
FLOOD EARLY WARNING SYSTEM

Flood Early Warning System (FEWS) in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier



FLOOD EARLY WARNING SYSTEM

Flood Early Warning System (FEWS) in het Brokopondodistrict langs de
Surinamerivier

Thijs van Maaren
0996765

Watermanagement
Hogeschool Rotterdam
Friso Vos de Wael

Anton de Kom Universiteit van Suriname
Sieuwnath Naipal

Bachelorscriptie
15-06-2023

Voorwoord

Voor u ligt de bachelorscriptie 'Flood Early Warning System (FEWS) in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier'. Binnen de scriptie wordt onderzoek uitgevoerd naar geschikte monitorings- en waarschuwingssystemen voor het introduceren van een FEWS. Deze scriptie is geschreven om te voldoen aan de afstudeereisen van de opleiding Watermanagement aan de Hogeschool Rotterdam. Het uitvoeren van onderzoek en het opstellen van de scriptie heeft gedurende een periode van 30-01-2023 tot 15-06-2023 plaatsgevonden.

Gedurende mijn studieperiode aan de opleiding Watermanagement heb ik ondervonden dat ik het gebrek aan activiteiten in het buitenland, hoofdzakelijk als gevolg van COVID-19, heb gemist. Voorafgaand aan het vierde studiejaar had ik hierdoor interesse om mijn afstudeeronderzoek in het buitenland uit te voeren. Toen de mogelijkheid zich voordeed om een afstudeerstage in Suriname uit te voeren, ben ik positief en welwillend op deze mogelijkheid ingegaan. Door het uitvoeren van mijn afstudeeronderzoek in een onbekende omgeving, het vergaren van extra kennis over het waterbeheer in Suriname en het leren omgaan met een alternatieve arbeidscultuur, heeft dit onderzoek een bijdrage geleverd aan zowel mijn persoonlijke als professionele ontwikkeling.

Allereerst wil ik mijn bedrijfsbegeleider, professor Sieuwnath Naipal, bedanken voor de begeleiding die ik gedurende mijn afstudeerperiode heb mogen ontvangen. Ondanks zijn drukke agenda was professor Naipal altijd bereid om advies/ondersteuning te bieden en financiële bijdragen te leveren. Verder was de contactenkring van professor Naipal van essentieel belang voor het benaderen van stakeholders binnen het onderzoek.

Ook wil ik mijn stagebegeleider vanuit de Hogeschool Rotterdam, Friso Vos de Wael, bedanken voor de manier waarop hij invulling heeft gegeven aan zijn begeleidende rol gedurende mijn afstudeerperiode. Indien ik gedurende mijn afstudeerperiode tegen obstakels aanliep en/of vragen had, was Friso altijd bereid om een luisterend oor te bieden, vragen te beantwoorden, feedback te geven en mij te voorzien van de benodigde adviezen.

Tot slot wil ik Stefan de Zwart, mede-afstudeerstudent in Suriname gedurende mijn afstudeerperiode, bedanken voor de inhoudelijke en morele steun gedurende het gehele afstudeertraject.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Thijs van Maaren

Rotterdam, 15-06-2023

Samenvatting

Mede door het gebrek aan monitorings- en waarschuwingsinstrumenten zijn circa 12.000 Surinaamse inwoners slachtoffer geworden van overstromingen in 2022. Door het gebrek aan monitorings- en waarschuwingsinstrumenten, is het inzicht in aanwezige overstromingsrisico's en bijbehorende waarschuwingsmaatregelen minimaal. Om de impact van toekomstige overstromingen te reduceren, wordt onderzoek gedaan naar geschikte monitorings- en waarschuwingsinstrumenten binnen het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier.

De doelstelling van het onderzoek is om te achterhalen welke monitorings- en waarschuwingsinstrumenten geschikt zijn voor mogelijke implementatie binnen een FEWS. Tevens wordt als doel gesteld om potentieel geschikte locaties en gewenste dataverwerkingsmethoden te achterhalen. Om de doelstelling te bereiken is de volgende hoofdvraag opgesteld: 'Welke monitorings- en waarschuwingsinstrumenten zijn geschikt om te implementeren binnen een Flood Early Warning System (FEWS) in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier?'

Om een antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag is literatuuronderzoek uitgevoerd, zijn fysieke bezoeken gebracht aan het onderzoeksgebied en hebben gesprekken met bewoners en overige relevante stakeholders plaatsgevonden. Uit onderzoek blijkt dat geschikte monitoringsinstrumenten bestaan uit neerslagstations en waterstand- en watersnelheidsmeters. De geschikte waarschuwingsinstrumenten bestaan, op basis van een uitgevoerde multicriteria-analyse (MCA), uit gekleurde markeringen, (digitale) waarschuwingsborden, telefonische waarschuwingsberichten en een luchtalarmsysteem.

Op basis van de onderzoeksresultaten wordt aanbevolen om een zorgvuldige afweging te maken tussen de investeringskosten voor het aanschaffen van monitorings- en waarschuwingsinstrumenten en de optredende economische/mentale schade indien opnieuw overstromingen in het onderzoeksgebied plaatsvinden. Verder wordt aanbevolen om meerdere typen monitorings- en/of waarschuwingsinstrumenten gelijktijdig in te zetten, zodat gewenste klimatologische en hydrologische gegevens nauwkeuriger kunnen worden gemonitord en bewoners optimaler kunnen worden voorbereid op overstromingsrisico's. Eventuele vervolgonderzoeken kunnen zich richten op aanvullende locatieonderzoeken voor het plaatsen van instrumenten, duurzaamheidsmogelijkheden bij de aanschaf/inzet van instrumenten en het uitvoeren van een soortgelijk onderzoek in overige regio's met regelmatige wateroverlast.

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	III
Samenvatting	IV
1. Figuren- en tabellenlijst	1
2. Begrippenlijst.....	3
3. Inleiding.....	4
4. Theoretisch kader.....	10
4.1. Oorzaak overstromingen.....	10
4.1.1. Neerslag.....	10
4.1.2. La Niña.....	11
4.1.3. Spuien van overtollig water.....	12
4.2. Getroffen gebieden	13
4.3. Onderzoeksgebied.....	14
4.3.1. Geografie.....	14
4.3.2. Hydrologische en hydrografische gegevens	15
4.3.3. Fysieke en economische infrastructuur.....	15
4.4. Flood Early Warning Systems	16
5. Methodologie.....	17
6. Onderzoeksresultaten	23
6.1. Welke instrumenten worden in het buitenland toegepast om overstromingsrisico's te monitoren en bewoners te waarschuwen?	24
6.1.1. Monitoringsinstrumenten	25
6.1.2. Waarschuwinginstrumenten.....	30
6.2. Wat zijn geschikte instrumenten om overstromingsrisico's te monitoren in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier?	36
6.2.1. Aanwezige monitoringsinstrumenten	37
6.2.2. Geschikte monitoringsinstrumenten.....	42
6.3. Wat zijn geschikte instrumenten om bewoners te waarschuwen tegen overstromingsrisico's in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier?.....	44
6.3.1. Aanwezige waarschuwinginstrumenten	45
6.3.2. Geschikte waarschuwinginstrumenten.....	47
6.4. Wat zijn geschikte locaties voor het plaatsen van monitorings- en waarschuwinginstrumenten in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier?	51
6.4.1. Monitoringsinstrumenten	51
6.4.2. Waarschuwinginstrumenten.....	57
6.5. Welke personen/instanties wensen verantwoordelijk te zijn voor het verwerken van verkregen data van monitoringsinstrumenten en het inzetten van waarschuwinginstrumenten?	59
6.5.1. Voormalige dataverwerkingsmethoden.....	59

6.5.2. Gewenste dataverwerkingsmethoden.....	60
6.6. Beroepsproduct.....	61
7. Conclusie	62
8. Discussie.....	63
9. Aanbevelingen.....	65
10. Literatuurlijst.....	66
11. Bijlagen	i
Bijlage 1 – Notulen – Conversatie met	i
Bijlage 2 – Notulen – Conversatie met	ii
Bijlage 3 – Notulen – Conversatie met	iv
Bijlage 4 – Notulen – Conversatie met	v
Bijlage 5 – Notulen – Conversatie met	vi
Bijlage 6 – Notulen – Conversatie met	vii
Bijlage 7 – Notulen – Conversatie met	ix
Bijlage 8 – Notulen – Conversatie met	xi
Bijlage 9 – Onderbouwing – Weging van criteria – MCA.....	xiii
Bijlage 10 – Samenwerkende personen/instanties – Dataverwerking	xiv
Bijlage 11 – PowerPoint NCCR.....	xv
Bijlage 12 – Excel-document NCCR	xvi
Bijlage 13 – Interviews met bewoners.....	xvii
Bijlage 14 – Presentielijst – Eindpresentatie in Paramaribo.....	xxi

1. Figuren- en tabellenlijst

Tabel 1: Figurenlijst

Nummer	Beschrijving	Pagina
1	Brokopondodistrict	4
2	Locaties binnen onderzoeksgebied	5
3	Conceptueel model	8
4	La Niña – Gevolgen	11
5	Getroffen gebieden gedurende de overstromingen van 2022	13
6	Demografische kaart – Brokopondodistrict	14
7	Onderdelen van een FEWS	16
8	La Flora – Gekleurde markeringen op huizen en overige gebouwen	27
9	Werking FEWS – Indische Himalayagebied	28
10	WAS-systeem – Geluidsmast	30
11	NL-Alert – Controlebericht	31
12	Waarschuwbord met kleurensysteem	33
13	Brokopondostuwmeer – RWL & Total outflow – 2022, January 01 to May 24	38
14	Aanwezige neerslagstations – Brokopondodistrict langs de Surinamerivier	39
15	Aanwezige neerslagstations – Directe omgeving van het Brokopondostuwmeer	40
16	Kleurensysteem – Toegepast instrument in Drietabbetje	46
17	Geschikte locaties – Neerslagstations – Onderzoeksgebied	52
18	Monitoringslocaties – Staatsolie NV	54
19	Geschikte locaties – Waterstandmeters – Onderzoeksgebied	55
20	Geschikte locaties – Watersnelheidsmeters – Onderzoeksgebied	55
21	Geschikte locaties – Geluidsmasten	58
22	Beroepsproduct – Poster	61
23	Lijst met alle operationele neerslagstations – Meteorologische Dienst Suriname	viii
24	Gegevens – Interviews met bewoners – Vraag 2	xvii
25	Gegevens – Interviews met bewoners – Vraag 3	xviii
26	Gegevens – Interviews met bewoners – Vraag 6	xviii
27	Gegevens – Interviews met bewoners – Vraag 7	xix
28	Gegevens – Interviews met bewoners – Vraag 8	xix
29	Gegevens – Interviews met bewoners – Vraag 10	xx
30	Presentielijst – Eindpresentatie in Paramaribo	xxi

Tabel 2: Tabellenlijst

Nummer	Beschrijving	Pagina
1	Figurenlijst	1
2	Tabellijst	2
3	Begrippenlijst	3
4	Suriname – Klimaat – Seizoenen	10
5	Toegepaste monitoringsinstrumenten – Geanalyseerde landen	29
6	Toegepaste waarschuwingsinstrumenten – Geanalyseerde landen	35
7	Gehanteerde waterdiepten Brokopondostuwmeer – Staatsolie NV	37
8	FEWS 2006 – Werking kleurensysteem	45
9	Beoordeling – Waarschuwingsinstrumenten – MCA	47
10	Waardebepaling – MCA – Eindberekening	47
11	Uitkomst – Geschikte waarschuwingsinstrumenten – MCA	50
12	Locatietoelichting – Neerslagstations – Onderzoeksgebied	53
13	Informatie – Conversatie met ..	i
14	Informatie – Conversatie met ..	ii
15	Informatie – Conversatie met ..	iv
16	Informatie – Conversatie met ..	v
17	Informatie – Conversatie met ..	vi
18	Informatie – Conversatie met ..	vii
19	Informatie – Conversatie met ..	ix
20	Informatie – Conversatie met ..	xi
21	Onderbouwing – Weging van criteria – MCA	xiii
22	Aantal getroffen gezinnen/personen per dorp/ressort	xvi

2. Begrippenlijst

Tabel 3: Begrippenlijst

Begrip	Definitie
Afobakadam	Stuwdam met een opstaande stuwmuur in de Surinamerivier.
Brokopondodistrict	Eén van de tien districten van Suriname, tevens onderdeel van het onderzoeksgebied.
Brokopondostuwmeer	Stuwmeer gelegen in het Brokopondodistrict.
District	Regionale bestuurslaag in Suriname, bestaande uit tien districten.
Districtscommissaris	Surinaamse bestuursambtenaar en het administratieve hoofd van een district.
Flood Early Warning System (FEWS)	Systeem waarmee door overstromingen veroorzaakte gevolgen kunnen worden geminimaliseerd en/of voorkomen.
Hydrologische gegevens	Gegevens omtrent gedrag/eigenschappen van water.
Klimatologische gegevens	Gegevens omtrent weersomstandigheden.
La Niña	Afwijkend klimaatpatroon dat afkoeling van zeewatertemperaturen langs de westkust van Zuid-Amerika veroorzaakt.
Meteorologische Dienst Suriname	Onderdeel van het Surinaamse Ministerie van Openbare Werken dat verantwoordelijk is voor het verzamelen van klimaatdata.
Monitoringsinstrument	Instrumenten die worden ingezet om hydrologische en klimatologische gegevens te monitoren.
NCCR	Surinaamse overheidsorganisatie die verantwoordelijk is voor de coördinatie tussen overheidsdiensten en overige partijen gedurende een ramp/crisis.
Resort	Verblijfs-/vakantieoord.
Ressort	Regionale bestuurslaag in Suriname, bestaande uit 62 ressorten.
Staatsolie NV	Surinaams staatsbedrijf dat verantwoordelijk is voor olieproductie/-exploitatie en elektriciteitsopwekking.
Surinamerivier	480 kilometer lange rivier, gelegen in Suriname.
Technologisch vergevorderd waarschuwinginstrument	Waarschuwinginstrumenten waarvoor voldoende technologische kennis/voorzieningen aanwezig dienen te zijn voor implementatie.
Traditioneel waarschuwinginstrument	Waarschuwinginstrumenten waarvoor weinig/geen technologische kennis/voorzieningen benodigd zijn voor implementatie.
Turbulente wateromstandigheden	Waterstroming die zich niet gelaagd, maar in wervels verplaatst.
Waarschuwinginstrument	Instrumenten die worden ingezet om bewoners te waarschuwen tegen mogelijk overstromingsgevaar.

3. Inleiding

Aanleiding

Gedurende de periode van maart tot en met juni 2022 werden woongebieden in het Brokopondodistrict (*Fig. 1*) langs de Surinamerivier getroffen door overstromingen. Ongeveer 2,5 maand na de eerste overstromingen stonden woningen van circa 12.000 personen (deels) onder water (NU.nl, 2022). Mede door het gebrek aan monitorings- en waarschuwingsinstrumenten zijn bewoners slachtoffer geworden van de overstromingen.



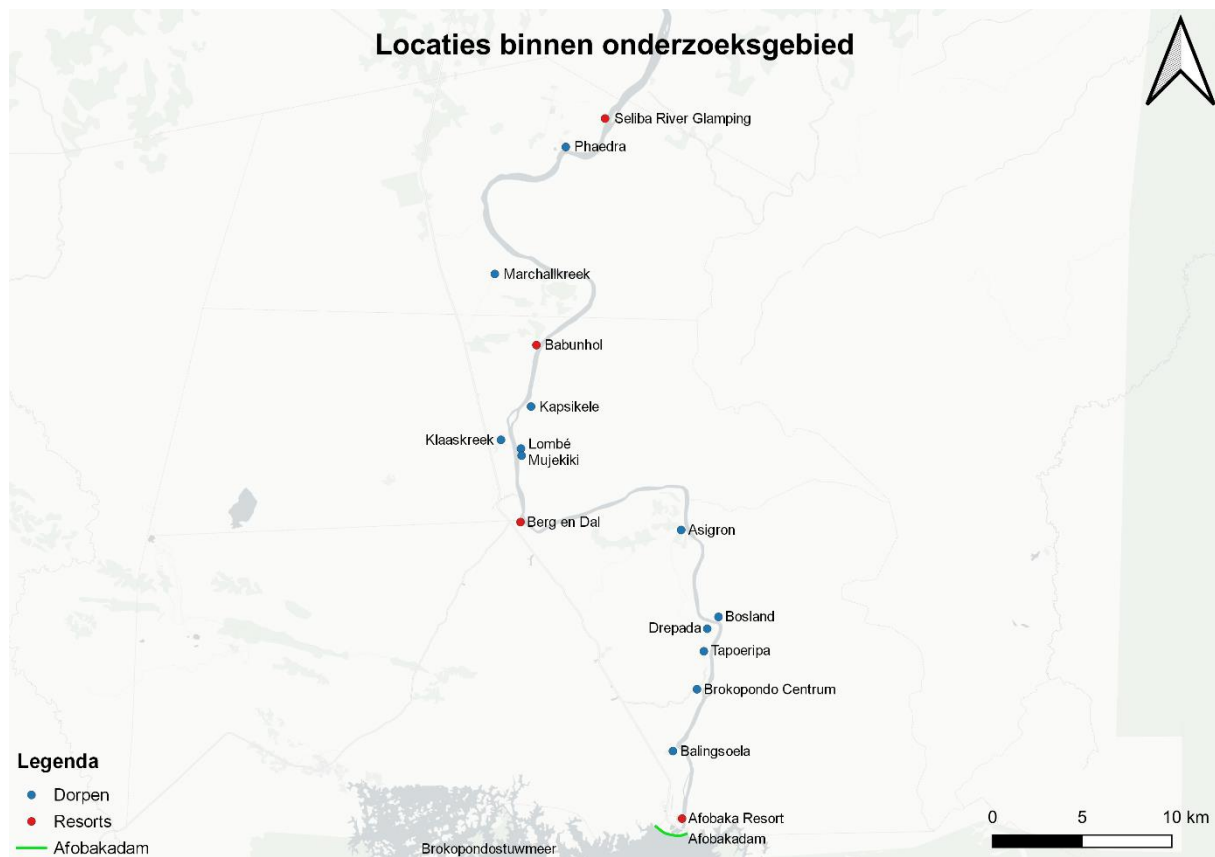
Figuur 1: Brokopondodistrict (TUBS, 2011)

Om de impact van toekomstige overstromingen te reduceren is vanuit het NCCR en professor Naipal de wens aanwezig voor het introduceren van een Flood Early Warning System (FEWS). Hierdoor is vanuit de Anton de Kom Universiteit, onder begeleiding van professor Naipal, een vraag ontstaan voor het uitvoeren van een preliminair onderzoek naar geschikte monitorings- en waarschuwingsinstrumenten voor een FEWS.

Onderwerpafbakening

De afbakening van het onderzoeksonderwerp heeft allereerst betrekking op de te onderzoeken instrumenten. Binnen het onderzoek wordt enkel gefocust op monitorings- en waarschuwinginstrumenten. Monitoringsinstrumenten worden ingezet om hydrologische en klimatologische gegevens te monitoren. Waarschuwinginstrumenten worden ingezet om bewoners te waarschuwen tegen mogelijk overstromingsgevaar.

De tweede afbakening van het onderzoeksonderwerp heeft betrekking op het onderzoeksgebied. Het onderzoeksgebied betreft het benedenstroomse stroomgebied van de Surinamerivier in het Brokopondodistrict. Het stroomgebied bevindt zich tussen de Afobakadam en de overgangsllocatie van het district Brokopondo naar het district Para. Op de onderstaande kaart zijn relevante locaties binnen het onderzoeksgebied weergegeven (Fig. 2). Bij de locatiebepaling van monitorings- en waarschuwinginstrumenten wordt hierdoor enkel gefocust op te plaatsen instrumenten binnen het onderzoeksgebied.



Figuur 2: Locaties binnen onderzoeksgebied

De derde afbakening van het onderzoeksonderwerp heeft betrekking op de onderzochte communicatiewijzen omtrent verkregen data van monitoringsinstrumenten. Binnen het onderzoek wordt onderzocht welke personen/instanties verantwoordelijk wens te zijn voor het verwerken van verkregen data van de monitoringsinstrumenten. Verder wordt onderzocht op welke manier beslissingen omtrent de inzet van de waarschuwinginstrumenten genomen wens te worden. Overige aspecten omtrent communicatie liggen buiten de scope van mijn onderzoek en worden behandeld in een andere afstudeerscriptie die gelijktijdig met mijn afstudeeronderzoek heeft plaatsgevonden.

Actuele kennis over het onderwerp

De overstromingen in 2022 waren het gevolg van overmatige regenval in combinatie met het uitblijven van de (kleine) droge tijd. Overmatige regenval veroorzaakte een aanzienlijke waterpeilstijging in het Brokopondostuwmeer. Om te voorkomen dat het waterpeil in het Brokopondostuwmeer te hoog werd, was het volgens Staatsolie NV noodzakelijk om overtollig water uit het Brokopondostuwmeer te spuien in de Surinamerivier. Te hoge waterpeilstanden in het Brokopondostuwmeer konden een mogelijke dambreuk veroorzaken. Het noodzakelijke spuien zorgde voor wateroverlast in de benedenstroomse dorpen gedurende een periode van maart tot en met juni 2022 (NU.nl, 2022).

Wetenschappelijke en praktische relevantie

Tot op heden ontbreekt wetenschappelijke informatie/literatuur omtrent de overstromingen in 2022. Met de realisatie van het voorliggende onderzoeksrapport wordt de wetenschappelijke literaire noodzaak (deels) opgevuld. Door het gebrek aan instrumenten om overstromingsrisico's te monitoren en bewoners te waarschuwen, is de introductie van een FEWS voor bewoners wenselijk om overstromingsrisico's te reduceren. De praktische relevantie van het voorliggende onderzoeksrapport is derhalve om overstromingsrisico's van bewoners in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier te reduceren.

Probleemstelling

De probleemstelling is dat momenteel onvoldoende monitorings- en waarschuwingsinstrumenten aanwezig zijn voor het monitoren van overstromingsrisico's en het waarschuwen van bewoners tegen overstromingsrisico's. Door het gebrek aan monitorings- en waarschuwingsinstrumenten, is het inzicht in aanwezige overstromingsrisico's en bijbehorende waarschuwingsmaatregelen minimaal.

Om de impact van toekomstige overstromingen te reduceren, is vanuit professor Naipal opdracht gegeven om onderzoek te doen naar het inhoudelijk vormgeven van een FEWS in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier. Met de introductie van een FEWS dient het inzicht in aanwezige overstromingsrisico's en bijbehorende waarschuwingsmaatregelen te worden verbeterd.

Doelstelling

De doelstelling van het onderzoek is om te achterhalen welke monitorings- en waarschuwingsinstrumenten geschikt zijn voor mogelijke implementatie binnen een FEWS. Tevens wordt als doel gesteld om potentieel geschikte locaties en gewenste dataverwerkingsmethoden te achterhalen. Met de aanwezigheid van geschikte monitorings- en waarschuwingsinstrumenten kunnen overstromingsrisico's nauwkeuriger worden gemonitord en kunnen bewoners (vroegtijdig) worden gewaarschuwd tegen overstromingsrisico's. Met het onderzoek wordt uiteindelijk een basis gelegd om overstromingsrisico's in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier inzichtelijker te maken, zodat ten tijde van toekomstige overstromingsdreigingen passende waarschuwingsmaatregelen genomen kunnen worden.

Hoofd- en deelvragen

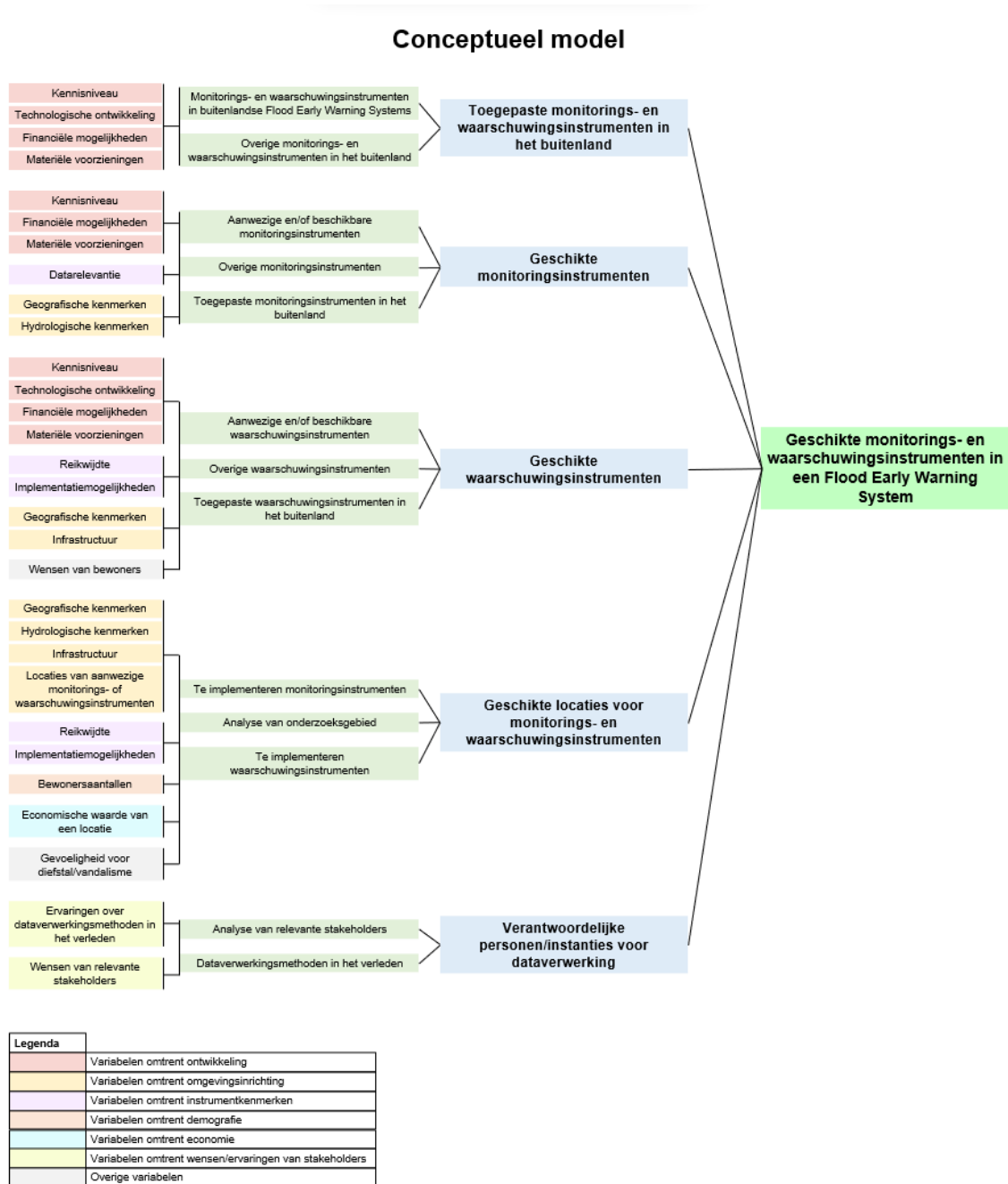
Op basis van de probleem- en doelstelling is de onderstaande hoofdvraag geformuleerd: Welke monitorings- en waarschuwingsinstrumenten zijn geschikt om te implementeren binnen een Flood Early Warning System (FEWS) in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier?

Voor beantwoording van de hoofdvraag zijn meerdere deelvragen geformuleerd. De geformuleerde deelvragen zijn:

1. Welke instrumenten worden in het buitenland toegepast om overstromingsrisico's te monitoren en bewoners te waarschuwen?
2. Wat zijn geschikte instrumenten om overstromingsrisico's te monitoren in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier?
3. Wat zijn geschikte instrumenten om bewoners te waarschuwen tegen overstromingsrisico's in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier?
4. Wat zijn geschikte locaties voor het plaatsen van monitorings- en waarschuwingsinstrumenten in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier?
5. Welke personen/instanties wensen verantwoordelijk te zijn voor het verwerken van verkregen data van monitoringsinstrumenten en het inzetten van waarschuwingsinstrumenten?

Conceptueel model

Voor een visuele weergave van de verwachte oorzaak-gevolgrelatie tussen aanwezige variabelen is een conceptueel model opgesteld (Fig. 3).



Figuur 3: Conceptueel model

De aanwezige variabelen hebben invloed op de hoofdaspecten voor het vaststellen van een antwoord op de geformuleerde deelvragen binnen het onderzoeksrapport.

Onderzoeksopzet

Binnen het onderzoek zijn meerdere onderzoeksmethoden toegepast om de geformuleerde deelvragen te beantwoorden. De toegepaste onderzoeksmethoden zijn hoofdzakelijk gebaseerd op het uitvoeren van kwalitatief onderzoek. De onderzoekinhoud is namelijk gebaseerd op literatuuronderzoek, ervaringen/meningen van stakeholders en visuele waarnemingen. Verder zijn zowel desk- als fieldresearch toegepast. Deskresearch is hoofdzakelijk uitgevoerd voor het analyseren van buitenlandse FEWS's en aanwezige monitorings- en waarschuwingsinstrumenten. Fieldresearch is hoofdzakelijk uitgevoerd voor het aangaan van conversaties met bewoners, het bespreken van bepaalde aspecten van de onderzoekinhoud met overige stakeholders en het uitvoeren van fysieke waarnemingen in het onderzoeksgebied.

Voor een gedetailleerde onderzoeksopzet wordt verwezen naar het hoofdstuk 'Methodologie' (Blz. 17 - 22), waarin gedetailleerd staat uitgewerkt welke onderzoeksmethoden zijn toegepast.

Leeswijzer

In het voorliggende onderzoeksrapport wordt allereerst een theoretisch kader van de reeds beschikbare informatie omtrent het onderzoeksonderwerp geschetst. Vervolgens wordt de toegepaste onderzoeksmethodologie behandeld. In het daaropvolgende hoofdstuk worden de geformuleerde deelvragen beantwoord en zijn de onderzoeksresultaten weergegeven. Daaropvolgend is een conclusie op de geformuleerde hoofdvraag uitgewerkt. Tot slot worden mogelijke interpretaties van de onderzoeksresultaten en eventuele beperkingen/implicaties besproken, worden mogelijkheden tot vervolgonderzoek voorgedragen en worden aanbevelingen naar aanleiding van de onderzoeksresultaten voorgelegd.

4. Theoretisch kader

Voorafgaand aan de beantwoording van de hoofd- en deelvragen, is het allereerst noodzakelijk om te analyseren welke informatie reeds bekend is over de behandelde onderwerpen binnen het onderzoek. Om het onderzoek te rechtvaardigen en te contextualiseren is onderzoek uitgevoerd naar reeds bekende informatie omtrent het onderzoeksonderwerp.

4.1. Oorzaak overstromingen

In de inleiding van het onderzoeksrapport is reeds enkele informatie verschaft over de overstromingsoorzaak in 2022. Binnen het voorliggende deel van het onderzoeksrapport wordt uitvoeriger ingegaan op de oorzaak van de overstromingen in 2022.

4.1.1. Neerslag

De overstromingen waren hoofdzakelijk het gevolg van overmatige regenval in combinatie met het uitblijven van de (kleine) droge tijd (NU.nl, 2022). Het jaarlijkse klimaat in Suriname is doorgaans te onderscheiden in vier verschillende perioden (*Tab. 4*) (Algemeen Bureau voor de Statistiek, 2018).

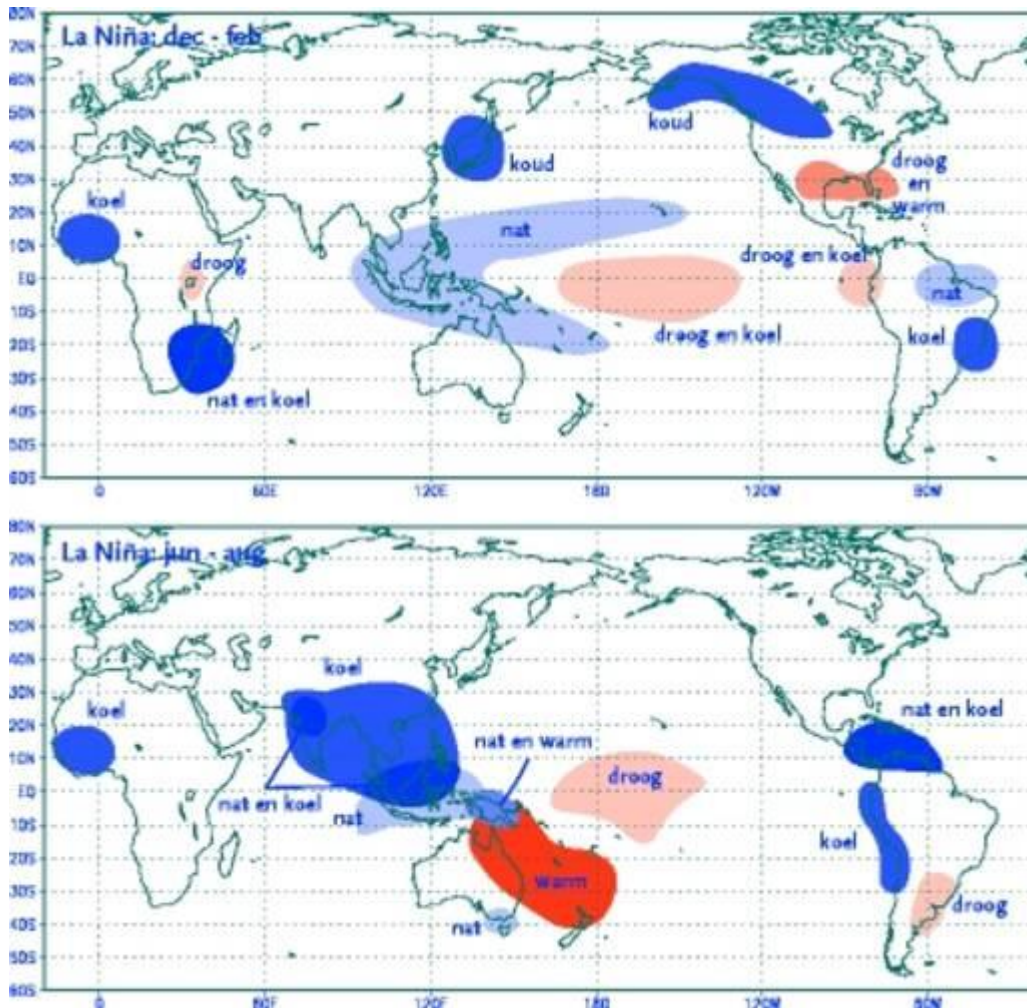
Tabel 4: Suriname - Klimaat – Seizoenen (Algemeen Bureau voor de Statistiek, 2018)

Seizoen	Periode
Kleine regentijd	Begin december – Eind januari
Kleine droge tijd	Begin februari – Midden april
Grote regentijd	Midden april – Midden augustus
Grote droge tijd	Midden augustus – Begin december

Het uitblijven van de (kleine) droge tijd werd veroorzaakt door het weerfenomeen ‘La Niña’. Doorgaans is de neerslaghoeveelheid in februari en maart relatief beperkt, maar als gevolg van ‘La Niña’ vielen echter extreme neerslaghoeveelheden (RTL Nieuws, 2022). De extreme neerslaghoeveelheden in 2022 worden door experts tevens (deels) verweten aan klimaatverandering (NRC, 2022). Uit een rapport van de Inter-Amerikaanse Ontwikkelingsbank blijkt dat de neerslagintensiteit en de kans op extreme neerslagbuien toenemen in Suriname als gevolg van klimaatverandering (Inter-Amerikaanse Ontwikkelingsbank, 2021).

4.1.2. La Niña

Gedurende het weerfenomeen 'La Niña' ontstaat een klimaatpatroon dat afkoeling van zeewatertemperaturen langs de tropische westkust van Zuid-Amerika veroorzaakt (National Geographic, 2022). De lagere zeewatertemperaturen worden veroorzaakt door sterke oostelijke passaatwinden en oceaanstromingen, waardoor relatief koud water uit de diepe oceaan naar de oppervlakte wordt 'opgeweld' (KNMI, 2023). De wereldwijde gevolgen van La Niña zijn zichtbaar in de onderstaande afbeelding (Fig. 4).



Figuur 4: La Niña – Gevolgen (KNMI, 2023)

Op de bovenstaande afbeelding (Fig. 4) is zichtbaar dat temperaturen afnemen en neerslaghoeveelheden in Suriname toenemen als gevolg van La Niña (National Geographic, 2022).

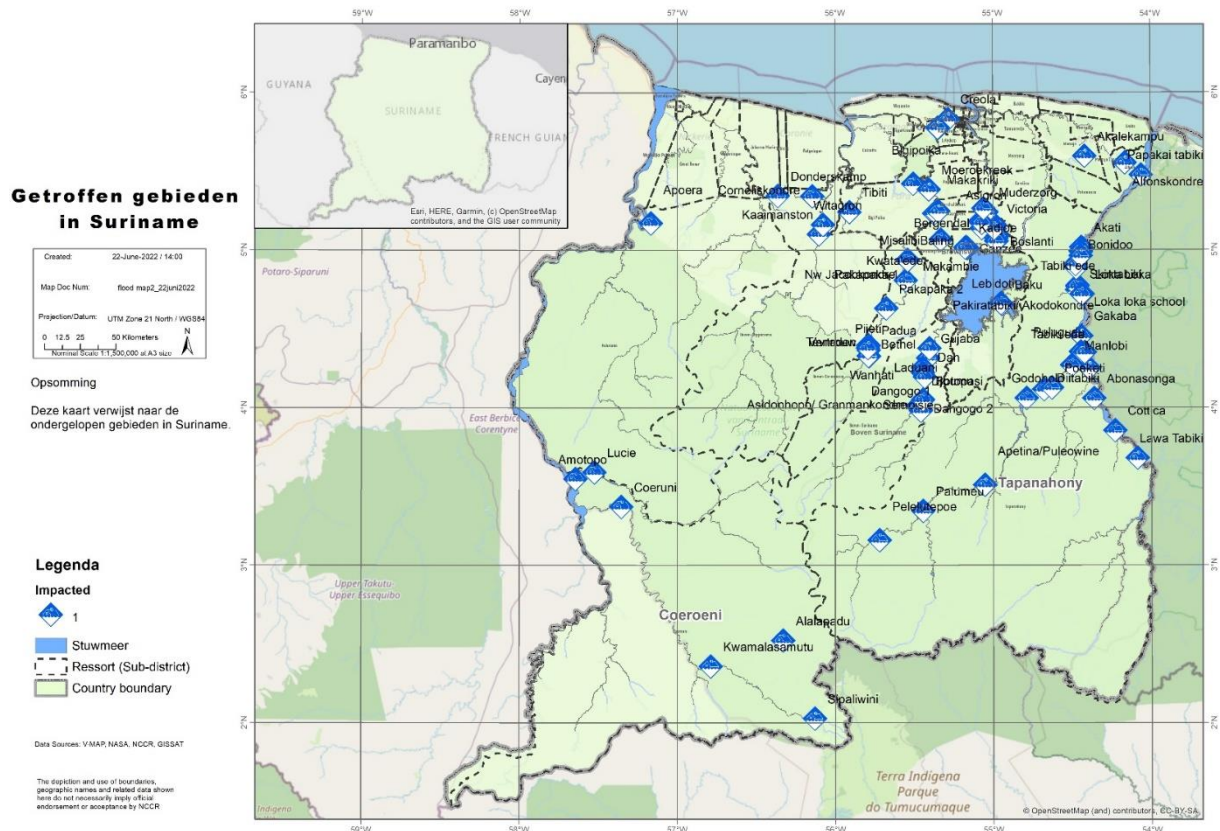
4.1.3. Spuien van overtollig water

Als gevolg van aanhoudende extreme neerslaghoeveelheden ontstond een aanzienlijke waterpeilstijging in het Brokopondostuwmeer. Om te voorkomen dat het waterpeil in het Brokopondostuwmeer te hoog werd, was het volgens Staatsolie NV noodzakelijk om overtollig water uit het Brokopondostuwmeer in de Surinamerivier te spuien. Indien overtollig water niet uit het Brokopondostuwmeer werd gespuid, kon mogelijk een dambreuk ontstaan (NU.nl, 2022). Het spuien van overtollig water veroorzaakte wateroverlast in (onder andere) het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier (NU.nl, 2022).

Onder getroffen bewoners zijn echter frustraties aanwezig richting Staatsolie NV over de ernst van de overstromingen, de gebrekkige communicatie omtrent overstromingsrisico's en het uitblijven van excuses. Kolonel Slijngard verwoorde het volgende over de communicatie vanuit Staatsolie NV: "Tot twee jaar geleden was Suralco (dochteronderneming van het Amerikaanse Alcoa, red.) eigenaar van de stuwdam. Nu is de regering in de persoon van Staatsolie eigenaar. Het bedrijf heeft geen excuses gemaakt, maar wel erkend dat er een gebrek was aan communicatie." Getroffen bewoners hebben de overtuiging dat de impact aanzienlijk gereduceerd had kunnen worden indien ze tijdig waren ingelicht over mogelijke overstromingsrisico's door Staatsolie NV (Trouw, 2022).

4.2. Getroffen gebieden

Het spuien van overtollig water uit het Brokopondostuwmeer heeft hoofdzakelijk geleid tot overstromingen in het Brokopondo- en Saramaccadistrict. Volgens kolonel Slijngard waren na ongeveer 2,5 maand circa 12.000 personen uit 35 dorpen slachtoffer geworden van de overstromingen (Trouw, 2022). Op de onderstaande afbeelding (Fig. 5) is een kaart zichtbaar met getroffen gebieden in Suriname door overstromingen in 2022.



Figuur 5: Getroffen gebieden gedurende de overstromingen van 2022 (NCCR, 2022)

Op de kaart (Fig. 5) is zichtbaar dat buiten het Brokopondo- en Saramaccadistrict ook overstromingen hebben plaatsgevonden. De overstromingen in anderen districten hadden echter hoofdzakelijk andere oorzaken dan het spuien van overtollig water uit het Brokopondostuwmeer.

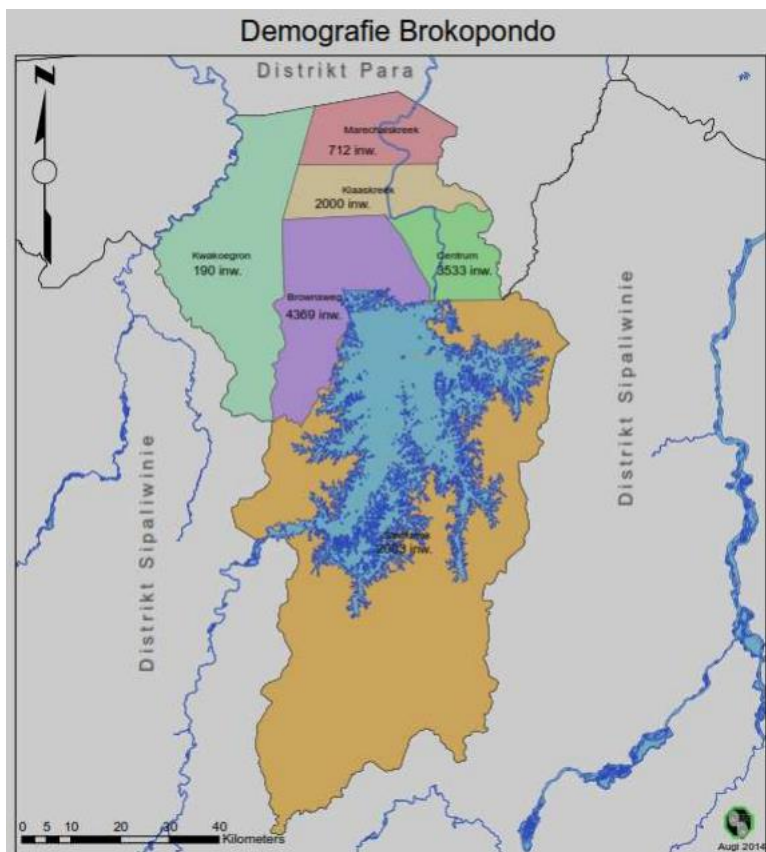
4.3. Onderzoeksgebied

Hoewel het overtollige spuiwater uit het Brokopondostuwmeer zowel overstromingen in het Brokopondo- als Saramaccadistrict heeft veroorzaakt, wordt binnen het onderzoek enkel ingegaan op getroffen dorpen in het Brokopondodistrict. Het onderzoeksgebied betreft verder enkel het benedenstroomse stroomgebied van de Surinamerivier in het Brokopondodistrict. Het stroomgebied bevindt zich tussen de Afobakadam en de overgangsligging van het Brokopondodistrict naar het district Para.

4.3.1. Geografie

Het Brokopondodistrict bestaat uit zes administratieve ressorten. De hoofdplaats van het district is Brokopondo Centrum, waar tevens het hoofdkantoor van de districtscommissaris van Brokopondo en overige overheidsdiensten zijn gevestigd (Stichting Planbureau Suriname, 2014).

Op de onderstaande afbeelding (*Fig. 6*) is een demografische kaart van het Brokopondodistrict weergegeven (Stichting Planbureau Suriname, 2014). De weergegeven bewonersaantallen zijn echter gedateerd, aangezien het rapport is gepubliceerd in 2014. Hierdoor is de kaart enkel bedoeld om een visualisatie van de ligging van het Brokopondodistrict ten opzichte van omliggende districten weer te geven.



Figuur 6: Demografische kaart - Brokopondodistrict (Stichting Planbureau Suriname, 2014)

4.3.2. Hydrologische en hydrografische gegevens

Het grootste waterlichaam in het Brokopondodistrict is het Brokopondostuwmeer met een oppervlakte van circa 135.000 hectare. Het Brokopondostuwmeer is ontstaan als gevolg van de realisatie van een stuwdam en een waterkrachtcentrale. In het Brokopondodistrict zijn verder meerdere waterwegen aanwezig, waaronder de Surinamerivier (Planbureau Suriname, 2013).

De bodem van de rivieroevervegetatie bestaat hoofdzakelijk uit zandige, zware leem en klei. Plaatselijk zijn veel rotsen aan het wateroppervlak zichtbaar. De betreffende rotsen zijn overblijfselen van voormalige stroomversnellingen. De hydrografie in het Brokopondodistrict is recent echter aanzienlijk gewijzigd als gevolg van zandwinningsactiviteiten (Planbureau Suriname, 2013).

Het ontbreken van verdere hydrologische en hydrografische gegevens is één van de hoofdoorzaken voor de vraag naar een FEWS, aangezien overstromingsrisico's door het gebrek aan dergelijke gegevens momenteel niet nauwkeurig kunnen worden gemonitord.

4.3.3. Fysieke en economische infrastructuur

Brokopondo Centrum is hedendaags het regionale centrum van het Brokopondodistrict met een relatief hoogwaardig voorzieningenniveau. Het voorzieningenniveau in en de verbinding naar overige delen van het district is echter minimalistisch, waardoor economische ontwikkeling wordt belemmerd (Stichting Planbureau Suriname, 2014). De elektriciteitsvraag van het overgrote deel van de bewoners wordt voorzien door middel van een transmissielijn (Stichting Planbureau Suriname, 2014).

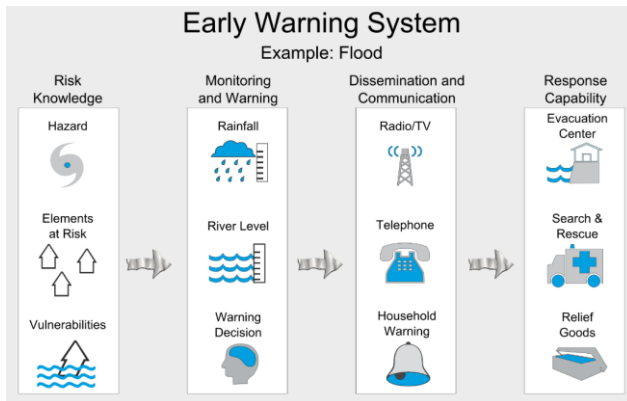
Eén van de belangrijke pijlers van de Surinaamse economie bevindt zich verder in het Brokopondodistrict in de aanwezigheid van de waterkrachtcentrale te Afobaka. De waterkrachtcentrale voorziet zowel gezinshuishoudens als meerdere industrie sectoren in de gewenste energievoorziening (Stichting Planbureau Suriname, 2014).

De telecommunicatie vindt hedendaags hoofdzakelijk plaats door middel van zendmasten. Telecomproviders Digicel en Telesur hebben in vrijwel alle bewoonde gebieden in het binnenland zendmasten geplaatst, waardoor mobiel telefoongebruik en internettoegang in de meeste dorpen mogelijk is. Vanwege de omvang van het Surinaamse binnenland en de verspreide ligging van dorpen, speelt communicatie door middel van radiozenders echter nog steeds een belangrijke rol (Stichting Planbureau Suriname, 2014).

4.4. Flood Early Warning Systems

Voorafgaand aan het uitvoeren van onderzoek naar FEWS's, is het van essentieel belang om reeds een theoretische basis omtrent kennis over FEWS's te hebben. Binnen het theoretisch kader wordt hierdoor ingegaan op het concept en de werking van een FEWS.

Op de onderstaande afbeelding (*Fig. 7*) is zichtbaar uit welke onderdelen het concept van een FEWS bestaat (Flood Resilience Portal, 2023).



Figuur 7: Onderdelen van een FEWS (Global Initiative on Disaster Risk Management, 2023)

De onderdelen waarop hoofdzakelijk wordt gefocust binnen het onderzoek zijn het achterhalen van geschikte monitorings- en waarschuwingsinstrumenten en het communiceren en verspreiden van informatie omtrent overstromingsrisico's.

5. Methodologie

In het voorliggende onderdeel van het onderzoeksrapport wordt beschreven welke onderzoeksmethoden zijn gebruikt voor het verkrijgen van de onderzoeksresultaten. Het soort onderzoek en de dataverzamelmethode verschillen per deelvraag, waardoor de toegepaste onderzoeksmethoden per deelvraag zijn uitgewerkt.

Algemene methodologie

Voor de beantwoording van de deelvragen wordt zowel desk- als fieldresearch uitgevoerd. Deskresearch wordt uitgevoerd om te analyseren welke monitorings- en waarschuwingsinstrumenten in het buitenland worden toegepast, welke monitorings- en waarschuwingsinstrumenten reeds aanwezig/beschikbaar zijn in het onderzoeksgebied en op welke locaties reeds aanwezige monitorings- en waarschuwingsinstrumenten zich bevinden. Fieldresearch wordt uitgevoerd voor het vaststellen van criteria/wegingen waaraan geschikte monitorings- en waarschuwingsinstrumenten en bijbehorende locaties moeten voldoen, het fysiek bezoeken van het onderzoeksgebied, het afnemen van interviews met bewoners en het voeren van conversaties met overige relevante personen/instanties.

De toegepaste onderzoeksmethoden zijn hoofdzakelijk gebaseerd op het uitvoeren van kwalitatief onderzoek. De kwalitatieve onderzoeksmethoden zijn zichtbaar in het tekstueel uitwerken van literatuuronderzoek, fysieke bezoek(en) aan het onderzoeksgebied en conversaties met professor Naipal, bewoners en overige relevante personen/stakeholders. De onderzoekinhoud wordt verder gekwantificeerd door middel van een multicriteria-analyse (MCA).

Deelvraag 1: Welke instrumenten worden in het buitenland toegepast om overstromingsrisico's te monitoren en bewoners te waarschuwen?

Om vast te stellen welke instrumenten in het buitenland worden toegepast om overstromingsrisico's te monitoren en bewoners te waarschuwen, wordt onderzoek uitgevoerd naar bestaande FEWS's en overige monitorings- en waarschuwingssystemen in andere landen. Door het vergelijken van geïmplementeerde instrumenten in andere landen, kan inspiratie worden opgedaan voor het FEWS in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier.

Binnen het onderzoek worden monitorings- en waarschuwingsinstrumenten uit Nederland, de Verenigde Staten, Indonesië, Vietnam, de Filipijnen en India geanalyseerd. De keuze voor de betreffende landen is enerzijds gebaseerd op vergelijkbare klimatologische omstandigheden en anderzijds op het technologische niveau van toegepaste monitorings- en waarschuwingsinstrumenten. Voor een verdere toelichting over de keuze voor de betreffende landen, wordt verwezen naar de inleidende alinea's van de eerste deelvraag (*Blz. 24*).

Naast het analyseren van buitenlandse FEWS's en overige monitorings- en waarschuwingssystemen, worden eveneens losse monitorings- en waarschuwingsinstrumenten geanalyseerd. De reden voor het eveneens analyseren van losse monitorings- en waarschuwingsinstrumenten, is het ontbreken van FEWS's of overige monitorings- en waarschuwingssystemen in bepaalde landen (bijvoorbeeld Nederland). In andere landen (bijvoorbeeld de Verenigde Staten) zijn daarentegen een groot aantal FEWS's aanwezig. In een dergelijke situatie worden 2 à 3 FEWS's geanalyseerd die de grootste hoeveelheid informatie omtrent monitorings- en waarschuwingsinstrumenten beschikbaar stellen.

Deelvraag 2: Wat zijn geschikte instrumenten om overstromingsrisico's te monitoren in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier?

Voorafgaand aan het vaststellen van geschikte monitoringsinstrumenten, wordt allereerst onderzocht welke monitoringsinstrumenten reeds worden toegepast en welke monitoringsinstrumenten Suriname ter beschikking heeft en/of kan verkrijgen. Op basis van de aanwezige/beschikbare monitoringsinstrumenten en de geanalyseerde monitoringsinstrumenten in het buitenland, wordt vastgesteld welke monitoringsinstrumenten mogelijk kunnen worden toegepast in het onderzoeksgebied.

Binnen het vaststellen van geschikte monitoringsinstrumenten wordt enkel ingegaan op de geschiktheid van het type monitoringsinstrument (neerslagstation, waterstandmeter, softwareprogramma, etc.). Exacte specificaties van bepaalde type monitoringsinstrumenten worden niet behandeld, omdat hier onvoldoende informatie over wordt verschaft binnen het onderzoek naar aanwezige monitoringsinstrumenten in het buitenland.

Om vast te stellen welke instrumenten geschikt zijn om overstromingsrisico's te monitoren, zijn criteria opgesteld waaraan geschikte monitoringsinstrumenten moeten voldoen. De criteria zijn vastgesteld in samenspraak met professor Naipal. De vastgestelde criteria zijn:

- Investeringskosten;
- Onderhoudskosten;
- Relevantie van data met betrekking tot overstromingsrisico's;
- Benodigd kennisniveau om monitoringsinstrument te implementeren.

De geschiktheid van de monitoringsinstrumenten wordt vervolgens, indien noodzakelijk, beoordeeld door middel van een multicriteria-analyse (MCA), waarbinnen elke criteria een specifieke 'weging' heeft verkregen. De wegingen zijn eveneens vastgesteld in samenspraak met professor Naipal. Door de vastgestelde criteria te vergelijken binnen een MCA, kan een rationele keuze worden gemaakt over de geschiktheid van de monitoringsinstrumenten.

Deelvraag 3: Wat zijn geschikte instrumenten om bewoners te waarschuwen tegen overstromingsrisico's in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier?

Voorafgaand aan het vaststellen van geschikte waarschuwingsinstrumenten, wordt allereerst onderzocht welke waarschuwingsinstrumenten reeds worden toegepast en welke waarschuwingsinstrumenten Suriname ter beschikking heeft en/of kan verkrijgen. Op basis van de aanwezige/beschikbare waarschuwingsinstrumenten en de geanalyseerde waarschuwingsinstrumenten in het buitenland, wordt vastgesteld welke waarschuwingsinstrumenten mogelijkterwijs kunnen worden toegepast in het onderzoeksgebied.

Om vast te stellen welke instrumenten geschikt zijn om bewoners te waarschuwen, zijn criteria opgesteld waaraan geschikte waarschuwingsinstrumenten moeten voldoen. De criteria zijn vastgesteld in samenspraak met professor Naipal. De vastgestelde criteria zijn:

- Investeringskosten;
- Onderhoudskosten;
- Reikwijdte van waarschuwingsinstrument;
- Technologisch niveau om waarschuwingsinstrument te implementeren;
- Kennisniveau om waarschuwingsinstrument te begrijpen;
- Wensen van bewoners.

De geschiktheid van de waarschuwingsinstrumenten wordt vervolgens, indien noodzakelijk, beoordeeld door middel van een multicriteria-analyse (MCA), waarbinnen elke criteria een specifieke 'weging' heeft verkregen. De wegingen zijn eveneens vastgesteld in samenspraak met professor Naipal. Door de vastgestelde criteria te vergelijken binnen een MCA, kan een rationele keuze worden gemaakt over de geschiktheid van de waarschuwingsinstrumenten.

Deelvraag 4: Wat zijn geschikte locaties voor het plaatsen van monitorings- en waarschuwingsinstrumenten in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier?

Voorafgaand aan het vaststellen van geschikte locaties, wordt allereerst onderzocht waar reeds aanwezige monitorings- en waarschuwingsinstrumenten geplaatst zijn. Locaties van reeds aanwezige monitorings- en waarschuwingsinstrumenten kunnen namelijk invloed hebben op de geschiktheid van toekomstige locaties binnen het onderzoeksgebied.

Om geschikte locaties vast te stellen voor het plaatsen van monitorings- en waarschuwingsinstrumenten, worden opnieuw criteria vastgesteld waaraan een geschikte locatie moet voldoen.

De geschiktheid van een locatie voor het plaatsen van monitoringsinstrumenten is afhankelijk van de onderstaande criteria:

- Relatief gelijkmatige verdeling van instrumenten binnen het onderzoeksgebied;
- Minimaliseren van menselijke activiteiten in de directe omgeving van monitoringsinstrument;
- Minimalisatie van turbulente wateromstandigheden;
- Watersnelheidsmeter enkel op locaties met een niet-meanderend rivierdwarsprofiel.

De geschiktheid van een locatie voor het plaatsen van waarschuwingsinstrumenten is afhankelijk van de onderstaande criteria:

- Relatief gelijkmatige verdeling van instrumenten binnen het onderzoeksgebied;
- Voldoen aan maximale reikwijdte van waarschuwingsinstrument;
- Maximaliseren van het aantal te bereiken bewoners per waarschuwingsinstrument;
- Enkel op locaties waar mensen slachtoffer zijn geworden van overstromingen.

Op basis van de bovengenoemde criteria worden kaarten opgesteld omtrent geschikte locaties voor monitorings- en waarschuwingsinstrumenten. De criteria zijn vastgesteld in samenspraak met professor Naipal. Binnen de deelvraag zijn enkel geschikte locaties vastgesteld voor monitorings- en waarschuwingsinstrumenten waarvoor een locatiespecificatie daadwerkelijk relevant is.

Deelvraag 5: Welke personen/instaties wensen verantwoordelijk te zijn voor het verwerken van verkregen data van monitoringsinstrumenten en het inzetten van waarschuwingsinstrumenten?

Om vast te stellen welke personen/instaties verantwoordelijk wensen te zijn om voor het verwerken van verkregen data van monitoringsinstrumenten en het inzetten van waarschuwingsinstrumenten, is het noodzakelijk om conversaties te voeren met personen/instaties die deze taak mogelijk op zich willen nemen. In 2006 is reeds een FEWS opgesteld, maar het betreffende systeem is hedendaags niet meer operationeel. Door te achterhalen op welke manier de data destijds werd verwerkt en te analyseren welke verbeterpunten de verantwoordelijke personen/instaties willen zien, kan een antwoord op de deelvraag worden geformuleerd. Indien conversaties worden gevoerd met personen/instaties die het verwerken van de data mogelijk op zich willen nemen, kan een passende werkwijze worden geformuleerd voor het verwerken van de verkregen data.

6. Onderzoeksresultaten

Op de onderstaande deelvragen is een antwoord geformuleerd binnen de 'Onderzoeksresultaten':

1. Welke instrumenten worden in het buitenland toegepast om overstromingsrisico's te monitoren en bewoners te waarschuwen?
2. Wat zijn geschikte instrumenten om overstromingsrisico's te monitoren in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier?
3. Wat zijn geschikte instrumenten om bewoners te waarschuwen tegen overstromingsrisico's in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier?
4. Wat zijn geschikte locaties voor het plaatsen van monitorings- en waarschuwingsinstrumenten in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier?
5. Welke personen/instanties wensen verantwoordelijk te zijn voor het verwerken van verkregen data van monitoringsinstrumenten en het inzetten van waarschuwingsinstrumenten?

6.1. Welke instrumenten worden in het buitenland toegepast om overstromingsrisico's te monitoren en bewoners te waarschuwen?

Voor het vaststellen van gebruikte instrumenten in het buitenland, moet allereerst worden vastgesteld welke buitenlandse FEWS's en overige monitorings-/waarschuwingssystemen worden geanalyseerd.

Allereerst worden FEWS's en overige monitorings-/waarschuwingssystemen in enkele ontwikkelde landen met regelmatige dreiging van hoogwater geanalyseerd. Suriname is op het gebied van economische en sociale ontwikkeling een onderontwikkeld land ten opzichte van verscheidene westerse landen (United Nations Development Programme, 2023). Door het analyseren van instrumenten in ontwikkelde landen kunnen mogelijk monitoring- en waarschuwinginstrumenten worden geanalyseerd waar momenteel nog niet aan wordt gedacht in landen met vergelijkbare ontwikkelingsomstandigheden als Suriname. De ontwikkelde landen met regelmatige dreiging van hoogwater die worden geanalyseerd zijn Nederland en de Verenigde Staten. Nederland is gekozen vanwege het aanwezige kennisniveau en de beschikbare voorzieningen binnen de watersector. In Nederland is niet direct een FEWS aanwezig, maar mogelijk worden in Nederland monitoring- en waarschuwinginstrumenten toegepast die in een FEWS in Suriname kunnen worden geïmplementeerd. De Verenigde Staten is hoofdzakelijk gekozen vanwege het voorkomen van regelmatige overstromingen (Deltares, 2015) in combinatie met de aanwezigheid van relatief veel financiële middelen.

Daarnaast worden FEWS's geanalyseerd in meerdere landen met vergelijkbare klimatologische kenmerken en ontwikkelingsomstandigheden. Dergelijke landen kunnen namelijk een passende representatie geven voor een mogelijke invulling van een FEWS in Suriname. De landen met vergelijkbare klimatologische kenmerken en ontwikkelingsomstandigheden die worden geanalyseerd zijn Indonesië, Vietnam, Filipijnen en India. Gebaseerd op de Human Development Index (HDI) hebben de betreffende landen vergelijkbare economische en sociale ontwikkelingsomstandigheden als Suriname (United Nations Development Programme, 2023). Tevens ervaren de betreffende landen vergelijkbare klimatologische omstandigheden als Suriname en bevinden deze landen zich binnen de twintig landen met het hoogst aantal personen dat jaarlijks wordt getroffen door overstromingen (Deltares, 2015).

Door het analyseren van monitoring- en waarschuwinginstrumenten in de bovengenoemde landen kan inspiratie worden opgedaan voor een FEWS in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier.

6.1.1. Monitoringsinstrumenten

Voor de introductie van een FEWS is het allereerst noodzakelijk om data te verkrijgen over klimatologische en hydrologische gegevens. Om dergelijke data te verkrijgen moeten monitoringsinstrumenten worden aangebracht. Binnen het voorliggende deel van het onderzoeksrapport wordt ingegaan op toegepaste monitoringsinstrumenten in het buitenland.

Ontwikkelde landen met regelmatige dreiging van hoogwater

In het voorliggende onderdeel van het onderzoeksrapport worden toegepaste monitoringsinstrumenten in Nederland en de Verenigde Staten onderzocht.

Nederland

In Nederland is het monitoren van klimatologische en hydrologische gegevens niet verwerkt in een FEWS. Het verzamelen van klimatologische gegevens wordt uitgevoerd door het KNMI. Het KNMI heeft 320 neerslagstations verspreid door heel Nederland staan (KNMI, 2023). De neerslagstations bieden mogelijkheden om alle gewenste tijdsreeksen vast te stellen en gegevens daarvan door te communiceren naar het KNMI. Op deze manier worden klimatologische gegevens constant gemonitord door één specifieke organisatie. De kenmerken van de hoofdwaterlichamen worden gemonitord door Rijkswaterstaat. Op meer dan 450 locaties langs de kust en in rivieren, kanalen en meren onderzoekt Rijkswaterstaat de waterkwantiteit (Rijkswaterstaat, 2023). Op deze locaties worden onder andere het waterpeil, de waterafvoer en de stroomsnelheid gemeten. Door het combineren van de klimatologische gegevens van het KNMI met de waterkwantiteitgegevens van Rijkswaterstaat wordt informatie verzameld om Nederland te kunnen beschermen tegen overstromingsrisico's (Rijkswaterstaat, 2023).

Verenigde Staten

In tegenstelling tot Nederland worden in de Verenigde Staten meerdere FEWS's toegepast. Binnen het onderzoeksrapport wordt gefocust op FEWS's in Houston en St. Louis. De keuze voor de betreffende FEWS's is gebaseerd op de hoeveelheid beschikbare informatie over de monitorings- en waarschuwingmethoden.

Binnen het FEWS van Houston zijn 133 meters geplaatst voor het monitoren van neerslaghoeveelheden en waterstanden. De data van de monitoringsinstrument is openbaar inzichtelijk en wordt elke 15 minuten geüpdatet. De neerslag- en waterstandgegevens worden eveneens toegepast in een 'Advanced Hydrologic Prediction Service (AHPS)' om toekomstige waterstanden te voorspellen, zodat tijdig waarschuwingen kunnen worden afgegeven voor mogelijke overstromingsdreigingen. Tevens heeft de Rice University Houston een lokaal 'Flood Alert System' opgezet om verwachte waterstanden te voorspellen aan de hand van gemeten neerslag- en waterstandgegevens (Greater Houston Flood Mitigation Consortium, 2018).

In St. Louis is op gemeentelijk/stedelijk niveau een FEWS opgezet. In het stroomgebied van de 'River Des Peres' zijn drie automatische neerslagmeters geplaatst die constant neerslaggegevens doorsturen naar een 'control center'. Het control center monitort de neerslaggegevens en vergelijkt deze gegevens met historische data. Op basis van de neerslaggegevens en de historische data wordt bepaald wanneer waarschuwinginstrumenten worden ingezet (University City Missouri, 2023).

Landen met vergelijkbare klimatologische kenmerken en ontwikkelingsomstandigheden

In het voorliggende onderdeel van het onderzoeksrapport worden toegepaste monitoringsinstrumenten in Indonesië, Vietnam, Filipijnen en India onderzocht.

Indonesië

Naar aanleiding van regelmatige overstromingen op Java, is een casestudy opgezet voor de introductie van een FEWS. Binnen het FEWS zijn twee typen monitoringsinstrumenten opgenomen. Allereerst is een 'Automatic Weather System (AWS)' opgenomen, waarmee neerslaghoeveelheden aan de hand van neerslagmeters worden gemonitord. Tevens is een 'Automatic Water Level Recorder (AWLR)' opgenomen, waarmee waterstanden aan de hand van waterstandmeters worden gemonitord (Plan International, 2020). Voor de Javaanse stad Semarang is eveneens een casestudy opgezet voor de introductie van een FEWS. Binnen de betreffende casestudy wordt het modelprogramma HEC-HMS gebruikt om het complete hydrologische proces binnen een stroomgebied te simuleren. De data van elke massa- of energiestroom binnen een waterkringloop moet in het modelprogramma worden ingevoerd om de gewenste berekening te kunnen simuleren (US Army Corps of Engineers, 2023). Om de benodigde data voor het modelprogramma te verkrijgen wordt één station voorgesteld om neerslaghoeveelheden te monitoren en drie stations voorgesteld waar geautomatiseerde waterstandmetingen worden uitgevoerd (Asian Disaster Preparedness Center, 2015). Langs de Beringin River op Java is reeds een FEWS geïntroduceerd. De monitoringsinstrumenten bestaan uit één neerslagmeter en twee waterstandmeters in de rivier. Op basis van de gegevens van deze monitoringsinstrumenten overstromingsrisico's langs de Beringin River vastgesteld (United Nations, 2023).

Vietnam

In Vietnam wordt slechts in enkele gebieden gebruikgemaakt van een FEWS. De aanwezige FEWS's zijn gebaseerd op monitoringsinstrumenten omtrent neerslaghoeveelheden, waterstanden en waterafvoerhoeveelheden (Ngo, 2019). Binnen een FEWS in de Vietnamese provincie Son La zijn bijvoorbeeld overstromingsrisico's vastgesteld op basis van neerslaggegevens. De neerslaggegevens worden vervolgens verwerkt in iMetos, een automatisch meteorologisch monitoringssysteem. Het betreffende systeem heeft de mogelijkheid om neerslagvoorspellingen te doen aan de hand van verkregen neerslagdata en deze data om te zetten in mogelijke overstromingsrisico's (Hoang, 2019). Door het 'Centre for International Studies and Cooperation (CECI)' is in 2011 een handleiding opgesteld voor de introductie van een FEWS in de noordelijke districten van Vietnam. Binnen de betreffende handleiding wordt eveneens aangegeven dat neerslag- en waterstandmeters moeten worden ingezet voor de realisatie van een bruikbaar FEWS (Centre for International Studies and Cooperation, 2011).

Filipijnen

Vanwege de aanwezigheid van enorm veel eilanden zijn in de Filipijnen hoofdzakelijk lokale FEWS's aanwezig. Binnen lokale FEWS's wordt monitoringsdata hoofdzakelijk verkregen door middel van neerslag- en waterstandmeters (Global Initiative on Disaster Risk Management, 2023). Een concreet voorbeeld van een lokale FEWS is het opgezette systeem in het Filipijnse dorp La Flora. In La Flora worden geen monitoringsinstrumenten ingezet, maar worden waterstanddreigingen vastgesteld aan de hand van gekleurde markeringen op huizen en overige gebouwen (Fig. 8) (United States Agency for International Development, 2023).

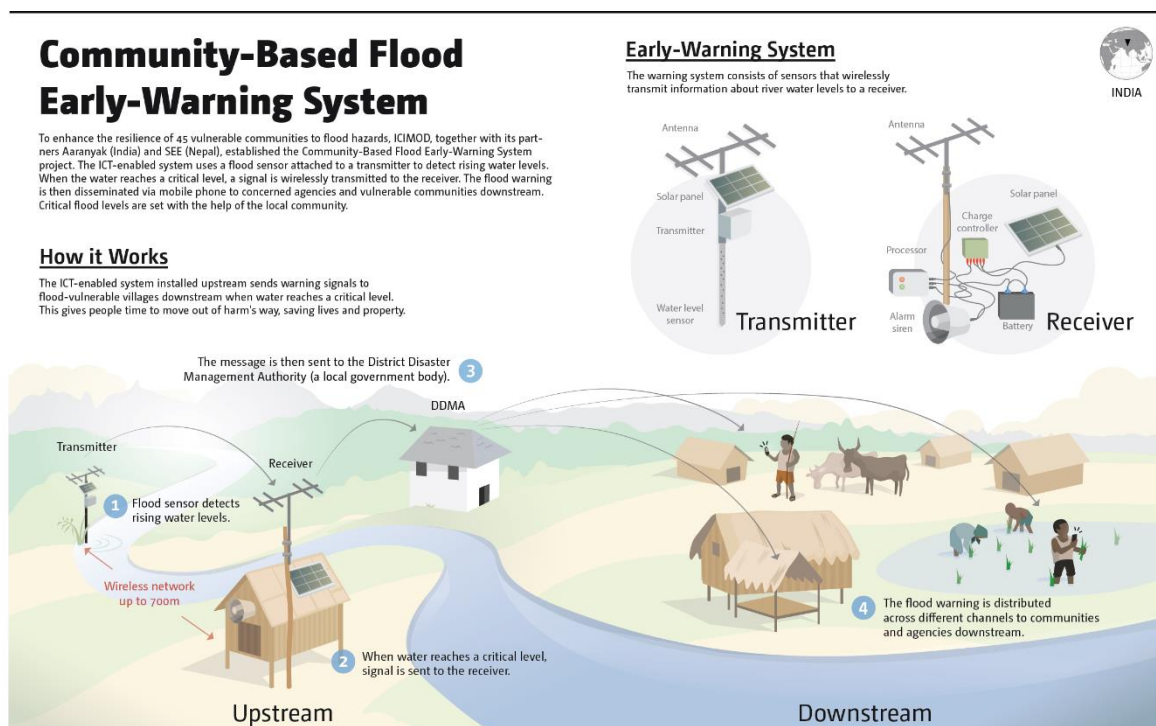


Figuur 8: La Flora - Gekleurde markeringen op huizen en overige gebouwen (United States Agency for International Development, 2023)

Een alternatief concreet voorbeeld van een lokaal FEWS in de Filipijnen, is het voorgestelde systeem in de Filipijnse stad Baguio City. Het voorgestelde FEWS in Baguio City is aanzienlijk verder doorontwikkeld dan het systeem in La Flora. Binnen het FEWS worden een 'Hydrological Rainfall-Runoff module (RR)' en een 'Hydrodynamic module (HD)' ingezet overstromingsrisico's vast te stellen. De input voor de gebruikte modellen bestaat uit dwarsdoorsneden van de rivier, neerslaggegevens en waterstandgegevens. Om een duidelijk beeld van de rivierafvoer te verkrijgen worden op tientallen locaties dwarsdoorsneden gemaakt. Ook zijn op meerdere locaties neerslagmeters aanwezig. De neerslagdata wordt vervolgens verwerkt in een Global Forecast System (GFS), waarmee aan de hand van neerslaggegevens en overige atmosferische gegevens nauwkeurige weervoorspellingen kunnen worden uitgevoerd. Tot slot zijn op vier verschillende locaties monitoringsinstrumenten geplaatst om waterstanden te meten. De monitoringsinstrumenten versturen elke 10 minuten informatie over de gemeten waterstand (ASEAN Australia Smart Cities Trust Fund, 2021).

India

In India worden jaarlijks gemiddeld het grootste aantal personen getroffen door overstromingen (Deltares, 2015). Hierdoor is de aanwezigheid van FEWS's op meerdere locaties in het land van essentieel belang. Binnen deze alinea worden FEWS's in het Indische Himalayagebied en de deelstaat Assam geanalyseerd. Binnen het FEWS in het Indische Himalayagebied worden waterstandmeters met automatische sensoren toegepast. Zodra een waterstandmeter een kritiek waterstandniveau bereikt, wordt een automatisch signaal naar verantwoordelijke instanties en bedreigde gemeenschappen verstuurd over mogelijke overstromingsdreigingen. Op deze manier wordt implementatie van een monitoringsinstrument gecombineerd met een waarschuwingsinstrument. Het vaststellen van het kritieke waterstandniveau wordt gedaan in samenspraak met bevindingen van bewoners. De werking van het FEWS is zichtbaar op de onderstaande afbeelding (Fig. 9) (United Nations, 2023).



Figuur 9: Werking FEWS - Indische Himalayagebied

Binnen het FEWS in de deelstaat Assam worden neerslaggegevens achterhaald door middel van een 'Automatic Weather System (AWS)' en satellietdata. Om te bepalen of verwachte neerslaghoeveelheden tot mogelijke overstromingsrisico's leiden, wordt opnieuw het modelprogramma HEC-HMS ingezet (Department of Administrative Reforms & Public Grievances, 2015).

Algemene bevinding

Op basis van de geanalyseerde FEWS's is zichtbaar dat binnen de Verenigde Staten verschillen aanwezig zijn over de invulling van monitoringssystemen, omdat relatief veel beslissingen op staats- en/of stedelijk niveau worden genomen. Dit is ook een aanzienlijk verschil met de hantering van monitoringsinstrumenten in Nederland, omdat overstromingsrisico's in de hoofdwatersystemen van Nederland op landelijk niveau worden gemonitord. In Indonesië, Vietnam, Filipijnen en India worden verder relatief vergelijkbare monitoringsinstrumenten ingezet als binnen de geanalyseerde ontwikkelde landen.

De beperkte diversiteit aan ingezette monitoringsinstrumenten is het gevolg van de gewenste klimatologische en hydrologische gegevens. Wereldwijd wil men soortgelijke gegevens verkrijgen voor het monitoren van overstromingsrisico's, waardoor vergelijkbare monitoringsinstrumenten worden ingezet.

In de onderstaande tabel (Tab. 5) is een overzicht opgenomen van toegepaste monitoringsinstrumenten in de geanalyseerde landen.

Tabel 5: Toegepaste monitoringsinstrumenten - Geanalyseerde landen

Monitoringsinstrument	Toegepast in
Neerslagstation	Nederland Verenigde Staten Indonesië Vietnam Filipijnen India
Waterstandmeter	Nederland Verenigde Staten Indonesië Vietnam Filipijnen India
Stroomsnelheidsmeter*	Nederland Vietnam Filipijnen
Modeleerprogramma	Verenigde Staten Indonesië Vietnam Filipijnen India

*Stroomsnelheidsmeters worden hoofdzakelijk gebruikt voor het vaststellen van de waterafvoer.

6.1.2. Waarschuwinginstrumenten

Voor de introductie van een FEWS is het eveneens noodzakelijk om bewoners tijdig te waarschuwen voor mogelijke overstromingsrisico's. Voor het tijdig waarschuwen van bewoners moeten waarschuwinginstrumenten worden aangebracht. Binnen het voorliggende deel van het onderzoeksrapport wordt ingegaan op toegepaste waarschuwinginstrumenten in het buitenland.

Ontwikkelde landen met regelmatige dreiging van hoogwater

In het voorliggende onderdeel van het onderzoeksrapport worden toegepaste waarschuwinginstrumenten in Nederland en de Verenigde Staten onderzocht.

Nederland

Het waarschuwen van bewoners tegen overstromingsrisico's is in Nederland niet vastgelegd in een FEWS. In Nederland is een landelijk waarschuwingstelsel (WAS) actief, dat wordt ingezet om burgers te waarschuwen tegen rampen en/of grootschalige ongelukken (Nederlands Instituut Publieke Veiligheid, 2023). De geluidsmasten worden enkel geplaatst in gebieden met meer dan 1.000 inwoners en in risicogebieden met meer dan 300 inwoners (Het Wetenschappelijk Onderzoek- en Documentatiecentrum, 2021). De geluidsmasten binnen het WAS-systeem produceren 104 decibel, waarmee de geluidsmasten een maximaal bereik van één kilometer hebben (RTL Nieuws, 2021). De geluidsmasten kunnen draadloos en onafhankelijk van elkaar worden aangezet vanuit de alarmcentrale van een regionaal brandweerkorps (Het Wetenschappelijk Onderzoek- en Documentatiecentrum, 2021). Op de onderstaande afbeelding (*Fig. 10*) is een toegepaste geluidsmast binnen het WAS-systeem zichtbaar.



Figuur 10: WAS-systeem – Geluidsmast (NOS, 2019)

Het bestaande WAS-systeem staat echter onder discussie in Nederland, omdat een geluidsalarm geen informatie verstrekt over de situatie of het handelingsperspectief; bijvoorbeeld 'verlaat het gebied' of 'drink geen leidingwater' (Het Wetenschappelijk Onderzoek- en Documentatiecentrum, 2021). Doordat hedendaags vrijwel alle Nederlandse inwoners over een mobiele telefoon beschikken en het telefonische bereik van een relatief hoge kwaliteit is, wordt 'NL-Alert' voorgedragen als alternatief voor het WAS-systeem (Het Wetenschappelijk Onderzoek- en Documentatiecentrum, 2021). NL-Alert is het alarmmiddel van de Nederlandse overheid dat waarschuwt en informeert over een noodsituatie. NL-Alerts worden uitgezonden door de zendmasten van de Nederlandse telecomproviders bij levens- en gezondheidsbedreigende situaties. In ieder NL-Alert bericht staat wat er aan de hand is, wat de ontvanger moet doen en waar de ontvanger informatie en updates kan vinden (Rijksoverheid, 2023). De inhoud van een NL-Alert controlebericht is weergegeven in de onderstaande afbeelding (Fig. 11). Om de werking van NL-Alert te testen en de bekendheid van het systeem te vergroten wordt tweemaal per jaar een NL-Alert testbericht uitgezonden (Het Wetenschappelijk Onderzoek- en Documentatiecentrum, 2021). Doordat het versturen van een NL-Alert bericht nog onvoldoende werkt in de grensstreek, is het besluit over het behoud van het WAS-systeem en de mogelijke vervanging voor NL-Alert uitgesteld (Ministerie van Justitie en Veiligheid, 2021).



Figuur 11: NL-Alert – Controlebericht (iPhoned, 2022)

Naast het WAS-systeem en NL-Alert worden overstromingsrisico's ook uitgebreid gedeeld door middel van televisiezenders en overige mediaplatformen, omdat het bereik van mediaplatformen eveneens relatief groot is (Brandweer, 2023). Ten tijde van overstromingsrisico's worden dus een groot aantal communicatieplatformen ingezet om Nederlandse inwoners te waarschuwen.

Verenigde Staten

Binnen het FEWS van Houston worden specifieke individuen en beleidsbepalers gewaarschuwd bij alarmerende neerslag- en/of waterstandgegevens. De individuen en beleidsbepalers zijn vervolgens verantwoordelijk voor het communiceren van mogelijke overstromingsrisico's richting bewoners. Het communiceren van overstromingsrisico's richting bewoners vindt plaats op verschillende manieren. Allereerst worden bewoners gealarmeerd door middel van sms-berichten en lokale radio- en televisiestations. Tevens kunnen bewoners inzicht verkrijgen in overstromingsrisico's door middel van een website over het toegepaste 'Flood Alert System'. Op deze website zijn neerslag- en waterstandgegevens beschikbaar en worden updates over waterveiligheidsrisico's gedeeld. Tot slot worden digitale waarschuwborden langs wegen geplaatst om bewoners te waarschuwen (Greater Houston Flood Mitigation Consortium, 2018).

Binnen het FEWS van St. Louis wordt een noodcentrum gealarmeerd zodra een minimale neerslaghoeveelheid wordt bereikt. De minimale neerslaghoeveelheid om gealarmeerd te worden is vooraf vastgesteld op basis van verwachte overstromingsrisico's bij de betreffende neerslaghoeveelheid. Het noodcentrum communiceert vervolgens informatie over de overstromingsrisico's via een noodgevalmeldingssysteem, genaamd CodeRED (University City Missouri, 2023). Het noodgevalmeldingssysteem CodeRED stuurt geautomatiseerde waarschuwingsberichten ten tijde van een noodgeval. Het betreffende systeem kent relatief veel overeenkomsten met het Nederlandse 'NL-Alert'-systeem. Indien inwoners van St. Louis meldingen willen ontvangen door middel van CodeRED, is het voor de inwoners wel noodzakelijk om het systeem geïnstalleerd te hebben op hun mobiele telefoon (University City Missouri, 2023).

Binnen de Verenigde Staten wordt eveneens een nationaal waarschuwingssysteem gehanteerd, genaamd 'The Integrated Public Alert & Warning System (IPAWS)'. Binnen het IPAWS worden bewoners gewaarschuwd via draadloze alarmberichten, verzonden door middel van zendmasten. Het betreffende systeem komt opnieuw overeen met het Nederlandse 'NL-Alert'-systeem. Om de bereikbaarheid van de alarmberichten verder te vergroten worden in het geval van noodsituaties eveneens bepaalde radio- en televisiestations ingezet (Federal Emergency Management Agency, 2023).

Landen met vergelijkbare klimatologische kenmerken en ontwikkelingsomstandigheden

In het voorliggende onderdeel van het onderzoeksrapport worden toegepaste waarschuwinginstrumenten in Indonesië, Vietnam, Filipijnen en India onderzocht.

Indonesië

Binnen de casestudy op Java wordt inspiratie gehaald uit een waarschuwingssysteem in Klender en Kelurahan Pinangsia. Bewoners hebben eigenhandig een alarmsysteem in elkaar gezet door lokale materialen te combineren met een apparaat dat een luid geluidssignaal kan produceren. Uit ervaringen van de bewoners bleek het alarmsysteem naar behoren te functioneren en hadden bewoners voldoende tijd om evacuatiemaatregelen te nemen (Plan International, 2020). Binnen de casestudy in Semarang worden bewoners gewaarschuwd door een combinatie van verschillende communicatietechnieken. De bewoners worden hoofdzakelijk gewaarschuwd door middel van sms-berichten, radiostations en een alarmsysteem met luidsprekers (Asian Disaster Preparedness Center, 2015). Binnen het geïntroduceerde FEWS langs de Beringin River staat niet gespecificeerd op welke manier bewoners worden gewaarschuwd (United Nations, 2023).

Vietnam

Binnen een FEWS in de Vietnamese provincie Son La worden bewoners gewaarschuwd door middel van waarschuwingsberichten. Bewoners kunnen de waarschuwingsberichten ontvangen op een mobiele telefoon en/of een computer/laptop. Het waarschuwingsbericht wordt uitgestuurd bij een vooraf bepaalde minimale neerslaghoeveelheid (Hoang, 2019). Binnen de handleiding voor de introductie van een FEWS in de noordelijke districten van Vietnam worden meerdere waarschuwingmogelijkheden benoemd. Het eerste voorgestelde waarschuwinginstrument is het plaatsen van waarschuwingsborden (Fig. 12) op strategische locaties. Het is tevens mogelijk om dergelijke waarschuwingsborden digitaal/interactief te maken (Centre for International Studies and Cooperation, 2011).



Figuur 12: Waarschuwingbord met kleurensysteem (Global Initiative on Disaster Risk Management, 2023)

Het tweede voorgestelde waarschuwinginstrument is het realiseren van een alarmsysteem. Een alarmsysteem kan worden gerealiseerd met technologisch eenvoudige materialen, zoals waarschuwingbellen of -trommels. Het bereik van een dergelijk systeem is echter doorgaans niet enorm groot. Om het bereik van het alarmsysteem te vergroten kunnen eveneens luidsprekers en/of geluidsmasten worden aangebracht. Overige voorgestelde waarschuwinginstrumenten zijn het versturen van sms-waarschuwingberichten, het onderling waarschuwen van bewoners door middel van portofoons, het waarschuwen van bewoners door middel van e-mailberichten en/of websites, en het inzetten van televisie- en radiostations (Centre for International Studies and Cooperation, 2011). Al met al worden relatief veel communicatiemogelijkheden benoemd in het rapport van 'Centre for International Studies and Cooperation (CECI)' voor het toepassen van waarschuwinginstrumenten.

Filipijnen

Binnen de lokale FEWS's in de Filipijnen worden waarschuwingen over overstromingsrisico's hoofdzakelijk gecommuniceerd door middel van televisie- en radiostations, sms-berichten en het persoonlijk waarschuwen van huishoudens (Global Initiative on Disaster Risk Management, 2023). In La Flora is de inzet van een monitoringsinstrument gecombineerd met de inzet van een waarschuwinginstrument. De waterstanddreiging wordt namelijk vastgesteld aan de hand van gekleurde markeringen op huizen en overige gebouwen (*Fig. 8*) (United States Agency for International Development, 2023). Het voorgestelde FEWS in Baguio City is aanzienlijk verder doorontwikkeld dan het systeem in La Flora. De voorgestelde waarschuwinginstrumenten in Baguio City zijn een alarmsysteem, sms-berichten, social media en overige mediaplatformen (ASEAN Australia Smart Cities Trust Fund, 2021).

India

Binnen het FEWS in het Indische Himalayagebied is het implementeren van monitorings- en waarschuwinginstrumenten gecombineerd. Betrokken instanties en bedreigde gemeenschappen ontvangen een automatisch signaal over mogelijke overstromingsdreiging indien een kritiek waterstandniveau wordt bereikt. De werking van het FEWS is zichtbaar op de afbeelding (*Fig. 9*) die is opgenomen in het onderzoek naar monitoringsinstrumenten (United Nations, 2023). Binnen het FEWS in de deelstaat Assam worden bewoners gewaarschuwd door middel van sms-berichten. In het eerste sms-bericht staat enkel een waarschuwingmelding. In het tweede sms-bericht staat overige relevante data opgenomen omtrent overstromingsrisico's. Ook worden overige communicatiemiddelen toegepast, zoals e-mailberichten, websites en televisie- en radiostations (Department of Administrative Reforms & Public Grievances, 2015).

Algemene bevinding

Op basis van de geanalyseerde waarschuwingsinstrumenten in Nederland en de Verenigde Staten is zichtbaar dat in beide landen reeds technologisch vergevorderde communicatietechnieken worden toegepast om bewoners te waarschuwen. Het toepassen van technologisch vergevorderde communicatietechnieken is mogelijk vanwege het relatief goede telefonische bereik en het relatief hoge niveau van communicatieve voorzieningen waar bewoners doorgaans over beschikken in beide landen. Echter worden ook nog steeds traditionele communicatiemethoden toegepast, omdat de werking van technologisch vergevorderde communicatietechnieken nog niet altijd naar behoren functioneert. Als gevolg hiervan wordt veelal een combinatie van traditionele en technologisch vergevorderde communicatietechnieken toegepast om bewoners te waarschuwen. In landen met vergelijkbare klimatologische kenmerken en ontwikkelingsomstandigheden worden eveneens reeds technologisch vergevorderde communicatietechnieken toegepast, maar op minder grote schaal als in Nederland en de Verenigde Staten. Desondanks zijn de geanalyseerde landen intensief bezig om dergelijke waarschuwingsinstrumenten eveneens te implementeren binnen FEWS's, zodat bewoners optimaal kunnen worden voorbereid op overstromingsrisico's.

In de onderstaande tabel (Tab. 6) is een overzicht opgenomen van de toegepaste waarschuwingsinstrumenten in de geanalyseerde landen.

Tabel 6: Toegepaste waarschuwingsinstrumenten - Geanalyseerde landen

Waarschuwingsinstrument	Toegepast in
Luchtalarmstelsel	Nederland Verenigde Staten Indonesië Vietnam Filipijnen
Telefonische waarschuwingsberichten	Nederland Verenigde Staten Indonesië Vietnam Filipijnen India
Radio- en televisiestations	Nederland Verenigde Staten Indonesië Vietnam Filipijnen India
Website	Verenigde Staten Vietnam India
(Digitale) waarschuwingsborden	Verenigde Staten Vietnam
E-mailberichten en sociale media	Vietnam Filipijnen India
Gekleurde markerings	Filipijnen

6.2. Wat zijn geschikte instrumenten om overstromingsrisico's te monitoren in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier?

Een adequaat FEWS bestaat uit een verzameling van neerslag-, waterhoogte-, en waterafvoergegevens (Fondriest Environmental, 2015). Dergelijke data kan worden verkregen aan de hand van routinemonitoring, waarbij mensen regelmatig metingen in het onderzoeksgebied moeten uitvoeren. Door het toepassen van monitoringsinstrumenten kan data gemakkelijker en kosteneffectief worden verzameld, waardoor sneller en nauwkeuriger op overstromingsrisico's gereageerd kan worden (Fondriest Environmental, 2015).

Binnen de voorliggende deelvraag wordt onderzocht welke instrumenten geschikt zijn om overstromingsrisico's te monitoren in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier. Voorafgaand aan het vaststellen van geschikte monitoringsinstrumenten wordt allereerst onderzocht welke monitoringsinstrumenten reeds aanwezig zijn binnen het onderzoeksgebied. Vervolgens wordt de geschiktheid van de geanalyseerde monitoringsinstrumenten beoordeeld op basis van vastgestelde criteria, waarna geconcludeerd kan worden welke monitoringsinstrumenten geschikt zijn binnen het onderzoeksgebied.

6.2.1. Aanwezige monitoringsinstrumenten

Voordat geschikte monitoringsinstrumenten worden vastgesteld, wordt allereerst onderzocht welke monitoringsinstrumenten reeds aanwezig zijn binnen het onderzoeksgebied.

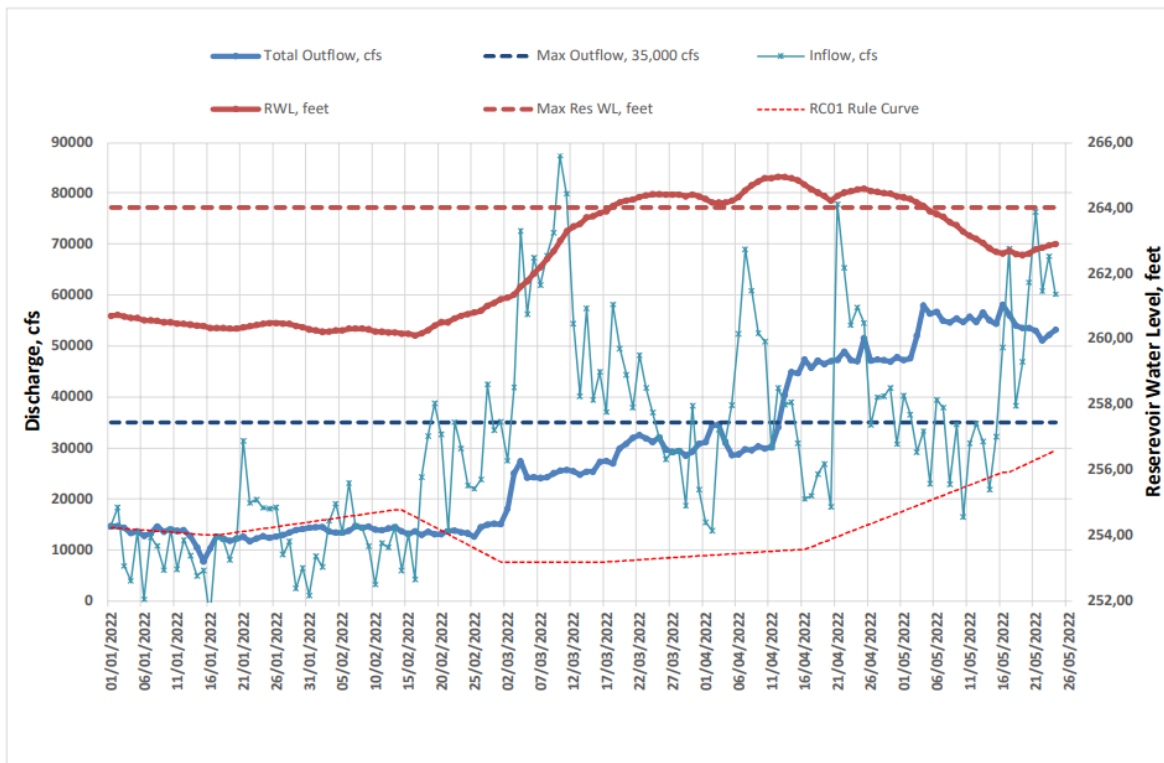
Staatsolie NV

Staatsolie NV monitort de waterstand van het Brokopondostuwmeer momenteel op één locatie, namelijk direct tegen de Afobakadam aan (Habieb, Locaties waterstandmonitoring, 2023). De waterdiepte van het Brokopondostuwmeer moet zich, uit veiligheidsoverwegingen voor de Afobakadam, bevinden tussen een 'operating minimum' en een 'operating maximum'. De onderstaande waterdiepten (Tab. 7) worden gehanteerd door Staatsolie NV (Habieb, Kennismaking & Werking van Afobakadam, 2023).

Tabel 7: Gehanteerde waterdiepten Brokopondostuwmeer - Staatsolie NV (Habieb, Kennismaking & Werking van Afobakadam, 2023)

	Waterdiepte
Operating minimum	245 voet (74,7 meter)
Gewenste waterdiepte	250 voet (76,2 meter)
Operating maximum	265 voet (80,8 meter)

Naast de waterdiepte van het Brokopondostuwmeer meet Staatsolie NV de gespilde waterhoeveelheid uit de spuikleppen van de Afobakadam. De gespilde waterhoeveelheid is afhankelijk van het aantal geopende spuikleppen. Tevens is de gespilde waterhoeveelheid afhankelijk van het openingspercentage van de geopende spuikleppen (Habieb, Kennismaking & Werking van Afobakadam, 2023). De gespilde waterhoeveelheid wordt gemeten in kubieke voet per seconde, aangezien de waterstand van het Brokopondostuwmeer eveneens in voet wordt gemeten. Op de onderstaande afbeelding (Fig. 13), afkomstig uit een rapport van de organisatie Worley, is zichtbaar hoeveel water Staatsolie NV heeft gespild gedurende de overstromingsperiode. Tevens zijn waterstanden in het Brokopondostuwmeer weergegeven op de afbeelding (Worley, 2022).



Figuur 13: Brokopondostuwmeer - RWL & Total outflow - 2022, January 01 to May 24 (Worley, 2022)

De inflow op de bovenstaande afbeelding (Fig. 13) wordt bepaald op basis van waterstandstijgingen/-dalingen in het Brokopondostuwmeer en gespilte waterhoeveelheden (Habieb, Kennismaking & Werking van Afobakadam, 2023). Momenteel ontbreekt een monitoringsinstrument om de inflow van het Brokopondostuwmeer vast te stellen.

Naast de reeds benoemde monitoringsinstrumenten meet Staatsolie NV de rivierwaterstand van de Surinamerivier tegen de Afobakadam aan. Tot slot heeft Staatsolie NV een peilstok staan bij het dorp Pokigron, een dorp gelegen bovenstrooms het Brokopondostuwmeer (Habieb, Locaties waterstandmonitoring, 2023). Door middel van de peilstok bij Pokigron probeert Staatsolie NV inzichtelijk te krijgen hoeveel water wordt afgevoerd richting het Brokopondostuwmeer.

Meteorologische Dienst Suriname

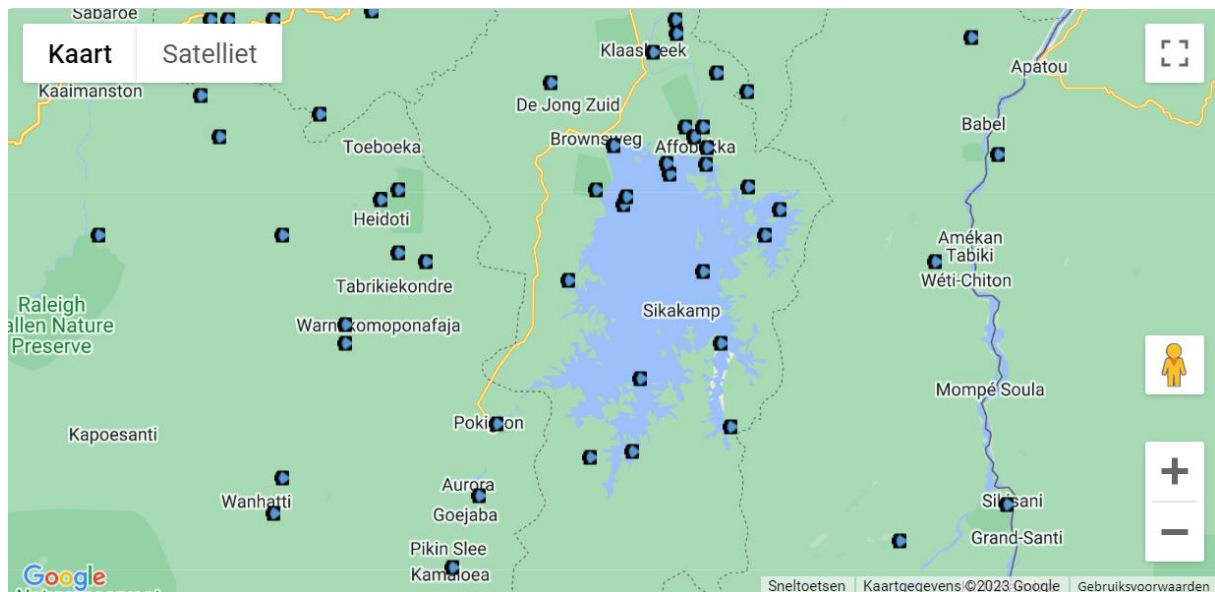
Op de onderstaande afbeelding (Fig. 14) zijn locaties van neerslagstations binnen het onderzoeksgebied zichtbaar.



Figuur 14: Aanwezige neerslagstations - Brokopondodistrict langs de Surinamerivier (Meteorologische Dienst Suriname, 2023)

Uit gegevens van de Meteorologische Dienst Suriname blijkt dat relatief veel neerslagstations aanwezig zijn binnen het onderzoeksgebied, maar dat geen enkel neerslagstation momenteel operationeel is (Meteorologische Dienst Suriname, 2023). De aanwezigheid van niet-operationele neerslagstations is het gevolg van een gebrek aan financiële middelen en onderhoudswerkzaamheden. Uit gesprek met Lorenzo Kasmani, meteoroloog van de Meteorologische Dienst Suriname, blijkt echter dat één neerslagstation binnen het onderzoeksgebied momenteel nog operationeel is, gelegen in Brokopondo Centrum. Tevens is een neerslagstation noordwest gelegen van het onderzoeksgebied operationeel, genaamd 'Redi Doti ARS' (Kasmani, 2023). Echter ligt het betreffende neerslagstation buiten het onderzoeksgebied, waardoor de databruikbaarheid relatief beperkt is. Het neerslagstation in Brokopondo Centrum heeft op de website van de Meteorologische Dienst Suriname de stationsnaam 'K-Victoria' (Meteorologische Dienst Suriname, 2023), maar binnen de systemen van de Meteorologische Dienst wordt de stationsnaam 'Brokopondo ARS' gehanteerd (Kasmani, 2023). Gevallen neerslaghoeveelheden binnen het onderzoeksgebied kunnen momenteel enkel worden gemonitord aan de hand van verkregen data van het neerslagstation in Brokopondo Centrum.

Op de onderstaande afbeelding (Fig. 15) zijn locaties van neerslagstations op/rondom het Brokopondostuwmeer en bijbehorende instroomlocaties zichtbaar.



Figuur 15: Aanwezige neerslagstations - Directe omgeving van het Brokopondostuwmeer (Meteorologische Dienst Suriname, 2023)

Uit gegevens van de Meteorologische Dienst Suriname blijkt dat relatief veel neerslagstations aanwezig zijn in de directe omgeving van het Brokopondostuwmeer, maar dat momenteel slechts één van de betreffende neerslagstations (Tonka-Eiland 2) operationeel is. Het operationele neerslagstation bevindt zich in het Brokopondostuwmeer, gelegen voor het Brownsberg Natuurpark (Meteorologische Dienst Suriname, 2023). Uit gesprek met Lorenzo Kasmani blijkt echter dat het neerslagstation 'Tonka-Eiland 2' eveneens niet operationeel is (Kasmani, 2023). Door het ontbreken van neerslagstations op/rondom het Brokopondostuwmeer, kan de gevallen neerslaghoeveelheid in de directe omgeving van het stuwmeer niet worden gemonitord.

Concluderend zijn relatief veel neerslagstations aanwezig in het onderzoeksgebied en de directe omgeving van het Brokopondostuwmeer, maar zijn vrijwel alle neerslagstations niet langer operationeel vanwege achterstallig onderhoud en/of overige oorzaken. Hierdoor is het monitoren van neerslaghoeveelheden op de betreffende locaties momenteel niet/nauwelijks mogelijk.

NCCR en professor Naipal

Het NCCR heeft, in samenwerking met professor Naipal, verantwoording genomen voor het monitoren van (rivier)waterstanden in Suriname (Slijngard, 2023). Momenteel worden rivierwaterstanden hoofdzakelijk gemonitord door middel van peilstokken. Om de waterstand op een bepaalde locatie te bepalen, is het hierdoor noodzakelijk om een fysiek bezoek te brengen aan een locatie waar een peilstok aanwezig is.

In 2006 heeft het NCCR, in samenwerking met professor Naipal, reeds een poging ondernomen om een FEWS op te zetten in Suriname. Binnen het opgezette systeem werden op meerdere locaties waterstandmeters aangebracht (NCCR, 2022). De monitoringsinstrumenten zijn echter niet langer operationeel/buikbaar, omdat onvoldoende geld beschikbaar was voor onderhoudswerkzaamheden (Slijngard, 2023).

Het NCCR ontvangt binnenkort drie 'Thalimedes-instrumenten' van het UNDP (Slijngard, 2023), welke worden overgedragen aan professor Naipal. Een Thalimedes-instrument treedt in werking bij veranderende waterstanden. Bij veranderende waterstanden worden de vlotter en de bijbehorende kabel in beweging gebracht. Bewegingen van de vlotter en de bijbehorende kabel worden omgezet in elektrische signalen. De elektrische signalen worden vervolgens verzonden en opgeslagen in een geïntegreerde datalogger in vooraf ingestelde tijdintervallen. De opgeslagen waarden kunnen vervolgens worden verzonden voor verdere dataverwerking (OTT Hydromet GmbH, 2023). Volgens een PowerPoint van het NCCR kunnen Thalimedes-instrumenten twee jaar data verzamelen/verzenden zonder onderhoudswerkzaamheden (NCCR, 2022).

In de stroomgebieden van Tapanahony en Lawa, rivieren in het zuidoosten van Suriname, moeten volgens kolonel Slijngard op korte termijn Thalimedes-instrumenten worden aangebracht (Slijngard, 2023). Echter vallen de betreffende locaties buiten het onderzoeksgebied. Desondanks erkende kolonel Slijngaard dat binnen het onderzoeksgebied eveneens monitoringsinstrumenten noodzakelijk zijn (Slijngard, 2023).

6.2.2. Geschikte monitoringsinstrumenten

Om de geschiktheid van de geanalyseerde monitoringsinstrumenten vast te stellen, zijn de onderstaande criteria opgesteld:

- Investeringskosten;
- Onderhoudskosten;
- Relevantie van data met betrekking tot overstromingsrisico's;
- Benodigd kennisniveau om monitoringsinstrument te implementeren.

De geschiktheid van monitoringsinstrumenten wordt niet binnen een MCA getoetst, omdat neerslag-, waterstand- en waterafvoergegevens allen essentieel zijn voor het adequaat functioneren van een FEWS (Fondriest Environmental, 2015). Indien een FEWS daadwerkelijk wordt gerealiseerd, is het hierdoor noodzakelijk dat zowel neerslagstations als waterstand- en watersnelheidsmeters in het onderzoeksgebied en overige relevante gebieden worden geplaatst. De waarden van het criteria 'Relevantie van data met betrekking tot overstromingsrisico's' zijn dermate overheersend voor neerslagstations en waterstand- en watersnelheidsmeters, waardoor de aanwezigheid van de betreffende monitoringsinstrumenten noodzakelijk is.

Zoals eerder vermeld wordt binnen het voorliggende onderzoeksrapport niet ingegaan op exacte specificaties van verschillende type monitoringsinstrumenten. Binnen het onderzoek naar buitenlandse FEWS's werd namelijk nauwelijks informatie verschaft over specificaties van fysieke monitoringinstrumenten, waardoor een aanvullend onderzoek noodzakelijk had geweest. Op basis van de hoge luchtvochtigheidsomstandigheden, het regelmatig voorkomen van extreme weersomstandigheden en het gebrek aan mogelijkheden tot onderhoudswerkzaamheden kan echter worden geconcludeerd dat relatief robuuste monitoringsinstrumenten wenselijk zijn in het onderzoeksgebied. Een specifiek voorbeeld van een robuust monitoringinstrument is het neerslagstation van Decagon, waarbij geen bewegende onderdelen zijn toegepast (ICT International, 2023).

De geschiktheid van modelleerprogramma's is afhankelijk van de aanwezigheid van neerslagstations en waterstand- en watersnelheidsmeters. Voor het simuleren van klimatologische en hydrologische omstandigheden zijn namelijk inputgegevens van de betreffende monitoringsinstrumenten benodigd, waardoor modelleerprogramma's enkel kunnen worden toegepast indien neerslagstations en waterstand- en watersnelheidsmeters ook aanwezig zijn. De investerings- en onderhoudskosten voor modelleerprogramma's zijn relatief laag in vergelijking met fysieke instrumenten, omdat enkel softwarepakketten moeten worden aangeschaft/bijgehouden. Voor het implementeren van een modelleerprogramma is wel een minimaal benodigd kennisniveau noodzakelijk. Modelleerprogramma's zijn hierdoor enkel geschikt indien voldoende kennis over de toegepaste softwareprogramma's aanwezig is.

Algemene bevinding

Voor het verkrijgen van klimatologische en hydrologische gegevens is de aanwezigheid van neerslagstations en waterstand- en watersnelheidsmeters noodzakelijk. De betreffende monitoringsinstrumenten zijn hierdoor uitermate geschikt voor toepassing binnen een FEWS. Uit onderzoek naar reeds aanwezige monitoringsinstrumenten blijkt dat momenteel weinig/geen operationele neerslagstations en waterstand- en watersnelheidsmeters aanwezig zijn, waardoor investeringen in de betreffende monitoringsinstrumenten noodzakelijk zijn indien een FEWS gerealiseerd wenst te worden. Exacte specificaties van type monitoringsinstrumenten zijn niet uitvoerig onderzocht, hoewel wel geconcludeerd kon worden dat robuuste monitoringsinstrumenten wenselijk zijn binnen het onderzoeksgebied. De geschiktheid van modelleerprogramma's is afhankelijk van de aanwezigheid van neerslagstations en waterstand- en watersnelheidsmeters en het benodigde kennisniveau voor de toegepaste softwareprogramma's. Voordat het mogelijk is om modelleerprogramma's te implementeren, moeten hierdoor allereerst voldoende fysieke monitoringsinstrumenten worden geplaatst en een minimaal benodigd kennisniveau worden verkregen.

6.3. Wat zijn geschikte instrumenten om bewoners te waarschuwen tegen overstromingsrisico's in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier?

Een adequaat FEWS bestaat naast de aanwezigheid van monitoringsinstrumenten eveneens uit waarschuwingsinstrumenten. Bewoners moeten namelijk tijdig gewaarschuwd kunnen worden tegen overstromingsrisico's.

Binnen de voorliggende deelvraag wordt onderzocht welke instrumenten geschikt zijn om bewoners te waarschuwen tegen overstromingsrisico's in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier. Voorafgaand aan het vaststellen van geschikte waarschuwingsinstrumenten wordt allereerst onderzocht welke waarschuwingsinstrumenten reeds aanwezig zijn binnen het onderzoeksgebied. Vervolgens wordt de geschiktheid van de geanalyseerde waarschuwingsinstrumenten beoordeeld door middel van een MCA, waarbinnen de vastgestelde criteria per waarschuwingsinstrument worden afgewogen. Op basis van de MCA kan een rationele keuze worden gemaakt over de geschiktheid van de waarschuwingsinstrumenten.

6.3.1. Aanwezige waarschuwingsinstrumenten

Momenteel worden geen waarschuwingsinstrumenten ingezet om bewoners te waarschuwen tegen overstromingsrisico's. In interviews met meerdere bewoners (*Bijlage 13*) werd aangegeven dat zij niet/nauwelijks zijn gewaarschuwd gedurende de overstromingen in 2022. Onder de geïnterviewde personen zijn enkel een schoolhoofd en een vastgoedeigenaar gewaarschuwd door Staatsolie NV over tijdelijke waterstandstijgingen (*Bijlage 13*).

In 2006 heeft het NCCR, in samenwerking met professor Naipal, reeds een poging ondernomen om een FEWS op te zetten in Suriname. Binnen het opgezette systeem werden bewoners gewaarschuwd door middel van een kleurensysteem, geplaatst langs peilstokken en overige waterstandmeters (NCCR, 2022). In de onderstaande tabel (*Tab. 8*) is de werking van het destijds toegepaste kleurensysteem weergegeven.

Tabel 8: FEWS 2006 - Werking kleurensysteem (NCCR, 2022)

Kleur	Betekenis	Te ondernemen handelingen
Groen	Veilig	Overheid moet op een proactieve manier informatie verschaffen aan bewoners over overstromingsrisico's. Bewoners moeten waterstanden monitoren.
Geel	Lichte dreiging	Overheid moet paraat zijn voor het nemen van beschermingsmaatregelen tegen mogelijke wateroverlast. Bewoners moeten de overheid alarmeren en alert zijn voor verdere waterstandstijgingen.
Oranje	Serieuze dreiging	Overheid moet de stijgende waterstand strikt monitoren. Bewoners moeten maatregelen tegen een mogelijke overstroming afstemmen met de overheid. Daarnaast moeten bewoners bereid zijn om actie te ondernemen bij verdere waterstandstijgingen.
Rood	Ernstige dreiging (overstroming)	Overheid moet in staat zijn om noodhulp te kunnen bieden. Bewoners moeten instructies uit opgestelde noodplannen opvolgen. Daarnaast moeten bewoners evacueren en/of verhuizen naar hogere gebieden.

Op de onderstaande afbeelding (Fig. 16) is zichtbaar op welke manier het kleurensysteem werd toegepast.



Figuur 16: Kleurensysteem - Toegepast instrument in Drietabbetje (NCCR, 2022)

Het kleurensysteem is echter niet langer operationeel/buikbaar, omdat geen geld beschikbaar was voor onderhoudswerkzaamheden (Slijngard, 2023). Tot op heden zijn geen vervangende waarschuwingsinstrumenten geïntroduceerd binnen het onderzoeksgebied.

6.3.2. Geschikte waarschuwingsinstrumenten

Om de geschiktheid van de geanalyseerde waarschuwingsinstrumenten vast te stellen, zijn de onderstaande criteria opgesteld:

- Investeringskosten, (**Inv.**);
- Onderhoudskosten, (**Ond.**);
- Reikwijdte van waarschuwingsinstrument, (**Rei.**);
- Technologisch niveau om waarschuwingsinstrument te implementeren, (**Tec.**);
- Kennisniveau om waarschuwingsinstrument te begrijpen, (**Ken.**);
- Wensen van bewoners, (**Wen.**).

Binnen de MCA wordt gebruikgemaakt van de bovengenoemde afkortingen, zodat tabellen leesbaar/passend blijven op één A4-pagina.

In de onderstaande tabel (*Tab. 9*) is de beoordeling van de waarschuwingsinstrumenten, ten opzichte van de vastgestelde criteria, zichtbaar.

Tabel 9: Beoordeling - Waarschuwingsinstrumenten - MCA

Waarschuwingsinstrument	Inv.	Ond.	Rei.	Tec.	Ken.	Wen.
Luchtalarmstelsysteem	--	--	++	0	+	++
Telefonische waarschuwingsberichten	++	++	+	-	--	0
Radio- en televisiestations	+	++	0	--	0	-
Website	+	+	-	--	-	--
(Digitale) waarschuwingsborden	0	0	-	+	++	--
E-mailberichten en sociale media	++	++	-	--	--	--
Gekleurde markeringsen	+	0	--	++	+	-

De toegekende waarden binnen de MCA zijn gekoppeld aan de onderste waarden binnen de eindberekening (*Tab. 10*).

Tabel 10: Waardebepaling - MCA - Eindberekening

Waarde	Waarde – Eindberekening
--	1
-	2
0	3
+	4
++	5

Onderstaand is per criteria een toelichting gegeven op de toegekende waarden binnen de beoordelingstabel.

Investeringskosten

Indien een waarschuwingssysteem op basis van telefonische berichtgeving, e-mailberichten en/of sociale media wordt toegepast, zijn weinig/geen investeringskosten benodigd. Websites en radio- en televisiestations vereisen lichtelijk meer investeringskosten, omdat een digitaal platform en/of een uitzending ontwikkelt dient te worden. De investeringskosten voor het plaatsen van gekleurde markeringen zijn eveneens minimaal, omdat het aantal benodigde materialen minimalistisch is. Het plaatsen van waarschuwborden vereist mogelijk meer investeringskosten, met name indien de waarschuwborden worden gedigitaliseerd. Aan de realisatie van een luchtalarmsysteem zijn de hoogste investeringskosten verbonden, omdat meerdere fysieke geluidsmasten dienen te worden aangeschaft om in het onderzoeksgebied te plaatsen.

Onderhoudskosten

Indien een waarschuwingssysteem op basis van telefonische berichtgeving, radio- en televisiestations, e-mailberichten en/of sociale media wordt toegepast, zijn weinig/geen onderhoudskosten benodigd. Aan een website zijn eveneens weinig onderhoudskosten verbonden, hoewel een website met enige regelmaat geüpdatet dient te worden. Doordat (digitale) waarschuwborden en gekleurde markeringen fysieke waarschuwinginstrumenten zijn, zijn aan de betreffende instrumenten meer onderhoudskosten verbonden. Binnen een luchtalarmsysteem worden meerdere fysieke geluidsmasten toegepast, waardoor aan het betreffende waarschuwinginstrument de hoogste onderhoudskosten zijn verbonden.

Reikwijdte van waarschuwinginstrument

De reikwijdte van een luchtalarmsysteem is maximaal ten opzichte van alternatieve waarschuwinginstrumenten, omdat met een geluidssignaal relatief veel bewoners gelijktijdig kunnen worden bereikt. De reikwijdte van een geluidsmast is hoofdzakelijk afhankelijk van het toegepaste decibelniveau. Tevens hebben overheersende windrichtingen en de aanwezigheid van geluiddempende vegetatie invloed op de reikwijdte van een geluidsmast. Met telefonische waarschuwingsberichten kunnen eveneens gelijktijdig een groot aantal bewoners worden bereikt, hoewel de reikwijdte van het waarschuwinginstrument wordt beperkt doordat niet alle bewoners in het bezit zijn van mobiele telefoons. Met radio- en televisiestations kunnen eveneens gelijktijdig meerdere bewoners worden bereikt, hoewel de reikwijdte aanzienlijk kleiner is dan van een luchtalarmsysteem en telefonische waarschuwingsberichten. De reikwijdte van websites, e-mailberichten en sociale media is relatief beperkt, omdat bewoners zelfstandig initiatief moeten nemen om informatie omtrent overstromingsrisico's op te zoeken. De reikwijdte van (digitale) waarschuwborden en gekleurde markeringen is eveneens relatief beperkt, omdat enkel op één specifieke locatie informatie omtrent overstromingsrisico's vrijgegeven wordt.

Technologisch niveau om waarschuwingsinstrument te implementeren

Voor telefonische berichtgeving, e-mailberichten, sociale media en websites is het hoogste minimale technologische niveau benodigd. Dergelijke waarschuwingsinstrumenten kunnen enkel werken indien relatief veel mensen over een mobiele telefoon beschikken. Tevens moeten voldoende zendmasten aanwezig zijn en moet het bereik van de zendmasten relatief goed zijn. Het aantal personen met mobiele telefoons binnen het onderzoeksgebied is relatief hoog. Desondanks is het telefonisch bereik op relatief veel locaties van onvoldoende kwaliteit. Voor radio- en televisiestations en luchtalarmsystemen moeten tevens luchtsignalen worden verstuurd, waardoor voor de betreffende waarschuwingsinstrumenten eveneens een minimaal technologisch niveau benodigd is. Een voordeel van een luchtalarmsysteem ten opzichte van de overige waarschuwingsinstrumenten met luchtsignalen, is dat men niet afhankelijk is van de aanwezigheid van telefoons, televisies en andere communicatievoorzieningen. Voor waarschuwingsborden en gekleurde markeringen is weinig/geen technologische kennis benodigd, enkel indien de waarschuwingsinstrumenten worden gedigitaliseerd.

Kennisniveau om waarschuwingsinstrument te begrijpen

Doordat relatief veel bewoners in het onderzoeksgebied analfabetisch en/of ongeschoold zijn, wordt rekening gehouden met de laagdrempeligheid om een waarschuwingsinstrument te begrijpen. (Digitale) waarschuwingsborden zijn het laagdrempeligst om te begrijpen, omdat weinig/geen teksten worden gebruikt en de boodschap visueel gelijk duidelijk wordt gemaakt. Luchtalarmsystemen en gekleurde markeringen zijn eveneens relatief laagdrempelig om te begrijpen, omdat bewoners met één signaal direct kunnen worden gewaarschuwd. Echter is het bij de betreffende waarschuwingsinstrumenten wel noodzakelijk om bewoners vroegtijdig te informeren over de werking van de waarschuwingsinstrumenten. Indien een luchtalarm afgaat of gekleurde markeringen zichtbaar zijn, moeten bewoners begrijpen dat de waarschuwingsinstrumenten bedoeld zijn voor het afkondigen van overstromingsrisico's (Boejoekoe, 2023). Radio- en televisiestations zijn verder laagdrempeliger om te begrijpen dan telefonische waarschuwingsberichten, e-mailberichten en sociale media, omdat bewoners door middel van radio- en televisiestations verbaal worden geïnformeerd over de overstromingsrisico's. Doordat relatief veel bewoners analfabetisch zijn en de Nederlandse taal niet/nauwelijks begrijpen, is het tekstueel verkondigen van overstromingsrisico's het minst laagdrempelig. Websites zijn tot slot eenvoudiger te begrijpen dan overige tekstuele waarschuwingsinstrumenten, omdat op websites nog enkele visualisaties aangebracht kunnen worden.

Wensen van bewoners

Indien bewoners hun mening verkondigden over de invulling van een waarschuwingssysteem, werd relatief vaak het toepassen van een waarschuwingssysteem op basis van geluid benoemd (*Bijlage 13*). Doordat het telefonisch bereik in het binnenland niet optimaal is en niet iedereen over mobiele telefoons en/of alternatieve communicatiemiddelen beschikt, hadden relatief veel bewoners de overtuiging dat de functionaliteit van een waarschuwingssysteem op basis van geluid optimaler is dan van alternatieve waarschuwingsinstrumenten. Het toepassen van een luchtalarmsysteem werd tevens voorgedragen door professor Naipal en de directeur van het Ministerie van Regionale Ontwikkeling en Sport (Boejoekoe, 2023). Naast een luchtalarmsysteem werd tevens het vroegtijdig informeren van het 'traditioneel gezag' veelvuldig benoemd. Het 'traditioneel gezag' bestaat uit kapiteins/bacha's, die informatie omtrent overstromingsrisico's in een dergelijke situatie moeten communiceren naar bewoners. Echter worden hierbij geen waarschuwingsinstrumenten ingezet, waardoor het niet is opgenomen in de tabel met afgewogen waarschuwingsinstrumenten. Overige waarschuwingsinstrumenten die door bewoners werden benoemd zijn het gebruikmaken van lichten/kleuren, het inzetten van telefonische berichtgeving en het communiceren van overstromingsrisico's via radio- en televisiestations.

In de onderstaande tabel (Tab. 11) is de uitkomst van de MCA voor het vaststellen van geschikte waarschuwingsinstrumenten zichtbaar.

Tabel 11: Uitkomst - Geschikte waarschuwingsinstrumenten - MCA

Waarschuwingsinstrument	Inv.	Ond.	Rei.	Tec.	Ken.	Wen.	Uitkomst
Weging	15%	15%	20%	20%	20%	10%	100%
Luchtalarmsysteem	0,15	0,15	1,00	0,60	0,80	0,50	3,20
Telefonische waarschuwingsberichten	0,75	0,75	0,80	0,40	0,20	0,30	3,20
Radio- en televisiestations	0,60	0,75	0,60	0,20	0,60	0,20	2,95
Website	0,60	0,60	0,40	0,20	0,40	0,10	2,30
(Digitale) waarschuwborden	0,45	0,45	0,40	0,80	1,00	0,10	3,20
E-mailberichten en sociale media	0,75	0,75	0,40	0,20	0,20	0,10	2,40
Gekleurde markeringen	0,60	0,45	0,20	1,00	0,80	0,20	3,25

*De toegekende gewingen zijn gebaseerd op persoonlijke inschattingen en gesprekken met relevante stakeholders.

Een toelichting op de gehanteerde gewingen per criteria is zichtbaar in de bijlage (Bijlage 9).

Algemene bevinding

Op basis van de uitgevoerde MCA blijkt dat gekleurde markeringen, (digitale) waarschuwborden, telefonische waarschuwingsberichten en een luchtalarmsysteem de meest geschikte waarschuwingsinstrumenten zijn om te introduceren in het onderzoeksgebied. De geschiktheid van gekleurde markeringen en (digitale) waarschuwborden is hoofdzakelijk het gevolg van relatief beperkte investerings- en onderhoudskosten en een minimaal benodigd technologisch- en kennisniveau om de waarschuwingsinstrumenten te implementeren. De geschiktheid van telefonische waarschuwingsberichten is hoofdzakelijk het gevolg van minimale investerings- en onderhoudskosten in combinatie met een relatief grote reikwijdte van het waarschuwingsinstrument. De geschiktheid van een luchtalarmsysteem is hoofdzakelijk het gevolg van wensen van de bewoners, het minimaal benodigde kennisniveau en de zeer grote reikwijdte van het waarschuwingsinstrument. De overige waarschuwingsinstrumenten hebben hoofdzakelijk lager gescoord door het minimaal benodigd technologisch- en kennisniveau in combinatie met de beperkte reikwijdte van de waarschuwingsinstrumenten.

Op basis van onderzoek naar waarschuwingsinstrumenten in het buitenland, kan geconcludeerd worden dat doorgaans meerdere waarschuwingsinstrumenten gelijktijdig worden ingezet om bewoners te waarschuwen. Voor het optimaal voorbereiden van bewoners op overstromingsrisico's, is het hierdoor noodzakelijk om meerdere waarschuwingsinstrumenten gelijktijdig in te zetten.

6.4. Wat zijn geschikte locaties voor het plaatsen van monitorings- en waarschuwingsinstrumenten in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier?

Binnen de voorgaande deelvragen is reeds onderzocht welke monitorings- en waarschuwingsinstrumenten geschikt zijn om te implementeren binnen het onderzoeksgebied. Binnen de voorliggende deelvraag wordt onderzocht welke locaties geschikt zijn voor het plaatsen van monitorings- en waarschuwingsinstrumenten.

6.4.1. Monitoringsinstrumenten

De monitoringsinstrumenten waarvoor onderzoek wordt uitgevoerd naar geschikte locaties zijn neerslagstations en waterstand- en watersnelheidsmeters. Voor het toepassen van modelleerprogramma's is geen locatieonderzoek benodigd.

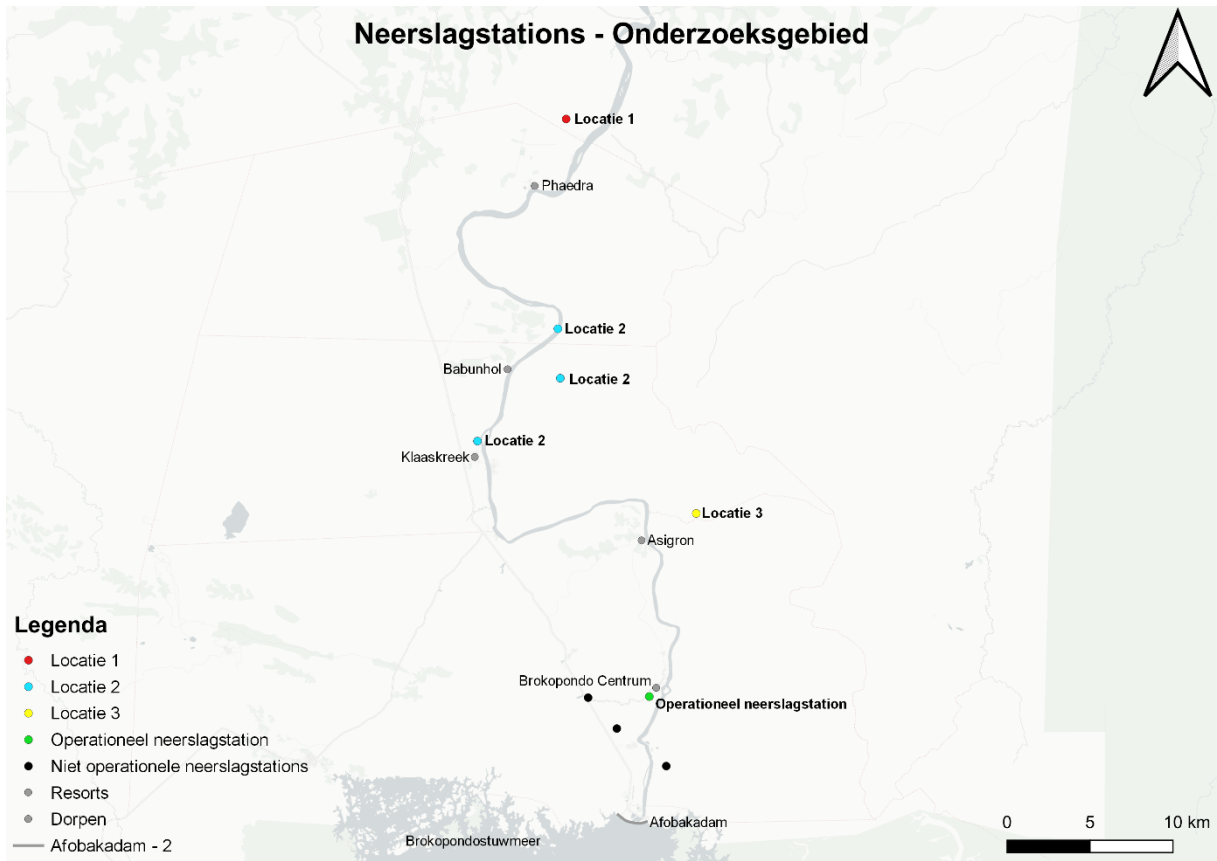
Om de geschiktheid van een locatie voor het plaatsen van monitoringsinstrumenten vast te stellen, zijn de onderstaande criteria opgesteld:

- Relatief gelijkmatige verdeling van instrumenten binnen het onderzoeksgebied;
- Minimaliseren van menselijke activiteiten in de directe omgeving van monitoringsinstrument;
- Minimalisatie van turbulente wateromstandigheden;
- Watersnelheidsmeter enkel op locaties met een niet-meanderend rivierdwarsprofiel.

Neerslagstations

Momenteel worden neerslaghoeveelheden enkel op één locatie binnen het onderzoeksgebied gemonitord, namelijk ter hoogte van Brokopondo Centrum (Kasmani, 2023).

Doordat voldoende locaties aanwezig zijn waar reeds neerslagstations geplaatst zijn (Meteorologische Dienst Suriname, 2023), wordt geen onderzoek uitgevoerd naar nieuwe plaatsingslocaties. Om de Meteorologische Dienst Suriname inzicht te geven in geschikte locaties voor het operationeel maken van neerslagstations in het onderzoeksgebied, is de onderstaande kaart opgesteld. Op de kaart (*Fig. 17*) zijn geschikte locaties aangegeven waar neerslagstations operationeel kunnen worden gemaakt voor het verkrijgen van een compleet neerslagbeeld binnen het onderzoeksgebied. Tevens is het operationele neerslagstation in Brokopondo Centrum weergegeven op de kaart. De locaties zijn gebaseerd op locaties van de reeds aanwezige (niet-operationele) neerslagstations (*Fig. 14*) en een gelijkmatige oppervlakteverdeling van de neerslagstations binnen het onderzoeksgebied.



Figuur 17: Geschiede locaties - Neerslagstations - Onderzoeksgebied

In de onderstaande tabel (Tab. 12) is een onderbouwing van de locatieverdeling van de neerslagstations weergegeven.

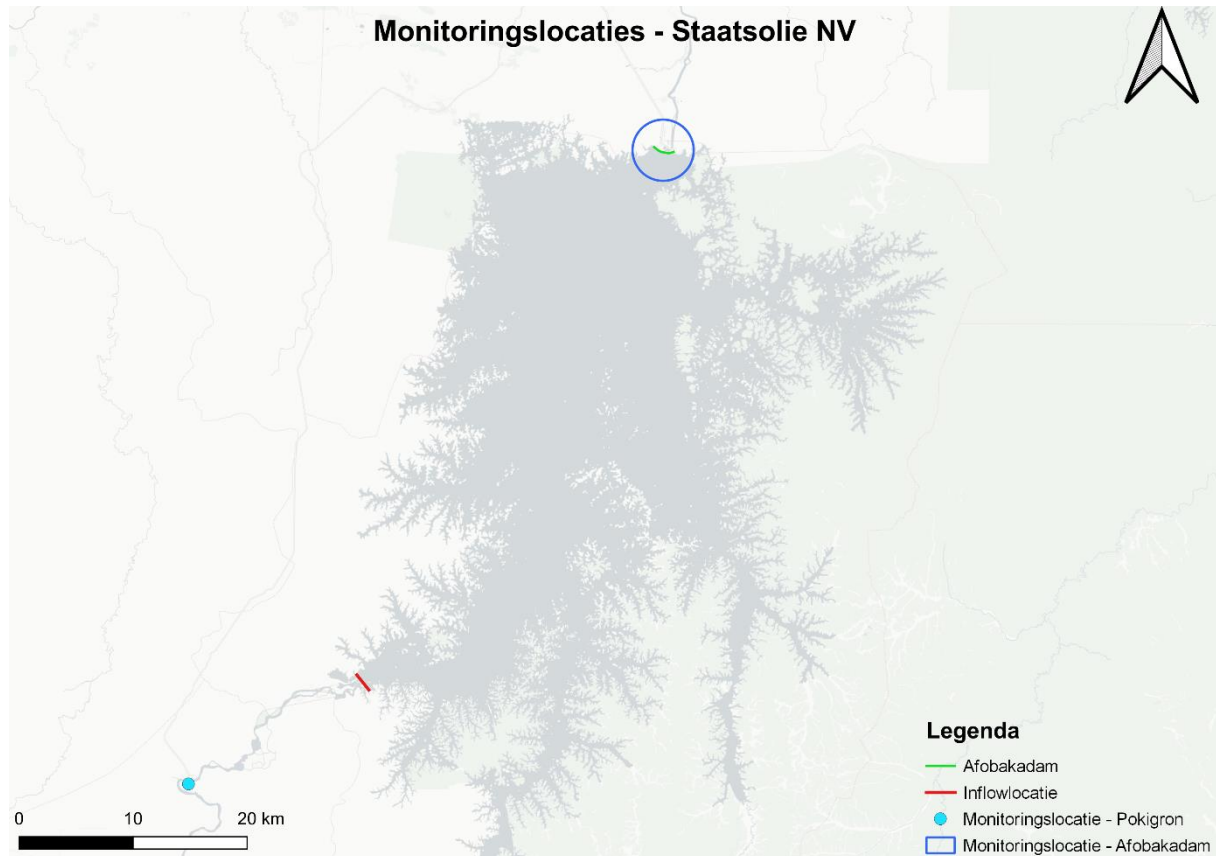
Tabel 12: Locatietoelichting - Neerslagstations - Onderzoeksgebied

Locatie	Toelichting
Locatie 1	Op locatie 1 is één niet-operationeel neerslagstation aanwezig. Locatie 1 bevindt zich enkele kilometers ten noorden van Phaedra. Door het operationeel maken van een neerslagstation op deze locatie, kunnen neerslaghoeveelheden in het noordelijke deel van het onderzoeksgebied worden gemonitord.
Locatie 2	Op locatie 2 zijn drie niet-operationele neerslagstations aanwezig. Twee van de drie neerslagstations bevinden zich in de directe omgeving van Babunhol. Het overige neerslagstation bevindt zich in Klaaskreek. Indien één van de voorgestelde neerslagstations operationeel wordt gemaakt, kunnen neerslaghoeveelheden in Klaaskreek en de omliggende dorpen/vakantieoord worden gemonitord.
Locatie 3	Op locatie 3 is één niet-operationeel neerslagstation aanwezig. Locatie 3 bevindt zich in de directe omgeving van Victoria/Asigron. Door een neerslagstation operationeel te maken op deze locatie, kunnen neerslaghoeveelheden in de directe omgeving van Victoria/Asigron worden gemonitord. Aangezien Victoria/Asigron zich op minimaal tien kilometer van zowel Klaaskreek als Brokopondo Centrum bevindt, moet volgens professor Naipal op deze locatie eveneens een neerslagstation operationeel worden gemaakt voor het verkrijgen van een volledig neerslagbeeld.
Locatie 4: Operationeel neerslagstation	Op locatie 4 is reeds een operationeel neerslagstation aanwezig. Het neerslagstation bevindt zich in Brokopondo Centrum. Met dit neerslagstation kunnen neerslaghoeveelheden in Brokopondo Centrum en de omliggende dorpen/vakantieoord worden gemonitord.

Voor het verkrijgen van een volledig neerslagbeeld moeten eveneens neerslaghoeveelheden boven het Brokopondostuwmeer en het bovenstroomse stroomgebied van de Surinamerivier worden gemonitord. Binnen het onderzoeksrapport wordt echter niet specifiek ingegaan op exacte locatiebepalingen van neerslagstations buiten het onderzoeksgebied, omdat dit buiten de scope van het onderzoek valt.

Waterstand- en watersnelheidsmeters

Momenteel monitort Staatsolie NV de waterstand van het Brokopondostuwmeer en de Surinamerivier tegen de Afobakadam aan, de gespuide hoeveelheid water uit het Brokopondostuwmeer en de bovenstroomse rivierwaterstand door middel van een peilstok (Habieb, Locaties waterstandmonitoring, 2023). Op de onderstaande kaart (Fig. 18) zijn de reeds geïmplementeerde monitoringsinstrumenten door Staatsolie NV weergegeven. Tevens is de 'inflowlocatie' van het Brokopondostuwmeer aangeduid.



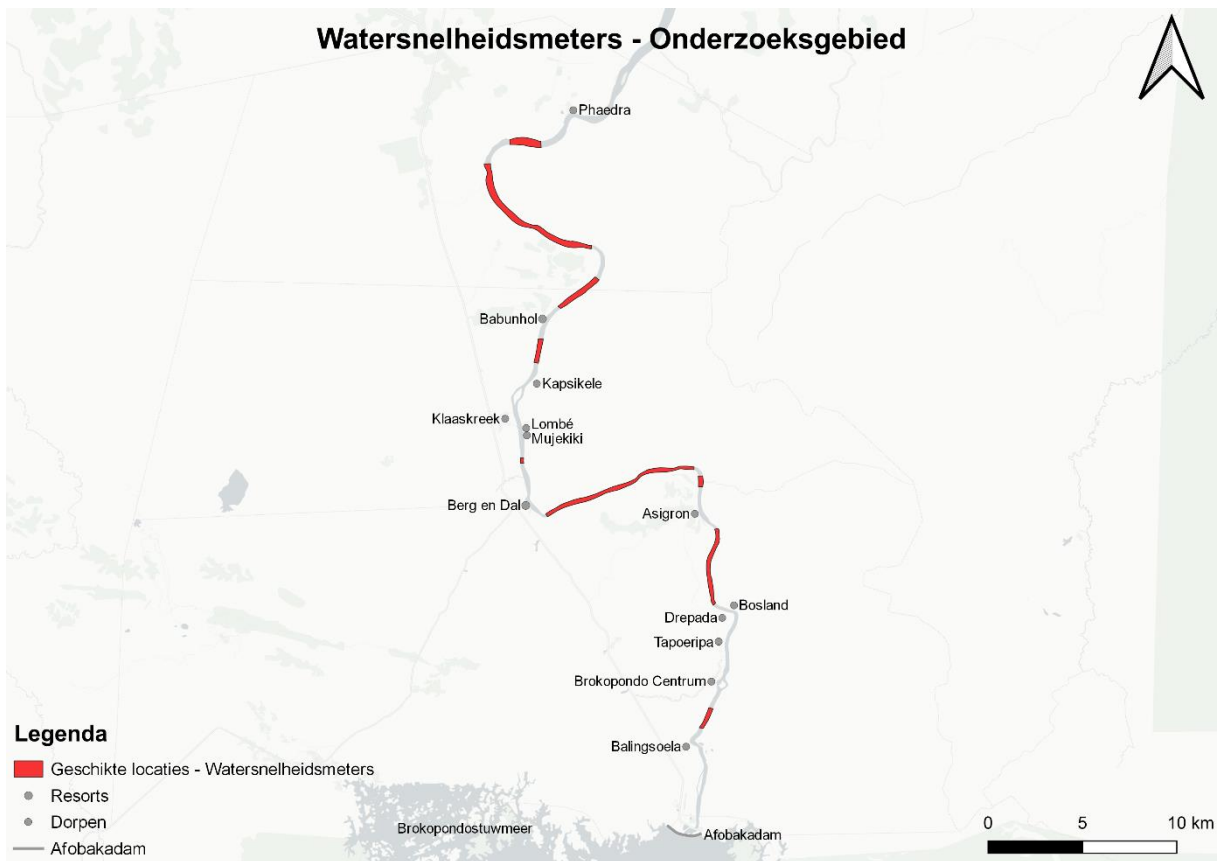
Figuur 18: Monitoringslocaties - Staatsolie NV

Het NCCR heeft, in samenwerking met professor Naipal, verantwoording genomen voor het monitoren van (rivier)waterstanden in het onderzoeksgebied (Slijngard, 2023). Momenteel worden rivierwaterstanden hoofdzakelijk gemonitord door middel van peilstokken. Verdere waterstand- of waterafvoermetingen worden momenteel niet uitgevoerd binnen het onderzoeksgebied.

Om het NCCR en professor Naipal inzicht te geven in geschikte locaties voor het plaatsen van waterstand- en watersnelheidsmeters in het onderzoeksgebied, zijn de onderstaande kaarten opgesteld. Op de eerste kaart (Fig. 19) zijn zones aangegeven waarbinnen het mogelijk is om waterstandmeters te plaatsen. Op de tweede kaart (Fig. 20) zijn zones aangegeven waarbinnen het mogelijk is om watersnelheidsmeters te plaatsen en bijbehorende dwarsprofielen op te stellen.



Figuur 19: Geschikte locaties - Waterstandmeters - Onderzoeksgebied



Figuur 20: Geschikte locaties - Watersnelheidsmeters - Onderzoeksgebied

Binnen het vaststellen van de geschikte locaties wordt de aanwezigheid van menselijke activiteiten in de directe omgeving geminimaliseerd. In de kaarten is een minimale afstand van één kilometer van menselijke woonactiviteiten (dorpen) gehanteerd. De minimale afstandswaarde is in samenspraak met professor Naipal vastgesteld. Verder zijn geen monitoringsinstrumenten direct na de spuilocatie van de Afobakadam geplaatst, vanwege turbulente wateromstandigheden op de betreffende locatie. Tot slot zijn watersnelheidsmeters niet in meanderende rivierstukken geplaatst, zodat rivierdwarsprofielen zo lang mogelijk representatief blijven voor de monitoringslocatie.

Voor het vaststellen van toekomstige waterstanden/-afvoeren in het onderzoeksgebied, zijn eveneens gegevens over waterstanden/-afvoeren nodig in/rondom het Brokopondostuwmeer en binnen het bovenstroomse stroomgebied van de Surinamerivier. Binnen het onderzoeksrapport wordt echter niet specifiek ingegaan op exacte locatiebepalingen van waterstand- en/of watersnelheidsmeters buiten het onderzoeksgebied, omdat dit buiten de scope van het onderzoek valt.

6.4.2. Waarschuwinginstrumenten

Het waarschuwinginstrument waarvoor onderzoek wordt uitgevoerd naar geschikte locaties, is een luchtalarmsysteem. Voor het toepassen van een waarschuwingssysteem met telefonische waarschuwingsberichten is geen locatieonderzoek benodigd. Gekleurde markeringen en (digitale) waarschuwingsborden kunnen op vrijwel elke willekeurige (drukbezochte) locatie langs de rivieroever worden geplaatst, waardoor eveneens geen locatieonderzoek naar de betreffende waarschuwinginstrumenten is uitgevoerd.

Om de geschiktheid van een locatie voor het plaatsen van waarschuwinginstrumenten vast te stellen, zijn de onderstaande criteria opgesteld:

- Relatief gelijkmatige verdeling van instrumenten binnen het onderzoeksgebied;
- Voldoen aan maximale reikwijdte van waarschuwinginstrument;
- Maximaliseren van het aantal te bereiken bewoners per waarschuwinginstrument;
- Enkel op locaties waar mensen slachtoffer zijn geworden van overstromingen

Voorafgaand aan het plaatsen van waarschuwinginstrumenten is het noodzakelijk om kennis te hebben over de getroffen locaties. In bijlage 12 is zichtbaar hoeveel gezinnen/personen per dorp/ressort slachtoffer zijn geworden van de overstromingen.

De onderstaande bevinding is gedurende het veldbezoek vastgesteld:

Uit het veldbezoek bleek dat meerdere huizen in de dorpen Lombé, Mujekiki, Kapasikele, Tapoeripa en Victoria/Asigron (deels) onder water hebben gestaan. Het aantal huizen dat (deels) onder water heeft gestaan was in Lombé en Mujekiki groter dan in de overige dorpen, waardoor de noodzaak voor waarschuwinginstrumenten in deze dorpen het grootst is. In Balingsoela hebben enkel het schoolgebouw en een laaggelegen woning (deels) onder water gestaan. In Bosland en Drepada hebben enkel kostgrondjes onder water gestaan. In Klaaskreek hebben enkel woningen en het drinkwaterbedrijf (deels) onder water gestaan. In Brokopondo Centrum hebben enkel in laaggelegen 'zigtakken' van het dorp enkele woningen (deels) onder water gestaan. Ondanks de relatief beperkte 'schade' in Klaaskreek en Brokopondo Centrum, vertegenwoordigen de betreffende dorpen wel de hoogste demografische/economische waarde binnen het onderzoeksgebied.

Luchtalarmsysteem

Voor het vaststellen van geschikte locaties voor de geluidsmasten is uitgegaan van een maximale reikwijdte van één kilometer, gebaseerd op het Nederlandse WAS-systeem. Een overig criteria waarmee rekening wordt gehouden, is dat zoveel mogelijk personen worden bereikt met een enkele geluidsmast, zodat het aantal te plaatsen geluidsmasten kan worden geminimaliseerd.

Om zoveel mogelijk personen te bereiken met een enkele geluidsmast, moeten onderlinge afstanden tussen dorpen worden vastgesteld. Indien een geluidsmast enkel bewoners van één dorp kan bereiken, is het aannemelijk om de geluidsmast op een centraal/hoooggelegen locatie te plaatsen. Dergelijke locaties zijn gunstig gelegen om zoveel mogelijk personen gelijktijdig te bereiken. Indien twee of meerdere dorpen zich binnen een straal van één kilometer van een geluidsmast bevinden, kunnen de betreffende dorpen worden gecombineerd binnen een luchtalarmsysteem. In een dergelijke situatie moet de optimale locatie ten opzichte van alle dorpen worden onderzocht, zodat het alarm van de geluidsmast in alle dorpen hoorbaar is.

Om de plaatsingslocaties van de geluidsmasten inzichtelijk te maken, is een overzichtskaart (Fig. 21) van het gehele onderzoeksgebied opgesteld, waarin geschikte locaties voor het plaatsen van geluidsmasten staan aangegeven. In de overzichtskaart is verder zichtbaar welke dorpen gezamenlijk kunnen worden gekoppeld per geluidsmast, indien de maximale reikwijdte van één kilometer wordt gehanteerd.



Figuur 21: Geschikte locaties - Geluidsmasten

Op de bovenstaande kaart (Fig. 21) zijn in totaal acht geschikte locaties aangeduid om geluidsmasten te plaatsen. In de overzichtskaart (Fig. 21) is zichtbaar dat in de dorpen 'Lombé & Mujekiki' en 'Bosland & Drepada' een geluidsmast gecombineerd kan worden, omdat woningen in de betreffende dorpen zich allen binnen een straal van één kilometer ten opzichte van een gecombineerde geluidsmast bevinden. In de overige dorpen is het noodzakelijk om een niet-gecombineerde geluidsmast te plaatsen, omdat een geluidsmast op de betreffende locaties enkel bewoners van één dorp kan bereiken. Indien een hogere maximale reikwijdte wordt gehanteerd, kunnen mogelijk meerdere dorpen worden gecombineerd per geluidsmast.

Zoals op de overzichtskaart (Fig. 21) zichtbaar is, worden bepaalde locaties niet gewaarschuwd tegen overstromingsrisico's door middel van geluidsmasten. Allereerst worden vakantieoord niet gewaarschuwd, omdat het plaatsen van een geluidsmast niet rendabel is ten opzichte van het aantal vaste bewoners op een vakantieoord. Aanwezige vakantieoord zijn Afobaka, Berg en Dal, Seliba River Glamping en Babunhol. In de dorpen Marchalkreek en Phaedra worden eveneens geen geluidsmasten geplaatst. In Marchalkreek wordt geen geluidsmast geplaatst vanwege de hoogteligging van het dorp. Uit documentatie van het NCCR blijkt verder dat geen slachtoffers zijn gevallen in Phaedra gedurende de overstromingen van 2022 (NCCR, 2022). Vanwege slechte wegomstandigheden was het onmogelijk om gedurende het veldbezoek Phaedra te bereiken, waardoor het niet plaatsen van een geluidsmast is gebaseerd op verkregen data van het NCCR.

6.5. Welke personen/instanties wensen verantwoordelijk te zijn voor het verwerken van verkregen data van monitoringsinstrumenten en het inzetten van waarschuwingsinstrumenten?

Binnen de voorliggende deelvraag wordt onderzocht welke personen/instanties verantwoordelijk wensen te zijn voor het verwerken van verkregen data van monitoringsinstrumenten en het inzetten van waarschuwingsinstrumenten. Allereerst wordt geanalyseerd welke methoden omtrent dataverzameling/-verwerking werden toegepast binnen het geïntroduceerde FEWS in 2006. Vervolgens wordt geanalyseerd welke wijzigingen/verbeterpunten de verantwoordelijke personen/instanties willen zien, zodat de gewenste dataverwerkingsmethoden en gewenste verantwoordelijkheden omtrent de inzet van waarschuwingsinstrumenten kunnen worden vastgesteld.

Voor een uitwerking van een 'stakeholderanalyse' over personen/instanties die momenteel data verkrijgen/verwerken omtrent monitorings- en waarschuwingsinstrumenten, wordt verwezen naar bijlage 10.

6.5.1. Voormalige dataverwerkingsmethoden

In 2006 heeft het NCCR, in samenwerking met professor Naipal, reeds een poging ondernomen om een FEWS op te zetten in Suriname. Binnen het FEWS werden Thalimedes-instrumenten ingezet om waterstanden te monitoren. De waterstandgegevens gingen destijds direct naar professor Naipal. Indien het NCCR kritieke waterveiligheidssituaties verwachtte binnen een bepaald monitoringsgebied, vroeg het NCCR de waterstandgegevens op bij professor Naipal (Slijngard, 2023).

6.5.2. Gewenste dataverwerkingsmethoden

Indien een FEWS daadwerkelijk wordt geïntroduceerd, is het noodzakelijk om te onderzoeken welke manier van dataverzameling/-verwerking gewenst is. Het NCCR heeft aangegeven dat het verzamelen/verwerken van data op een alternatieve manier dient plaats te vinden dan de toegepaste methoden in 2006. Binnen een toekomstig FEWS wil het NCCR de waterstand- en waterafvoergegevens zelf ontvangen (Slijngard, 2023).

Indien consultancies, adviesbureaus en/of overige bedrijven informatie over waterstand- en/of waterafvoergegevens willen verkrijgen, dienen dergelijke partijen geld te betalen voor gewenste informatie aan het NCCR. Met het vragen van geld voor verkregen informatie kan het NCCR een verdienmodel realiseren. Het verkregen geld kan worden geïnvesteerd in het aanschaffen van nieuwe monitorings- of waarschuwingsinstrumenten, zodat de omvang van een FEWS kan worden uitgebreid en/of op alternatieve locaties kan worden toegepast (Slijngard, 2023).

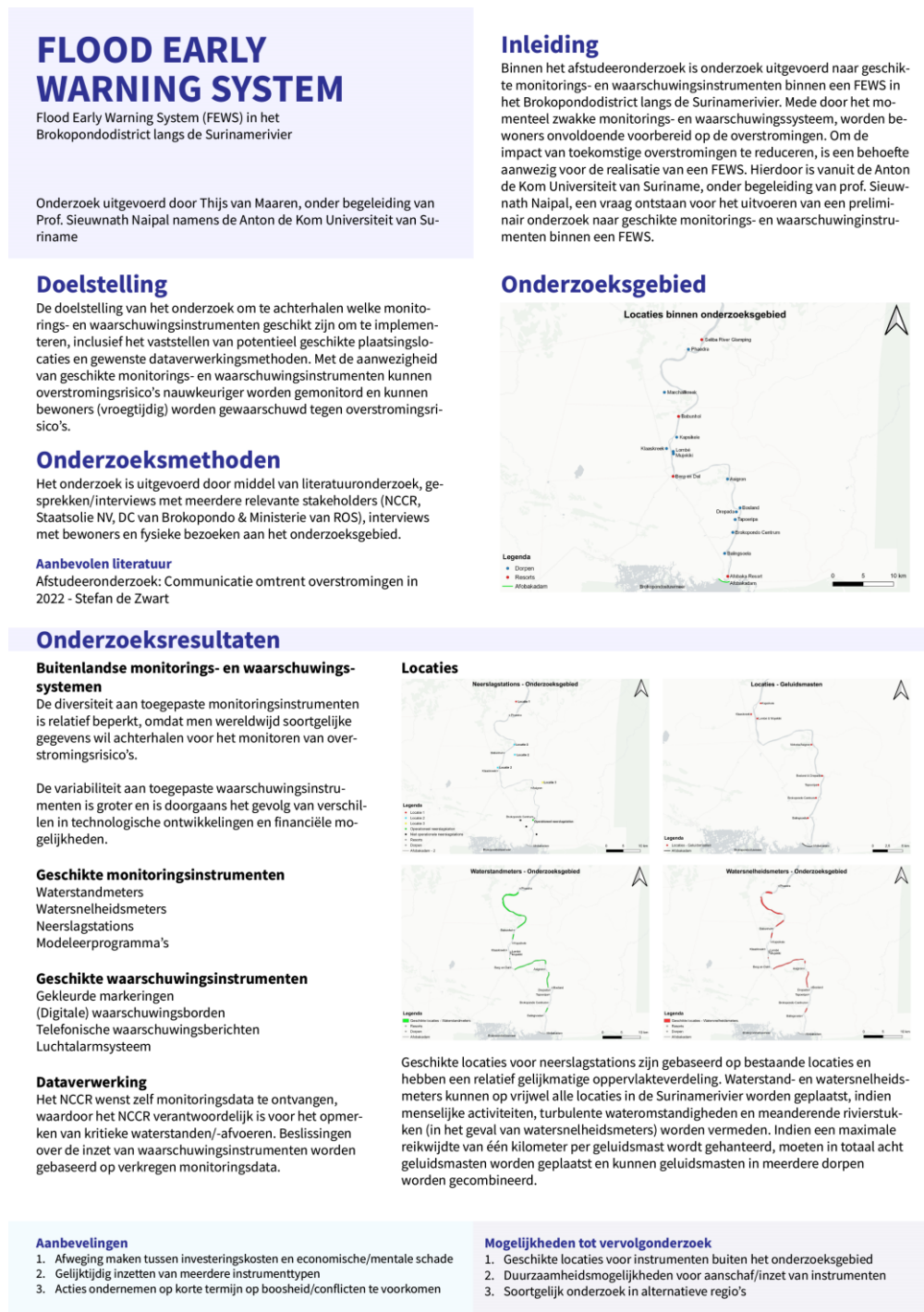
Beslissingen over de inzet van waarschuwingsinstrumenten worden gebaseerd op data van monitoringsinstrumenten. Indien waterstanden en/of -afvoeren op een bepaalde locatie alarmerend hoog zijn, kan worden besloten om waarschuwingsinstrumenten in te zetten. Binnen het onderzoeksrapport wordt niet onderzocht bij welke exacte waterstand/-afvoer een waarschuwingsinstrument dient te worden ingezet. Desondanks is het zeer belangrijk voor personen/instanties die het FEWS gaan implementeren om per monitoringslocatie vast te stellen bij welke waterstanden/-afvoeren waarschuwingsinstrumenten ingezet dienen te worden. Dergelijke kritieke waarden dienen per monitoringslocatie worden vastgesteld aan de hand bewonerservaringen omtrent wateroverlast in combinatie met kennis van Staatsolie NV, het NCCR en professor Naipal. Staatsolie NV beweert een Lake Management Procedure te hanteren, waarbinnen vastgesteld kan worden wanneer bepaalde kostgronden/dorpen wateroverlast gaan ondervinden (Habieb, Lake Management Procedure, 2023). Indien de bovengenoemde personen/instanties gezamenlijk per monitoringslocatie onderzoek naar kritieke waterstanden/-afvoeren gaan uitvoeren, is het mogelijk om een FEWS te implementeren.

Informatie omtrent zeggenschap over de inzet van de waarschuwingsinstrumenten is niet verkregen gedurende de onderzoeksperiode. Gedurende de laatste anderhalve maand van de onderzoeksperiode is meermaals contact gezocht met het NCCR, maar vanwege onvoldoende ruimte in de agenda van kolonel Slijngaard is het niet meer mogelijk geweest om een afspraak te maken. Indien data van monitoringsinstrumenten wordt gekoppeld aan het inzetten van de waarschuwingsinstrumenten, is het mogelijk dat de persoon/instantie die de monitoringsdata ontvangt zeggenschap krijgt over het inzetten van de waarschuwingsinstrumenten. In een dergelijke situatie krijgt het NCCR zeggenschap over de inzet van de waarschuwingsinstrumenten. Het NCCR kan eveneens beslissen om de inzet van de waarschuwingsinstrumenten over te laten aan personen/instanties binnen het onderzoeksgebied. De directeur van het Ministerie van Regionale Ontwikkeling en Sport was van mening dat het Ministerie van Openbare Werken en het Ministerie van Ruimtelijke Ordening en Milieu eveneens betrokken moesten worden binnen het dataverwerkingsproces van de monitoringsinstrumenten en de inzet van bijbehorende waarschuwingsinstrumenten (Boejoekoe, 2023). Indien het NCCR beslist om bepaalde bevoegdheden omtrent de inzet van waarschuwingsinstrumenten uit te besteden, dient het NCCR bij aanwezigheid van kritieke waterstanden/-afvoeren te communiceren naar deze personen/instanties, zodat zij de waarschuwingsinstrumenten kunnen inzetten. Desondanks blijft het NCCR verantwoordelijk voor het opmerken van kritieke waterstanden/-afvoeren, aangezien het NCCR de data van de monitoringsinstrumenten zelf wenst te ontvangen.

6.6. Beroepsproduct

Professor Naipal heeft verzocht om de inhoud van het onderzoeksrapport te visualiseren door middel van een poster. Met de realisatie van een poster kunnen toekomstige gebruikers van het FEWS worden geïnformeerd over de inhoud/werking van het systeem, zonder dat het gehele onderzoeksrapport doorgelezen dient te worden. Tevens kan professor Naipal een poster fysiek meenemen naar conversaties/vergaderingen met geïnteresseerde personen/organisaties om op een relatief laagdrempelige manier informatie te verschaffen over de inhoud van het onderzoeksrapport.

Het opgestelde beroepsproduct is zichtbaar in de onderstaande afbeelding (Fig. 22).



Figuur 22: Beroepsproduct - Poster

7. Conclusie

In de conclusie wordt een antwoord geformuleerd op de hoofdvraag:

‘Welke monitorings- en waarschuwingsinstrumenten zijn geschikt om te implementeren binnen een Flood Early Warning System (FEWS) in het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier?’

Uit onderzoek naar buitenlandse FEWS's is gebleken dat de diversiteit aan toegepaste monitoringsinstrumenten relatief beperkt is, omdat men wereldwijd soortgelijke gegevens wil verkrijgen voor het monitoren van overstromingsrisico's. De variabiliteit in toegepaste waarschuwingsinstrumenten is echter groter en is doorgaans het gevolg van verschillen in technologische ontwikkelingen en financiële mogelijkheden. Ondanks de technologische/economische verschillen wordt binnen vrijwel alle geanalyseerde landen een combinatie van traditionele en technologisch gevorderde communicatietechnieken toegepast om bewoners te waarschuwen.

Op basis van de vastgestelde criteria bestaan de geschikte monitoringsinstrumenten uit neerslagstations en waterstand- en watersnelheidsmeters. Gegevens van de betreffende monitoringsinstrumenten zijn allen noodzakelijk voor het adequaat functioneren van een FEWS. Voor het simuleren van klimatologische en hydrologische omstandigheden kunnen tevens modelleerprogramma's worden toegepast. Modelleerprogramma's zijn echter enkel geschikt indien voldoende monitoringsdata wordt gegenereerd en een minimaal benodigd kennisniveau aanwezig is.

Na het uitvoeren van een multicriteria-analyse (MCA) zijn gekleurde markeringen, (digitale) waarschuwingsborden, telefonische waarschuwingsberichten en een luchtalarmsysteem als geschikte waarschuwingsinstrumenten vastgesteld. De diversiteit aan geschikte waarschuwingsinstrumenten biedt voldoende implementatiemogelijkheden voor de verantwoordelijke personen/instanties. Op basis van onderzoek naar waarschuwingsinstrumenten in het buitenland, kan geconcludeerd worden dat doorgaans meerdere waarschuwingsinstrumenten gelijktijdig worden ingezet om bewoners te waarschuwen.

Binnen het onderzoeksrapport zijn locatiespecificaties voor neerslagstations, waterstand- en watersnelheidsmeters en geluidsmasten (luchtalarmsysteem) uitgewerkt. De geschikte locaties voor neerslagstations zijn relatief gelijkmatig verdeeld binnen het onderzoeksgebied en gebaseerd op bestaande locaties van niet-operationele neerslagstations. Waterstand- en watersnelheidsmeters kunnen op vrijwel alle locaties in de Surinamerivier worden geplaatst, indien (regelmatige) menselijke activiteiten, turbulente wateromstandigheden en meanderende rivierstukken (in het geval van watersnelheidsmeters) worden vermeden. Indien een maximale reikwijdte van één kilometer per geluidsmast wordt gehanteerd, zijn in totaal acht geschikte locaties aanwezig/noodzakelijk om geluidsmasten te plaatsen. Indien bewoners van meerdere dorpen zich binnen een straal van één kilometer van een geluidsmast bevinden, is het mogelijk om dorpen te combineren binnen een luchtalarmsysteem.

Kijkend naar dataverwerkingsmethoden wenst het NCCR de waterstand- en waterafvoergegevens binnen een toekomstig FEWS zelf te ontvangen. Beslissingen over de inzet van waarschuwingsinstrumenten worden uiteindelijk gebaseerd op verkregen data van monitoringsinstrumenten. Doordat het NCCR de data van de monitoringsinstrumenten zelf wenst te ontvangen, is het NCCR verantwoordelijk voor het opmerken van kritieke waterstanden/-afvoeren.

8. Discussie

In het voorliggende deel van het onderzoeksrapport worden implicaties, eventuele beperkingen en overige bediscussieerbare aspecten van het onderzoek besproken, wordt een reflectie gegeven op het afstudeerproces en worden mogelijkheden tot vervolgonderzoek voorgedragen.

Implicaties van het onderzoek

Momenteel ontbreekt wetenschappelijke informatie/literatuur omtrent de overstromingen in 2022, waardoor weinig/geen kennis aanwezig is over mogelijkheden om overstromingsrisico's in het onderzoeksgebied te reduceren. Op basis van het voorliggende onderzoeksrapport kunnen verantwoordelijke personen/instanties afwegingen gaan maken over het inzetten van monitorings- en waarschuwingsinstrumenten en het mogelijk realiseren van een FEWS binnen het onderzoeksgebied.

Bediscussieerbare aspecten van de onderzoekinhoud

Allereerst is binnen het onderzoeksrapport niet ingegaan op exacte specificaties van monitoringsinstrumenten, omdat hierover onvoldoende informatie werd verschaft binnen het onderzoek naar buitenlandse monitoringsinstrumenten. Indien onderzoek naar exacte specificaties was inbegrepen binnen het onderzoeksrapport, waren aanvullende deelvragen en/of een aanvullend onderzoek noodzakelijk geweest, vanwege de relatief grote variatie aan aangeboden monitoringsinstrumenten.

De criteria voor het vaststellen van geschikte monitorings- en waarschuwingsinstrumenten en bijbehorende locaties zijn opgesteld in samenspraak met professor Naipal. In geanalyseerde literatuur omtrent FEWS's staat niet aangegeven aan welke criteria geschikte monitorings- en waarschuwingsinstrumenten en bijbehorende locaties moeten voldoen. Hierdoor zijn de beoordelingscriteria vastgesteld op basis van de kennis/ervaringen van mijn bedrijfsbegeleider.

De wegingspercentages van de criteria binnen de MCA zijn gebaseerd op persoonlijke inschattingen en gesprekken met relevante stakeholders. Binnen het vaststellen van de wegingspercentages zijn persoonlijke ervaringen/meningen van relevante stakeholders (indien mogelijk) verwerkt, zodat de vastgestelde wegingspercentages een zekere onderbouwing bevatten.

Tot slot is binnen de locatiebepaling van geschikte waarschuwingsinstrumenten enkel ingegaan op exacte locatiebepalingen van geluidsmasten binnen een luchtalarmsysteem. Voor het toepassen van een waarschuwingssysteem met telefonische waarschuwingsberichten is namelijk geen locatieonderzoek benodigd. Gekleurde markeringen en (digitale) waarschuwingsborden kunnen op vrijwel elke willekeurige (drukbezochte) locatie langs de rivieroever worden geplaatst, waardoor eveneens geen locatieonderzoek naar de betreffende waarschuwingsinstrumenten is uitgevoerd.

Reflectie op afstudeerproces

Terugkijkend op het afstudeerproces had ik achteraf bepaalde aspecten anders aangepakt. Allereerst had ik meningen van meerdere stakeholders omtrent opgestelde criteria voor geschikte monitorings- en waarschuwingsinstrumenten en locaties willen ontvangen. Het toevoegen van criteria aan het onderzoeksrapport vond echter in een relatief laat stadium binnen het afstudeerproces plaats, waardoor weinig/geen mogelijkheden aanwezig waren om de criteria met alternatieve personen/organisaties dan mijn stage- en bedrijfsbegeleider te bespreken. Contact onderhouden en/of afspraken maken met relevante stakeholders was in Suriname al relatief complex, en eenmaal teruggekomen in Nederland werden dergelijke activiteiten verder bemoeilijkt. Achteraf had ik in een eerder stadium criteria aan mijn onderzoeksrapport kunnen toevoegen, zodat ik meer tijd had gehad om de betreffende criteria te bespreken met overige stakeholders. Verder had ik bepaalde onderdelen van mijn onderzoeksrapport tekstueel 'te uitgebreid' uitgewerkt, waardoor ik de betreffende onderdelen moest herschrijven om onder het maximale woordenaantal van 15.000 te komen. Achteraf had ik de herschreven alinea's/hoofdstukken 'bondiger' moeten uitwerken, zodat herschrijven niet noodzakelijk was geweest.

Mogelijkheden tot vervolgonderzoek

Op basis van het uitgevoerde onderzoek is voldoende ruimte aanwezig voor vervolgonderzoek. Allereerst kan een vervolgonderzoek worden uitgevoerd naar geschikte locaties voor monitorings- en waarschuwingsinstrumenten buiten het onderzoeksgebied. Binnen het voorliggende onderzoek wordt enkel gefocust op geschikte locaties binnen het onderzoeksgebied, maar neerslaghoeveelheden en waterstanden/-afvoeren buiten het onderzoeksgebied hebben eveneens invloed op hydrologische situaties binnen het onderzoeksgebied. Tevens kan een vervolgonderzoek worden uitgevoerd naar duurzaamheidsmogelijkheden bij de aanschaf/inzet van toekomstige monitorings- en waarschuwingsinstrumenten. Het betreffende voorstel werd gedaan gedurende de eindpresentatie in Paramaribo door een medewerker van het Ministerie van Regionale Ontwikkeling en Sport. Binnen een dergelijk onderzoek kan worden gefocust op toegepaste materialen, installatiemethoden en overnamemogelijkheden van buitenlandse instrumenten. Tot slot kan een soortgelijk onderzoek worden uitgevoerd voor alternatieve regio's in Suriname, omdat meerdere regio's kampen met wateroverlastproblematiek.

9. Aanbevelingen

In het voorliggende deel van het onderzoeksrapport worden enkele aanbevelingen naar aanleiding van de onderzoeksresultaten voorgelegd.

Allereerst wordt aanbevolen om een afweging te maken tussen investeringskosten voor het aanschaffen van geschikte monitorings- en waarschuwingsinstrumenten en optredende economische/mentale schade indien opnieuw overstromingen in het onderzoeksgebied plaatsvinden. Professor Naipal heeft zelf de verwachting uitgesproken dat soortgelijke situaties als in 2022 waarschijnlijk regelmatig gaan voorkomen, waardoor het vroegtijdig realiseren van een FEWS mogelijkereveels veelvuldige economische/mentale schade onder bewoners kan voorkomen.

Verder wordt aanbevolen om meerdere typen monitorings- en waarschuwingsinstrumenten gelijktijdig in te zetten. Kijkend naar buitenlandse FEWS's worden binnen vrijwel alle geanalyseerde systemen meerdere monitorings- en waarschuwingsinstrumenten gecombineerd. Door het gelijktijdig inzetten van meerdere monitorings- en waarschuwingsinstrumenten kunnen gewenste klimatologische en hydrologische gegevens nauwkeuriger worden gemonitord en kunnen bewoners optimaler worden voorbereid op overstromingsrisico's.

Tot slot wordt aanbevolen om op korte termijn acties te gaan ondernemen om getroffen bewoners financieel te ondersteunen/compenseren. Uit gesprekken met bewoners kwam naar voren dat het vertrouwen in de overheid en overige verantwoordelijke personen/instanties zich op een dieptepunt bevindt, waardoor op korte termijn handelen genoodzaakt is om verdere boosheid/conflicten binnen het onderzoeksgebied te voorkomen.

10. Literatuurlijst

- Algemeen Bureau voor de Statistiek. (2018, December). *8ste Milieu Statistieken Publicatie*. Opgeroepen op Maart 3, 2023, van www.unstats.un.org:
https://unstats.un.org/unsd/environment/Compendia/Suriname_Eighth%20Environment%20Statistics%20Publication%202018.pdf
- ASEAN Australia Smart Cities Trust Fund. (2021, September). *Baguio City Flood Early Warning System Architecture - 'Offline' Setup*. Opgeroepen op April 4, 2023, van www.events.development.asia:
<https://events.development.asia/system/files/materials/2021/09/202109-baguio-city-flood-early-warning-system-architecture-offline-setup.pdf>
- Asian Disaster Preparedness Center. (2015, Januari). *Flood Early Warning Systems as a climate resilience measure in Indonesia*. Opgeroepen op April 4, 2023, van www.researchgate.net:
https://www.researchgate.net/publication/272182399_Flood_early_warning_systems_as_a_climate_resilience_measure_in_Indonesia
- Boejoekoe, M. (2023, Mei 12). Informatie omtrent gewenste waarschuwingsinstrumenten en dataverwerkingsmethoden. (T. v. Maaren, Interviewer) Opgeroepen op Mei 14, 2023
- Brandweer. (2023). *Waarschuwings- en alarmeringssystemen*. Opgeroepen op April 5, 2023, van www.brandweer.nl: <https://www.brandweer.nl/onderwerpen/sirenes/>
- Centre for International Studies and Cooperation. (2011). *Community-Based Early Warning Systems - A Best Practice Guide For Uplands Areas of Vietnam*. Opgeroepen op April 4, 2023, van www.weadapt.org:
<https://www.weadapt.org/sites/weadapt.org/files/legacy-new/placemarks/files/53037c701de78ews-layout-final-proof.pdf>
- Deltares. (2015, Maart 5). *Overstromingsrisico's wereldwijd in kaart*. Opgeroepen op Maart 22, 2023, van www.deltares.nl:
<https://www.deltares.nl/nl/nieuws/overstromingsrisicos-wereldwijd-kaart/#:~:text=Uit%20de%20Flood%20Analyzer%20kunnen,%2C%20Afghanistan%2C%20Nigeria%20en%20Brazili%C3%AB>
- Department of Administrative Reforms & Public Grievances. (2015, Februari 9). *Flood Early Warning System - A Warning Mechanism For Mitigating Disasters During Flood*. Opgeroepen op Maart 20, 2023, van www.darpg.gov.in:
<https://darpg.gov.in/sites/default/files/70.%20Flood%20Early%20Warning%20System%20FLEWS-Documentation-Final.pdf>
- Federal Emergency Management Agency. (2023). *Integrated Public Alert & Warning System*. Opgeroepen op April 5, 2023, van www.fema.gov: <https://www.fema.gov/emergency-managers/practitioners/integrated-public-alert-warning-system#:~:text=The%20Integrated%20Public%20Alert%20%26%20Warning,on%20the%20National%20Oceanic%20and>
- Flood Resilience Portal. (2023). *What makes an effective flood early warning system?* Opgeroepen op Maart 11, 2023, van www.floodresilience.net:
<https://floodresilience.net/what-makes-an-effective-flood-early-warning-system/>
- Fondriest Environmental. (2015, September 17). *Flood Warning Systems*. Opgeroepen op Maart 16, 2023, van www.fondriest.com: <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/environmental-monitoring-applications/flood-warning-systems/>

- Global Initiative on Disaster Risk Management. (2023). *Local Flood Early Warning Systems in the Philippines*. Opgeroepen op Maart 22, 2023, van www.gidrm.net: <https://www.gidrm.net/en/products/local-flood-early-warning-systems>
- Greater Houston Flood Mitigation Consortium. (2018, Mei 7). *Flood Warning Systems*. Opgeroepen op Maart 16, 2023, van www.houstonconsortium.com: https://www.houstonconsortium.com/graphics/uploads/GHFMC_Briefing_Document_1_Flood%20Warnings_v3.pdf
- Habieb, F. (2023, Februari 15). Kennismaking & Werking van Afobakadam. (T. v. Maaren, & S. d. Zwart, Interviewers) Opgeroepen op April 9, 2023
- Habieb, F. (2023, April 4). Lake Management Procedure. (S. d. Zwart, Interviewer) Opgeroepen op Mei 8, 2023
- Habieb, F. (2023, Maart 8). Locaties waterstandmonitoring. (T. v. Maaren, Interviewer) Opgeroepen op April 9, 2023
- Habieb, F. (2023, Maart 6). Waterdiepte Brokopondostuwmeer. (T. v. Maaren, Interviewer) Opgeroepen op April 9, 2023
- Het Wetenschappelijk Onderzoek- en Documentatiecentrum. (2021, September 10). *Kosten en bereik van het waarschuwings- en alarmeringssysteem*. Opgeroepen op April 5, 2023, van www.open.overheid.nl: <https://open.overheid.nl/repository/ronl-bf8175cf-19a3-46b6-b3c6-e95c4e10922b/1/pdf/tk-bijlage-rapport-kosten-en-bereik-van-het-waarschuwings-en-alarmeringssysteem.pdf>
- Hoang, P. D. (2019, Mei 10). *A Robust Early Warning System for Preventing Flash Floods in Mountainous Area in Vietnam*. Opgeroepen op April 4, 2023, van www.mdpi.com: <https://www.mdpi.com/2220-9964/8/5/228>
- ICT International. (2023). *DWS Decagon Weather Station*. Opgeroepen op Juni 5, 2023, van www.ictinternational.com: https://www.ictinternational.com/pdf/?product_id=3029
- Inter-Amerikaanse Ontwikkelingsbank. (2021, Juli). *Rapport Staat van het Klimaat Suriname*. Opgeroepen op Maart 2, 2023, van www.publications.iadb.org: https://publications.iadb.org/publications/dutch/document/Rapport_Staat_van_het_Klimaat_Suriname._Samenvatting_voor_Beleidsmakers.pdf
- iPhoned. (2022, December 5). *NL Alert iPhone instellen: zo doe je dat in 3 stappen*. Opgeroepen op April 5, 2023, van www.iphoned.nl: <https://www.iphoned.nl/nieuws/nl-alert-zo-zorg-je-dat-je-iphone-juist-ingesteld/>
- Kasmani, L. (2023, April 13). Locaties neerslagstations. (T. v. Maaren, Interviewer) Opgeroepen op April 13, 2023
- KNMI. (2023). *Dagwaarden neerslagstations*. Opgeroepen op April 3, 2023, van www.knmi.nl: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/monv/reeksen>
- KNMI. (2023). *La Niña*. Opgeroepen op Maart 2, 2023, van www.knmi.nl: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/la-nina>
- Meteorologische Dienst Suriname. (2023). *Station statistics*. Opgeroepen op April 10, 2023, van www.meteosur.sr: http://www.meteosur.sr/stat_loc.htm
- Ministerie van Justitie en Veiligheid. (2021, April 30). *Slotbrief Agenda risico- en crisisbeheersing 2018-2021*. Opgeroepen op April 5, 2023, van

- www.open.overheid.nl: <https://open.overheid.nl/repository/ronl-2f47c19f-f444-4c03-8d41-4696d5535220/1/pdf/tk-slotbrief-agenda-risico-en-crisisbeheersing-2018-2021.pdf>
- National Geographic. (2022, December 1). *La Niña*. Opgeroepen op Maart 1, 2023, van www.education.nationalgeographic.org: <https://education.nationalgeographic.org/resource/la-nina/>
- NCCR. (2022, November 8). Early Warning Flood System (Vertrouwelijk document). Opgeroepen op April 10, 2023
- NCCR. (2022). *Flooding_2022_-_all_versions_-_labels_-_2022-05-07_vewerking_NCCR1* (Vertrouwelijk document). Opgeroepen op April 18, 2023
- Nederlands Instituut Publieke Veiligheid. (2023). *Waarschuwingsstelsel*. Opgeroepen op April 5, 2023, van www.nipv.nl: <https://nipv.nl/waarschuwingsstelsel/>
- Ngo, P. D. (2019, November 29). *Early warning systems for flash floods and debris flows in Vietnam*. Opgeroepen op April 4, 2023, van www.link.springer.com: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-2184-3_162
- NOS. (2019, Maart 25). *De sirene van het luchtalarm blijft een jaar langer te horen*. Opgeroepen op April 5, 2023, van www.nos.nl: <https://nos.nl/artikel/2277589-de-sirene-van-het-luchtalarm-blijft-een-jaar-langer-te-horen>
- NRC. (2022, Juni 10). *Overstromingen teisteren het binnenland van Suriname*. Opgeroepen op Maart 2, 2023, van www.nrc.nl: <https://www.nrc.nl/nieuws/2022/06/10/overstromingen-teisteren-het-binnenland-van-suriname-a4133112>
- NU.nl. (2022, Mei 16). *Duizenden huizen in Suriname staan al ruim 2,5*. Opgeroepen op Februari 7, 2023, van www.nu.nl: <https://www.nu.nl/buitenland/6200950/duizenden-huizen-in-suriname-staan-al-ruim-25-maand-onder-water.html>
- OTT Hydromet GmbH. (2023). *OTT Thalimedes*. Opgeroepen op Maart 16, 2023, van www.chdhydrografia.com.br: <http://www.chdhydrografia.com.br/servicos/pdf/levantamentos-geodesicos-maregraficos-e-limnometricos/maregrafos-ott-modelo-thalimedes.pdf>
- Plan International. (2020, Juni 16). *Flood Early Warning System Development*. Opgeroepen op April 4, 2023, van www.preventionweb.net: https://www.preventionweb.net/files/72308_floodearlywarningsystemdevelopment.pdf
- Planbureau Suriname. (2013). *Regionaal Plan Brokopondo*. Opgeroepen op April 11, 2023, van www.planningofficesuriname.com: <http://www.planningofficesuriname.com/wp-content/uploads/2014/11/Onderzoek-Regionaal-Plan-Brokopondo-2015-2040.pdf>
- Rijksoverheid. (2023). *Wat is NL-Alert?* Opgeroepen op April 5, 2023, van www.rijksoverheid.nl: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/veiligheidsregio's-en-crisisbeheersing/vraag-en-antwoord/wat-is-nl-alert>
- Rijkswaterstaat. (2023). *Meten bij Rijkswaterstaat*. Opgeroepen op Maart 9, 2023, van www.rijkswaterstaat.nl: <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/metingen/meten-bij-rijkswaterstaat>
- RTL Nieuws. (2021, Juli 22). *Luchtalarm of sms: welke waarschuwing werkt het best?* Opgeroepen op April 5, 2023, van www.rtlnieuws.nl:

<https://www.rtlnieuws.nl/editienl/artikel/5243635/overstroming-duitsland-limburg-luchtalarm-nlalert-sms>

- RTL Nieuws. (2022, Mei 18). *Dorpen in Suriname onder water: 'Niemand die ons waarschuwde'*. Opgeroepen op Maart 2, 2023, van www.rtlnieuws.nl: <https://www.rtlnieuws.nl/nieuws/buitenland/artikel/5309005/overstromingen-suriname-wateroverlast-huizen-onder-water>
- Slijngard, J. (2023, Maart 2). Informatie over monitorings- en waarschuwingsinstrumenten. (S. d. Zwart, & T. v. Maaren, Interviewers) Opgeroepen op April 10, 2023
- Staatsolie. (2023). *About us*. Opgeroepen op April 9, 2023, van www.staatsolie.com: <https://www.staatsolie.com/en/about-us/>
- Stichting Planbureau Suriname. (2014, December). *Structuuranalyse Districten 2009-2013*. Opgeroepen op Maart 5, 2023, van www.planningofficesuriname.com: <https://www.planningofficesuriname.com/wp-content/uploads/2015/03/STRUCTUUR-ANALYSE-IV.pdf>
- Surinaamse overheid. (2023). *NCCR en Noodfonds*. Opgeroepen op Mei 3, 2023, van www.gov.sr: <https://gov.sr/thema/nccr-en-noodfonds/>
- Trouw. (2022, Mei 16). *Ernstige wateroverlast in binnenland van Suriname houdt aan, duizenden huizen onder water*. Opgeroepen op Maart 2, 2023, van www.trouw.nl: <https://www.trouw.nl/buitenland/ernstige-wateroverlast-in-binnenland-van-suriname-houdt-aan-duizenden-huizen-onder-water~be1c42ae/>
- TUBS. (2011, November 16). *Map of Suriname showing Brokopondo district*. Opgeroepen op Februari 16, 2023, van www.commonswikimedia.org: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brokopondo_in_Suriname.svg
- United Nations. (2023). *Community-Based Flood Early-Warning System | India*. Opgeroepen op April 4, 2023, van www.unfccc.int: <https://unfccc.int/climate-action/un-global-climate-action-awards/winning-projects/activity-database/community-based-flood-early-warning-system-india>
- United Nations. (2023). *Flood Forecasting and Warning Systems as Climate Change Adaptation Measures through Flood Risk Preparedness - Indonesia*. Opgeroepen op April 4, 2023, van www.unfccc.int: <https://unfccc.int/climate-action/momentum-for-change/activity-database/flood-forecasting-and-warning-systems-as-climate-change-adaptation-measures-through-flood-risk-preparedness>
- United Nations Development Programme. (2023). *Human Development Index (HDI)*. Opgeroepen op April 3, 2023, van www.hdr.undp.org: <https://hdr.undp.org/data-center/human-development-index#/indicies/HDI>
- United States Agency for International Development. (2023). *Low-cost Flood Warning System saves lives in the Philippines*. Opgeroepen op April 4, 2023, van www.usaid.gov: <https://2012-2017.usaid.gov/results-data/success-stories/low-cost-flood-warning-system-saves-lives-philippines>
- University City Missouri. (2023). *CodeRED*. Opgeroepen op April 5, 2023, van www.ucitymo.org: <https://www.ucitymo.org/914/CodeRED>
- University City Missouri. (2023). *Flood Warning System*. Opgeroepen op April 3, 2023, van www.ucitymo.org: <https://www.ucitymo.org/927/11947/Flood-Warning-System>

US Army Corps of Engineers. (2023). *HEC-HMS*. Opgeroepen op Maart 20, 2023, van www.hec.usace.army.mil: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>

Worley. (2022, Juli 19). *Afobaka HPP & Brokopondo Reservoir*. Opgeroepen op April 9, 2023, van www.eas.sr: <https://eas.sr/wp-content/uploads/2022/07/419011-00060-CI-REP-0001-R1-Brokopondo-Operation-Review-19Jul22.pdf>

11. Bijlagen

Bijlage 1 – Notulen – Conversatie met ..

Tabel 13: Informatie - Conversatie met ..

Datum	12-05-2023
Type conversatie	Fysieke ontmoeting
Interviewer(s)	Stefan de Zwart & Thijs van Maaren
Geïnterviewd persoon	
Functie van geïnterviewd persoon	Directeur – Ministerie van Regionale Ontwikkeling en Sport
Overige aanwezige personen	Sieuwnath Naipal (Professor – Anton de Kom Universiteit)
Gespreksonderwerp	Informatie omtrent gewenste waarschuwingssystemen en dataverwerkingsmethoden

*Gedurende de conversatie met Mavrick Boejoekoe zijn eveneens onderwerpen besproken die enkel betrekking hebben op het onderzoek van Stefan de Zwart, waardoor de betreffende onderwerpen niet zijn opgenomen in de voorliggende notulen.

Gewenste waarschuwingssystemen

- .. is van mening dat een waarschuwingssysteem op basis van geluid de grootste effectiviteit heeft binnen het onderzoeksgebied;
- Bewoners dienen te worden geïnformeerd over de werking/betekenis van een luchtalarm, zodat zij weten dat overstromingsrisico's aanwezig zijn;
- Een waarschuwingssysteem met geluid kan mogelijk worden ondersteund door het traditioneel gezag tevens te waarschuwen over overstromingsrisico's, zodat zij de betreffende risico's kunnen communiceren naar bewoners;
- Professor Naipal ondersteunt de mening van .. met betrekking tot gewenste waarschuwingssystemen.

Dataverwerkingsmethoden

- .. erkent dat het NCCR een leidende rol dient te hebben binnen het verwerken van verkregen data van monitoringsinstrumenten en het inzetten van mogelijke waarschuwinginstrumenten;
- Het Ministerie van Openbare Werken en het Ministerie van Ruimtelijke Ordening en Milieu kunnen eveneens een rol spelen binnen het dataverwerkingsproces van de monitoringsinstrumenten en de inzet van bijbehorende waarschuwinginstrumenten;
- De taak die het Ministerie van Regionale Ontwikkeling en Sport op zich kan nemen, is het aanspreken van bewoners op diefstal/vandalisme van monitorings- en waarschuwinginstrumenten door middel van de districtscommissaris van Brokopondo. De districtscommissaris van Brokopondo valt namelijk onder het Ministerie van Regionale Ontwikkeling en Sport.

Bijlage 2 – Notulen – Conversatie met ..

Tabel 14: Informatie - Conversatie met ..

Datum	15-02-2023
Type conversatie	Fysieke ontmoeting
Interviewer(s)	Stefan de Zwart & Thijs van Maaren
Geïnterviewd persoon	
Functie van geïnterviewd persoon	Power Asset Manager – Staatsolie NV
Overige aanwezige personen	.. (Consultant Engineer – Staatsolie NV) Sieuwnath Naipal (Professor – Anton de Kom Universiteit)
Gespreksonderwerp	Kennismaking & Werking van Afobakadam

*Gedurende de conversatie met .. zijn eveneens onderwerpen besproken die enkel betrekking hebben op het onderzoek van Stefan de Zwart, waardoor de betreffende onderwerpen niet zijn opgenomen in de voorliggende notulen.

Algemene gegevens – Afobakadam

- De Afobakadam is in 2020 door Staatsolie NV overgenomen van Suralco;
- Staatsolie NV bezit data over de Afobakadam tot aan ruim honderd jaar terug (1911);
- Voor het vaststellen van de minimale/maximale waterdiepte van het Brokopondostuwmeer, wordt een 'operating minimum' en een 'operating maximum' gehanteerd. De 'operating minimum' is 245 voet, de 'operating maximum' is 265 voet en de gewenste waterdiepte is 250 voet;
- Het Brokopondostuwmeer raakt relatief snel gevuld, maar kan eveneens relatief snel geleegd worden;
- Bij een gemiddelde 'inflow' (100 procent) stijgt het waterpeil van het Brokopondostuwmeer met zeven voet;
- Bij een 'inflow' van 150 procent stijgt het waterpeil van het Brokopondostuwmeer met veertien voet;
- Bij een 'inflow' van 200 procent stijgt het waterpeil van het Brokopondostuwmeer met 21 voet;
- Momenteel wordt jaarlijks gemiddeld 124 megawatt aan elektriciteit opgewekt;
- De gewenste jaarlijkse opwekkingshoeveelheid is 127/128/129 megawatt;
- In 2022 is 135 megawatt aan elektriciteit opgewekt;
- De 'long term average' is vastgesteld op 105 megawatt;
- Het geïnstalleerde vermogen van de Afobakadam is 189 megawatt;
- Aan alle opgewekte elektriciteit onder 105 megawatt verdient Staatsolie NV twee cent, terwijl aan alle opgewekte elektriciteit boven 105 megawatt 'slechts' 0,2 cent wordt verdiend;
- Overheid wil hierdoor jaarlijks niet veel meer dan 105 megawatt produceren;
- De inkomende waterhoeveelheid in het Brokopondostuwmeer wordt door Staatsolie NV berekend aan de hand van waterpeilstijgingen/-dalingen in combinatie gespuide waterhoeveelheden per spuikelep;
- In alternatieve landen waar stuwdammen aanwezig zijn, wordt een constante spuihoeveelheid gehanteerd;
- Staatsolie NV heeft naar de overheid gecommuniceerd om conservatief te spuien. Met het conservatief spuien wordt niet de maximale productie bereikt, maar is wel noodzakelijk om waterveiligheidsrisico's te voorkomen.

Gegevens – Gebeurtenissen 2022

- De 'inflow' bevond zich tussen 220 en 240 procent van het jaarlijkse gemiddelde, waarmee een recordhoogte aan inkomende waterhoeveelheden werd bereikt;
- Hevige regenval begon reeds halverwege 2021;
- In 2021 is eveneens gespild gedurende de periode van juni tot en met augustus;
- In 2022 is vanaf maart tot en met december water gespuid;
- In maart 2022 was de 'inflow' 400 procent ten opzichte van het maandelijkse gemiddelde;
- In april 2022 was de 'inflow' 300 procent ten opzichte van het maandelijkse gemiddelde;
- De jaarlijkse 'inflow' was 220 procent ten opzichte van het jaarlijkse gemiddelde;
- De benedenstroomse dorpen onder water zetten was noodzaak om te voldoen aan de maximale waterdiepte van het Brokopondostuwmeer;
- De belangrijkste eis voor Staatsolie NV is om de veiligheid van de Afobakadam te waarborgen;
- De laatste oplossing voor Staatsolie NV is om conservatieve spuiethoden te hanteren. Het bijkomende risico hiervan is dat de kans op leegloop van het Brokopondostuwmeer wordt vergroot;
- Indien moet worden voorbereid op een 'inflow' van 200 procent, moet vrijwel het gehele meer voorafgaand aan de inkomende waterhoeveelheid worden geloosd. Hierdoor ontstaat vroegtijdig wateroverlast, waardoor het geen optie is om vroegtijdig de gehele waterhoeveelheid van het Brokopondostuwmeer te lozen;
- In januari 2023 was de 'inflow' reeds 280 tot 300 procent ten opzichte van het maandelijkse gemiddelde.

Rapportages naar aanleiding van gebeurtenissen in 2022

- Voor een onafhankelijk onderzoek naar de gebeurtenissen in 2022 heeft de Energie Autoriteit Suriname (EAS) het internationale ingenieursbureau Worley ingeschakeld. Worley heeft vervolgens een onderzoek uitgevoerd naar de oorzaak van de wateroverlast in 2022 en hun bevindingen uitgewerkt in een rapportage;
- TNO gaat eveneens een rapportage uitbrengen over de gebeurtenissen in 2022, maar het betreffende rapport is nog niet gepubliceerd.

Klimatologische gegevens

- Momenteel beschikt Staatsolie NV niet over klimatologische gegevens om langdurige weersvoorspellingen te kunnen uitvoeren;
- Momenteel worden beslissingen genomen omtrent spuihoeveelheden op basis van maandelijkse waterstandmonitoring en historische weerdata;
- De strategie van Staatsolie NV is hoofdzakelijk gebaseerd op historische weerdata;
- De gevallen neerslaghoeveelheden in 2022 waren uitzonderlijk hoog;
- Staatsolie NV ontvangt neerslaggegevens uit Brazilië en de Caraïben met neerslagvoorspelling tot maximaal één maand vooruit;
- Alle partijen waarmee Staatsolie NV in contact staat geven andere informatie omtrent klimatologische gegevens;
- De Verenigde Naties verwachten een zogenaamde 'triple dip', waarmee wordt bedoeld dat drie jaar lang bovengemiddeld hoge neerslaghoeveelheden gaan vallen.

Bijlage 3 – Notulen – Conversatie met ..

Tabel 15: Informatie - Conversatie met ..

Datum	06-03-2023
Type conversatie	WhatsApp-conversatie
Interviewer(s)	Thijs van Maaren
Geïnterviewd persoon	
Functie van geïnterviewd persoon	Power Asset Manager – Staatsolie NV
Gespreksonderwerp	Waterdiepte Brokopondostuwmeer

*Vertrouwelijk gesprek, waardoor de gespreksinhoud enkel globaal is beschreven.

Gespreksinhoud

- De gehanteerde waarden voor het vaststellen van de waterdiepte in het Brokopondostuwmeer zijn 'Brokopondo elevations';
- Ten tijde van de realisatie van het Brokopondostuwmeer had men geen Nationaal Surinaams Peil (NSP);
- Hedendaags wordt het NSP gebruikt voor het vaststellen/vergelijken van waterdiepten;
- Het gehanteerde 0-punt in het Brokopondostuwmeer, is het 0-punt dat destijds werd gehanteerd in Brokopondo (Brokopondo elevation).

Bijlage 4 – Notulen – Conversatie met ..

Tabel 16: Informatie - Conversatie met ..

Datum	08-03-2023
Type conversatie	WhatsApp-conversatie
Interviewer(s)	Thijs van Maaren
Geïnterviewd persoon	
Functie van geïnterviewd persoon	Power Asset Manager – Staatsolie NV
Gespreksonderwerp	Locaties waterstandmonitoring

*Vertrouwelijk gesprek, waardoor de gespreksinhoud enkel globaal is beschreven.

Gespreksinhoud

- De waterstand van het Brokopondostuwmeer wordt door Staatsolie NV gemonitord tegen de Afobakadam aan;
- De waterstand van de Surinamerivier wordt eveneens door Staatsolie NV gemonitord tegen de Afobakadam aan;
- De bovenstroomse waterdiepte wordt door Staatsolie NV gemonitord aan de hand van een peilstok te Pokigron.

Bijlage 5 – Notulen – Conversatie met ..

Tabel 17: Informatie - Conversatie met ..

Datum	04-04-2023
Type conversatie	E-mailconversatie
Interviewer(s)	Stefan de Zwart
Geïnterviewd persoon	
Functie van geïnterviewd persoon	Power Asset Manager – Staatsolie NV
Gespreksonderwerp	Lake Management Procedure

*Vertrouwelijk gesprek, waardoor de gespreksinhoud enkel globaal is beschreven.

Gespreksinhoud

- Vanuit Staatsolie NV zijn twee scenario's geschetst: een scenario waarbij géén dorpen en kostgronden onder water worden gezet en een scenario waar wel dorpen en kostgronden onder water worden gezet;
- Staatsolie NV bepaalt welk scenario van toepassing is aan de hand van hun 'Lake Management Procedure';
- Staatsolie NV heeft een database waarin staat aangegeven tot welk waterniveau dorpen en kostgronden droog blijven en vanaf welk waterniveau wateroverlast ontstaat;
- In de database staat eveneens aangegeven welke peilstijging een bepaalde hoeveelheid gespuid water veroorzaakt;
- De communicatiesessies met bewoners hebben zowel voorafgaand aan het onderlopen van de dorpen plaatsgevonden via de districtscommissaris van Brokopondo;
- De communicatiesessies met bewoners hebben na afloop van het onderlopen van de dorpen plaatsgevonden via het platform van dignitarissen.

Bijlage 6 – Notulen – Conversatie met ..

Tabel 18: Informatie - Conversatie met ..

Datum	13-04-2023
Type conversatie	Fysieke ontmoeting
Interviewer(s)	Thijs van Maaren
Geïnterviewd persoon	
Functie van geïnterviewd persoon	Meteoroloog – Meteorologische Dienst Suriname
Gespreksonderwerp	Locaties neerslagstations

Neerslagstations – Onderzoeksgebied

- Binnen het Brokopondodistrict langs de Surinamerivier is momenteel één neerslagstation operationeel, gelegen in Brokopondo Centrum;
- Een neerslagstation noordwest gelegen van het onderzoeksgebied is eveneens operationeel, genaamd 'Redi Doti ARS';
- Binnen de systemen van de Meteorologische Dienst Suriname heeft het operationele neerslagstation in Brokopondo Centrum de stationsnaam 'Brokopondo ARS';
- Over overige neerslagstations binnen het onderzoeksgebied zijn geen recente datagegevens beschikbaar.

Neerslagstations – Brokopondostuwmeer

- Op de website van de Meteorologische Dienst Suriname staat aangegeven dat één neerslagstation in de directe omgeving van het Brokopondostuwmeer operationeel is, genaamd 'Tonka-Eiland 2'. Lorenzo Kasmani gaf echter aan dat het neerslagstation 'Tonka-Eiland 2' niet operationeel is;
- In de directe omgeving van het Brokopondostuwmeer zijn hierdoor geen operationele neerslagstations aanwezig.

STATION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1 Moege (H)																														
2 Moege Travers (AWS)	2.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
3 Alifan	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
4 Leilindaf	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
5 Leilindaf (AWS)	1.6	16.2	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
6 Nieuw-Amsterdam	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
7 Nieuw-Amsterdam (AWS)	3.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
8 Nijmegen	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
9 Nijmegen (AWS)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—																		
10 Culverville	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—																		
11 Culverville (AWS)	1.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
12 King Harbour (AWS)	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
13 Zorg en Hoop	1.7	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
14 Zorg en Hoop (AWS)	2.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
15 Donsburg	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
16 Donsburg (AWS)	2.2	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
17 Donsburg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
18 Donsburg	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
19 La-Paule (AWS)	2.4	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
20 Hogeveen WZST	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
21 Luitia	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
22 Luitia (AWS)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
23 Carvill (Zanderij)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—																		
24 Groot Hene	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—																		
25 Nieuw-Nickerie	1.3	1.4	0.0	0.0	0.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
26 Nieuw-Nickerie (AWS)	1.4	0.6	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
27 Landoli	3.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
28 Arnhemse Centrum (AWS)	0.2	1.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
29 Ahlaba	2.2	0.0	1.2	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
30 Amboyna	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—																		
31 Apetina	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
32 Anora (Zanderij)	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
33 Anora OW (AWS)	2.6	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
34 Balfout Kalkbani (AWS)	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
35 Balfout	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
36 Cavani	10.4	10.4	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
37 Cavani	5.7	10.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
38 Cavani	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
39 Diverse	—	0.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
40 Donsburg	—	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
41 Driestebrie	0.0	0.0	11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
42 Goddelo	1.4	0.0	0.0	—	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
43 Kruisland Lawa Anapke	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
44 Kruislandmeeste	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
45 Landoli	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
46 Lawa Antio	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
47 Palomou	6.2	0.0	2.5	0.0	11.2	12.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
48 Pansgroene	0.0	0.0	16.4	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
49 Snelheid (Hoop)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
50 SnelheidsZand	0.0	4.7	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
51 Tabibi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	—	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
52 Taffenberg (AWS)	0.0	5.2	16.8	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
53 Tere	1.1	0.2	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
54 Willem (ABS)	0.2	1.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
55 Willem (AWS)	5.6	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		
56 Moege (hand)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																		

Figuur 23: Lijst met alle operationele neerslagstations - Meteorologische Dienst Suriname

Bijlage 7 – Notulen – Conversatie met ..

Tabel 19: Informatie - Conversatie met ..

Datum	02-03-2023
Type conversatie	Fysieke ontmoeting
Interviewer(s)	Stefan de Zwart & Thijs van Maaren
Geïnterviewd persoon	
Functie van geïnterviewd persoon	Kolonel & NCCR-coördinator
Gespreksonderwerp	Informatie omtrent monitorings- en waarschuwingsinstrumenten en dataverwerkingsmethoden

*Gedurende de conversatie met .. zijn eveneens onderwerpen besproken die enkel betrekking hebben op het onderzoek van Stefan de Zwart, waardoor de betreffende onderwerpen niet zijn opgenomen in de voorliggende notulen.

Informatie omtrent overstromingen in 2022

- Het NCCR bezit een dataset, waarin staat aangegeven welke dorpen onder water zijn gelopen. Hierin staan tevens slachtofferaantallen per dorp aangegeven;
- Exacte hoogten van het stuwmeer zijn aanwezig bij Staatsolie NV.

Monitorings- en waarschuwingsinstrumenten

- Het NCCR heeft gezamenlijk met professor Naipal verantwoording genomen voor het monitoren van risico's omtrent wateroverlast in Suriname;
- In 2006 heeft het NCCR in samenwerking met professor Naipal reeds een FEWS geïntroduceerd;
- Alle apparaten van het FEWS in 2006 zijn niet langer operationeel, omdat onvoldoende geld beschikbaar was voor onderhoudswerkzaamheden;
- Het NCCR ontvangt binnenkort drie Thalimedes-instrumenten van het UNDP;
- De drie Thalimedes-instrumenten worden overhandigd aan professor Naipal zodra de instrumenten zijn ontvangen;
- De verwachte Thalimedes-instrumenten zijn vergelijkbare instrumenten als de toegepaste instrumenten in 2006. Bij de huidige instrumenten is echter wel reeds een chip inbegrepen;
- Momenteel is een operationeel Thalimedes-instrument aanwezig in Cottica, geplaatst door de Maritieme Autoriteit Suriname;
- .. erkent dat noodzaak voor monitoringsinstrumenten aanwezig is in het district Brokopondo;
- Voorafgaand aan de introductie van een FEWS moeten locaties worden aangewezen voor monitorings- en waarschuwingsinstrumenten die van belang zijn om vroegtijdig bewoners te kunnen waarschuwen;
- In de stroomgebieden van Tapanahony en Lawa moeten op korte termijn Thalimedes-instrumenten worden aangebracht om waterstanden te monitoren.

Dataverwerkingsmethoden

- Binnen het FEWS in 2006 ging data van de monitoringsinstrumenten naar professor Naipal;
- Het NCCR vroeg data op bij professor Naipal zodra waterstanden kritieke hoogten bereikten op een specifieke locatie;
- Bij de introductie van een toekomstig FEWS wenst het NCCR een alternatieve werkvorm;
- Data van monitoringsinstrumenten dient in eerste instantie bij het NCCR te komen;
- Personen en/of partijen die informatie willen omtrent waterstanden/-afvoeren, kunnen de betreffende informatie opvragen bij het NCCR;
- Indien consultancies, adviesbureaus en/of overige bedrijven informatie willen opvragen, dienen dergelijke partijen geld te betalen voor informatie;
- Door het verkrijgen van geld voor vrijgegeven informatie kan een verdienmodel worden ontwikkeld, waarmee kan worden geïnvesteerd in nieuwe monitorings- of waarschuwingsinstrumenten;
- Op deze manier kan de omvang van een FEWS worden uitgebreid en/of op alternatieve locaties worden toegepast.

Bijlage 8 – Notulen – Conversatie met ..

Tabel 20: Informatie - Conversatie met ..

Datum	01-03-2023
Type conversatie	Fysieke ontmoeting
Interviewer(s)	Stefan de Zwart & Thijs van Maaren
Geïnterviewd persoon	
Functie van geïnterviewd persoon	Districtscommissaris Brokopondo
Overige aanwezige personen	Sieuwnath Naipal (Professor – Anton de Kom Universiteit)
Gespreksonderwerp	Kennismaking & Bespreken van gebeurtenissen omtrent wateroverlast binnen het district Brokopondo in 2022

*Gedurende de conversatie met .. zijn eveneens onderwerpen besproken die enkel betrekking hebben op het onderzoek van Stefan de Zwart, waardoor de betreffende onderwerpen niet zijn opgenomen in de voorliggende notulen.

Gebeurtenissen en communicatietijdlijn

- Op 2 maart 2022 werden de eerste spuikleppen van de Afobakadam geopend;
- Op 14 maart 2022 vond een gesprek tussen de districtscommissaris van Brokopondo en Staatsolie NV plaats over de verwachte situatie omtrent wateroverlast;
- De districtscommissaris van Brokopondo heeft vervolgens de verwachte situatie gecommuniceerd naar gezagdragers in de aanwezige dorpen;
- Op 18 maart 2022 werden vier spuikleppen van de Afobakadam geopend;
- Staatsolie NV heeft informatie verschaft over het openen van de spuikleppen aan de districtscommissaris van Brokopondo, maar heeft dit hooguit een week voorafgaand aan het openen van de spuikleppen gedaan.

Veldbezoek en dataverzameling

- Het uitvoeren van metingen binnen het district Brokopondo is toegestaan vanuit de districtscommissaris van Brokopondo;
- Het inzetten van een drone is tevens toegestaan vanuit de districtscommissaris van Brokopondo;
- De inhoud van mijn onderzoek wordt, indien noodzakelijk, ondersteund door de bestuursdienst en bijbehorende bestuursambtenaren;
- Voor het vaststellen van waterhoogten gedurende de overstromingen van 2022 kunnen meetlatten in het onderzoeksgebied worden opgezocht;
- Het vaststellen van waterhoogten kan tevens worden gedaan door het aflezen van markeren op woningen.

Overige informatie

- Bewoners hebben de overtuiging dat de overstromingen zijn veroorzaakt door menselijk handelen;
- Bewoners ervaren nog steeds boosheid over transmigratie;
- Bewoners hebben de overtuiging dat de overstromingen hebben plaatsgevonden om bewoners te laten verhuizen;
- Bewoners hebben geen financiële vergoedingen ontvangen voor woningen en landbouwterreinen die schade hebben opgelopen;
- De districtscommissaris van Brokopondo concludeert dat de waterhuishouding beter geregeld moet worden om vergelijkbare omstandigheden te voorkomen in de nabije toekomst;
- Nadat het overtollige water was weggetrokken, was het één grote troep (blubber, ziekten, etc.);
- Het plaatsen van monitoringsinstrumenten is noodzakelijk om tijdig maatregelen te kunnen nemen tegen hoogwater;
- Volgens de districtscommissaris van Brokopondo is het onbekend welke waterstijging in de Surinamerivier het openen van een extra spuiklep veroorzaakt;
- Indien vroegtijdiger wordt gecommuniceerd, hebben bewoners meer tijd om maatregelen te nemen;
- Staatsolie NV heeft boten ingezet om kinderen naar school te laten gaan;
- Bewoners zijn enkel bereid om te verhuizen indien de overheid een compleet nieuwe omgeving voor hen bouwt en financiert;
- Niet alle bewoners zijn onmiddellijk bereid om te vertrekken indien wordt aangegeven dat dreiging omtrent wateroverlast wordt verwacht.

Bijlage 9 – Onderbouwing – Weging van criteria – MCA

Tabel 21: Onderbouwing - Weging van criteria - MCA

Criteria	Weging	Onderbouwing
Investeringskosten	15%	Mede door het gebrek aan financiële mogelijkheden en onderhoudswerkzaamheden zijn de aanwezige monitorings- en waarschuwingsinstrumenten doorgaans niet langer operationeel. Tevens zorgt het gebrek aan financiële mogelijkheden voor de momenteel beperkte aanwezigheid van monitorings- en waarschuwingsinstrumenten (Slijngard, 2023). Op basis van ervaringen uit het verleden en de huidige economische omstandigheden in Suriname worden criteria omtrent financiën nadrukkelijk meegenomen binnen een MCA. De investerings- en onderhoudskosten hebben hierdoor een gezamenlijk wegingspercentage van dertig procent.
Onderhoudskosten	15%	Zie bovenstaande onderbouwing.
Reikwijdte	20%	De reikwijdte van een waarschuwingsinstrument is de basis voor het vaststellen van het aantal benodigde waarschuwingsinstrumenten en de bijbehorende plaatsingslocaties. Door de relatief grote impact van de reikwijdte van een waarschuwingsinstrument op de instrumentkeuze, heeft de reikwijdte een wegingspercentage van twintig procent.
Technologisch niveau	20%	Om bepaalde waarschuwingsinstrumenten naar behoren te laten functioneren, is doorgaans een minimaal technologisch niveau benodigd. Door de relatief grote invloed van technologische ontwikkelingen op de instrumentkeuze, heeft het minimaal benodigde technologische niveau een wegingspercentage van twintig procent.
Kennisniveau	20%	Vanuit zowel professor Naipal als de directeur van het Ministerie van Regionale Ontwikkeling en Sport is aangegeven dat het van essentieel belang is dat bewoners kennis hebben over de werking/betekenis van de gebruikte waarschuwingsinstrumenten (Boejoekoe, 2023). Doordat analfabetisme en het gebrek aan scholing zeer relevant zijn binnen het onderzoeksgebied, heeft het minimaal benodigde kennisniveau een wegingspercentage van twintig procent.
Wensen van bewoners	10%	Bij het vaststellen van geschikte waarschuwingsinstrument is het noodzakelijk om de wensen van de bewoners mee te nemen binnen het besluitvormingsproces. Gedurende de interviews met bewoners werd echter duidelijk dat relatief onwetendheid onder de bewoners heerst omtrent geschikte waarschuwingsinstrumenten, waardoor de wensen van bewoners een wegingspercentage hebben van tien procent.

Bijlage 10 – Samenwerkende personen/instanties – Dataverwerking

NCCR (..)

Het NCCR, onder leiding van .., is verantwoordelijk voor de coördinatie tussen overheidspartijen en overige betrokken partijen ten tijde van een ramp/crisis. Door middel van de coördinatie vanuit NCCR kan op een effectieve en georganiseerde manier hulp worden geboden aan getroffen gebieden (Surinaamse overheid, 2023). Indien een FEWS wordt geïntroduceerd, is het noodzakelijk dat het NCCR een prominente rol speelt in de dataverzameling/-verwerking. Tevens is het noodzakelijk dat het NCCR beslissingen kan nemen over bevoegdheden voor de inzet van waarschuwingsinstrumenten. Het NCCR is namelijk verantwoordelijk voor de coördinatie gedurende een overstroming en/of ernstige wateroverlast binnen het onderzoeksgebied.

Anton de Kom Universiteit van Suriname (Professor Naipal)

De Anton de Kom Universiteit van Suriname, onder leiding van professor Naipal, wordt nauwgezet betrokken bij beslissingen van het NCCR omtrent waterproblematiek. Het NCCR gebruikt de hydrologische kennis van professor Naipal om weloverwogen beslissingen te nemen gedurende watergerelateerde crisissituaties. Indien een FEWS wordt geïntroduceerd, is het noodzakelijk dat professor Naipal wordt betrokken bij de dataverzameling/-verwerking van watergerelateerde monitoringsinstrumenten. Professor Naipal bezit namelijk over hydrologische kennis om op basis van verkregen data beslissingen te kunnen nemen gedurende watergerelateerde crisissituaties.

Meteorologische Dienst Suriname

De Meteorologische Dienst Suriname ontvangt neerslaggegevens van aanwezige neerslagstations binnen het onderzoeksgebied. Indien een FEWS wordt geïntroduceerd, zijn neerslaggegevens van de Meteorologische Dienst Suriname noodzakelijk voor het nemen van beslissingen over de inzet van waarschuwingsinstrumenten in het onderzoeksgebied. Hierdoor is de Meteorologische Dienst Suriname verantwoordelijk voor de dataverzameling/-verwerking van neerslaggegevens binnen het onderzoeksgebied.

Staatsolie NV

Staatsolie NV is verantwoordelijk voor de exploitatie van de Afobakadam (Staatsolie, 2023). Om te voorkomen dat de Afobakadam bezwijkt onder hydrostatische druk is zorgvuldig beheer van het waterpeil in het Brokopondostuwmeer noodzakelijk. Tevens moet het zorgvuldige beheer over het openzetten van de stuwkleppen wateroverlast in benedenstroomse regio's voorkomen. Waterstand- en waterafvoermonitoring in het Brokopondostuwmeer en de 'inflowlocatie' van het stuwmeer wordt momenteel (beperkt) uitgevoerd door Staatsolie NV. Indien een FEWS wordt geïntroduceerd, zijn waterstand- en waterafvoergegevens van Staatsolie NV noodzakelijk voor het nemen van beslissingen over de inzet van waarschuwingsinstrumenten in het onderzoeksgebied. Hierdoor is Staatsolie NV verantwoordelijk voor de dataverzameling/-verwerking van hydrologische gegevens in het Brokopondostuwmeer en het bovenstroomse stroomgebied van de Surinamerivier.

Overige personen/instanties

Naast de bovengenoemde personen/instanties zijn overige personen/instanties eveneens betrokken binnen het communicatieproces omtrent de overstromingsrisico's in het onderzoeksgebied. Dergelijke personen/instanties zijn bijvoorbeeld de districtscommissaris van Brokopondo en het Ministerie van Regionale Ontwikkeling en Sport. Echter zijn de betreffende personen/instanties niet nauw betrokken bij de dataverzameling/-verwerking binnen het FEWS, waardoor ze niet uitvoerig worden behandeld binnen de voorliggende 'stakeholderanalyse' omtrent dataverzameling/-verwerking.

Bijlage 11 – PowerPoint NCCR

Binnen het onderzoeksrapport is meermaals verwezen naar een gebruikt PowerPoint-document van het NCCR omtrent een FEWS. Binnen het PowerPoint-document werd informatie vrijgegeven over het geïntroduceerde FEWS in 2006, destijds gebruikte monitorings- en waarschuwingsinstrumenten en denkbeelden over de introductie van een toekomstig FEWS.

Vanuit het NCCR is echter geen toestemming verkregen om het gebruikte PowerPoint-document openbaar te publiceren binnen het onderzoeksrapport, waardoor het PowerPoint-document als een vertrouwelijk document wordt beschouwd.

Bijlage 12 – Excel-document NCCR

Binnen het onderzoeksrapport is meermaals verwezen naar een gebruikt Excel-document van het NCCR omtrent slachtoffergegevens. Binnen het Excel-document werd informatie vrijgegeven over getroffen dorpen, slachtofferaantallen per dorp, namen van slachtoffers en de opgelopen schadevorm per slachtoffer. De gebruikte data omtrent slachtoffergegevens is zichtbaar in de onderstaande tabel (Tab. 22). Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de ernst van de getroffen gezinnen/personen niet is meegenomen in de onderstaande tabel. Een persoon die schade aan zijn/haar kostgrond heeft opgelopen wordt onder dezelfde noemer genoemd als een persoon waarvan zijn/haar huis langdurig onder water heeft gestaan. Hierdoor staat het aantal getroffen gezinnen/personen niet direct gelijk aan het aantal gezinnen/personen waarvan de woning (deels) onder water heeft gestaan.

Tabel 22: Aantal getroffen gezinnen/personen per dorp/ressort (NCCR, 2022)

Ressort	Dorp	Aantal getroffen gezinnen	Aantal getroffen personen
Brokopondo Centrum (314 km²)	Ananistrand	2	4
	Asigron	14	80
	Balingsoela	7	35
	Bosland	31	177
	Brokopondo Centrum	33	174
	Drepada	22	125
	Hermansdorp	11	43
	Tapoeripa	44	249
		164	887
Klaaskreek (349 km²)	Kapasikele	19	87
	Klaaskreek	14	82
	Mujekiki	3	14
	Lombé	55	212
			91

De dorpen 'Ananistrand' en 'Hermansdorp' worden vanwege de kleinschaligheid verwerkt binnen 'Brokopondo Centrum' in het onderzoeksrapport. De dorpen behoren qua geografische ligging praktisch tot Brokopondo Centrum, maar hanteren tot op heden een zelfstandige naam. Bij het benoemen van locaties voor waarschuwinginstrumenten worden overige dorpen wel als zelfstandige locaties benoemd.

Vanuit het NCCR is geen toestemming verkregen om het gebruikte Excel-document openbaar te publiceren binnen het onderzoeksrapport, waardoor het Excel-document als een vertrouwelijk document wordt beschouwd.

Bijlage 13 – Interviews met bewoners

Binnen het onderzoeksrapport is meermaals verwezen naar afgenomen interviews met bewoners. Gedurende de onderzoeksperiode hebben Stefan de Zwart (medestudent) en ik interviews afgenomen in het onderzoeksgebied. Binnen de interviews werden vragen gesteld over de ervaringen en meningen/behoefte van de bewoners met betrekking tot de overstromingen in 2022. In de bijlage zijn enkel vragen/gegevens uit de interviews opgenomen die relevant zijn voor de onderzoekinhoud van het voorliggende onderzoeksrapport. Voor een volledige inzage van de verzamelde data omtrent de afgenomen interviews is de onderstaande link bijgevoegd. Tevens is een volledige inzage van de verzamelde data zichtbaar in het onderzoeksrapport van Stefan de Zwart.

Verzamelde data – Interviews

..

Vraag 2: Hoe heeft u vernomen dat er hoog water aan kwam?



Figuur 24: Gegevens - Interviews met bewoners - Vraag 2

Vraag 3: Hoeveel dagen/uren voordat de rivier buiten haar oevers trad bent u gewaarschuwd?



Figuur 25: Gegevens - Interviews met bewoners - Vraag 3

Vraag 6: Hoe denkt u dat de communicatie anders kan verlopen indien er weer sprake is van aanstaand hoog water?



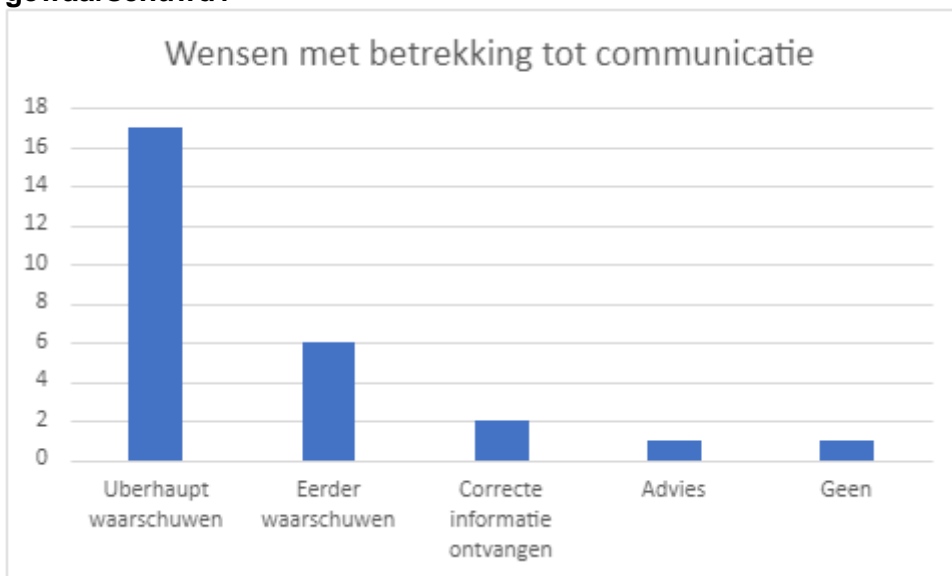
Figuur 26: Gegevens - Interviews met bewoners - Vraag 6

Vraag 7: Welke wensen heeft u met betrekking tot de voorbereiding op hoog water?



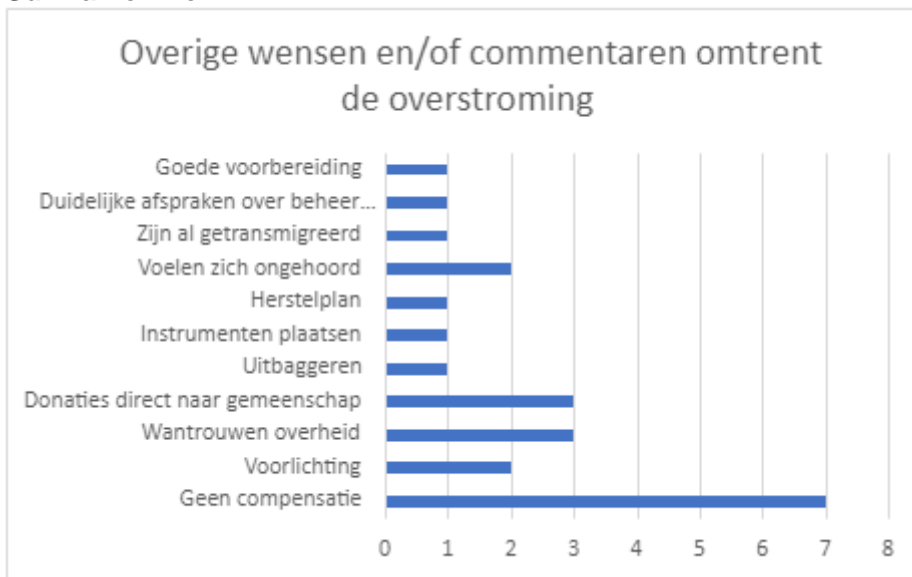
Figuur 27: Gegevens - Interviews met bewoners - Vraag 7

Vraag 8: Welke wensen heeft u met betrekking tot de communicatie wanneer u wordt gewaarschuwd?



Figuur 28: Gegevens - Interviews met bewoners - Vraag 8

Vraag 10: Welke overige dingen wilt u kwijt omtrent de overstrooming van de Surinamerivier?



Figuur 29: Gegevens - Interviews met bewoners - Vraag 10

Bijlage 14 – Presentielijst – Eindpresentatie in Paramaribo

Figuur 30: Presentielijst - Eindpresentatie in Paramaribo