

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM



Vlaanderen
is wetenschap

13_159_9
WL rapporten

Ontwikkeling LATIS 4

Deelrapport 3d
Integratie van de verschillende types impact

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Ontwikkeling LATIS 4

Deelrapport 3d: Integratie van de verschillende types impact

Beullens, J.; Broidioi, S.; De Sutter, R.; De Maeyer, P.; Pereira, F.; Mostaert, F.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.

De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.

Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2021
D/2021/3241/118

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Beullens, J.; Broidioi, S.; De Sutter, R.; De Maeyer, P.; Pereira, F.; Mostaert, F. (2021). Ontwikkeling LATIS 4: Deelrapport 3d: Integratie van de verschillende types impact. Versie 1.0. WL Rapporten, 13_159_9. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2021R13_159_9
Trefwoorden (3-5):	LATIS 4, overstromingsrisico, integratie, legende		
Kennisdomeinen:	Waterbeheer > Risico>Overstromingen > Numerieke modelleringen		
Tekst (p.):	14	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

Auteur(s):	Beullens, J.; Broidioi, S.; De Sutter, R.; De Maeyer, P.
------------	--

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Pereira Fernando	Getekend door:Fernando Pereira (Signat Getekend op:2021-09-27 09:25:47 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed <i>Fernando Pereira</i>
Projectleider:	Pereira Fernando	Getekend door:Fernando Pereira (Signat Getekend op:2021-09-27 09:26:29 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed <i>Fernando Pereira</i>

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Mostaert, F. Voor het afdelingshoofd, afwezig Patrik Peeters, Ingenieur, belast met de leiding van de afdeling Waterbouwkundig Laboratorium	Patrik Peeters (Signature) Digitaal ondertekend door Patrik Peeters (Signature) Datum: 2021.09.26 09:55:00 +02'00'
-----------------	--	---



Abstract

De specifieke GIS-tool LATIS kan momenteel economische en/of slachtoffer risico's berekenen voor overstromingen. Naar aanleiding van de Europese Overstromingsrichtlijn (Richtlijn 2007/60/EG) is de nood ontstaan om ook andere negatieve aspecten van overstromingen te kwantificeren. In drie deelopdrachten werd een methodologie ontwikkeld om de sociale impact (Broidioi et al., 2015), de culturele impact (Beullens et al., 2015) en de ecologische impact (Beullens et al., 2017) van overstromingen te kwantificeren. Samen met de reeds bestaande methode voor economische schade zijn er na deelopdracht 3 vier methodes om de gevolgen van overstromingen op een verschillende manier te kwantificeren. Hoewel het niet de bedoeling is om "appels met peren" te vergelijken, zal er in dit rapport onderzocht worden of de verschillende gevolgen geïntegreerd kunnen worden. Uit het rapport blijkt dat de verschillende types impact niet geïntegreerd zullen worden met elkaar. Verder zal er gekeken worden of het mogelijk is om voor elk type impact een vereenvoudigde en duidelijke legende aan te maken met een beperkt aantal klassen. Voor elke module werd besloten om de eindresultaten te standaardiseren om vergelijkingen tussen verschillende gebieden en scenario's mogelijk te maken.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VII
1 Inleiding	1
2 Integratie van verschillende types impact: literatuurstudie	2
3 Index verschillende types impact	5
3.1 Index sociale impact.....	5
3.2 Legende culturele impact.....	8
3.3 Legende ecologische impact	10
4 Besluit	12
5 Referentielijst	13

Lijst van de tabellen

Tabel 1 - Culturele impactmatrix volgens Dassanayake et al. (2012)	8
Tabel 2 - Culturele impact matrix	9

Lijst van de figuren

Figuur 1 - Verschillende stappen van de MAUT benadering voor overstromingsrisicokaarten	3
Figuur 2 - Methodologie voor de integratie van verschillende types impact	4
Figuur 3 - Sociale kwetsbaarheidsindex ADAPT project	5
Figuur 4 - Sociale kwetsbaarheidsindex Indonesië.....	6
Figuur 5 - Sociale kwetsbaarheidsindex Verenigd Koninkrijk.....	6
Figuur 6 - Kwetsbaarheid van historische gebouwen Engeland (Tewkesbury) volgens Stephenson & Ayala (2014).....	8
Figuur 7 - Ecologische waarde index ADAPT project.....	10
Figuur 8 - Verandering in ecosysteemdiensten (%) Burzel et al. (2012)	10
Figuur 9 - Ecologische kwetsbaarheidsindex Beullens et al. (2017)	11

1 Inleiding

In de huidige versie van LATIS wordt de economische schade en het aantal slachtoffers bij overstromingen bepaald op basis van landgebruiksinformatie, socio-economische data en schadefuncties (ook verdrinkingsfuncties genoemd wanneer het specifiek over slachtoffers gaat). De landgebruiksinformatie geeft de ligging van gebouwen, wegen, akkerland, weiland, ... aan en wordt gecombineerd met de socio-economische data die de waarde van de verschillende landgebruikscategorieën bevat. Door deze combinatie kan een maximale schadekaart opgesteld worden die de schade weergeeft die zou optreden als een overstroming de verschillende types landgebruik volledig zou vernietigen. Aan de hand van schadefuncties die de werkelijke schade bij verschillende waterdieptes aangeven, kunnen de maximale schadekaarten gecombineerd worden met overstromingskaarten om zo tot werkelijke schadekaarten te komen bij die bepaalde overstroming. Door deze laatste werkelijke schadekaarten voor verschillende terugkeerperiodes aan te maken en te integreren met de risicoformule, wordt het economisch risico berekend. Voor het berekenen van het slachtofferrisico wordt een analoge methodologie gebruikt, alleen wordt hierbij geen gebruik gemaakt van schadefuncties gebaseerd op waterdieptes maar van verdrinkingsfuncties gebaseerd op stroomsnelheid, stijgsnelheid en waterdiepte.

In de Europese Overstromingsrichtlijn (Richtlijn 2007/60/EG) wordt aangegeven, dat naast het kwantificeren van economische schade en slachtoffers ook andere negatieve gevolgen van overstromingen gekwantificeerd moeten worden. Om verschillende scenario's ten opzichte van elkaar te kunnen afwegen, is het immers noodzakelijk ook de negatieve gevolgen voor de gezondheid van de mens, het milieu en het culturele erfgoed in kaart te brengen.

In de vorige drie deelopdrachten werd al een methodologie ontwikkeld om de sociale impact (Broidioi *et al.*, 2015), de culturele impact (Beullens *et al.*, 2015) en de ecologische impact (Beullens *et al.*, 2017) van overstromingen te kwantificeren. Samen met de reeds bestaande methode voor economische schade zijn er na deelopdracht 3 vier methodes om de gevolgen van overstromingen op een verschillende manier te kwantificeren. Hoewel het niet de bedoeling is om “appels met peren” te vergelijken, zal er in dit rapport onderzocht worden of de verschillende gevolgen geïntegreerd kunnen worden.

Eerst werd er in de internationale literatuur nagegaan of er methodes beschikbaar zijn voor de integratie van de verschillende types impact. Vervolgens werd er beslist of er al dan niet gebruik gemaakt zal worden van één van de beschikbare integratie methodes. In een derde en laatste stap zal nagegaan worden of de mogelijkheid bestaat om de legende van de verschillende types impact te vereenvoudigen naar een beperkt aantal klassen.

2 Integratie van verschillende types impact: literatuurstudie

Geïntegreerde beoordelingsprocedures werden algemeen ontwikkeld om zoveel mogelijk onvoorziene gevolgen van beleidsbeslissingen te voorkomen (De Vries, 1999). Een geïntegreerde beoordeling is een iteratief proces, waarbij enerzijds geïntegreerde inzichten van de wetenschappelijke gemeenschap gecommuniceerd worden met de beleidsmakers en anderzijds ervaringen en leereffecten van de beleidsmakers de input vormen voor een wetenschappelijke beoordeling (Janssen, 1996).

Brouwer & van Ek (2004) maken in hun studie gebruik van twee integratie methoden om de economische impact, de impact op het milieu en de sociale impact te integreren. De eerste methode is een uitgebreide **kosten-baten analyse**. In deze methode worden de impact op het milieu en de sociale impact, net als de economische impact, uitgedrukt met behulp van een geldwaarde. Dit wordt gedaan door na te gaan wat de bereidheid tot betalen is van de mensen voor bepaalde diensten (vb. Instandhouding van de biodiversiteit en publieke veiligheid). Het is dan mogelijk om de verschillende types impact te integreren omdat ze elk uitgedrukt worden aan de hand van een geldwaarde. Voor beleidsmakers is dit, in het grootste deel van de gevallen, de meest interessante methode. Toch is het niet altijd eenvoudig om een monetaire waarde toe te kennen aan bijvoorbeeld de sociale impact en de ecologische impact.

Een alternatief voor de kosten-baten analyse is de **Multi Criteria Analyse (MCA)**. Een veel gebruikte MCA methode voor de integratie van verschillende criteria is de **Multi Attribute Utility Theory of de MAUT benadering**.

Het algemene concept van deze benadering is om een gewogen gemiddelde te genereren van de scores voor elk type impact voor elk gebied. De procedure volgt de volgende stappen:

- 1) Standaardiseer de scores voor elk type impact naar waarden tussen 0 en 1.
- 2) Bereken de gewogen waarden voor elk type impact door de gestandaardiseerde waarde van elke raster cel te vermenigvuldigen met een gewicht, toegekend door de beleidsmaker.
- 3) Bereken de totale waarde voor elk raster cel door de gewogen waarden voor elk type impact op te tellen.
- 4) Rangschik de gebieden (raster cellen) op basis van de totale waarde.

Voor de standaardisatie van de scores voor elk criteria zijn er verschillende methoden beschikbaar. Een veel gebruikte methode is de 'score range approach':

$$y = (x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$$

met

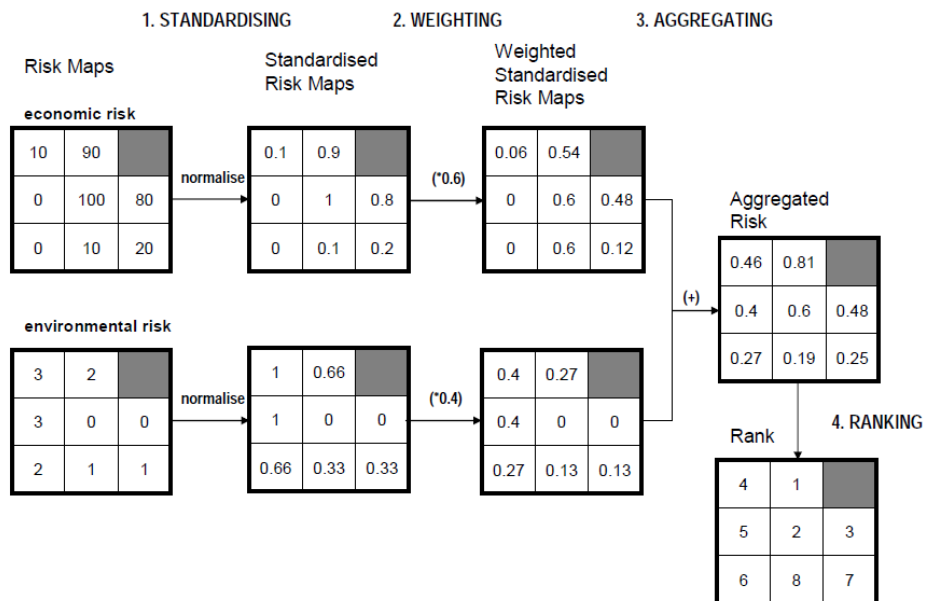
y: gestandaardiseerde score

x: criteria score

$x^{\max}$: maximum criteria score

$x^{\min}$: minimum criteria score

Figuur 1 geeft een voorbeeld van de MAUT benadering. Twee types impact (economische impact en ecologische impact) worden in dit voorbeeld geïntegreerd.



Figuur 1 - Verschillende stappen van de MAUT benadering voor overstromingsrisicokaarten

Bovenstaande benadering werd ook gebruikt in de studie van Brouwer & van Ek (2004). In een eerste stap worden de ecologische impact, de sociale impact en de economische impact gestandaardiseerd. Als tweede stap kan er aan elk type impact een gewicht toegekend worden. In een laatste stap kan de geïntegreerde impact bepaald worden als de som van de gewogen gestandaardiseerde scores voor elk type impact. Welk gewicht er toegekend wordt aan welk type impact, is meestal een keuze van de beleidsmakers. Er bestaan verschillende vormen van MCA's, maar de methodologie van Brouwer & van Ek (2004) wordt het meest frequent teruggevonden in de literatuur.

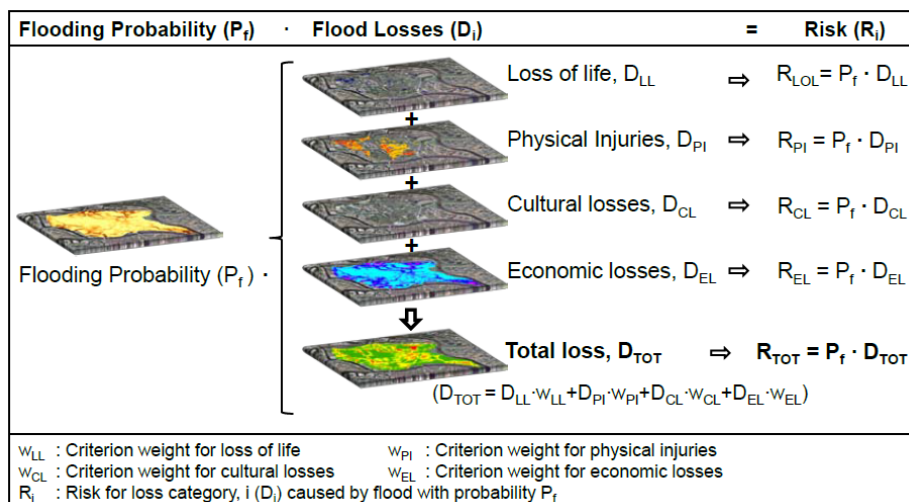
Ook Meyer *et al.* (2007) stelt namelijk dat de MCA een geschikte methode is voor het integreren van alle types impact zonder ze te moeten uitdrukken op een monetaire schaal. Elk type impact kan uitgedrukt worden aan de hand van zijn eigen schaal. Dit is het grote voordeel t.o.v. een kosten-baten analyse. De meeste methodes leggen de focus op de economische impact. De ecologische, culturele en sociale impact worden vaak verwaarloosd of vermeld als een bijproduct. De MCA laat toe om alle types impact in rekening te brengen. Zo kunnen verschillende gebieden vergeleken en geëvalueerd worden met betrekking tot verschillende types impact.

Het gewicht dat toegekend wordt aan een criterium duidt de relatieve belangrijkheid aan t.o.v. een ander criterium (Malczewski, 1999), het bepaalt de mate van invloed van dat criterium op de algemene evaluatie. Het toekennen van gewichten is bijgevolg één van de meest cruciale en gevoelige onderdelen van het hele MCA proces. Er zijn verschillende methoden beschikbaar om gewichten toe te kennen aan criteria: 'Ranking', 'Rating', 'Pairwise comparison', 'Swing weight approach', 'Group decisions', ... (Meyer *et al.*, 2007).

Dassanayake *et al.* (2013) maakt ook gebruik van de MAUT benadering om verschillende types impact van overstromingen te integreren met elkaar. De standaardisatie gebeurt voor elk type impact aan de hand van een waarde functie. Voor de economische impact is dit een exponentiële functie. Voor de slachtofferimpact een boolean functie, waarbij de gestandaardiseerde waarde gelijk is aan 1 vanaf het moment dat er 1 dodelijk slachtoffer is. De lichamelijke letsels worden gestandaardiseerd met behulp van een lineaire functie en voor de culturele impact werd er gebruik gemaakt van een trapsgewijze lineaire functie. Dit toont aan dat er zeker en vast voldoende mogelijkheden zijn om de scores te standaardiseren.

Om de gewichten toe te kennen aan de verschillende types impact werd er gebruik gemaakt van de 'pairwise comparison method' (Saaty, 1990). Bij deze methode wordt elk type impact vergeleken met alle andere types impact met betrekking tot hun relatieve belangrijkheid. De totale waarde voor elke raster cel is vervolgens

de som van de gewogen gestandaardiseerde waarden voor elk type impact voor die raster cel. De methodologie die gebruikt werd in deze studie, wordt nog eens getoond in Figuur 2.



Figuur 2 - Methodologie voor de integratie van verschillende types impact (Dassanayake et al., 2013)

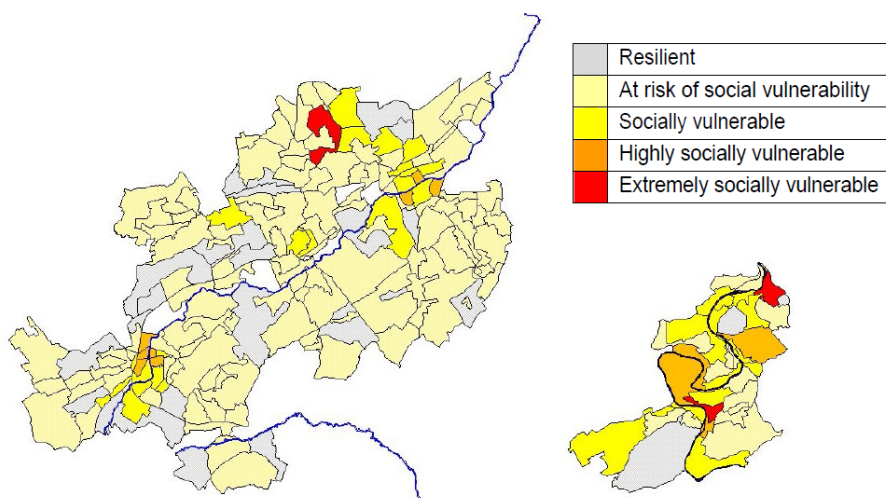
Na overleg met de experts werd er gekozen om de verschillende types impact niet te integreren. Het is beter om de verschillende types impact afzonderlijk voor te stellen omdat een geïntegreerde waarde moeilijk te interpreteren zal zijn. Mocht elk type impact uitgedrukt worden aan de hand van een geldwaarde, dan zou de integratie wel een logische keuze zijn. Toch werd er in dit onderzoek geopteerd om de types impact met een niet monetaire waarde voor te stellen. Sociale, culturele en ecologische schade zijn meer dan enkel een geldwaarde. Hoe kan er bijvoorbeeld een monetaire waarde gegeven worden aan een cultureel landschap en gaat de echte culturele waarde hier dan niet verloren? Emotionele schade kan ook een vorm van sociale schade zijn na een overstroming. Hoe is deze emotionele schade vertaalbaar naar een geldwaarde? Daarnaast is er geen monetaire waarderingsmethode haalbaar voor heel Vlaanderen op dit moment.

Mochten de beleidsvoerders toch een MCA willen toepassen, dan is dit uiteraard mogelijk. Ze kunnen dan zelf gewichten toekennen aan de verschillende types impact. Dit is het voordeel van de gestandaardiseerde scores (zie 3).

3 Index verschillende types impact

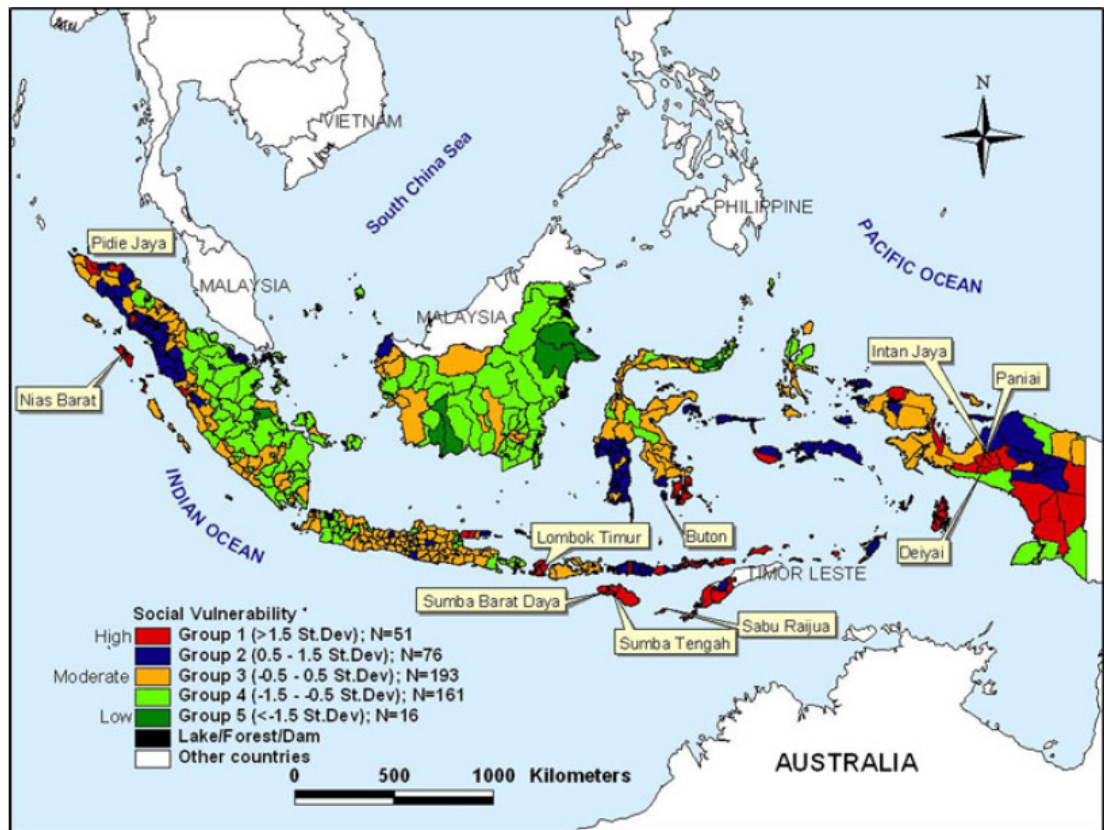
3.1 Index sociale impact

In de internationale literatuur is er voldoende terug te vinden betreffende de sociale kwetsbaarheid van een gebied. Echter over de sociale impact, waarbij de sociale kwetsbaarheid gecombineerd wordt met overstromingskenmerken, is er weinig bekend. De sociale kwetsbaarheidsindex wordt in de meeste studies voorgesteld aan de hand van 5 klassen. Zo wordt in het ADAPT project (Giron *et al.*, 2009) de sociale kwetsbaarheid opgedeeld in de volgende 5 klassen: resilient, at risk of social vulnerability, socially vulnerable, highly socially vulnerable en extremely socially vulnerable (Figuur 3). Deze sociale kwetsbaarheidsindex is gebaseerd op deze van het FHRC (Flood Hazard Research Centre), die veel ervaring hebben met de sociale aspecten van overstromingen.



Figuur 3 - Sociale kwetsbaarheidsindex ADAPT project (Giron *et al.*, 2009)

Ook in Indonesië (Siagian *et al.*, 2013) en het Verenigd Koninkrijk (Tapsell & Penning-Rowsell, 2002) wordt de sociale kwetsbaarheid weergegeven aan de hand van 5 klassen (Figuur 4 en Figuur 5).



Figuur 4 - Sociale kwetsbaarheidsindex Indonesië (Siagian et al., 2013)

Vulnerability to flooding: health and social dimensions

1523

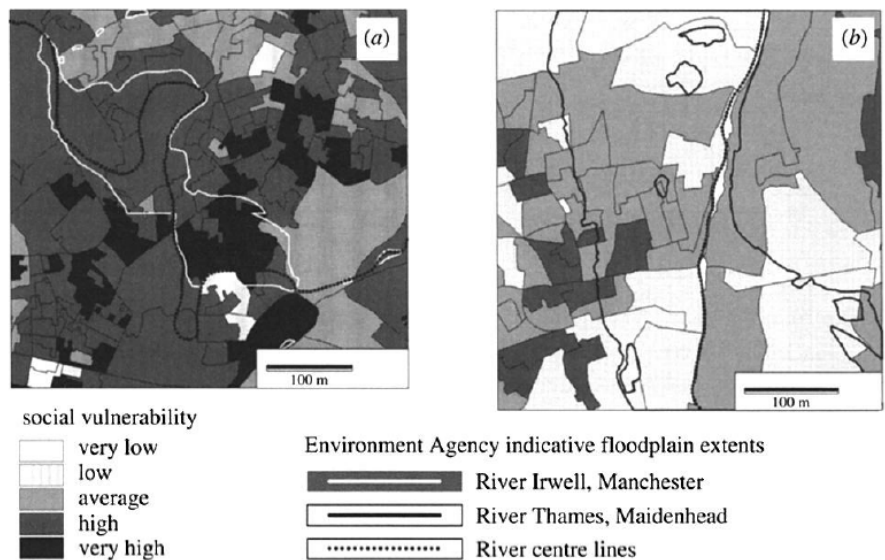


Figure 3. The results for the SFVI for (a) Salford, Manchester, and (b) Maidenhead.

Figuur 5 - Sociale kwetsbaarheidsindex Verenigd Koninkrijk (Tapsell & Penning-Rowsell, 2002)

Dit zijn maar enkele voorbeelden uit de internationale literatuur. De sociale impact voor overstromingen in LATIS wordt bepaald aan de hand van een index voor de sociale kwetsbaarheid, een overstromingsindex en het aantal getroffen personen. De index voor sociale kwetsbaarheid wordt gevormd door volgende gestandaardiseerde indicatoren bij elkaar op te tellen: (I) het aantal rechthebbenden met recht op verhoogde tegemoetkoming, (II) het aantal arbeidsongeschikten, (III) het aantal niet-Europeanen en Oost-Europeanen, (IV) het aantal 75-plussers en (V) het aantal eenoudergezinnen.

Om de sociale impact van een overstroming te bepalen wordt de sociale kwetsbaarheidsindex gecombineerd met een overstromingsindex en het aantal getroffen personen. De overstromingsindex kan slechts twee waarden aannemen, 1 bij overstroming en 0 bij geen overstroming. Hierbij wordt een drempelwaarde gehanteerd van 25 cm. Wanneer een gebied overstroomt en de waterdiepte is hoger dan of gelijk aan 25 cm, zal de sociale impact dus bepaald worden als het product van de sociale kwetsbaarheid en het aantal getroffen personen. Omdat het niet mogelijk is om te weten waar iedereen zich bevindt op het moment van een overstroming, wordt de bevolking per statistische sector gelijkmatig verdeeld over alle gebouwen (vb. bebouwing 1, industrie 1, ziekenhuis, gevangenis, ...).

Het vastleggen van vaste klassengrenzen is zeer moeilijk omwille van twee redenen: de intensiteit van elke overstroming is verschillend en de locatie kan variëren. Beide zaken zullen een invloed hebben op de grootte van de impact. Het is dus bijgevolg beter om elk geval afzonderlijk te bekijken en niet op voorhand een legende vast te leggen. Dit geeft de mogelijkheid aan de gebruiker om na elke impactberekening de gestandaardiseerde waarden zelf op te delen in klassen. De keuze van de klassengrenzen kan sterk afhankelijk zijn van wat de gebruiker nu juist wil voorstellen.

Na overleg met de experts wordt er in deze studie geopteerd om de sociale impact niet op te delen in klassen, maar enkel te standaardiseren (schaal 0 tot 100). Hiervoor zal de 'score range approach' gebruikt worden (besproken in 2). Om zeer kleine waarden te voorkomen zal er vermenigvuldigd worden met 100, anders zou de schaal van 0 tot 1 gaan.

De waarden voor de sociale impact zullen dus gestandaardiseerd worden op de volgende manier:

$$y = ((x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})) * 100$$

waarbij:

y: gestandaardiseerde waarde

x: werkelijke waarde

$x^{\max}$: maximum waarde = 0.2453587

$x^{\min}$: minimum waarde = 0

Als maximum waarde wordt gekozen voor de absolute maximale waarde en niet de maximale waarde van het scenario. Op deze manier is het mogelijk om verschillende scenario's met elkaar te vergelijken. Deze maximale waarde werd bekomen door de sociale kwetsbaarheidsindex per statistische sector voor Vlaanderen (Broidioi *et al.*, 2015) te vermenigvuldigen met het aantal getroffen personen per woning (Broidioi *et al.*, 2015), ervan uitgaande dat de overstromingsindex voor heel Vlaanderen gelijk is aan 1. De maximale waarde van deze berekening is de absolute maximale waarde voor de sociale impact in Vlaanderen.

Een voorstel is om de sociale impact van een overstroming uit te drukken aan de hand van 5 klassen: (I) zeer lage sociale impact, (II) lage sociale impact, (III) gemiddelde sociale impact, (IV) hoge sociale impact en (V) zeer hoge sociale impact.

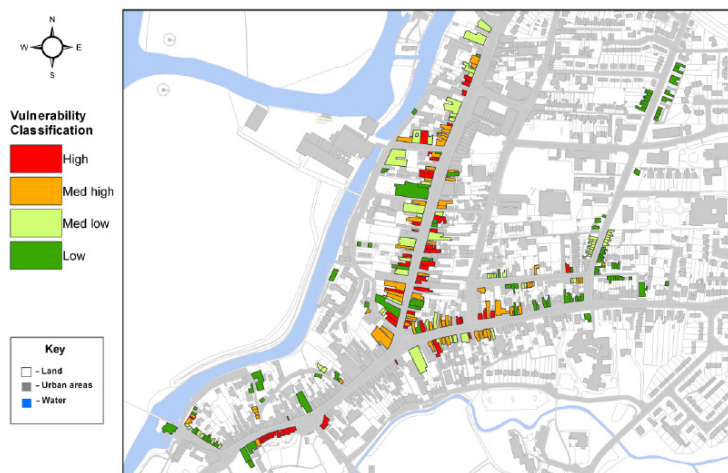
3.2 Legende culturele impact

Dassanayake *et al.* (2012) bepaalt de culturele impact van een overstroming als een gewogen gemiddelde van de fysieke impact van een overstroming en de culturele waarde van het cultureel goed (Tabel 1). Zowel de fysieke impact als de culturele waarde worden uitgedrukt aan de hand van een schaal gaande van 1 tot 5. De culturele impact wordt ook uitgedrukt met behulp van 5 klassen: zeer laag (1), laag (2), gemiddeld (3), hoog (4) en zeer hoog (5).

Tabel 1 - Culturele impactmatrix volgens Dassanayake et al. (2012)

Level of cultural value	Level of physical damage				
	1	2	3	4	5
1	1	1.5~2	2	2.5~3	3
2	1.5~2	2	2.5~3	3	3.5~4
3	2	2.5~3	3	3.5~4	4
4	2.5~3	3	3.5~4	4	4.5~5
5	3	3.5~4	4	4.5~5	5

Stephenson & Ayala (2014) bepaalden de kwetsbaarheid van historische gebouwen in Engeland. De kwetsbaarheid wordt in deze studie uitgedrukt aan de hand van 4 klassen (Figuur 6): low, medium low, medium high en high.



Figuur 6 - Kwetsbaarheid van historische gebouwen Engeland (Tewkesbury) volgens Stephenson & Ayala (2014)

De culturele impact van een overstroming in LATIS wordt bepaald door de combinatie van een culturele kwetsbaarheidsindex en een overstromingsindex. De culturele kwetsbaarheidsindex is een gewogen som van volgende drie indicatoren: (I) het aantal beschermingen, (II) het aantal foto's en (III) het aantal externe links.

De overstromingsindex wordt net zoals de culturele kwetsbaarheidsindex voorgesteld met behulp van 5 klassen, gaande van 1 tot 5. Deze klassen zijn bepaald op basis van de waterdiepte en ook hierin wordt rekening gehouden met een drempel van 25 cm. De culturele impact van een overstroming is het product van beide indexen en gaat van 1 tot 25 (Tabel 2)

Tabel 2 - Culturele impact matrix (Beullens *et al.*, 2015)

		Culturele kwetsbaarheidsindex				
		1	2	3	4	5
Overstromingsinde x	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

Net zoals bij de sociale impact zullen de waarden voor de culturele impact gestandaardiseerd worden op de volgende manier:

$$y = ((x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})) * 100$$

waarbij:

y: gestandaardiseerde waarde

x: werkelijke waarde

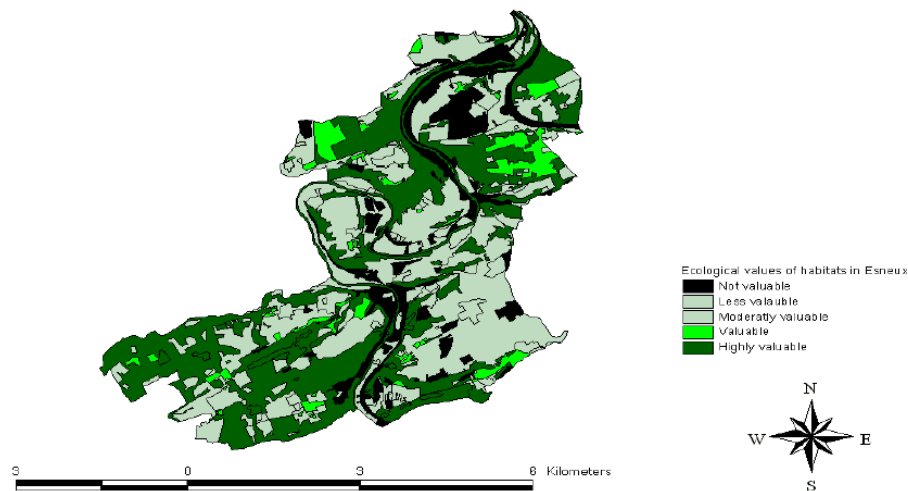
$x^{\max}$: maximum waarde = 25

$x^{\min}$: minimum waarde = 0

Als maximum waarde wordt gekozen voor de absolute maximale waarde (Tabel 2) en niet de maximale waarde van een specifiek scenario. Op deze manier is het mogelijk om verschillende scenario's of gebieden met elkaar te vergelijken.

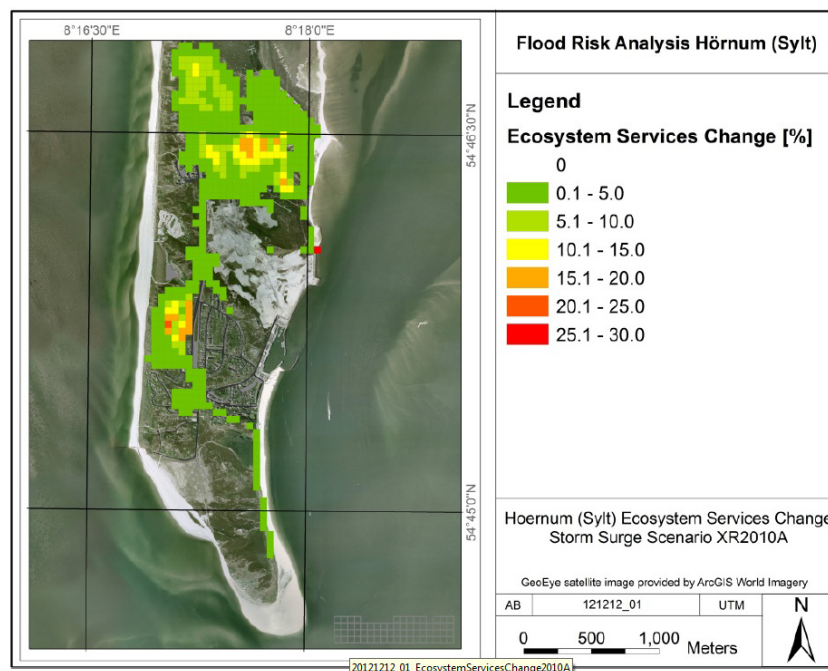
3.3 Legende ecologische impact

In het ADAPT project (Giron *et al.*, 2009) wordt de ecologische waarde van habitats opgedeeld in 5 klassen: not valuable, less valuable, moderately valuable, valuable en highly valuable (Figuur 7).



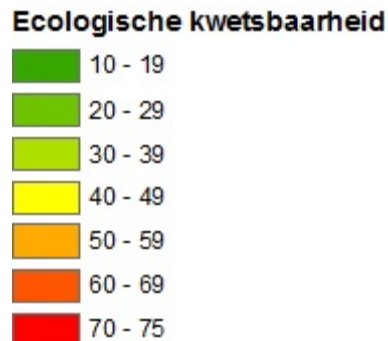
Figuur 7 - Ecologische waarde index ADAPT project (Giron *et al.*, 2009)

Burzel *et al.* (2012) ontwikkelde een methodologie om de ecologische impact te bepalen met behulp van ecosysteemdiensten. De ecologische impact wordt gezien als de verwachte verandering in ecosysteemdiensten ten gevolge van overstromingen. De ecologische impact wordt uitgedrukt aan de hand van 6 klassen (Figuur 8). Dit is enkel maar een voorbeeldkaart. De klasse-indeling kan veranderen naargelang de grootte van de berekende waarden.



Figuur 8 - Verandering in ecosysteemdiensten (%) Burzel *et al.* (2012)

De ecologische impact van een overstroming in LATIS wordt bepaald door de combinatie van een ecologische kwetsbaarheidsindex en een overstromingsindex. De ecologische kwetsbaarheidsindex wordt bepaald door de Globale Score voor Ecologische Waardering en de Speciale Beschermingszones en loopt van 10 tot 75. Beullens *et al.* (2017) stelt de ecologische kwetsbaarheidsindex voor aan de van 7 klassen (Figuur 9).



Figuur 9 - Ecologische kwetsbaarheidsindex Beullens et al. (2017)

De overstromingsindex is afhankelijk van enkele overstromingsparameters en loopt van 1 tot 4. De ecologische impact index is het product van beide indexen en is dus minimaal gelijk aan 10 en maximaal gelijk aan 300.

Ook in dit geval wordt ervoor gekozen om de waarden enkel te standaardiseren, waardoor de gebruiker de mogelijkheid krijgt zelf de ecologische impact op te delen in klassen.

$$y = ((x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})) * 100$$

waarbij:

y: gestandaardiseerde waarde

x: werkelijke waarde

$x^{\max}$: maximum waarde = 300

$x^{\min}$: minimum waarde = 0

Als maximum waarde wordt gekozen voor de absolute maximale waarde en niet de maximale waarde van het scenario. Op deze manier is het mogelijk om verschillende scenario's met elkaar te vergelijken.

4 Besluit

De meest gebruikte methode om verschillende types impact met elkaar te integreren is de Multi Criteria Analyse. Hierbij worden de verschillende types impact eerst gestandaardiseerd, vervolgens wordt er een gewicht toegekend aan elk type impact en kunnen de gewogen gestandaardiseerde scores gesommeerd worden. In deze studie werd ervoor gekozen om de verschillende types impact niet te integreren met elkaar omwille van het feit dat ze moeilijk te vergelijken zijn. Mocht elk type impact uitgedrukt worden aan de hand van een monetaire schaal dan zou dit wel mogelijk geweest zijn. Mochten de beleidsvoerders toch een MCA willen toepassen, dan is dit uiteraard mogelijk. Ze kunnen dan zelf gewichten toekennen aan de verschillende types impact. Dit is het voordeel van de gestandaardiseerde scores.

In de studie werd ook beslist om de legende van de verschillende types impact niet op te delen in klassen, maar om de waarden enkel te standaardiseren naar een schaal van 0 tot 100. Dit komt omdat elke overstroming verschillend is (intensiteit en locatie), wat het moeilijk maakt om vaste klassengrenzen vast te leggen. Door de waarden enkel te standaardiseren wordt de mogelijkheid aan de gebruiker gegeven om de waarden eventueel op te delen in klassen, al naargelang wat de gebruiker wil voorstellen.

5 Referentielijst

Beullens, J.; Broidioi, S.; Verwaest, T.; De Sutter, R.; De Maeyer, P.; Mostaert, F. (2015). Ontwikkeling LATIS 4 – Methodologie: Deelopdracht 2b: Methodologie voor het kwantificeren van de culturele impact van overstromingen. Versie 3.0. WL Rapporten, 13_159. Universiteit Gent/Antea Group/Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Beullens, J.; Broidioi, S.; Verwaest, T.; De Sutter, R.; De Maeyer, P.; Mostaert, F. (2017). Ontwikkeling LATIS 4 – Methodologie: Deelopdracht 3b: Methodologie ecologische impact van overstromingen. Versie 3.0. WL Rapporten, 13_159. Universiteit Gent/Antea Group/Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Broidioi, S.; Boey, I.; Verwaest, T.; De Sutter, R.; De Maeyer, P.; Mostaert, F. (2015). Ontwikkeling LATIS 4 – Methodologie: Deelopdracht 1b: Methodologie voor het kwantificeren van de sociale impact van overstromingen. Versie 3.0. WL Rapporten, 13_159. Universiteit Gent/Antea Group/Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Brouwer, R. & Van Ek, R. (2004). Integrated ecological, economic and social impact assessment of alternative flood control policies in the Netherlands. National institute for integrated water management and waste water treatment. Ecological Economics 50, 1-21.

Burzel, A.; Preiß, J.; Dassanayake, D.R.; Gönnert, G.; Oumeraci, H. (2012). Methodology for an ecosystem risk assessment in integrated risk analysis and the practical implementation on Sylt Island. XtremRisk Progress Report. Leichtweiß-Institute for hydraulic engineering and water resources, Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, Germany. 36p.

Dassanayake, D.; Burzel, A.; Oumeraci, H. (2012). Evaluation of Cultural Losses. Leichtweiß-Institute for Hydraulic Engineering and Water Resources, Technische Universität Braunschweig, 50p.

Dassanayake, D.; Burzel, A.; Oumeraci, H. (2013). Intangible flood losses : Methodologies for their evaluation and integration in flood risk analysis. Leichtweiß-Institute for Hydraulic Engineering and Water Resources, Technische Universität Braunschweig, 6p.

De Vries, M.S. (1999). Calculated choices in policy-making. The Theory and Practice of Impact Assessment. MacMillan Press, Houndmills, Hampshire, UK.

Giron, E.; Coninx, I.; Dewals, B.J.; El Kahloun, M.; De Smet, L.; Sacré, D.; Detrembleur, S.; Bachus, K.; Piroton, M.; Meire, P.; De Sutter, R.; Hecq, W. (2009). Towards an integrated decision tool for adaptation measures – Case study: Floods <<ADAPT>>. Final report phase 1. Brussels: Belgian Science Policy 2009 – 122p. (Research Programme Science for a Sustainable Development).

Janssen, M. (1996). Meeting targets. Tools to support integrated assessment modelling of global change. PhD thesis, University of Maastricht, the Netherlands.

Malczewski, J. (1999). GIS and Multicriteria Decision Analysis. New York, John Wiley and Sons.

Meyer, V.; Haase, D.; Scheuer, S. (2007). GIS-based Multicriteria Analysis as Decision Support in Flood Risk Management. Floodsite project report. HR Wallingford, UK, 63p.

Saaty, T.L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. European Journal of Operational research. 48, 9-26.

Siagian, T.H.; Purhadi, P.; Suhartone, S; Ritonga, H. (2013). Social vulnerability to natural hazards in Indonesia: driving factors and policy implications. *Natural Hazards*, 15p.

Stephenson, V. & D'Ayala, D. (2014). A new approach to flood vulnerability assessment for historic buildings in England. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 14, 1035-1048.

Tapsell, S.M.; Penning-Rowsell, E.C.; Tunstall, S.M.; Wilson, T.L. (2002). Vulnerability to flooding: health and social dimensions. *Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, Vol. 360, No. 1796, 1511-1525 pp.

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be