

94-CON-R0207

Toetsingsdrukken voor de bepaling van de
waterdichtheid van uitwendige scheidings-
constructies

31 januari 1994
SNP/MNL

Intern

Projectnaam: -
Projectnr. : 3.21.9.5198
Auteur(s) : P.C. van Staalduinen

Pagina's : 38
Tabellen : 23
Figuren : -
Bijlagen : 1

Thema : -
WP-onderwerp : 221
Trefwoord(en): winddrukken, windbelasting, waterdichtheid

94-CON-R0207

januari 1994

2

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	3
2. ACHTERGRONDEN VAN DE TOETSINGSDRUKKEN	4
3. TECHNISCHE OVERWEGINGEN BIJ DE KEUZE VAN UITGANGSPUNTEN VOOR DE BEPALING VAN DE TOETSINGSDRUK	11
4. ANALYSE VAN HET REGELGEVINGS- EN PRODUKTIE-NIVEAU	20
5. SAMENVATTING	23
GERAADPLEEGDE LITERATUUR	24
BIJLAGE 1	25
BIJLAGE 2	31
BIJLAGE 3	35
BIJLAGE 4	36

1. INLEIDING

Op 19 maart 1993 vond overleg plaats tussen vertegenwoordigers van de NNI-normcommissie 353 64 05 "Mechanische aspecten van Ramen" en de coördinatiegroep Bouwbesluit en normen. Onderwerp van bespreking waren de toetsingsdrukken voor waterdichtheid volgens de normen NEN 3661:1988 en NEN 2778:1991. De aanleiding tot dit overleg vormde de toeneming van de toetsingsdrukken in de definitieve versie van NEN 2778:1991 ten opzichte van de waarden gegeven in NEN 3661:1988. Het doel van het overleg is uiteindelijk te komen tot toetsingsdrukken die zowel vanuit de publiek-rechtelijke regelgeving als vanuit onderzoek en industrie kunnen worden gedragen.

Naar aanleiding van genoemd overleg is door TNO-Bouw dit memo opgesteld, dat een overzicht geeft van de achtergronden van de toetsingsdrukken in NEN 3661 en in NEN 2778 alsmede van de motieven die daaraan ten grondslag lagen, voor zover traceerbaar. Dit memo geeft tevens enkele uitgangspunten die kunnen worden gevolgd voor een wijziging van de tabel met toetsingsdrukken.

De toetsingsdrukken voor sterkte, stijfheid en luchtdichtheid zijn in dit rapport *niet* behandeld.

2. ACHTERGRONDEN VAN DE TOETSINGSDRUKKEN

2.1 NEN 3661:1975

In juli 1975 verscheen de eerste druk van NEN 3661 'Ramen - Luchtdoorlatendheid, waterdichtheid, stijfheid en sterkte - Eisen' In deze norm zijn toetsingsdrukken gegeven voor de aspecten luchtdoorlatendheid, waterdichtheid en stijfheid. De toetsingsdruk heeft betrekking op de verschildruk die over het beschouwde raam werkzaam is.

Tabel 2.1: Toetsingsdrukken waterdichtheid volgens NEN 3661:1975 in Pa

hoogte (m)	Kust	Binnenland
15	300	150
40	350	200
100	450	250

De toetsingsdrukken uit NEN 3661:1975 zijn gegeven in tabel 2.1. Zij zijn blijkens de toelichting gebaseerd op een uurgemiddelde windsnelheid, die niet langer dan één aaneengesloten uur per jaar wordt overschreden.

Deze overschrijdingskans werd voor het aspect luchtdichtheid acceptabel geacht, aangezien het economisch niet verantwoord was gevelelementen te vervaardigen die ook onder zelden optredende winddrukken niet meer dan een bepaalde hoeveelheid lucht doorlaten. In navolging daarvan is in de norm voor de waterdichtheid hetzelfde uitgangspunt gekozen.

De normcommissie is bij de vaststelling van deze windsnelheden uitgegaan van gegevens van het KNMI [1,2], zie tabel 2.2.

Voorts is door de normcommissie aangenomen dat een hoge windsnelheid volledig gecorreleerd is met de omstandigheid van neerslag. Hiervoor heeft de normcommissie zich gebaseerd op onderzoek verricht door het KNMI, waarover door TNO [3] is gerapporteerd. Uit de analyses, die betrekking hadden op waarnemingen uit het tijdvak 1957 - 1969 blijkt volgens de toelichting in NEN 3661:1975, dat hoge windsnelheden veelvuldig vergezeld gaan van neerslag.

Tabel 2.2: Uurgemiddelde windsnelheid met overschrijdingskans 1/8766 per uur, in m/s

hoogte (m)	Den Helder	De Bilt
10	25,3	16,4
15	26,7	17,7
40	30,3	21,2
100	34,1	25,4

Voor het verband van de windsnelheid met de hoogte is gebruik gemaakt van een exponentieel verband, overeenkomend met NEN 3850:1972.

De bepaling van de toetsingsdrukken is geschied door de stuwdrukken te bepalen behorende bij de windsnelheid volgens tabel 2.2 en deze te vermenigvuldigen met een verschildrukcoëfficiënt van 0,6.

Deze waarde is als volgt gemotiveerd:

Op de loefzijde van een gevel heerst een (over)druk $0,8 p_w$; op de lijzijde van een gevel heerst een onderdruk $-0,4 p_w$. Als met betrekking tot de stroming door een gebouw tussen beide gevels een stationaire situatie wordt verondersteld en bovendien de totale oppervlakte aan openingen in beide gevels gelijk wordt verondersteld, volgt voor de gemiddelde interne druk $0,2 p_w$. Het drukverschil over de gevel aan de loefzijde is dan $0,8 p_w - 0,2 p_w = 0,6 p_w$. Op deze verschildruk-coëfficiënt wordt later nog teruggekomen.

Tabel 2.3: Uurgemiddelde drukverschil met een overschrijdingskans 1/8766 per uur, in Pa

hoogte (m)	Den Helder	De Bilt
15	267,3	117,5
40	344,3	168,5
100	436,1	241,9

Vermenigvuldiging van de stuwdruk met een verschildrukcoëfficiënt van 0,6 levert de verschildrukken zoals gegevens in tabel 2.3. Na afronding naar boven worden de waarden gevonden uit NEN 3661:1975, zoals reeds vermeld tabel 2.1.

2.2 NEN 3661:1988

De tweede druk van NEN 3661, die in 1988 verscheen bevat ten aanzien van de toetsingsdrukken voor waterdichtheid geen wijzigingen ten opzichte van de uitgave uit 1975.

2.3 Groene versie NEN 2778

In het kader van de invoering van het Bouwbesluit is door het NNI de opstelling van de norm NEN 2778 ter hand genomen. Deze norm bevat bepalingsmethoden voor onder meer de waterdichtheid van uitwendige scheidingsconstructies. Daarmee is het toepassingsgebied ruimer dan van NEN 3661:1988.

De groene versie van NEN 2778 bevat een tabel met toetsingsdrukken die hier is weergegeven in tabel 2.4. De toetsingsdrukken zijn op dezelfde uitgangspunten is gebaseerd als NEN 3661:1975. Dit houdt in:

- een uurgemiddelde windsnelheid die gemiddeld een uur per jaar wordt overschreden;
- een verschildrukcoëfficiënt van 0,6.

Tabel 2.4: Toetsingsdrukken volgens groene versie NEN 2778

hoogte	I		II		III	
	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd
15	250	150	200	150	150	150
40	350	300	300	250	250	250
80	450	450	400	400	300	300
150	550	550	500	500	400	400

Voor het windklimaat is ten tijde van de groendruk van NEN 2778 uitgegaan van concept nummer 13 van NEN 6702. Deze concept-norm bevatte een indeling van Nederland in drie windsnelheidsgebieden en een onderscheid in bebouwde en onbebouwde omgeving. Berekening aan de hand van het windklimaatmodel volgens concept nummer 13 van NEN 6702 geeft inderdaad waarden, die na afronding tot de tabel uit de groene versie van NEN 2778 leiden, zie tabel 2.5 en 2.6.

Tabel 2.5: Uurgemiddelde extreme stuwdrukken, herhalingsstijd 1 jaar (concept nummer 13 van NEN 6702)

hoogte	I		II		III	
	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd
15	339	205	251	165	186	130
40	476	430	380	346	294	274
80	611	611	508	508	405	405
150	766	766	662	662	540	540

Tabel 2.6: Uurgemiddelde extreme verschildrukken, herhalingsstijd 1 jaar

hoogte	I		II		III	
	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd
15	203	123	151	99	112	78
40	286	258	228	208	176	164
80	367	367	305	305	243	243
150	460	460	397	397	324	324

De gegevens voor het windklimaat in NEN 6702 zijn ontleend aan recente

studies van het KNMI [4,5]. Tevens moet worden opgemerkt dat niet is uitgegaan van de (momentane) windsnelheid die 1 uur per jaar wordt overschreden, maar van de extreme uurgemiddelde windsnelheid, die gemiddeld eens per jaar wordt overschreden. Voor de stations Den Helder, Schiphol en Eindhoven, die model kunnen staan voor de drie windsnelheidsgebieden in Nederland levert dat blijkens tabel 2.7 maar kleine verschillen.

Tabel 2.7: Waarden van de extreme uurgemiddelde windsnelheid met herhalingsstijd 1 jaar (v_1) volgens NEN 6702 en de uurgemiddelde windsnelheid met een overschrijdingskans van 1/8766 per uur (v_2)

	v_1	v_2
Den Helder	23.9	24.5
Schiphol	21.4	21.5
Eindhoven	19.1	19.3

Tenslotte moet nog een correctie op de windsnelheid worden toegepast omdat de terreinomstandigheden zoals aangenomen in de TGB ruwer zijn dan de terreinruwheid op de meteostations. Hierdoor neemt de windsnelheid iets af, zie tabel 2.8.

Tabel 2.8: Correctiefactor in verband met de ruwheid volgens NEN 6702 en de dienovereenkomstig gecorrigeerde uurgemiddelde windsnelheid met een herhalingsstijd van een jaar

gebied	correctie	v_1 (m/s)
I	0,94	22,5
II	0,90	19,3
III	0,87	16,6

Vergelijking met de eerder gepresenteerde waarden op 10 m hoogte (25,3 m/s voor Den Helder en 16,4 m/s voor De Bilt) geeft aan dat de oude gegevens van Den Helder bij de thans gehanteerde ruwheid iets te hoog zijn en dat de waarde van De Bilt redelijk overeenstemt met de thans veronderstelde omstandigheid in gebied III.

2.4 NEN 2778:1991

Voor de vaststelling van de definitieve versie van NEN 2778, die in 1991 uitkwam, heeft de normcommissie nog twee wijzigingen doorgevoerd bij de bepaling van de toetsingsdrukken voor waterdichtheid. Dit betreft:

- de vaststelling van de stuwdrukken op basis van NEN 6702:1991,

welke een iets andere grondslag hadden dan de stuwdrukken in concept nummer 13 van NEN 6702.

- de wijziging van een verschildrukcoëfficiënt van 0,6 naar 1,1. De aanleiding van deze wijziging ligt in het beginsel van vrije indeelbaarheid. NEN 2778 zal immers moeten gelden voor zowel bijv. hoogbouw-kantoorgebouwen en laagbouw-eengezinswoningen. Bij dergelijke gebouwen bevindt zich over een veel groter oppervlak windzuiging dan winddruk, waardoor de interne druk in het algemeen lager zal liggen dan de waarde $+0,2 p_w$ die in NEN 3661:1988 werd aangehouden. Uit oogpunt van conformiteit met NEN 6702:1991, waarin een overdruk van 0,8 en een interne onderdruk -0,3 is gegeven, is hierop aangesloten. Dit betekent dat in NEN 2778 is uitgegaan van de naar verwachting ongunstigste omstandigheid qua verschildruk, die zich in enig gesloten gebouw ergens op de gevel zal voordoen.

Het is met name deze laatste wijziging, die in belangrijke mate voor de toeneming van de toetsingsdrukken verantwoordelijk is. De toetsingsdrukken in NEN 2778:1991 zijn derhalve berekend uit 1,1 maal de uurgemiddelde stuwdruk, zie tabellen 2.9 en 2.10, in plaats van met 0,6 maal de uurgemiddelde stuwdruk.

Tabel 2.9: Uurgemiddelde extreme stuwdrukken, herhalingsstijd 1 jaar (basis NEN 6702:1991)

hoogte	I		II		III	
(m)	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd
15	340	200	260	160	200	130
40	490	400	390	320	310	270
80	610	560	490	460	400	380
150	730	730	600	600	490	490

Tabel 2.10: Uurgemiddelde extreme verschildrukken, herhalingsstijd 1 jaar

hoogte	I		II		III	
(m)	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd
15	374	220	286	176	220	143
40	539	440	429	352	341	297
80	671	616	539	506	440	418
150	803	803	660	660	539	539

Na enkele afrondingen (zowel naar boven als naar beneden) resulteren uit

tabel 2.10 de toetsingdrukken uit NEN 2778:1991, zie tabel 2.11.

Tabel 2.11: Toetsingsdrukken uit NEN 2778:1991

hoogte	I		II		II	
(m)	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd
15	400	250	300	200	200	150
40	550	500	450	400	350	300
80	650	650	550	550	450	450
150	800	800	650	650	550	550

2.5 Ontwerp NEN 3661:199?

Ten behoeve van de herziening van NEN 3661 bestaat een voorstel, dat in lijn is met NEN 2778:1991, doch waaraan de hoogte 8 m is toegevoegd. Tevens is gebied III in zijn geheel achterwege gelaten en is bebouwde omgeving niet beschouwd. Dit alles is te beschouwen als een conservatieve benadering, zie tabel 2.12.

Tabel 2.12: Uurgemiddelde extreme verschildrukken, herhalingsstijd 1 jaar (verschildrukfactor 1,1)

hoogte (m)	I	II + III
8	286	209
15	374	286
40	539	429
80	671	539
150	803	660

na enkele afrondingen (zowel naar boven als naar beneden) resulteren de toetsingdrukken uit het voorstel NEN 3661:199?, zie tabel 2.13.

Tabel 2.13: Uurgemiddelde extreme verschildrukken, herhalingsstijd 1 jaar (verschildrukfactor 1,1)

hoogte (m)	I	II + III
8	300	200
15	400	300
40	550	450
80	650	550
150	800	650

Volledigheidshalve zijn in tabel 2.14 de toetsingsdrukken gegeven, die zijn ontleend aan een alternatief dat in de normcommissie 353 64 05 is ingebracht voor de herziening van NEN 3661. De overwegingen en achtergronden bij deze waarden zijn niet bekend; de waarden zijn evenwel aanzienlijk lager dan volgens tabel 2.13.

Tabel 2.14: Alternatief voorstel toetsingsdrukken ten behoeve herziening NEN 3661.

hoogte (m)	I	II + III
8	250	150
15	350	200
40	450	300
80	550	350
150	600	400

3. TECHNISCHE OVERWEGINGEN BIJ DE KEUZE VAN UITGANGSPUNTEN VOOR DE BEPALING VAN DE TOETSINGSDRUK

3.1 Achtergrond van de waterdichtheidseis

Uit oogpunt van gezondheid is in het Bouwbesluit de eis aan de waterdichtheid van de scheidingsconstructie gesteld. Bij de beoordeling van de sterkte van een constructie-onderdeel in relatie tot de daarop werkzame belastingen worden beide parameters als stochastische grootheden beschouwd. In analogie daarmee kunnen de waterdichtheid van een scheidingsconstructie en de verschildruk in combinatie met het aanbod van neerslag over de scheidingsconstructie als stochastische grootheden worden beschouwd. Van belang is dat de kans voldoende klein is dat de scheidingsconstructie, of een onderdeel daaruit, niet waterdicht is. De beoordeling van de waterdichtheid geschiedt doorgaans door beproeving bij een ruim aanbod van water, bij een oplopend drukverschil. Aangenomen mag dan ook worden dat vrij goed bekend is bij welk drukverschil (in aanwezigheid van voldoende water) een scheidingsconstructie gaat lekken. De grootste onzekerheid bevindt zich bij de daadwerkelijk over een scheidingsconstructie optredende drukverschillen en de kans op het samenvallen met (voldoende) neerslag.

3.2 Van belang zijnde aspecten

3.2.1 Het samengaan van extreme stuwdruk en neerslag

correlatie tussen wind en neerslag

Ten einde tot lekkage te leiden, zal extreme stuwdruk moeten samengaan met neerslag. Beide verschijnselen zijn waarschijnlijk niet volledig gecorreleerd. Toch is er bij de eerste druk van NEN 3661 (1975) van uitgegaan dat extreme wind samenvalt met de omstandigheid van neerslag. Er is dus een volledige correlatie aangenomen, hetgeen als ongunstig kan worden aangemerkt.

Indien extreme wind en neerslag volledig ongecorreleerd zouden zijn, kan gebruik gemaakt worden van het gegeven dat het gemiddeld in Nederland 7 % van de tijd regent [6]. Onder die aanname vinden we bij de uurgemiddeld extreme stuwdruk met herhalingstijd van een jaar naar verwachting eens in de ruim 14 jaar een combinatie met neerslag. Dit betekent dat voor de toetsingsdruk een uurgemiddelde windsnelheid met een herhalingstijd van 1/14 jaar voldoende zou zijn. Hierdoor neemt de windsnelheid waarbij de toetsingsdruk wordt bepaald met circa 4.7 m/s af. In tabel 3.1 zijn de dan te bereiken reducties op de windsnelheid vermeld.

Tabel 3.1: Mogelijke reducties indien wind en regen ongecorreleerd zouden zijn

gebied	factor op windsnelheid	factor op stuwdruk
I	0,80	0,64
II	0,78	0,61
III	0,75	0,56

Uit onderzoek van Vos [4] blijkt dat de verdeling van de duur van neerslagperioden over de seizoenen niet significant verschilt. Wel blijkt uit het onderzoek dat de gemiddelde windsnelheid in de uren dat er neerslag valt iets hoger is dan de gemiddelde windsnelheid over het hele jaar. De verschillen zijn gegeven in tabel 3.2.

Tabel 3.2: Gemiddelde windsnelheid en gemiddelde windsnelheid tijdens neerslag [4]

Maanden	v	V _{nslg}	verhouding
12-01-02	7,4 m/s	8,9 m/s	1,20
03-04-05	6,7	8,5	1,26
06-07-08	6,2	9,2	1,48
09-10-11	6,8	8,5	1,25
jaar	6,8	8,7	1,28

Uit deze gegevens blijkt dat er waarschijnlijk wèl van correlatie tussen hoge windsnelheid en neerslag sprake is. Opmerkelijk is daarbij dat de hoogste gemiddelde windsnelheid tijdens regenperioden in de zomer optreedt. De verhouding van de gemiddelde windsnelheid moet in het kwadraat worden genomen, om de verhouding van de stuwdrukken te vinden. Gemiddeld over het hele jaar is die verhouding $1.28^2 = 1,63$. Dit betekent dat tijdens neerslag de stuwdruk gemiddeld aanzienlijk hoger is dan zonder neerslag. De aanname dat neerslag en wind ongecorreleerd zijn lijkt derhalve niet houdbaar.

nader onderzoek naar de correlatie tussen wind en neerslag

Het verband tussen wind en neerslag is nader onderzocht aan de hand van de klimatologische gegevens uit [7]. Voor de 5 hoofdstations van het waarnemingsnet van het KNMI is aan de hand van deze publicatie een overzicht opgesteld van de verdeling van de neerslag over verschillende windsnelheden, in de vorm van het aantal uren in een periode van 20 jaar dat zich de omstandigheid van een zekere uurgemiddelde windsnelheid in combinatie met een zekere hoeveelheid neerslag per uur voordoet. In bijlage I bij dit memo zijn deze gegevens opgenomen.

De neerslag-intensiteit heeft betrekking op de hoeveelheid neerslag op een vlak met de normaal in verticale richting. Voor de waterdichtheid van gevels is de neerslag op een vlak met de normaal in horizontale richting van belang. Omrekening kan plaatsvinden met een empirische formule van Vos [3], waarbij rekening is gehouden met de omstandigheid dat door het windveld rondom een gebouw niet alle neerslag tegen de gevel valt. De bedoelde relatie luidt:

$$Q_{hor} = 0.14 \ v \ Q_{vert}$$

waarin:

Q_{hor} is de neerslag op een vlak met de normaal in horizontale richting, in mm
 v is de uurgemiddelde windsnelheid, in m/s;
 Q_{vert} is de neerslag op een vlak met de normaal in verticale richting, in mm

De tweede tabel in bijlagen 1.1 tot en met 1.5 geeft de zo bepaalde neerslag op een gevel weer. Het effect van de omrekening is dat bij lage windsnelheden relatief weinig neerslag de gevel treft en bij hoge windsnelheden relatief veel.

Tenslotte zijn in de derde tabel in bijlagen 1.1 tot en met 1.5 van elk station de percentages van voorkomen van de neerslag-intervallen gegeven voor elk van de beschouwde windsnelheids-intervallen.

De windsnelheid met een herhalingsstijd van 1 jaar kan voor de beschouwde stations worden geschat uit de desbetreffende tabellen aan de hand van de windsnelheid die 20 keer wordt overschreden. Ten behoeve hiervan zijn aan de hand van de waarnemingen de Weibull-parameters geschat, waarna de windsnelheid met een herhalingsstijd van 1 jaar kan worden berekend, zie tabel 3.3.

Tabel 3.3: Uurgemiddelde windsnelheid, herhalingsstijd 1 jaar, berekend uit de gegevens van bijlage I.

De Kooy	22,1 m/s
De Bilt	14,4 m/s
Vlissingen	22,2 m/s
Beek	15,9 m/s
Eelde	19,9 m/s

Uit bijlagen 1.1 tot en met 1.5 kan vervolgens worden afgeleid wat de kans is dat er geen neerslag valt, gegeven een bepaalde windsnelheid. Uit de derde tabel van bijlage 1 valt direct in te zien dat de kans op neerslag

bij toenemende windsnelheid groter wordt, van circa 2 % bij bijna windstilte tot (orde) 20 % bij circa 12 m/s. Aan de hand van bijlagen 1.1 tot en met 1.5 kan ook worden bepaald wat de kans op geen neerslag is bij een windsnelheid gelijk aan of groter dan de jaarextreem. Dit levert:

Tabel 3.4a: Percentage van de tijd zonder neerslag

De Kooy	44,6 % (> 20.5 m/s)
De Bilt	57,0 % (> 14.4 m/s)
Vlissingen	73,5 % (> 20.5 m/s)
Beek	46,0 % (> 15.9 m/s)
Eelde	70.0 % (> 20.5 m/s)
Gemiddeld	58,2 %

Gemiddeld blijkt, dat er in circa 58 % van het aantal uren met windsnelheden gelijk aan of groter dan de jaarextreem geen neerslag valt. De aanname dat wind en neerslag niet zijn gecorreleerd blijkt dus inderdaad onjuist.

Zoals reeds aangegeven, zal ook de hoeveelheid neerslag van belang zijn voor de kans op lekkages. Zeer geringe neerslag-intensiteiten zullen voor een belangrijk deel weer verdampen voordat dit tot afstroming over de uitwendige scheidingsconstructie leidt. Het is daarom zeer wel mogelijk dat geringe neerslag-intensiteiten, bijvoorbeeld kleiner dan 0.5 mm/h of 1,0 mm/h buiten beschouwing zouden kunnen blijven. Voor die gevallen zijn de percentages voor geen of zeer weinig neerslag gegeven in tabel 3.4.

Tabel 3.4b: Percentage van de tijd geen neerslag of < 0.5 mm per uur

De Kooy	44,6 % (> 20.5 m/s)
De Bilt	80.0 % (> 14.4 m/s)
Vlissingen	73,4 % (> 20.5 m/s)
Beek	70,0 % (> 15.9 m/s)
Eelde	90.0 % (> 20.5 m/s)
Gemiddeld	71.6 %

Tabel 3.4c: Percentage van de tijd geen neerslag of < 1.0 mm per uur

De Kooy	86,4 % (> 20.5 m/s)
De Bilt	80,0 % (> 14.4 m/s)
Vlissingen	92,8 % (> 20.5 m/s)
Beek	71,0 % (> 15.9 m/s)
Eelde	90,0 % (> 20.5 m/s)
Gemiddeld	84,0 %

Afhankelijk van de hoeveelheid neerslag die nog kan worden getolereerd, betekenen de hiervoor genoemde percentages droog weer of weinig neerslag dat een zekere reductie op de extreme uurgemiddelde windsnelheid mag worden toegepast, teneinde voor het gecombineerde verschijnsel 'wind + neerslag' op een herhalingsstijd van 1 jaar uit te komen. Deze reductie is gegeven in tabel 3.5.

Tabel 3.5: Vermindering van de potentiële uurgemiddelde windsnelheid in m/s als gevolg van onvolledige correlatie.

Variant	Gebied I	Gebied II	Gebied III
1 geen neerslag	1.6	1.6	1.5
2 < 0.5 mm per uur	2.3	2.3	2.2
3 < 1 mm per uur	3.4	3.3	3.3

Met deze gereduceerde waarden van de windsnelheid zijn in bijlage 2 de uurgemiddelde stuwdrukken gegeven in de drie windsnelheidsgebieden volgens NEN 6702, voor bebouwde en onbebouwde omgeving. In tabel 3.6 zijn de waarden van de uurgemiddelde stuwdruk voor de hoogten 15, 40, 80 en 150 m uit bijlage 2 samengevat.

Tabel 3.6: Uurgemiddelde stuwdruk voor drie varianten in N/m².

Variant 1	"Wind en enige neerslag"					
	Gebied I		Gebied II		Gebied III	
Hoogte (m)	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd
15	290	170	220	140	160	110
40	420	340	330	280	260	220
80	520	490	420	390	330	320
150	630	630	510	500	410	410

Variant 2	"Wind en neerslag > 0.5 mm/h"					
	Gebied I		Gebied II		Gebied III	
Hoogte (m)	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd
15	280	160	210	140	150	100
40	390	320	300	250	230	200
80	490	450	390	360	310	290
150	590	590	480	470	380	370

Variant 3	"Wind en neerslag > 1.0 mm/h"					
	Gebied I		Gebied II		Gebied III	
Hoogte (m)	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd
15	250	140	180	110	130	90
40	350	290	270	230	210	180
80	440	410	350	320	270	250
150	530	530	420	410	330	330

3.2.2 Externe druk

De verschildruk ontstaat als een product van een verschildrukfactor en de stuwdruk, beiden stochastische grootheden. De waarde van de verschildruk-

factor verschilt in belangrijke mate van plaats tot plaats over de buitengevel. De overdruk aan de buitenzijde van 0.8 is praktisch een maximum dat zich ergens op de uitwendige scheidingsconstructie voordoet van ongunstig gelegen gebouwen. Onder ongunstig gelegen wordt hier bedoeld een relatief vrije en ongestoorde aanstroming door de wind. Bovendien moet de wind bijna loodrecht op de gevel aan de loefzijde invallen.

Bij gebouwen die relatief afgeschermd liggen, zoals gebouwen in bebouwde omgeving, is rekening gehouden met een lagere externe druk via de in rekening te brengen stuwdruk. Voor geringe gebouwhoogten (kleiner dan 15 m) wordt de stuwdruk dan gereduceerd tot 0.8 à 0.6 maal de stuwdruk in onbebouwde omgeving. Uit onderzoek van BRE blijkt dat de reductie van de overdruk aan de naar de wind toegekeerde zijde bij voldoende afscherming nog aanzienlijk sterker kan zijn. Het lijkt echter ook hier verstandig uit te gaan van een relatief ongunstige situatie in de bebouwde omgeving, en dus te volstaan met de reductie van de stuwdruk.

3.2.3 Interne druk

De verschildruk wordt verder in belangrijke mate bepaald door de interne druk in een gebouw. De interne druk in een gebouw is sterk afhankelijk van indeling en bouwwijze.

In kantoorgebouwen met een uniform verdeelde openheid over de buitengevel (zowel aan loef- en lijzijde als aan de zijden evenwijdig aan de wind) heerst in het algemeen een geringe onderdruk (orde 0,1 à 0,2). Een onderdruk in de orde van 0,2 à 0,3 zal zich in het algemeen ook voordoen in eengezinswoningen, met name vanwege de grote oppervlakte van de gevel en dak waar zich externe zuiging voordoet en vanwege de in de woning aanwezige ventilatie-voorzieningen.

In galerijflats ligt de situatie gunstiger en zal een neutrale druk of een geringe overdruk kunnen heersen. De aanname die in NEN 3661:1975 is gedaan, nl. een interne druk 0,2 kan hier inderdaad voorkomen. In de andere genoemde gevallen is de aanname zonder meer aan de optimistische kant.

3.2.4 Tijdconstante van het lekproces

Het proces van het binnendringen van water via een lekweg heeft een tijdconstante. Dit houdt in dat ook bij verschildrukken over de gevel die korter optreden dan een uur de lekkage al zal kunnen optreden. Hoe groot deze tijdconstante is hangt af van de lekweg en de buffercapaciteit in de scheidingsconstructie. Aangenomen mag worden dat bij een redelijk neerslagdebiet de tijdconstante van het systeem veel geringer zal zijn dan een uur, zodat gegeven de ongunstige omstandigheden dan ook met een redelijke mate van waarschijnlijkheid enige lekkage in dat uur zal optreden.

3.3 Representatieve omstandigheid

Tenslotte zal de vraag beantwoord moeten worden in welke situaties en met welke kans men lekkage toestaat. Het ligt voor de hand er naar te streven dat de omstandigheid 'lekken' maar over een geringe oppervlakte van de scheidingsconstructie van een klein aantal gebouwen wordt geaccepteerd.

Dat de lekkage tot een enkele plaats in een gebouw beperkt blijft, impliceert dat moet worden uitgegaan van de ongunstigste waarde van de externe overdruk op een gebouw. De waarde 0,8 is meestal ergens op de scheidingsconstructie van ongunstig gelegen gebouwen te vinden. Onder ongunstig gelegen is hier te verstaan: een gebouw dat in betrekkelijk open terrein ruimschoots boven die elementen uitsteekt, die de ruwheid van het omliggende terrein veroorzaken. Voorbeelden: eengezinswoning aan de rand van een wijk, een hoogbouw die ruim boven de omliggende bebouwing uitsteekt. In bebouwde omgeving liggen de overdrukken aan de buitenzijde van de gevel lager. Hiermee is rekening gehouden, door voor bebouwde omgeving uit te gaan van lagere stuwdrukken.

Als belangrijkste variabele blijft dan over de grootte van de interne druk die, zoals gezegd, sterk samenhangt met vorm en indeling van een gebouw. In de oude versie van NEN 3661 is de waarde interne druk op het gemiddelde wordt afgestemd. Dit houdt in dat dus bij gebouwen van bepaalde vorm, indeling en ligging overschrijding van de geaccepteerde lekfrequentie optreedt. Het is daarom naar onze mening gewenst uit te gaan van een ongunstige combinatie van overdruk aan de buitenzijde en onderdruk aan de binnenzijde, die met een geringe kans voorkomt. Om die reden is in NEN 2778 de waarde van de interne druk op -0,3 gesteld.

Dit alles leidt tot een verschildrukcoëfficiënt van 1,1. Deze waarde moet ook worden gebruikt voor constructieve berekeningen op basis van NEN 6702:1991, zij het dat dan de stuwdruk nog aanzienlijk hoger is en er met een belastingfactor moet worden gerekend.

Bovendien mag de frequentie van het lekken niet te hoog liggen. De herhalingsstijd die in NEN 3661 is gekozen (1 jaar) voor het gecombineerde verschijnsel 'wind en neerslag' lijkt in dit opzicht reeel. We komen dan op basis van de stuwdrukken uit tabel 3.6, in combinatie met een verschil-druk-coëfficiënt van 1,1, tot de toetsingsdrukken zoals vermeld in tabel 3.7.

Tabel 3.7: Toetsingsdrukken in N/m² voor 3 varianten

Variant 1	"Wind en enige neerslag"					
	Gebied I		Gebied II		Gebied III	
Hoogte (m)	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd
15	320	190	240	150	180	120
40	460	380	360	300	280	250
80	580	530	460	430	370	350
150	690	690	560	550	460	450

Variant 2	"Wind en neerslag > 0.5 mm/h"					
	Gebied I		Gebied II		Gebied III	
Hoogte (m)	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd
15	300	180	220	140	160	110
40	430	350	340	280	260	230
80	540	500	430	400	340	320
150	640	640	520	510	420	410

Variant 3	"Wind en neerslag > 1.0 mm/h"					
	Gebied I		Gebied II		Gebied III	
Hoogte (m)	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd	onbe- bouwd	bebouwd
15	270	160	200	120	140	100
40	390	320	300	250	230	200
80	480	450	380	350	300	280
150	580	580	460	460	370	360

4. ANALYSE VAN HET REGELGEVINGS- EN PRODUKTIE-NIVEAU

4.1 Regelgevingsniveau

In het 22e supplement van de Model Bouwverordening zijn in artikel 169 eisen geformuleerd in verband met het regen- en vochtwerend vermogen van wanden.

"

- 1 In met de grond of water in aanraking komende wanden of kolommen van gebouwen met een laag aanwezig zijn, die voorkomt dat vocht doordringt tot het boven de grond of het water gelegen deel van de wand of de kolom.
2. Buitenwanden van tot bewoning bestemde gebouwen moeten regenwerend zijn.
3. *Nadere eisen* kunnen worden gesteld met betrekking tot het regenwerend vermogen van:
 - a. woningscheidende wanden die tijdelijk als buitenwand dienst doen;
 - b. buitenwanden van niet tot bewoning bestemde gebouwen.

"

Een concrete bepalingsmethode is niet gegeven.

In het 22e supplement van de Model Bouwverordening zijn in artikel 191 de eisen geformuleerd met betrekking tot de bescherming tegen weersinvloeden door daken.

- " Daken van tot bewoning bestemde gebouwen moeten afdoende bescherming bieden tegen regen en sneeuw en voor zover het daken van besloten ruimten betreft, ook tegen wind.

"

Ook hier is geen bepalingsmethode gegeven.

In het 22e supplement van de Model Bouwverordening is in artikel 199 eerste lid NEN 3661 (uitgave 1988) van toepassing verklaard op deuren en ramen in verband met de bescherming tegen weersinvloeden.

- " Deuren en ramen en hun kozijnen en kozijnbetimmeringen in buitenwanden van tot bewoning bestemde gebouwen en van voor het verblijf van mensen bestemde gebouwen moeten voldoende bescherming geven tegen weersinvloeden door een regen-, sneeuw- en tochtichte aansluiting van:
- het kozijn en zijn betimmering aan de omringende delen van het gebouw;
 - de deur en het raam in het kozijn;
 - de glasbezetting en het paneelwerk in het stijl- en regelwerk van de deur of het raam;
- Aan het bepaalde in dit lid wordt geacht te zijn voldaan, wanneer

de luchtdoorlatendheid, de waterdichtheid, de stijfheid en de sterkte van de in vorige zin genoemde onderdelen voldoen aan NEN 3661, uitgave 1988

"

Dit betekent dat het regelgevingsniveau voor ramen en deuren voor de invoering van het Bouwbesluit overeenstemde met de eisen gegeven in NEN 3661:1988. Voor het overige van de uitwendige scheidingsconstructie waren vòòr de invoering van het Bouwbesluit dus geen bepalingmethoden gegeven.

NEN 2778:1991 geeft thans een bepalingsmethode voor de gehele uitwendige scheidingsconstructie van gebouwen. Ramen en deuren (het toepassingsgebied van NEN 3661:1988) kunnen daarvan een onderdeel zijn.

4.2 Productie-niveau

4.2.1 Eisen en ervaringen vanuit de toepassing

De bestekseisen die in de bouwpraktijk worden gesteld voor wat betreft de waterdichtheid van raamsystemen richten zich, voor zover valt na te gaan, voornamelijk op NEN 3661:1988.

Volgens informatie van het NCIV zijn de ervaringen met het toepassen van NEN 3661:1988 in de *woningbouw* goed, en zijn er voor zover bekend geen klachten met betrekking tot de waterdichtheid.

Wanneer de resultaten van de analyses uit hoofdstuk 3 worden vergeleken met de eisen uit NEN 3661:1988, dan blijkt inderdaad dat voor gebouwen onder de 15 m in *bebouwde omgeving*, waaronder het meerendeel van de eengezinswoningen vallen, bij alle drie varianten uit tabel 3.7 de toetsingsdrukken voor waterdichtheid niet in belangrijke mate afwijken van de waarde 150 Pa (klasse B15 uit NEN 3661:1988). Bovendien ligt de waarde voor *onbebouwde omgeving* in gebied III ook dicht bij de waarde van B15 uit NEN 3661:1988.

Hiervoor is al besproken dat ook galerij-flatwoningen zich in het algemeen in relatief gunstige omstandigheden bevinden, reden waarom ook hier waarschijnlijk NEN 3661:1988 goed voldoet.

Uit informatie verkregen via de NEPROM blijkt echter dat projectonwikkelaars in het algemeen hogere eisen aan de waterdichtheid stellen dan NEN 3661:1988. Het stellen van een hogere eis wordt gemotiveerd uit de overweging dat de gehanteerde verschildrukken die over de gevel werkzaam zijn een te grote kans van overschrijden hebben. Zij hebben in de afgelopen jaren dan ook een aantal concrete waterdichtheidsproblemen ervaren. Bovendien zijn eisen op het niveau K100 uit NEN 3661:1988 in voorkomende gevallen goed haalbaar gebleken.

(Het ligt in de bedoeling deze paragraaf nog verder uit te breiden met

toepassingservaringen van NEN 3661:1988.)

4.2.2 Prestaties met betrekking tot waterdichtheid; productontwikkeling

Volgens ervaring van TNO-Bouw ligt de realisatie van de producenten van gevelsystemen, althans voor bepaalde gevelsystemen, duidelijk boven de eisen gesteld in NEN 3661:1988. Bij de productontwikkeling van metalen en kunststof raamsystemen wordt in het algemeen gemikt op een hoge prestatie voor wat betreft de waterdichtheid. Daarbij is de inzet doorgaans dat het systeem ten minste moet voldoen aan klasse K100 uit NEN 3661:1988, dat wil zeggen een verschildruk 450 Pa. Bij metalen en kunststof raamsystemen liggen de prestaties in het algemeen nog hoger, in de orde van 600 Pa verschildruk. De ervaring is dat deze waarden althans bij de ontwikkeling van metalen en kunststof raamsystemen goed haalbaar zijn. Bij houten raam- en deursystemen blijkt het aanzienlijk moeilijker om aan hogere toetsingsdrukken te voldoen. Dit geldt met name voor ramen en deuren die naar binnen toe openen.

5. SAMENVATTING

In het voorgaande is een overzicht gegeven van de achtergronden en uitgangspunten, die hebben geleid tot de toetsingsdrukken voor waterdichtheid in NEN 3661 uitgave 1975 en uitgave 1988. Ook is ingegaan op de achtergronden van de toetsingsdrukken in NEN 2778, uitgave 1991 en op de verschillen die er bestaan tussen NEN 2778:1991 en NEN 3661:1988. Deze verschillen volgen gedeeltelijk uit andere aannamen over het windklimaat, met name de indeling van Nederland, en gedeeltelijk uit het aspect vrije indeelbaarheid van gebouwen. Dit laatste aspect heeft een grote invloed op de aan te houden verschildruk over de scheidingsconstructie, aangezien daardoor de verschildrukcoëfficiënt aanzienlijk toeneemt.

In de huidige vorm zal NEN 2778:1991 aanleiding kunnen geven tot lekkages van gevelsystemen op enkele plaatsen van enkele ongunstig gelegen gebouwen, gemiddeld eenmaal per jaar. Daarbij is - in navolging van NEN 3661 uitgave 1975 en uitgave 1988 - uitgegaan van het windklimaat van Nederland, waarbij echter niet is bezien of de wind daadwerkelijk samen met neerslag voorkomt.

Uit de hiervoor gepresenteerde analyses blijkt dat door het samengaan van wind en neerslag te beschouwen de toetsingsdruk uit NEN 2778:1991 enigszins kan worden verlaagd. Hiervoor zijn 3 varianten opgesteld. Tot hoever een verlaging mogelijk is hangt ook af van de hoeveelheid neerslag per uur die kan worden geaccepteerd alvorens lekkage zal optreden; afhankelijk daarvan zal een keuze moeten worden gemaakt tussen de varianten 1, 2 en 3 in tabel 3.7.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- [1] "Klimatologische gegevens van Nederlandse stations, Frequentietabellen naar metingen te De Bilt in het tijdvak 1931-1960", KNMI publicatie 150-3, Staatsdrukkerij, 's-Gravenhage
- [2] "Klimatologische gegevens van Nederlandse stations, Frequentietabellen naar metingen te Den Helder in het tijdvak 1931-1960", KNMI publicatie 150-4, Staatsdrukkerij, 's-Gravenhage
- [3] TNO-IBBC rapport BI-74-76 "Gecombineerde aanval van regen en wind op gebouwen", Rijswijk 1974.
- [4] J. Wieringa, P.J. Rijkoort, "Windklimaat van Nederland", Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1983
- [5] P.J. Rijkoort "A Compound Weibull model for the description of average surface wind velocities", Wetenschappelijk Rapport WR-83-13, KNMI, De Bilt, 1983.
- [6] T.A. Buishand en C.A. Velds, "Neerslag en Verdamping", Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1980
- [7] "Klimatologische gegevens van Nederlandse Stations - Frequentietabellen afgeleid uit uurlijkse waarnemingen over het tijdvak 1961 - 1980: Neerslag in windsnelheids en richtingsklassen" KNMI publicatie 150-17, De Bilt, 1986

94-CON-R0207

januari 1994

25

BIJLAGE 1

94-CON-R0207

januari 1994

26

BIJLAGE 1.1: Overzicht station De Kooy

gemiddelde windsnelheid in m/s op 10 m hoogte								
(mm)	0-3	3.5-5.0	5.5-8.0	8.5-10.5	11-13.5	14-16.5	17-20	> 20.5
-	38579	40868	45268	17834	8837	2506	389	33
0.1-0.5	2025	2406	3767	2386	1673	622	111	25
0.6-1.0	462	643	1136	689	544	210	50	6
1.1-2.0	346	458	791	486	447	172	39	10
2.1-3.0	105	165	245	160	133	61	13	0
3.1-4.0	36	62	83	58	41	29	6	0
4.1-5.0	22	27	43	18	12	8	2	0
5.1-6.0	18	7	21	10	6	1	2	0
6.1-7.0	11	7	8	7	5	1	1	0
7.1-8.0	3	7	5	3	2	0	0	0
8.1-9.0	2	4	1	0	2	0	0	0
9.1-10	1	2	0	1	0	0	0	0
>10	8	7	14	3	2	0	0	0
	41618	44663	51382	21655	11704	3610	613	74

gemiddelde windsnelheid in m/s op 10 m hoogte								
(mm)	0-3	3.5-5.0	5.5-8.0	8.5-10.5	11-13.5	14-16.5	17-20	> 20.5
-	41066	43274	45268	17834	8837	2506	389	33
0.1-0.5	346	643	3767	2386	1673	622	0	0
0.6-1.0	181	458	1136	689	0	0	111	25
1.1-2.0	17	227	791	0	544	210	0	0
2.1-3.0	8	27	245	486	447	0	50	0
3.1-4.0	0	14	83	160	0	172	0	6
4.1-5.0	0	11	43	58	133	0	39	0
5.1-6.0	0	2	21	0	0	61	0	10
6.1-7.0	0	7	8	18	41	0	0	0
7.1-8.0	0	0	5	10	0	0	13	0
8.1-9.0	0	0	1	7	12	29	0	0
9.1-10	0	0	0	0	6	0	6	0
>10	0	0	14	7	11	10	5	0

gemiddelde windsnelheid in m/s op 10 m hoogte								
(mm)	0-3	3.5-5.0	5.5-8.0	8.5-10.5	11-13.5	14-16.5	17-20	> 20.5
-	0.986737	0.968900	0.881009	0.823551	0.755041	0.694183	0.634584	0.445946
0.1-0.5	0.008314	0.014397	0.073314	0.110182	0.142943	0.172299	0.000000	0.000000
0.6-1.0	0.004349	0.010255	0.022109	0.031817	0.000000	0.000000	0.181077	0.337838
1.1-2.0	0.000408	0.005083	0.015394	0.000000	0.046480	0.058172	0.000000	0.000000
2.1-3.0	0.000192	0.000605	0.004768	0.022443	0.038192	0.000000	0.081566	0.000000
3.1-4.0	0.000000	0.000313	0.001615	0.007389	0.000000	0.047645	0.000000	0.081081
4.1-5.0	0.000000	0.000246	0.000837	0.002678	0.011364	0.000000	0.063622	0.000000
5.1-6.0	0.000000	0.000045	0.000409	0.000000	0.000000	0.016898	0.000000	0.135135
6.1-7.0	0.000000	0.000157	0.000156	0.000831	0.003503	0.000000	0.000000	0.000000
7.1-8.0	0.000000	0.000000	0.000097	0.000462	0.000000	0.000000	0.021207	0.000000
8.1-9.0	0.000000	0.000000	0.000019	0.000323	0.001025	0.008033	0.000000	0.000000
9.1-10	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000513	0.000000	0.009788	0.000000
>10	0.000000	0.000000	0.000272	0.000323	0.000940	0.002770	0.008157	0.000000

94-CON-R0207

januari 1994

27

BIJLAGE 1.2: Overzicht station De Bilt

gemiddelde windsnelheid in m/s op 10 m hoogte								
(mm)	0-3	3.5-5.0	5.5-8.0	8.5-10.5	11-13.5	14-16.5	17-20	> 20.5
-	89141	44091	17784	1711	150	15	1	0
0.1-0.5	6088	4549	2889	517	54	6	0	0
0.6-1.0	1324	1246	993	208	33	2	0	0
1.1-2.0	944	906	806	179	35	2	0	0
2.1-3.0	305	294	243	63	11	0	0	0
3.1-4.0	109	111	100	23	2	0	0	0
4.1-5.0	64	48	28	10	0	0	0	0
5.1-6.0	44	25	17	5	0	0	0	0
6.1-7.0	27	17	4	0	0	0	0	0
7.1-8.0	20	12	2	0	0	0	0	0
8.1-9.0	5	6	3	0	0	0	0	0
9.1-10	7	5	0	0	0	0	0	0
>10	19	13	4	0	0	0	0	0
	98097	51323	22873	2716	285	25	1	0

gemiddelde windsnelheid in m/s op 10 m hoogte								
(mm)	0-3	3.5-5.0	5.5-8.0	8.5-10.5	11-13.5	14-16.5	17-20	> 20.5
-	96553	48640	17784	1711	150	15	1	0
0.1-0.5	944	1246	2889	517	54	6	0	0
0.6-1.0	522	906	993	208	0	0	0	0
1.1-2.0	59	405	806	0	33	2	0	0
2.1-3.0	19	48	243	179	35	0	0	0
3.1-4.0	0	42	100	63	0	2	0	0
4.1-5.0	0	18	28	23	11	0	0	0
5.1-6.0	0	5	17	0	0	0	0	0
6.1-7.0	0	13	4	10	2	0	0	0
7.1-8.0	0	0	2	5	0	0	0	0
8.1-9.0	0	0	3	0	0	0	0	0
9.1-10	0	0	0	0	0	0	0	0
>10	0	0	4	0	0	0	0	0

gemiddelde windsnelheid in m/s op 10 m hoogte								
(mm)	0-3	3.5-5.0	5.5-8.0	8.5-10.5	11-13.5	14-16.5	17-20	> 20.5
-	0.984260	0.947723	0.777511	0.629971	0.526316	0.600000	1.000000	0.000000
0.1-0.5	0.009623	0.024278	0.126306	0.190353	0.189474	0.240000	0.000000	0.000000
0.6-1.0	0.005321	0.017653	0.043414	0.076583	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
1.1-2.0	0.000601	0.007891	0.035238	0.000000	0.115789	0.080000	0.000000	0.000000
2.1-3.0	0.000194	0.000935	0.010624	0.065906	0.122807	0.000000	0.000000	0.000000
3.1-4.0	0.000000	0.000818	0.004372	0.023196	0.000000	0.080000	0.000000	0.000000
4.1-5.0	0.000000	0.000351	0.001224	0.008468	0.038596	0.000000	0.000000	0.000000
5.1-6.0	0.000000	0.000097	0.000743	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
6.1-7.0	0.000000	0.000253	0.000175	0.003682	0.007018	0.000000	0.000000	0.000000
7.1-8.0	0.000000	0.000000	0.000087	0.001841	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
8.1-9.0	0.000000	0.000000	0.000131	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
9.1-10	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
>10	0.000000	0.000000	0.000175	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

94-CON-R0207

januari 1994

28

BIJLAGE 1.3: Overzicht station Vlissingen

gemiddelde windsnelheid in m/s op 10 m hoogte								
(mm)	0-3	3.5-5.0	5.5-8.0	8.5-10.5	11-13.5	14-16.5	17-20	> 20.5
-	35968	42241	48468	17954	7989	2024	505	72
0.1-0.5	1751	2525	3743	2382	1417	552	111	19
0.6-1.0	347	563	1046	784	508	198	50	3
1.1-2.0	287	409	748	525	416	151	38	3
2.1-3.0	78	141	246	147	131	54	11	1
3.1-4.0	53	52	99	72	37	20	5	0
4.1-5.0	25	27	53	27	16	5	0	0
5.1-6.0	17	26	28	11	5	5	0	0
6.1-7.0	4	12	20	3	5	0	0	0
7.1-8.0	7	5	10	0	2	0	0	0
8.1-9.0	2	2	5	2	4	1	0	0
9.1-10	6	5	6	1	0	0	0	0
>10	6	11	8	2	2	0	0	0
	38551	46019	54480	21910	10532	3010	720	98

gemiddelde windsnelheid in m/s op 10 m hoogte								
(mm)	0-3	3.5-5.0	5.5-8.0	8.5-10.5	11-13.5	14-16.5	17-20	> 20.5
-	38066	44766	48468	17954	7989	2024	505	72
0.1-0.5	287	563	3743	2382	1417	552	0	0
0.6-1.0	173	409	1046	784	0	0	111	19
1.1-2.0	19	193	748	0	508	198	0	0
2.1-3.0	6	27	246	525	416	0	50	0
3.1-4.0	0	38	99	147	0	151	0	3
4.1-5.0	0	7	53	72	131	0	38	0
5.1-6.0	0	5	28	0	0	54	0	3
6.1-7.0	0	11	20	27	37	0	0	0
7.1-8.0	0	0	10	11	0	0	11	0
8.1-9.0	0	0	11	3	16	20	0	1
9.1-10	0	0	0	0	5	0	5	0
>10	0	0	8	5	13	11	0	0

gemiddelde windsnelheid in m/s op 10 m hoogte								
(mm)	0-3	3.5-5.0	5.5-8.0	8.5-10.5	11-13.5	14-16.5	17-20	> 20.5
-	0.987419	0.972772	0.889648	0.819443	0.758545	0.672425	0.701389	0.734694
0.1-0.5	0.007445	0.012234	0.068704	0.108717	0.134542	0.183389	0.000000	0.000000
0.6-1.0	0.004488	0.008888	0.019200	0.035783	0.000000	0.000000	0.154167	0.193878
1.1-2.0	0.000493	0.004194	0.013730	0.000000	0.048234	0.065781	0.000000	0.000000
2.1-3.0	0.000156	0.000587	0.004515	0.023962	0.039499	0.000000	0.069444	0.000000
3.1-4.0	0.000000	0.000826	0.001817	0.006709	0.000000	0.050166	0.000000	0.030612
4.1-5.0	0.000000	0.000152	0.000973	0.003286	0.012438	0.000000	0.052778	0.000000
5.1-6.0	0.000000	0.000109	0.000514	0.000000	0.000000	0.017940	0.000000	0.030612
6.1-7.0	0.000000	0.000239	0.000367	0.001232	0.003513	0.000000	0.000000	0.000000
7.1-8.0	0.000000	0.000000	0.000184	0.000502	0.000000	0.000000	0.015278	0.000000
8.1-9.0	0.000000	0.000000	0.000202	0.000137	0.001519	0.006645	0.000000	0.010204
9.1-10	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000475	0.000000	0.006944	0.000000
>10	0.000000	0.000000	0.000147	0.000228	0.001234	0.003654	0.000000	0.000000

94-CON-R0207

januari 1994

29

BIJLAGE 1.4: Overzicht station Beek

gemiddelde windsnelheid in m/s op 10 m hoogte								
(mm)	0-3	3.5-5.0	5.5-8.0	8.5-10.5	11-13.5	14-16.5	17-20	> 20.5
-	71462	48146	28268	4821	844	54	5	1
0.1-0.5	4157	4492	3887	1051	291	33	1	0
0.6-1.0	920	1111	1174	352	109	19	0	0
1.1-2.0	621	771	793	303	92	15	1	0
2.1-3.0	221	285	263	100	14	1	1	0
3.1-4.0	82	91	74	26	12	0	0	0
4.1-5.0	32	54	43	7	6	0	0	0
5.1-6.0	25	31	18	3	3	1	0	0
6.1-7.0	11	17	5	1	0	0	0	0
7.1-8.0	6	12	6	4	0	0	0	0
8.1-9.0	3	5	3	0	0	0	0	0
9.1-10	4	5	6	1	0	0	0	0
>10	17	11	15	0	0	0	0	0
	77561	55031	34555	6669	1371	123	8	1

gemiddelde windsnelheid in m/s op 10 m hoogte								
(mm)	0-3	3.5-5.0	5.5-8.0	8.5-10.5	11-13.5	14-16.5	17-20	> 20.5
-	76539	52638	28268	4821	844	54	5	1
0.1-0.5	621	1111	3887	1051	291	33	0	0
0.6-1.0	360	771	1174	352	0	0	1	0
1.1-2.0	24	376	793	0	109	19	0	0
2.1-3.0	17	54	263	303	92	0	0	0
3.1-4.0	0	48	74	100	0	15	0	0
4.1-5.0	0	17	43	26	14	0	1	0
5.1-6.0	0	5	18	0	0	1	0	0
6.1-7.0	0	11	5	7	12	0	0	0
7.1-8.0	0	0	6	3	0	0	1	0
8.1-9.0	0	0	9	1	6	0	0	0
9.1-10	0	0	0	0	3	0	0	0
>10	0	0	15	5	0	1	0	0

gemiddelde windsnelheid in m/s op 10 m hoogte								
(mm)	0-3	3.5-5.0	5.5-8.0	8.5-10.5	11-13.5	14-16.5	17-20	> 20.5
-	0.986823	0.956515	0.818058	0.722897	0.615609	0.439024	0.625000	1.000000
0.1-0.5	0.008007	0.020189	0.112487	0.157595	0.212254	0.268293	0.000000	0.000000
0.6-1.0	0.004642	0.014010	0.033975	0.052782	0.000000	0.000000	0.125000	0.000000
1.1-2.0	0.000309	0.006833	0.022949	0.000000	0.079504	0.154472	0.000000	0.000000
2.1-3.0	0.000219	0.000981	0.007611	0.045434	0.067104	0.000000	0.000000	0.000000
3.1-4.0	0.000000	0.000872	0.002142	0.014995	0.000000	0.121951	0.000000	0.000000
4.1-5.0	0.000000	0.000309	0.001244	0.003899	0.010212	0.000000	0.125000	0.000000
5.1-6.0	0.000000	0.000091	0.000521	0.000000	0.000000	0.008130	0.000000	0.000000
6.1-7.0	0.000000	0.000200	0.000145	0.001050	0.008753	0.000000	0.000000	0.000000
7.1-8.0	0.000000	0.000000	0.000174	0.000450	0.000000	0.000000	0.125000	0.000000
8.1-9.0	0.000000	0.000000	0.000260	0.000150	0.004376	0.000000	0.000000	0.000000
9.1-10	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.002188	0.000000	0.000000	0.000000
>10	0.000000	0.000000	0.000434	0.000750	0.000000	0.008130	0.000000	0.000000

94-CON-R0207

januari 1994

30

BIJLAGE 1.5: Overzicht station Eelde

gemiddelde windsnelheid in m/s op 10 m hoogte								
(mm)	0-3	3.5-5.0	5.5-8.0	8.5-10.5	11-13.5	14-16.5	17-20	> 20.5
-	60726	46989	33750	7549	2108	316	39	7
0.1-0.5	3823	4189	4863	1923	657	130	26	2
0.6-1.0	749	975	1423	314	216	42	8	0
1.1-2.0	514	704	934	411	173	38	8	1
2.1-3.0	162	220	231	107	45	17	3	0
3.1-4.0	51	78	90	38	18	3	1	0
4.1-5.0	36	44	45	10	14	2	0	0
5.1-6.0	26	19	29	2	1	1	0	0
6.1-7.0	8	13	8	3	2	0	0	0
7.1-8.0	7	11	8	2	0	0	0	0
8.1-9.0	1	13	1	2	1	0	0	0
9.1-10	3	4	2	0	1	0	0	0
>10	5	14	10	0	1	0	0	0
	66111	53273	41394	10361	3237	549	85	10

gemiddelde windsnelheid in m/s op 10 m hoogte								
(mm)	0-3	3.5-5.0	5.5-8.0	8.5-10.5	11-13.5	14-16.5	17-20	> 20.5
-	65298	51178	33750	7549	2108	316	39	7
0.1-0.5	514	975	4863	1923	657	130	0	0
0.6-1.0	275	704	1423	314	0	0	26	2
1.1-2.0	19	298	934	0	216	42	0	0
2.1-3.0	5	44	231	411	173	0	8	0
3.1-4.0	0	32	90	107	0	38	0	0
4.1-5.0	0	24	45	38	45	0	8	0
5.1-6.0	0	4	29	0	0	17	0	1
6.1-7.0	0	14	8	10	18	0	0	0
7.1-8.0	0	0	8	2	0	0	3	0
8.1-9.0	0	0	3	3	14	3	0	0
9.1-10	0	0	0	0	1	0	1	0
>10	0	0	10	4	5	3	0	0

gemiddelde windsnelheid in m/s op 10 m hoogte								
(mm)	0-3	3.5-5.0	5.5-8.0	8.5-10.5	11-13.5	14-16.5	17-20	> 20.5
-	0.987703	0.960674	0.815336	0.728598	0.651220	0.575592	0.458824	0.700000
0.1-0.5	0.007775	0.018302	0.117481	0.185600	0.202966	0.236794	0.000000	0.000000
0.6-1.0	0.004160	0.013215	0.034377	0.030306	0.000000	0.000000	0.305882	0.200000
1.1-2.0	0.000287	0.005594	0.022564	0.000000	0.066728	0.076503	0.000000	0.000000
2.1-3.0	0.000076	0.000826	0.005581	0.039668	0.053445	0.000000	0.094118	0.000000
3.1-4.0	0.000000	0.000601	0.002174	0.010327	0.000000	0.069217	0.000000	0.000000
4.1-5.0	0.000000	0.000451	0.001087	0.003668	0.013902	0.000000	0.094118	0.000000
5.1-6.0	0.000000	0.000075	0.000701	0.000000	0.000000	0.030965	0.000000	0.100000
6.1-7.0	0.000000	0.000263	0.000193	0.000965	0.005561	0.000000	0.000000	0.000000
7.1-8.0	0.000000	0.000000	0.000193	0.000193	0.000000	0.000000	0.035294	0.000000
8.1-9.0	0.000000	0.000000	0.000072	0.000290	0.004325	0.005464	0.000000	0.000000
9.1-10	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000309	0.000000	0.011765	0.000000
>10	0.000000	0.000000	0.000242	0.000386	0.001545	0.005464	0.000000	0.000000

94-CON-R0207

januari 1994

31

BIJLAGE 2

BIJLAGE 2.1: stuwdruk bij variant 1 'wind en enige neerslag'

h (m)	p-w kN/m ²					
	gebied I		gebied II		gebied III	
	onbebouwd	bebouwd	onbebouwd	bebouwd	onbebouwd	bebouwd
2	0.11	0.09	0.07	0.07	0.06	0.06
3	0.14	0.09	0.09	0.07	0.06	0.06
4	0.16	0.09	0.10	0.07	0.07	0.06
5	0.18	0.09	0.12	0.07	0.08	0.06
6	0.20	0.09	0.14	0.07	0.10	0.06
7	0.21	0.09	0.15	0.07	0.11	0.06
8	0.23	0.09	0.16	0.07	0.12	0.06
9	0.24	0.09	0.17	0.07	0.12	0.06
10	0.25	0.11	0.18	0.09	0.13	0.07
11	0.26	0.12	0.19	0.10	0.14	0.08
12	0.27	0.14	0.20	0.11	0.15	0.09
13	0.28	0.15	0.20	0.12	0.15	0.10
14	0.29	0.16	0.21	0.13	0.16	0.10
15	0.29	0.17	0.22	0.14	0.16	0.11
16	0.30	0.18	0.22	0.15	0.17	0.12
17	0.31	0.19	0.23	0.15	0.17	0.12
18	0.32	0.20	0.24	0.16	0.18	0.13
19	0.32	0.21	0.24	0.17	0.18	0.14
20	0.33	0.22	0.25	0.18	0.19	0.14
25	0.36	0.26	0.27	0.21	0.21	0.17
30	0.38	0.29	0.29	0.23	0.23	0.19
35	0.40	0.32	0.31	0.25	0.24	0.21
40	0.42	0.34	0.33	0.27	0.26	0.22
45	0.44	0.37	0.34	0.29	0.27	0.24
50	0.45	0.39	0.36	0.31	0.28	0.25
55	0.47	0.41	0.37	0.32	0.29	0.26
60	0.48	0.42	0.38	0.34	0.30	0.27
65	0.49	0.44	0.39	0.35	0.31	0.29
70	0.50	0.46	0.40	0.36	0.32	0.30
75	0.51	0.47	0.41	0.38	0.33	0.31
80	0.52	0.48	0.42	0.39	0.33	0.31
85	0.53	0.50	0.43	0.40	0.34	0.32
90	0.54	0.51	0.44	0.41	0.35	0.33
95	0.55	0.52	0.44	0.42	0.35	0.34
100	0.56	0.53	0.45	0.43	0.36	0.35
110	0.58	0.55	0.47	0.44	0.37	0.36
120	0.59	0.57	0.48	0.46	0.38	0.37
130	0.60	0.59	0.49	0.47	0.39	0.39
140	0.62	0.61	0.50	0.49	0.40	0.40
150	0.63		0.51	0.50	0.41	0.41

```

beta = 0.900000,  zgrens = 9.000000
z0      d      uster
0.100000      0.000000 1.732817
0.700000      3.500000 2.372034
0.200000      0.000000 1.730410
0.700000      3.500000 2.121633
0.300000      0.000000 1.653426
0.700000      3.500000 1.910626

```

BIJLAGE 2.2: Stuwdruk bij wind en neerslag > 0.5 mm/h

h (m)	p-w kN/m ²					
	gebied I		gebied II		gebied III	
	onbebouwd	bebouwd	onbebouwd	bebouwd	onbebouwd	bebouwd
2	0.10	0.09	0.07	0.07	0.06	0.06
3	0.13	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06
4	0.15	0.09	0.10	0.07	0.07	0.06
5	0.17	0.09	0.11	0.07	0.08	0.06
6	0.18	0.09	0.13	0.07	0.09	0.06
7	0.20	0.09	0.14	0.07	0.10	0.06
8	0.21	0.09	0.15	0.07	0.11	0.06
9	0.22	0.09	0.16	0.07	0.11	0.06
10	0.23	0.10	0.17	0.08	0.12	0.07
11	0.24	0.12	0.17	0.09	0.13	0.07
12	0.25	0.13	0.18	0.10	0.13	0.08
13	0.26	0.14	0.19	0.11	0.14	0.09
14	0.27	0.15	0.20	0.12	0.14	0.10
15	0.28	0.16	0.20	0.13	0.15	0.10
16	0.28	0.17	0.21	0.14	0.16	0.11
17	0.29	0.18	0.21	0.14	0.16	0.11
18	0.30	0.19	0.22	0.15	0.16	0.12
19	0.30	0.20	0.23	0.16	0.17	0.13
20	0.31	0.21	0.23	0.16	0.17	0.13
25	0.33	0.24	0.25	0.19	0.19	0.15
30	0.36	0.27	0.27	0.22	0.21	0.17
35	0.38	0.30	0.29	0.24	0.22	0.19
40	0.39	0.32	0.30	0.25	0.23	0.20
45	0.41	0.34	0.32	0.27	0.25	0.22
50	0.42	0.36	0.33	0.29	0.26	0.23
55	0.44	0.38	0.34	0.30	0.27	0.24
60	0.45	0.40	0.35	0.31	0.28	0.25
65	0.46	0.41	0.36	0.33	0.28	0.26
70	0.47	0.43	0.37	0.34	0.29	0.27
75	0.48	0.44	0.38	0.35	0.30	0.28
80	0.49	0.45	0.39	0.36	0.31	0.29
85	0.50	0.46	0.40	0.37	0.31	0.30
90	0.51	0.48	0.40	0.38	0.32	0.30
95	0.52	0.49	0.41	0.39	0.33	0.31
100	0.52	0.50	0.42	0.40	0.33	0.32
110	0.54	0.52	0.43	0.41	0.34	0.33
120	0.55	0.54	0.44	0.43	0.35	0.34
130	0.56	0.55	0.46	0.44	0.36	0.35
140	0.58	0.57	0.47	0.45	0.37	0.36
150	0.59		0.48	0.47	0.38	0.37

```

beta = 0.900000,  zgrens = 9.000000
z0      d      uster
0.100000      0.000000 1.674995
0.700000      3.500000 2.292881
0.200000      0.000000 1.666598
0.700000      3.500000 2.043395
0.300000      0.000000 1.584684
0.700000      3.500000 1.831190

```

BIJLAGE 2.3: Stuwdruk bij wind en neerslag > 1 mm/h

h (m)	p-w kN/m ²					
	gebied I		gebied II		gebied III	
	onbebouwd	bebouwd	onbebouwd	bebouwd	onbebouwd	bebouwd
2	0.09	0.08	0.06	0.06	0.05	0.05
3	0.11	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05
4	0.13	0.08	0.09	0.06	0.06	0.05
5	0.15	0.08	0.10	0.06	0.07	0.05
6	0.16	0.08	0.11	0.06	0.08	0.05
7	0.18	0.08	0.12	0.06	0.09	0.05
8	0.19	0.08	0.13	0.06	0.09	0.05
9	0.20	0.08	0.14	0.06	0.10	0.05
10	0.21	0.09	0.15	0.07	0.11	0.06
11	0.22	0.10	0.15	0.08	0.11	0.06
12	0.23	0.11	0.16	0.09	0.12	0.07
13	0.23	0.13	0.17	0.10	0.12	0.08
14	0.24	0.14	0.17	0.11	0.13	0.08
15	0.25	0.14	0.18	0.11	0.13	0.09
16	0.25	0.15	0.19	0.12	0.14	0.10
17	0.26	0.16	0.19	0.13	0.14	0.10
18	0.27	0.17	0.20	0.13	0.14	0.11
19	0.27	0.18	0.20	0.14	0.15	0.11
20	0.28	0.18	0.20	0.14	0.15	0.11
25	0.30	0.22	0.22	0.17	0.17	0.13
30	0.32	0.24	0.24	0.19	0.18	0.15
35	0.34	0.27	0.26	0.21	0.19	0.17
40	0.35	0.29	0.27	0.23	0.21	0.18
45	0.37	0.31	0.28	0.24	0.22	0.19
50	0.38	0.32	0.29	0.26	0.22	0.20
55	0.39	0.34	0.30	0.27	0.23	0.21
60	0.40	0.36	0.31	0.28	0.24	0.22
65	0.41	0.37	0.32	0.29	0.25	0.23
70	0.42	0.38	0.33	0.30	0.26	0.24
75	0.43	0.39	0.34	0.31	0.26	0.25
80	0.44	0.41	0.35	0.32	0.27	0.25
85	0.45	0.42	0.35	0.33	0.27	0.26
90	0.46	0.43	0.36	0.34	0.28	0.27
95	0.46	0.44	0.37	0.34	0.28	0.27
100	0.47	0.45	0.37	0.35	0.29	0.28
110	0.48	0.47	0.38	0.37	0.30	0.29
120	0.49	0.48	0.39	0.38	0.31	0.30
130	0.51	0.50	0.40	0.39	0.32	0.31
140	0.52	0.51	0.41	0.40	0.32	0.32
150	0.53		0.42	0.41	0.33	0.33

```

beta = 0.900000,  zgrens = 9.000000
z0      d      uster
0.100000      0.000000 1.587328
0.700000      3.500000 2.172875
0.200000      0.000000 1.570882
0.700000      3.500000 1.926037
0.300000      0.000000 1.483380
0.700000      3.500000 1.714128

```

BIJLAGE 3 - OMREKENING SNELHEIDSREDUCTIE

De vermindering van de uurgemiddelde potentiële windsnelheid is berekend met de verschuivingsterm van de Gumbelverdeling, te weten voor:

- gebied I: $1.85 \ln(R)$
- gebied II: $1.82 \ln(R)$
- gebied III: $1.78 \ln(R)$

Hierin is R voor:

- variant 1: $R = 1/0,418$
- variant 2: $R = 1/0.284$
- variant 3: $R = 1/0.160$

De vermindering van de potentiële uurgemiddelde windsnelheid in m/s als gevolg van onvolledige correlatie bedraagt dan:

variant	gebied I	gebied II	gebied III
1 geen neerslag	1.61	1.59	1.55
2 < 0.5 mm per uur	2.32	2.29	2.24
3 < 1 mm per uur	3.39	3.33	3.26

De reductie heeft betrekking op de uurgemiddelde potentiële windsnelheid.

Voor de uurgemiddelde windsnelheid, herhalingsstijd 1 jaar volgens NEN 6702 is aangehouden:

- gebied I: 22.8 m/s
- gebied II: 20.4
- gebied III: 18.1

De reductiefactor bedraagt dus $(22.8 - 1.61)/22.8 = 0.929$ etc. Deze reductiefactor is toegepast op de wrijvingsnelheid u^* , zoals vermeld in NEN 6702, voor de berekening van de stuwdruk.

Omdat de in NEN 6702 vermelde wrijvingsnelheid geldt voor 12,5 jaar is ook nog een reductie voor de conversie 12,5 jaar $\rightarrow$ 1 jaar toegepast. Deze reductie bedraagt:

- gebied I: 0.829
- gebied II: 0.816
- gebied III: 0.804

Uiteindelijk bedraagt de gehanteerde wrijvingsnelheid in gebied I, onbebouwd, voor de situatie zonder neerslag dus $0.929 \cdot 0.829 \cdot 2.25 = 1,733$ m/s.

95-CON-R0207

januari 1994

36

BIJLAGE 4 - FAX 93-CON-F110

Memorandum

93-CON-MF110/SNP/MNL

1

6 juli 1993

Aan : Zie verzendlijst
Van : P.C. van Staalduinen, TNO-Bouw
Kopie : -
Betreft : Overwegingen bij de keuze van een tabel met toetsingsdrukken

Aan:	Meerdink (DGMR)	070-3584752
	Lichtveld (Lichtveld Buis en Partners)	030-341754
	Sprick (HT Nederland)	
	Van de Ven (VMRG)	08880-52022
	Van Merrienboer (NBvT)	02159-43795
	Van Luijk, P.J. (VROM)	070-3391256
	Nieman (Adviesbureau Nieman)	030-413934
	Scholten (TNO-Bouw)	843995
	Dingjan (NNI)	690190
	De Jong (NNI)	690190

In het overleg van 14 juni 1993 zijn door TNO drie varianten voorgesteld voor de tabel met toetsingsdrukken, zie tabel 3.7 van memo 93-CON-M072/SNP/BKA.

Deze varianten hebben gemeen dat een verschildruk over de gevel (uitgedrukt in Pa) groter dan aangegeven in de tabel, in combinatie met een hoeveelheid neerslag (uitgedrukt in mm/h op een verticaal vlak) groter dan aangegeven boven de tabel, steeds gemiddeld eenmaal per jaar wordt overschreden. Anders geformuleerd: de herhalingsstijd van het verschijnsel bedraagt 1 jaar.

De varianten betreffen:

- wind en enige neerslag (strikt genomen > 0.1 mm/h)
- wind en neerslag (> 0.5 mm/h)
- wind en neerslag (> 1 mm/h)

In de tabellen valt te zien dat de toetsingsdruk (de verschildruk over de gevel) enigszins afneemt naarmate we meer neerslag op de gevel accepteren.

We kunnen enige neerslag op de gevel accepteren zonder dat dit ogenblikkelijk tot lekkage leidt vanwege:

- een zekere berging op het getroffen oppervlak. Bij poreuze gevelmaterialen is dit aanzienlijk, bij glas bedraagt dit echter slechts ongeveer 0,1 mm
- een zekere berging in het raam- of deursysteem afvoren lekkage kan optreden
- een zekere mate van verdamping.

Genoemde aspecten zijn onder de hier van belang zijnde extreme windcondities moeilijk te kwantificeren en zijn bovendien afhankelijk van de detaillering en de materiaalkeuze van het betrokken gevelsysteem.

Memorandum

93-CON-MF110/SNP/MNL

2

6 juli 1993

Bij de beproeving volgens NEN 3661 wordt een neerslagdebiet op de gevel van 2 mm/minuut gehanteerd. Dit is dus een orde hoger dan in de gepresenteerde varianten is aangenomen. Aangenomen mag dan ook worden dat bij de beproeving de aspecten 'berging op het getroffen oppervlak' en 'berging in het raam- of deursysteem' van weinig invloed zullen zijn. Verdamping is bij de proef überhaupt niet van belang.

Met deze in werkelijkheid wel relevante zaken kan rekening worden gehouden door van een variant uit te gaan waarin een zekere (doch beperkte) hoeveelheid neerslag wordt geaccepteerd. Uit tabel 3.7 wordt duidelijk dat dit ten opzichte van variant 1 een reductie in de toetsingsdruk met zich meebrengt in de orde van enkele tientallen Pa.

Het is niet eenvoudig scherp aan te geven waar nog sprake is van een acceptabele hoeveelheid neerslag en waar de grens van het toelaatbare wordt overschreden. Bij de gegeven neerslaghoeveelheden moet worden bedacht dat deze zijn gegeven per uur, maar dat de verdeling van de neerslag over het uur zeer waarschijnlijk niet homogeen is. Aangenomen mag worden dat er bij extreme windcondities meestal sprake zal zijn van buien.

Over de varianten valt nog het volgende op te merken:

- Variant 1 is *altijd* acceptabel, omdat daarbij geen neerslag valt.
- Een neerslagdebiet van 0.5 mm/h ofwel 0.5 l/(mm² h) volgens variant 2 kan naar de mening van TNO nog tot een acceptabel kleine hoeveelheid worden gerekend.
- Een neerslaghoeveelheid van 1 mm/h volgens variant 3 zal voor sommige raam- of deursystemen wellicht geen enkel bezwaar zijn, voor andere systemen met minder berging mogelijk wel.

Wij menen dan ook dat op dit moment een voorkeur bestaat voor variant 2.

Onderstaand zijn de relevante toetsingsdrukken van variant 2 nogmaals weergegeven.

Variant 2	"Wind en neerslag > 0.5 mm/h"					
	Gebied I		Gebied II		Gebied III	
Hoogte (m)	onbebouwd	bebouwd	onbebouwd	bebouwd	onbebouwd	bebouwd
15	300	180	220	140	160	110
40	430	350	340	280	260	230
80	540	500	430	400	340	320
150	640	640	520	510	420	410

Deze tabel zou desgewenst nog kunnen worden uitgebreid met een regel voor een hoogte van 8 m. De desbetreffende regel zou luiden,, afgerond op veelvouden van 10 Pa:

230 100 160 80 120 60