

Vernatuurlijking en waterberging Pagediep - Mussel Aa



**VAN HALL
LARENSTEIN**

PART OF WAGENINGEN UR



Esther Beukema 20 augustus 2013 (herzien)

Verantwoording

Titel : Hermeandering en waterberging Pagediep- Mussel Aa

Opdrachtgever : Waterschap Hunze en Aa's

Projectnummer :

Kader: Een afstudeerproject van Hogeschool Van Hall Larenstein

Auteur : Esther Beukema

E-mail adres : deesther@dds.nl

Trefwoorden : Pagediep, Mussel Aa, waterberging, hermeandering, Kaderrichtlijn water

Begeleiders: Leo Bentvelzen, Astrid Valent, Van Hall Larenstein Leeuwarden

Plaats : Groningen

Datum : 20 augustus 2013 (herzien)

Contact : Esther Beukema
Kerklaan 9
9717HA Groningen

Waterlanders

Sluizen spuien tientallen
millimeters waterval
de nieuwe regen zal
regeren over strijdkrachten
vrijwilligers en dijkwachten
uitgerust met spaden
laarzen zakken en zand

Om op te hopen
in te klinken
komaan stamp aan
hand in hand kameraden
inspecteren dijkverzwaren

Verjaag de recreatie
prepareer evacuatie
behoed het ingepolderd land
model van onze natie
ageer tegen het dobberend vee.

© Tjitse Hofman (uit: TV 2000, Passage 1999)



Pagediep, jaren vijftig

Summary

The two streams Pagediep and Mussel Aa are part of the riverbasin Westerwoldse Aa which is situated near the town Stadskanaal, in the eastern part of province Groningen. The streams are located in an agricultural area and the current regulations are strongly based on that function. According to investigation of the Water Board Hunze en Aa's the water quality doesn't fit the ecological requirements according to the Water Framework Directive (WFD), which expands the scope of water protection to all waters and sets clear objectives that a "good status" must be achieved for all European waters by 2015 and that water use be sustainable throughout Europe.

The most important issues that were found are: the streams are for 100% canalized, the lack of inundation zones and there are at least ten dams which form migration problems for fish. In addition, the Water Board Hunze en Aa's is in search of an area where 2 million m³ water can be stored in case of flood risk. According to the Provincial Development Plan Groningen (2009-2013) this area has a special development status. Which means there are plans to combine high quality of living in the higher situated areas around the river basin and relatively small water storage in the lower parts.

This study investigates the possibilities of shaping three types of functions which are: current agriculture, extensive agriculture and nature as well the possibility to re-meander the streams and develop water storage in this area. The re-meandering should be realized in combination with inundation zones and should be based on the historic situation (1950) before the canalization. Literature studies, historic maps and digital information were analyzed and compared to the ecological requirements according to the Water Framework Directive.

To explore the scenario's a special meeting was organized in which several experts gave their view on the different possibilities that could lead to a better chemical and ecological situation. The effect of the hydromorphic operation like the canalization of 1950 highly effects the current low score on the WFD. In case of extensive agriculture re-meandering is possible for 56%, in case the function is turned into nature re-meandering of 80% of the stream seems possible.

The storage of 2 million m³ of water has been worked out with the GIS program ArcView GIS 3.2a. The conditions are developed in collaboration with the water board and based on minimal change or damage to the landscape and so that current buildings are free of inundation trouble. The surroundings of the inundation area will be protected with dikes where necessary.

The investigated area is divided in different sections and of each section is the storage capacity (m³), length of dikes, heights and obstacles like ditches that give possibility to stream back to lower areas, has been worked out. The conclusion is that the area gives at least possibility for the storage of 1,9 million m³ water. To test the 3 scenario's the ARCADIS method is used, this is done with an Ecological Quality Ratio. This ratio is defined by: Fytobenthos, Macrofyten, Macrofauna and Fish and exists of a figure between 0 and 1 (0 is very bad, 1 is very good). In this way the different scenario's are good to compare with each other.

This test proves that the scenario with agriculture, the Good Ecological Potential won't be reached, while in the scenario with extensive agriculture and the scenario with nature the target will be reached. This is mostly thanks to the hydromorfological measures that will be taken, without that the targets cannot be reached. A big difference between the taken measures in the 3 scenario's is that in the nature variant also room is reserved for inundations, so water storage can take place here. In the scenarios with extensive agricultural function water storage isn't possible and with just agricultural function even re-meandering is out of the question.

Samenvatting

Het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa bestaat uit twee beken in de gemeente Stadskanaal (Oost Groningen) en is onderdeel van het stroomgebied de Westerwoldse Aa. De beken liggen in een gebied met de functie landbouw en de huidige inrichting is daarop sterk gericht. Uit onderzoek door Waterschap Hunze en Aa's is gebleken dat het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa momenteel niet voldoet aan de ecologische eisen van de Europese kaderrichtlijn Water (KRW). De belangrijkste knelpunten samenhangend met KRW zijn onder andere: de beken zijn 100% genormaliseerd, het ontbreken van natuurlijke inundatiezones en er zijn minstens 10 stuwen die migratiebarrières vormen voor vissen. Bovendien wordt door het waterschap een areaal gezocht waar tijdelijk 2 miljoen m³ water geborgen kan worden. De beekdalen van het Pagediep en de Mussel Aa worden in het POP 2009-2013 aangegeven als landschapsontwikkelingszone. Daarbij wordt gedacht aan een combinatie van hoogwaardig wonen aan de randen van het beekdal en kleinschalige waterberging.

In dit onderzoek wordt gekeken naar de mogelijkheden voor de inrichting van het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa aan de hand van drie verschillende functies. Deze functies zijn: gangbare landbouw, extensieve landbouw en natuur. Hierbij zijn ook de mogelijkheid tot waterberging en hermeandering uitgewerkt. Deze hermeandering moet plaatsvinden in combinatie met inundatiezones waarbij de historische loop uit ca. 1950 (voor de normalisatie) zoveel mogelijk het uitgangspunt is. Hiervoor is literatuuronderzoek gedaan, (historische)kaarten bestudeerd en digitale gegevens (data) bekeken en geanalyseerd. Vervolgens zijn deze functies getoetst aan de ecologische eisen van de Kaderrichtlijn water.

Om de inrichting van de drie scenario's te beschrijven is een 'mini- schetsschuit' georganiseerd. Hierbij gaven verschillende deskundigen schetsenderwijs de mogelijke maatregelen aan, die tot verbetering van chemische en ecologische situatie van een beekstelsel leiden. Dit gebeurde aan de hand van verschillende kaarten en (historische)profielen van het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa. Het effect van hydromorfologische ingrepen, zoals de normalisering in de jaren vijftig, bepalen voor een groot deel de huidige lage beoordeling door de KRW.

Bij deze 'mini-schetsschuit' werd duidelijk dat hermeandering, als de functie extensieve landbouw wordt toegekend, dit voor 56% mogelijk is. Indien de functie natuur wordt toegekend, is deze hermeandering voor 80 % mogelijk.

De mogelijkheid tot kleinschalige waterberging van 2 miljoen m³ water is uitgewerkt met het GIS programma ArcView GIS 3.2a. De randvoorwaarden zijn tot stand gekomen in samenwerking met het waterschap en gebaseerd op het feit dat er zo weinig mogelijk aanpassing en/ of aantasting van het landschap plaatsvindt en dat de huidige bebouwing gevrijwaard blijft van wateroverlast tijdens inundaties. Om het omringende gebied te kunnen beschermen tegen overstroming vanuit de bergingsgebieden wordt waar nodig is rondom de inundatiegebieden kaden aangelegd. Het onderzoeksgebied is ingedeeld in deelgebieden en van elk deelgebied zijn de hoeveelheid m³ berging, kadelen, hoogtes en de knelpunten, zoals sloten die zorgen voor terugstroming naar lager gelegen gebied, uitgewerkt. De conclusie is dat het onderzoeksgebied ruimte biedt voor berging van afgerond 1.9 miljoen m³ water.

Voor de toetsing van de 3 scenario's is de ARCADIS methodiek gebruikt, dit is gedaan met behulp van de Ecologische Kwaliteits Ratio (EKR). Deze EKR wordt bepaald voor: Fytobenthos, Macrofyten, Macrofauna en Vissen en bestaat uit een getal tussen 0 en 1 (0 is zeer slecht, 1 is zeer goed), hierdoor zijn de scenario's met elkaar te vergelijken. Uit deze toetsing blijkt dat in scenario met landbouw het Goed Ecologisch Potentieel (GEP) niet wordt gehaald, in scenario met extensieve landbouw en het scenario met natuur wel. Dit ligt grotendeels aan het effect van de hydromorfologische maatregelen, zonder deze maatregelen is het behalen van het GEP niet mogelijk. Een groot verschil met de genomen maatregelen in de 3 scenario's, is dat in het scenario

met de functie natuur wel ruimte is gereserveerd voor inundatiezones. Hier kan dus waterberging plaatsvinden. In de scenario's met de functie landbouw en de functie extensieve landbouw is dit niet mogelijk. In de scenario met de functie landbouw is ook geen hermeandering mogelijk.

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	9
1.1. AANLEIDING EN ACHTERGRONDEN	9
1.2. GEBIEDSBEGRENZING ONDERZOEKSGBIED	13
1.3. PROBLEEMSCHEETS.....	13
1.4. DOELSTELLING EN RANDVOORWAARDEN	14
1.5. ONDERZOEKSVRAAG EN DEELVRAGEN	15
1.6. ONDERZOEKSMETHODE	15
1.7. LITERATUUR- EN INVENTARISATIEFASE	15
1.8. 'MINI-SCHETSSCHUIT' OVER HET WATERLICHAAM PAGEDIEP- MUSSEL AA	16
2. GEBIEDSBESCHRIJVING WATERLICHAAM PAGEDIEP- MUSSEL AA	17
2.1. INLEIDING	17
2.2. WATERHUISHOUDING PAGEDIEP- MUSSEL AA.....	17
2.3. DE KANALISATIE.....	18
2.4. DE NORMALISATIE	20
2.5. STROMING EN STRUCTUUR VAN EEN BEEK	21
3. ONDERZOEK NAAR DE MOGELIJKHEDEN TOT HERMEANDERING	23
3.1. KAARTONDERZOEK	23
3.2. RESULTATEN DIGITALISERING	23
3.3. BESTEKTEKENINGEN	26
4. ONDERZOEK NAAR DE MOGELIJKHEID TOT WATERBERGING.....	27
4.1. ACHTERGROND WATERBERGING	27
4.2. KLEINSCHALIGE WATERBERGING	28
4.3. KRW EN INUNDATIE	29
4.4. INLEIDING EN METHODIEK BEREKENING WATERBERGING.....	29
Stap 1: Randvoorwaarden van de kleinschalige waterberging bepalen	30
Stap 2: Deelgebieden kiezen	31
Stap 3: Het inundatieniveau per deelgebied bepalen	32
Stap 5: Kadehoogte bepalen.....	34
Stap 6: Knelpunten bepalen	34
Stap 7: Totale bergingsvolume bepalen.....	35
4.5. RESULTATEN WATERBERGING	35
5. INRICHTING VAN DE SCENARIO'S	37
5.1. INLEIDING	37
5.2. SCENARIO 1 MET DE FUNCTIE LANDBOUW	38
5.2. SCENARIO 2 MET DE FUNCTIE EXTENSIEVE LANDBOUW	38

5.3. SCENARIO 3 MET DE FUNCTIE NATUUR	39
5.4. HET TOETSEN VAN DE DRIE SCENARIO'S AAN DE HAND VAN DE KRW	41
5.5. RESULTAAT TOETSING SCENARIO'S AAN KRW	43
5.6. KANTTEKENINGEN ARCADIS METHODIEK:	45
 6. CONCLUSIE, DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN.....	 47
 6.1. CONCLUSIE.....	 47
6.2. DISCUSSIE	47
6.3. AANBEVELINGEN.....	48
 LITERATUURLIJST	 49

Bijlagen:

Bijlage I: Overzichtskaart POP 2009-2013

Bijlage II: Diverse kaarten:

- 1) Maaiveldhoogte
- 2) Komvormige laagten
- 3) Kwel/ infiltratie
- 4) IJzer in bodem
- 5) Veengeulen
- 6) Natschade
- 7) Ondiepe slecht doorlatende lagen

Bijlage III: GIS data en betrouwbaarheid data

Bijlage IV: Lengte en hoogte kaden (alleen in digitale versie)

Bijlage V: Resultaat waterberging per deelgebied

Bijlage VI: Excel sheet met de berekeningen van de EKR, MEP en GEP
(alleen in digitale versie)

1. Inleiding

1.1. Aanleiding en achtergronden

Aanleiding onderzoek:

Dit onderzoek gaat over de mogelijkheden tot hermeandering en waterberging in het Waterlichaam Pagediep- Mussel Aa én de gevolgen hiervan voor de ecologie in dit gebied.

Het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa bestaat uit twee beken in de gemeente Stadskanaal (Oost Groningen), deze twee beken zijn onderdeel van het stroomgebied de Westerwoldse Aa. De beken liggen in overwegend agrarisch gebied waarvan de huidige inrichting sterk gericht is op landbouw.

Uit onderzoek door Waterschap Hunze en Aa's is gebleken dat het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa momenteel niet voldoet aan de ecologische eisen van de Europese kaderrichtlijn Water (KRW). Bovendien wordt door het waterschap een areaal gezocht waar tijdelijk water geborgen kan worden. Door eerdere ervaringen van het Waterschap is gebleken dat hermeandering en kleinschalige waterberging goed samengaan. Bovendien kan hermeandering een oplossing zijn met betrekking tot de knelpunten van KRW wat betreft de normalisering en kanalisering. In hoeverre deze hermeandering mogelijk is in het stroomgebied Pagediep- Mussel Aa is onduidelijk, dit omdat hermeandering de huidige functie landbouw in de weg kan staan.

In deze scriptie wordt onderzocht of hermeandering een oplossing is met betrekking tot de knelpunten van de KRW. Ook wordt onderzocht of er in het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa ruimte is voor waterberging.



Figuur 1-1 Mussel Aa (foto: E. Beukema)



Figuur 1-2 Pagediep (foto: E. Beukema)

Toekomst onderzoeksgebied:

Momenteel ligt het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa erg in de belangstelling bij de Provincie Groningen. In het Provinciaal Omgevingsplan 2009-2013 staat beschreven dat het realiseren van een landschappelijk aantrekkelijke verbindingszone tussen de Hondsrug en Westerwolde een algemeen doel is om de centrumpositie van Stadskanaal te versterken. De beekdalen van het Pagediep en de Mussel Aa worden hierbij aangegeven als landschapsontwikkelingszone (zie bijlage I). Binnen deze zones wil de Provincie Groningen landschappelijke ontwikkelingen de ruimte geven om het beekdallandschap te versterken. Daarbij wordt gedacht aan een combinatie van hoogwaardig wonen aan de randen van het beekdal, kleinschalige waterberging, particulier natuurbeheer en/ of grootschalige landbouw.

Europese kaderrichtlijn Water (KRW):

In december 2000 is de Europese kaderrichtlijn Water van kracht geworden. Een van de doelstellingen van de KRW is ervoor te zorgen dat tegen 2015 alle Europese

waterlichamen een goede ecologische kwaliteit hebben. Volgens deze richtlijn moeten ondermeer ecologische doelstellingen voor oppervlaktewateren (waterlichamen) worden vastgesteld. Deze ecologische doelstellingen worden per watertype gedifferentieerd waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen natuurlijke wateren, sterk veranderende wateren en kunstmatige wateren.

Voor Nederland zijn met uitzondering van de Waddenzee vooral de laatste twee typen van belang. Alleen enkele beken en kleine rivieren zijn aangewezen als natuurlijk water, de overige waterlichamen zijn aangewezen als sterk veranderd. De natuurlijke wateren hebben een oorspronkelijke natuurlijke inrichting zoals een meanderende beek. Bij sterk veranderende wateren is deze inrichting veranderd, bijvoorbeeld in een recht getrokken beek. Voor de natuurlijke wateren is een natuurlijke referentie als ecologisch doel vastgesteld. Voor de sterk veranderende wateren is een lager doel vastgesteld, het zogenaamde Goede Ecologisch Potentieel (GEP). Dit GEP is bepaald aan de hand van de Ecologische Kwaliteits Ratio (EKR). Deze EKR is gebaseerd op de volgende parameters:

- Fytobenthos (verzamelnaam voor wieren en algen die vastgehecht zijn aan de bodem of wanden van een waterlichaam).
- Macrofyten (water –en oeverplanten).
- Macrofauna (kleine waterdieren).
- Vissen.

Het GEP is een afgeleide van het Maximaal Ecologisch Potentieel (MEP). Het MEP geeft aan wat de allerhoogst haalbare ecologische toestand is voor een waterlichaam.

Het MEP is de ecologische toestand die onder de bestaande hydromorfologie¹ van het waterlichaam maximaal haalbaar is na uitvoering van realiseerbare, mitigerende maatregelen. Mitigerende maatregelen zijn bijvoorbeeld het aanleggen van vistrappen, natuurlijke oevers en het instellen van een natuurlijk peilbeheer.

De KRW onderscheid twee categorieën niet natuurlijke wateren. Dit zijn sterk veranderende en kunstmatige wateren.² Voor sterk veranderende en kunstmatige wateren mag rekening gehouden worden met hydromorfologische ingrepen of omstandigheden die niet opgeheven kunnen worden.³

Een voorbeeld hiervan is: Een rechtgetrokken beek met stuwen in een landbouwgebied heeft een (tegennatuurlijk) vast peilbeheer. Dit veranderen in een natuurlijk peilbeheer zou betekenen dat de water aan- en afvoerfunctie van de omliggende landbouwgronden wordt beperkt.⁴ Dit leidt dan tot significante sociaal-economische effecten. Omdat er een categorie is van 'sterk veranderende en kunstmatige wateren' hoeft de KRW deze maatregel dus niet meer te nemen. Bij de stuwen zouden wel vistrappen aangelegd kunnen worden, dit staat de landbouw niet in de weg. Bij het uitvoeren van deze maatregelen moet er rekening worden gehouden met het kostenplaatje.

Het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa is zo'n sterk veranderd water. De ecologische doelstelling van dit waterlichaam is in oktober 2007 door waterschap Hunze & Aa's vastgesteld. Hierbij was de conclusie dat het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa *niet* voldoet aan de eisen van de KRW. Knelpunten met KRW zijn grotendeels te wijten aan hydromorfologische ingrepen uit het verleden die een optimaal ecologisch functioneren beperken.

¹ Hydromorfologie: "De leer van de vormen in het landschap ontstaan door water".

Bron: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Hydromorfologie>

² Rijkswaterstaat, *Referenties en Maatlatten voor Natuurlijke Watertypen voor de kaderrichtlijn water*, Utrecht 2007, pagina 2.

³ *Eerste analyse KRW-doelen, maatregelen en kosten voor de waterlichamen in Rijn-noord en Nedereems*, Arcadis, 28-07- 2006.

⁴ Zie voor een uitgebreide omschrijving van de referentie van het waterlichaam: Rijkswaterstaat, *Referenties en Maatlatten voor Natuurlijke Watertypen voor de kaderrichtlijn water*, Utrecht 2007, pagina 177.

De belangrijkste knelpunten samenhangend met KRW zijn:

- De beide beken zijn 100% gekanaliseerd en genormaliseerd (zie fig. 1-1 en 1-2).
- Een tegennatuurlijk peilbeheer, het zomerpeil is hoger dan het winterpeil
- Ontbreken van natuurlijke inundatiezones⁵ en de huidige oeverinrichting.
- Er zijn minstens 10 stuwen die migratiebarrières vormen voor vissen.

Ook de fysisch-chemische waterkwaliteit van het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa is niet optimaal voor het ecologische functioneren. De parameters/ stoffen die van invloed zijn op de waterkwaliteit zoals: fosfaat, stikstof, doorzicht en zuurstof, voldeden in de periode 2000-2005 niet aan de gebiedsgerichte normen opgesteld door het Waterschap Hunze en Aa's. Over het geheel genomen wordt de huidige ecologische toestand van het waterlichaam Pagediep en Mussel Aa als ontoereikend beschouwd.⁶

Waterberging:

Door het waterschap Hunze & Aa's wordt in verband met de verwachte klimaatverandering in het kader van Waterbeheer 21^e eeuw (WB21) een areaal gezocht waar in geval van dreigende wateroverlast, tijdelijk water geborgen kan worden.

"De afgelopen decennia hebben grote delen van Nederland te kampen gehad met ernstige wateroverlast als gevolg van extreme regenval. Vooral in oktober 1998 was de situatie in de provincie Groningen en Noord- Drenthe ernstig. Bij langdurige zware regenval op een reeds met water verzadigde bodem, beperkte de heersende noordwestenwind de mogelijkheden om boezemwater onder vrij verval op de Waddenzee te lozen. Op deze extreme omstandigheden was het waterhuishoudkundige systeem niet berekend. Boezemkaden moesten plaatselijk met zandzakken worden verhoogd en versterkt en enkele polders moesten tijdelijk onder water gezet worden om erger te voorkomen."⁷

Deze hierboven beschreven gebeurtenissen waren de aanleiding tot het aanwijzen van een aantal bergingsgebieden in de Provincie Groningen. In het watersysteem Westerwolde, waarvan het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa deel uitmaakt, ligt de opgave tot het vasthouden van 6 miljoen m³ water. Hiervan is inmiddels voor 3 miljoen m³ ruimte gevonden binnen de EHS⁸ van de Ruiten Aa. Voor 1 miljoen m³ water is elders in de provincie Groningen berging gevonden. Er ligt dus nog steeds een opgave voor het vinden van een areaal waar 2 miljoen m³ water geborgen kan worden.

Functie gebied:

De functie van het gebied staat grotendeels beschreven in het Groningse Provinciaal Omgevingsplan II (POP II: 2004-2009) en het POP 2009-2013 (zie figuur 1-3). Het Pagediep- Mussel Aa ligt niet in de EHS, maar beide beken monden gezamenlijk uit in het Veelerdiep, die wel in de EHS ligt. Bovendien geeft het POP II aan dat : "Voor de gewenste natuurkwaliteit in de EHS moet op veel plaatsen de kwaliteit van het water en milieu in en buiten de EHS worden verhoogd." "Wij zullen hier stimuleringsbeleid inzetten om de negatieve beïnvloeding van de EHS vanuit hoger gelegen gebieden te verminderen. Waar stimuleren onvoldoende oplevert kan op langere termijn functieverandering worden overwogen."⁹

Zoals, ook al in 'toekomst van het onderzoekgebied' is vermeld, is de loop van het Pagediep aangewezen als Ecologische Verbindingszone in het POP 2009-2013. De

⁵ Inundatiezone: Een zone waar onder invloed van een natuurlijk peilregime in de winter beekwater inundeert.

⁶ Bron: Factsheets, bijlage 10: Pagediep en Mussel Aa, KRW-rapportage doelen, maatregelen en kosten Waterschap Hunze en Aa's, Waterschap Hunze en Aa's, 30 okt. 2007, pagina 9.

⁷ Bron: De aanwijzing van het bergingsgebied Bovenlanden en het noodbergingsgebied Hamdijk in het waterschap Hunze en Aa's, partiële herziening planuitwerking december 2008 Provincie Groningen, 2008.

⁸ EHS is de Ecologische Hoofd Structuur

⁹ POPII, pagina 46

loop van de Mussel Aa in de provincie Groningen echter niet, terwijl er wel een ecologische verbindingszone vanuit de provincie Drenthe richting de loop van de Mussel Aa is aangewezen. "Ecologische verbindingen zijn essentiële onderdelen van de ecologische hoofdstructuur. Ze verbinden gebieden waardoor de ecologische kwaliteit van de gebieden en de draagkracht toeneemt. Levensgemeenschappen van planten en dieren kunnen zich daardoor beter handhaven en ontwikkelen".¹⁰

De loop van de beide beken is verder aangemerkt als 'landschapsontwikkelingszone' en 'karakteristieke waterloop'.¹¹ Dit is een zone waarbinnen de Provincie, passend bij de kernkarakteristieken van het gebied, landschappelijke ontwikkeling met meervoudig ruimtegebruik wil stimuleren met behoud van watergangen die essentieel zijn voor het karakter van het landschap.

De functie van een gebied bepaalt grotendeels de eisen van de KRW en daarmee het beleid van het waterschap. De huidige functie van het omringende gebied is momenteel landbouw. De waterhuishoudkundige inrichting van het gebied is hierop ingericht. Het Pagediep- Mussel Aa heeft voornamelijk een aanvoer- en afvoerfunctie. In perioden met neerslagoverschot kan het overtollige water snel worden afgevoerd, in perioden met een neerslagtekort is het water snel aan te voeren. Er wordt veelvuldig gebruik gemaakt van stuwen om het landbouwpeil te handhaven.

De hydromorfologische aanpassingen uit het verleden van het Pagediep- Mussel Aa zijn niet meer terug te draaien zonder dat dit leidt tot significante schade voor de huidige functie landbouw. Bij bepaling van het GEP mag daarom van de KRW een betrekkelijke lage doelstelling gehanteerd worden. Maar zelfs deze lage doelstelling wordt momenteel niet gehaald. Zou echter de functie van het gebied veranderen in bijvoorbeeld natuur, dan veranderen de ecologische doelstellingen mee. In een gebied met de functie natuur zijn immers andere ecologische doelstellingen vereist dan in een gebied met landbouw.

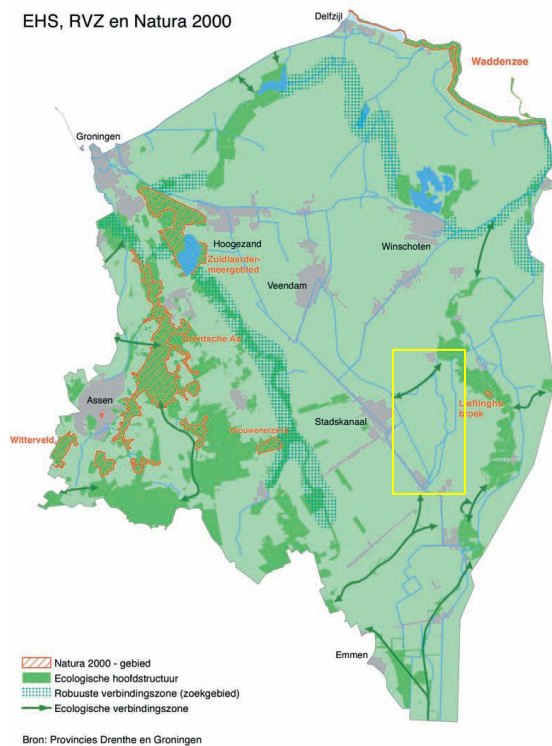
Behalve de hierboven beschreven functies van het gebied wordt er in de POP ook geschreven over een landschapsontwikkelingszone. Dit betekent dat nieuwe ontwikkelingen de ruimte krijgen (meervoudig ruimte gebruik), hierdoor zullen er andere functies voor het gebied kunnen ontstaan. Denk hierbij aan een combinatie van hoogwaardig wonen aan de randen, kleinschalige waterberging, particulier natuurbeheer en of grootschalige landbouw.¹²

In dit onderzoek wordt gekeken hoe waterberging en hermeandering past indien het onderzoeksgebied een andere functie zou krijgen dan landbouw. Misschien biedt deze functieverandering een goede kans voor waterschap Hunze en Aa's om het beekdal hydromorfologisch te verbeteren zonder rekening te houden met de eisen van de landbouw. Dit biedt een goede kans om het beekdal te herstellen en te kunnen voldoen aan de KRW en WB21.

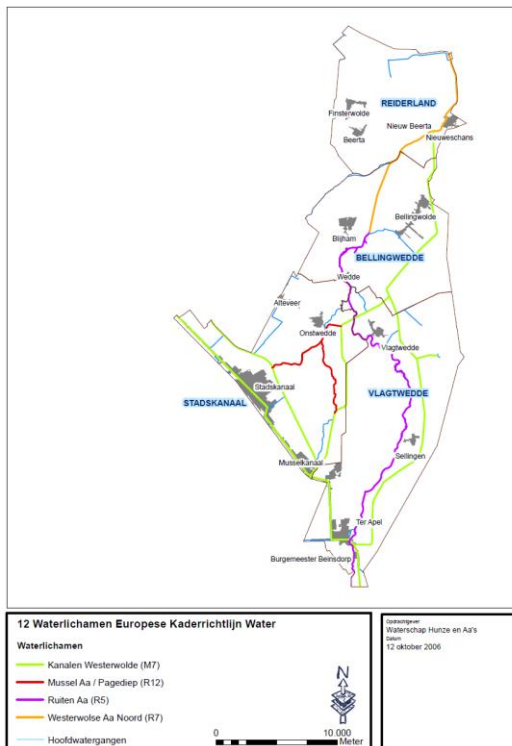
¹⁰ Bron: Atlas van Drenthe, EHS kaart 2012: <http://www.drenthe.info/kaarten/website/fmc2/ehs2012.html>

¹¹ Zie bijlagen POP 2009-2013

¹² Bron tijdens stage ontvangen: Concept paragraaf 8.1: POP Gebiedsopgave Veenkoloniën-Zuid.



Figuur 1-3 Geel blok is het onderzoeksgebied (beheerplan Waterschap Hunze en Aa's 2010-2015)



Figuur 1-4 - Waterlichamen Europese Kaderrichtlijn water

1.2. Gebiedsbegrenzing onderzoeksgebied

Het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa bestaat uit twee beken die in het oostelijke deel van de provincie Groningen liggen (gemeente Stadskanaal). Het waterlichaam maakt deel uit van het stroomgebied van de Westerwoldse Aa (zie figuur 1-4). Het Pagediep loopt van Stadskanaal in noordoostelijke richting naar Onstwedde en is ongeveer 7 km, de Mussel Aa loopt van Musselkanaal richting Ontwedde, waarbij de Mussel Aa zich onder Onstwedde samenvoegt met het Pagediep en is ongeveer 11 km lang. In bovenstaand figuur 1-3 is de gebiedsbegrenzing van het onderzoek weergegeven.

1.3. Probleemschets

Het probleem dat ten grondslag aan dit onderzoek ligt is ten eerste dat uit onderzoek door Waterschap Hunze en Aa's is gebleken dat het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa, in de huidige functie landbouw, momenteel niet voldoet aan de eisen van de KRW. Ten tweede wordt door het Waterschap een areaal gezocht waar in geval van dreigende wateroverlast, tijdelijk 2 miljoen m³ water geborgen kan worden.

Hermeandering en kleinschalige waterberging kunnen theoretisch goed samengaan. Hermeandering kan tevens een oplossing zijn met betrekking tot de knelpunten van de KRW. Momenteel heeft het stroomgebied voornamelijk een landbouwfunctie, maar deze functie zou in de toekomst mogelijk kunnen veranderen in een functie waarbij de natuur een grotere rol speelt.

In het Provinciaal Omgevingsplan Groningen III (POP III) zijn de beekdalen van het Pagediep- Mussel Aa aangemerkt als landschapsontwikkelingszone. Binnen deze zone kunnen nieuwe ontwikkelingen de ruimte krijgen. Juist hierom is dit voor het Waterschap een interessant gebied. Dit geeft aanleiding om de mogelijkheden voor de combinatie van hermeandering en waterberging te onderzoeken. Landgebruik bepaalt immers welk (peil)beheer en daarmee welk dwarsprofiel/ structuur een beek heeft. De huidige landbouwfunctie bepaalt momenteel welke maatregelen en eventuele verbeteringen het Waterschap kan nemen om de waterkwaliteit te verbeteren. Door deze huidige

landbouwfunctie worden de mogelijkheden tot verbeteringen beperkt. Zou het gebied een andere functie krijgen, dan is er ook een ander beleid mogelijk.

In dit onderzoek wordt gekeken naar de mogelijkheden voor de inrichting van het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa aan de hand van drie verschillende functies. Deze functies zijn: gangbare landbouw, extensieve landbouw¹³ en natuur. Hierbij wordt ook de mogelijkheid tot waterberging en hermeandering uitgewerkt en bekeken hoe dit past in de verschillende functies. Dit betreft functies voor het landschap die voorgesteld zijn in het onderzoeksvoorstel die samen met de hydroloog van waterschap Hunze en Aa's zijn opgesteld. Vervolgens worden deze functies getoetst aan de ecologische eisen van de Kaderrichtlijn water.

1.4. Doelstelling en randvoorwaarden

Doelstelling:

Gezien de bovenstaande probleemschets kom ik tot de volgende doelstelling:

- Het uitwerken van mogelijkheden tot hermeandering in het waterlichaam: Pagediep- Mussel Aa.
- Het kwantificeren van mogelijkheden tot kleinschalige waterberging in het waterlichaam: Pagediep- Mussel Aa.
- Het formuleren van de inrichting voor de drie scenario's met de drie verschillende functies:
 - I. Pagediep- Mussel Aa met de functie landbouw.
 - II. Pagediep- Mussel Aa met de functie extensieve landbouw.
 - III. Pagediep- Mussel Aa met de functie natuur.
- Het beoordelen van de scenario's aan de ecologische eisen van de Kaderrichtlijn water.

Randvoorwaarden:

Het waterschap Hunze en Aa's heeft veel ervaring opgedaan met de inrichting van het waterlichaam de Ruiten Aa, tevens onderdeel van de Westerwoldse Aa. Het proces van hermeandering van deze beek is anno 2013 nog steeds gaande. Dit is gedaan door de historische loop uit circa 1950 weer uit te graven en in te richten op een zo'n natuurlijk mogelijke manier. Om voldoende debiet in de Ruiten Aa te behouden wordt deze beek kunstmatig gestuurd met behulp van een voedingsleiding (inlaatwater vanuit het Ruiten Aa kanaal). Hierbij wordt de kwantiteit van het 'beekwater' belangrijker geacht dan de kwaliteit.

De hermeandering heeft in het waterlichaam Ruiten Aa gezorgd voor een afwisselend landschap. Dit heeft geresulteerd in een positief effect op de soortensamenstelling.¹⁴ Het bevorderen van afwisselend landschap is van belang voor de plannen van de Provincie Groningen, die in het beekdal ontwikkelingen willen stimuleren en het beekdal aantrekkelijker willen inrichten voor meerdere functies, zoals hoogwaardig wonen en toerisme. Het positieve effect op de soortensamenstelling is van belang voor de eisen van de KRW en zal de ecologische verbindingzones ten goede komen.

Door het waterschap wordt een areaal gezocht waar in geval van dreigende wateroverlast, tijdelijk 2 miljoen m³ water geborgen kan worden. Wellicht biedt het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa ruimte voor deze waterberging zonder al te veel aanpassingen en/of aantastingen van het landschap.

Na aanleiding van het bovenstaande kunnen de randvoorwaarden in een aantal punten worden samengevat. Deze zijn:

- 1) De hermeandering moet plaatsvinden in combinatie met inundatiezones waarbij de historische loop uit ca. 1950 (voor de normalisatie) zoveel mogelijk het uitgaanspunt is.

¹³ Manier van landbouw bedrijven waarbij weinig arbeid en kapitaal worden gebruikt per hectare of per dier.

¹⁴ Zie voor een uitgebreide omschrijving hiervan: M. Bakker, 'Evaluatie Proefproject Hermeandering Ruiten Aa', IWACO 8-11- 2001.

- 2) Het debiet van de beek mag kunstmatig gestuurd worden door inlaat water vanuit omliggende kanalen.
- 3) De aantrekkelijkheid van het landschap moet worden ontwikkeld.
- 4) In het onderzoeksgebied moet een areaal voor berging van 2 miljoen m³ water gevonden worden.
- 5) Het waterlichaam Pagediep-Mussel Aa moet voldoen aan de ecologische eisen van de KRW.

1.5. Onderzoeksvraag en deelvragen

De hoofdvraag van dit onderzoek luidt: *"Hoe en waar is het mogelijk hermeandering en kleinschalige waterberging te realiseren in het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa? En hoe voldoet dit dan aan de eisen van de KRW?"*

Om de hoofdvraag te beantwoorden zijn de volgende deelvragen geformuleerd:

- a) Hoe ziet de structuur¹⁵ van het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa er tegenwoordig uit?
- b) Wat zijn de eisen van KRW ten aanzien van de structuur van het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa?
- c) Op welke plekken en wijze kan de hermeandering worden gerealiseerd, zoals het voor de kanalisatie/normalisatie eruit zag?
- d) Waar kan kleinschalige waterberging worden gerealiseerd en welke maatregelen zijn hier voor nodig?
- e) Welke inrichtingsmaatregelen kunnen worden genomen met betrekking tot de verschillende functies van het landschap?
- f) Hoe voldoet de inrichting van het landschap met de drie verschillende functies aan de Kaderrichtlijn water met behulp van de methode van Arcadis?

1.6. Onderzoeksmethode

Hieronder wordt in hoofdlijnen besproken waar het onderzoek uit bestaat. Deze hoofdlijnen worden in detail per hoofdstuk beschreven. Het onderzoek bestaat uit verschillende stappen:

Stap 1 bestaat uit een literatuur- en inventarisatiefase. Hierin wordt de nodige informatie en achtergronden om het onderzoek te starten verzameld.

Stap 2 bestaat uit het onderzoeken naar de mogelijkheden tot hermeandering van het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa.

Stap 3 bestaat uit het onderzoeken naar de mogelijkheden tot kleinschalige waterberging in het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa.

Stap 4 is een beschrijving van de drie verschillende functies met betrekking tot de inrichting van het landschap. Dit resulteert in drie verschillende scenario's waarmee de functies kunnen worden getoetst.

Stap 5 bestaat uit het toetsen van de verschillende scenario's aan de ecologische eisen van de KRW met behulp van de methode van Arcadis.

Stap 6 is de evaluatie en conclusie.

1.7. Literatuur- en inventarisatiefase

In de literatuur- en inventarisatiefase is de nodige informatie, die van belang is voor het onderzoek, verzameld om het onderzoek te starten. Dit is een belangrijke fase om een beeld van het gebied te vormen. Hieronder worden in een aantal punten de verrichtingen genoemd die zijn uitgevoerd in deze fase:

- Om inzicht te verkrijgen in het functioneren van een beekdal is onder andere: 'Beken stromen, leidraad voor ecologisch herstel' van Piet Verdonshot et al. bestudeerd.

¹⁵ Met structuur wordt de vorm van de beek bedoeld.

- Om de huidige situatie met betrekking tot de structuur van het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa te beschrijven zijn digitale gegevens (data), zoals de bodemkaart en de leggergegevens¹⁶, met behulp van het GIS- programma Arc View GIS 3a¹⁷ bestudeerd. Met dit GIS- programma was er gedeeltelijk bekendheid. De nog ontbrekende kennis is tijdens de afstudeerstage bij het Waterschap Hunze en Aa's opgedaan.
- Om inzicht te krijgen over de geschiedenis van het onderzoeksgebied is onderzoek gedaan in het archief van het waterschap Hunze en Aa's.
- Om een indruk te krijgen van het gebied is in samenwerking met de peilbeheerder Jeroen Fuhler en hydroloog Jan den Besten een veldbezoek uitgevoerd.
- Er zijn bijeenkomsten van de Provincie Groningen over het POP Gebiedsopgave Veenkoloniën Zuid bijgewoond om een indruk te krijgen over het huidige beleid en de toekomstplannen.
- Een Schetsschuit¹⁸ over de inrichting van het Ellersinghuizerveld (Ruiten Aa) is bijgewoond zodat er een beeld kon worden gevormd over hoe de inrichtingsplannen met betrekking tot beekherstel verlopen.
- Samen met de ecologen van het Waterschap is er een veldbezoek bij de Ruiten Aa (gedeelte Vlagtwedde) gerealiseerd. Doel hiervan was een impressie te krijgen van de inrichting van een recent gehermeanderd gebied.

1.8. 'Mini-schetsschuit' over het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa

In een latere fase van de stage (stap 4) is er bij het waterschap Hunze en Aa's een bijeenkomst georganiseerd. Als voorbereiding op deze 'mini-schetsschuit' is een presentatie gehouden over dit afstudeeronderwerp tijdens een bijeenkomst van de Provincie Groningen i.v.m. het POP Gebiedsopgave Veenkoloniën Zuid. Dit vond plaats in het gemeentehuis van Stadskanaal.

¹⁶ Een legger is een openbaar register waarin waterlopen zijn opgenomen die van overwegend belang zijn voor het waterbeheer. Van deze legger-waterlopen zijn de afmetingen en de onderhoudsplichtigen vastgelegd alsmede de bijbehorende kunstwerken..

¹⁷ Arc View GIS is een geografisch informatiesysteem.

¹⁸ Een schetsschuit is een werkwijze waarbij deskundigen samen met mensen uit de streek schetsenderwijs op zoek gaan naar ontwikkelingsrichtingen voor de toekomst. Het resultaat van de schetsschuit is een conceptstreefbeeld voor een bepaald gebied.

2. Gebiedsbeschrijving waterlichaam Pagediep- Mussel Aa

2.1. Inleiding

Het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa is een onderdeel van het stroomgebied de Westerwoldse Aa, waarvan de Ruiten Aa ook een beekloop is. De Ruiten Aa is onlangs op verschillende tracés gehermeanderd. De ervaringen opgedaan met deze hermeandering worden gebruikt als inspiratiebron voor dit onderzoek.

De Ruiten Aa is net als het Pagediep en Mussel Aa grotendeels in de jaren '50 gestuwd en gekanaliseerd. Ondanks deze ontwikkelingen blijkt het toch mogelijk om nog een vrijstromende meanderende laaglandbeek te realiseren. Inmiddels is er al vergaand aan dit project gewerkt. Veel gedeelten van dit stroomdal zijn gehermeanderd. Dit proces is nog steeds gaande (zie hieronder figuur 2-1 en figuur 2-2).



Figuur 2-1 Ruiten Aa, Vlagtwedde
(foto E. Beukema 24-11-2008)



Figuur 2-2 Vispassage Ruiten Aa (foto E. Beukema)

2.2. Waterhuishouding Pagediep- Mussel Aa

Het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa is in de jaren 50 geheel genormaliseerd, daardoor heeft de huidige structuur momenteel meer weg van een brede sloot of zoals de Noord-Groningers zeggen een 'maar'¹⁹, dan van een beek. Maar als je goed kijkt en veel inbeeldingsvermogen hebt, is er toch nog een beekdallandschap zichtbaar. In het verleden heeft hier duidelijk een slingerend beekje tussen hoger gelegen gronden gelopen.

Het Pagediep wordt op zijn Westerwolds *Pòggedaip* of *Pòggendaip* genoemd wat *Kikkerdiep* betekent. De naam Mussel Aa stamt af van het woord *mussel* wat laag, moerassig land betekent. Door de bodemsamenstelling (veen) van het afwaterende gebied heeft het water in het stroomgebied een bruine kleur en een troebel karakter (zie figuur 2-3 en 2-4).

¹⁹ De naam 'maar' is afkomstig van het Oud-Friese woord *maer*. Daarmee werd een gegraven(!) waterloop aangeduid die de grens tussen dorpsgebieden vormde en tevens diende voor de gezamenlijke afwatering van die gebieden. Bij de aanleg werd veelal uitgegaan van natuurlijke kreken, maar soms werden ze helemaal nieuw gegraven. Bron: Maren in noord Groningen, ideeën en voorbeelden, uitgegeven door Projectgroep Maren in Noord Groningen, teksten: Marien Bügel en Hans Eilert. April 2005.



Figuur 2-3 Stuw Pagediep ter hoogte van Ter Maarsch (foto: E. Beukema 23-9-2010)



figuur 2-4 Stuw Onstwedde (foto E. Beukema 23-9-2010)

Het beekdal, waarin het Pagediep zich bevindt, helt af in noordoostelijke richting en is een bijna geheel vrij afwaterend systeem. Nabij Stadskanaal bedraagt de maaiveldhoogte circa NAP + 5 m. In de omgeving van Onstwedde, een oud esdorp, is dit circa NAP + 2.5 m. Het Pagediep heeft vanaf Stadskanaal tot de samenvloeiing met de Mussel Aa ter hoogte van Onstwedde een lengte van circa 5 km. De maaiveldhoogte bij de samenvloeiing is circa NAP + 2.0m (zie bijlage II: kaart 1 'maaiveldhoogte').

Het beekdal waarin het Mussel Aa zich bevindt, helt af richting het noorden. Nabij Musselkanaal bedraagt de maaiveldhoogte circa NAP + 8.0 m. In de omgeving van Onstwedde is dit circa NAP + 2.5 m. Het is een voor Groningse begrippen sterk hellend gebied. De Mussel Aa heeft vanaf Musselkanaal tot aan de samenvloeiing met het Pagediep een lengte van circa 12 km. Hierna stroomt het Pagediep- Mussel Aa gezamenlijk verder in het in 1900 gekanaliseerde gedeelte van circa 1300 m richting en door Onstwedde.

Het stroomgebied beslaat 5132 hectare. Er zijn 4 stuwen in het Pagediep en 8 stuwen in de Mussel Aa. Er is één elektrisch afvoergemaal (peilbeheer 1405) ter hoogte van Onstwedde (2 pompen capaciteit: 22.950 m³/minuut). Door het grote hoogteverschil (verval) in het gebied zijn er veel, namelijk circa 51 peilgebieden die direct op het Pagediep- Mussel Aa afwateren. Het hoogste zomerpeil is 8.40 m Het laagste is 1.50 m (winterpeil van 8.30 m naar 1.00 m).

Samen met de beeksystemen van Mussel Aa, Pagediep, Runde en Ruiten Aa voeren de Kanalen Westerwolde het overtollige water uit het gebied Westerwolde af naar de Westerwoldse Aa om uiteindelijk in de Dollard te eindigen. In langdurige droge perioden wordt er water aangevoerd vanuit de boezem²⁰ (water vanuit het IJsselmeer) naar het stroomgebied van de Westerwoldse Aa.²¹ Tot zover de waterhuishouding van het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa. In de volgende paragraaf wordt ingegaan op de geschiedenis van dit gebied.

2.3. De kanalisatie

Het gebied waarin het waterlichaam Mussel Aa- Pagediep ligt, was oorspronkelijk een groot hoogveengebied dat via een aantal beken afwaterde naar de Dollard. De belangrijkste beken voor deze afwatering zijn: de Runde, de Ruiten Aa en de Westerwoldse Aa.

²⁰ De boezem is dat deel van het oppervlaktewater dat geen vast peil heeft. Het is meestal geen onderdeel van een polder, maar dient er toe polderwater op te slaan voor het wordt afgevoerd. Over het algemeen wordt het water uit de boezem op een rivier geloosd die het water naar zee of naar het IJsselmeer brengt. Wanneer waterlozing niet op een natuurlijke manier mogelijk is, slaat een boezemgemaal het water uit; in andere gevallen wordt het boezemwater middels een spuisluis geloosd.

http://nl.wikipedia.org/wiki/Boezem_%28water%29

²¹ Projectgroep Waterdrager Westerwolde, 2006.



Figuur 2-5 Pijnackerkaart 'Drenta Comiatius' (17^e eeuw) Nog niet eens zo lang geleden troffen we in het noorden van Nederland en Duitsland ruim 160.000 hectare hoogveen aan. Uitgestrekte, ontoegankelijke gebieden, slechts ontsloten door enkele wegen over hogere zandruggen door het veen, het Bourtanger Moor, begrensd door Groningen en oostfriese zeelei in het noorden, de Hondsrug in het westen, het Schoonebeekerdiep, in Duitsland overgaand in de Aa, in het zuiden en het dal van de Eems, grenzend aan de Hümmling in het oosten (Veenatlas, 2006).

De Mussel Aa was aanvankelijk een veenbeek, dit is ook de referentie waarin de toestand van het waterlichaam wordt beoordeeld met betrekking tot de KRW. Het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa wordt gerekend tot de categorie 'Rivieren' vanwege het stromend, lijnvormige karakter van beide beken. Aan het waterlichaam is het watertype: langzaam stromende middenloop/ benedenloop op veenbodem toegekend (R12)²² (zie figuur 1-4 en bijlage II: kaart 6 'veengeulen').

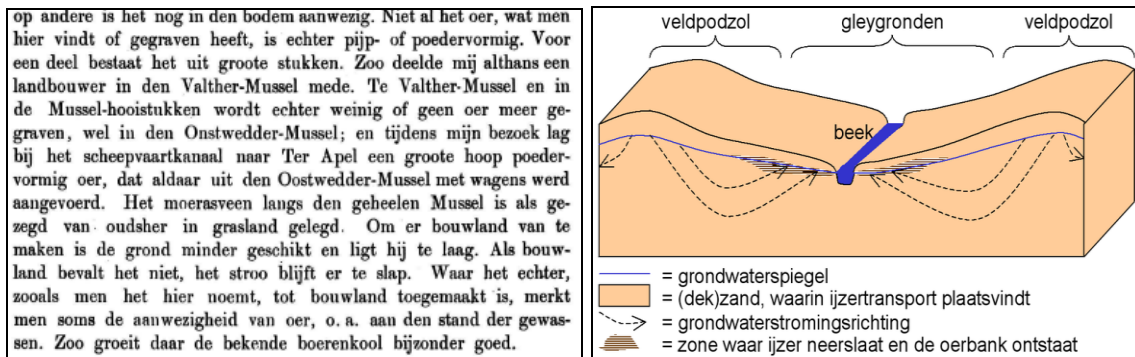
Het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa ontsprong oorspronkelijk in het Bourtangermoeras bij Valthe onder de Hondsrug. Hier werd de beek dikwijls Valtherdiep genoemd. De weiden langs de beek waren in gebruik als weidegrond of hooilanden. Nabij Valthe was een belangrijke doorgang door het Bourtangermoeras aanwezig. Van het Valtherdiep dat ooit onder het dorp Musselkanaal lag is momenteel niets meer te vinden.

De Mussel Aa begint momenteel in het dorp Musselkanaal. Musselkanaal is ontstaan mede dankzij de aanleg van het Stads Musselkanaal (niet te verwarren met het Mussel Aa Kanaal) en de grootschalige verving in de 18^e en 19^e eeuw. De venen zijn in de loop van de negentiende en twintigste eeuw geheel ontgonnen voor de turfwinning. Na de intrede van kunstmest omstreeks 1880 werden grote complexen heide/ moerasgronden ontgonnen.

Vanaf 1880 tot 1910 werd tussen Vlagtwedde en Onstwedde een gebied van ongeveer 7000 hectare ontgonnen voor onder andere de turfwinning. De afgraving op grote schaal, gericht op turfwinning en turfhandel, werd gecoördineerd vanuit de stad Groningen en ging gepaard met de aanleg van een uitgebreid kanalenstelsel. In 1766 werd een start gemaakt met het graven van het Stadskanaal, halverwege de 19e eeuw werd Musselkanaal bereikt en in 1856 Ter Apel. De gronden rondom het huidige Musselkanaal raakten in de loop van de 19e eeuw bewoond.

²² Zie voor een uitgebreide omschrijving van de referentie van het waterlichaam: Rijkswaterstaat, Referenties en Maatlatten voor Natuurlijke Watertypen voor de kaderrichtlijn water, Utrecht 2007, pagina 177.

Uit een onderzoek over de verspreiding van het deels poedervormig deels pijpvormig ijzeroer in de provinciën Groningen en Drente uit juli 1902, uitgevoerd door G. Reinders, blijkt dat er veel poedervormig ijzeroer in het verleden is gewonnen. Ook recentere kaarten van het Waterschap Hunze der Aa laat veel ijzer in bodem van het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa zien (zie bijlage II: kaart 5 'ijzer in bodem').



Figuur 2-6 Fragment rapport (G. Reinders 18-07-1902) Figuur 2-7 Schema Beekdal (Nijeholt 2007)

In 1916 is het Mussel-Aa-kanaal gegraven. Dit kanaal loopt voor een deel evenwijdig aan de Mussel Aa en is aangelegd om wateroverlast, veroorzaakt door het afgraven van het Bourtangemoeras, te verhelpen. Door afgraving verdween namelijk de sponswerking van het veen, waardoor de waterafvoer sterk ging fluctueren. Dit kanaal en haar zijtak naar Onstwedde doorsnijdt de Mussel- Aa en heeft grotendeels de waterafvoerende functie overgenomen.

In 1916 kreeg Onstwedde in het kader van het plan van de 'Vereniging ter bevordering van de kanalisatie' ook een haven, die er tot de jaren zestig is geweest. De genoemde vereniging werd in 1892 opgericht door Boelo Luitjens²³ om de waterafvoer van Westerwolde te verbeteren.

Door de uitvoering van een kanalenplan tussen 1905 en 1920 werd de wateroverlast in deze streek sterk verminderd en werd de bereikbaarheid van de streek voor scheepvaart vergroot. De beken Pagediep en Mussel Aa werden tijdens ruilverkavelingen van na de Tweede Wereldoorlog (1952) in zijn geheel gekanaliseerd/genormaliseerd.²⁴

2.4. De normalisatie

Van de normalisatie van het stroomgebied Mussel Aa Pagediep dat in de jaren 50 plaatsvond zijn in het archief verschillende documenten gevonden. Een rapport over de begroting opgemaakt door Cultuurtechnische Dienst in samenwerking met de Nederlandsche Heidemaatschappij uit 1954 geeft aan dat deze "verbetering van de Mussel-A en de benedenloop van het z.g. Pagediep, alsmede van enkele zijleidingen, afwaterende op de Mussel -A, e.e.a." toentertijd inclusief een omzetbelasting van 3% f143.582,00 zou gaan kosten!²⁵

Uit dit bovengenoemde rapport blijkt dat er oorspronkelijk van de gedachte werd uitgegaan om de meest grillige bochten af te snijden om daardoor een vluigere afstroming van het water te verkrijgen en de loop te bekorten. Vanuit het Provinciaal Bestuur werd hiertegen echter bezwaar gemaakt. Daarom wordt in deze begroting het

²³ De geschiedenis van Westerwolde, deel 3: De Middelen van Bestaan. Door F. Post A.C. van Oorschot m.m.v. J.J. van de Heide, blz. 164-168 uitgegeven door Stichting Gebroeders Hesse Fonds en Van Dijk en Voorthuis.1993

²⁴ Bron: http://nl.wikipedia.org/wiki/Vereniging_ter_bevordering_van_de_kanalisisatie_van_Westerwolde en Brakkee, V, 1998, *Sporen uit het verleden: Een cultuurhistorische fietsroute in Valthersmond*. Op basis van afstudeeronderzoek Regionale Geografie.

²⁵ Dit rapport is een begroting van de normalisatie van het Pagediep- Mussel Aa. Door mij ontvangen tijdens de stage bij Waterschap Hunze Aa.

bestaande tracé gevolgd en worden de bochten voornamelijk beneden Onstwedde geheel in tact gelaten. Door het in tact laten van de bochten zal het noodzakelijk zijn om belangrijke voorzieningen ter bescherming van de oevers in de bochten aan te brengen.

Bij het Waterschap waren er mensen, die net als tegenwoordig, opkomen voor de verfraaiing van het landschap en daarom bezwaar maakten tegen de “verbetering Mussel A e.a.” Dit blijkt uit een brief van 12 februari 1954 aan “de Gedeputeerde Staten der Provincie Groningen van de Gecommitteerden uit het hoofdbestuur van het Waterschap “Westerwolde”. Zij zeggen onder andere:

“Evenmin achten wij het aantrekkelijk indien een waterloop met een breedte op het maaiveld van ongeveer 10 meter moet worden gegraven langs het Mussel A kanaal van de Zijtak naar Onstwedde af tot Ter Wupping. Nabij dit gehucht, ter plaatse van de brugwachterswoning, zal de situatie ten aanzien van het landschap naar onze mening stellig ongunstiger worden door het graven van een waterloop met een breedte van 12 á 13 meter op het maaiveld. Ons grootste bezwaar tegen het door U voorgestelde tracé betreft evenwel het gedeelte Veelerdiep van de Krabbenbrug af tot de samenvloeiing met de Mussel A nabij de hooibrug. Van het ons inziens *fraai slingerend riviertje en schilderachtig punt van samenvloeiing** met de Mussel A zal niets overblijven, doordat de nieuw te graven waterloop daar ter plaatse een breedte van 12 á 13 meter op het maaiveld zou moeten krijgen.”

* cursivering door E. Beukema

Net als toen is er ook nu sprake van verfraaien van het landschap door de overheid. Het Pagedal is immers aangewezen als landschapsontwikkelingszone (zie randvoorwaarde 3, pagina 14).

- De aantrekkelijkheid van het landschap moet worden ontwikkeld.

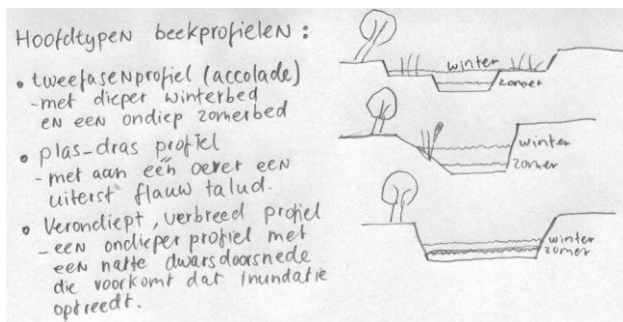
Het terugbrengen van het *fraai slingerend riviertje* ondersteunt deze voorwaarde en kan een belangrijke bijdrage leveren aan de ontwikkeling van het landschap.

2.5. Stroming en structuur van een beek

In het rapport: *Beken stromen* van Verdonschot et al. uit 1995, worden de factoren die een ecologisch functioneren van een beek bepalen, beschreven aan de hand van het zogenaamde 5-S-model:

“De 5 S-en staan voor: systeemvoorwaarden, stroming, structuren, stoffen en soorten. Deze vijf factoren hebben veelal een hiërarchische samenhang. De processen op een hoger niveau zijn meer dominant en sturend voor het lagere niveau. De factor stroming heeft een belangrijk effect op de vorm van een beken het beekdal, ofwel de factor structuren. Dit geldt voor zowel voor de ontwikkeling van het lengte- en dwarsprofiel als voor het ontstaan en verdwijnen van structuren in de beek als substraatmozaïeken, bladdammen en zones waar organisch materiaal bezinkt. De vorm van een beek leidt tot een differentiatie in structuren van beekbodems en beekoevers. Kenmerkend voor een beek is het mozaïek aan leefmilieus. Ook in het beekdal leiden meanderontwikkeling, afsnijding van meanders, overstroming e.d. tot lokale patronen in bodemsamenstelling. Tezamen met kwel en infiltratie ontstaat een verscheidenheid aan levensomstandigheden.”²⁶

²⁶ bron: P. Verdonschot et al., 1995, *Beken stromen*.



Figuur 2-8 Hoofdtypen beekprofielen (E. Beukema)

De huidige structuur van het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa heeft momenteel geen kenmerken meer van een natuurlijk beekprofiel waarvan de hoofdtypen zijn getekend in het figuur 2-8. Wel is er in het beekdal van het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa nog steeds kwel aanwezig, zie hiervoor bijlage II: kaart 3 'kwel/infiltratie'.

Een belangrijk kenmerk van een beek is hoe het water stroomt. De stroming bepaalt de vorm en de structuur van de waterloop en leidt tot het ontstaan van kenmerkende mozaïeken van de leefomgeving van verschillende organismen. De stoffen in het water (kwaliteit van het water) bepalen samen met de beekstructuur en de stroming welke soorten in of bij de beek leven.

De voorzitter van Stuurgroep Project IJsvogel, meneer Ten Boer merkt op in het artikel 'beekherstel in stroomversnelling' dat het belangrijkste probleem met de huidige beken in Nederland de snelle afvoer van water is. Hij zegt dat voor het goed functioneren van een beek er meestal meer water moet worden vastgehouden. Bovendien moet zij kunnen stromen. Na verloop van tijd kan de beek weer in de natuurlijke structuur komen als zij weer op natuurlijke wijze stroomt en schoon is. Ook de typische beekbewoners komen dan meestal terug.²⁷

Beekherstel is het terugbrengen van de beek in min of meer natuurlijke staat. Concreet houdt dit in dat natuurlijke processen zoals erosie, sedimentatie en vegetatieontwikkeling weer de ruimte krijgen. Hermeandering is één van de mogelijkheden van beekherstel. In de praktijk richten veel maatregelen tijdens beekherstel zich op de structuur van de beek: het aanleggen van meanders, het graven van nieuwe profielen, het opruimen van stuwen en/ of het maken van vistrappen. In een goed beekherstel project wordt het hele stroomgebied aangepakt en niet alleen de midden- of benedenloop.

Op basis van Stowa-beoordelingen²⁸ voor stromende wateren is gebleken dat de karakteristiek 'stroming' vaak de beperking is voor het bereiken van een gewenste ecologische kwaliteit. Ook uit recente beoordelingen met de biologische maatlaten voor de KRW blijkt dat veel beken en kleine rivieren onvoldoende scoren voor één of meer biologische kwaliteitselementen. Vaak hangt een lage score samen met een klein aantal of geringe abundantie²⁹ van stromingsafhankelijke soorten zoals bijvoorbeeld de vissoort: het bierpje. Dit is de reden dat bij hermeandering van de Ruiten Aa gekozen is om met gebiedsvreemd water de stroming op peil te houden (zomers maximaal 0.25 m/sec en 's winters maximaal 1.00 m/sec). Zoals Uko Vegter (ecoloog waterschap Hunze en Aa's) opmerkte tijdens een veldbezoek van het net gerealiseerde hermeanderingsproject Ruiten Aa bij Vlagtwedde: "Stroming is zó belangrijk voor een beek dat de kwaliteit van het water best een beetje minder mag zijn".

²⁷ bron: T. Ten Boer (voorzitter Stuurgroep Project IJsvogel), 'Leidraad voor ecologisch herstel van Nederlandse beken. Beekherstel in stroomversnelling' in: Boomblad, november 1995.

²⁸ De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) is het kenniscentrum van regionale waterbeheerders in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart en verspreidt kennis die nodig is om de opgaven waar waterbeheerders voor staan, goed uit te voeren. Bron : <http://www.stowa.nl/>

²⁹ Het begrip abundantie (talrijkheid) is in het ecologisch onderzoek aan levensgemeenschappen een maat voor het voorkomen van soorten op een bepaalde oppervlakte of in een bepaald volume. Bron: Palmer, M. Ordination Methods for Ecologists. Abundance of Species in Ordination

Omdat stroming een dusdanige belangrijke factor is gebleken voor het functioneren van een goed beekstelsel is randvoorwaarde 2 (zie pagina 14) tot stand gekomen. Door het debiet in het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa kunstmatig te sturen met inlaatwater, zal de stroming, net als in de Ruiten Aa, op peil blijven. Dit zal de soortensamenstelling, dus de beoordeling voor de KRW, ten goede komen.

3. Onderzoek naar de mogelijkheden tot hermeandering

3.1. Kaartonderzoek

Het onderzoek naar de mogelijkheden tot hermeandering van het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa bestaat grotendeels uit het bestuderen van (historische) kaarten en (historische) bestektekeningen uit het archief van het Waterschap. Dit onderzoek is nodig zodat er voldaan kan worden aan de volgende randvoorwaarde 1:

- Hermeandering in combinatie met inundatiezones waarbij de historische loop uit ca. 1950 (voor de normalisatie) zoveel mogelijk het uitgangspunt is.

In de literatuur en inventarisatiefase is de nodige kennis opgedaan om de structuur van het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa te kunnen begrijpen en beschrijven. Hieruit kwam naar voren dat de historie erg bepalend is geweest voor de huidige structuur. Daarbij werd ook duidelijk welke belangrijkste hydromorfologische veranderingen er zijn geweest. Deze veranderingen zijn:

- Het aanleggen van het Mussel Aa kanaal rond 1916.
- De normalisatie van de beide beken rond 1955.

Om de historische situatie te kunnen vergelijken met de huidige is de 'oorspronkelijke' loop van het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa rond 1916 opgezocht in een historische atlas. Deze is 'opnieuw' in kaart gebracht door middel van digitalisatie. Met het programma Arc GIS 9.1 is in samenwerking met Piet Mulder van waterschap Hunze en Aa's dit uitgevoerd. Uiteindelijk zijn hiervoor 3 kaartbladen van de Historische Atlas Groningen gebruikt. Deze kaarten dateren uit 1916, kort na het aanleggen van het Mussel Aa kanaal. Zij hebben een schaal van 1: 25000, een schaal die goed te vergelijken is met de huidige kaarten. Door deze historische kaarten met de huidige situatie te vergelijken kon er bepaald worden welke delen van de oorspronkelijke loop zijn verdwenen, rechtgetrokken of compleet verplaatst. De gebruikte historische kaarten zijn:

1. Interne bron: Geertsema kaarten, C vd K, 1910
2. Historische Atlas Groningen, 1:25000, Uitgeverij Robas Producties 1990, verkend 1902. Gedeeltelijk herzien in 1916, uitgave 1918

3.2. Resultaten digitalisering

Een voorbeeld van één van deze kaarten is te zien in figuur 3-1.



Figuur 3-1 Onstwedde (Historische Atlas Groningen, 1:25000, Uitgeverij Robas Producties 1990, verkend 1902. Gedeeltelijk herzien in 1916, uitgave 1918)

Op deze kaart is goed te zien hoe de meanders in 1916 liepen. Door deze kaart te digitaliseren en in te voeren in Arc View is er een kaartlaag gecreëerd die te bewerken is en waarmee berekeningen gemaakt kunnen worden. Uit deze berekeningen blijkt dat het Pagediep voor 2.550 meter van de 6.500 meter niet meer op dezelfde plek ligt. De Mussel Aa ligt voor 1.500 meter van de 12.200 meter niet meer op dezelfde plek. Dit geldt voor een deel van het Pagediep onder Vlagtwedde (zie 1 in figuur 3-2) en een deel van het Mussel Aa. Dit laatste deel heeft vanwege het graven van het Mussel Aa kanaal een andere plek gekregen (zie 2 in figuur 3-2). Dit houdt in dat de loop van beide beken voor 21% niet meer op dezelfde plek liggen. Dit is van belang voor randvoorwaarde 1, waarbij de historische loop uit circa 1950 (voor de normalisatie) het uitgangspunt is.

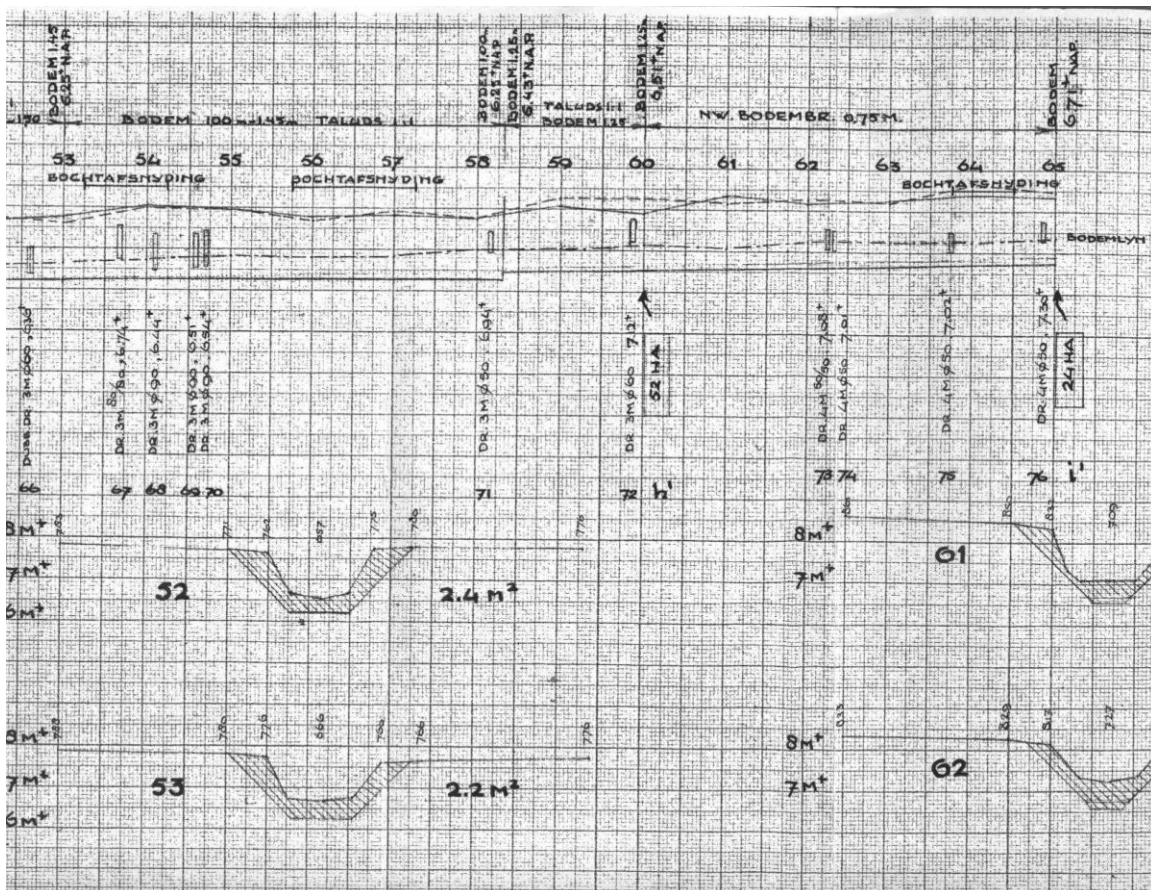
3.3. Bestektekeningen

De bestektekeningen van de normalisatie geven een gedetailleerd beeld van hoe het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa er voor 1952 uitzag. Deze tekeningen zijn goed te gebruiken bij een eventuele hermeandering.

Het oorspronkelijke profiel kan ook in het veld worden teruggevonden. De beekloop is indertijd op veel plaatsen gedempt (de vroegere meanders) en daardoor is er een onnatuurlijk bodemprofiel ontstaan die naar verwachting op relatief eenvoudige wijze kan worden teruggevonden. Dit is bovendien één van de werkwijzen geweest om de Ruiten Aa te hermeanderen.

De bestektekeningen uit het archief van het Waterschap zijn in dit onderzoek gebruikt om het profiel van de beek, zoals deze was voor de normalisatie uit 1955, te bepalen. Hiervoor zijn op 6 plaatsen (3 bij het pagediep en 3 bij de Mussel Aa) de huidige profielen vergeleken met de profielen van vlak voor de normalisatie. Door middel van schetsen zijn tijdens een ‘mini- schetsschuit’ met deskundigen de profielen bepaald voor de drie verschillende scenario’s.

Een voorbeeld van één van de vele tekeningen met dwarsprofielen uit 1952, gevonden in het archief van het waterschap Hunze en Aa's, is te zien in figuur 3-3 hieronder. Op deze tekening is goed te zien hoe indertijd de loop van de Mussel Aa is uitgediept en genormaliseerd. Op de bestektekening is verder goed te zien dat het profiel voor de normalisatie een duidelijk beekprofiel had: smal en diep in de bovenloop, accoladeprofielen in de middenloop en benedenloop en veel kleine meanders over de gehele lengte. Het is interessant om te zien dat profielen uit 1952 van de beek voor de normalisatie precies overeenkomen met de gewenste accoladeprofiel in het scenario met extensieve landbouw in het beekdal.



Figuur 3-3 Deel van tekening: 'Dwarsprofielen Mussel A, vanaf de overlaat bij de kopstukensluis tot Musselkanaal, bijlage 10, schaal 1:100 (getekend door Keulen in opdracht van Waterschap Westerwolde, april '52). Afbeelding gebruikt voor de 'mini-schetsschuit', resultaat van het archiefonderzoek.

4. Onderzoek naar de mogelijkheid tot waterberging.

4.1. Achtergrond waterberging

Langdurige en overvloedig regenval in 1998 gaf aanleiding tot het instellen van de Commissie Waterbeheer 21e eeuw (WB21). In 2000 heeft deze Commissie advies uitgebracht. De uitgangspunten van dit advies zijn: anticiperen in plaats van reageren, meer ruimte voor water naast technische maatregelen, niet afwentelen, maar meervoudig ruimtegebruik en de drietrapsstrategie vasthouden- bergen- afvoeren.

De hierboven genoemde uitgangspunten zijn in de kabinetsnota Anders Omgaan met Water (2000) overgenomen. Naar aanleiding van het advies van de Commissie en Anders Omgaan met Water is in 2003 het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) getekend door het kabinet, gezamenlijke provincies, de Unie van Waterschappen, het Interprovinciaal Overleg, en de Vereniging van Nederlands Gemeenten. In september 2005 hebben de provincies Drenthe, Groningen, de waterschappen en de gemeenten het Regionaal Bestuursakkoord Water (RBW) ondertekend.

Het doel van het RBW is om bindende bestuursafspraken te maken, zoals een afspraak ten aanzien van op welke manier de wateropgave moet worden aangepakt. Het streven van het NBW is dat in 2015 het watersysteem op orde is anticiperend op verwachte klimaatsverandering, zeespiegelstijging, bodemdaling en toename verhard oppervlak.³⁰

In het 'Beheerplan Waterschap Hunze en Aa's' zijn maatregelen beschreven die kunnen bijdragen aan het veilig houden van de boezem na 2015. Deze maatregelen zijn onder andere kleinschalige waterberging en het vasthouden van het water bovenstrooms in de boezem. Hierin wordt ook gesteld dat als gevolg van de klimaatverandering er in de toekomst meer regen zal vallen dan nu. De opgave is om dit water bovenstrooms vast te houden.³¹

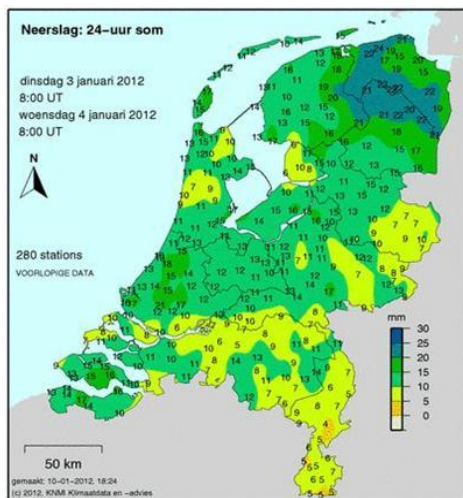
De voorspelling van langdurige en overvloedige regenval kwam op 3 en 4 januari 2012 uit. Er viel op deze dagen 30 mm of meer regen. De eerste week van 2012 is er in het noordoosten van Nederland zo'n 70 tot 90 mm regen gevallen. Normaal valt zo'n hoeveelheid in de hele maand januari. Bovendien trok de wind aan de kust zowel op 3 als op 5 januari aan tot storm, windkracht 9.³² Deze storm verhinderde de spuisluizen het overtollige water buitendijks te lozen. Hierdoor ontstonden overstromingen, bijna overstromingen en waren er evacuaties van verschillende delen van onder andere Groningen en Woltersum.

Ondanks dat er, na de ernstige wateroverlast van 1998, zes nieuwe waterbergingsgebieden zijn aangelegd, die in januari 2012 voor het eerst zijn ingezet om het overtollig regenwater op te vangen, bleek dit nog steeds niet voldoende te zijn. Voorbeelden hiervan zijn: de Onlanden en Kropswolderbuitenpolder.

³⁰ Bron: Ontwerp Nationaal Waterplan, 22-12-2008.

³¹ Bron: beheerplan waterschap Hunze en Aa's 2010 – 2015.

³² Bron KNMI



Figuur 4-1 Neerslag 3-01-2012 (KNMI)



Figuur 4-2 Doorsteken dijk waterbergingsgebied op 08-01- 2012 (foto: Reindert Smit)

4.2. Kleinschalige waterberging

Bij kleinschalige waterberging gaat het om verspreid liggende gebieden met een kleine capaciteit. Om een effectieve hoeveelheid water te bergen is echter een uitgestrekt gebied nodig. In Westerwolde ligt naar aanleiding van de bestuursafspraken, die in paragraaf 4.1 zijn beschreven, de opgave om ruimte te zoeken voor 6 miljoen m³ water. Voor 4 miljoen m³ is inmiddels een oplossing gevonden (o.a. in het EHS gebied) door Waterschap Hunze en Aa's. Voor de resterende 2 miljoen m³ wordt nog naar ruimte gezocht. Het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa biedt wellicht ruimte voor deze opgave.

Momenteel is de functie van het Waterlichaam Pagediep- Mussel Aa landbouw. Waterschap Hunze en Aa's heeft hierdoor de verplichting zich te houden aan de referentienormen voor wateroverlast voor het grondgebruiktype grasland en akkerbouw (zie tabel 4-1). De normen zijn uitgedrukt in de kans dat het peil van het oppervlaktewater het niveau van het maaiveld overschrijdt.

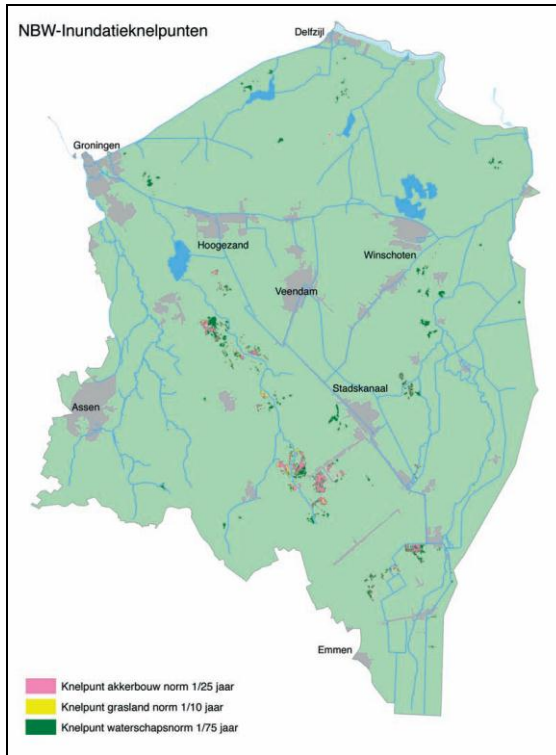
Tabel 4-1 Referentienormen wateroverlast voor grondgebruiktype

Normklasse gerelateerd aan grondgebruiktype	Maaiveld criterium (% van het maaiveld)	Referentienorm (1/jaar)
Grasland	5 %	1/10
Akkerbouw	1%	1/25
Hoogwaardige land- en tuinbouw	1%	1/50
Glastuinbouw	1%	1/50
Bebouwd gebied	0%	1/100

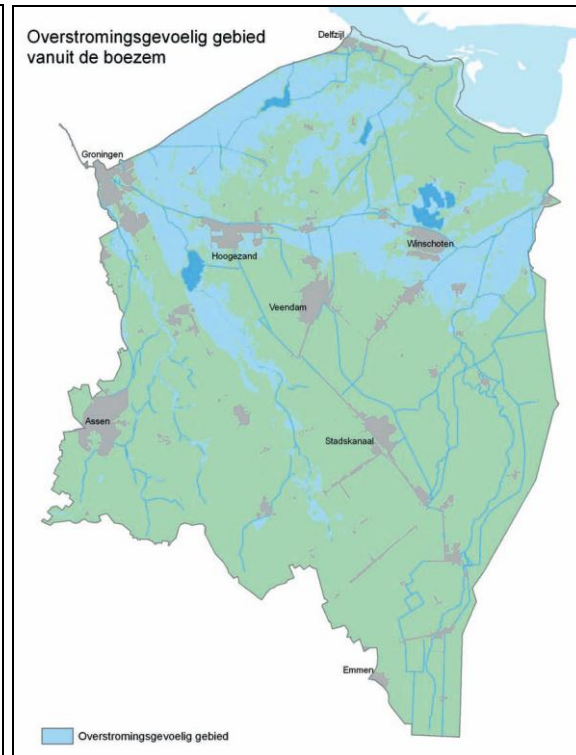
In het kader van het Nationaal Waterplan is een landelijke discussie gaande om deze hierboven in de grafiek getoonde normen **niet** toe te passen op beekdalen. Dit omdat in beekdalen van nature overstromingen voorkomen. Deze natuurlijke overstromingen komen door aanpassing van het watersysteem ten bate van de landbouw echter niet meer voor in het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa. Indien het verlaten van deze normen toegepast gaat worden in het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa zal dit feit problemen opleveren voor de huidige functie landbouw.

De landbouw in het onderzoeksgebied kampt nu echter al met enige inundatieproblemen. Er zit een inundatieknelpunt boven Stadskanaal net onder Vlagtwedde in het beekdal van het Pagediep- Mussel Aa (zie figuur 4-3 en bijlage II: kaart 7). Dit is precies het gedeelte waar de loop van het Pagediep voor de normalisatie heeft gelegen (zie 1 in figuur 3-2). De lager gelegen gedeeltes bij Winschoten (zie figuur 4-4), zijn bovendien overstromingsgevoelig vanuit de boezem. Hier ging het in oktober 1998 dan ook bijna mis. "Eind oktober 1998 was de regenval in Noord-Nederland zo uitzonderlijk groot dat de kanalen de watertoevoer niet meer konden verwerken. Om de

waterstand in de boezem te laten dalen besloot crisismanagement Groningen, waarin de rechtsvoorgangers van het waterschap Hunze en Aa's vertegenwoordigd waren het water tijdelijk op te slaan in de Westerbroekstermadepolder, de Onnerpolder en de Ulsderpolder. Ook de dijk van de Tussenklappenpolder tussen Muntendam en Zuidbroek werd doorgestoken. Hierdoor daalde de waterstand in het Winschoterdiep binnen een etmaal zeventig cm. en werden overstromingen in de buitenwijken van Groningen, Hoogezand-Sappemeer en Winschoten voorkomen.³³ Het vasthouden van water in hoger gelegen gebieden is een belangrijk doel van het NBW.



Figuur 4-3 NBW- Inundatieknelpunten. (beheerplan 2010-2015, Waterschap Hunze en Aa's)



Figuur 4-4 Overstromingsgevoelig gebied vanuit de boezem (beheerplan 2010-2015 Waterschap Hunze en Aa's)

4.3. KRW en inundatie

Een belangrijke maatregel voor de KRW is het creëren van inundatiezones. Van nature komen deze in midden- en benedenlopen voor. Inundatiezones zijn stroken langs de beek die met name in de winterperiode enige tijd inunderen. Deze inundatiezones zijn vooral voor vissen belangrijk. Ze fungeren bijvoorbeeld als paai- en opgroei plaats voor diverse vissoorten.

In het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa ontbreekt het momenteel geheel aan inundatiezones. Een combinatie van waterberging en aanleggen van inundatiezones is een goede tegemoetkoming aan WB 21 en de KRW.

4.4. Inleiding en methodiek berekening waterberging

De opgave is om ruimte te zoeken in het beekdal van het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa voor de berging van 2 miljoen m³ water. Hiervoor wordt het onderzoeksgebied in detail bekeken, worden de knelpunten aangegeven en zal de vraag beantwoordt worden of het bergingsvolume mogelijk is.

Dit onderdeel over de mogelijkheid tot kleinschalige waterberging is grotendeels uitgewerkt met het GIS programma ArcView GIS 3.2a. Een veelgebruikt stukje

³³ bron <http://www.hunzeenaas.nl/actueel/nieuws,2010/Dag--Groninger-geschiedenis.html>

gereedschap van dit programma is de 'Profile Extractor' (verder benoemd als 'PE-tooltje'). Het PE-tooltje is een gangbare methode bij het waterschap Hunze en Aa's om een gebied aan de hand van de hoogtekaart te scannen op mogelijkheden tot waterberging op het maaiveld. Dit PE-tooltje kan aan de hand van de hoogtekaart bergingsvolumes, inundatieoppervlakten en hoogtes van kaden³⁴ berekenen.

De data die gebruikt zijn in dit onderzoek staan beschreven in bijlage III: tabel 1. In bijlage III wordt verder de betrouwbaarheid van de data beschreven.

Hieronder worden de stappen benoemd om het volume van de waterberging inzichtelijk te maken. Met andere woorden: Is het mogelijk om 2 miljoen m³ water in het onderzoeksgebied te bergen?

Stap 1: Randvoorwaarden van de kleinschalige waterberging bepalen

De randvoorwaarden zijn tot stand gekomen in samenwerking met het waterschap en gebaseerd op het feit dat er zo weinig mogelijk aanpassing en/ of aantasting van het landschap plaatsvindt en dat de huidige bebouwing gevrijwaard blijft van wateroverlast tijdens inundaties. Om het omringende gebied te kunnen beschermen tegen overstroming vanuit de bergingsgebieden moeten waar nodig rondom de inundatiegebieden kaden worden aangelegd.

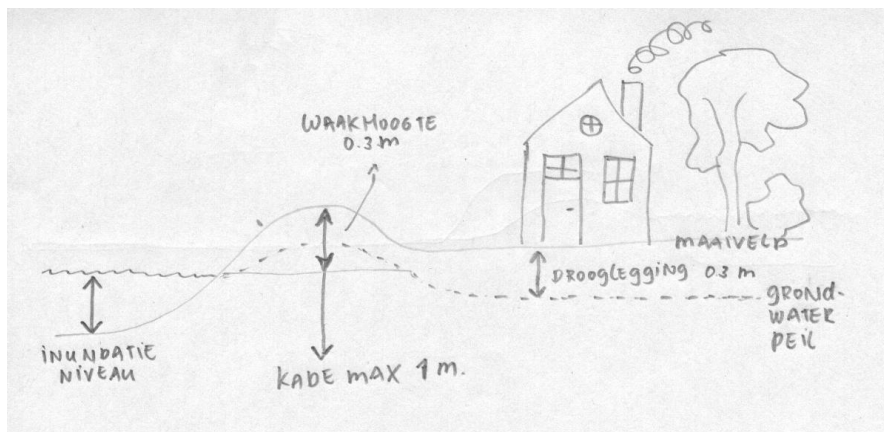
De begrenzing van de bergingsgebieden worden zodanig gekozen dat de maatregelen tot een minimum kunnen worden beperkt en bovendien een zo gering mogelijk invloed hebben op het bestaande landschap. Vanuit dit oogpunt wordt daarom gestreefd naar het zoveel mogelijk gebruik maken van de natuurlijke hoogteligging van het maaiveld en het aansluiten bij landschappelijke structuren. Waar dit niet anders kan worden terreinen glooiend opgehoogd of kaden aangelegd, welke dan zo goed mogelijk in het bestaande landschap worden ingepast. Dit betekent dat de kaden zoveel mogelijk samenvallen met bestaande wegen en natuurlijke hoogtes in het landschap.

De bestaande en toekomstige bewoning valt onder de bouwblokbescherming. Dit houdt in dat het bouwblok geen extra beperkingen zal ondervinden ten gevolge van de inrichting tot waterberging. Hieronder de randvoorwaarden op een rijtje:

- Waterberging op het maaiveld, geen afgraving. Zo weinig mogelijk verstoring voor bestaande bebouwing.
- Op basis van ervaring met wateroverlast is door het Waterschap bepaald dat een drooglegging³⁵ van 0.3m bij huizen tijdens de inundatie vereist. Dit is een standaard drooglegging dat door het Waterschap Hunze en Aa's gehanteerd wordt.
- Om bescherming te bieden tegen golfoploop en- overslag bedraagt de benodigde waakhoogte van kaden 0.3m. De waakhoogte is de actuele hoogte van een kruin van een waterkering boven een optredende waterstand of het ontwerppeil. Dit is een standaard waakhoogte dat door het Waterschappen gehanteerd wordt.
- Zo weinig mogelijk verstoring van het landschap, daarom een maximale kadehoogte van 1m (incl. waakhoogte). Deze hoogte houdt in dat passanten van de kaden, tijdens het wandelen of fietsen, nog wel het landschap kunnen overzien.
- Wegen (met uitzondering van de fietspaden) moeten tijdens inundatie zoveel mogelijk 'droog blijven'. Indien ze niet droog blijven is het mogelijk een kade aan te leggen. Dit omdat de waterschappen de plicht hebben de infrastructuur te beschermen.

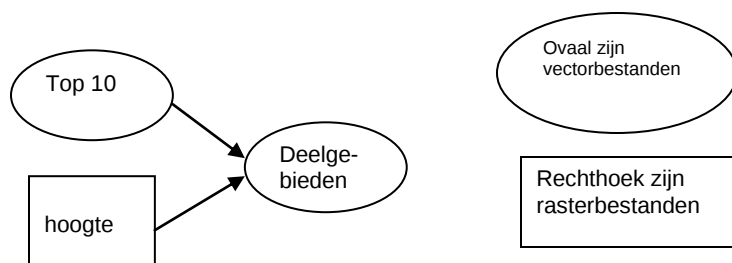
³⁴ Kade: Lagere dijk in het veenweidegebied die moet voorkomen dat laaggelegen polders door binnenwateren worden overstroomd. Kaden worden soms ook gebruikt voor de schouw (inspectie van sloten).

³⁵ Drooglegging: Waterstand in de watergangen ten opzichte van het maaiveld



Figuur 4-5 Waakhoogte en drooglegging (E. Beukema)

Stap 2: Deelgebieden kiezen

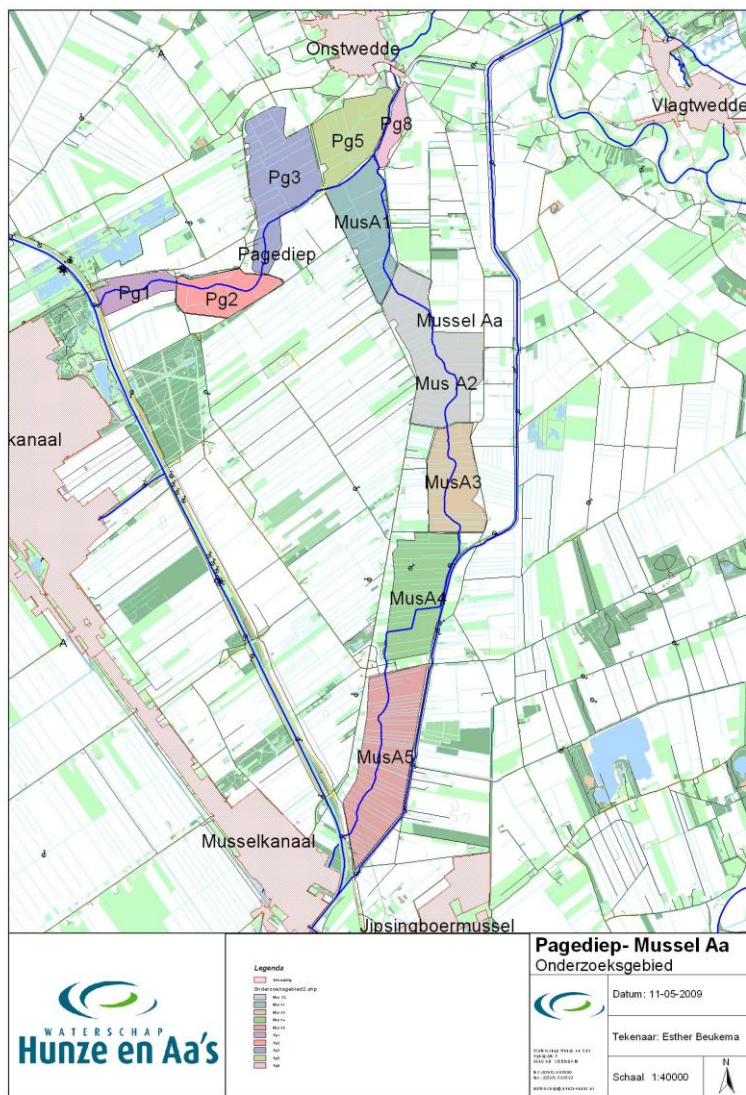


Figuur 4-6 Blokdiagram deelgebieden kiezen (E. Beukema)

Het onderzoeksgebied en de deelgebieden zijn bepaald door het Waterschap. Het onderzoeksgebied is tijdens het onderzoek verdeeld in verschillende deelgebieden om de waterberging te berekenen. Deze komen ongeveer overeen met de ligging van het oorspronkelijke beekdal. Deze deelgebieden zijn in figuur 4-7 benoemd. De namen van de deelgebieden zijn tijdens de verwerking van de gegevens niet geheel logisch benoemd, zo mist bijvoorbeeld Pg4, Pg6 en Pg7³⁶. De grenzen zijn inzichtelijk gemaakt met Arc View GIS 3.2a.

De binnengrenzen van de deelgebieden zijn tot stand gekomen aan de hand van hoogteligging/ reliëf in het landschap gezamenlijk met de top 10 (schaal 1:10.000). De top 10 is data van de topografie van wegen, kanalen, huizen en gebouwen. De wegen zijn overwegend de grenzen van de deelgebieden. Deze grenzen zijn inzichtelijk gemaakt met Arc View GIS 3a.

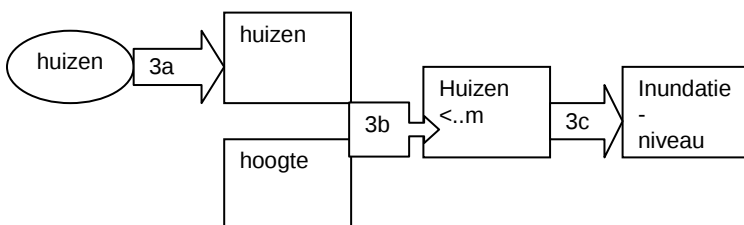
³⁶ Pg= Pagediep.



Figuur 4-7 Deelgebieden in onderzoeksgebied (E. Beukema)

Stap 3: Het inundatieniveau per deelgebied bepalen

Dit inundatieniveau wordt bepaald door de randvoorwaarden die in stap 1 zijn beschreven. Als eerste is, handmatig met de indentifiër (digitale hoogtemeter), per deelgebied aan de hand van de hoogtekaart gekeken waar het laagste (in het maaiveld gelegen) huis zich bevindt. Als tweede is met behulp van een mapcalculator (digitale rekenmachine) de hoogteligging van de huizen gecontroleerd.



Figuur 4-8 Blokdiagram inundatieniveau per deelgebied bepalen (E.Beukema)

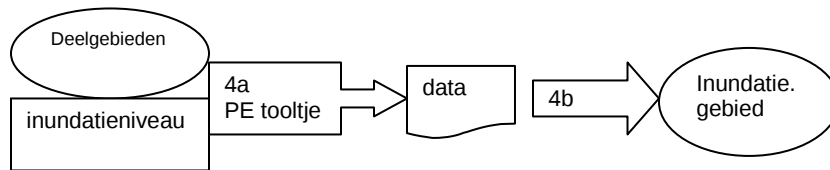
3a In figuur 4-8 wordt bij stap 3a de Shapefile huizen (dit is een vectorbestand) omgezet in een rasterbestand.

3b: Met de mapcalculator worden alle huizen die lager liggen dan de maaiveldhoogte een 1 en alle huizen die hoger liggen een 0 gegeven. Deze maaiveldhoogte is bepaald met de identiër.

Formule: $([Has_float_m_5] < 7.AsGrid).con([Huizen_mus5], 0.AsGrid)$

3c: In stap 3b is de hoogteligging van de (laagst gelegen) huizen bepaald. In stap 3c is van deze hoogteligging 0.3 m af getrokken (= drooglegging). Dit resultaat is het gewenste inundatieniveau.

Stap 4: Inundatieniveaus invoeren in deelgebieden.

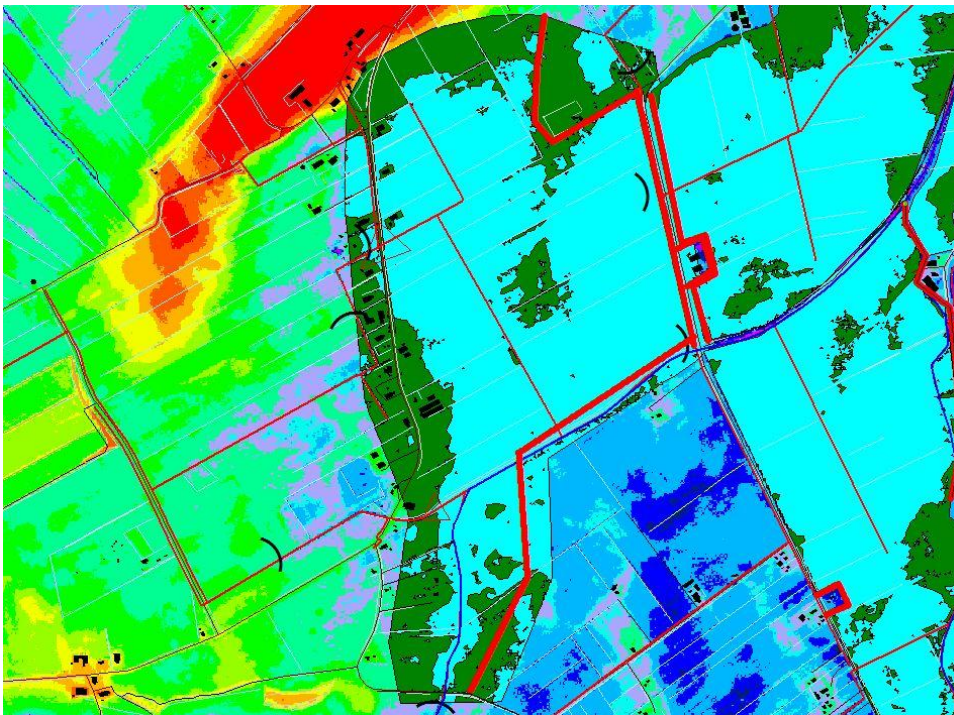


Figuur 4-9 Blokdiagram inundatieniveaus invoeren in deelgebieden (E.Beukema)

4a: Met het PE- tooltje is in elk deelgebied het gewenste inundatiegebied als polygon ingetekend (zie figuur 4-10: het groene en lichtblauwe vlak). Dit is gedaan aan de hand van de hoogtekaart. Daarna is het gewenste inundatieniveau ingevoerd. De GISapplicatie berekent hiermee het watervolume en de oppervlakte van het geïnundeerde gebied. Deze data wordt geëxporteerd als database.

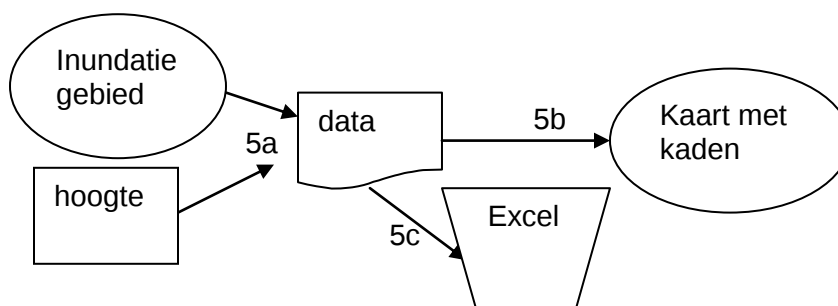
4b: De in stap 4a verkregen data is geïmporteerd als een nieuwe tabel in het GIS project. Deze tabel is omgezet tot shapefiles en vervolgens opgeslagen.

Per deelgebied zijn er verschillende inundatieniveaus ingevoerd. Dit is gedaan om meerdere varianten te kunnen berekenen.



Figuur 4-10 Deelgebied PG3, inundatieniveau NAP+3.7m, huizen aan de Veenhuizen weg blijven nog steeds 'droog'. Om aan de randvoorwaarde max. kadehoogte van 1m te voldoen is echter een inundatieniveau van NAP+3.5m aangehouden. De dikke rode lijnen zijn de aan te leggen kaden. (E. Beukema)

Stap 5: Kadehoogte bepalen



Figuur 4-11 Blokdiagram kadeproces (E. Beukema)

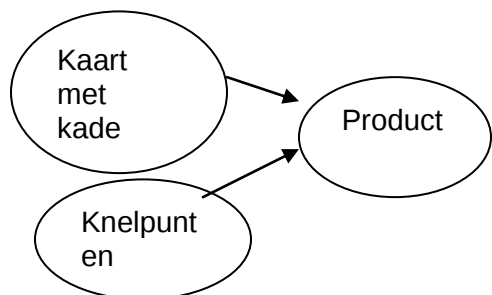
De shapefiles van de geïnundeerde gebieden zijn visueel geïnspecteerd. De scherp getekende grens van een inundatiegebied houdt in dat daar een kade aangelegd zal moeten worden. Om de hoogte en lengte van deze kaden te bepalen zijn de volgende handelingen gedaan.

5a: Met het PE-tooltje is een profiellijn getekend op de plek waar de kade moet komen. (zie figuur 4-5: de dikke rode lijnen) De data van deze profiellijnen zijn geëxporteerd als database. Via field statistics (Arc View 3a) is de hoogste, de laagste en de gemiddelde hoogte bepaald van het maaiveld op de plek waar de kade aangelegd dient te worden. De lengte van de kade staat ook in deze data.

5b: In deze stap is de data geïmporteerd als een nieuw tabel in het GIS project. Deze tabel is vervolgens omgezet tot shapefile en opgeslagen.

5c: De data is verder verwerkt met het programma Excel. In Excel is de gemiddelde maaiveldhoogte afgetrokken van het inundatieniveau in desbetreffende deelgebied. Daarna is er 0.30 m waakhoogte bij opgeteld. Dit wordt dan de gemiddelde benodigde hoogte van de kade (zie bijlage IV).

Stap 6: Knelpunten bepalen



Figuur 4-12 Blokdiagram knelpunten bepalen (E. Beukema)

Per deelgebied zijn de knelpunten bepaald. Dit is tot stand gekomen mede dankzij de expertise van Jan den Besten en Paul Hendriks, beiden werkzaam als hydroloog bij het Waterschap Hunze en Aa's.

Knelpunten zijn onder andere:

- Aan- en afvoersloten die tijdens inundatie het water terug kunnen laten stromen naar een lager naastgelegen gebied.³⁷

Deze knelpunten zijn ingetekend op een shapefile. Gezamenlijk met de kaart van de inundaties en kaden is dit het uiteindelijke product in de vorm van een kaart geworden (zie figuur 4-12).

³⁷ Dit wordt bepaald aan de hand van de hoogte van het maaiveld in het naastgelegen gebied.

Stap 7: Totale bergingsvolume bepalen

Het bergingsvolume van de deelgebieden is (in Excel) opgeteld.³⁸ (zie bijlage IV)

4.5. Resultaten waterberging

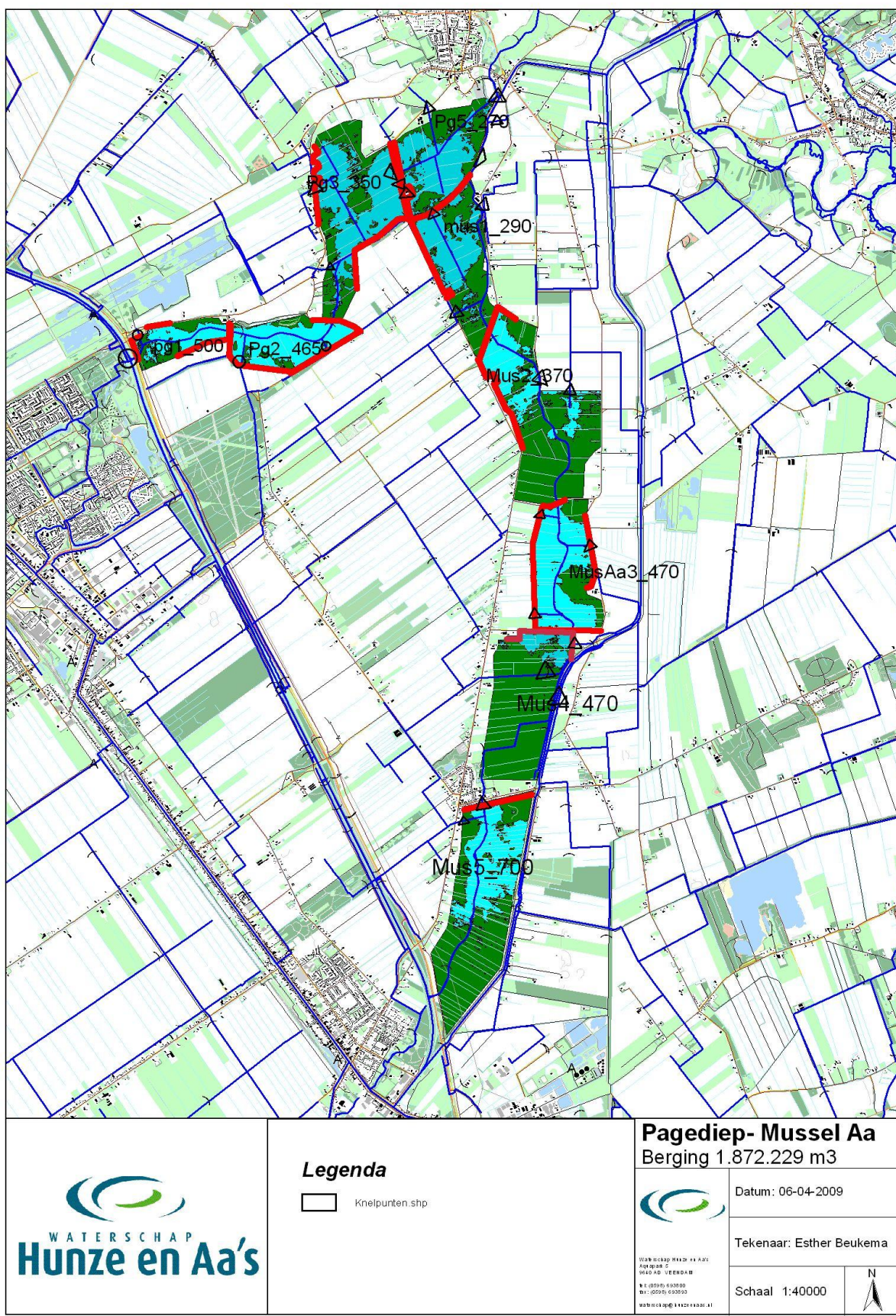
Er zijn 10 deelgebieden waarvan 5 voor het Pagediep en 5 voor de Mussel Aa. De stappen beschreven in de methode zijn per deelgebied uitgewerkt. De data met onder andere de kadehoogten en de kadelengten staat in bijlage IV. Per deelgebied wordt verder een kleine beschrijving gegeven in bijlage V. Hierin worden ook de knelpunten benoemt.

Het totale bergingsvolume van alle deelgebieden opgeteld is afgerond: 1.9 miljoen m³ water. Hierbij wordt aan alle randvoorwaarden voldaan. De 2 miljoen m³ berging wordt dan (net) niet gehaald. Er is ook een variant berekent waarbij er 4 keer niet aan de randvoorwaarden wordt voldaan. Dan is er echter wel een berging mogelijk van afgerond 2.3 m³ water. Voorwaarden die worden overtreden zijn:

- Deelgebied Pg 3 is een kade van 1,20 m noodzakelijk.
- Deelgebied Pg 5 staat één boerderij waar geen drooglegging van 0,3 m gehaald wordt tijdens inundatie.
- Deelgebied Mus1 staat één huis waar geen drooglegging van 0,3 m gehaald wordt tijdens inundatie.
- Deelgebied Mus 4 staat één huis waar geen drooglegging van 0,3 m gehaald wordt tijdens inundatie.

Hieronder (figuur 4-13), volgt een overzichtskaart van alle deelgebieden. De lichtblauwe gebieden zijn de geïnundeerde gedeeltes. De rode lijnen stellen de aan te leggen kaden voor. De donkerblauwe lijnen zijn de belangrijkste watergangen en de driehoekjes geven aan waar de knelpunten zitten.

³⁸ Ik heb deze uitgebreide beschrijving van de stappen gegeven omdat hiermee verificatie met de gebruikte data mogelijk is.



Figuur 4-13 Berging totaal Pagediep- Mussel Aa (E. Beukema)

5. Inrichting van de scenario's

5.1. Inleiding

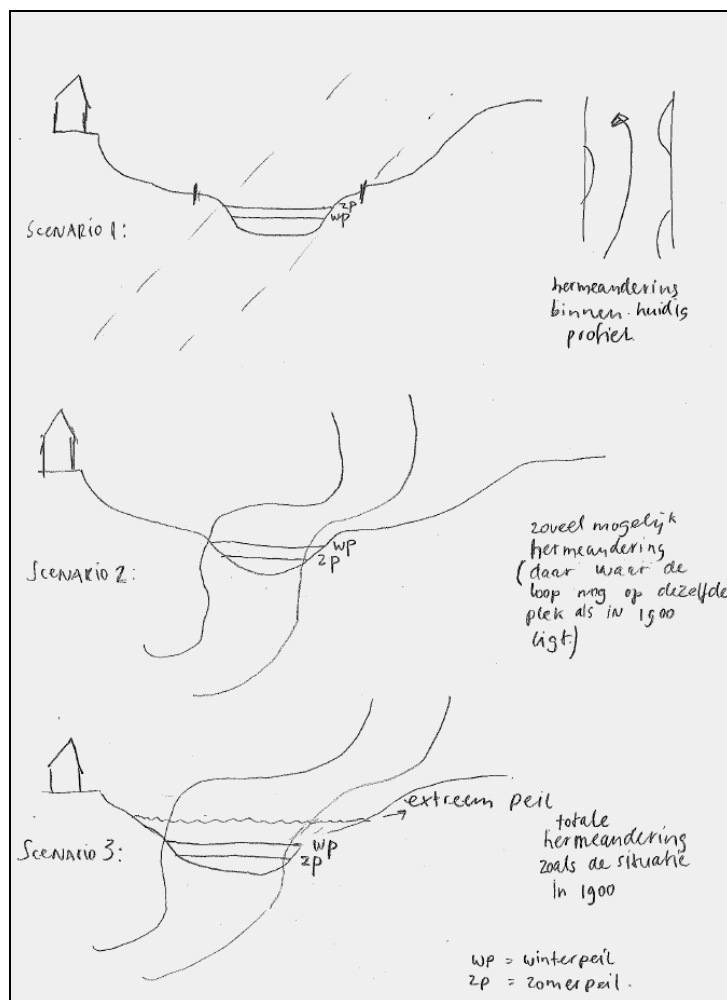
De verschillende scenario's waarbij passende maatregelen gekozen zijn:

- I. Waterlichaam Pagediep- Mussel Aa met de functie landbouw.
- II. Waterlichaam Pagediep- Mussel Aa met de functie extensieve landbouw.
- III. Waterlichaam Pagediep- Mussel Aa met de functie natuur.

De inrichting voor de scenario's is uitgewerkt aan de hand van maatregelen die genomen kunnen worden in overeenstemming met de gegeven functie. Om deze maatregelen per scenario te bepalen is een 'mini-schetsschuit' georganiseerd zodat deskundigen van het Waterschap (o.a. een ecooloog, een visdeskundige, een hydroloog en een aquatisch ecooloog) konden aangeven welke maatregelen bij de verschillende scenario's passen.

De verschillende functies van het landschap zijn voorgesteld in het onderzoeksvoorstel voor dit onderzoek. Dit voorstel is samen met de hydroloog van waterschap Hunze en Aa's opgesteld.

De scenario's beschreven in onderstaande paragrafen zijn het resultaat van de 'mini-schetsschuit'. Tijdens deze 'mini-schetsschuit' is bij de voorgestelde maatregelen, geen rekening gehouden met financiële vraagstukken, dat wil zeggen het prijskaartje van de te nemen maatregelen. In de 'werkelijke wereld' spelen deze kosten uiteraard wel een belangrijke rol.



Figuur 5-1 Eén van de schetsen die werd gebruikt bij de bijeenkomst (E. Beukema)

5.2. Scenario 1 met de functie landbouw

Scenario 1 met de functie landbouw gaat grotendeels uit van het huidige beleid. Dit beleid bestaat uit het landelijk beleid en maatregelen uit het Beheersplan 2003-2009 van Waterschap Hunze en Aa's.

De in paragraaf 5.1 genoemde deskundigen van het Waterschap vertelden tijdens de bijeenkomst dat met behoud van de huidige functie er maar enkele maatregelen mogelijk zijn om niet in conflict te komen met de waterkundige eisen van de landbouw. Daarom zijn hermeandering, inundatie en waterberging in deze functie *niet* mogelijk.

Scenario 1 omvat de volgende hydromorfologische maatregelen:

- Aanleg van 4 vistrappen bij de stuwen in Pagediep.
- Verwijdering harde oeververdediging.
- Aanleg natuurvriendelijke oevers over 50 % van het Pagediep/Mussel Aa, dit houdt in dat er een profiel van 1:3 (of 1:5) wordt aangelegd aan één zijde van de beek. Momenteel is er een profiel met een flauw talud van 1:3 aanwezig in het eerste gedeelte van het Pagediep (vanaf Kanaal Veendam- Musselkanaal tot aan Scholtweg). De Mussel Aa heeft momenteel geen natuurvriendelijke oevers.

5.2. Scenario 2 met de functie extensieve landbouw

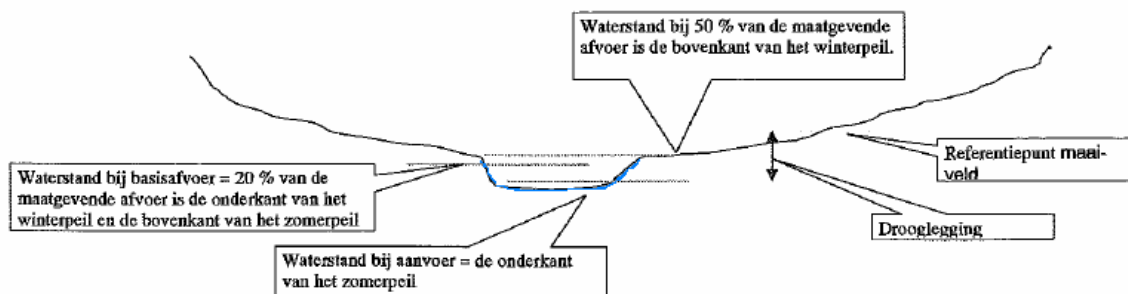
Scenario 2 met de functie extensieve landbouw gaat uit van een functieverandering van landbouw naar extensieve landbouw in het gehele beekdal. Hierdoor zijn er meerdere hydromorfologische maatregelen mogelijk.

Scenario 2 omvat de volgende hydromorfologische maatregelen:

- Hermeandering zoveel mogelijk daar waar de loop nog hetzelfde tracé volgt als in de jaren voor de normalisatie. In dit scenario is gekozen voor hermeandering van 56 % van het gehele tracé.
- Aanleg van natuurvriendelijke oevers ten aanzien van het gehele tracé.
- Aanleg van een accoladeprofiel met daarbij ruimte voor houtopslag.
- Sanering van twee overstorten, één in Mussel Aa en één in Stadskanaal.
- Vrije vismigratie van Onstwedde via Pagediep tot aan het Kanaal Veendam- Musselkanaal en vanaf Onstwedde via de Mussel Aa tot aan het Kanaal Veendam- Musselkanaal. Door de hermeandering is de verwachting dat er nauwelijks nog stuwen noodzakelijk zijn, dit bevordert de vrije vismigratie. Daar waar nog knelpunten zijn kunnen vispassages in de vorm vistrappen of voordes aangelegd worden.
- Ten aanzien van het peilbeheer vinden er maatregelen plaats om een zo natuurlijk mogelijk grondwaterstandverloop te realiseren. Dit betekent dat er 's winters gestreefd wordt naar een zo hoog mogelijke grondwaterstand en in de zomer mag deze dan dalen. De aanliggende gronden die momenteel nog landbouwgebieden zijn hebben een tegennatuurlijk peilbeheer. Dit betekent een drooglegging van 1.40 m in de winter (in de zomer iets kleiner). Men probeert dit terug te brengen naar een drooglegging in de zomer van 0- 0.60 m langs de beek en in de overige delen van het beekdal een drooglegging van 0.80m.
- De stroming in het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa van minimaal 0.10 m/s zal geregeld worden via het inlaten van gebiedsvreemd water vanuit het Kanaal Veendam- Musselkanaal en/ of het Mussel Aa kanaal. Hierbij wordt de dynamiek

en stroming van de beek belangrijker geacht dan de kwaliteit van het gebiedsvreemde water.³⁹

- Om de stroomsnelheid in de beek zo hoog mogelijk te houden, wordt het profiel zo klein mogelijk ontworpen. Bij de dimensionering wordt er van uitgegaan dat bij 20 % van de maatgevende afvoer (dit is ongeveer de afvoer bij het zomerpeil) de drooglegging ten opzichte van de rand van het 'bakje' (blauwe lijn in figuur 5-3) circa 20 cm bedraagt. Bij 50 % van de maatgevende afvoer (de afvoer bij het winterpeil) staat het water tot aan de rand van het 'bakje'. Bij grotere afvoeren treedt het water buiten het 'bakje'. Op plaatsen waar inundatie ongewenst is, wordt een accoladeprofiel voorgesteld. Het extra water vult dan de bovenste rand van het accolade.⁴⁰
- Het principe van het beekprofiel is een zomerbedding met een bodembreedte van 2 à 3 m en daarnaast een winterbedding van nog eens 6 à 8 m, dus 8 tot 11 m totale waterbedding.
- Waterberging mogelijk binnen het accoladeprofiel, maar er is geen ruimte voor inundatiegebieden.



Figuur 5-2 Schema dimensionering beekprofiel (Inrichtingsplan EHS Westerwolde, Dienst landelijk Gebied, Groningen 21-03-2001, pagina 24)

5.3. Scenario 3 met de functie natuur

Scenario 3 met de functie natuur gaat uit van een functieverandering van landbouw naar natuur in het gehele beekdal. Dit scenario komt het meest tegemoet aan een natuurlijk beekstelsel. Een natuurlijk beekstelsel is in de huidige situatie met alle veranderingen die de afgelopen eeuw hebben plaatsgevonden zoals: kanalisatie, normalisering, verplaatsing loop, aanleg stuwen, tegennatuurlijk peilbeheer, afkoppelen beektrajecten en geen natuurlijke inundatiezones, een erg grote opgave. De grootste veranderingen zijn waarschijnlijk de grootschalige veenontginningen begin vorig eeuw geweest. Het Pagediep- Mussel Aa die van oorsprong een veenbeek is geweest is hierdoor haar oorspronkelijke voeding kwijtgeraakt. Dit is niet meer te herstellen en de beken hebben hierdoor meer het karakter van een zandbeek dan een veenbeek. De

³⁹ Het toekennen van het beektype 'langzaam stromend riviertje op veen' stelt verschillende eisen aan de kwantiteit van de beek. De eerste eis is dat de beek het gehele jaar door waterafvoerend is, vervolgens moet de beek op natuurlijk wijze reageren op de neerslag. Dit noemt men de 'dynamiek' van een beek. Een beek met een grote dynamiek laat duidelijk verschillen zien tussen afvoer na een grote regenbui en de basisafvoer die na een droge periode plaatsvindt. Uit een analyse over de Ruiten Aa is gebleken dat het natuurlijke neerslagoverschot niet toereikend was om aan de voorwaarde van een constante watervoerende beek te voldoen, daarom wordt daar gebiedsvreemd water ingelaten. (Bron: Wateraanvoer naar de Ruiten Aa: een noodzakelijk kwaad? 1997, Klaas Sloots). De verwachting is dat dit ook bij het Pagediep- Mussel Aa het geval zal zijn. De aanvoer van dit gebiedsvreemd water kan tevens ten goede komen van de dynamiek van de beek. Verder is het verkleinen van het profiel een belangrijk oplossing voor het terug brengen van de dynamiek in de beek

⁴⁰ Indien het profiel van het Pagediep- Mussel Aa hersteld wordt naar de situatie van 1953, dan houdt dit in dat de huidige loop ondieper en smaller gemaakt wordt.

hydromorfologische ingrepen uit het verleden worden in dit scenario zoveel mogelijk teruggedraaid.

Scenario 3 omvat de volgende hydromorfologische maatregelen:

- Hermeandering: dit houdt in dat het beektracé uit 1916 weer wordt hersteld. Circa 90% van dit tracé is in 1953 genormaliseerd. Circa 10 % was al in 1916 door de aanleg van het Mussel Aa kanaal dichtgegooid/veranderd. Door de aanleg van dit kanaal werd het afvoerregime sterk veranderd. 80 % van het beektracé kan weer ingericht worden zoals het was in 1953. Voor de overige 20% is het eventueel mogelijk een nieuw tracé aan te leggen langs de dieper gelegen gedeeltes in het maaiveld.
- Door de hermeandering is de verwachting dat er nauwelijks nog stuwen noodzakelijk zijn. Daar waar nog knelpunten zijn in verband met de vismigraties, kunnen vispassages in de vorm van vistrappen of voordes aangelegd worden.
- Evenals genoemd is bij scenario 2 is er ook in dit scenario sprake van vrije vismigratie van Onstwedde via Pagediep tot aan het Kanaal Veendam-Musselkanaal en vanaf Onstwedde via de Mussel Aa tot aan het Kanaal Veendam- Musselkanaal. Uiteraard dient de bereikbaarheid vanuit zee ook verbeterd te worden. Het Pagediep- Mussel Aa is een onderdeel van het deelstroomgebied Westerwolde. Hier komen in de prioritaire wateren nog 25(!) knelpunten voor ten aanzien van de vismigratie.⁴¹ Het doel is om deze knelpunten in de toekomst allemaal op te lossen.
- De bovenloop van de Mussel Aa en de benedenloop worden weer gekoppeld.
- De inrichting van de oevers bestaat uit gevarieerde profielen met steile buitenbochten en flauwe binnenbochten. Dit houdt tevens het verondiepen van de beek in. Er is ook ruimte voor inundaties gereserveerd in het gehele beekdal.
- Houtopslag: Herstel begroeiing langs de gehele beek. Uitgangspunt is zoveel mogelijk spontane begroeiing, waarbij de begroeiing stroomopwaarts zoveel mogelijk toeneemt. Bovenstrooms is er 25-50% van de oppervlakte gereserveerd voor beekbegeleidende beplanting en benedenstrooms minimaal 10%.
- Het peilbeheer wordt afgestemd op een natuurfunctie. Dit betekent een dynamisch peilbeheer, waarbij het winterpeil hoger is dan het zomerpeil en ruimte biedt voor overstromingen tijdens extreem waterpeil (voorjaar, najaar). De verwachting is dat de lokale kwel (zie bijlage II: kaart 3) in het stroomgebied van vooral de Mussel Aa profiteert van deze peilverhoging en zich ook zal manifesteren in het gehele beekdal. 'Natte' gedeeltes die vooral voorkomen onder Onstwedde, waar een kleilaag met geringe doorlatendheid ligt en een komvormige laagte, zullen dankzij deze peilverhoging veranderen in grotendeels permanente natte situatie (zie bijlage II: kaart 2 en 6). Het peil wordt getracht terug te brengen naar een drooglegging in de zomer van 0- 0.40 m langs de beek en in de overige delen van het beekdal een drooglegging van 0.60m.
- Stroming: permanent, maximaal 0.50 m/s en minimaal 0.10 m/s
- Waterberging is in het gehele beekdal mogelijk.

⁴¹ bron: Visie vismigratie Groningen Noord- Drenthe van Wad tot Aa, P. Riemersma (grontmij), M.J. Kroes (OVb), 16-2- 2006

Hieronder volgt een tabel waarin de maatregelen zijn samengevat:

Tabel 5-1 Maatregelen scenario's (E. Beukema)

Maatregel	Maximale omvang	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Hermeandering	Voor 80% mogelijk	0%	70% (= 56%)	100% (=80%)
Aanleggen inundatiezones	Ontbreekt op 100%	0%	Accoladeprofiel over 80 %	100% Ruimte voor inundaties
Inrichting oevers: Verwijderen harde oeververdediging (nu 50 % van de oevers)	100%	100% natuurvriendelijke oevers	100%	100%
oeverbeheer	100%	100%	100%	100%
Herstel natuurlijke houtopstanden	Ontbreekt op 100%	0%	Herstellen voor 50%	Herstellen voor 100%
Inrichting oevers	Voor 80% mogelijk	Aanleg flauw talud van 1:3 (of 1:5)	Accoladeprofiel	Gevarieerd profiel, steile buitenbochten, flauwe binnenbochten
aankoppelen afgekoppelde beektraject	- Oorspronkelijke bovenloop Mussel Aa ontkoppeld. - Oorspronkelijke benedenloop Mussel Aa ontkoppeld	Geen verandering	Geen verandering	herkoppelen
Wateraanvoer	70% in de zomer	70 % in de zomer	Blijft waarschijnlijk voor 50% noodzakelijk.	Blijft waarschijnlijk voor 30% noodzakelijk.
Verlaging mestgift	100%	conform landelijk beleid	Extensieve landbouw functie	Natuurfunctie
Sanering overstorten	1 in Mussel 4 in Stadskanaal 5 st. 100% Buiten onderzoeksgebied: 1 in Onstwedde 2 in Mussel Kanaal	geen	1in Mussel gesaneerd. 1 in Stadskanaal gesaneerd. 3 stuks blijven over	5 stuks
Dynamisch peilbeheer		Peil ten behoeve van de landbouw geen verandering	Winterpeil hoger dan zomerpeil binnen beekprofiel	Dynamische peilbeheer, winterpeil hoger dan zomerpeil en ruimte voor extreem peil
Aanleggen vistrappen bij stuwen	4 stuwen pagediep 8 stuwen Mussel Aa 12 st. 100%	4 visvriendelijke stuwen in Pagediep.	Hermeandering, daar waar nodig voordes aanbrengen	Hermeandering, daar waar nodig voordes aanbrengen
Profielen:		Flauw talud 1:3 of 1:5	accoladeprofiel	Gevarieerd profiel, steile buitenbochten, flauwe binnenbochten
Verhang		5 cm/km	Natuurlijk verhang	Natuurlijk verhang

5.4. Het toetsen van de drie scenario's aan de hand van de KRW

De hierboven verschillende scenario's zijn beschreven om vervolgens te kunnen worden getoetst aan de KRW. Om toetsing mogelijk te maken is een uniform systeem noodzakelijk. Arcadis heeft hiervoor in opdracht van de provincie Fryslân, als penvoerder voor de deelstroomgebieden Rijn- Noord en Nedereems een methodiek ontwikkeld. Deze methodiek is beschreven in het rapport: "Eerste analyse KRW-doelen, maatregelen en kosten voor de waterlichamen in Rijn-noord en Nedereems", uitgevoerd door Arcadis, 28 juli 2006. Dit rapport beschrijft onder andere een lijst met maatregelen die toegepast kunnen worden in de verschillende scenario's van dit onderzoek. Deze lijst met maatregelen zijn gebaseerd op de zogenaamde Maastabellen. Een "Maastabel" is een tabel met maatregelen die zijn opgesteld om de analyse op een uniforme wijze te laten verlopen. Dit betreft maatregelen die tot verbetering van de chemische en ecologische situatie van een beekstelsysteem leiden.

Uit de lijst met maatregelen (zie tabel 5-1), zijn gezamenlijk met de deskundigen, tijdens de 'mini-schetsschuit' per scenario passende maatregelen gekozen. Hierdoor zijn

scenario's ontstaan die te toetsen zijn aan de KRW met behulp van de Ecologische Kwaliteits Ratio (EKR). Deze EKR wordt bepaald voor:

- Fytobenthos (verzamelnaam voor wieren en algen die vastgehecht zijn aan de bodem of wanden van een waterlichaam).
- Macrofyten (water –en oeverplanten).
- Macrofauna (kleine waterdieren).
- Vissen.

De EKR is een getal tussen 0 en 1 waarmee de kwaliteit van een ecologische parameter wordt aangegeven. 0 is zeer slecht, 1 is zeer goed. De grens voor het Goed Ecologisch Potentieel (GEP) wordt gewoonlijk bij een EKR van 0,6 gelegd. Voor het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa zijn de EKR- scores in oktober 2007 met de 'Arcadis' methodiek vastgesteld en beschreven in de Factsheets.⁴²

Door Arcadis is ook een methodiek ontwikkeld, waarmee het niveau van Maximaal Ecologisch Potentieel (MEP), dit is de maximaal haalbare ecologische situatie in een kunstmatig of sterk veranderd waterlichaam, het GEP en het ecologisch effect van de maatregelpakketten getalsmatig kan worden uitgewerkt. De essentie van deze methode bestaat eruit dat de ecologische effecten van maatregelen eerst op een relatieve schaal worden aangegeven. Via een omrekening wordt deze relatieve schaal omgezet in een absolute waarde op de schaal die in de KRW gebruikt wordt; de EKR.⁴³

Bij de getalsmatige berekening van het MEP en het GEP is de regel toegepast dat het MEP maximaal 0.8 mag bedragen en het GEP 0.6. De waarde 0.6 is de Goede Ecologische Toestand; de ecologische doelstelling die geldt voor natuurlijke wateren. Het zou onlogisch zijn om voor sterk veranderde wateren een hogere doelstelling te kiezen. Overigens kan het in deze gevallen voorkomen dat het effect van de maatregelen hoger uitkomt dan het MEP. Het effect van maatregelen is namelijk niet in bovenstaande regel aangepast.

De ecologische doelstelling van het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa is in oktober 2007 afgeleid en vastgesteld door J. Meeuse en P. Schollema van Waterschap Hunze en Aa. Deze doelstelling is vervolgens uitgewerkt in de factsheets⁴⁴. De situatie van de ecologische toestand van het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa is indertijd berekend zonder actuele monitoringsgegevens. De gegevens die toen zijn gebruikt, waren onder andere afgeleid van een gelijksoortig waterlichaam: de Hunze. Verder zijn de monitoringsgegevens aangevuld op basis van expert-judgement⁴⁵. Het ging hierbij om de toestand van de parameters fytoplankton, macrofyten, macrofauna en vissen.

Tijdens dit onderzoek zijn recente monitoringsgegevens voor de parameters macrofyten, macrofauna en vissen gebruikt. Voor de parameter fythobentos zijn de, op dat moment actuele, gegevens gebruikt van een gelijksoortig waterlichaam: de Ruiten Aa.

In figuur 5-5 is goed te zien dat aan de ingrepen, zoals kanalisatie en normalisatie, een hoge (negatieve) kwantificering wordt gegeven. De argumentatie hiervoor is: "Door kanalisatie en normalisatie wordt het stromend karakter, met bijbehorend differentiatie in habitattypen, ernstig aangetast. Vooral op de macrofauna heeft dit een groot negatief effect. Voor vis is het stromend karakter van een beek of rivier eveneens belangrijk, maar in mindere mate dan voor macrofauna. De lengte van een hermeandering heeft daardoor van grote invloed op de EKR. Migratiebarrières, zoals stuwen, gemalen en sluizen, hebben een groot negatief effect op vissen. Harde oeververdediging heeft een groot negatief effect op oeverplanten, omdat het habitat daarvan vrijwel ongeschikt wordt. Op waterplanten heeft deze harde oeververdediging daarentegen vrijwel geen

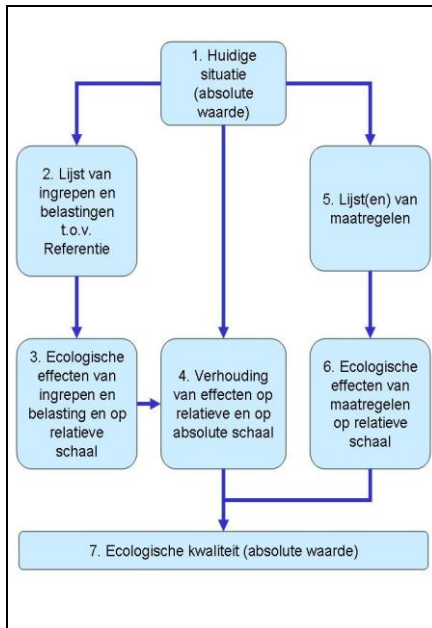
⁴²Zie: bijlage 10: Pagediep en Mussel Aa, KRW-rapportage doelen, maatregelen en kosten Waterschap Hunze en Aa's, uitgebracht door Waterschap Hunze en Aa's, 30 okt. 2007

⁴³ Voor een uitgebreide beschrijving van de methodiek kwantificering ecologische doelen zie: Eerste analyse KRW-doelen, maatregelen en kosten voor de waterlichamen in Rijn-noord en Nedereems, arcadis uitgevoerd door Arcadis, 28 juli 2006, pagina 256

⁴⁴ Zie Factsheets: bijlage 10: Pagediep en Mussel Aa, KRW-rapportage doelen, maatregelen en kosten Waterschap Hunze en Aa's, Waterschap Hunze en Aa's, 30 okt. 2007. pagina 22

⁴⁵ Betekenis: inschatting van een of meerdere deskundige(n) op grond van zijn kennis en ervaring.

effect.”⁴⁶ De stappen, die voor deze methode worden doorlopen, zijn in figuur 5-4 weergegeven.



Figuur 5-4 Stappenplan kwantificering ecologische niveaus

		Fytoplankton	Fytobenthos	Macrofyten	Macrofauna	Vis
Ingrepen en belastingen	Nadere specificatie					
RIVIEREN EN BEKEN						
Kanalisisatie en normalisatie, peilbeheer	bovenlopen			-6	-10	-10
Kanalisisatie en normalisatie, peilbeheer	benedenlopen			-4	-10	-10
Aantasting natuurlijke inundatiezones	vooral bij midden- en benedenlopen			-2	-1	-4
Harde oeververdediging	Als onderdeel van normalisatie. Vooral effect op oeverveg (-10); watervegetatie 0			-5	-3	-4
Intensief onderhoud				-8	-5	-5
Aantasting natuurlijke houtopstand	Geldt alleen voor bovenlopen			-3	-5	-3
Aanwezigheid migratiebarrières				0	-1	-10
Aantasting natuurlijk stroomregime (inname, afkoppelen delen stroomgebied, grondwateronttrekking, intensieve ontwatering)	Minder water voor de beek; lagere basisafvoer. Aangegeven is maximaal effect			-3	-5	-4
Scheepvaart	Gemotoriseerd.			-3	-1	-1
Wateraanvoer	Stoffen. Afhankelijk van verschil met gebiedseigen water			-2	-1	0
Uitspoeling nutriënten uit landbouw, depositie, afspoeling	Bovenlopen; vooral nutriënten			-1	0	0
Uitspoeling nutriënten uit landbouw, depositie, afspoeling	Benedenlopen; vooral nutriënten			-5	-3	-2
Effluentlozing, industriële lozing	Nutriënten (met standaard			-4	-4	-4

Figuur 5-5 Ecologische effecten van de belangrijkste ingrepen en belastingen opgesplitst naar hoofdtypen ⁴⁷

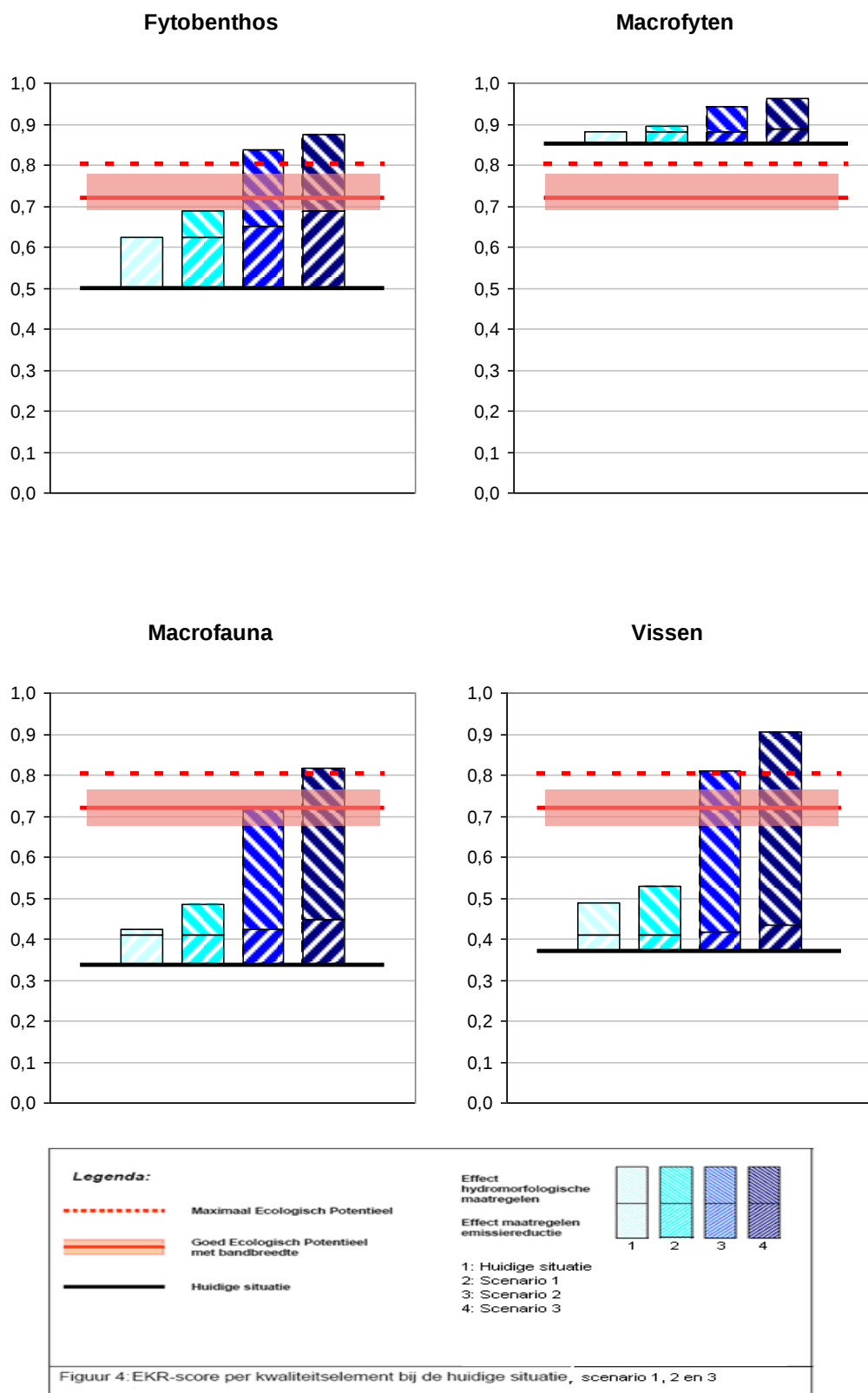
Met behulp van deze methode krijgen de drie scenario's een uiteindelijke beoordeling in absolute waarde. Met deze waarde, de EKR, kunnen de scenario's met elkaar vergeleken worden.

5.5. Resultaat toetsing scenario's aan KRW

De resultaten van de toetsing van de drie verschillende scenario's worden per kwaliteitselement gepresenteerd in een grafiek. Voor een uitgebreide berekening zie het Excel werkblad in bijlage V.

⁴⁶ Bron: Eerste analyse KRW-doelen, maatregelen en kosten voor de waterlichamen in Rijn-noord en Nedereems, uitgevoerd door Arcadis, 28-07-2006, pagina 34

⁴⁷ Bron: zie noot 46, pagina 37



Figuur 5-6 EKR-score per kwaliteitselement bij de huidige situatie, scenario 1, 2 en 3

In dit onderzoek leidt de berekening van het MEP voor de kwaliteitselementen: fythobentos, macrofyten, macrofauna en vissen in alle gevallen tot een hogere waarde dan 0.8. Het MEP is daarom voor alle kwaliteitselementen handmatig op 0.8 gesteld. Het

gevolg hiervan is dat het effect van de maatregelen in scenario 2 en 3 boven het MEP uitkomt.

In scenario 1 wordt het GEP, niet gehaald, in scenario 2 en 3 wel. Dit ligt grotendeels aan het effect van de hydromorfologische maatregelen, zonder deze maatregelen is het behalen van het GEP niet mogelijk.

Het effect op de macrofyten lijkt een vertekend beeld te geven, gezien de uitgangssituatie (is de huidige situatie) al boven het MEP uitkomt. (een EKR van 0.85) Bij de macrofyten is hierdoor de deelmaatlat erg hoog komen te liggen. De macrofyten laat ik verder dan ook buiten beschouwing in de beoordeling van mijn onderzoek.

Huidige situatie:

In dit scenario waarbij het huidige beleid wordt gehandhaafd wordt het MEP en GEP niet gehaald

Scenario 1:

In dit scenario blijft de huidige landbouwfunctie gehandhaafd. Hermeandering is met deze functie niet mogelijk. Wel worden er enkele maatregelen genomen. Voorbeelden hiervan zijn: natuurvriendelijke oevers en 4 visvriendelijk stuwen. Alsnog wordt het MEP en GEP niet gehaald.

Scenario 2:

In dit scenario, waar de functie landbouw verandert in de functie extensieve landbouw, worden meerdere maatregelen genomen. Voorbeelden hiervan zijn: hermeandering en het aanleggen van een accoladeprofiel. Door deze maatregelen wordt het GEP wel gehaald.

Het MEP is bij de fyto-benthos hoger dan het 0.8, waarom dit kan staat in alinea 2 van deze paragraaf beschreven.

Scenario 3:

In dit scenario, waar de functie landbouw verandert in de functie natuur, worden de maximale maatregelen genomen (zie tabel 5-1). Dit komt duidelijk tot uiting in de EKR score. Het GEP wordt ruimschoots gehaald. Het MEP is bij alle drie de kwaliteitselementen hoger dan het 0.8, waarom dit kan staat in alinea 2 van deze paragraaf beschreven.

Een groot verschil met de genomen maatregelen is dat in dit scenario ook ruimte is gereserveerd voor inundatiezones. Deze maatregel wordt niet genomen in scenario's 1 en 2.

5.6. Kanttekeningen Arcadis methodiek:

- De methodiek is nog steeds in ontwikkeling, de methode die in dit onderzoek is toegepast is de zogenaamde ARCADIS methode. "Maar er zijn nog veel waterbeheerders bezig met het definiëren van de doelstelling van de EKR en het inschatten of deze doelen met realistische maatregelen haalbaar zijn. Omdat het meestal om een sterk veranderd waterlichaam gaat, is de doelstelling het zogenaamde GEP. Dit GEP moet volgens de KRW volgens een bepaalde systematiek via het MEP afgeleid worden uit de Referenties voor natuurlijke wateren. Dit houdt in dat de GEP per watertype verschillend is. Bovendien moet rekening gehouden worden met plaatselijke omstandigheden, met name de niet-omkeerbare hydromorfologische ingrepen. In feite betekent dit dat het GEP per waterlichaam kan verschillen." ⁴⁸

⁴⁸ Bron: *Eerste analyse KRW-doelen, maatregelen en kosten voor de waterlichamen in Rijn-noord en Nedereems*, 28-07-2006, uitgevoerd door Arcadis, pagina 254

- “De methodiek gaat ervan uit dat de schaalementen van de 7-delige schaal onderling even groot zijn. Met andere woorden: een effect van +3 is drie maal zo groot als een effect van +1. Dit houdt ook in dat het effect van drie maatregelen met elk een effect van +1 in totaal +3 is”.⁴⁹
- Indien de score (EKR) voor een parameter bij de uitgangssituatie al hoger is dan het MEP, dan is de score na de te nemen maatregelen in verhouding veel te hoog. Deze situatie kwam voor bij de parameter macrofyten. Dit kan liggen aan het feit dat de uitgangssituatie voor een bepaalde parameter al optimaal is. In zo’n geval is het eigenlijk niet nodig maatregelen ter verbetering van de ecologische situatie te nemen. Waarschijnlijker is dat er tijdens dit onderzoek een fout is opgetreden bij de verwerking van de gegevens.
- De beoordeling van de scenario’s is deels op basis van expert-judgement. Een kanttekening hierbij is dat dit subjectiviteit en politieke voorkeur in de hand kan werken.

⁴⁹ Bron: Eerste analyse KRW-doelen, maatregelen en kosten voor de waterlichamen in Rijn-noord en Nedereems, uitgevoerd door Arcadis, 28-07-2006, pagina 257 (zie voor meer kanttekeningen door Arcadis medewerker R. Torenbeek over deze methodiek pagina 258)

6. Conclusie, discussie en aanbevelingen

6.1. Conclusie

De hoofdvraag van dit onderzoek luidde: “Hoe en waar is het mogelijk hermeandering en kleinschalige waterberging te realiseren in het waterlichaam Pagediep- Mussel Aa? En hoe voldoet dit dan aan de eisen van de KRW?”

Op basis van de gevonden resultaten is geconcludeerd dat de mogelijkheden voor hermeandering én kleinschalige waterberging alleen mogelijk zijn indien de huidige functie landbouw verandert in de functie natuur. Op deze manier is het mogelijk om verschillende maatregelen te nemen, zoals hermeandering en ruimte maken voor inundaties. Deze maatregelen zorgen er mede voor dat het waterlichaam Pagediep-Mussel Aa voldoet aan de eisen van de KRW. Aan randvoorwaarde 4: “In het onderzoeksgebied moet een areaal voor berging van 2 miljoen m³ water gevonden worden”, wordt dan niet voldaan. Wel is er, houdend aan de randvoorwaarden van kleinschalige waterberging, ruimte gevonden voor afgerond 1.9 miljoen m³ water.

Indien de huidige functie landbouw verandert naar de functie extensieve landbouw worden de eisen van de KRW wel gehaald, maar is er geen mogelijkheid tot waterberging. Maatregelen, zoals hermeandering, is voor een deel wel mogelijk, dit gaat om 56 % van het gehele tracé.

Indien de huidige situatie met de functie landbouw blijft, is hermeandering en waterberging niet mogelijk, ook de eisen van de KRW worden dan niet gehaald.

6.2. Discussie

- 1) De waterberging van 2 miljoen m³ wordt in dit onderzoek met de daar gestelde randvoorwaarden niet gehaald. Toch is het aantal van afgerond 1.9 m³, een aanzienlijk deel hiervan. Je kunt stellen dat hier een flink potentieel aan ruimte voor kleinschalige waterberging ligt.
- 2) Randvoorwaarden kunnen door andere (technische) oplossingen veranderen, zo is het mogelijk om wel een kade van 1.20 m te realiseren. Of je kunt huizen, waar geen drooglegging van 0.3 m gehaald kan worden tijdens inundatieperiodes, met kaden of ophogingen bescherming bieden tegen deze inundaties.
- 3) De GIS berekeningen voor de waterberging zijn gebaseerd op de hoogtekaart. De hoogte van de punten wijken gemiddeld 5 cm af van de werkelijke maaiveldhoogte met een standaardafwijking van 15 cm. Dit houdt in dat de berekende hoogtes van de kades kunnen afwijken met maximaal 15 cm.
- 4) In dit onderzoek zijn de kosten voor de te nemen maatregelen, zoals waterberging en hermeandering niet meegenomen. Als deze maatregelen daadwerkelijk uitgevoerd zouden worden, speelt dit natuurlijk wel een grote rol. Ook de kosten van grondverwerving om het beekdal een natuurfunctie te geven zijn niet meegerekend. Of de kosten van het aanleggen van vistrappen. Daar komt bij dat verwerving van landbouwgronden vaak een kwestie is van een lange adem hebben, voor zowel de bestuurders als de bewoners en de gebruikers van het gebied.
- 5) Er zijn geen oplossingen geboden voor de knelpunten met betrekking tot de waterberging, wel is er door de hydrologen gesteld dat dit allen knelpunten van civiel- technische aard zijn. Deze kunnen dus door deskundigen worden opgelost.

- 6) Indien de score (EKR) voor een parameter bij de uitgangssituatie al hoger is dan het MEP, dan is de score na de te nemen maatregelen in verhouding veel te hoog. Deze situatie kwam voor bij de parameter macrofyten. Dit kan liggen aan het feit dat de uitgangssituatie voor één bepaalde parameter al optimaal is. In zo'n geval lijkt het eigenlijk niet nodig maatregelen ter verbetering van de ecologische situatie te nemen.
- 7) Een deel van de gegevens in dit onderzoek m.b.t. de parameters van de EKR, die nodig zijn voor de bepaling van de uitgangssituaties, zijn gebaseerd op metingen die eenmalig zijn verricht. Dat is een smalle basis voor een beoordeling. Idealiter zouden er meerdere malen per jaar monsters moeten worden geanalyseerd.

6.3. Aanbevelingen

Naar aanleiding van mijn onderzoek komt naar voren dat het raadzaam is de kosten van de te nemen maatregelen, zoals omschreven in discussiepunt 3, paragraaf 6.2, door te berekenen.

Verder wordt in dit onderzoek duidelijk dat het aan te bevelen is de functie landbouw te veranderen in de functie natuur. Hermeandering, kleinschalige waterberging en verfraaiing van het landschap kunnen dan plaatsvinden. Dit biedt een oplossing voor de in dit onderzoek genoemde probleemschets (zie paragraaf 1.3).

De hierboven genoemde verandering van functie is misschien niet eenvoudig, maar het begin is al wel gemaakt. Dit begin is duidelijk tot uiting gekomen in het POP 2009-2013 waarin de Gebiedsopgave Veenkoloniën Zuid beschreven staat:

“Als vervolg op onze inspanningen van afgelopen jaren, zetten de provincie Groningen samen met de provincie Drenthe en de betrokken gemeenten ook de komende jaren in op:

- eventueel (voor)investeren in het landschap door een aantal landschappelijke, toeristisch-recreatieve verbindingzones te maken tussen Westerwolde en de Hondsrug, met name via de beekdalen van het Pagediep en de Mussel Aa naar Gasselternijveen; het aantrekkelijker inrichten (voor meerdere functies) van de noordoostelijke stadsrandzone van Stadskanaal is daarbij van groot belang.”⁵⁰

⁵⁰ Bron POP 2009-2013, pagina 209

Literatuurlijst

Op volgorde van verwijzing in tekst:

Boeken en artikelen:

- *Referenties en Maatlatten voor Natuurlijke Watertypen voor de kaderrichtlijn water*, 2007, Rijkswaterstaat, Utrecht.
- *Eerste analyse KRW-doelen, maatregelen en kosten voor de waterlichamen in Rijn-noord en Nedereems*, , 28-07- 2006, Arcadis.
- *Factsheets, bijlage 10: Pagediep en Mussel Aa, KRW-rapportage doelen, maatregelen en kosten Waterschap Hunze en Aa's*, 30-10-2007, Waterschap Hunze en Aa's.
- *De aanwijzing van het bergingsgebied Bovenlanden en het noodbergingsgebied Hamdijk in het waterschap Hunze en Aa's*, partiële herziening planuitwerking december 2008 Provincie Groningen.
- *POPII en POP 2009-2013*, Provincie Groningen et al.
- *Evaluatie Proefproject Hermeandering Ruiten Aa*, 8-11- 2001, IWACO, M. Bakker et al.
- Bugel, M en Eilert, H, 2005, *Maren in noord Groningen, ideeën en voorbeelden*, Projectgroep Maren in Noord Groningen.
- Post, F en Van Oorschot, A, C, 1993, *De geschiedenis van Westerwolde, deel 3: De Middelen van Bestaan*, Stichting Gebroeders Hesse Fonds en Van Dijk en Voorthuis.
- Brakkee, V, 25-11-1998, *Sporen uit het verleden: Een cultuurhistorische fietsroute in Valthermond. Op basis van afstudeeronderzoek Regionale Geografie*.
- *De aanwijzing van het bergingsgebied Bovenlanden en het noodbergingsgebied Hamdijk in het waterschap Hunze en Aa's*, 2008, partiële herziening planuitwerking Provincie Groningen.
- Verdonschot, P, et al.,1995, *Beken stromen*, STOWA, Zoetermeer.
- Ten Boer, T, november 1995, *Leidraad voor ecologisch herstel van Nederlandse beken. Beekherstel in stroomversnelling*, Boomblad.

Kaartmateriaal:

- Atlas van Drenthe, EHS kaart 2012:
<http://www.drenthe.info/kaarten/website/fmc2/ehs2012.html> (i) 21-05-2013
- Geertsema kaarten, C vd K, 1910.
- *Historische Atlas Groningen*, 1:25000, verkend 1902. Gedeeltelijk herzien in 1916 uitgave 1918, Uitgeverij Robas Producties 1990.
- Diverse bestek tekeningen van de kanalisatie van het Mussel Aa kanaal, uitgave 1952.

Websites:

- <http://nl.wikipedia.org/wiki/Hydromorfologie>, (i) 13-06-2013
- http://nl.wikipedia.org/wiki/Boezem_%28water%29, (i) 19-05-2013
- http://nl.wikipedia.org/wiki/Vereniging_ter_bevordering_van_de_kanalisatie_van_Westerwolde (i) 14-06-2013
- <http://www.stowa.nl/> (i) 07-06-2010
- <http://www.knmi.nl/> (i) 22-01-2012
- <http://www.hunzeenaas.nl/> (i) 05-06-2010
- <http://www.kadaster.nl/> (i) 15-11-2010