 4.08, spant knikt niet loodrecht op het vlak van buiging

Hiermee is het rechte spant berekend.

3.4.3 Berekening van het schuine drieharnierspant

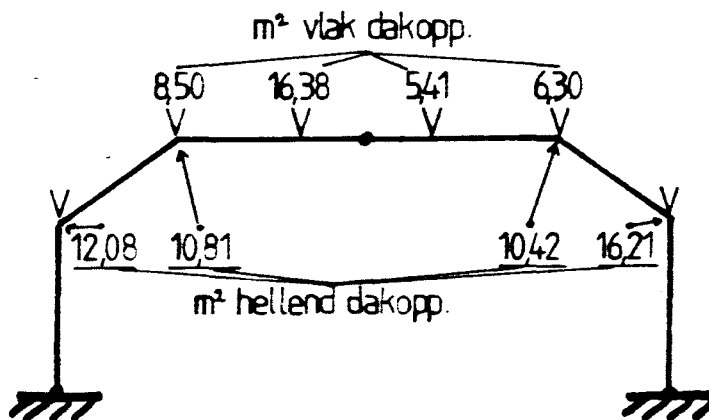


Belastingen:

De belastingen die op de schuine drie-scharnierspanten werken zijn grotendeels afgeleid uit de belastingen die op de rechte drie-scharnierspanten werken (# 3.4.2). Indien hier van wordt afgeweken wordt dit hier vermeld.

a) permanente belasting:

Omdat de schuine drie-scharnierspanten niet zoals bij de rechte drie-scharnierspanten een dakvlak-strook van 6 m breed dragen moeten de belastingswaarden op een andere manier worden bepaald. In de hier volgende figuur wordt aangegeven hoeveel m² dakvlak er door elk belastingspunt wordt gedragen.



rustende belasting ten gevolge van het dakoverstek:

De krachten die door het overstek op het spant worden afgedragen dienen met een factor f_{over} te worden vermenigvuldigd en wel $f_{\text{over}} = (\text{lengte overstek}) / (\text{lengte overstek bij rechte drie-scharnierspant})$.

Dit is nader te omschrijven als:

- $f_{\text{over}} = 1$ indien de spantpoot niet in een hoek staat;
- $f_{\text{over}} = (3 + 4.25)/6 = 1.21$ indien de spantpoot in een hoek staat.

Spantbelasting t.g.v. de permanente belasting

Vertikaal:

	B	C	D	E	F	G	H
eg	4421	2587	2492	-	2492	2587	4421
rb, dak vl	-	6596	12711	-	4198	4889	-
, dak hl	6704	6000	-	-	-	5783	8997
, overst	492	4337	-	-	-	5248	595
+-----							
totaal:	11617	19520	15203	-	6690	18507	14013

Horizontaal:

	B	C	D	E	F	G	H
rb, overst	3034	-3034	-	-	-	3671	-3671

b) Veranderlijke belasting:

Spantbelasting t.g.v. de veranderlijke belasting

Vertikaal, vol belast:

	B	C	D	E	F	G	H
vb, dak vl	-	4250	8190	-	2705	3150	-
, dak hl	6040	5405	-	-	-	5210	8105
, overst	-23	2993	-	-	-	3622	-28
+-----							
totaal:	6017	12648	8190	-	2705	11982	8077

Horizontaal, vol belast:

	B	C	D	E	F	G	H
rb, overst	2093	-2093	-	-	-	2533	-2533

Voor de veranderlijk halfvol belaste situatie geldt: knoop F, G, H onbelast, knoop B, C, D, E belast zoals bij vol belast.

c) Windbelasting - werkt loodrecht op het dakoppervlak -

Wind van links zal maatgevend zijn omdat het spant met alleen permanente belasting al de neiging heeft om naar rechts te gaan hangen, dit door het groter belast oppervlak op de linker spantpoot. De c-waarden zoals bepaald bij het rechte spant zijn hier dus ook bruikbaar. Echter voor de bepaling van de krachtsafdracht van de halve drie-scharnierspanten - deze komen overeen met de rechter helft van het hier beschouwde schuine drie-scharnierspant - zou wind van rechts maatgevend kunnen zijn. De c-waarden voor dit geval zijn echter eenvoudig te bepalen. Indien het hier beschouwde spant wordt gespiegeld om de verticale as door het middenscharnier wordt wind van rechts verkregen met de daarbij behorende c-waarden.

Op deze wijze worden 4 wind belastingsgevallen verkregen, te weten: - wind van links met onderdruk of overdruk;
- wind van rechts met onderdruk of overdruk.

Bepaling windbelastingskrachten

Wind van links met onderdruk:

Wand links:

$$B\langle h \rangle = 1.1 * 710 * 6.00 * 4.4/2 = 10309 \text{ N}$$

Overstek links:

$$B\langle h \rangle = 0.7 * 710 * 6.00 * 0.7 = 2087 \text{ N}$$

$$B\langle v \rangle = 0.7 * 710 * 6.00 * 0.0 = 0 \text{ N}$$

$$C\langle h \rangle = 0.7 * 710 * 6.00 * -0.7 = -2087 \text{ N}$$

$$C\langle v \rangle = 0.7 * 710 * 6.00 * 1.0 = 2982 \text{ N}$$

Dak hellend links:

$$B\langle h \rangle = 0.7 * 710 * 12.08 * \sin(35) = 3444 \text{ N}$$

$$B\langle v \rangle = 0.7 * 710 * 12.08 * \cos(35) = 4918 \text{ N}$$

$$C\langle h \rangle = 0.7 * 710 * 10.81 * \sin(35) = 3082 \text{ N}$$

$$C\langle v \rangle = 0.7 * 710 * 10.81 * \cos(35) = 4401 \text{ N}$$

Dak vlak links:

$$C\langle v \rangle = 0.7 * 710 * 8.50 = 4225 \text{ N}$$

$$D\langle v \rangle = 0.7 * 710 * 16.38 = 8141 \text{ N}$$

Dak vlak rechts:

$$F\langle v \rangle = -0.1 * 710 * 5.41 = -384 \text{ N}$$

$$G\langle v \rangle = -0.1 * 710 * 6.30 = -447 \text{ N}$$

Dak hellend rechts:

$$G\langle h \rangle = -0.1 * 710 * 10.42 * -\sin(35) = 424 \text{ N}$$

$$G\langle v \rangle = -0.1 * 710 * 10.42 * \cos(35) = -606 \text{ N}$$

$$H\langle h \rangle = -0.1 * 710 * 16.21 * -\sin(35) = 660 \text{ N}$$

$$H\langle v \rangle = -0.1 * 710 * 16.21 * \cos(35) = -943 \text{ N}$$

Overstek rechts:

$$G\langle h \rangle = -0.1 * 710 * 6.00 * 0.7 * 1.21 = -361 \text{ N}$$

$$G\langle v \rangle = -0.1 * 710 * 6.00 * 1.0 * 1.21 = -515 \text{ N}$$

$$H\langle h \rangle = -0.1 * 710 * 6.00 * -0.7 * 1.21 = 361 \text{ N}$$

$$H\langle v \rangle = -0.1 * 710 * 6.00 * 0.0 * 1.21 = 0 \text{ N}$$

Wand rechts:

$$H\langle h \rangle = 0.1 * 710 * 6.00 * 4.4/2 * 1.21 = 1134 \text{ N}$$

Wrijving dakoppervlak:

$$B\langle h \rangle = 0.04 * 710 * 12.08 = 343 \text{ N}$$

$$C\langle h \rangle = 0.04 * 710 * 19.31 = 548 \text{ N}$$

$$D\langle h \rangle = 0.04 * 710 * 16.38 = 465 \text{ N}$$

$$F\langle h \rangle = 0.04 * 710 * 5.41 = 154 \text{ N}$$

$$G\langle h \rangle = 0.04 * 710 * 16.72 = 475 \text{ N}$$

$$H\langle h \rangle = 0.04 * 710 * 16.21 = 460 \text{ N}$$

**

KONSTRUKTIE

**

Wind van links met overdruk:

Wand links:

$$B\langle h \rangle = 0.5 * 710 * 6.00 * 4.4/2 = 4686 \text{ N}$$

Overstek links:

$$B\langle h \rangle = 0.1 * 710 * 6.00 * 0.7 = 298 \text{ N}$$

$$B\langle v \rangle = 0.1 * 710 * 6.00 * 0.0 = 0 \text{ N}$$

$$C\langle h \rangle = 0.1 * 710 * 6.00 * -0.7 = -298 \text{ N}$$

$$C\langle v \rangle = 0.1 * 710 * 6.00 * 1.0 = 426 \text{ N}$$

Dak hellend links:

$$B\langle h \rangle = 0.1 * 710 * 12.08 * \sin(35) = 492 \text{ N}$$

$$B\langle v \rangle = 0.1 * 710 * 12.08 * \cos(35) = 703 \text{ N}$$

$$C\langle h \rangle = 0.1 * 710 * 10.81 * \sin(35) = 440 \text{ N}$$

$$C\langle v \rangle = 0.1 * 710 * 10.81 * \cos(35) = 629 \text{ N}$$

Dak vlak links:

$$C\langle v \rangle = 0.1 * 710 * 8.50 = 604 \text{ N}$$

$$D\langle v \rangle = 0.1 * 710 * 16.38 = 1163 \text{ N}$$

Dak vlak rechts:

$$F\langle v \rangle = -0.7 * 710 * 5.41 = -2689 \text{ N}$$

$$G\langle v \rangle = -0.7 * 710 * 6.30 = -3131 \text{ N}$$

Dak hellend rechts:

$$G\langle h \rangle = -0.7 * 710 * 10.42 * -\sin(35) = 2970 \text{ N}$$

$$G\langle v \rangle = -0.7 * 710 * 10.42 * \cos(35) = -4242 \text{ N}$$

$$H\langle h \rangle = -0.7 * 710 * 16.21 * -\sin(35) = 4621 \text{ N}$$

$$H\langle v \rangle = -0.7 * 710 * 16.21 * \cos(35) = -6599 \text{ N}$$

Overstek rechts:

$$G\langle h \rangle = -0.7 * 710 * 6.00 * 0.7 * 1.21 = -2526 \text{ N}$$

$$G\langle v \rangle = -0.7 * 710 * 6.00 * 1.0 * 1.21 = -3608 \text{ N}$$

$$H\langle h \rangle = -0.7 * 710 * 6.00 * -0.7 * 1.21 = 2526 \text{ N}$$

$$H\langle v \rangle = -0.7 * 710 * 6.00 * 0.0 * 1.21 = 0 \text{ N}$$

Wand rechts:

$$H\langle h \rangle = 0.7 * 710 * 6.00 * 4.4/2 * 1.21 = 7938 \text{ N}$$

Wrijving dakoppervlak:

$$B\langle h \rangle = 0.04 * 710 * 12.08 = 343 \text{ N}$$

$$C\langle h \rangle = 0.04 * 710 * 19.31 = 548 \text{ N}$$

$$D\langle h \rangle = 0.04 * 710 * 16.38 = 465 \text{ N}$$

$$F\langle h \rangle = 0.04 * 710 * 5.41 = 154 \text{ N}$$

$$G\langle h \rangle = 0.04 * 710 * 16.72 = 475 \text{ N}$$

$$H\langle h \rangle = 0.04 * 710 * 16.21 = 460 \text{ N}$$

Wind van rechts met onderdruk:

Wand links:

$$B\langle h \rangle = -0.1 * 710 * 6.00 * 4.4/2 = - 937 \text{ N}$$

Overstek links:

$$B\langle h \rangle = -0.1 * 710 * 6.00 * 0.7 = - 298 \text{ N}$$

$$B\langle v \rangle = -0.1 * 710 * 6.00 * 0.0 = 0 \text{ N}$$

$$C\langle h \rangle = -0.1 * 710 * 6.00 * -0.7 = 298 \text{ N}$$

$$C\langle v \rangle = -0.1 * 710 * 6.00 * 1.0 = - 426 \text{ N}$$

Dak hellend links:

$$B\langle h \rangle = -0.1 * 710 * 12.08 * \sin(35) = - 492 \text{ N}$$

$$B\langle v \rangle = -0.1 * 710 * 12.08 * \cos(35) = - 703 \text{ N}$$

$$C\langle h \rangle = -0.1 * 710 * 10.81 * \sin(35) = - 440 \text{ N}$$

$$C\langle v \rangle = -0.1 * 710 * 10.81 * \cos(35) = - 629 \text{ N}$$

Dak vlak links:

$$C\langle v \rangle = -0.1 * 710 * 8.50 = - 604 \text{ N}$$

$$D\langle v \rangle = -0.1 * 710 * 16.38 = - 1163 \text{ N}$$

Dak vlak rechts:

$$F\langle v \rangle = 0.7 * 710 * 5.41 = 2689 \text{ N}$$

$$G\langle v \rangle = 0.7 * 710 * 6.30 = 3131 \text{ N}$$

Dak hellend rechts:

$$G\langle h \rangle = 0.7 * 710 * 10.42 * -\sin(35) = - 2970 \text{ N}$$

$$G\langle v \rangle = 0.7 * 710 * 10.42 * \cos(35) = 4242 \text{ N}$$

$$H\langle h \rangle = 0.7 * 710 * 16.21 * -\sin(35) = - 4621 \text{ N}$$

$$H\langle v \rangle = 0.7 * 710 * 16.21 * \cos(35) = 6599 \text{ N}$$

Overstek rechts:

$$G\langle h \rangle = 0.7 * 710 * 6.00 * 0.7 * 1.21 = 2526 \text{ N}$$

$$G\langle v \rangle = 0.7 * 710 * 6.00 * 1.0 * 1.21 = 3698 \text{ N}$$

$$H\langle h \rangle = 0.7 * 710 * 6.00 * -0.7 * 1.21 = - 2526 \text{ N}$$

$$H\langle v \rangle = 0.7 * 710 * 6.00 * 0.0 * 1.21 = 0 \text{ N}$$

Wand rechts:

$$H\langle h \rangle = -0.7 * 710 * 6.00 * 4.4/2 * 1.21 = - 7938 \text{ N}$$

Wrijving dakoppervlak:

$$B\langle h \rangle = -0.04 * 710 * 12.08 = - 343 \text{ N}$$

$$C\langle h \rangle = -0.04 * 710 * 19.31 = - 548 \text{ N}$$

$$D\langle h \rangle = -0.04 * 710 * 16.38 = - 465 \text{ N}$$

$$F\langle h \rangle = -0.04 * 710 * 5.41 = - 154 \text{ N}$$

$$G\langle h \rangle = -0.04 * 710 * 16.72 = - 475 \text{ N}$$

$$H\langle h \rangle = -0.04 * 710 * 16.21 = - 460 \text{ N}$$

**

CONSTRUKTIE

**

Wind van rechts met overdruk:

Wand links:

$$B\langle h \rangle = -0.7 \cdot 710 \cdot 6.00 \cdot 4.4/2 = - 6560 \text{ N}$$

Overstek links:

$$B\langle h \rangle = -0.7 \cdot 710 \cdot 6.00 \cdot 0.7 = - 2087 \text{ N}$$

$$B\langle v \rangle = -0.7 \cdot 710 \cdot 6.00 \cdot 0.0 = 0 \text{ N}$$

$$C\langle h \rangle = -0.7 \cdot 710 \cdot 6.00 \cdot -0.7 = 2087 \text{ N}$$

$$C\langle v \rangle = -0.7 \cdot 710 \cdot 6.00 \cdot 1.0 = - 2982 \text{ N}$$

Dak hellend links:

$$B\langle h \rangle = -0.7 \cdot 710 \cdot 12.08 \cdot \sin(35) = - 3444 \text{ N}$$

$$B\langle v \rangle = -0.7 \cdot 710 \cdot 12.08 \cdot \cos(35) = - 4918 \text{ N}$$

$$C\langle h \rangle = -0.7 \cdot 710 \cdot 10.81 \cdot \sin(35) = - 3082 \text{ N}$$

$$C\langle v \rangle = -0.7 \cdot 710 \cdot 10.81 \cdot \cos(35) = - 4401 \text{ N}$$

Dak vlak links:

$$D\langle v \rangle = -0.7 \cdot 710 \cdot 8.50 = - 4225 \text{ N}$$

$$D\langle v \rangle = -0.7 \cdot 710 \cdot 16.38 = - 8141 \text{ N}$$

Dak vlak rechts:

$$F\langle v \rangle = 0.1 \cdot 710 \cdot 5.41 = 384 \text{ N}$$

$$G\langle v \rangle = 0.1 \cdot 710 \cdot 6.30 = 447 \text{ N}$$

Dak hellend rechts:

$$G\langle h \rangle = 0.1 \cdot 710 \cdot 10.42 \cdot -\sin(35) = - 424 \text{ N}$$

$$G\langle v \rangle = 0.1 \cdot 710 \cdot 10.42 \cdot \cos(35) = 606 \text{ N}$$

$$H\langle h \rangle = 0.1 \cdot 710 \cdot 16.21 \cdot -\sin(35) = - 660 \text{ N}$$

$$H\langle v \rangle = 0.1 \cdot 710 \cdot 16.21 \cdot \cos(35) = 943 \text{ N}$$

Overstek rechts:

$$G\langle h \rangle = 0.1 \cdot 710 \cdot 6.00 \cdot 0.7 \cdot 1.21 = 361 \text{ N}$$

$$G\langle v \rangle = 0.1 \cdot 710 \cdot 6.00 \cdot 1.0 \cdot 1.21 = 515 \text{ N}$$

$$H\langle h \rangle = 0.1 \cdot 710 \cdot 6.00 \cdot -0.7 \cdot 1.21 = - 361 \text{ N}$$

$$H\langle v \rangle = 0.1 \cdot 710 \cdot 6.00 \cdot 0.0 \cdot 1.21 = 0 \text{ N}$$

Wand rechts:

$$H\langle h \rangle = -0.5 \cdot 710 \cdot 6.00 \cdot 4.4/2 \cdot 1.21 = - 5670 \text{ N}$$

Wrijving dakoppervlak:

$$B\langle h \rangle = -0.04 \cdot 710 \cdot 12.08 = - 343 \text{ N}$$

$$C\langle h \rangle = -0.04 \cdot 710 \cdot 19.31 = - 548 \text{ N}$$

$$D\langle h \rangle = -0.04 \cdot 710 \cdot 16.38 = - 465 \text{ N}$$

$$F\langle h \rangle = -0.04 \cdot 710 \cdot 5.41 = - 154 \text{ N}$$

$$G\langle h \rangle = -0.04 \cdot 710 \cdot 16.72 = - 475 \text{ N}$$

$$H\langle h \rangle = -0.04 \cdot 710 \cdot 16.21 = - 460 \text{ N}$$

d) Overige belastingen:

Naast de permanente belasting, de veranderlijke belasting en de windbelasting werken op de schuine drie-scharnierspanten nog een tweetal andere belastingen te weten:

- belasting t.g.v. windzuiging in langsrichting op het dakvlak;
- belasting t.g.v. het afsteunen van de halve spanten.

Bepaling belasting t.g.v. windzuiging:

Totale windzuiging: $\text{dakoppervlak} \cdot 0.04 \cdot 710 = 1250 \cdot 0.04 \cdot 710 = 35500 \text{ N}$

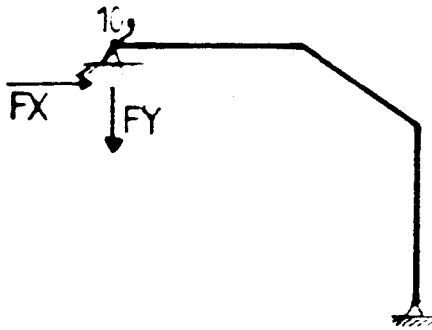
Van deze windzuiging wordt de ene helft overgedragen op de schuine spanten aan het ene 'eind' van de zwerfzaal, de andere helft wordt aan het andere 'eind' overgedragen. Er blijft dus aan elk 'eind' een kracht van 17750 N over die door de spanten moeten worden opgenomen. Deze kracht kan worden ontbonden in de schuine spant-richtingen. Er wordt dan een horizontale kracht in het schuine spant gevonden - die aangrijpt in het topscharnier (knoop E) - ter grootte van 25276 N. De richting van deze kracht wordt vastgesteld bij de bepaling van de krachtsafdracht van de halve drie-scharnierspanten op het schuine drie-scharnierspant. Hierbij wordt namelijk uitgegaan van een windrichting op de halve drie-scharnierspanten waarmee ook de richting van de wrijvingskracht vast ligt.

Voor het overbrengen van de windwrijvingskracht op het topscharnier wordt in de 'nok' van het dak een stalen kokerprofiel aangebracht. dit kokerprofiel loopt van het ene naar het andere eind van de zaal en wordt met de topscharnieren van alle spanten verbonden.

Bepaling van de belasting t.g.v. het afsteunen van de halve spanten op de schuine drie-scharnierspanten.

Zoals eerder aangegeven zijn de halve drie-scharnierspanten vergelijkbaar met de rechter spantpoot van het hier beschouwde schuine drie-scharnierspant. Eerst wordt nu met de tot nu toe bepaalde spantbelastingen berekent hoe groot de actiekrachten van de halve drie-scharnierspanten op het schuine drie-scharnierspant zijn. Hierna kan dan het schuine drie-scharnierspant worden berekend.

Reactiekrachten knoop 10 van het halve spant:



Belasting	FX (horizontaal)	FY (vertikaal)
Permanent	4637 N	-7806 N
Veranderlijk, vol	2776 N	-3900 N
Wind, links, onderdr	-2352 N	392 N
Wind, links, overdr	-17043 N	2102 N
Wind, rechts, onderdr	17065 N	-2120 N
Wind, rechts, overdruk	7105 N	304 N

Deze krachten worden nu per belasting uitgewerkt naar belastingen op het schuine spant. De kracht ten gevolge van de windwrijving op het dakvlak wordt nu ook verwerkt. Per belasting - op het schuine drie-scharnierspant - worden dan de volgende extra belastingen gevonden:

(E is het topscharnier)

Belasting	E<v>	E<h>
Permanent	7806 N	-12365 N
Veranderlijk, vol	3900 N	-7403 N
Veranderlijk, half	0 N	0 N
Wind, links, onderdruk	-196 N	28853 N
Wind, links, overdruk	-1056 N	51196 N
Wind, rechts, onderdruk	1060 N	-51229 N
Wind, rechts, overdruk	-152 N	-36082 N

De belastingen die op het schuine drie-scharnierspant aanwezig kunnen zijn zijn nu bepaald. Hier wordt een opsomming van deze belastingen gegeven.

Belastingen

	Perm.	UB_vol	UB_half	Wl_on	Wl_ov	Wr_on	Wr_ov
B<h>	3034	2093	2093	16183	5819	-2070	-12434
B<v>	11617	6017	6017	4918	703	-703	-4918
C<h>	-3034	-2093	-2093	1543	690	-690	-1543
C<v>	19520	12648	12648	11608	1659	-1659	-11608
D<h>	0	0	0	465	465	-465	-465
D<v>	15203	8190	8190	8141	1163	-1163	-8141
E<h>	-12365	-7403	0	28853	51196	-51229	-36082
E<v>	7806	3900	0	-196	-1056	1060	-152
F<h>	0	0	0	154	154	-154	-154
F<v>	6690	2705	0	-384	-2689	2689	384
G<h>	3671	2533	0	538	919	-919	-538
G<v>	18507	11982	0	-1568	-10981	11071	1568
H<h>	-3671	-2533	0	1481	15545	-15545	-7151
H<v>	14013	8077	0	-943	-6599	6599	943

Voor de bepaling van de - minimale - sterkte-afmetingen van het schuine drie-scharnierspant zijn de volgende belastingsgevallen op de computer doorgerekend:

- a) permanente belasting + veranderlijke belasting volbelast;
- b) permanente bel. + veranderlijke bel. halfbelast;
- c) permanente bel. + wind van links met onderdruk;
- d) permanente bel. + wind van links met overdruk;
- e) permanente bel. + wind van rechts met onderdruk;
- f) permanente bel. + wind van rechts met overdruk.

In de volgende tabel worden de maatgevende knoopbelastingen - die uit de computerresultaten zijn bepaald - weergegeven. Uitgaande van een doorsnede-breedte van 200 mm wordt met behulp van de in # 3.4.1.2 gegeven spannings-eis de minimaal benodigde hoogte van het spant ter plaatse van de knopen bepaald.

knoop	F<x> [N]	F<y> [N]	M<z>*10 ⁶ [Nmm]	(b = 200 mm) h = ... mm
1	80840	67050	0.0	420
2	77938	67050	73.8	460
3	77938	67050	147.8	640
4	77938	67050	221.3	780
5	77938	67050	295.0	880
s. 5	93626	24307	295.0	880
s. 6	93626	24307	259.1	840
s. 7	93626	24307	223.1	780
7	66303	46413	223.1	780
8	66303	46413	148.7	640
9	66303	46413	57.7	400
10	65247	32404	0.0	220

(de aanduiding s. voor het knoopnummer geeft aan dat deze waarden betrekking hebben op de staaf in het schuine gedeelte van de spantpoot.)

De voor de sterkte minimaal benodigde doorsnede-hoogte per knoop is nu bepaald. De volgende stap die wordt gemaakt is dat de verplaatsingen worden gecontroleerd.

Verplaatsingen

Voor de verticale verplaatsing wordt als belasting in rekening gebracht: 2 maal de permanente belasting plus 1.35 maal de veranderlijke belasting. Om aan de eisen te voldoen mag de verticale verplaatsing van knoop 1 t/m 7 en 13 t/m 19 maximaal 68.4 mm bedragen. Voor het vlakke spantgedeelte moet gelden:

$$f_{<10>} - f_{<7>} \leq 144.9 \text{ mm}$$

en

$$f_{<10>} - f_{<13>} \leq 144.9 \text{ mm}$$

Voor de bepaling van de horizontale verplaatsingen wordt in rekening gebracht: 2 maal de permanente belasting plus 1.35 maal de veranderlijke belasting.

De richtlijn voor de maximale horizontale verplaatsing bedraagt 35.2 mm.

Eerst worden nu de verplaatsingen berekend uitgaande van het minimale - sterkte - doorsnede-verloop. In de hier volgende tabel wordt per knoop de maximaal optredende verplaatsing weergegeven (positieve horizontale verplaatsing is verplaatsing naar rechts, positieve verticale verplaatsing is verplaatsing naar beneden).

knoop	h<min>	f<vert>	f<hor>
1	300	0.0	0.0
2	480	0.2	-16.7
3	660	0.3	-28.5
4	780	0.4	-35.0
5	880	0.5	-37.6
6	820	5.9	-35.6
7	760	17.5	-28.6
8	640	34.1	-27.9
9	400	65.2	-26.7
10	140	103.3	-25.3
11	400	74.0	-24.2
12	640	46.3	-23.1
13	760	27.5	-22.4
14	820	11.9	-12.2
15	880	0.4	-4.8
16	780	0.3	7.2
17	660	0.2	7.6
18	480	0.1	5.1
19	300	0.0	0.0

Bij de controle van de verticale verplaatsing blijkt dat deze voldoet aan de eisen. De horizontale verplaatsing is echter voor een aantal knopen groter dan de eis voor deze verplaatsing toelaat. De afmetingen worden daarom aangepast. Hierbij wordt het verloop van de doorsnede-hoogte regelmatig gemaakt. In het schuine gedeelte van het spant wordt een constante doorsnede-hoogte aangenomen. De stijl en de regel krijgen een constant verlopende doorsnede-hoogte. In de hier volgende tabel worden de afmetingen en verplaatsingen van het uiteindelijke schuine drie-scharnierspant weergegeven.

**

KONSTRUKTIE

**

knoop	h<uit>	f<vert>	f<hor>
1	440	0.0	0.0
2	560	0.1	-12.9
3	680	0.2	-22.5
4	800	0.3	-28.2
5	880	0.4	-30.3
6	880	4.8	-28.4
7	780	14.3	-22.3
8	672	28.5	-21.7
9	540	54.5	-20.7
10	420	81.4	-19.7
11	540	59.8	-18.9
12	672	37.8	-18.0
13	780	22.5	-17.4
14	880	9.7	-9.2
15	880	0.3	-3.1
16	800	0.3	5.2
17	680	0.2	5.5
18	560	0.1	3.6
19	440	0.0	0.0

De horizontale verplaatsing voldoet nu ook aan de eisen.

Tot slot moet worden gecontroleerd of de spantpoot niet uitknikt.

Knik controle (zie ook # 3.4.1.4)

De spantpoot is op knik te berekenen met als belasting:

- > normaalkracht, druk : 80840 N
- > moment in vlak van spant: $295.0 \cdot 10^6$ Nmm

- Knik in het vlak van buiging

$$h = 4400 \text{ mm}$$

$$l\langle r \rangle = 5340 + 3831 = 9171 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{stijl: } h\langle \text{top} \rangle &= 920 \text{ mm} \\ h\langle \text{voet} \rangle &= 440 \text{ mm} \\ h\langle 0.65 \rangle &= 752 \text{ mm} \rightarrow I\langle s \rangle = 7.09 \cdot 10^9 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{regel: } h\langle \text{mid} \rangle &= 420 \text{ mm} \\ h\langle \text{eind} \rangle &= 880 \text{ mm} \\ h\langle 0.65 \rangle &= 880 \text{ mm} \rightarrow I\langle r \rangle = 11.36 \cdot 10^9 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$c = \frac{7.09 \cdot 2 \cdot 9171}{11.36 \cdot 4400} = 2.60 \rightarrow l\langle k \rangle = 2.86 \cdot h = 12584 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} s\langle b \rangle &= M/W\langle \text{top} \rangle = 10.46 \text{ N/mm}^2 \\ A &= 200 \cdot 652 = 150400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$l'y = 62.6 \rightarrow s\langle l'y \rangle = 5.17 \text{ N/mm}^2$$

$$F \begin{aligned} & s\langle l'y \rangle && 80840 & 5.17 \\ - + & \frac{\quad}{A} \cdot s\langle b \rangle &= & \frac{\quad}{150400} + \frac{\quad}{12} \cdot 10.46 &= 5.04 \end{aligned}$$

5.04 < 5.17, spant knikt niet in vlak van buiging.

- Knik loodrecht op het vlak van buiging

$$l'z = 76.2 \rightarrow s\langle l'z \rangle = 4.08 \text{ N/mm}^2$$

$$F \begin{aligned} & s\langle l'z \rangle \quad s\langle b \rangle && 80840 & 4.08 & 10.46 \\ - + & \frac{\quad}{A} \cdot \frac{\quad}{2} &= & \frac{\quad}{150400} + \frac{\quad}{12} \cdot \frac{\quad}{2} &= 2.32 \end{aligned}$$

2.32 < 4.08, spant knikt niet loodrecht op het vlak van buiging

Hiermee is het schuine drie-scharnierspant berekend.

3.4.4 Slot-opmerking

De drie-scharnierspanten zijn nu berekend. Ter verduidelijking van de resultaten is aan dit verslag een tekening toegevoegd waarop zowel een spantpoot van het rechte als van het schuine drie-scharnierspant is weergegeven. Tevens is hier op aangegeven welk gedeelte van de doorsnede-hoogte nodig is om aan de sterkte-eis te kunnen voldoen. De extra doorsnede-hoogte is aangebracht opdat de vervormingen niet te groot worden en er geen knik optreedt.

H 4 De bouwfysische aspecten van de zwembad

4.1 Inleiding

In dit laatste hoofdstuk wordt de bouwfysica van het zwembad behandeld. Er wordt hierbij in hoofdzaak naar de zwemzaal gekeken omdat dit de belangrijkste ruimte is in het gebouw. Wat betreft de bouwfysica is deze ruimte ook het meest interessant.

In het kader van dit project worden alleen de hoofdzaken van de bouwfysica bekeken. De onderwerpen die zijn uitgewerkt worden het belangrijkste gevonden. Indien deze aspecten goed worden verzorgd wordt er een basis gelegd voor een goed (behaaglijk) binnenmilieu. Er wordt de nadruk op gelegd dat alleen met de hier uitgewerkte onderwerpen het binnenmilieu zeker nog niet optimaal zal zijn. Voor het verkrijgen van een optimaal binnenmilieu zal het noodzakelijk zijn nog de nodige andere aspecten te bekijken.

4.2 Akoestiek/Geluidisolatie# 4.2.1 Algemene eisen

De geluidssituatie van zwembaden is als volgt op te splitsen:

- geluidssituatie in de zwemzaal;
- geluidssituatie in de nevenruimten;
- geluidhinder tussen ruimten onderling;
- invloed van installatiegeluid;
- geluidhinder van binnen naar buiten of omgekeerd.

In deze paragraaf wordt in hoofdzaak aandacht besteed aan de geluidssituatie in de zwemzaal. Voor zwembaden zijn de volgende algemene eisen te stellen:

1. De badmeester moet zo goed mogelijk verstaanbaar zijn voor zwemleerlingen. Dit stelt onder andere eisen aan de nagalmtijd van de zwemzaal.
2. Een hoog geluidsniveau in de zwemzaal is vooral voor het personeel, dat beroepshalve langdurig aanwezig is, hinderlijk. Daarom moet worden geprobeerd het geproduceerde geluidsniveau van de bezoekers - bijvoorbeeld joelende kinderen - zo laag mogelijk te houden. Tevens moet worden geprobeerd zogenaamde cocktaileffecten te vermijden of zo klein mogelijk te houden.
De eisen voor het geluidsniveau ten gevolge van de klimaatinstallatie bedragen:
 - in de zwemzaal ≤ 45 dB(A);
 - entree en 'cafe'-ruimte ≤ 40 dB(A);
 - kantoor- en personeelsruimte ≤ 35 dB(A);
 - technische ruimte ≤ 80 dB(A).
3. Bij onderhangende plafonds - die om akoestische redenen zijn aangebracht - moet er aan gedacht worden dat dit plafond bestand moet zijn tegen ballen die daar tegenaan worden gegooid en bestand moet zijn tegen een vochtige omgeving met chloor in de omringende lucht.

Een zwemzaal wordt hoofdzakelijk omsloten door akoestisch 'harde' vlakken. Om de nodige spraakverstaanbaarheid te kunnen bereiken (badmeester) moet tenminste het plafond van de zaal met akoestisch absorptiemateriaal worden bekleed. Indien dit niet voldoende is kan ook een deel van de wanden met absorptiemateriaal worden bekleed. De onderste twee meter van de wanden dienen echter schoon te maken te zijn met water wat er toe leidt dat hier geen akoestisch absorberend materiaal aangebracht kan worden.

Uit een oogpunt van spraakverstaanbaarheid is het verder gunstig indien de wanden van de zwemzaal niet helemaal parallel ten opzichte van elkaar staan daar dan de zogenaamde flutterechos vermeden worden. Een 'schuinstand' van 5 graden is hiertoe al voldoende.

Indien akoestisch absorptiemateriaal in het plafond wordt aangebracht dient er rekening mee te worden gehouden dat dit materiaal ook vaak een bepaalde thermische isolatie met zich mee brengt. De plafondruimte kan hierdoor een temperatuur krijgen waarbij condensatie kan optreden - op of in de dakconstructie -. Dit probleem kan men voorkomen door de plafondruimte te ventileren met lucht van gelijke condities als de lucht in de zwemzaal - gelijke temperatuur en relatieve vochtigheid - of met drogere lucht van gelijke temperatuur als de lucht in de zwemzaal.

4.2.2 De akoestiek/geluidssituatie in de zwemzaal van het Eckartbad

De nagalmtijd

De nagalmtijd waarnaar gestreefd moet worden bedraagt $T = 1.5$ s voor grote baden en $T = 1.0$ s voor instructiebaden. Deze nagalmtijd geldt speciaal voor de middelhoge en de hoge frequenties.

In de zwemzaal van het Eckartbad moet ook zwemles kunnen worden gegeven. Daarom wordt als eis voor de nagalmtijd aangehouden: $T_{\text{eis}} = 1.0$ s.

De nagalmtijd T is te berekenen met de hier volgende formule:

$$T = \frac{1}{6} \frac{U}{A_{\text{or}}} \quad [\text{s}]$$

waarin: U = Volume van de ruimte $[\text{m}^3]$
 A_{or} = Oppervlakte 'open raam' $[\text{m}^2]$

$$A_{\text{or}} = S_{\langle 1 \rangle} \cdot a_{\langle 1 \rangle} + \dots + S_{\langle n \rangle} \cdot a_{\langle n \rangle}$$

$S_{\langle i \rangle}$ = oppervlak vlak i $[\text{m}^2]$
 $a_{\langle i \rangle}$ = absorptiecoëfficiënt vlak i

Er wordt in eerste instantie van uitgegaan dat alle geluid-absorptie door het plafond plaats vindt. De grootte van de absorptiecoëfficiënt van het plafond wordt nu bepaald opdat aan de eis van 1.0 s voor de nagalmtijd wordt voldaan.

De formule voor de bepaling van deze absorptiecoëfficiënt wordt nu:

$$a_{\langle \text{plafond} \rangle} = \frac{1}{6} \frac{U}{S_{\langle \text{plafond} \rangle}}$$

Bepaling U:

- vlak onder dak:
 $(59.8 \cdot 17.8 - 6.0 \cdot 6.0 \cdot 2) \cdot 4.4 = 4366.7 \text{ m}^3$
- dak vlak:
 $(42.0 + 3.3 \cdot 3) \cdot 10 \cdot 2.1 - 3.3 \cdot 3.3 \cdot 2 \cdot 2.1 = 1044.2 \text{ m}^3$
- dak schuin:
 $\frac{2 \cdot (42.0 + 3.3 \cdot 2 + 4.7 \cdot 2)}{3} + \frac{(42.0 + 5.3 \cdot 2 + 15)}{3} \cdot 2.1 \cdot 3.0 = 385.6 \text{ m}^3$

 $U = 5796.5 \text{ m}^3$

Bepaling $S_{\langle \text{plafond} \rangle}$:

- dak vlak midden:
 $10.0 \cdot 45.3 + 6.7 \cdot 3.3 \cdot 2 = 497.2 \text{ m}^2$
- dak vlak rand: $2 \cdot 5.7 + 4 \cdot 8.0 + 1.5 \cdot 47.7 = 115.0 \text{ m}^2$
- dak schuin:
 $\frac{(42.0 + 3.3 \cdot 2 + 4.7 \cdot 2) \cdot 2 \cdot 3.7}{2} + \frac{(1.0 \cdot 2 \cdot 3.7 + 1.4 \cdot 2 \cdot 3.7) \cdot 2}{2} = 464.7 \text{ m}^2$

 $S_{\langle \text{plafond} \rangle} = 1076.9 \text{ m}^2$

Worden deze waarden ingevuld in de hiervoor gegeven formule dan wordt gevonden:

$$a_{\langle \text{plafond} \rangle} = 0.90$$

Indien deze absorptiecoëfficiënt niet in het plafond kan worden verwezenlijkt dan kan een deel van de wanden ook absorberend worden uitgevoerd. In de hier volgende berekening wordt aangenomen dat van de wanden de onderste 3 meter akoestisch hard is ($a = 1$). Er blijft dan een strook van 1.4 m hoog over waar absorberend materiaal kan worden aangebracht. Dit komt overeen met een wandoppervlak van 198.2 m².

De nagalmtijd is nu te bepalen met behulp van de volgende formule:

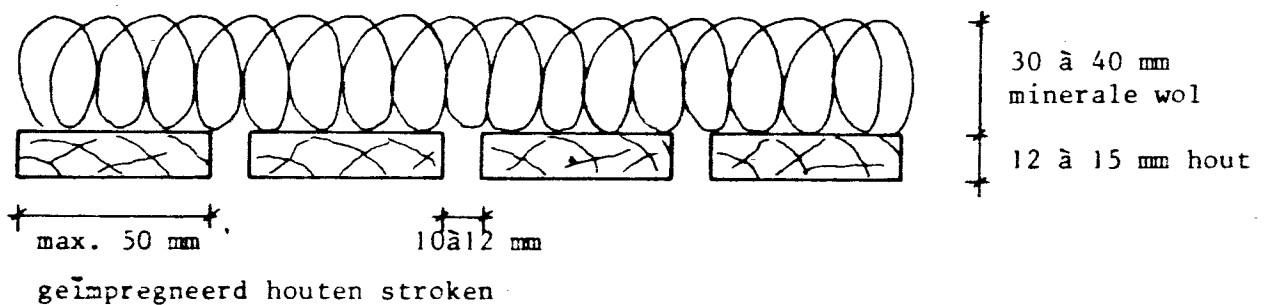
$$T = \frac{1}{6} \frac{5796.5}{a\langle\text{plafond}\rangle * 1076.9 + a\langle\text{wand}\rangle * 198.2}$$

Om een idee te krijgen van het effect van het aanbrengen van absorptiemateriaal op de wanden wordt de waarde van de absorptiecoëfficiënt bepaald bij de aanname dat $a\langle\text{plafond}\rangle = a\langle\text{wand}\rangle$.

Er wordt dan gevonden:

$$\underline{a\langle\text{plafond}\rangle = a\langle\text{wand}\rangle = 0.76}$$

Het plafond dat wordt toegepast, in de zwemzaal, is een open schrotenplafond. De spleetbreedte moet 15 a 20% van het plafondoppervlak bedragen.



Echos

Ter voorkoming van flutterechos is de lange buitenwand van de zwemzaal licht geknikt uitgevoerd.

Installatie-geluid

Om contactgeluid-hinder ten gevolge van de klimaatinstallatie te voorkomen worden de spouwmuren van de technische ruimte ankerloos uitgevoerd. Tevens zal de technische ruimte een eigen fundering krijgen die niet is verbonden met de rest van het gebouw. De technische ruimte wordt op deze manier zo los mogelijk van de rest van het gebouw geplaatst. Contactgeluid van de klimaatinstallatie afgedragen op de konstruktie van de technische ruimte kan nu niet - of slechts via een vrij lange omweg - op de rest van het gebouw worden overgedragen.

4.3 Verlichting

4.3.1 Inleiding

Een zwembad dient te worden voorzien van een goede verlichting. Deze moet een doelmatige en aangename visuele waarneming in de ruimte mogelijk maken. Zowel daglicht als kunstlicht kan hiertoe worden toegepast.

In onderstaand deel wordt alleen de verlichting van de zwemzaal behandeld.

In een zwemzaal worden verschillende groepen belanghebbenden aangetroffen, te weten enerzijds de zwemmers in het bassin en anderszijds de zweminstructeurs en toeschouwers langs het bassin. Elke categorie heeft zijn eigen eisen met betrekking tot goede en aangename zichtcondities. Die condities worden mede bepaald door het gebruiksdoel van de zwemzaal - sportzwemmen, recreatief zwemmen, instructie, enz. - en de afmetingen daarvan.

4.3.2 Principieele eisen

1. De badmeester zal de zwemmers in het water moeten kunnen zien, dit betekent dat hij niet verblind mag worden door te hoge luminanties - directe zon of weerspiegeld in het water; hoge luminanties door heldere hemel; enz. - en dat onderwaterverlichting moet worden overwogen.
2. Een goede zonwering moet worden overwogen vanwege de hiervoor genoemde verblinding.
3. Door daglicht en kunstlicht mogen geen reflecties ontstaan die hinderlijk zijn voor het toezichthoudend personeel en de toeschouwers, of die de veiligheid in en om het bassin nadelig kunnen beïnvloeden.

4.3.3 Daglicht

Door de grote variatie in de verlichtingssterkte buiten zal - ook bij aanwezigheid van grote raamvlakken - niet kunnen worden voldaan aan de wens in de zwemzaal een redelijk constant en gelijkmatig verlichtingsbeeld van voldoende sterkte te verkrijgen. Dit maakt dat de ruimteverlichting in feite volledig moet worden gebaseerd op het gebruik van kunstlicht.

Ramen hebben naast de functie van lichttoelating ook de functie het visueel contact met de omgeving tot stand te brengen. De nadelen van ramen zijn:

- warmte-instraling in de zomer;
- koudestraling in de winter;
- mogelijke condensatie op het raamoppervlak;
- hoge helderheid van grote glasvlakken kan, door een te groot contrast, de visuele waarneming hinderen;
- mogelijke verblinding.

Voor de uitzichtfunctie dienen de ramen op laag niveau aangebracht te worden waarbij de bovenregel van het raam bij voorkeur niet hoger moet komen dan voor goed uitzicht noodzakelijk is.

Hinder als gevolg van directe zoninstraling en daglicht kan op verschillende manieren worden beperkt. De orientatie van het gebouw is een eerste mogelijkheid om hinder te beperken. Ramen gelegen op de noordzijde hebben een minimale zoninstraling. Daarnaast zijn ook de afmetingen en de posities van de ramen van belang. Lage - kleine - ramen hebben een klein beschreven oppervlak.

De derde mogelijkheid om hinder te voorkomen is het toepassen van zonwering. Zonwering kan op allerlei manieren geschieden. Enkele mogelijkheden zijn: zonwerend glas; binnenzonwering en buitenzonwering. Zonwerend glas is voor een zwembad echter niet geschikt omdat dit de warmte-/lichttoetreding altijd reduceert, ook op die tijden waarop dit niet gewenst is. Binnenzonwering is ook niet zo geschikt. Vocht, chloor en moedwillige beschadiging kunnen deze zonwering snel aantasten. Er blijft dan over: het aanbrengen van de zonwerende voorzieningen aan de buitenzijde van de raamvlakken. Mogelijkheden hiertoe zijn bijvoorbeeld vaste lamellen of allerlei soorten beweegbare zonweringen.

4.3.4. Kunstverlichting

Kunstverlichting moet als hoofdverlichting worden beschouwd. In verband met wisselingen van gebruiksfuncties kan het zinvol zijn het verlichtingsniveau regelbaar te maken. Afhankelijk van het gebruiksdoel en de afmetingen van de ruimte zal de gemiddelde verlichtingssterkte 250 tot 500 lux (gebruikswaarde) dienen te bedragen met een zodanige gelijkmatigheid dat de verhouding van de maximale en de minimale waarde niet meer dan 1.5 bedraagt.

De gewenste verlichtingssterkte zal niet overal in de zaal gelijk zijn. Bij start- en keerpunten bijvoorbeeld zal een iets hogere verlichtingssterkte gewenst zijn als op andere plaatsen.

De verlichtingsinstallatie moet zodanig worden ontworpen dat de verlangde verlichtingssterkte ook nog wordt bereikt na veroudering en vervuiling van lampen en armaturen (depreciatie).

Helderheidsverhoudingen

Door het spiegelend karakter van het water zullen lichtbronnen die via het water zichtbaar zijn slechts een luminantie van ten hoogste 2500 cd/m² mogen bezitten om vanaf de bassinkant het waarnemen van zwemmers in het water niet te beperken (mogelijke lichtbron: fluorescentielamp). Voor de rust van het visuele beeld verdient het aanbeveling de armaturen te plaatsen in - een beperkt aantal brede - doorgaande banen. Indien indirecte verlichting toegepast wordt dient de reflectiecoëfficiënt van het plafond daar geschikt voor te zijn.

Onderwaterverlichting

Onderwaterverlichting draagt bij tot een vermindering van de hinderlijke spiegelingenverschijnselen van het wateroppervlak. Het doorzicht in het bad verbetert wat ondermeer voor kunstzwemmen gunstig is. Daarnaast krijgt het bassin - vooral s'avonds - een aantrekkelijk aanzien.

Onderwaterverlichting kan worden uitgevoerd door middel van het aanbrengen van waterdichte armaturen in de bassinwanden dan wel het achter vast glas plaatsen van armaturen die vanuit een bedieningsgang bereikbaar zijn. De verlichting wordt geplaatst in de lange bassinwanden op een hoogte van 0.5 - 1.0 m onder de waterspiegel met een hart op hartafstand van 2.0 - 3.0 m. Een hoog verlichtingsvermogen is noodzakelijk om een goed effect te bereiken. Het maximum ligt ongeveer bij 500 W (bij hogere wattages ontstaat de kans op verblinding).

Tijdens het gebruik van onderwaterverlichting kan de algemene verlichting van de zwemzaal worden gereduceerd.

4.3.5 Overige aspecten

Hier wordt een opsomming gegeven van aspecten die hiervoor niet aan bod kwamen maar die toch van belang zijn voor het verkrijgen van een goede verlichting.

- Gunstige reflectiefactoren:

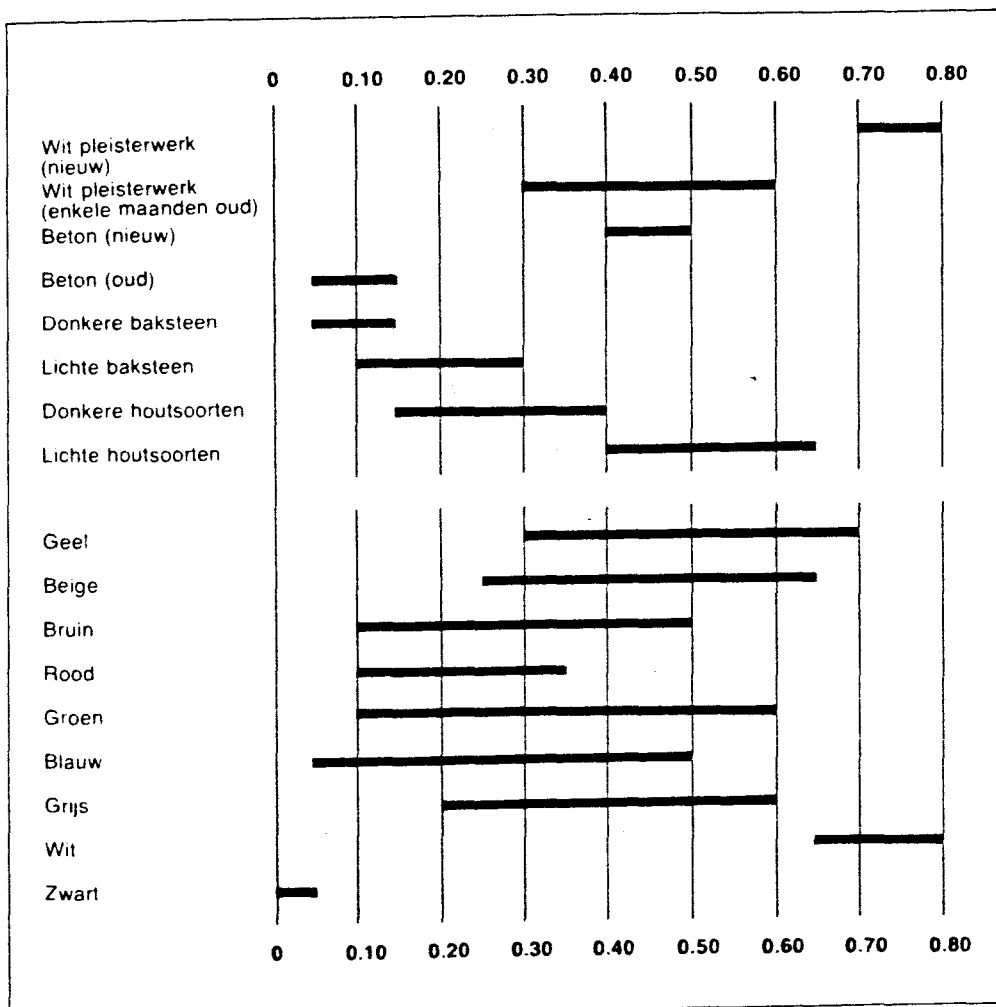
plafond	0.6
bodem, wanden bassin	0.6
perrons	laag
- Ter voorkoming van hinder door spiegeling is het aan te bevelen alle reflecterende vlakken mat uit te voeren.
- Kleurtemperatuur: 3000 - 4000 K
- Kleurweergave-index $R_{a} \geq 85$

4.3.6 Verlichting van de zwemzaal van het Eckartbad

In de zwembassins van het Eckartbad wordt onderwaterverlichting toegepast. Bij het berekenen van de hoofdverlichting wordt de onderwaterverlichting echter buiten beschouwing gelaten.

De verlichtingsberekening is uitgevoerd aan de hand van een formulier uit het tabellenboek voor verlichting [lit. 16]. De op het formulier gegeven rekenmethode is gebaseerd op de lichtstroommethode. Hier worden nu eerst enkele - voor de berekening en verduidelijking van de berekening van belang zijnde - stukken tekst en figuren uit het tabellenboek weergegeven.

Reflectiefactoren



Berekenen [lit. 16]

lichtstroommethode

In de voorgaande hoofdstukken zijn de criteria besproken die bij de opzet van een verlichtingsinstallatie aan de orde komen. Deze moeten hun praktische vertaling krijgen in een berekening die uitkomst geeft op de vraag hoeveel lampen en armaturen geïnstalleerd moeten worden om de vereiste gemiddelde verlichtingssterkte in het werkvlak te bereiken. In de meeste gevallen wordt hiervoor de z.g. lichtstroommethode toegepast. We zullen de te volgen werkwijze in het kort bespreken, waarbij we gebruik maken van het berekeningsformulier dat Philips als model op A4-formaat beschikbaar heeft. Het staat hiernaast verkleind afgedrukt.

1. *Visuele criteria*

a. Bepaal met behulp van de tabel „Aanbevolen verlichtingssterkten” (pag. 10, e.v.) het te realiseren verlichtingsniveau (E).

b. Bepaal welke eisen gesteld moeten worden t.a.v. lichtkleur (K) en kleurweergave-eigenschappen (R_a) en kies vervolgens de lampsoort met de gunstigste specifieke lichtstroom (lm/W) die aan die eisen voldoet.

2. *Afmetingen van de ruimte*

Verzamel de gegevens met betrekking tot de afmetingen van de te verlichten ruimte, die in latere stadia van de berekening (luminantiecontrole, vormindex, controle gelijkmatigheid, lichtstroomformule) nodig zijn; in het bijzonder de verschillende hoogten.

3. *Armatuurkeuze*

a. Kies een armatuur voor de al vastgelegde lampsoort, dat qua uiterlijke kenmerken en uit economische overwegingen het beste past in de gegeven toepassingssituatie.

b. Stel de geïnstalleerde lichtstroom per armatuur (Φ_a) vast door de lichtstroom per lamp te vermenigvuldigen met het aantal

lampen per armatuur; noteer het armatuurrendement (V).

c. Zoek bij de tabellen met verlichtingsrendementen het blad op met het corresponderende typenummer van het armatuur en controleer m.b.v. de tabel „controle verblindingshinder” of het armatuur toepasbaar is. Zo niet, kies dan een ander armatuur.

4. *Verlichtingsrendement*

a. Bereken de vormindex (k) van de ruimte en stel de reflectiefactoren (r) van plafond, wanden en vloer vast.

b. Noteer het verlichtingsrendement (γ_{tab}) uit de tabel „verlichtingsrendementen, nieuwe toestand” voor de gegeven combinatie.

c. Controleer of het armatuurrendement (V_{tab}) waar de tabel voor is opgezet gelijk is aan dat van het gekozen armatuur. Zo niet, vermenigvuldig dan het afgelezen verlichtingsrendement (γ_{tab}) met de verhouding tussen de beide armatuurrendementen en noteer de uitkomst (γ).

5. *Correctiefactoren*

a. Bepaal de te verwachten vervuilingsgraad en de te kiezen onderhoudsperiode. Noteer de bijbehorende depreciatiefactor (d) uit de tabel.

b. Noteer bij armaturen met luchtafvoer de van toepassing zijnde ventilatiefactor (f).

6. *Aantal armaturen*

Bereken het benodigde aantal armaturen door invulling van de genoteerde gegevens in de lichtstroomformule:

$$N_{arm} = \frac{E_{gem} \times l \times b}{\Phi_{arm} \times \gamma \times d \times f_v}$$

7. *Controle gelijkmatigheid*

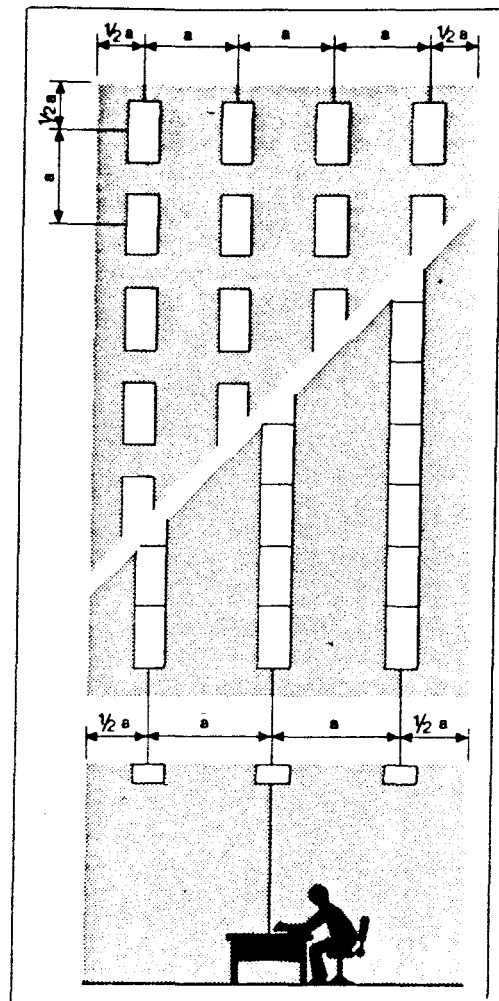
Controleer of met het berekende aantal armaturen de verhouding a/h voldoet aan de eisen voor gelijkmatigheid. ▶

Controle verblinding ----- [lit. 16] ----- Gelijkmatigheid

CONTROLE VERBLINDINGSWYDER									
klasse I en II			klasse III en IV						
E	kleur 33/B4		kleur 34		E	kleur 33/B4		kleur 34	
lux	per	dwaars	per	dwaars	lux	per	dwaars	per	dwaars
500					250				
750					375				
1000	3 h _v	3 h _v			500				
1500	2 h _v	2 h _v			750				
2000	1.5 h _v	1.5 h _v			1000				

- vakje *leeg*: is hier *onbeperkt* toepasbaar;
- vakje *grijs*: in de situatie *niet* toepasbaar;
- vakje *ingevuld*: is hier *beperkt* toepasbaar, waarbij is aangegeven tot welke grens.

De toelaatbaarheid van de maat a wordt afgemeten aan de maat h , die de hoogte tussen de lichtbronnen en het werkvlak aangeeft. In de tabellen is voor beide methoden vermeld hoe groot de verhouding a/h maximaal mag zijn, waarbij opvalt dat de toelaatbare afstand bij lijnen groter is dan bij een open patroon. Voor de opgegeven waarden geldt, dat ze berekend zijn voor een gelijkmatigheid van $E_{min}/E_{max} = 0.70$, binnen het armaturenpatroon.



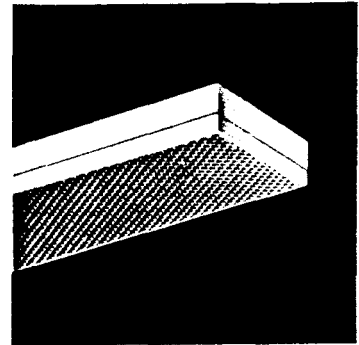
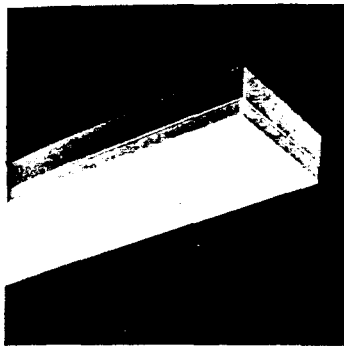
**

**

Bij de berekening van de voor de zwemzaal benodigde verlichting wordt uitgegaan van de volgende gegevens:

- * Verlichtingsniveau: $E_{\langle gem \rangle} = 500 \text{ lux}$
- * Lampsoort : "TL"D, 58 W
 kleurnummer 83
 kleurweergave-index $R_{\langle a \rangle} = 85$
 kleurtemperatuur 3000 K (warmwit)
 specifieke lichtstroom 90 lm/W
 lichtstroom: 5400 lumen (bij 100
 branduren)
- * Armatuurtype : TCH369P, opbouwarmatuur voor zwembaden
 [lit. 15]

OPBOUWARMATUREN voor zwembaden



TCH 369

classificatie: IP 23

wit gelakt metaal
 speciale lakbehandeling

lichtkappen van kunststof:
 O = opalen lichtkap
 P = prismarefractor kap

220 V - 50 Hz voor	bestelnummer compl.armatuur ¹⁾
2 „TL“65 W	gec. TCH 369 265 DP
2 „TL“65 W	gec. TCH 369 265 DO

2 „TL“65 W gec. TCH 369 265 DP

2 „TL“65 W gec. TCH 369 265 DO

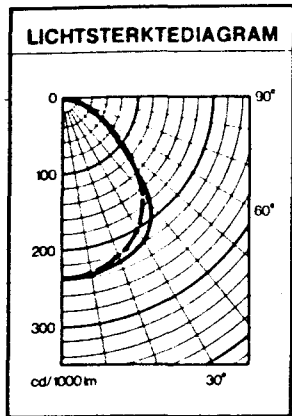
¹⁾ excl. lampen
 ook geschikt voor „TL“D lampen
 op aanvraag leverbaar

bestelnummer onderdelen:
 replacekap TBCS 329 265 P
 TBCS 329 265 O

Gegevens armatuurtype TCH369P met 2* "TL"D 58W [lit. 16]

TCH 369-P

2 „TL“ 65 W
prisma kap



CONTROLE VERBLINDINGSHINDER									
klasse I en II					klasse III en IV				
E	kleur 33/84		kleur 34		E	kleur 33/84		kleur 34	
	par.	dwars	par.	dwars		par.	dwars	par.	dwars
500					250				
750					375				
1000	2.5 h ₀				500				
1500	1.5 h ₀	2 h ₀			750				
2000			2 h ₀		1000				

VERLICHTINGSENDEMENTEN nieuwe toestand													
r plafond		.8	.7	.7	.7	.7	.5	.5	.5	.5	.3	.3	0
r wanden		.5	.5	.5	.3	.3	.5	.5	.3	.3	.3	.1	0
r werkvlak		.3	.3	.1	.3	.1	.3	.1	.3	.1	.1	.1	0
V	0.5	.25	.25	.24	.20	.20	.24	.23	.20	.20	.19	.17	.16
	0.6	.29	.29	.28	.24	.24	.28	.27	.24	.24	.23	.21	.20
%	0.8	.37	.36	.34	.32	.31	.35	.34	.31	.30	.30	.28	.27
	1.0	.43	.42	.39	.37	.36	.41	.38	.37	.35	.35	.33	.32
⊙	1.2	.46	.45	.42	.41	.39	.44	.41	.40	.38	.38	.36	.35
↑	k = 1.5	.51	.49	.45	.45	.42	.47	.44	.44	.42	.41	.39	.38
56	2.0	.55	.54	.49	.50	.46	.51	.48	.48	.45	.45	.43	.42
	2.5	.58	.57	.51	.53	.49	.54	.50	.51	.48	.47	.46	.44
	3.0	.61	.59	.52	.56	.50	.56	.51	.53	.50	.49	.47	.46
⊙	4.0	.63	.62	.54	.59	.53	.58	.53	.56	.52	.51	.50	.48
↓	5.0	.65	.63	.55	.61	.54	.60	.54	.58	.53	.52	.51	.50

ARMATUURENDEMENTEN vergelijkbare uitvoeringen	2 „TL“D 58 W: V = 59%
---------------------------------------------------------	-----------------------

DEPRECIATIEFACTOREN			
vervuiling	gering	matig	sterk
1 jaar	.90	.80	x
2 jaar	.80	.75	x
3 jaar	.75	.70	x

GELUKMATIGHEID	
in open patroon	gesloten lichtlijnen
a < 1.5 h	a < 1.7 h

Uitgaande van de hiervoor vermelde gegevens wordt nu het formulier uit het tabellenboek ingevuld. Er wordt bepaald hoeveel armaturen minimaal nodig zijn. Daarna wordt bekeken hoe de armaturen in de zaal kunnen worden geplaatst en wordt de gemiddelde verlichtingssterkte bepaald bij het aantal geplaatste armaturen.

Formulier uit het tabellenboek

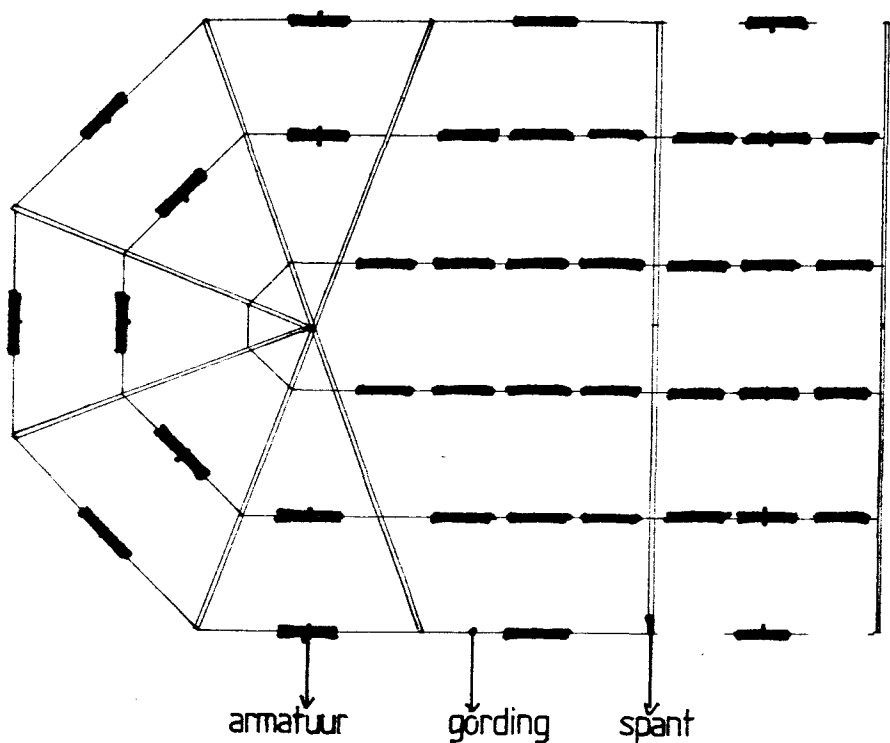
LICHTTECHNISCHE BEREKENING

VISUELE CRITERIA	VERLICHTINGSNIVEAU	te realiseren gemiddelde verlichtingssterkte over de gekozen onderhoudsperiode	$E_{p,m} = 500$ lux
	<input type="checkbox"/> klasse I: fijn werk 1000 of meer lux <input type="checkbox"/> klasse II: normaal werk 500-1000 lux <input checked="" type="checkbox"/> klasse III: grof werk 250-500 lux <input type="checkbox"/> klasse IV: diversen 125-250 lux		
	KLEURTEMPERATUUR	geschikte lampsoort	"TL" D 83 met 3000 K Ra 85
	<input checked="" type="checkbox"/> ≤ 3000 K warmtint <input type="checkbox"/> ~ 4000 K friswit <input type="checkbox"/> ≥ 5000 K daglicht	KLEURWEERGAVE <input type="checkbox"/> Ra 100-90 zeer goed <input checked="" type="checkbox"/> Ra 90-80 goed <input type="checkbox"/> Ra 80-60 matig <input type="checkbox"/> Ra < 60	
AFMETINGEN VAN DE RUIMTE			
	p. lichtpunthoogte 6.20 m	lengte	l = 54 m
	q. werkvlaakhoogte 0.00 m (p)-(q)	breedte	b = 18 m
	r. ooghoogte zittend/staand 0.0-1.6 m (p)-(r)	nuttige hoogte	h = 6.2 m
		hoogte t.b.v. luminantie-controle	h _n = 4.6-6.2 m
ARMATUURKEUZE	TYPE ARMATUUR TCH 369 P met 2 lampen, type "TL" D 83 58W	lichtstroom per lamp x aantal lampen	$\Phi_p = 5400$ lm 2 x
		lichtstroom per armatuur	$\Phi_a = 10800$ lm
	ARMATUURRENDEMENT $v = 59$ %		
	LUMINANTIE-CONTROLE voor klasse III bij 500 lux is de combinatie	parallel $\frac{\text{onbeperkt}}{\text{tot } h_n}$ toepasbaar	l = $\frac{\text{---}}{\text{---}}$ h _n
		dwars $\frac{\text{onbeperkt}}{\text{tot } h_n}$ toepasbaar	b = $\frac{\text{---}}{\text{---}}$ h _n
		conclusie	toepasbaar
VERLICHTINGSRENDEMENT	RUIMTE-INDEX $k = \frac{l \cdot b}{h(l+b)} = \frac{54 \cdot 18}{6.2(54+18)} = 2.18$	verlichtingsrendement volgens gebruikte tabel	$\eta_{tab} = 0.52$
	REFLECTIEFACTOREN plafond $r_p = 0.5$ wanden $r_w = 0.3$ werkvlaak $r_m = 0.3$		
	ARMATUURRENDEMENT TABEL $V_{tab} = 56$ %	verlichtingsrendement voor toegepast armatuur	
	omrekeningsfactor voor toegepast armatuur $\frac{v}{V_{tab}} = \frac{59}{56}$	$\eta = 1.054 \times \eta_{tab}$	$\eta = 0.55$
CORRECTIEFACTOREN	TE VERWACHTEN VERVUILING <input checked="" type="checkbox"/> gering <input type="checkbox"/> matig <input type="checkbox"/> sterk	depreciatiefactor	d = 0.80
	GEKOZEN ONDERHOUDSPERIODE <input type="checkbox"/> 1 jaar <input checked="" type="checkbox"/> 2 jaar <input type="checkbox"/> 3 jaar		
	TOEPASSING LUCHTAFVOER <input checked="" type="checkbox"/> nee <input type="checkbox"/> ja	ventilatiefactor	f _v = $\frac{\text{---}}{\text{---}}$
AANTAL ARMATUREN	$\frac{E \cdot l \cdot b}{\Phi_a \cdot \eta \cdot d \cdot f_v}$	$\frac{500 \cdot 54 \cdot 18}{10800 \cdot 0.55 \cdot 0.8 \cdot \text{---}}$	= 102.3 stuks
NIVEAU MET 108 ARMATUREN	$E_{p,m} = \frac{\text{aantal armaturen} \cdot \Phi_a \cdot \eta \cdot d \cdot f_v}{l \cdot b}$	$\frac{108 \cdot 10800 \cdot 0.55 \cdot 0.8 \cdot \text{---}}{54 \cdot 18}$	= 528 lux
CONTROLE GELIJKMATIGHEID	TOELAATBAAR open patroon $a \leq 1.5$ h gesloten lijn $a \leq \text{---}$ h	bij gekozen armaturen-opstelling $a = 3.335$ m } $a = 0.54$ h $a = \text{---}$ m } $a = \text{---}$ h	conclusie toelaatbaar

Er is bepaald dat er minimaal 103 (102.3) armaturen geplaatst dienen te worden om de gemiddelde verlichtingssterkte van 500 lux - over de gehele gebruikperiode - te kunnen realiseren. Bij het vastleggen van de armatuurplaatsing wordt voor een plaatsingspatroon gekozen waarvoor 108 armaturen nodig zijn. Dit komt overeen met een gemiddelde verlichtingssterkte van 528 lux. Het totaal geïnstalleerd vermogen bedraagt: $108 \cdot 2 \cdot 58 = 12528 \text{ W}$

Armatuurplaatsing

De armaturen worden bevestigd aan de onderzijde van de gordingen. De verdeling van de armaturen over de ruimte wordt in onderstaande figuur aangegeven.



4.4 Warmte, vocht en ventilatie

4.4.1 Inleiding

Warmte, vocht en ventilatie zijn belangrijke aspecten van het 'thema' behaaglijkheid. Voor de beoordeling van de behaaglijke aspecten moet in een overdekt zwembad rekening worden gehouden met een aantal verschillende gebruikersgroepen die elk hun eigen behaaglijkheidseisen hebben. De belangrijkste groepen gebruikers zijn:

- de natte zwemmers;
- de droge zwemmers;
- het toezichthoudend personeel;
- de toeschouwers.

De beoordeling of een binnenklimaat al dan niet als behaaglijk wordt ervaren wordt door diverse factoren bepaald zoals:

- a) de geluidssituatie;
- b) het verlichtingsnivo;
- c) de luchttemperatuur T_{l} ;
- d) de gewogen gemiddelde stralingstemperatuur T_{mrt} van de omringende wanden;
- e) het vochtgehalte van de lucht;
- f) het activiteitsnivo van de betreffende personen;
- g) kledingsnivo van de betreffende personen.

Over de factoren a) en b) is in de voorgaande paragrafen al het een en ander geschreven. De overige punten zullen hier globaal worden uitgewerkt.

ad.c) De luchttemperatuur die wordt toegepast zal moeten kunnen variëren tussen de 24°C en 30°C. (24°C bij sportzwemmen, 30°C bij minder validen cq. revalidatiezwemmen)

De watertemperatuur wordt aangenomen op $T_w = T_l - 2^\circ\text{C}$. Dit gebeurt op intuïtieve gronden (geen rekenregel).

ad.c, d)

Bij het bekijken van de verschillende behaaglijkheidsgebieden van de gebruikersgroepen blijkt dat het zonder speciale voorzieningen niet mogelijk is te voldoen aan al de - verschillende - behaaglijkheidseisen.

Het aanbrengen van stralingspanelen in het plafond van de zwemzaal - niet boven de cafe/toeschouwersruimte - maakt het mogelijk voor wat betreft de natte en de droge zwemmers en de toeschouwers te voldoen aan de behaaglijkheidseisen. Voor het toezicht houdend personeel in de zwemzaal is door een juiste regeling van de stralingspanelen bij luchttemperaturen van 24°C tot + 27.5°C ook nog wel te voldoen aan de behaaglijkheidseisen. Boyen de 27.5°C is echter niet goed te voldoen aan de behaaglijkheidseisen van het toezicht houdend personeel (in combinatie met de eisen van de zwemmers). Hier zal dan een aanvullende/andere oplossing nodig zijn of er moet genoeg worden genomen met het feit dat in een bepaalde situatie - luchttemperatuur van 27.5°C tot 30°C - het toezichthoudend personeel zich minder behaaglijk voelt. Om hinder door koudestraling te voorkomen zal het noodzakelijk zijn bij elke beglazing een - gelijkmatig over het glasoppervlak verdeelde - verwarming toe te passen. Daarnaast zal ook een goede zonwering moeten worden overwogen om er voor te zorgen dat op zonnige dagen de binnentemperatuur niet te hoog oploopt.

ad.e) De relatieve luchtvochtigheid moet enerzijds zo hoog mogelijk zijn opdat degenen die uit het water komen niet teveel zullen afkoelen door verdamping van vocht op de huid. Anderszijds mag de relatieve vochtigheid weer niet zo hoog zijn dat condensatie op het glas of in konstruktiedelen op kan treden. In de literatuur worden de volgende gegevens over het vochtgehalte van de lucht gevonden:

- RV = + 55 - 60 % [lit. 2];
- RV <= 70 % [lit. 9];
- maximum 14.3 g waterdamp per kg droge lucht.

Dit levert dan, beschouwd op het gebied van gewenste binnenluchttemperaturen, de volgende waarden voor de RV op.

T<1> [°C]	ldr. lucht [kg/m ³]	100% waterd. [g/kg]	14.3 g/kg	<= 70 %	RV
			RV = X %		toepasb.
24	1.16	19.12	75	70	70
25	1.15	20.34	70		70
26	1.15	21.63	67		67
27	1.14	22.99	62		62
28	1.14	24.42	59		59
29	1.14	25.94	55		55
30	1.13	27.52	52		52

4.4.2 Condensatie op of in bouwkonstruktiedelen* Condensatie op het raamoppervlak

Raam + kozijn : $k = 1.75 \text{ W/m}^2\text{K}$; $R_{l1} = 0.571 \text{ m}^2\text{K/W}$
 luchtweerstand: $R_{i1} = 0.129$; $R_{e1} = 0.043 \text{ m}^2\text{K/W}$

De oppervlaktetemperatuur van het glas - aan de binnenzijde - is nu te bepalen met behulp van de formule:

$$T_{gl} = T_{i1} - (R_{i1}/R_{l1}) * (T_{i1} - T_{e1})$$

Voor T_{e1} wordt de extreme minimale buitenluchttemperatuur van -10°C aangehouden omdat dan de kans op condensatie op het glasoppervlak het grootst is.

Worden de verschillende waarden nu in de formule ingevuld dan wordt gevonden:

$$T_{gl} = T_{i1} - (0.129/0.571) * (T_{i1} + 10)$$

Bij de verschillende binnentemperaturen wordt nu de waarde van T_{gl} bepaald. Hierna wordt de maximale vochtinhoud van de lucht bij een luchttemperatuur gelijk aan T_{gl} gegeven. Deze vochtinhoud wordt daarna omgerekend naar een RV bij de desbetreffende binnenluchttemperatuur. Daarnaast wordt in de laatste kolom de eerder bepaalde toelaatbare $RV_{\text{literatuur}}$ -waarden weergegeven.

T_{i1}	T_{gl}	--> 100 % = g/kg	RV bij T_{i1}	$RV_{\text{literatuur}}$
24	16.3	11.74	<u>61</u>	70
25	17.1	12.36	<u>60</u>	70
26	17.9	13.02	<u>60</u>	67
27	18.6	13.62	<u>59</u>	62
28	19.4	14.33	<u>58</u>	59
29	20.2	15.07	<u>58</u>	<u>55</u>
30	21.0	15.85	57	<u>52</u>

De toelaatbare RV-waarden zijn onderstreept. Ter voorkoming van condens op de glasvlakken zal het noodzakelijk zijn om voor de temperaturen van 24°C t/m 28°C lagere RV-waarden aan te houden dan de uit de literatuur bepaalde waarden.

In de volgende berekeningen wordt uitgegaan van de onderstreepte RV-waarden.

* Vloer en kelderwand; controle op oppervlakcondensatie.

$R_{\text{constructie}} = 1.60 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
 Geen buitenluchtweerstand; grondcontact
 $T_{\text{e}} = 0^\circ \text{C}$
 $R_{\text{i}} = 0.129 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

$$\begin{aligned}
 T_{\text{oppervlak}} &= T_{\text{i}} - (0.129/1.729) \cdot (T_{\text{i}} - 0) \\
 &= (1.600/1.729) \cdot T_{\text{i}}
 \end{aligned}$$

Er wordt alleen gecontroleerd bij de grenstemperaturen met de daarbij behorende RV-waarden.

Grenstemperaturen met RV-waarde:

24°C; 61 % RV → 11.66 g waterdamp per kg dr. lucht

30°C; 52 % RV → 14.31 g waterdamp per kg dr. lucht

Controle:

24°C → $T_{\text{oppervlak}} = 22.2^\circ \text{C}$ & 11.66 g/kg → RV = 68 %

30°C → $T_{\text{oppervlak}} = 27.8^\circ \text{C}$ & 14.31 g/kg → RV = 59 %

(RV < 100 % dan geen condensatie)

Er zal geen oppervlakte condensatie plaats vinden.

Bij de volgende bouwkonstruktiedelen wordt naast de controle op oppervlaktecondensatie ook een controle op inwendige condensatie uitgevoerd. Dit wordt alleen gedaan bij de extreme binnentemperatuur van 30°C met de daarbij behorende luchtvochtgehalte van 14.31 g/kg (RV = 52 %).

Bij de controle op inwendige condensatie wordt gebruik gemaakt van de volgende formule:

$$Z = \frac{u \cdot d}{D}$$

Waarin: Z = diffusieweerstand van de laag

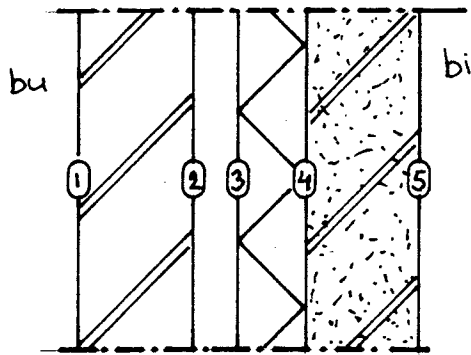
u = diffusie-weerstandsgetal van het materiaal

d = dikte van het materiaal

D = diffusie-coëfficiënt van waterdamp in lucht.

De waarde van D is temperatuur afhankelijk. Er wordt hier gekozen voor de D-waarde die behoort bij de gemiddelde waarde van de extreme temperaturen die in de berekening worden beschouwd. Deze gemiddelde waarde is $-10 + (30 - -10) = 10^\circ \text{C}$. De D-waarde die wordt aangehouden is dan gelijk aan $24.7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

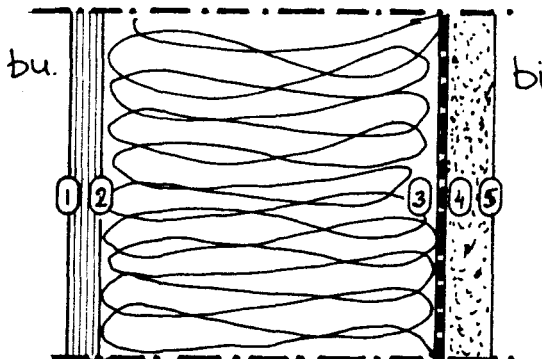
Met behulp van de Z-waarden en de concentratie-waarden aan binnen- en buitenzijde is nu - overeenkomstig de berekening van het interne temperatuurverloop met behulp van de warmteweerstand en de temperaturen aan binnen- en buitenzijde - het interne concentratieverloop te bepalen.

* Metselwerk

Er wordt van uitgegaan dat de spouw geventileerd wordt met buitenlucht zodat de condities in de spouw gelijk zijn aan de buitencondities. Het buitenspouwblad heeft dan alleen een regenkerende functie en zal niet meewerken in de thermische isolatie en de dampremming.

	R	u	Z
Overgang binnen	0.129	-	-
Grindbeton, 0.10 m	0.063	23	$93.1 \cdot 10^3$
Isolatie, 0.06 m	2.140	100	$242.9 \cdot 10^3$
Overgang buiten	0.043	-	-
	+-----		+-----
	2.375		$336.0 \cdot 10^3$

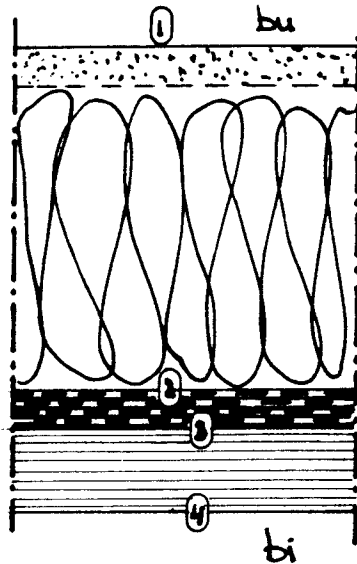
Plaats	T	c(100 %)	c(optredend)	condens(j/n)
3	- 9.3	1.72	1.13	nee
4	26.8	22.72	4.78	nee
5	27.8	24.31	14.31	nee

* Paneelwand

	R	U	Z
Overgang binnen	0.129	-	-
Gipskart.pl 0.0125 m	0.042	6	$3.0 \cdot 10^{-3}$
Dampremm.laag	-	x	$200.9 \cdot 10^{-3}$
Isolatie, 0.09 m	2.250	1	$3.6 \cdot 10^{-3}$
Triplex, 0.008 m	0.053	4	$1.3 \cdot 10^{-3}$
Overgang buiten	0.043	-	-
	+-----		+-----
	2.517		$208.8 \cdot 10^{-3}$

Plaats	T	c(100 %)	c(optredend)	condens(j/n)
1	- 9.3	1.72	1.13	nee
2	- 8.5	1.85	1.21	nee
3	27.3	23.42	1.42	nee
4	27.3	23.42	14.13	nee
5	27.9	24.28	14.31	nee

* Dak vlak droog (zwemzaal)



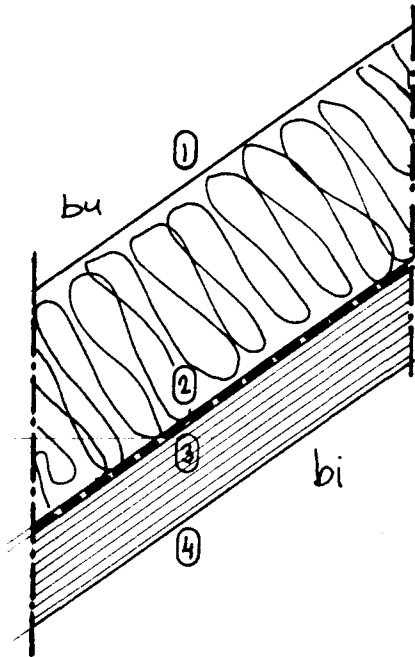
De ruimte tussen plafond en dak wordt geventileerd met lucht van gelijke temperatuur en vochtigheid als de zwemzaallucht. De plafondconstructie is daardoor niet van invloed op het temperatuurverloop over de dakconstructie. De dampremmende werking van het plafond is ook niet van belang omdat aan beide zijden van het plafond de condities gelijk zijn.

	R	u	Z
Overgang binnen	0.129	-	-
Triplex 0.019 m	0.126	4	$3.1 \cdot 10^3$
Dampremm.laag 5 mm	-	$75 \cdot 10^3$	$15182.2 \cdot 10^3$
Isolatie, 0.08 m	2.857	100	$323.9 \cdot 10^3$
Overgang buiten	0.043	-	-
	+-----		+-----
	3.155		$15509.2 \cdot 10^3$

(dampremmende laag: teervilt, $u = 75 \cdot 10^3$)

Plaats	T	c(100 %)	c(optredend)	condens(j/n)
1	- 9.5	1.69	1.13	nee
2	26.8	22.72	1.41	nee
3	26.8	22.72	14.31	nee
4	28.4	25.03	14.31	nee

* Dak schuin (zwemzaal)

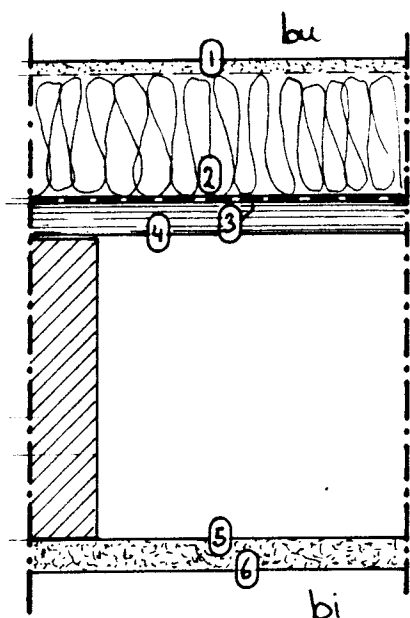


Zoals aangegeven bij dak vlak droog wordt hier ook uitgegaan van ventilatie van de plafondruimte.

	R	U	Z
Overgang binnen	0.129	-	-
Triplex 0.019 m	0.126	4	$3.1 \cdot 10^3$
Dampremm.laag	-	*	$200.0 \cdot 10^3$
Isolatie, 0.05 m	1.786	100	$202.4 \cdot 10^3$
Overgang buiten	0.043	-	-
	+-----		+-----
	2.084		$405.5 \cdot 10^3$

Plaats	T	c(100 %)	c(optredend)	condens(j/n)
1	- 9.3	1.72	1.13	nee
2	25.8	21.37	7.71	nee
3	25.8	21.37	13.08	nee
4	27.9	24.28	14.31	nee

* Dak boven natte cellen (doucheruime, toiletten e.d.)



Hier geen ventilatie van de plafondruimte.

	R	U	Z
Overgang binnen	0.129	-	-
Gipskart.pl 0.020 m	0.067	6	$4.9 \cdot 10^3$
Luchtlaag	0.129	-	-
Triplex 0.022 m	0.146	4	$3.6 \cdot 10^3$
Dampremm.laag 5 mm	-	$75 \cdot 10^3$	$15182.2 \cdot 10^3$
Isolatie, 0.08 m	2.857	100	$323.9 \cdot 10^3$
Overgang buiten	0.043	-	-
	+-----		+-----
	3.371		$15514.6 \cdot 10^3$

Plaats	T	c(100 %)	c(optredend)	condens(j/n)
1	- 9.5	1.69	1.13	nee
2	24.4	19.61	1.41	nee
3	24.4	19.61	14.30	nee
4	26.1	21.77	14.31	nee
5	27.7	23.99	14.31	nee
6	28.5	25.18	14.31	nee

Voor de verschillende bouwkonstruktiedelen is nu gecontroleerd of er condensvorming optreedt. Dit blijkt niet het geval te zijn.

Voor de RV-waarde wordt nu een formule opgesteld:

$$RV = 82 - T\langle 1 \rangle \%$$

De RV-waarde die uit deze formule volgt voldoet aan de eisen zoals deze tot nu toe zijn bepaald. De RV zal volgens deze formule variëren tussen de 52 % (bij $T\langle 1 \rangle = 30^\circ\text{C}$) en de 58 % (bij $T\langle 1 \rangle = 24^\circ\text{C}$).

4.4.3 De maximale waterdampproductie

Als volgende onderwerp wordt de maximale waterdampproductie die kan optreden bepaald. Deze maximale waterdampproductie zal optreden bij de hoogste binnentemperatuur en de hoogste bezettingsgraad.

Gegevens: $T\langle 1 \rangle = 30^\circ\text{C}$; $RV = 52 \%$

$T\langle w \rangle = 28^\circ\text{C}$

bezettingsgraad: 175 zwemmers, 50 bezoekers

De bronnen van waterdampproductie zijn:

- het wateroppervlak van de bassins;
- de natte perrons en de doucheruimten;
- de opdrogende zwemmer;
- uitgedemde lucht.

Berekening waterdampproductie

a) Het wateroppervlak van de bassins

$$W\langle b \rangle = (25 + 19 \cdot v) \cdot (x\langle 3 \rangle - x\langle 1 \rangle) \cdot A\langle b \rangle \quad [\text{g/h}]$$

waarin:

v	= relatieve luchtsnelheid aan het wateropp.	[m/s]
$x\langle 3 \rangle$	= abs. vochtgehalte verzadigde grenslaag	[g/kg]
$x\langle 1 \rangle$	= abs. vochtgehalte omgevingslucht	[g/kg]
$A\langle b \rangle$	= wateroppervlak bassins	[m ²]

Gegevens: $v = 0.3 \text{ m/s}$
 $x\langle 3 \rangle = 24.42 \text{ g/kg}$
 $x\langle 1 \rangle = 0.52 \cdot 27.52 = 14.31 \text{ g/kg}$
 $A\langle b \rangle = 350 \text{ m}^2$

levert: $W\langle b \rangle = 108632 \text{ g/h}$

b) De natte perrons en de doucheruimten

$$W\langle p \rangle = (25 + 19 \cdot v) \cdot (x\langle 3 \rangle - x\langle 1 \rangle) \cdot A\langle p \rangle \cdot f \quad [\text{g/h}]$$

waarin:

v = relatieve luchtsnelheid aan het perronopp. [m/s]
 $x\langle 3 \rangle$ = abs. vochtgehalte direct boven perronopp. [g/kg]
 $x\langle 1 \rangle$ = abs. vochtgehalte omgevingslucht [g/kg]
 $A\langle p \rangle$ = perronoppervlak bassins [m²]
 f = verhouding nat vloeropp. t.o.v. totaal vloeropp.

Gegevens: v = 0.1 m/s
 $x\langle 3 \rangle$ = 27.52 g/kg (perrontemp = 30°C)
 $x\langle 1 \rangle$ = 0.52 * 27.52 = 14.31 g/kg
 $A\langle p \rangle$ = 500 + 50 = 550 m²
 (perron+douchevloeropp.)
 f = 0.15

levert: $W\langle p \rangle = 29316 \text{ g/h}$

c) De opdrogende zwemmer

$$W\langle nz \rangle = W\langle 1 \rangle \cdot A\langle opp \rangle \cdot n / t$$

waarin:

$W\langle 1 \rangle$ = de hoeveelheid water op het lichaam [g/m²]
 $A\langle opp \rangle$ = oppervlak menselijk lichaam [m²]
 n = aantal natte zwemmers op de perrons
 t = tijdsduur verdamping [h]

Gegevens: $W\langle 1 \rangle$ = 137 g/m²
 $A\langle opp \rangle$ = 1.8 m²
 n = 0.30 * 175 = 53 zwemmers
 t = 1.1 h

levert: $W\langle nz \rangle = 11882 \text{ g/h}$

d) Uitgeademde lucht

$$W\langle a \rangle = U\langle a \rangle \cdot (x\langle a \rangle - x\langle 1 \rangle) \cdot K$$

waarin:

$U\langle a \rangle$ = uitgeademde lucht per uur per persoon [kg/h]
 $x\langle a \rangle$ = absoluut vochtgehalte uitgeademde lucht [g/kg]
 $x\langle 1 \rangle$ = absoluut vochtgehalte ingeademde lucht [g/kg]
 K = totaal aantal personen

Gegevens: $U\langle a \rangle$ = 0.5 kg/h
 $x\langle a \rangle$ = 41.0 g/kg
 $x\langle 1 \rangle$ = 0.52 * 27.52 = 14.31 g/kg
 K = 175 + 50 = 225 (personen)

levert: $W\langle a \rangle = 3003 \text{ g/h}$

De totale waterdampproductie bedraagt aldus:

$$\begin{aligned} W_{\text{tot}} &= W_{\text{b}} + W_{\text{p}} + W_{\text{nz}} + W_{\text{a}} \\ &= 108632 + 29316 + 11882 + 3003 = \underline{152833 \text{ g/h}} \end{aligned}$$

In stationaire toestand dient deze hoeveelheid waterdamp afgevoerd te worden ter handhaving van een constante RV (hier 52 %).

Het afvoeren van waterdamp kan geschieden door middel van ventilatie met buitenlucht, eventueel aangevuld met luchtontvochtiging met behulp van de klimaat-installatie.

4.4.4 Ventilatie

Ventilatie is noodzakelijk voor het voldoen aan de verse lucht behoefte van de in het gebouw verblijvende personen. De verschillende literatuurbronnen verschillen nogal ten opzichte van elkaar wat betreft de voor luchtverversing benodigde ventilatiehoeveelheid. In het boek van Recknagel [lit. 9] wordt een hoeveelheid van 10 maal het wateroppervlak [m^3/h] als voldoende beschouwd. De Vereniging van Nederlandse Gemeenten [lit. 2] geeft echter een waarde aan van 15 - 20 maal het wateroppervlak [m^3/h]. Wordt dit op dit ontwerp berekend dat wordt gevonden:

$$\begin{aligned} \text{Recknagel: } &10 \cdot 350 = 3500 \text{ m}^3/\text{h} \\ \text{VNG} &: 20 \cdot 350 = 7000 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

Welke waarde nu moet worden aangehouden is niet bepaald. Waar wel op wordt gewezen is dat het terugwinnen van warmte uit de ventilatielucht met behulp van de klimaat-installatie zeker bekeken zal moeten worden om geen al te grote warmteverliezen door ventilatie te krijgen.

4.4.5 Warmtetransmissie-verlies berekening

De berekening van het warmteverlies door transmissie wordt niet voor het gehele gebouw uitgevoerd. Er wordt uitgegaan van een gedeelte van het gebouw te weten de volgende ruimten/zones:

- zwemzaal (inclusief cafe/toeschouwersruimte);
- douche/kleedruimtezone;
- kassa en kantoorruimte;
- entreeruimte.

Daar waar dit gebouwdeel grenst aan de overige ruimten wordt een spouwmuur aanwezig gedacht - als scheiding tussen binnen en buiten - zonder openingen. Als verdere aanname/vereenvoudiging wordt er van uitgegaan dat overal in het beschouwde gebouwdeel dezelfde binnentemperatuur gewenst is. De in de zwemzaal gewenste binnentemperatuur zal dan maatgevend zijn. De warmtetransmissieverlies berekening wordt nu gebaseerd op de volgende - extreme - temperaturen:

I<binnen> = 30°C
 I<buiten,winter> = - 10°C
 I<bodem,winter> = 0°C

Berekening

Oppervlakten wand/vloer/dak

vloer	: 993 + 632 =	1625.0 m ²
kelderwand	: 380	380.0 m ²
raam	: 36 + 2 + 8*1.7 + 8*4.6 =	88.4 m ²
metselwerk	: 14 + 35 + 14 + 86 + 178 =	327.0 m ²
paneelwand	: 15 + 6 + 4.2 + 20 + 20 + 24 + 34 + 8*20.2 =	284.8 m ²
dak vlak droog:	497 + 115 + 426 =	1038.0 m ²
dak schuin	: 465	465.0 m ²
dak 'nat'	: 236	236.0 m ²

Warmtedoorgangs-coëfficiënten

De bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënten is gedaan aan de hand van # 6.2 uit NEN 1068 [lit. 10], tenzij anders vermeld. Hier worden eerst nog even de formules weergegeven die de verhouding tussen enkele belangrijke factoren aangeven.

$$R_{<1>} = R_{<c>} + 0.17 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$k = 1/R_{<1>} \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

waarin: $R_{<1>}$ = lucht op lucht warmteweerstand van de constructie

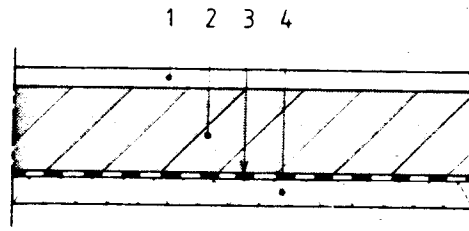
$R_{<c>}$ = warmteweerstand van de constructie zelf.

k = warmtedoorgangscoëfficiënt.

Vloer

Tabel 14 – Steenachtige begane grondvloer
 R_c in $\text{m}^2\text{K/W}$; k in $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$

dikte isolatie mm	isolatiemateriaal	
	PS-schuim	
	R_c	k
20	0,74	1,00
30	1,03	0,78
40	1,31	0,64
50	1,60	0,54



1. afwerklaag
2. betonvloer
3. waterwerende laag¹⁾
4. PS-schuim

¹⁾ Alleen bij vloeren direct op de ondergrond.

isolatie: roofmate SL 50 mm (PS-schuim)

$$R_{<c>} = 1.60; k = 0.54$$

Kelderwand

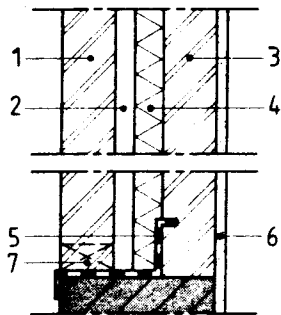
Gelijk aan vloer

Raam

	<p>WS 3/33 4-9-4-12-4</p>	<p>Schallschutzklasse 2 RW = dB (A) 35 K-Wert: 1,6 W/m²K = 1,4 kcal/m²h°C</p>	<p>Schallschutzklasse 2 RW = dB (A) 30-34 K-Wert: 1,75 W/m²K = 1,5 kcal/m²h°C</p>	<p>Wärmeschutzverglasung für höchste Anforderungen für rekord 66 plus</p>
--	--------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------

'Record' 3-dubbel glas; type WS3/33 (4-9-4-12-4)
 raam plus kozijn: $k = 1.75$

Metselwerk



1. buitenblad
2. spouw (≥ 20 mm)
3. binnenblad van metselwerk of beton
4. isolatielaag
5. voetlood
6. eventuele pleisterlaag
7. open stootvoeg

Tabel 11 – Partieel gevulde spouwmuur
 R_c in $m^2 \cdot K/W$; k in $W/(m^2 \cdot K)$

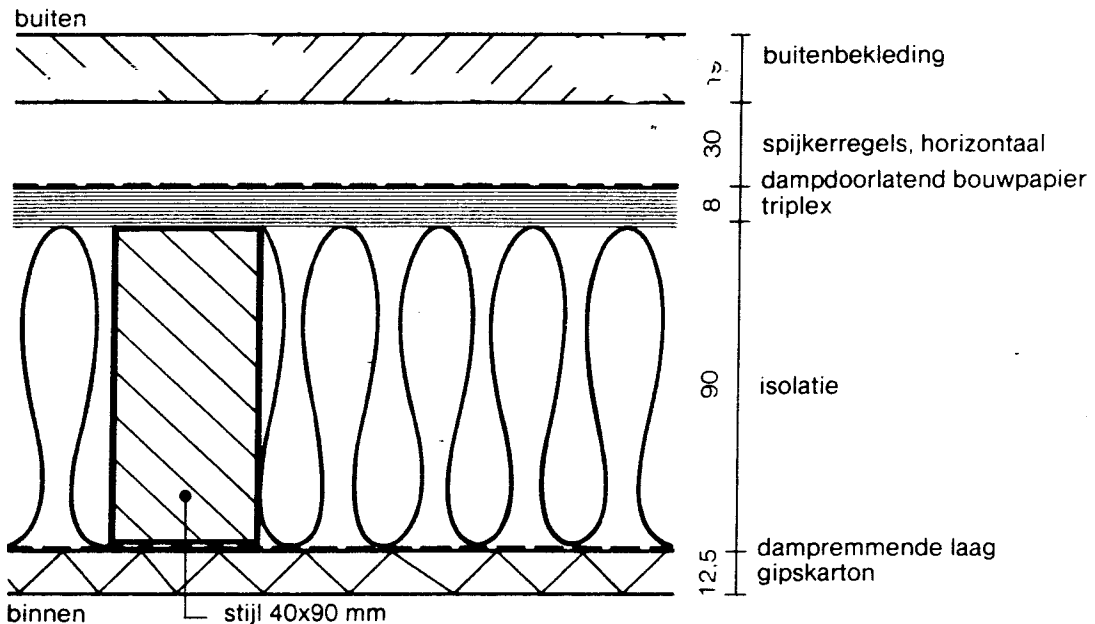
dikte isolatie mm	isolatiemateriaal							
	PUR- of PIR-schuim ¹⁾		PS-schuim		minerale wol		kurk	
	R_c	k	R_c	k	R_c	k	R_c	k
25	1,31	0,68	1,06	0,81	0,98	0,87	0,91	0,93
30	1,50	0,60	1,21	0,72	1,10	0,79	1,02	0,84
35	1,70	0,53	1,35	0,66	1,23	0,71	1,13	0,77
40	1,89	0,49	1,49	0,60	1,35	0,66	1,24	0,71
45	2,08	0,44	1,64	0,55	1,48	0,61	1,35	0,66
50	2,27	0,41	1,78	0,51	1,60	0,56	1,46	0,61
55	2,47	0,38	1,92	0,48	1,73	0,53	1,57	0,57
60	2,66	0,35	2,06	0,45	1,85	0,50	1,68	0,54
65	2,85	0,33	2,21	0,42	1,98	0,47	1,79	0,51
70	3,04	0,31	2,35	0,40	2,10	0,44	1,91	0,48

¹⁾ Deze waarden mogen alleen worden gehanteerd bij fabrikaten PUR- of PIR-schuim waarvoor blijkt een KOMO-certificaat met een „praktijk” λ -waarde van 0,026 W/(m·K) mag worden gerekend.

isolatie: Roofmate, Wallmate CW 60 mm (PS-schuim)

$R_{c} = 2.06$; $k = 0.45$

Paneelwand



opbouw: 12.5 mm gipskartonplaat : 0.30 W/m*K
 90.0 mm isolatiemat. (minerale wol) : 0.04 W/m*K
 8.0 mm triplex : 0.15 W/m*K

**

**

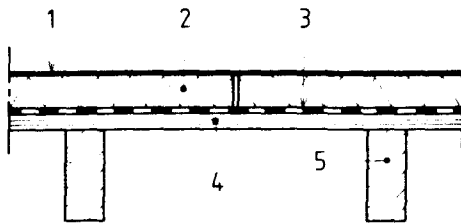
Gegevens uit tabel 16, NEN 1068 [lit. 10] en polytechnisch zakboekje 1980 [lit. 8].

$$R_{<c>} = \frac{12.5 \cdot 10^{-3}}{0.3} + \frac{90 \cdot 10^{-3}}{0.04} + \frac{8 \cdot 10^{-3}}{0.15} = 2.35 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{<l>} = 2.35 + 0.17 = 2.52 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$k = 1/2.52 = 0.40 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Dak vlak droog



- 1. dakbedekking
- 2. isolatie
- 3. waterwerende of dampremmende laag
- 4. dakbesot van hout of vezelplaten
- 5. dakbalk

Tabel 2 - Plat houten dak zonder plafond
 R_c in $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$; k in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

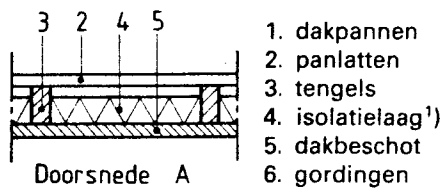
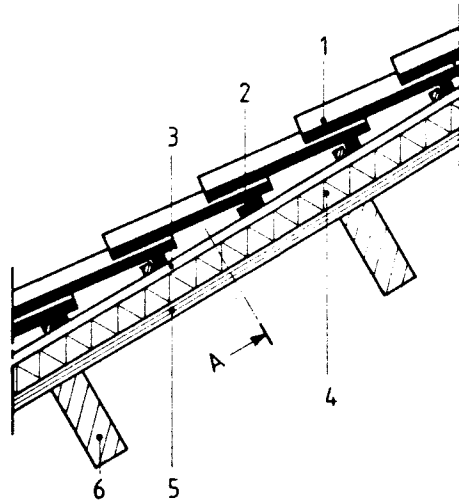
dikte isolatie mm	isolatiemateriaal									
	PUR- of PIR- schuim ¹⁾		PS-schuim		minerale wol		kurk		glasschuim	
	R_c	k	R_c	k	R_c	k	R_c	k	R_c	k
30	1,30	0,68	1,01	0,85	0,90	0,93	0,82	1,01	0,82	1,01
40	1,69	0,54	1,29	0,68	1,15	0,76	1,04	0,83	1,04	0,83
50	2,07	0,45	1,58	0,57	1,40	0,64	1,26	0,70	1,26	0,70
60	2,46	0,38	1,86	0,49	1,65	0,55	1,48	0,61	1,48	0,61
70	2,84	0,33	2,15	0,43	1,90	0,48	1,71	0,53	1,71	0,53
80	3,23	0,29	2,44	0,38	2,15	0,43	1,93	0,48	1,93	0,48
90	3,61	0,26	2,72	0,35	2,40	0,39	2,15	0,43	2,15	0,43
100	4,00	0,24	3,01	0,31	2,65	0,35	2,37	0,39	2,37	0,39

¹⁾ Deze waarden mogen alleen worden gehanteerd bij fabrikaten PUR- of PIR-schuim waarvoor blijkt een KOMO-certificaat met een „praktijk“ λ -waarde van 0,026 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ mag worden gerekend.

isolatie: Roofmate SL, 60 mm (PS-schuim)

$$R_{<c>} = 1.86; k = 0.49$$

Dak schuin



1. dakpannen
2. panlatten
3. tengels
4. isolatielaag¹⁾
5. dakbeschoot
6. gordingen

Tabel 10 – Pannendak; isolatie boven op dakbeschoot
 R_c in $m^2 \cdot K/W$; k in $W/(m^2 \cdot K)$

dikte isolatie mm	isolatiemateriaal					
	PUR- of PIR- schuim ²⁾		PS-schuim		minerale wol	
	R_c	k	R_c	k	R_c	k
30	1,15	0,76	1,00	0,85	0,90	0,93
40	1,50	0,60	1,20	0,73	1,10	0,79
50	1,90	0,48	1,40	0,64	1,30	0,68

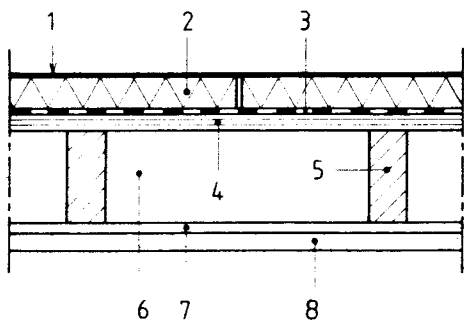
¹⁾ Voor constructies opgebouwd met elementen waarop in de fabriek een isolatielaag is aangebracht mogen de R_c -en k -waarden worden ontleend aan dit voor deze elementen opgegeven attesten.

²⁾ Deze waarden mogen alleen worden gehanteerd bij fabrikaten PUR- of PIR-schuim waarvoor blijkt een KOMO-certificaat met een „praktijk” λ -waarde van 0,026 W/(m·K) mag worden gerekend.

isolatie: Roofmate SL, 50 mm (PS-schuim)

$R_{<c>} = 1.40$; $k = 0.64$

Dak 'nat'



1. dakbedekking
2. isolatie
3. waterwerende of dampremmende laag
4. dakbeschoot van hout of vezelplaten
5. dakbalk
6. dakspouw
7. tengel
8. plafondplaat

Tabel 1 – Plat, houten dak met plafond
 R_c in $m^2 \cdot K/W$; k in $W/(m^2 \cdot K)$

dikte isolatie mm	isolatiemateriaal									
	PUR- of PIR- schuim ¹⁾		PS-schuim		minerale wol		kurk		glasschuim	
	R_c	k	R_c	k	R_c	k	R_c	k	R_c	k
25	1,31	0,67								
30	1,50	0,60	1,21	0,73	1,10	0,79	1,02	0,94	1,02	0,84
40	1,89	0,49	1,49	0,60	1,35	0,66	1,24	0,71	1,24	0,71
50	2,27	0,41	1,78	0,51	1,60	0,56	1,46	0,61	1,46	0,61
60	2,66	0,35	2,06	0,45	1,85	0,50	1,68	0,54	1,68	0,54
70	3,04	0,31	2,35	0,40	2,10	0,44	1,91	0,48	1,91	0,48
80	3,43	0,28	2,64	0,36	2,35	0,40	2,13	0,43	2,13	0,43
90	3,81	0,25	2,92	0,32	2,60	0,36	2,35	0,40	2,35	0,40
100	4,20	0,23	3,21	0,30	2,85	0,33	2,57	0,36	2,57	0,36

¹⁾ Deze waarden mogen alleen worden gehanteerd bij fabrikaten PUR- of PIR-schuim waarvoor blijkt een KOMO-certificaat met een „praktijk” λ -waarde van 0,026 W/(m·K) mag worden gerekend.

isolatie: Roofmate SL, 60 mm (PS-schuim)

$R_{<c>} = 2.06$; $k = 0.45$

De berekening van het warmtetransmissieverlies is hierna uitgevoerd met behulp van de formule:

$$Q = k \cdot A \cdot (T_{<i>} - T_{<e>})$$

Waarin: Q = de hoeveelheid warmte die onder stationaire condities per seconde door de constructie wordt doorgelaten. [W]
 k = warmtedoorgangs-coëfficiënt [W/m²*K]
 A = oppervlakte van de constructie [m²]
 T<i> = omgevingstemperatuur binnenzijde [°C]
 T<e> = omgevingstemperatuur buitenzijde [°C]

In de hier volgende tabel worden nu per konstruktiedeel de voor de berekening benodigde gegevens en de resultaten weergegeven.

Konstruktiedeel	k	A	T<i>	T<e>	Q
vloer	0.54	1625	30	0	26325
kelderwand	0.54	380	30	0	6156
raam	1.75	88.4	30	- 10	6188
metselwerk	0.45	327	30	- 10	5886
paneelwand	0.40	284.8	30	- 10	4557
dak vlak droog	0.49	1038	30	- 10	20345
dak schuin	0.64	465	30	- 10	11904
dak 'nat'	0.45	236	30	- 10	4248
					+-----
					Q<tot> = 85609

Het totale warmteverlies door transmissie in de extreme situatie - van het hier beschouwde gebouwdeel - bedraagt dus 85609 W.

4.4.6 Samenvatting warmte, vocht en ventilatie

luchttemperatuur : T<l> = 24 tot 30 °C
 watertemperatuur : T<w> = T<l> - 2 [°C]
 relatieve luchtvochtigheid: RV = 82 - T<l> [%]

maximale waterdampproductie : 152833 g/h
 ventilatiebehoefte : max. 7000 m³/h
 maximaal warmte-transmissieverlies: 85609 W

**

Literatuurlijst

1. Koordinierungskreis Baeder
Richtlinien fuer den Baederbau
W. Tummels Buchdruckerei 1977
TUE-bibliotheek bouwkunde: RTR77RIC
2. Richtlijnen overdekte zweminrichtingen
Uitgeverij van de Vereniging van Nederlandse Gemeenten,
jan. 1981.
3. Callwey
Entwurf und Planning 29 - Hallenbaeder und Hallenfrei-
baeder fuer Allgemeinheit, Schule und Sport -
TUE-bibliotheek bouwkunde: RTR75EUP
4. Roskam
Bauten fur Sport und Spiel
Deutsche Bauzeitschrift, Bertelsmann Fachverlag 1970
TUE-bibliotheek bouwkunde: RTR70RDS
5. Fabian, Dietrich
Baederbauten (aquatic buildings) 1. Teil, Band 1
Krammer Verlag Dusseldorf (c) 1978
TUE-bibliotheek: RTR70FAB
6. NEN 3850, Technische grondslagen voor de berekening van
bouwconstructies - TGB 1972 (Algemeen gedeelte en belas-
tingen)
Nederlands Normalisatie-instituut
7. NEN 3852, Technische grondslagen voor de berekening van
bouwconstructies - TGB 1972 - Hout (Houtconstructies)
Nederlands Normalisatie-instituut
8. Polytechnisch zakboekje
38e gewijzigde druk, 1980
Koninklijke PBNA Arnhem
9. Recknagel - Sprenger
Taschenbuch fuer Heizung und Klimatechnik
R. Oldenburg, Munchen/Wien
10. NEN 1068, Thermische isolatie van gebouwen
Terminologie en rekenmethoden voor stationaire situaties
2e druk, augustus 1981
Nederlands Normalisatie-instituut

11. Lange, prof. ir. P. A. en Lichtveld, ir. W. J.
Vocht in bouwconstructies, serie bouwfysisch rekenen en
detailleren.
Technische Hogeschool Eindhoven, Afdeling der Bouwkunde,
Vakgroep FAGO, 6e verbeterde druk, oktober 1981
12. Verhoeven, prof. ir. A. C.
Bouwfysische aspecten van zwembaden, deel 12 uit de
serie GC44 Bouwfysica b.o.
Diktaat TU Delft, okt. '79, GC44 b.I, 354103
13. Kosten, prof. dr. ir. C. W.
Bouwfysica
Vereniging voor studie- en studentenbelangen Delft, 3e
druk 1972.
14. Aanbevelingen voor binnenverlichting
Nederlandse stichting voor verlichtingskunde, juni 1981
15. Pocket licht catalogus 82/83
Philips Nederland, Afdeling Licht
16. Tabellenboek voor verlichting
Philips Nederland BV. Eindhoven, Applicatiegroep licht
1981
17. Jansing, L. W.
Een recreatief zwembad
Afstudeerverslag, technische Hogeschool Eindhoven,
Afdeling Bouwkunde, vakgroep FAGO, juli 1985
18. Heeren, ing. J. W. J. e.a.
Energiebesparing en behaaglijkheid in overdekte zwemba-
den (deel 1 en deel 2)
Rapport INO