

Voor de windberekening van de Overkapping IJsei volstaan de schema's in NEN 6702 of Eurocode niet en is een interpretatie van de norm nodig. Bij een uitgenutte, en in dit geval relatief slappe constructie is het zaak de verwachte belastingen nauwkeurig te bepalen voor zekerheid over het vereiste veiligheidsniveau. Uit onderzoek blijken de globale belastingen soms wel 60% lager te liggen, maar de lokale windbelastingen, met name op de koppen, kunnen fors hoger uitvallen dan in de normen.

ir. L.I. Vákár, ir. J.C. van Wolfswinkel en

ir. G.M. van Uffelen

László Vákár is consultant bij Movares, Jan van Wolfswinkel is senior adviseur bij Movares en Marcel van Uffelen is projectleider bij Peutz in Mook.

De vorm van de kap wijkt af van de genoemde figuren om windvormfactoren te bepalen. Een interpretatie van de norm is nodig om de werkelijkheid zo dicht mogelijk te benaderen en te vergelijken met de resultaten van het windtunnelonderzoek.

Voor wind in dwarsrichting is gebruik gemaakt van de modellen voor tweezijdig hellende overkappingen. De windvormfactoren zijn afhankelijk van de dakhelling. De overkapping is gebogen en heeft dus een verlopende dakhelling. De windvormfactor is gekozen bij de aanwezige dakhelling. Dat wil zeggen: de factor verandert met de helling mee. Voor de wind in langsrichting is de situatie van een eenzijdig hellende overkapping ($\alpha = 0^\circ$) toegepast.

Lokale wind

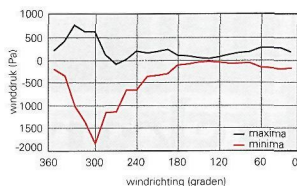
Bij de randen van de kap gelden lokale windvormfactoren. Deze zijn bepaald met NEN 6702. In de langsrichting is gerekend met

een vlak dak en in de dwarsrichting is de kap ook hier geschematiseerd tot een tweezijdig hellend dak met wisselende hoeken.

Dit resulteerde in maximale waarden voor de lokale windbelasting van 2,7 kN/m².

Windtunnelonderzoek

De winddrukken zijn gemeten in een schaalmodel – inclusief de omringende bebouwing – met een serie dynamische druksensoren. De sensoren zijn simultaan uitgelezen – door een 120-kanaals data-acquisitiesysteem – en omgerekend naar de 'werkelijkheid', op volle schaal. Hieruit volgen de representatieve waarden voor overdruk en zuiging voor de referentieperiode van 50 jaar. Een grafiek met de bijbehorende maximale en minimale drukkuren voor een meetpunt op de rand is te zien in afbeelding 1. Twee frequenties zijn bekeken: voor de spanten 30 Hz (dat correspondeert met de spantmaat 60x12,5 m) en



1. Voorbeeldgrafiek met windbelasting.

voor het glas 400 Hz (dat correspondeert met de glasmaat van 3x1 m). Hoe groter de afmetingen van een onderdeel, hoe lager de frequentie van de wind waarop de constructie wordt berekend, omdat het dan om grotere windvlagen gaat. De hogere frequenties hangen samen met lokale heftigere windwervels, die aangrijpen op de afzonderlijke glasplaten. Om de winddruk op de gordingen en andere onderdelen te bepalen, moet worden geïnterpoleerd tussen de voor de spanten en het glas gegeven winddrukken.

Onderzoek versus NEN 6702

Het onderzoek geeft voor de globale winddrukken in het algemeen lagere waarden dan NEN 6702 (tabel 1). Eén van de oorzaken hiervan is dat bij het bepalen van de in de NEN 6702 gegeven windvormfactoren voor één- en tweezijdig hellende overkappingen altijd rekening gehouden wordt met geblokkeerde doorstroming van wind. Overkapping IJsei is echter een grote open constructie, zeker in de lengte. De wind kan hierdoor niet de overdruk opbouwen waarmee in NEN 6702 rekening wordt gehouden. Voor het bepalen van de windbelasting is besloten altijd de hoogste waarde te kiezen uit de norm of het windtunnelonderzoek. In een aantal gevallen zijn de belastingen volgens NEN 6072 ongeveer drie maal hoger dan in het onderzoek is gemeten. Desondanks is de hoge belasting gekozen maar in een aantal toetsingen licht gereduceerd. De bij veiligheidsklasse 3 behorende veiligheidsfactoren worden nog steeds ruimschoots gehaald.

Voor de lokale drukken op met name de koppen liggen de gemeten waarden fors hoger door de omringende bebouwing.

Tabel 1. P_{ref} (kN/m²) volgens NEN 6702 en het windtunnelonderzoek voor verschillende onderdelen.

winddrukken	richting	norm	onderzoek
globaal			
kopspanten	op	1,5	1,7 (2,1+1,3)/2
	neer	0,2 tot 1,0 afh. van dakhelling	0,7 (0,8+0,65)/2
spanten	op	1,5	0,5
	neer	0,2 tot 1,0 afh. van dakhelling	0,3
lokaal transparant			
beglazing	op	2,3	3,0
	neer	0,2 tot 1,0 afh. van dakhelling	1,8
glasdrager	op	2,3	2,9
	neer	0,2 tot 1,0 afh. van dakhelling	1,7
gording	op	1,8	1,5
	neer	0,2 tot 1,0 afh. van dakhelling	0,8
randgording	op	1,8	1,5
	neer	0,2 tot 1,0 afh. van dakhelling	0,8
gording uitkraging	op	2,1	2,8
	neer	0,2 tot 1,0 afh. van dakhelling	1,5
lokaal gesloten			
stalen dakplaat te veld	op	2,7	3,0
	neer	1,0	1,7
stalen dakplaat	op	2,2	2,8
	neer	1,0	1,5
gording dicht dakvlak (IPE 500V)	op	1,8	1,5
	neer	1,0	0,8
randgording (IPE 500V)	op	2,1	2,3
	neer	1,0	1,0
uitkraging koker 500	op	2,1	2,6
	neer	1,0	1,3
UPE 270 dubbel	op	2,1	2,3
	neer	1,0	1,0
goot	op	2,2	2,7
	neer	1,0	1,5

Voor het koudgebogen glas is dat geen probleem, echter wel voor de bevestigingen ervan. Waar de glasplaten op het grootste deel van de overkapping zijn gemonteerd met roestvast stalen bouten met nylon blokjes voor de vereiste "brandhangendheid" van 30 minuten (zie p. 40-43) zijn in de zones met hoge lokale windbelasting de nylon blokjes weggelaten, omdat in de gebieden waar de lokale windbelasting erg groot is de brandhangendheid geen issue is doordat daar het busplatform ontbreekt.

Windvlagen

Door de grote lengte van de kap is de windbelasting in dwarsrichting niet overal gelijk. Waar gewoonlijk bij grote constructies de totale windlast mag worden gereduceerd, kan dit niet bij Overkapping IJsei, omdat elk spant in dwarsrichting stabiliseert. Rekening wordt gehouden met een verschil van 50%

tussen de extreme gelijktijdig optredende windbelasting op twee naast elkaar gelegen spanten. Dit onderlinge verschil veroorzaakt tijdens een windvlaag een netto belasting op de gordingen, omdat ze een vervorming krijgen opgelegd door de verschilverplaatsing tussen twee opeenvolgende spanten waaraan ze bevestigd zijn.

De genoemde 50% is in eerste instantie een conservatieve en arbitraire waarde. Later ontstaat discussie over de afmeting van deze vlaag, omdat deze waarde wel eens tot onnodig hoge kosten zou kunnen leiden vanwege de daarbij benodigde voorzieningen om het schuiven van het glas te voorkomen en/of de momenten in de gordingen op te vangen. Op basis van wetenschappelijke literatuur en een analyse van alle in de windtunnel gemeten meetreeksen van de winddrukken is de 50%-aanname getoetst: die is realistisch gebleken. •