Earth, Life & Social Sciences
Kampweg 5
3769 DE Soesterberg
Postbus 23
3769 ZG Soesterberg

www.tno.nl

T +31 88 866 15 00
F +31 34 635 39 77

TNO-rapport

TNO 2015 R11234

Waterrobuustheid Nederlandse ziekenhuizen

Datum	September 2015
Auteur(s)	G. van B. ing. M.C.M. C. ir. S.P.M. van H. ing. A.A.L. T. MBA ir. O. V.
Aantal pagina's	48 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	5
Opdrachtgever	Inspectie voor de Gezondheidszorg (IGZ)
Projectnaam	Vitale infrastructuur
Projectnummer	060.15010

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2015 TNO

Inhoudsopgave

1 Inleiding 4
1.1 Vraagstelling 5
1.2 Afbakening 5

2 Methode van onderzoek 6
2.1 Onderzoeksopzet 6
2.2 Methode 6
2.3 Dataselectie 7
2.4 Analyse resultaten 8

3 Literatuurstudie 9
3.1 Inleiding 9
3.2 Kritieke gebieden, systemen en verschillende checklists 9
3.3 Noodstroom 11
3.4 Water 12
3.5 Medische gassen en vacuüm-systemen 13
3.6 Essentiële installaties en ICT 13
3.7 Afvoer van afvalwater 14
3.8 Constructieschade 14

4 Omvang, opzet en kwaliteit van de Nederlandse ziekenhuizen 16
4.1 Locaties met een grote en middelgrote kans op overstroming 16
4.2 Ligging vitale ziekenhuisfuncties 17

5 Case studies 19
5.1 Inleiding 19
5.2 Meander Medisch Centrum in Amersfoort 19
5.3 VieCuri Medisch Centrum in Venlo 21
5.4 TweeSteden ziekenhuis in Tilburg 23

6 Enquêtes 26
6.1 Inleiding 26
6.2 Resultaten 26

7 Standplaatsen en ambulanceposten 28
7.1 Inleiding 28
7.2 Resultaten 28

8 Conclusies en aanbevelingen 30

Bijlage(n)
A Literatuurlijst
B Checklist voor de gebouwkwetsbaarheid van overstromingsgevoelige ziekenhuizen (Bron: FEMA juni 2007)
C Ligging van vitale functies (SHE, OK en IC) en NSA in enkele Nederlandse ziekenhuizen
D Enquête vragen
E Afkortingenlijst

1 Inleiding

In de VS (als gevolg van de orkaan Katrina [1]) en meer recent in Engeland, Duitsland en Oost-Europa hebben zich overstromingen voorgedaan met ernstige gevolgen voor niet in de laatste plaats een aantal belangrijke ziekenhuizen. Ook in Nederland kunnen de gevolgen van een overstroming of extreme regenval desastreus zijn [2]. Zeker voor de continuïteit in het leveren van verantwoorde zorg. In gebieden die getroffen zijn door een ramp is een goed functionerend ziekenhuis juist van cruciaal belang [3].

Het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) werkt binnen het Deltaprogramma Nieuwbouw en Herstructurering (DPNH) aan twee inhoudelijke sporen voor de Deltabeslissing Ruimtelijke adaptatie:

1. Ruimtelijke inrichting en waterveiligheid. Dit spoor richt zich op het met ruimtelijke maatregelen beperken van de gevolgen van overstromingen (meerlaagsveiligheid[1]).
2. Klimaatbestendige stad. Het met ruimtelijke maatregelen beperken van de gevolgen van wateroverlast door extreme regenval, droogte en hitte staat centraal in dit spoor.

De ambitie is daarbij dat alle gemeenten in 2020 waterrobuust en klimaatbestendig handelen bij het (her)ontwikkelen van de bebouwde omgeving en dat in 2050 gemeenten zo waterrobuust en klimaatbestendig als haalbaar moeten zijn.

Het ministerie van I&M heeft het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS) gevraagd om de waterrobuustheid van de ziekenhuizen als één van de binnen het Deltaprogramma aangemerkte Vitale en Kwetsbare functies of objecten in kaart te brengen. De bescherming van ziekenhuizen tegen de gevolgen van een overstroming en extreme regenval is van belang om te voorkomen dat er in het ziekenhuis calamiteiten ontstaan waardoor de veiligheid van patiënten en personeel in het geding komt en om voldoende ziekenhuiscapaciteit te waarborgen voor gewonden als gevolg van de overstroming. Behalve de bereikbaarheid van de ziekenhuizen is het belangrijk dat ze kunnen blijven functioneren om verantwoorde zorg te kunnen leveren. Hiervoor zijn de nutsvoorzieningen (gas, water, elektriciteit) en de afvoer van afvalwater van essentieel belang.
In het kader van dit onderzoek is alleen gekeken naar ziekenhuizen en niet naar andere zorginstellingen, in verband met het belang van ziekenhuizen voor de opvang in noodsituaties en het feit dat de zorgverlening in grote mate afhankelijk is van het door blijven functioneren van deze voorzieningen.

De Inspectie voor de Gezondheidszorg (IGZ) is door het Ministerie van VWS gevraagd om vanuit hun toetsings- en handhavingsfunctie de huidige stand van de waterrobuustheid van de Nederlandse ziekenhuizen aan te geven, wat dit zou betekenen voor nieuw- en verbouwplannen van ziekenhuizen en hoe de IGZ hier

[1] Meerlaagsveiligheid is een concept voor waterveiligheid met bescherming in 3 lagen. De 1e laag is preventie: het voorkomen van een overstroming. Dat is en blijft de belangrijkste pijler van het beleid. Een overstroming is echter nooit uit te sluiten. De 2e en 3e laag zijn gericht op het beperken van de gevolgen van een overstroming. De 2e laag richt zich op het realiseren van een duurzame ruimtelijke inrichting van ons land. De 3e laag zet in op een betere organisatorische voorbereiding op een mogelijke overstroming (rampenbeheersing).

op kan handhaven. TNO heeft in het kader van het onderzoek naar noodstroomvoorzieningen in de zorg in 2012 extra aandacht gevraagd voor een overstromingsrobuuste opstelling van noodstroom- en andere technische voorzieningen (technische infrastructuur als backbone) in ziekenhuizen [4].

1.1 Vraagstelling

De IGZ heeft TNO gevraagd om verkennend onderzoek te doen naar de waterrobuustheid van de Nederlandse ziekenhuizen. De vragen die de IGZ daarbij stelt, zijn:

- Wat houdt een waterrobuuste inrichting van een ziekenhuis technisch gezien exact in?
- Wat is globaal genomen de huidige stand van deze waterrobuustheid?
- Wat zou in nieuw- en verbouwplannen ten minste moeten worden meegenomen?
- Zijn er internationale referenties?

Het nader definiëren van gradaties in de wateroverlast en het investeringsniveau van de maatregelen zijn hierbij belangrijke aandachtspunten.

1.2 Afbakening

Het onderzoek beperkt zich tot het bij een overstroming of extreme regenval in stand kunnen houden van cruciale vitale ziekenhuisvoorzieningen (waarbij gedacht moet worden aan spoedeisende hulp, intensive care, operatieafdeling, behandelkamers, verloskamers, verpleegafdelingen, medische voorraden (apotheken) en liften) en de centrale posten ambulancevervoer.

In het kader van het al genoemde TNO onderzoek naar noodstroomvoorzieningen in de zorg [4], blijkt dat dit bereikt kan worden door in ieder geval te kijken naar het (tijdelijk) in stand kunnen houden van:

- de elektriciteitsvoorziening (noodstroomvoorziening);
- de toevoer van drinkwater (en reinwaterkelders);
- de beschikbaarheid van warmte t.b.v. verwarming en sterilisatie (toevoer van aardgas);
- de beschikbaarheid van koude t.b.v. koeling van het gebouw en medicatie;
- de beschikbaarheid van medische gassen;
- de afvoer van afvalwater;
- communicatienetwerken, zowel intern als extern (ICT-infrastructuur, telefoon, data);
- intern transport van patiënten, personeel en goederen.

De evacuatieproblematiek blijft in dit onderzoek buiten beschouwing. Hiervoor wordt verwezen naar de Leidraad voor het Ziekenhuis Rampen Opvang Plan (ZIROP) [5] en andere studies.
Ondanks dat het van cruciaal belang is dat een ziekenhuis zoveel mogelijk bereikbaar blijft, valt de waterrobuustheid van toegangs- en uitvalswegen buiten het ziekenhuisterrein ook buiten de scope van het onderzoek. De directe toegang tot, en de interne routing binnen het ziekenhuis zelf, worden wel meegenomen in het onderzoek.

2 Methode van onderzoek

2.1 Onderzoeksopzet

Om de vraagstelling van de IGZ te beantwoorden is gekozen voor een kwalitatieve onderzoeksopzet. Deze onderzoeksopzet is gekozen, omdat deze vorm van onderzoek erg geschikt is om te achterhalen wat de ervaringen en standpunten zijn van ziekenhuizen en anderen die betrokken zijn bij de waterrobuustheid van Nederlandse ziekenhuizen[2]. Onderstaande tabel geeft een overzicht hoe het kwalitatieve onderzoek is opgezet.

Tabel 1 onderzoeksopzet.

Beantwoording deelvraag	**Methode**	**Belangrijke bron**	**Output**
1. Wat houdt een water-robuuste inrichting van een ziekenhuis technisch in?	Documentanalyse Case study/semi gestructureerd interview	(Wetenschappelijke) rapporten en documenten Ziekenhuizen (selectie)	Technische beschrijving
2. Wat is globaal genomen de huidige stand van deze water-robuustheid?	Documentanalyse Case study/semi-gestructureerd interview	Documenten/ kaarten (risicokaart.nl) Ziekenhuizen (selectie)	Vier uitgewerkte case studies Inventarisatie ziekenhuizen in overstromingsgebieden en hun waterrobuustheid Inventarisatie standplaatsen ambulanceposten
3. Wat zou in nieuw- en verbouwplannen ten minste moeten worden opgenomen?	Semi gestructureerd interview Documentanalyse	Ziekenhuizen (selectie) (Wetenschappelijke) rapporten en documenten	Beschrijving/checklist met voorzieningen/ onderwerpen
4. Zijn er internationale referenties?	Documentanalyse Semi gestructureerd interview	(Wetenschappelijke) rapporten en documenten Ziekenhuizen (selectie)	Beschrijving van gevonden referenties voor het beantwoorden van de deelvragen 1 en 3

2.2 Methode

2.2.1 Documentanalyse

Aan de hand van (wetenschappelijke) rapporten, andere documentatie en de afgenomen interviews met ziekenhuizen is beschreven wat een waterrobuuste inrichting technisch inhoud.
Daarnaast is aan de hand van documenten/kaarten vastgesteld waar overstromingsgebieden zijn en of er ziekenhuizen staan.

[2] Evers J. (2007). Kwalitatief interviewen: kunst én kunde. Den Haag: Uitgeverij Lemma.

Vervolgens is een aantal van deze ziekenhuizen (case studies) bezocht en zijn er semigestructureerde interviews afgenomen. Aan de hand van de interviews, (wetenschappelijke) rapporten en documenten is een lijst met aanbevelingen gemaakt en beschreven wat in nieuw- en verbouwplannen van ziekenhuizen in overstromingsgebieden minstens zou moeten worden meegenomen wat betreft waterrobuustheid.
Tenslotte is aan de hand van rapporten, documenten en informatie verkregen van ziekenhuizen beschreven wat er internationaal aan onderzoek is gedaan en welke resultaten gebruikt zijn voor het beantwoorden van de deelvragen 1 en 3.

2.2.2 *Case study/ Interviews*

De case study is uitgevoerd door een selectie van ziekenhuizen (zie 2.3.2) te interviewen. De interviews hadden een semigestructureerd karakter en zijn uitgewerkt in de vorm van een schriftelijk gespreksverslag.

2.2.3 *Enquête*

De enquête is opgesteld aan de hand van open vragen die aan geselecteerde ziekenhuizen (zie 2.3.2) zijn opgestuurd in de vorm van een Excelformulier.

2.3 Dataselectie

2.3.1 *Documentselectie*

Bij de documentanalyses is gebruik gemaakt van verschillende bronnen. Hiervoor is een literatuurstudie uitgevoerd op basis van (internationale) wetenschappelijke literatuur.
Er zijn mogelijk relevante documenten verzameld via databanken (Scopus), zoekmachines (Pubmed, Google en Google Scholar) en online (universiteits) bibliotheken.

Gezocht is op vrije tekst, trefwoord, titelwoord en abstract. De documenten zijn geselecteerd op basis van de volgende criteria:

- documenten die betrekking hebben op maatregelen tegen wateroverlast bij ziekenhuizen;
- documenten die gaan over (rivier)overstromingen en/of extreme regenval;
- documenten die Nederlands- of Engelstalig zijn;
- documenten met een publicatiejaar vanaf 1988.

Daarnaast is de lijst aangevuld met relevante documenten waarnaar in eerder gevonden literatuur werd verwezen (sneeuwbalmethode) of die op een andere manier zijn vergaard.

2.3.2 *Selectie ziekenhuizen*

In onderstaande tabel is de stakeholdergroep weergegeven en het totaal aantal gevoerde interviews en enquêtes.

Tabel 2 selectie ziekenhuizen.

stakeholder	**selectieprocedure**	
	interviews	enquête
ziekenhuizen/aantal	3	15

Bij de selectie van ziekenhuizen voor de interviews is gekeken naar ziekenhuizen waar recent wateroverlast heeft plaatsgevonden of waarbij recent bij de bouw rekening is gehouden met waterrobuustheid.
Voor de selectie van ziekenhuizen voor de enquête is gekeken welke ziekenhuizen er op de Risicokaart[3] grote of middelgrote kans lopen op een overstroming. Opgemerkt moet worden dat een voorbehoud wordt gemaakt wat betreft alle hoogten van gebieden op de Risicokaart ten opzichte van Nieuw Amsterdam Peil (NAP). Naarmate ingezoomd wordt op de Risicokaart blijken NAP hoogten minder nauwkeurig weergegeven.

Belangrijk aspect bij de bepaling van de kwaliteit van de verzamelde gegevens via de interviews en enquête is 'verzadiging' van het datamateriaal. Verzadiging treedt op, op het moment dat er geen nieuwe bevindingen meer aan het licht komen[4,5]. Hiertoe is door de onderzoekers gevalideerd of de dataverzameling verzadigd was.

2.4 Analyse resultaten

2.4.1 *Interviews*

Van alle interviews is een schriftelijk gespreksverslag gemaakt, dat aan de geïnterviewde is voorgelegd.
De resultaten zijn in Hoofdstuk 5, Casestudies, van dit rapport weergegeven.
Als er relevante literatuur is gevonden is dat betrokken bij de resultaten uit de interviews.

2.4.2 *Enquête*

Van de 15 geselecteerde ziekenhuizen hebben er 10 de enquêtes ingevuld en geretourneerd.
De resultaten zijn in Hoofdstuk 6, Enquêtes, van dit rapport opgenomen.

[3] www.risicokaart.nl, gemaakt in opdracht van ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijkrelaties en ministerie van Infrastructuur en Milieu.
[4] Bowling A. (2002). Research methods in health: investigating health and health services. Buckingham/Philadelphia: Open University Press.
[5] Creswell JW. (2003). Research Design; qualitative, quantitative and mixed methods approaches. Thousands Oaks (etc.): Sage.

3 Literatuurstudie

3.1 Inleiding

Veel internationale literatuur richt zich op risicomanagement en evacuatiebeleid ten aanzien van noodsituaties en rampen in het algemeen, of specifiek gericht op andere situaties dan overstromingen (waaronder aardbevingen, extreme wind, grote branden, milieu- en kernongevallen, terreuraanslagen en gevaarlijke epidemieën en pandemieën). Ook is er internationaal veel bekend over stroomuitval en noodstroomvoorzieningen in ziekenhuizen. Literatuur over specifiek de waterrobuustheid van ziekenhuisgebouwen is echter beperkt.

3.2 Kritieke gebieden, systemen en verschillende checklists

Het Amerikaanse ECRI Institute onderscheidt in een checklist [6] zes kritieke gebieden ten aanzien van noodsituaties. Risicomanagers zouden voor elk van de onderstaande kritieke gebieden moeten nagaan of in hun rampenplan is opgenomen hoe het ziekenhuis omgaat met de vereiste gemeenschappelijk overeengekomen[6] prestaties:

1. Communicatie.
2. Middelen en goederen (waaronder medicijnen, medische en non-medische apparatuur en benodigdheden, met inbegrip van persoonlijke beschermingsmiddelen).
3. Beveiliging en veiligheid.
4. Personeel.
5. Voorzieningen.
6. Management van patiënten.

Onder bovengenoemd punt 5, Voorzieningen, zouden in het rampenplan alternatieve middelen moeten worden vastgelegd om het ziekenhuis in noodsituaties te kunnen blijven voorzien van de volgende functies:

- elektriciteit;
- water voor consumptie en essentiële zorgactiviteiten;
- water voor apparatuur en sanitaire voorzieningen;
- brandstof voor generatoren, essentiële transportdiensten en eventuele bouwwerkzaamheden;
- medische gassen en vacuüm-systemen;
- essentiële installaties (bijvoorbeeld verticaal en horizontaal transport, verwarmings- en koelingssystemen en stoom voor sterilisatie).

De ernstige gevolgen van met name de orkaan Katrina in 2005 hebben in de Verenigde Staten geleid tot een verhoogde aandacht voor de paraatheid van burgers, hulpdiensten en ziekenhuizen om adequaat te kunnen handelen bij noodsituaties en rampen. Binnen de “US Department of Health & Human Services” loopt momenteel een “Hospital Preparedness” programma. Het Amerikaanse “Centers for Disease Control and Prevention (CDC)” bracht in 2012 de “Emergency Water Supply Planning Guide for Hospitals and Health Care Facilities” [7] uit, gericht op een gegarandeerde en eventueel alternatieve drinkwatervoorziening in

[6] Joint Commission standards (USA)

het geval van een ramp of noodgeval. In de richtlijn “Recommendations for the Cleaning and Remediation of Flood-Contaminated HVAC Systems” [8] besteden zij aandacht aan de schoonmaak van door overstromingen vervuild en besmet geraakte luchtbehandelingssystemen in ziekenhuizen.

De Amerikaanse Federal Emergency Management Agency (FEMA) heeft in 2007 een “Design guide for improving hospital safety in earthquakes, floods and high winds” [9] uitgebracht. In de design guide is een checklist opgenomen voor de gebouwkwetsbaarheid van overstromingsgevoelige ziekenhuizen (zie bijlage B), een tool die gebruikt kan worden bij het beoordelen van locatie specifieke overstromingsgevaren en gebouwkwetsbaarheid. De checklist is nuttig bij de locatiekeuze, het ontwerp van een nieuw ziekenhuis of bij het overwegen van herstel of verbouw van een bestaand ziekenhuis. Naast het onderzoeken van ontwerpkwesties die invloed hebben op de gebouwkwetsbaarheid, helpt de checklist gebruikers ook in het onderzoeken van de functionaliteit van de kritische systemen, installaties en (nood)voorzieningen waarvan de meeste ziekenhuizen afhankelijk zijn. De checklist helpt uiteindelijk in de keuze van passende risico beperkende maatregelen. Nadeel is dat de checklist zich specifiek richt op de Amerikaanse situatie en regelgeving, die op sommige punten afwijkend is ten opzichte van Nederland.

De Pan American Health Organization (PAHO) heeft samen met de World Health Organization (WHO) in 2008 en 2009 de “World Disaster Reduction Campaign” gevoerd. Naar aanleiding van deze campagne zijn verschillende rapporten uitgebracht, waarin aanbevelingen worden gedaan waarop gelet moet worden als ziekenhuizen zich bevinden in risicogebieden waar natuurrampen plaats kunnen vinden.
De verantwoordelijkheid van veilige ziekenhuizen ligt bij de overheid (planning, openbare werken, financiën, ruimtelijke ordening) en de zorgsector zelf.
Er is een “Hospital Safety Index, Guide for Evaluators” [18] ontwikkeld, voorzien van een checklist om te gebruiken als eerste diagnose hoe het is gesteld met de veiligheid van een ziekenhuis in geval van een ramp. De lijst bevat 145 variabelen, die elk 3 veiligheidsniveau ’s hebben: laag, gemiddeld en hoog.
De lijst bestaat uit 4 onderdelen:

- Geografische ligging van de gezondheidszorg instelling. Bijvoorbeeld door het opvragen van risicokaarten, waarop is aangegeven welke gebieden/locaties risico lopen op overstromingen of andere natuurrampen, kan men beslissen waar een nieuw ziekenhuis gebouwd moet worden of aan welke eisen moet worden voldaan als een ziekenhuis in een risicogebied staat of wordt gebouwd).
- Constructieve veiligheid. Het type constructie, de gebruikte materialen en of er al eerder problemen hebben plaatsgevonden, hebben invloed op hoe veilig een ziekenhuis gebouwd is of wordt. Zijn constructieve onderdelen (fundering, kolommen, balken, vloeren, dragende wanden en de verbindingen van deze onderdelen) van een gebouw sterk genoeg? Is bij de keuze van materialen rekening gehouden dat ze watervast zijn en bestand tegen langdurig contact met water?
- Niet-constructieve veiligheid. Zijn kritische systemen, die noodzakelijk zijn om een ziekenhuis in bedrijf te houden of weer snel op te kunnen starten, op een juiste plek gelegen? Bijvoorbeeld voorzieningen voor elektriciteit (o.a. generatoren), water (o.a. opslag en alternatieven),

verwarming/ventilatie/airconditioning, telecommunicatie en brandstoffenopslag (o.a. (medische) gassen en diesel).
- Veiligheid gebaseerd op de functionele capaciteit van de gezondheidszorg instelling. Is de organisatie/het personeel bijvoorbeeld voorbereid op een interne of externe ramp, evacuatie en het weer opstarten van het ziekenhuis?

In diverse internationale artikelen van verschillende landen over de wereld (Iran, Peru, Engeland, Kroatië en Servië) [19 t/m 22] blijkt dat het belangrijk is dat ziekenhuizen zich voorbereiden op een natuurramp. Verwezen wordt zowel naar de Design Guide van de FEMA als naar de Hospital Safety Index van de PAHO/WHO.

3.3 Noodstroom

In het kader van het TNO-rapport “Noodstroom in de zorg” [4] zijn 8 ziekenhuizen bevraagd naar welke voorzieningen continu zouden moeten worden voorzien van stroom. De volgende kritische afdelingen en voorzieningen worden genoemd:
- operatiekamers (OK’s);
- intensive care (IC), medium care (MC), hartbewaking (CCU) en neonatologie;
- dialyse;
- hartkatheterisatie;
- angioscopie;
- spoedeisende hulp (SEH);
- klinisch chemische laboratoria (KCL);
- communicatie (ICT[7]-installaties, telefonie, data, MER[8] en SER[9]);
- medische gassen- en drinkwatervoorzieningen;
- veiligheidsvoorzieningen.

In het kader van het waterrobuust inrichten van ziekenhuizen stelt TNO zich de vraag of de afdelingen dialyse, hartkatheterisatie en angioscopie bij een overstroming gedurende langere tijd moeten blijven functioneren. In de casestudies (hoofdstuk 5) en de enquête (hoofdstuk 6) zijn deze functies niet als vitale functies aangemerkt.

In hetzelfde rapport wordt aangegeven dat bij ernstige wateroverlast niet alleen de noodstroomvoorziening van belang is, maar dat ook andere technische voorzieningen waaronder het ‘ketelhuis’, zouden moeten blijven werken om het ziekenhuis niet te hoeven ontruimen.

Verder stelt bovengenoemd TNO-rapport dat het de vraag is of bij een grotere calamiteit (als een langdurige overstroming) gasmotoren redundant gevoed blijven via het openbare gasnet of anderszins. Als dat namelijk niet het geval is, dan kunnen gasmotoren niet als noodstroomgenerator fungeren. In feite geldt dat ook voor dieselmotoren als de aanvoer van diesel, als brandstof voor noodstroom-aggregaten (NSA’s), niet kan worden gegarandeerd.

[7] Informatie- en Communicatie Technologie
[8] Main Equipment Room
[9] Server/Sub/Satellite Equipment Room

De checklist, onderdeel van de Hospital Safety Index van de PAHO/WHO, genoemd in paragraaf 3.2, geeft aan dat gekeken moet worden of generatoren bijvoorbeeld de gevraagde capaciteit aankunnen, regelmatig getest worden en op een locatie staan waar geen overstromingsgevaar is.
Het elektrische netwerk moet verankerd zijn en kabelgoten en leidingen moeten beschermd zijn tegen breken en nat worden.

3.4 Water

Het CDC noemt een paar voorbeelden van kritisch watergebruik in een ziekenhuis [7]. Schoon leidingwater is bij een onderbreking van de watertoevoer als gevolg van een calamiteit mogelijk niet beschikbaar voor:

- handen wassen en hygiëne;
- drinkwater;
- voedselbereiding;
- spoelen van toiletten;
- douchen en baden van patiënten;
- wasserij;
- centrale sterilisatie afdeling (CSA);
- reiniging voor hergebruik van medische apparatuur (bijvoorbeeld endoscopen, chirurgische instrumenten en accessoires);
- patiëntenzorg (bijvoorbeeld hemodialyse, hemofiltratie, extracorporale membraan oxygenatie (ECMO), hydrotherapie);
- radiologie;
- brandblusvoorzieningen (bijvoorbeeld sprinklersystemen);
- watergekoelde medische gassen en compressoren (bijvoorbeeld voor de beademing van patiënten);
- verwarming, ventilatie en airconditioning (Heating, Ventilation, Air Conditioning (HVAC));
- bevochtiging;
- decontaminatie van ziekenhuisafval;
- decontaminatie van slachtoffers die in aanraking zijn gekomen met gevaarlijke stoffen.

Opgemerkt moet worden dat niet al dit watergebruik even kritisch is en dat het sterk afhankelijk is van de duur van de onderbreking van de watertoevoer.

Het CDC pleit voor een Emergency Water Supply Plan (EWSP) waarin onder meer alternatieve voorzieningen voor het watergebruik zijn vastgelegd. Naast het gebruik van alternatieve desinfectiemiddelen en disposables, restrictie in het watergebruik en het afsluiten van de watertoevoer voor niet-kritische functies (bijvoorbeeld de kantoorvoorzieningen van een ziekenhuis), worden ook wateropslagvoorzieningen genoemd, van waterflessen tot noodreservoirs (reinwatertanks) en gebruik van grond- en oppervlaktewater.

De checklist, onderdeel van de Hospital Safety Index van de PAHO/WHO, genoemd in paragraaf 3.2, geeft aan dat gekeken moet worden of er bijvoorbeeld genoeg water is voor een aantal dagen, de watertanks zijn beschermd tegen overstromingen en verankerd zijn, op een veilige plek staan en er alternatieven zijn voor waterlevering.

Veel Nederlandse ziekenhuizen hebben een reinwaterkelder of maken gebruik van reinwatertanks. Juist de ondergrondse reinwaterreservoirs lopen bij een overstroming mogelijk gevaar om verontreinigd te worden of te gaan drijven. De Handreiking Overstromingsrobuust Inrichten van de provincie Utrecht [3] spreekt echter over een laag risico op falen en de mogelijkheid om zowel geborgen als gebruikt water te zuiveren voor gebruik als drinkwater. Opgemerkt wordt dat dit een kostbare oplossing is.

3.5 Medische gassen en vacuüm-systemen

Over de opslag en toevoer van medische gassen en medisch-chirurgische vacuüm systemen bij overstromingen is weinig terug te vinden in de literatuur. De facilitaire dienst moet volgens het Medical Gas and Vacuum Systems Installation Handbook [10] een noodplan ontwikkelen hoe om te gaan met het verlies van medische gassen en vacuüm systemen en het verwijderen van afvalstoffen van verdovingsgassen.

De FEMA checklist, genoemd in paragraaf 3.2, adviseert om boven- of ondergrondse tanks in de overstromingsgevarenzone dusdanig te installeren en te verankeren dat ze niet kunnen gaan drijven. Openingen in de opslagtanks moeten boven de verwachte overstromingswaterstand liggen, of anderszins beschermd worden om te voorkomen dat hoog water kan toetreden tot de opslagtanks of het opgeslagen product tijdens een overstroming kan vrijkomen. Verdreven opslagtanks worden drijvend puin, wat bijzondere risico’s kan opleveren tijdens het herstel na een overstroming. Ook kunnen verloren chemische producten schade aan het milieu veroorzaken.

De checklist, onderdeel van de Hospital Safety Index van de PAHO/WHO, genoemd in paragraaf 3.2, geeft aan dat voor medische gassen gekeken moet worden naar of er reservecapaciteit is voor een aantal dagen, tanks verankerd worden en cilinders vastgezet, alternatieven beschikbaar zijn en geschikte opslagplaatsen aanwezig zijn.

3.6 Essentiële installaties en ICT

In verband met het noodzakelijke verticale beddentransport behoren liften tot de essentiële installaties van een ziekenhuis.

Daarnaast behoren verwarming, koeling en stoom tot de kritieke vitale infrastructuur van een ziekenhuis. Zoals eerder aangegeven is bij ernstige wateroverlast niet alleen de noodstroomvoorziening van belang, maar zouden ook andere technische voorzieningen, waaronder het ‘ketelhuis’ (waar verwarming, koeling en stoom worden geproduceerd), moeten blijven werken om het ziekenhuis niet te hoeven ontruimen.

Volgens de FEMA checklist, genoemd in paragraaf 3.2, moeten kritieke dossiers, bestanden, computers, servers, apparatuur en onderzoeksdata zoveel mogelijk worden ondergebracht of opgeslagen op een verdieping die boven de te verwachten overstromingswaterstand ligt. Daarnaast zou kritieke data ook buiten de locatie moeten worden opgeslagen en onderhouden.

De checklist geeft tevens aan dat in bestaande gebouwen, alle installatietechnische voorzieningen en apparatuur die van cruciaal belang zijn voor de functionaliteit van een ziekenhuis moeten worden verplaatst naar hogere verdiepingen of verhoogd moeten worden aangebracht, dat wil zeggen boven de te verwachten overstromingswaterstand.
Dit geldt specifiek voor de verwarmings-, koelings-, ventilatie- en luchtbehandelingssystemen, elektrotechnische voorzieningen (opwekking en noodstroom) en de brandmeldinstallatie. Leidingwerk dat toch onder water zou kunnen komen te staan, moet daar langdurig tegen zijn bestand. Daarnaast moet boven het overstromingspeil in en rondom gebouwen rekening worden gehouden met ronddrijvend puin, optrekkend vocht en condenserende waterdamp.

De checklist, onderdeel van de Hospital Safety Index van de PAHO/WHO, genoemd in paragraaf 3.2, geeft aan dat boilers en ketels voor warm water en stoom verankerd moeten zijn, evenals airconditioning- en ventilatiesystemen, en zodanig gelegen zijn dat er bij overstroming geen gevaar is voor deze installaties. Voor telecommunicatie (telefoon- en computernetwerk) is aangegeven dat kabels, bedrading en servers beschermd moeten zijn tegen waterschade, zodat alles kan blijven werken bij een overstroming. Indien deze ruimtes onder het te verwachten waterniveau komen te liggen, dienen de ramen en deuren van de ruimten waar deze voorzieningen staan waterdicht uitgevoerd te worden.

3.7 Afvoer van afvalwater

Volgens de FEMA checklist, genoemd in paragraaf 3.2, verlaten de meeste rioleringen gebouwen op het laagste niveau. Zelfs bij gebouwen die net buiten het overstroomde gebied liggen, kan afvalwater tijdens overstromingen terugstromen. Geadviseerd wordt om hiertegen terugslagkleppen in de riolering aan te brengen. Hiermee is de afvoer echter nog niet geborgd.

3.8 Constructieschade

In de FEMA design guide [9] is met name het hoofdstuk “Making hospitals safe from flooding” in dit kader interessant. Het hoofdstuk besteedt onder meer aandacht aan (het voorkomen van) constructieschade bij overstromingen.
Constructieschade omvat alle schade aan de dragende delen van een gebouw. De hydrostatische belasting[10] van een wand of fundering is direct gerelateerd aan de diepte van het water. Lichte scheidingswanden en gevelbekleding of onversterkte metselwerk wanden kunnen al bezwijken onder een hydrostatische belasting van relatief ondiep water. Kelderwanden en -vloeren zijn bijzonder gevoelig voor beschadiging door opwaartse krachten. Naarmate de verzadiging van de bodem dieper reikt, neemt de druk op de kelderwanden toe, veroorzaakt door het gewicht van de verzadigde bodem. Over het algemeen worden kelders zodanig gebouwd dat dit geen schade oplevert.

[10] De horizontale (grond)waterdruk op een fundering, vloer of wand, waardoor verschuiving kan optreden als het gewicht van deze onderdelen niet zwaar genoeg en voldoende tegendruk kan bieden. Ook kan de grond onder deze constructiedelen wegschuiven/-spoelen als de grond onder een vloer of fundering niet voldoende tegendruk kan bieden, waardoor een breuk in deze constructieonderdelen kan ontstaan met alle gevolgen van dien.

De Handreiking Overstromingsrobuust Inrichten [3] adviseert het gebruik van waterbestendige of snel te herstellen bouwmaterialen op plaatsen die mogelijk kunnen overstromen. Verder wordt kruipruimteloos bouwen aanbevolen, waarmee grondwateroverlast (ten aanzien van vooral het leidingwerk in kruipruimten) wordt beperkt en een hoge grondwaterstand toelaatbaar is [15].

Ook wetproof bouwen is een optie, waarbij de gebouwconstructie is bestand tegen een waterdruk bij een waterhoogte tot 1,5 m boven maaiveld, uitgaande van een lage stroomsnelheid.

De FEMA checklist, genoemd in paragraaf 3.2, geeft aan dat overstromingsresistente materialen direct en langdurig contact met water kunnen weerstaan zonder schade op te lopen die meer dan een cosmetische reparatie vereist. Onder langdurig contact wordt verstaan 72 uur of langer in zoetwater of 12 uur of langer in zeewater.

De checklist, onderdeel van de Hospital Safety Index van de PAHO/WHO, genoemd in paragraaf 3.2, geeft aan dat gekeken moet worden of er bijvoorbeeld al eerder schade is opgetreden aan de constructie door een ramp, het gebouw volgens de regels en eisen is gebouwd of gerepareerd, wat voor materialen zijn gebruikt en of deze materialen bestand zijn tegen langdurig onder water staan en hoe het gebouw is gefundeerd.

4 Omvang, opzet en kwaliteit van de Nederlandse ziekenhuizen

Nederland telt op dit moment 91 ziekenhuisconcerns (rechtspersonen van zowel academische als algemene ziekenhuizen)[11] met circa 185 locaties[12].
Daarvan hebben 97 ziekenhuislocaties een SEH. Ongeveer 75% van de ziekenhuislocaties ligt volgens de Risicokaart [16] in een gebied waar sprake is van een overstromingsrisico met een grote, middelgrote of kleine kans. Alleen de ziekenhuizen in en rond Drenthe, Twente, de Achterhoek, de Veluwe, de Utrechtse Heuvelrug en grote delen van Noord Brabant en Limburg liggen voldoende hoog ten opzichte van Nieuw Amsterdams Peil (NAP) zodat, rekening houdend met een verwachte toename van rivierafvoeren en zeespiegelstijging tot 2100, er geen kans op overstroming is. Dat wil echter nog niet zeggen dat deze ziekenhuizen nooit te maken kunnen krijgen met wateroverlast. Als gevolg van extreme regenval, zoals recent op 28 juli 2014, bleek er op de locatie van het TweeSteden ziekenhuis in Tilburg (zie: www.tweestedenziekenhuis.nl/stroomstoring-en-wateroverlast) en het Rijnstate ziekenhuis in Arnhem (zie: www.rijnstate.nl/web/Nieuws/Update-wateroverlast-in-Rijnstate-Arnhem.htm) sprake te zijn van wateroverlast.

4.1 Locaties met een grote en middelgrote kans op overstroming

De Risicokaart maakt onderscheid in een grote, middelgrote en kleine kans op een overstroming. Overstromingen met een grote kans kunnen meer dan één keer in een mensenleven gebeuren. Overstromingen met een middelgrote kans kunnen waarschijnlijk hooguit één keer in een mensenleven gebeuren. Van overstromingen met een kleine kans is het zeer onwaarschijnlijk dat deze tijdens een mensenleven zullen gebeuren.

Daarnaast kan sprake zijn van een beschermd of onbeschermd gebied. Onbeschermde gebieden zijn laaggelegen gebieden die niet door waterkeringen worden beschermd (denk bijvoorbeeld aan de uiterwaarden langs rivieren) en daardoor relatief vaak overstromen. Vooral in hoog-Nederland, waar weinig waterkeringen voorkomen, treden overstromingen op als gevolg van het buiten de oevers treden van kleine rivieren of beken. Dit kan plotseling gebeuren na hevige regenbuien verder stroomopwaarts. In grote delen van Nederland kan ook door extreme neerslag lokale wateroverlast optreden als gevolg van overbelasting van rioolstelsels of uittredend grondwater. Deze laatste gevaren zijn zeer lastig te voorspellen en staan niet op de Risicokaart.
Er zijn in Nederland geen ziekenhuislocaties met een SEH die volgens de Risicokaart in een gebied met een groot overstromingsrisico liggen. Wel zijn er 5 ziekenhuislocaties met een SEH die volgens de Risicokaart aan de rand liggen van een gebied met een grote kans op overstroming, maar zelf een lager risico (middelgrote of kleine kans) op overstromen kennen. Het betreft het:

- Havenziekenhuis in Rotterdam.
- Meander Medisch Centrum in Amersfoort.
- Maasziekenhuis Pantein in Beugen (gem. Boxmeer).

[11] CIBG, Jaarverslagen Zorg DigiMV, 2013.
[12] College bouw zorginstellingen, Macrorapportage Monitoring Gebouwkwaliteit Algemene Ziekenhuizen, 2007.

- Sint Antonius Ziekenhuis in Nieuwegein.
- VieCuri Medisch Centrum in Venlo.

Het Meander Medisch Centrum in Amersfoort en het VieCuri Medisch Centrum in Venlo zijn onderworpen aan een case study (zie hoofdstuk 5). De overige 3 bovengenoemde ziekenhuizen zijn door middel van een enquête benaderd over hun waterrobuustheid.

Volgens de Risicokaart zijn er 12 ziekenhuislocaties met een SEH die een middelgrote kans op overstroming kennen. Het betreft:
- Universitair Medisch Centrum in Groningen.
- Admiraal De Ruyter Ziekenhuis in Vlissingen.
- Isala Klinieken in Zwolle.
- Jeroen Bosch Ziekenhuis in ’s-Hertogenbosch.
- Martini Ziekenhuis in Groningen.
- Medisch Centrum Haaglanden Antoniushove in Leidschendam.
- Röpcke Zweers Ziekenhuis in Hardenberg.
- Haga Ziekenhuis Leyenburg in ’s-Gravenhage.
- Reinier de Graaf Gasthuis in Delft.
- Waterlandziekenhuis in Purmerend.
- Wilhelmina Ziekenhuis in Assen.
- Ziekenhuis Zeeuws-Vlaanderen De Honte in Terneuzen.

De bovengenoemde ziekenhuizen zijn eveneens door middel van een enquête benaderd over hun waterrobuustheid.

Verder zijn er 16 ziekenhuislocaties met een SEH die volgens de Risicokaart grenzen aan een gebied met een middelgroot overstromingsrisico.
De desbetreffende ziekenhuisorganisaties zijn niet onderworpen aan een case study of enquête.

4.2 Ligging vitale ziekenhuisfuncties

Niet iedere ziekenhuislocatie huisvest alle kritische, vitale ziekenhuisfuncties. Locaties waar alleen dagbehandeling, planbare en/of poliklinische zorg plaatsvindt, hoeven in het geval van een overstroming niet operationeel te blijven. De vitale ziekenhuisfuncties waar dit wel voor geldt, betreffen in ieder geval:
- de SEH;
- de OK-afdeling;
- de IC, MC, CCU en neonatologie;
- KCL’s.

Voor het kunnen functioneren van deze kritische, vitale functies zijn de volgende voorzieningen noodzakelijk:
- elektriciteit (noodstroom);
- klimaatinstallaties/luchtbehandeling (verwarming, koeling en ventilatie);
- communicatie (ICT-installaties, telefoon en data);
- medische gassen;
- watervoorzieningen;
- liftinstallaties;
- veiligheidsvoorzieningen, bijv. een brandmeldinstallatie.

De ligging van vitale ziekenhuisfuncties is middels casestudies en een enquête, onder de desbetreffende ziekenhuizen, zoals weergegeven in paragraaf 4.1, achterhaald.
Op basis van bij TNO beschikbare informatie uit het monitoringsonderzoek van het Bouwcollege in 2007, de case studies en enquêtes is voor een aantal recent gebouwde en verbouwde ziekenhuizen de ligging van de voornaamste vitale functies in kaart gebracht. Zie hiervoor bijlage C van dit rapport.

Uit de verzamelde informatie blijkt dat de SEH veelal op de begane grond en in sommige gevallen op de eerste verdieping van een ziekenhuis is ondergebracht.
OK's en IC-afdelingen liggen over het algemeen op hogere verdiepingen.
De noodstroomvoorzieningen bevinden zich op veel locaties in de kelder of op de begane grond, vaak in combinatie met een centraal ketelhuis.

5 Case studies

5.1 Inleiding

Om te onderzoeken wat waterrobuustheid ten aanzien van de Nederlandse ziekenhuizen specifiek inhoudt, zijn case studies uitgevoerd bij een selectie van ziekenhuizen die al eens te maken hebben gehad met wateroverlast door overstroming en/of extreme regenval of waterrobuust zijn gebouwd.
Voor dit verkennend onderzoek is gekozen om de volgende drie casussen op te nemen:

- het nieuwe Meander Medisch Centrum in Amersfoort, dat in hoge mate waterrobuust is gebouwd;
- het oorspronkelijk buitendijks gebouwde VieCuri Medisch Centrum in Venlo, dat maatregelen heeft getroffen om wateroverlast zoveel mogelijk te voorkomen;
- het TweeSteden ziekenhuis in Tilburg dat buiten overstromingsrisicogebied ligt, maar op 28 juli 2014 door extreme regenval ernstige wateroverlast heeft ervaren.

5.2 Meander Medisch Centrum in Amersfoort

Aan de Maatweg in Amersfoort ligt, pal tegen de rivier de Eem, het nieuwe Meander ziekenhuis, dat eind 2013 is opgeleverd. Het ziekenhuis levert zorg aan een bevolking van 300.000 mensen (adherentiegebied) in Amersfoort en de regio.
Bij het ontwerp is nadrukkelijk rekening gehouden met een eventuele overstroming van de Eem en de zuidelijke randmeren (bij doorbraak van de Grebbedijk) en de Neder-Rijn (bij doorbraak van de Rijndijk bij Wijk bij Duurstede). Volgens overstromingsmodellen kan er ter plaatse na 6 dagen een waterhoogte van 2,60 meter boven NAP ontstaan rondom het ziekenhuis. In het ontwerp is hiermee rekening gehouden.
Zo is er bewust voor gekozen om geen ondergrondse parkeergarage te realiseren, omwille van de waterrobuustheid.
Alle vitale elementen van het gebouw bevinden zich op of boven een hoogte van 2,60 meter boven NAP. Dat betekent voor ambulances dat zij pas op deze hoogte patiënten kunnen overdragen aan het ziekenhuis. Het ambulanceplatform is verzwaard uitgevoerd, zodat bij hoogwater ook (lichte) vrachtwagens het ziekenhuis nog kunnen bereiken om te kunnen evacueren. Ook andere vitale voorzieningen zoals de noodstroomvoorziening bevinden zich hoog genoeg in het gebouw (zie tabel 3).

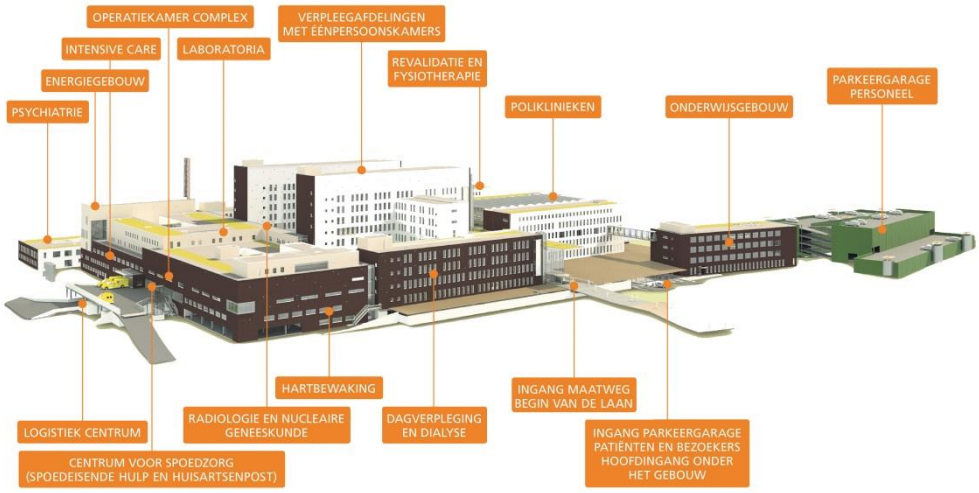
Tabel 3 hoogteligging van functies in het Meander MC.

<table>
<tr><th>Maaiveld (=1,6 m+NAP)</th><th>Beg. grond (=2,6 m+NAP)</th><th>1e verd.</th><th>2e verd.</th><th>3e verd.</th><th>Hoger</th></tr>
<tr><td>Reinwater tanks</td><td>Trafo‘s</td><td>SEH</td><td>OK-afdeling</td><td>CSA</td><td>dynamische NSA (4e)</td></tr>
<tr><td>Medische gassen</td><td rowspan="2">NSA</td><td>CCU</td><td>IC-afdeling</td><td>Techniek OK</td><td>MER (8e)</td></tr>
<tr><td>Technische dienst</td><td>radiologie</td><td colspan="3">Verpleegafdelingen</td></tr>
<tr><td>Apotheek</td><td colspan="5">Poliklinieken</td></tr>
<tr><td>Keuken</td><td colspan="5" rowspan="3">Liften naar verpleegafdelingen</td></tr>
<tr><td>Magazijn</td></tr>
<tr><td>P-garage</td></tr>
</table>

Een probleem bij een overstroming is dat op een bepaald moment de toevoer van water, elektriciteit, gas en de afvoer van afvalwater uitvallen. Bij stijging van het waterniveau kunnen leidingen gaan opdrijven of breken. Het is geen optie voor het ziekenhuis om lang door te blijven functioneren tijdens een overstroming. In drie dagen is het mogelijk om het hele ziekenhuis te evacueren. Tot die tijd laat het stijgende water het nog toe om het ziekenhuis ongehinderd te bereiken en kan het, deels op eigen voorzieningen, blijven functioneren.

De reinwatertanks hebben een voorraad van 2 dagen. Er is gerekend dat iedere tank een opwaartse druk van 1 meter water aankan. Het is een gesloten systeem. De aansluitingen zitten aan de bovenkant van de tanks en boven de maximale overstromingshoogte.
De opslag van medische gassen ligt op maaiveldniveau (1,6 m boven NAP) en is gefundeerd op trekpalen. De aansluitingen zitten aan de onderkant en kunnen bij een overstroming onder water komen te staan. Als deze aansluitingen niet meer werken kan worden overgegaan op losse flessen die op diverse verdiepingen zijn opgeslagen.
De technische dienst, productieapotheek, keuken en het magazijn liggen eveneens op maaiveldniveau. Deze afdelingen worden dus niet als kritische, vitale functies van het ziekenhuis beschouwd.

Het duurt circa 6 dagen voordat het ziekenhuis niet meer bruikbaar is.
Voor die tijd moet snel worden ontruimd. Het ziekenhuis gaat niet door met functioneren en wordt niet gezien als opvang van patiënten. Binnen de ziekenhuisorganisatie zijn diverse scenario’s uitgewerkt. Vanaf besluit tot rampgebied worden in principe geen patiënten meer opgenomen (geplande OK’s worden afgezegd). Het ziekenhuis wordt dan als noodhospitaal gebruikt. De onderste laag wordt ontruimd van alle losse inventaris en goederen. De kwetsbare patiënten moeten zo snel mogelijk naar andere ziekenhuizen worden gebracht. De overige patiënten worden ontslagen indien dat medisch verantwoord is.



Figuur 1 overzicht van de afdelingen in het Meander MC (Bron: www.meandermc.nl).

Volgens het ziekenhuis is de inrichting “overstromingsrobuust”, zodat het ziekenhuis snel na droogvallen van het gebied weer operationeel is. Het water kan de kritische, vitale functies van het gebouw immers niet bereiken. In theorie is een flinke schoonmaakbeurt voldoende.
Het langdurig onderwater staan van het ziekenhuis heeft geen gevolgen voor de constructie. Wel kan het metselwerk en de isolatie van de buitenwanden verzadigd raken door water en niet meer functioneren als bedoeld.
De parkeergarage is bewust met klinkers bestraat en aan de binnenzijde relatief kaal en waterrobuust afgewerkt, waardoor deze weer relatief gemakkelijk schoon en bedrijfsklaar kan worden gemaakt.
Verder zijn er voorzieningen in de vuilwaterafvoer aanwezig, zodat er geen terugstroom mogelijk is vanuit het gemeentelijk riool.

Een artikel [17] op Waterforum Online “Meander Medisch Centrum Gedupeerd na waterrobuuste aanpak” geeft een discussie weer over de noodzakelijkheid van het waterrobuust bouwen van het ziekenhuis.

5.3 VieCuri Medisch Centrum in Venlo

Ten zuiden van het centrum van Venlo staat aan de Maas het VieCuri Medisch Centrum. Het ziekenhuis is in 1983 buitendijks gebouwd. Onder het ziekenhuis ligt een atoomschuilkelder.
Als het peil van de Maas stijgt, kan het ziekenhuis daar nadelige gevolgen van ondervinden. In het verleden heeft het ziekenhuis diverse malen met wateroverlast te maken gehad. Zowel in 1993 als in 1995 is de Maas buiten zijn oevers getreden en stond het ziekenhuisterrein helemaal blank. De SEH was moeilijk bereikbaar, maar ook de nog lager gelegen toegangswegen tot het ziekenhuis waren onbegaanbaar. Er is toen een spoedpost buiten het overstroomde terrein ingericht. Vanuit deze post zijn patiënten met militair vervoer naar het ziekenhuis getransporteerd of zijn uitgeweken naar andere ziekenhuizen.
In de kelder onder het ziekenhuis was sprake van lichte wateroverlast.



Figuur 2 Het Venlose St. Maartens Gasthuis (thans VieCuri MC) helemaal omsloten door het Maaswater (Bron: Kerst in het Water, Watersnoodramp 1993, Dagblad voor Noord-Limburg).

Na de overstroming in 1995 is een dijk aangelegd, die het ziekenhuisterrein afgrenst van de Maas. In de zomer van 2009 ontstond opnieuw wateroverlast, dit keer als gevolg van kortstondige, extreem hevige regenval. Het gevolg was dat:
- de kelder onder water kwam te staan;
- de hemelwaterafvoeren los schoten door de grote waterdruk;
- de liftput onder water liep. Uit voorzorg zijn toen de liften tijdelijk stil gezet;
- enkele schakelkasten (ook op de verdiepingen) nat geworden zijn door lekkage en de kraamafdeling tijdelijk werd afgesloten;
- op sommige niet kritische afdelingen het rioolwater omhoog kwam in de wastafels.

De bedrijfscontinuïteit is echter niet in gevaar geweest.
In 2011 was er wederom sprake van hoog water in de Maas, maar dit heeft niet tot problemen geleid voor het ziekenhuis, door de in 1995 aangelegde dijk.

Binnen het calamiteitenplan van VieCuri is specifiek een hoogwaterplan opgenomen, waarin wordt uitgegaan dat in het uiterste geval van een waterstand van 19.60 meter boven NAP (Belfeld Beneden) en het Maaswater de dijk over komt, alle afdelingen moeten worden gesloten en geëvacueerd. De kans dat dit optreedt, is klein en wordt geschat op eens in de 250 jaar. Bij overstromingsgevaar is er 3 dagen voorbereidingstijd. Dit is genoeg om voorraden (apotheek, voedsel etc.) veilig te stellen.

Het ziekenhuis heeft de volgende waterrobuuste maatregelen getroffen:
- De schakelkasten in de kelder zijn in een betonnen bak geplaatst.
- De noodstroomaggregaten zijn op een hoger niveau (net boven maaiveldniveau) aangebracht.
- Het volledige ziekenhuis kan op noodstroom draaien.
- Een mobiel NSA kan in noodgevallen worden ingezet.

Daarnaast is om het zorgproces tijdens wateroverlast zo min mogelijk te verstoren een noodmagazijn vol materialen beschikbaar.

Volgens het ziekenhuis zijn er vitale functies met verschillende prioriteiten.
De functies met eerste prioriteit zijn:
- de SEH (inclusief radiologie);
- de OK (inclusief CSA);
- de IC/CCU;
- de verloskamers;
- de neonatologie.

Niet kritische, maar wel aandacht behoevende functies en faciliteiten met een tweede prioriteit zijn volgens het ziekenhuis:
- de dialyse-afdeling;
- de laboratoria;
- de verpleegafdelingen;
- de koeling in de zomerperiode (in de winterperiode niet essentieel).

In tabel 4 is aangegeven op welke bouwlaag de belangrijkste functies en faciliteiten in het VieCuri MC zijn gehuisvest.

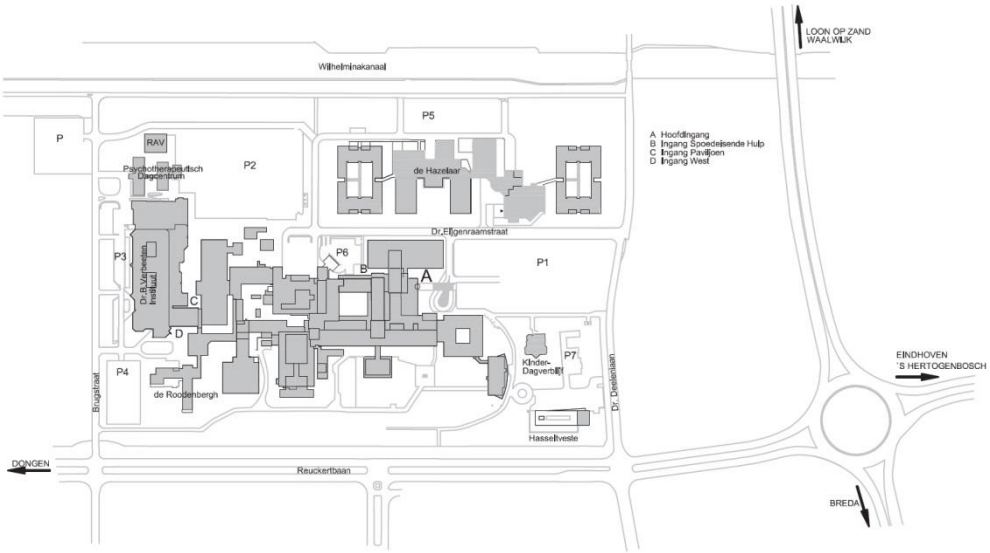
Tabel 4 hoogteligging van functies in het VieCuri MC.

<table>
<tr><th>Kelder</th><th>Begane grond</th><th>1e verd.</th><th>2e t/m 4e verd.</th><th>Hoger</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Reinwater (vulpunt 1m boven mv)</td><td>SEH</td><td>OK-afdeling</td><td rowspan="3">Verpleeg-afdelingen</td><td>Stroke unit neurologie (5e)</td></tr>
<tr><td>Radiologie</td><td>IC/CCU</td><td>Dialyse (5e)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Trafo’s (in betonnen bak)</td><td>Apotheek</td><td rowspan="2">Verloskamers / neonatologie</td><td rowspan="2">Overige technische ruimten</td></tr>
<tr><td>NSA‘s</td></tr>
<tr><td>Lucht- en water-behandeling</td><td>Medische gassen</td><td>CSA</td><td colspan="2" rowspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Steriel magazijn</td><td>Poliklinieken</td><td>Laboratoria</td></tr>
<tr><td>1 MER</td><td>1 MER</td></tr>
</table>

5.4 TweeSteden ziekenhuis in Tilburg

Op 28 juli 2014 was bij een hoogspanningsstation van de energiebeheerder, door extreme regenval met als gevolg wateroverlast, een grote transformator uitgevallen. Een groot deel van Tilburg-Noord kwam zonder stroom te zitten, waaronder de locatie TweeSteden Tilburg. Het gevolg was dat gemeentegemalen niet functioneerden en het hoofdriool het overtollige water van o.a. het ziekenhuisterrein niet kon verwerken. Vanuit het hoofdriool, aan de voorzijde van het ziekenhuis, kwam via spleten en gaten achter in het gebouw water in de kelder. Onder andere de productieapotheek kwam onder water te staan. Omdat deze apotheek steriel moet blijven was deze onbruikbaar geworden en is de productie stil gelegd.
De technische voorzieningen aan de voorzijde, waaronder het noodstroomaggregaat in de kelder, werden niet getroffen door wateroverlast en konden doordraaien.

Bijkomend probleem was dat tijdens de overstroming het enige tijd onduidelijk was of ook de locatie van het Elisabeth ziekenhuis in Tilburg getroffen was of zou worden getroffen door wateroverlast en onduidelijk of de productieapotheek eventueel kon worden verplaatst naar deze locatie.
Tijdens de wateroverlast is besloten het OK-programma te stoppen, nadat de lopende operaties waren afgerond. Ook de polikliniek was een dagdeel gesloten. Het laboratorium draaide door en in de serverruimte (SER) zijn de hoger geplaatste patchkasten droog gebleven. Er is in het ziekenhuis geen sprake geweest van volledige stroomuitval omdat het noodaggregaat heeft gewerkt.
Binnen 2 uur had de brandweer de kelders leeggepompt naar het naastgelegen Wilhelminakanaal (zie plattegrond locatie).



Figuur 3 plattegrond van de locatie TweeSteden ziekenhuis in Tilburg.

Een soortgelijke overstroming was in het verleden al eens eerder gebeurd. Vanuit het ziekenhuis wordt aangegeven dat dergelijke wateroverlast ook in de toekomst nog kan voorkomen, omdat bij de bouw van het ziekenhuis ervoor is gekozen deze half verdiept te bouwen. Hierdoor konden er meer bouwlagen worden gerealiseerd. Er is echter bij de bouw geen rekening gehouden het verdiepte deel van het ziekenhuis waterrobuust uit te voeren of vitale functies in een ander gedeelte van het ziekenhuis onder te brengen.
Het ziekenhuis heeft maatregelen genomen tegen extreme regenval door de eigen pompcapaciteit te verhogen. Verder is er overleg gevoerd met de gemeente hoe de problemen met de waterafvoer in de toekomst kunnen worden voorkomen.

Volgens het ziekenhuis zijn de vitale functies en faciliteiten:
- de IC/CCU;
- de OK-afdeling (hoewel planbare operaties ook elders kunnen worden uitgevoerd);
- de SEH (die in crisissituaties eventueel zou kunnen worden overgenomen door het Elisabeth ziekenhuis in Tilburg);
- de verloskamers;
- de CSA;
- de noodstroomvoorziening;
- het ‘ketelhuis’.

De CSA, noodstroomvoorziening en het ‘ketelhuis’ zijn in de kelder gehuisvest, de SEH op de begane grond en de IC-, OK- en verlosafdelingen op de 1e verdieping.

Vanuit het ziekenhuis wordt er op gewezen dat:
- toegangswegen van essentieel belang zijn voor het in bedrijf houden van het ziekenhuis (bijvoorbeeld voor aanvoer van medische gassen en personeel);
- nutsvoorzieningen moeten kunnen doordraaien;
- er sprake is van een rampenplan en een Brabants integraal risicoplan;
- bij (nieuw)bouw of grote renovatie wellicht gedacht zou kunnen worden aan het niet in de kelder plaatsen van de MER en SER;
- de IC daarbij van 2 kanten, zowel vanuit de vloer als het plafond, gevoed kan worden met elektriciteit, gassen en water;
- risicospreiding/redundantie van installaties kan worden toegepast (bijvoorbeeld door 2 ketelhuizen te realiseren en dubbele technische functies);
- ziekenhuizen elkaars technische functies zouden kunnen overnemen.

6 Enquêtes

6.1 Inleiding

Van de 15 geselecteerde ziekenhuizen voor de schriftelijke enquête hebben:
- 10 ziekenhuizen de enquête ingevuld;
- 3 ziekenhuizen aangegeven niet mee te doen gezien drukke werkzaamheden;
- 2 ziekenhuizen niet gereageerd.

6.2 Resultaten

De enquête bestond uit open vragen (zie bijlage D) aan de geselecteerde ziekenhuizen om vast te stellen of er in het verleden wateroverlast is geweest, als gevolg daarvan men nog bereikbaar is en maatregelen zijn getroffen, waar vitale functies zijn gelegen en of deze functies nog bereikbaar zijn met een lift na overstroming.

6.2.1 *Wateroverlast*

Van de 10 ziekenhuizen hebben 2 ziekenhuizen wateroverlast gehad in de vorm van een overstroming in 2013 en door extreme regenval in 2010, 2013 en 2014.

6.2.2 *Bereikbaarheid bij een overstroming*

Van de 10 ziekenhuizen geven 3 ziekenhuizen aan dat ze voldoende hoog liggen ten opzichte van NAP om bereikbaar te blijven.

6.2.3 *Getroffen maatregelen*

Op verschillende gebieden zijn maatregelen getroffen:
- in de directe omgeving van het ziekenhuis;
- door de overheid opgelegd aan het ziekenhuis;
- door het ziekenhuis o.a. aan de bouwconstructie, keuze van bouwmaterialen, protocollen voor evacuatie en afvoer van vuil water.

Van de 10 ziekenhuizen:
- geven 7 ziekenhuizen aan dat er maatregelen zijn getroffen of dat er plannen voor maatregelen zijn in de directe omgeving van het ziekenhuis;
- zijn door de overheid bij 1 ziekenhuis maatregelen opgelegd;
- geeft 1 ziekenhuis aan dat de fundering robuust is uitgevoerd, olie- en gastanks zijn verankerd en de vulopeningen boven het overstromingsniveau liggen. Bij 1 ziekenhuis is de hoofddraagconstructie, inclusief kelder, in beton uitgevoerd. De reinwaterkelders zijn onderdeel van de betonconstructie met aansluitingen op 2,75 meter boven NAP. De cryotanks voor medische gassen zijn verankerd met aansluitingen op 1 en 1,75 meter boven NAP.
- geven 4 ziekenhuizen aan dat bij de keuze van bouwmaterialen voor de draagconstructie (wanden, kolommen en vloeren) beton is gebruikt. Bij 1 ziekenhuis is grotendeels een harde vloerafwerking gebruikt (natuursteen);
- geeft 1 ziekenhuis aan dat in het calamiteitenplan maatregelen zijn opgenomen voor interne of externe evacuatie bij een overstroming. Daarnaast geven 6 ziekenhuizen aan een ZIROP, bedrijfscontinuïteits- of crisisplan te hebben maar daarin niet specifiek maatregelen bij overstromingen zijn opgenomen;

- geven 6 ziekenhuizen aan dat er terugslagkleppen in het riool naar de gemeente zitten en/of een rioolgemaal aanwezig is of pompinstallatie;
- geven 3 ziekenhuizen aan dat alle functies nog bereikbaar zijn met liften na een overstroming.

6.2.4 *Overige opmerkingen*

- De SEH, OK's, IC, MC, CCU, neonatologie en KCL worden door alle 10 ziekenhuizen als vitale functies gezien;
- Bij alle 10 ziekenhuizen is de SEH op de begane grond gelegen en zijn noodzakelijke technische voorzieningen zoals water, medische gassen en de brandmeldinstallatie in de kelder of op de begane grond ondergebracht;
- De resterende vitale functies en noodzakelijke technische voorzieningen zijn niet op een specifieke bouwlaag gelegen;
- Door geen van de 10 ziekenhuizen is de CSA specifiek als vitale functie genoemd, waarschijnlijk omdat ziekenhuizen deze afdeling als onderdeel van de hotfloor/OK-afdeling zien;
- De maaiveldhoogte of het begane grondniveau van de 10 ziekenhuizen varieert van circa 0 tot 14 meter boven NAP.

7 Standplaatsen en ambulanceposten

7.1 Inleiding

Vanuit het ministerie van I&M en het ministerie van VWS is het verzoek gekomen om de risico-inventarisatie met betrekking tot de ligging en het overstromingsgevaar van ziekenhuizen, uit te breiden door ook de standplaatsen van ambulanceposten in het onderzoek mee te nemen.

Aan de hand van het 'Referentiekader spreiding en beschikbaarheid ambulancezorg 2013' van het RIVM [23] en de adressenbestanden van Imergis Organisatiebloei [24] en Ambulancezorg Nederland (AZN) uit 2014 [25] is de ligging van de standplaatsen van ambulanceposten in Nederland op postcodeniveau bekend.

7.2 Resultaten

Nederland telt op basis van de in paragraaf 7.1 genoemde databestanden 248 standplaatsen van ambulanceposten. Deze standplaatsen zijn aan de hand van de Risicokaart geïnventariseerd en naar categorieën onderverdeeld. Gekeken is in hoeverre de standplaatsen in beschermd of onbeschermd gebied liggen en of er sprake is van een groot, middelgroot of klein overstromingsrisico.

Van de 248 onderzochte standplaatsen:
- zijn er geen standplaatsen gelegen in een gebied met een groot overstromingsrisico;
- zijn er 30 standplaatsen (12%) gelegen in een gebied met een middelgroot overstromingsrisico;
- zijn er 210 standplaatsen (85%) gelegen in een gebied met een klein of geen overstromingsrisico;
- is van 8 standplaatsen (3%) niet duidelijk of deze nog in gebruik zijn, omdat er geen eenduidige informatie vanuit de 3 verschillende databestanden is. Ook kan sprake zijn van zogenaamde steunpunten of voorwaardenscheppende posten (strategische plekken in de regio waar de ambulances worden gestationeerd op het moment dat overige ambulances rijden).

Er heeft geen kwalitatieve beoordeling ten aanzien van de waterrobuustheid van de ambulancestandplaatsen plaatsgevonden. Nagenoeg elke standplaats betreft een garagegebouw op maaiveldniveau, dat bij een overstroming niet meer gebruikt kan worden en onbereikbaar zal zijn.

De 30 standplaatsen die gelegen zijn in een gebied met een middel groot overstromingsrisico zijn in tabel 5 weergegeven.

Tabel 5 30 ambulancestandplaatsen met een middel groot overstromingsrisico.

6-cijferige postcode	**plaats/gemeente**	**6-cijferige postcode**	**plaats/gemeente**
1141 VZ	Monnickendam	4538 PK	Terneuzen
1442 LG	Purmerend	4751 XA	Oud-Gastel (Roosendaal)
1521 NA	Wormerveer	4761 RN	Zevenbergen
1723 HX	Noord Scharwoude	5912 BL	Venlo
1771 AB	Wieringerwerf	6229 NB	Maastricht
1812 RC	Alkmaar Zuid	7681 NC	Vroomshoop
2544 DW	Den Haag	7772 SE	Hardenberg
2651 JX	Berkel en Rodenrijs	8013 PM	Zwolle
2841 LB	Moordrecht	8019 AE	Zwolle
2902 AL	Capelle aan den IJssel	8064 DD	Zwartsluis
3225 LN	Hellevoetsluis	8448 CE	Heerenveen
3252 LR	Goedereede	9405 PT	Assen
3645 DJ	Vinkeveen	9611 TE	Sappemeer
4231 DJ	Meerkerk	9672 AC	Winschoten
4335 JR	Middelburg	9741 CP	Groningen-Noord

8 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk wordt een antwoord gegeven op de in hoofdstuk 1.1 genoemde onderzoeksvragen:

1. Wat houdt een waterrobuuste inrichting van een ziekenhuis technisch gezien exact in?
2. Wat is gemiddeld genomen de huidige stand van deze waterrobuustheid?
3. Wat zou in nieuw- en verbouwplannen minstens moeten worden meegenomen?
4. Zijn er internationale referenties?
5. Hoe is het gesteld met de ambulancestandplaatsen?

Ad. 1.
De definitie van de waterrobuustheid van een ziekenhuis luidt:
Het voorbereid zijn als ziekenhuisorganisatie op ernstige wateroverlast in de vorm van een overstroming[13] of extreme regenval[14] die gevaar oplevert voor de patiëntveiligheid en de bedrijfsvoering van het ziekenhuis.
Dit houdt in dat:

- het ziekenhuis bouwkundige en technische maatregelen heeft genomen om overlast te voorkomen of te beperken;
- indien overlast ontstaat of dreigt te ontstaan, het ziekenhuis protocollen en procedures heeft om verdere overlast te beperken.

De vitale ziekenhuisfuncties betreffen in ieder geval:

- de SEH;
- de OK's inclusief CSA;
- de IC, MC, CCU en neonatologie;
- het KCL.

Door sommige ziekenhuizen worden ook de radiologie, verlosafdeling en het medisch microbiologisch laboratorium als vitale functies aangemerkt.

Voor het door laten functioneren van de bovenstaande vitale functies zijn de volgende technische voorzieningen noodzakelijk:

- elektriciteit (noodstroomaggregaten);
- klimaatinstallaties/luchtbehandeling (verwarming, koeling en ventilatie);
- communicatie (ICT-installaties, telefoon en data, MER/SER);
- medische gassen;
- (drink)water;
- liftinstallaties;
- brandmeldinstallatie.

[13] Bedoeld wordt het buiten de oevers treden van zee, rivier, beek, sloot of anderszins
[14] Bedoeld wordt dat in een kort tijdsbestek zoveel regenwater valt dat niet snel genoeg afgevoerd kan worden.

De volgende randvoorwaarden dienen daarbij te worden gesteld.
Als een ziekenhuis bij een overstroming langere tijd operationeel moet blijven, dient ook het goed functioneren van de infrastructuur buiten het ziekenhuisterrein te worden gegarandeerd:
- Toegankelijkheid van hoofdwegen voor aan- en afvoer van personeel, patiënten en bevoorrading;
- Riolering (zodat vuil water wordt afgevoerd en niet terugstroomt).

Ad. 2.
Ongeveer 75% van de Nederlandse ziekenhuislocaties ligt in een gebied waar sprake is van een overstromingsrisico met een grote, middelgrote of kleine kans. Daarnaast kunnen alle ziekenhuizen te maken krijgen met tijdelijke wateroverlast als gevolg van extreme regenval. De meeste bestaande ziekenhuizen zijn niet waterrobuust gebouwd en lopen risico dat bij ernstige wateroverlast als gevolg van een overstroming of extreme regenval een deel van de vitale functies tijdelijk niet operationeel kan zijn.
Uit de case studies en enquête blijkt dat:
- bij een beperkt deel van de ziekenhuizen alle vitale functies nog met liften bereikbaar zijn bij een overstroming;
- meerdere ziekenhuizen aangeven dat er maatregelen zijn getroffen of dat er plannen zijn, in de directe omgeving van het ziekenhuis;
- de overheid bij 2 ziekenhuizen maatregelen heeft opgelegd;
- bij een klein deel van de ziekenhuizen in het calamiteitenplan maatregelen zijn opgenomen voor interne of externe evacuatie bij een overstroming. De meeste ziekenhuizen hebben wel een ZIROP, bedrijfscontinuïteits- of crisisplan, maar daar zijn geen specifieke maatregelen bij overstromingen in opgenomen;
- er bij een beperkt deel van de ziekenhuizen terugslagkleppen in het riool zitten en/of een rioolgemaal of pompinstallatie aanwezig is;
- bij de meeste ziekenhuizen de SEH op de begane grond is gelegen;
- bij de meeste ziekenhuizen de noodstroomvoorzieningen in de kelder of de begane grond zijn ondergebracht;
- de resterende vitale functies en noodzakelijke technische voorzieningen niet op een specifieke bouwlaag gelegen zijn.

Ad. 3.
Ten aanzien van de vraag wat in nieuw- en verbouwplannen minstens zou moeten worden meegenomen, kan aan de hand van literatuuronderzoek het volgende worden aanbevolen.

Bij het bepalen van de locatie van een ziekenhuis bij voorkeur kiezen voor een gebied met:
- een klein overstromingsrisico;
- goede water absorberende grondlagen.

Bij ziekenhuizen gelegen in een gebied met een groot of middelgroot overstromingsrisico:
- geen vitale functies en noodzakelijke technische voorzieningen (zie ad.1) ondergronds (in een kelder of souterrain) te huisvesten;
- vitale functies hoger te situeren dan de mogelijke overstromingshoogte;
- wateropslag te verankeren en zodanig uit te voeren dat geen opdrijving kan plaatsvinden. Vul- en tapaansluitingen boven de mogelijke overstromingshoogte aan te brengen, om vervuiling tegen te gaan;
- de gebouwconstructie zodanig uit te voeren dat deze waterdicht en bestand is tegen mogelijke sterke waterdruk;
- tot mogelijke overstromingshoogte waterbestendige vloeren, buitenwanden en buitenafwerkingen toe te passen;
- noodstroomgeneratoren toe te passen, die niet gas gevoed zijn;
- geen kruipruimten te realiseren (met bekabeling voor noodzakelijke technische installaties die niet waterbestendig zijn);
- het vuilwatersysteem te voorzien van terugslagkleppen of pompinstallatie om terugstromen te voorkomen;
- meterkasten aan te leggen boven de mogelijke overstromingshoogte;
- specifieke maatregelen te nemen, zodat iedereen in de organisatie zich bewust is wat er moet gebeuren bij een overstroming.

Een deel van de bovenstaande maatregelen is alleen bij (volledige) nieuwbouw goed te implementeren en minder geschikt in geval van een renovatie of verbouwing.

Bij alle ziekenhuizen om de gevolgen van extreme regenval te beperken:
- op het terrein maatregelen te treffen zodat regenwater kan infiltreren of snel kan worden afgevoerd;
- maatregelen te treffen rondom het ziekenhuisterrein, zodat geen regenwater van hoger gelegen gedeelten naar het ziekenhuisterrein kan stromen;
- de capaciteit van de hemelwaterafvoer (HWA) aan te passen op extreme watertoevoer, waarbij koppelstukken zodanig aan elkaar bevestigd zijn dat ze extreme waterdruk aankunnen;
- geen vitale functies en noodzakelijke technische voorzieningen (zie ad.1) ondergronds (in een kelder of souterrain) te huisvesten;
- maatregelen te treffen om wateroverlast op de begane grond te voorkomen. Bijvoorbeeld door vitale functies en noodstroomvoorzieningen hoger te situeren dan de mogelijke overstromingshoogte;
- geen kruipruimten te realiseren (met bekabeling voor noodzakelijke technische installaties die niet waterbestendig zijn);
- het vuilwatersysteem te voorzien van terugslagkleppen of pompinstallatie om terugstromen te voorkomen;
- specifieke maatregelen te nemen, zodat iedereen in de organisatie zich bewust is wat er moet gebeuren bij extreme regenval.

Een deel van de bovenstaande maatregelen is alleen bij (volledige) nieuwbouw goed te implementeren en minder geschikt in geval van een renovatie of verbouwing.

Ad. 4.
Gevonden internationale referenties zijn:
- ECRI Institute; Emergency Management; Healthcare Risk Control; Volume 2; november 2012.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA); Design guide for improving hospital safety in earthquakes, floods and high winds: providing protection to people and buildings; FEMA 577; juni 2007.
- Pan American Health Organization (PAHO)/World Health Organization (WHO): Hospital Safety Index, Guide for Evaluators, 2008.

Voor een nadere toelichting wordt verwezen naar paragraaf 3.2, Kritieke gebieden, systemen en verschillende checklists.

Ad. 5
Van de ambulancestandplaatsen is:
- 0% gelegen in een gebied met een groot overstromingsrisico;
- 12% gelegen in een gebied met een middelgroot overstromingsrisico;
- 85% gelegen in een gebied met een laag of geen overstromingsrisico;
- van 3% niet duidelijk of deze nog in gebruik zijn, of dat sprake is van steunpunten of voorwaardenscheppende posten.

Er heeft geen kwalitatieve beoordeling ten aanzien van de waterrobuustheid van de ambulancestandplaatsen plaatsgevonden. Nagenoeg elke standplaats betreft een garagegebouw op maaiveldniveau die bij een overstroming niet meer gebruikt kan worden en bereikbaar zal zijn.

A Literatuurlijst

1. R.E. Deichmann, M.D.; Code Blue, A Katrina Physician's Memoir; 2007.

2. HKV Lijn in Water; Overstromingen: de impact voor ziekenhuizen in Nederland; artikel op basis van een workshop die georganiseerd is in samenwerking met de Nederlandse Vereniging van Ziekenhuizen (NVZ), gepubliceerd in Magazine nationale veiligheid en crisisbeheersing; mei 2008.

3. Provincie Utrecht; Handreiking Overstromingsrobuust Inrichten; januari 2010.

4. R. Hensbroek; TNO 2012 R10683 Noodstroom in de zorg; oktober 2012.

5. ZonMW; Leidraad voor het Ziekenhuis Rampen Opvang Plan (ZIROP); september 2009.

6. ECRI Institute; Emergency Management; Healthcare Risk Control; Volume 2; november 2012.

7. CDC and American Water Works Association; Emergency water supply planning guide for hospitals and health care facilities; Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services; 2012.

8. CDC; Recommendations for the Cleaning and Remediation of Flood-Contaminated HVAC Systems: A Guide for Building Owners and Managers; www.cdc.gov; juni 2010.

9. Federal Emergency Management Agency (FEMA); Design guide for improving hospital safety in earthquakes, floods and high winds: providing protection to people and buildings; FEMA 577; juni 2007.

10. National Fire Protection Association (NFPA); Medical Gas and Vacuum Systems Installation Handbook 2012 edition; 2011.

11. Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen; Hochwasserfibel, Bauvorsorge in hochwassergefährdeten Gebieten; december 1999.

12. www.floodprobe.eu

13. Europäischer Kongress für Krankenhaustechnik Bern, Schweiz, vom 10. bis 12. April 2013

14. Ven, F., van der e.a.; Water Robust Building; a three step approach for the Netherlands linking planning, design, construction and exploitation; Nationaal Onderzoeksprogramma Klimaat voor Ruimte; 2010.

15. Ven, F. , van der e.a.; Waterrobuust bouwen. De kracht van kwetsbaarheid in een duurzaam ontwerp; Beter bouw- en woonrijp maken/SBR; Rotterdam; 2009.

16. www.risicokaart.nl

17. Artikel “Meander Medisch Centrum gedupeerd na waterrobuuste aanpak”, Waterforum Online, 17 april 2014.

18. Pan American Health Organization (PAHO)/World Health Organization (WHO): Hospital Safety Index, Guide for Evaluators, 2008.

19. Ebrahimi e.a., Architecture Capabilities to Improve Healthcare Environments, Trauma Monthly, Kowsar Corporation, 2013; 18(1); 21-7.

20. J.-C. Thouret e.a., Hochwasserfibel, Bauvorsorge in hochwassergefährdeten Gebieten, Natural Hazards and Earth System Science, 13, 339-360, 2013.

21. M. Mako, Design and delivery of robust hospital environments in a changing climate - Delphi survey, 2nd sounding panel October 2010 Cambridge.

22. Vesela Radivic e.a., Health facilities safety in natural disasters: experiences and challenges from South East Europe, Int. J. Environ. Res. Public Health, 9, 1677-1686, 4 mei 2012.

23. RIVM, Referentiekader spreiding en beschikbaarheid ambulancezorg 2013.

24. Imergis Organisatiebloei, adressenbestanden ambulanceposten 2014.

25. Ambulancezorg Nederland, adressenbestanden ambulanceposten 2014.

26. Eelco H. Dykstra, Katrina Orkaan in Nederland? Storm voor Europa, 2009.

B Checklist voor de gebouwkwetsbaarheid van overstromingsgevoelige ziekenhuizen (Bron: FEMA juni 2007)

DFE = Design Flood Elevation
FEMA = Federal Emergency Management Agency
FIRM = Flood Insurance Rate Map
FIS = Flood Insurance Study
HVAC = Heating, Ventilating and Air-Conditioning

Vulnerability Sections	Guidance	Observations
Site Conditions		
Is the site located near a body of water (with or without a mapped flood hazard area)? Is the site in a flood hazard area shown on the community's map (FIRM or other adopted map)? If so, what is the flood zone? Is the site affected by a regulatory floodway?	All bodies of water are subject to flooding, but not all have been designated as a floodplain on FIRMs. Flood hazard maps usually are available for review in local planning and permit offices. Electronic versions of the FIRMs may be available online at www.fema.gov. Paper maps may be ordered by calling (800) 358-9616. Development in floodways, where floodwaters typically are faster and deeper, must be supported by engineering analyses that demonstrate no rise in flood levels.	
Is the site located in a storm surge inundation zone (or tsunami inundation area)?	In coastal communities, even sites at some distance inland from the shoreline may be exposed to extreme storm surge flooding. Storm surge maps may be available at State or local emergency management offices.	

Vulnerability Sections	Guidance	Observations
Site Conditions (continued)		
What is the DFE (or does an analysis have to be done to determine the DFE)? What is the minimum protection level required by regulatory authorities? Does the FIS or other study have information about the 500-year flood hazard area? Has FEMA issued post-disaster advisory flood elevations and maps? What are the expected depths of flooding at the site (determined using flood elevations and ground elevations)?	Reference the FIS for flood profiles and data tables. Site-specific analyses should be performed by qualified engineers. Check with regulatory authorities to determine the required level of protection. If a major flood event has affected the community, FEMA may have issued new flood hazard information, especially if areas not shown on the FIRMs have been affected. Sometimes these maps are adopted and replace the FIRMs; sometimes the new data are advisory only.	
Has the site been affected by past flood events? What is the flood of record?	Records of actual flooding augment studies that predict flooding, especially if historic events resulted in deeper or more widespread flooding. Information may be available from local planning, emergency management, and public works agencies, or State agencies, the U.S. Army Corps of Engineers, or the Natural Resources Conservation Service. The flood of record is often a lower probability event (with higher flood elevations) than the 100-year flood.	
What is the expected velocity of floodwaters on the site?	Velocity is a factor in computing loads associated with hydrodynamic forces, including drag on building surfaces. Approximations of velocity may be interpolated from data in the FIS Floodway Data Table if the waterway was studied using detailed methods, application of approximation methods based on continuity, local observations and sources, or site-specific studies.	

Vulnerability Sections	Guidance	Observations
Site Conditions (continued)		
Are waves expected to affect the site?	Waves can exert considerable dynamic forces on buildings and contribute to erosion and scour. Wind-driven waves occur in areas subject to coastal flooding and where unobstructed winds affect wide floodplains (large lakes and major rivers). Standing waves may occur in riverine floodplains where high velocities are present.	
Is there information on how quickly floodwaters may affect the site?	Warning time is a key factor in the safe and orderly evacuation of critical facilities. Certain protective measures may require adequate warning so that actions can be taken by skilled personnel.	
What is the expected duration of flooding?	Duration has bearing on the stability of earthen fills, access to a site and emergency response, and durability of materials that come into contact with water. Records of actual flooding are the best indicator of duration as most floodplain analyses do not examine duration.	
Is there a history of flood-related debris problems or erosion on the site?	Site design should account for deposition of debris and sediment, as well as the potential for erosion-related movement of the shoreline or waterway. Buildings exposed to debris impact or undermining by scour and erosion should be designed to account for these conditions.	

Vulnerability Sections	Guidance	Observations
Site Conditions (continued)		
Is the site within an area predicted to flood if a levee or floodwall fails or is overtopped? Is the site in an area predicted to be inundated if an upstream dam were to fail?	Flood protection works may be distant from sites and not readily observable. Although a low probability event, failure or overtopping can cause unexpected and catastrophic damage because the protected lands are not regulated as flood hazard areas. The effects of an upstream dam failure are not shown on the FIRMs or most flood hazard maps prepared locally. Although dam failure generally is considered an unlikely event, the potential threat should be evaluated due to the catastrophic consequences. (Note: owners of certain dams should have emergency action plans geared toward notification and evacuation of vulnerable populations and critical facilities.)	
Does the surrounding topography contribute to the flooding at the site? Is there a history of local surface drainage problems due to inadequate site drainage?	If areas with poor local drainage and frequent flooding cannot be avoided, filling, regrading, and installation of storm drainage facilities may be required.	
Given the nature of anticipated flooding and soils, is scour around and under the foundation likely?	Scour-prone sites should be avoided, in part due to likely long-term maintenance requirements. Flooding that is high velocity or accompanied by waves is more likely to cause scour, especially on fills, or where local soils are unconsolidated and subject to erosion.	

Vulnerability Sections	Guidance	Observations
Site Conditions (continued)		
Has water from other sources entered the building (i.e., high groundwater, water main breaks, sewer backup, etc.)? Is there a history of water intrusion through floor slabs or well-floor connections? Are there underground utility systems or areaways that can contribute to basement flooding? Are there stormwater sewer manholes upslope of window areas or openings that allow local drainage to enter the basement/lower floor areas?	These questions pertain to existing facilities that may be impaired by water from sources other than the primary source of flooding. The entire building envelope, including below-grade areas, should be examined to identify potential water damage.	
Is at least one access road to the site/building passable during flood events? Are at-grade parking lots located in flood-prone areas? Are below-grade parking areas susceptible to flooding?	Access is increasingly important as the duration of flooding increases. For the safety of occupants, most critical facilities should not be occupied during flood events. Areas where vehicles could be affected should have signage to warn users of the risk. Emergency response plans should include notification of car owners.	

Vulnerability Sections	Guidance	Observations
Architectural		
Are any critical building functions occupying space that is below the elevation of the 500-year flood or the Design Flood Elevation? Can critical functions be relocated to upper levels that are above predicted flood elevations? If critical functions cannot be relocated, is floodproofing feasible? If critical functions must continue during a flood event, have power, supplies, and access issues been addressed?	New critical facilities built in flood hazard areas should not have any functions occupying flood-prone spaces (other than parking, building access, and limited storage). Existing facilities in floodplains should be examined carefully to identify the best options for protecting functionality and the structure itself.	
Have critical contents (files, computers, servers, equipment, research, and data) been located on levels of the facility above the flood elevations? Are critical records maintained offsite?	For existing facilities that are already located in flood hazard areas, the nature of the facility may require continued use of flood-prone space. However, the potential for flooding should be recognized and steps taken to minimize loss of expensive equipment and irreplaceable data. If critical contents cannot be permanently located on higher floors, a flood response plan should take into account the time and attention needed to move such contents safely.	
Structural Systems		
What is the construction type and the foundation type and what is the load bearing capacity? Has the foundation been designed to resist hydrostatic and hydrodynamic flood loads?	If siting in a floodplain is unavoidable, new facilities are to be designed to account for all loads and load combinations, including flood loads.	

Vulnerability Sections	Guidance	Observations
Structural Systems (continued)		
If the building has below-grade areas (basements), are the lower floor slabs subject to cracking and uplift?	Below-grade spaces and their contents are most vulnerable to flooding and local drainage problems. Rapid pump out of below-grade spaces can unbalance forces if the surrounding soil is saturated, leading to structural failure. If below-grade spaces are intended to be dry floodproofed, the design must account for buoyant forces. Building spaces below the design flood level can be dry floodproofed, although it must be recognized that higher flood levels will overtop the protection measures and may result in severe damage. Dry floodproofing creates large unbalanced forces that can jeopardize walls and foundations that are not designed to resist the hydrostatic and hydrodynamic loads.	
Are any portions of the building below the Design Flood Elevation? Has the building been damaged in previous floods?	For existing buildings, it is important to determine which portions are vulnerable in order to evaluate floodproofing options. If flood depths are expected to exceed 2 or 3 feet, dry floodproofing may not be feasible. Alternatives include modifying the use of flood-prone areas.	
If the building is elevated on a crawlspace or on an open foundation, are there any enclosed areas?	New buildings may have enclosures below the flood elevation. provided the use of the enclosures is limited (crawlspace, parking, building access, and limited storage). In addition, the enclosures must have flood openings to automatically allow for inflow and outflow of floodwaters to minimize differential hydrostatic pressure. Existing buildings that are elevated and have enclosures below the flood elevation can be retrofit with flood openings.	

Vulnerability Sections	Guidance	Observations
Structural Systems (continued)		
For an existing building with high-value uses below the flood elevation, is the building suitable for elevation-in-place, or can it be relocated to higher ground?	Elevating a building provides better protection than dry floodproofing. Depending on the type and soundness of the foundation, even large buildings can be elevated on a new foundation or moved to a site outside of the floodplain.	
Building Envelope		
Are there existing floodproofing measures in place below the expected flood elevation? What is the nature of these measures and what condition are they in? Is there an annual inspection and maintenance plan? Is there an “action plan” to implement floodproofing measures when flooding is predicted? Do the building operators/occupants know what to do when a flood warning is issued?	Floodproofing measures are only as good as the design and their condition, especially if many years have passed since initial installation. Floodproofing measures that require human intervention are entirely dependent on the adequacy of advance warning, and the availability and ability of personnel to properly install the measures.	
For existing buildings, what types of openings penetrate the building envelope below the 500-year flood elevation or the DFE (doors, windows, cracks, vent openings, plumbing fixtures, floor drains, etc.)?	For dry floodproofing to be effective, every opening must be identified and measures taken to permanently seal or to prepare special barriers to resist infiltration. Sewage backflow can enter through unprotected plumbing fixtures.	
Are flood-resistant materials used for structural and nonstructural components and finishes below the 500-year elevation or the DFE?	Flood-resistant materials are capable of withstanding direct and prolonged contact with floodwaters without sustaining damage that requires more than cosmetic repair. Contact is considered to be prolonged if it is 72 hours or longer in freshwater flooding areas, or 12 hours or longer in areas subject to coastal flooding.	

Vulnerability Sections	Guidance	Observations
Utility Systems		
Is the potable water supply for the facility protected from flooding? If served by a well, is the wellhead protected?	Operators of critical facilities that depend on fresh water for continued functionality should learn about the vulnerability of the local water supply system, and the system's plans for recovery of service in the event of a flood.	
Is the wastewater service for the building protected from flooding? Are any manholes below the DFE? Is infiltration of floodwaters into sewer lines a problem? If the site is served by an onsite system that is located in a flood-prone area, have backflow valves been installed?	Most waste lines exit buildings at the lowest elevation. Even buildings that are outside of the floodplain can be affected by sewage backups during floods.	
Are there any aboveground or underground tanks on the site in flood hazard areas? Are they installed and anchored to resist flotation during the design flood? Are tank openings and vents elevated above the 500-year elevation or the DFE, or otherwise protected to prevent entry of floodwater or exit of product during a flood event?	Dislodged tanks become floating debris that pose special hazards during recovery. Lost product causes environmental damage. Functionality may be impaired if tanks for heating fuel, propane, or fuel for emergency generators are lost or damaged.	
Mechanical Systems		
Are air handlers, HVAC systems, ductwork, and other mechanical equipment and systems located above the 500-year elevation or the DFE? Are the vents and inlets located above flood level, or sealed to prevent entry of floodwater?	In existing buildings, utility equipment that is critical for functionality should be relocated to higher floors or into elevated additions.	

Vulnerability Sections	Guidance	Observations
Plumbing and Gas Systems		
Are plumbing fixtures and gas-fired equipment (meters, pilot light devices/burners, etc.) located above the 500-year elevation or the DFE?	In existing buildings, utility equipment that is critical for functionality should be relocated to higher floors or into elevated additions.	
Is plumbing and gas piping that extends below flood levels installed to minimize damage?	Piping that is exposed could be impacted by debris.	
Electrical Systems		
Are electrical systems, including backup power generators, panels, and primary service equipment, located above the 500-year elevation or the DFE? Are pieces of electrical stand-by equipment and generators equipped with circuits to turn off power? Are the switches and wiring required for safety (minimal lighting, door openers) located below the flood level designed for use in damp locations?	In existing buildings, utility equipment that is critical for functionality should be relocated to higher floors or into elevated additions.	
Fire Alarm Systems		
Is the fire alarm system located above the 500-year elevation or the DFE?	In existing buildings, utility equipment that is critical for functionality should be relocated to higher floors or into elevated additions.	
Communications and IT Systems		
Are the communication/IT systems located above the 500-year elevation or the DFE?		

C Ligging van vitale functies (SHE, OK en IC) en NSA in enkele Nederlandse ziekenhuizen[15]

Ligging vitale functies	**NSA**	**SEH**	**OK**	**IC**
Albert Schweitzer ziekenhuis, locatie Dordwijk, Dordrecht	Begane grond (traforuimten)	Begane grond	2e verdieping	2e verdieping
Deventer ziekenhuis	Souterrain (incl. wkk, gas, water, warmtepompen)	Begane grond	1e verdieping	1e verdieping
Kennemer Gasthuis Noord, Haarlem	Begane grond (separaat energiegebouw)	Begane grond	2e verdieping	2e verdieping
Orbis Medisch Centrum, Sittard	2e bouwlaag = technische laag	1e verdieping	3e verdieping	3e verdieping
Martini ziekenhuis, Groningen	5e verdieping	Begane grond	3e verdieping	3e verdieping
Meander Medisch Centrum, Amersfoort	4e verdieping (trafo's begane grond)	1e verdieping	2e verdieping	2e verdieping
St. Antonius ziekenhuis, Utrecht	Begane grond	Begane grond	Begane grond	Begane grond
St. Antonius ziekenhuis, Nieuwegein	Begane grond	Begane grond	Begane grond	Begane grond / 1e verdieping
TweeSteden ziekenhuis, locatie Tilburg	Kelder	Begane grond	1e verdieping	1e verdieping
VieCuri Medisch Centrum, Venlo	Begane grond (schakelkasten en trafo's in betonnen bak in kelder)	Begane grond	1e verdieping	1e verdieping
Universitair Medisch Centrum, Groningen	Begane grond	Begane grond	1e en 3e verdieping	1e en 3e verdieping
Jeroen Bosch Ziekenhuis, Den Bosch	Begane grond	Begane grond	4e verdieping	4e verdieping
Röpcke Zweers Ziekenhuis, Hardenberg	Begane grond	Begane grond	1e verdieping	1e verdieping
Haga Ziekenhuis Leyenburg, Den Haag	Begane grond	Begane grond	1e en 2e verdieping	2e verdieping
Reinier de Graaf Gasthuis, Delft	Begane grond	Begane grond	4e verdieping	3e verdieping
Wilhelmina Ziekenhuis, Assen	Begane grond	Begane grond	2e verdieping	2e verdieping
Ziekenhuis Zeeuws-Vlaanderen De Honte, Terneuzen	Begane grond	Begane grond	1e verdieping	1e verdieping
Maasziekenhuis Pantein, Beugen (gem. Boxmeer)	5e verdieping	Begane grond	2e verdieping	2e verdieping

Opgemerkt moet worden dat het vloerpeil van de begane grond (veel) hoger dan het maaiveld kan liggen.

[15] Uit het monitoringsonderzoek van het Bouwcollege van 2007, de casestudies en enquêtes.

D Enquête vragen

- Hoe vaak heeft uw ziekenhuis met wateroverlast te maken gehad door overstroming?
- Hoe vaak heeft uw ziekenhuis met wateroverlast te maken gehad door extreme regenval?
- Hoe lang is uw ziekenhuis nog bereikbaar bij een overstroming?
- Welke maatregelen zijn er getroffen in de directe omgeving van uw ziekenhuis?
- Welke maatregelen of eisen zijn er door de overheid gesteld aan uw ziekenhuis?
- Welke maatregelen heeft uw ziekenhuis getroffen wat betreft de bouwconstructie?
- Welke maatregelen heeft uw ziekenhuis getroffen wat betreft de keuze van bouwmaterialen voor wanden en/of vloeren?
- Waar liggen de vitale functies van het ziekenhuis?
- Waar liggen de technische voorzieningen van het ziekenhuis?
- Welke functies zijn nog bereikbaar met liften na een overstroming?
- Welke maatregelen heeft uw ziekenhuis getroffen wat betreft protocollen voor evacuatie naar hogere bouwlagen van bepaalde functies of voorzieningen en/of verlaten van de locatie?
- Welke maatregelen zijn er getroffen voor de afvoer van vuil water?

E Afkortingenlijst

AZN	Ambulancezorg Nederland
CCU	coronary care unit
CDC	Centers for Disease Control
CSA	centrale sterilisatie
DPNH	Deltaprogramma Nieuwbouw en Herstructurering
ECMO	extracorporale membraan oxygenatie
ECRI	Emergency Care Research Institute
EWSP	Emergency Water Supply Plan
FEMA	Federal Emergency Management Agency
HVAC	Heating, Ventilation, Air Conditioning
HWA	hemelwaterafvoer
IC	intensive care
ICT	Informatie- en Communicatie Technologie
IGZ	Inspectie voor de Gezondheidszorg
I&M	Ministerie van Infrastructuur en Milieu
KCL	klinisch chemische laboratoria
MC	medium care/medisch centrum
MER	Main Equipment Room
MRI	Magnetic Resonance Imaging
NAP	Nieuw Amsterdam Peil
NSA	noodstroomaggregaat
OK	operatiekamer
PAHO	Pan American Health
PET-CT	Positron Emissie Tomografie en Computer Tomografie
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
SEH	spoedeisende hulp
SER	Server/Sub/Satellite Equipment Room
VWS	Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport
WHO	World Health Organization
WKK	Warmte Kracht Koppeling
ZIROP	Ziekenhuis Rampen Opvang Plan