

Notitie

Project:	Smartpolder
Onderwerp:	Energie uit waterbeheer
Datum:	4-11-2013
Referentie:	IF Technology Barry Scholten versie 1.2

1 Inleiding

Dagelijks verpompen honderden kleine en grote gemalen miljoenen kuubs water om onze steden en polders droog te houden en de weilanden groen. Daarbij komen de inspanningen voor de beheersing van de oppervlaktewaterkwaliteit. Bestrijding van blauwalgen, drijfslagen en botulisme in vrijwel stilstaande watersystemen staan hoog op de agenda. Waterbeheer kost veel energie. Maar wat zou het mooi zijn als maatregelen om te veel, te weinig of te vies water te beheersen tevens hernieuwbare energie oplevert?

2 Smart polder

Het begrip “Smart polder” is een container begrip voor de combinatie van integraal waterbeheer gekoppeld aan energie uit waterbeheer en informatie en communicatie technologie. Hierin worden waterkwantiteit, kwaliteit en de verduurzaming van de waterketen samen gebracht.

Het smart polder concept is uit de volgende onderdelen opgebouwd:

- waterkwantiteit (peilbeheer, waterberging, waterveiligheid);
- waterkwaliteit (zoetwatervoorraad, (blauw)alg- en botulisme bestrijding, zuiveren);
- energie besparing bij waterbeheer (o.a. gemalen);
- opwekken van hernieuwbare energie uit de waterketen (warmte en koude);
- informatie en communicatie technologie (inzicht in afvoer, temperatuur. ed.);

Informatie en communicatie staan centraal in de smartpolder, door het inzichtelijk maken van data over bijvoorbeeld peilen, afvoer, temperatuur, energieverbruik en energieprijzen is veel CO2 uitstoot te voorkomen en zelfs duurzame energie op te wekken. Ook ontstaat meer inzicht in afvoer en zoetwater reserves waarbij gegevens van waterkwaliteit zoals zuurstof of nutriënten waardevolle kennis is.

3 Energie uit waterbeheer

Met waterbeheer kan hernieuwbare warmte of koude worden gewonnen voor het koelen of verwarmen van bijvoorbeeld gebouwen. Hierbij kan water wat bijvoorbeeld verpompt wordt met een gemaal rechtstreeks worden ingezet als koelwater of worden omgezet in hoogwaardige warmte met een warmtepomp voor verwarming of tap water. Maar de echte

grote potentie voor energie uit waterbeheer is de combinatie van warmte- of koudewinning met een seizoensopslag zoals een bodemenergiesysteem (WKO) of een bodemwarmtewisselaarsysteem. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het natuurlijke temperatuursverschil van het oppervlaktewater tussen zomer en het winterseizoen.

3.1 Waterkwaliteitsverbetering en warmte

In de zomer kan warmte uit het oppervlaktewater worden gewonnen en opgeslagen in een bodemenergiesysteem voor de winter. Het resultaat is dat het oppervlaktewater in de zomer enkel graden afkoelt, wat een positief effect heeft op de oppervlaktewaterkwaliteit. Zeker in stedelijke omgeving zijn hier veel voordelen mee te behalen tegen het hitte-eilandeffect (het klimaat in steden is ca. 4 °C warmer). Zo kan met het verpompen en afkoelen van het water extra zuurstof worden ingebracht en kunnen zwerfvuil en drijfslagen worden afgevangen. Met als resultaat, koeler water en in de directe leefomgeving, minder kans op (blauw)algen, drijfslagen en botulisme. Hiermee kan de temperatuur van het oppervlaktewater positief worden beïnvloed waardoor de kwaliteit van het oppervlaktewater zal verbeteren.

3.2 Duurzaam koelen met winterkoude

In de winter kan ook koude worden gewonnen uit oppervlaktewater en worden opgeslagen voor de zomer. Hiermee kan zonder aanvullende technieken zeer duurzame koeling worden geleverd. Koeling wordt steeds belangrijker en kost doorgaans veel energie, terwijl het opslaan van winterkoude uit oppervlaktewater relatief eenvoudig is.

3.3 Waterkwaliteit diepe plassen en koeling

Diepe gestratificeerde plassen zijn een potentiële bron van duurzame koude. Onder de thermocline blijft winter koude geïsoleerd van de warme aan de oppervlakte van deze plassen. Deze koude kan worden ingezet voor het duurzaam koelen van bijvoorbeeld ziekenhuizen of datacenters. Het water dat hierbij uit een geïsoleerde plas wordt onttrokken kan een bijdrage leveren voor peilbeheer en dienen als zoetwaterbuffer voor omliggende polders. Bij plassen met een hoge nutriëntenlast en waterkwaliteitsproblemen, kan het winnen van koude uit de diepte worden gecombineerd met het bestrijden van blauwalgen door bijvoorbeeld het inbrengen van extra zuurstof of het binden van fosfaat. Hiermee kan de waterkwaliteit van diepe plassen actief worden verbeterd.

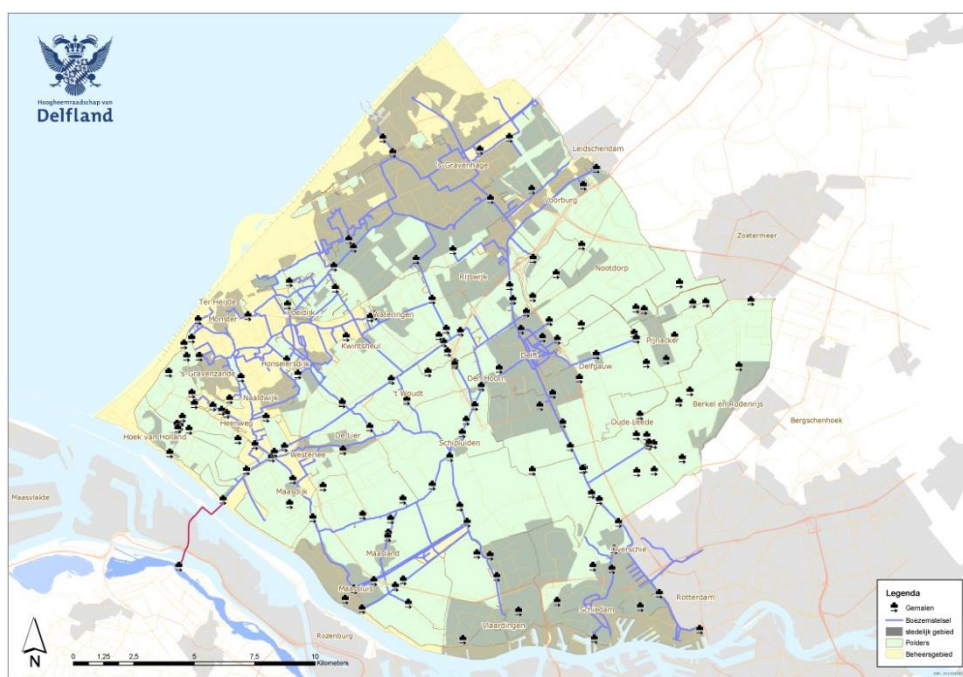
3.4 Intergaaf waterbeheer en verminderen CO2

In de "Smart polder" wordt traditioneel waterbeheer gecombineerd met energiebesparing en het verbeteren van de waterkwaliteit door middel van diverse energie uit waterbeheer concepten. Hiermee kan CO2 worden bespaard en hernieuwbare warmte en koude worden opgewekt waarmee de transitie naar een duurzaam watersysteem kan worden versneld. Er kunnen pompinstallaties worden gebouwd op locaties waar een warmte of koude vraag is, waarmee bestaande waterkwaliteit en kwaliteitsproblemen kunnen worden opgelost.

Watersystemen met waterkwaliteitsproblemen zoals diepe zwemplassen kunnen een bron van energie worden waarbij de kwaliteit op een duurzame wijze kan worden verbeterd (KWR). En bestaande of nieuwe gemalen kunnen een bijdragen gaan leveren aan CO2 besparing en worden ingezet voor waterkwaliteitsverbetering, hierdoor ontstaat een smart polder.

4 Kansrijke locaties HH Delfland

Om inzicht te geven in de potentie van energie uit waterbeheer heeft IF Technology een quick scan uitgevoerd van de kansrijke locaties binnen het beheersgebied van Hoogheemraadschap Delfland (HHD). In dit onderzoek is samen met HHD een korte inventarisatie* gemaakt van de in het gebied aanwezige plassen, gemalen en lokale knelpunten. Het resultaat is een lijst van ca. 20 kansrijke locaties waar waterbeheer en de productie van warmte en koude gecombineerd zouden kunnen worden. Bij meerdere locaties zou energie uit waterbeheer ook direct een positieve invloed kunnen hebben op de waterkwaliteit. De werkelijke potentie voor energie uit waterbeheer voor HHD is nog vele malen groter (in totaal ca. 100 gemalen, zie figuur 4.1) maar in deze quick scan is een selectie gemaakt van objecten waar relatief veel gegevens beschikbaar waren. De quick scan heeft als doel de totale potentie van de smart polder voor HDD in beeld brengen los van eventuele belemmeringen.



Figuur 4.1 overzicht gemalen Hoogheemraadschap Delfland

In dit hoofdstuk zullen de resultaten uit de quick scan worden gepresenteerd. Daarna zullen in hoofdstuk 5 enkele voorbeeld cases worden uitgelicht.

*Na aanleiding van de eerste inventarisatie (5-10-2013) zijn enkele locaties met meer detail bekeken, hiermee is een correctie uitgevoerd op de eerder berekende totale potentie.

4.1 Opzet inventarisatie

Voor de inventarisatie is een lijst opgesteld met plassen, (boezem) gemalen en lokale knelpunten. De lijst geeft een eerste beeld van de potentiële locaties en objecten binnen het gebied van Hoogheemraadschap Delfland die ingezet kunnen worden in de smart polder. Voor de objecten zijn parameters als volumes, oppervlakte, circuitlengte, diepte, debiet (max. en nominaal) met behulp van kengetallen omgerekend naar energie potentie (warmte en koude). Ook is gekeken of er bij objecten waterkwaliteit vraagstukken spelen. In tabel 4.1 zijn de onderzochte objecten weergegeven.

Tabel 4.1 inventarisatie objecten HHD

object	naam	locatie	type	Waterkwaliteit knelpunten
1	Plas van den Ende	Nootdorp	plas	vissterfte
2	Dobbeplas	Pijnacker- nootdorp	plas	blauwalgen
3	Delfse hout	Delft	plas	blauwalgen
4	Krabbeplas	Vlaardingen	plas	blauwalgen
5	Foppenplas	Maasland	plas	
6	Plas van Reef	Ypenburg	plas	
7	Plas Boswijk	Ypenburg	plas	
8	Put ter Werve	Rijswijk	plas	blauwalgen
9	Wilhminaplas	Rijswijk	plas	
10	Schouten	Den Haag	boezem gemaal	
11	Parksluizen	Rotterdam	boezem gemaal	zoutindringing
12	Westland	Hoek van Holland	boezem gemaal	
13	Zaaier	Vlaardingsedijk 8	boezem gemaal	
14	Vd Burg	Monster	boezem gemaal	doorstroming
15	Winsemius	Oostvoorne Brielse meer/gemaal Westland	boezem gemaal	
16	Dolk	Leidschendam-Voorburg	boezem gemaal	Droogte of calamiteiten
17	Circulatie gemaal Den Haag	Den haag	stadsgemaal	koelwater
18	Doorspoelgemaal Delft	Delft	stadsgemaal	zwerfvuil/doorstroming
19	Voorhof	Delft	gemaal	

Berekening energie hoeveelheden

Uitgangspunt voor de energie berekeningen zijn het toepassen van seizoensopslag in een bodemenergiesysteem (WKO) voor de energie uit het oppervlaktewater. Dit zodat het oppervlaktewater alleen in de zomer wordt afgekoeld en alleen in de winterperiode koude wordt onttrokken. De natuurlijke seizoensvariatie van de oppervlaktewatertemperatuur (gemiddeld 4 en 20°C) en de temperatuur van het grondwater (gemiddeld 12 °C) heeft als resultaat dat er ca. 3 maanden beschikbaar zijn om efficiënt warmte of koude uit oppervlaktewater in een bodemenergiesysteem te laden. Als maximale temperatuursverandering in het oppervlaktewater is een dT van 3 °C aanhouden. Deze 3 graden wordt aangegeven als de mengzone in het koelwaterlozingsbesluit en is niet extreem t.o.v. natuurlijke temperatuur variaties. De gewenste temperatuur verandering is in de praktijk variabel en kan per object specifiek worden gemaakt.

Als basis kengetal voor energie potentie geldt hiermee de vuistregel **13,8kwh/m³/K**. Deze norm is onder meer afgeleid uit de formule voor zelfkoeling van oppervlaktewater en heeft als oorsprong een verblijftijd van 7 dagen tussen lozing en inlaat. Deze 7 dagen blijken in Nederland meer dan voldoende tijd om een temperatuurverschil van 6 °C terug te brengen naar de natuurlijke temperatuur. In deze quick scan wordt een dT van 3 °C aangehouden, dus 41,4 kWh/m³.

4.2 Resultaten quick scan plassen

Voor plassen is gekeken naar het effectieve volume dat ingezet kan worden voor het onttrekken van warmte en koude. Voor warmte geldt dat de plassen altijd een beperkte stratificatie hebben. Onder in de plas is het kouder dan aan de oppervlakte. Terwijl plassen in de winterperiode volledig gemengd zijn. Om die reden is in de berekening voor warmte aangehouden dat alleen de bovenste 4 meter geschikt is om warmte uit te onttrekken (meet data: Hoogheemraadschap Rijnland) terwijl voor koude geen beperking geldt. In tabel 4.2 zijn de resultaten uit de berekeningen weergegeven.

Tabel 4.2 Resultaten energie potentie plassen

object	naam	Warmte potentiaal GWht	Koude potentiaal GWht	Waterkwaliteit knelpunt
1	Plas van den Ende	16.063	36.142	zuurstof te kort vissterfte
2	Dobbeplass	10.764	10.764	blauwalgen
3	Delfse hout	11.385	11.385	blauwalgen
4	Krabbeplass	18.837	18.837	blauwalgen
5	Foppenplass	6.210	6.210	
6	Plas van Reef	12.751	12.751	
7	Plas Boswijk	8.611	16.684	
8	Put ter Werve	16.560	20.700	blauwalgen
9	Wilminaplass	6.790	8.063	
Totaal		107.971	141.536	

Uit de inventarisatie blijkt dat er ca. 100 TWht warmte beschikbaar komt door de plassen in de zomer 3 graden af te koelen. Met het afkoelen en verpompen van water uit de oppervlakte naar de diepte kan de ontwikkeling van blauwalgen worden geremd en kan extra zuurstof worden toegevoegd wat de kans op vissterfte verkleint. Als slechts 1 % van deze warmte benut zou worden is dat voldoende om 100.000 huishoudens te verwarmen. Als plassen worden ingezet om in de winter, koude uit te winnen komt 140 TWht beschikbaar. Hiermee kan zeer duurzame koeling worden geleverd aan ziekenhuizen of data centers en kan zeer veel energie worden bespaard zonder dat dit negatieve effecten heeft op de waterkwaliteit.

4.3 Resultaten quick scan gemalen

Het debiet van een gemaal is afhankelijk van de functie en het seizoen en dus niet constant. Binnen het beheergebied van HHD zijn ca. 100 boezem, polder en doorstroom gemalen. Voor een groot deel van de gemalen in de inventarisatie is op basis van gegevens over maximale capaciteit en nominaal debiet een conservatieve inschatting gemaakt van de afvoer voor de zomer en de winterperiode. Hierin kan algemeen aangenomen worden dat in de zomer de afvoer lager is dan in de winter. Voor een aantal gemalen met een specifiek functie is een specifiek debiet aangehouden. Tabel 4.3 geeft de energie hoeveelheden weer die per gemaal opgewekt zouden kunnen worden door deze ook als "energie" gemaal in te zetten.

Tabel 4.3 Resultaten potentie "energie"gemalen

object	naam	Warmte potentiaal GWht	Koude potentiaal GWht
10	Schouten*	25,1	33,4
11	Parksluizen	50,1	50,1
12	Westland	30,1	40,1
13	Zaaier	38,8	51,8
14	Vd Burg	75,2	75,2
15	Winsemius	6,7	6,7
16	Dolk	9,4	9,4
17	Circulatiegemaal den haag	2,9	2,9
18	Doorspoelgemaal Delft	3,6	3,6
19	voorhof	0,7	0,9
Totaal		242	274

Het berekenen van de hoeveelheid energie die een gemaal per seizoen zou kunnen opwekken is: $(Q\text{-nominaal (1 m}^3\text{/s)}) \cdot 3600\text{sec} \cdot dT3^{\circ}\text{C} \cdot 1,16$ (warmte capaciteit van water 2000uur(3 maanden)= 25 GWht.

Uit de berekeningen blijkt dat de gemalen uit deze quick scan in totaal 517 GWht aan thermische energie zouden kunnen produceren. Dit is voldoende om 30.000 huishoudens mee te verwarmen en te koelen. In verhouding tot andere duurzame energie bronnen: in de provincie Zuid-Holland is in 2011 ca. 550 GWh aan Windenergie opgewekt door 155 windmolens.

Energie besparing.

Voor het produceren van warmte en koude met gemalen is natuurlijk wel elektrische energie nodig, dit om pompen aan te drijven. Zeker gezien de energie eerst opgeslagen moet worden in de bodem om efficiënt in te kunnen zetten. Ook zal de warmte die wordt gewonnen eerst opgewaardeerd moeten worden met behulp van warmtepompen naar een bruikbare temperatuur voor verwarming en tapwaterbereiding. Het gemiddelde energie verbruik per m³ is in geschat aan de hand van gegevens van Nelen & Schuurmans. Op basis van dit gemiddeld energieverbruik en het gemiddelde energieverbruik van energieopslag (WKO) is de minimale COP (De coëfficiënt of performance COP) vastgesteld (worst case benadering). De COP geeft de verhouding weer tussen de hoeveelheid afgegeven thermische energie (warmte of koude) tegenover de hoeveelheid verbruikte primaire energie (elektriciteit). Uit de berekeningen blijkt dat een gemaal 400

maal meer thermische energie zou kunnen produceren dan elektrisch wordt verbruikt. Voor een gemaal in combinatie met WKO als warmte centrale zal de warmte moeten worden opgewaardeerd door een warmtepomp met een COP 4, dit zal een zeer grote invloed hebben en een totaal rendement opleveren van COP 3. Dit betekent dat een gemaal 3 maal zoveel thermische warmte kan leveren dan dat aan elektrische energie wordt verbruikt. Voor een gemaal met WKO als koude centrale geldt een COP 18. Dit komt doordat er geen warmtepomp nodig is om de energie op te waarderen en de opgeslagen winterkoude uit een bodemenergiesysteem direct kan worden ingezet voor koeling van gebouwen.

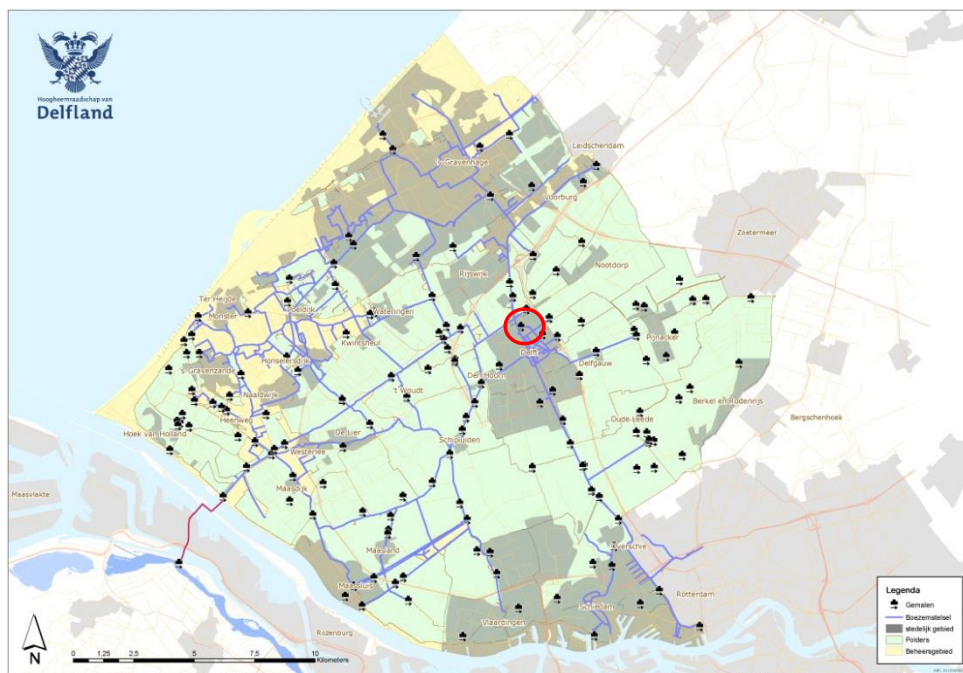
Als algemene conclusie kan gesteld worden dat: *Een “energiegemaal” is energie neutraal en vermindert CO2 uitstoot door het leveren van hernieuwbare warmte of koude.*

5 Kansrijke objecten

Om de werkelijke potentie van de smartpolder nog tastbaarder te maken is voor enkele kansrijke locaties een theoretische business case opgesteld. Hierin is specifiek gemaakt welke synergie kan ontstaan bij het inzetten van bestaande gemalen in de smart polder.

5.1 Doorspoelgemaal Delft

Het doorspoelgemaal van de grachten van Delft, maximum capaciteit 1,4 m³/s, hiermee kan theoretisch 35 GWht aan koude of warmte worden gewonnen indien er voldoende afvoer uit het circuit is (voldoende voor 4000 huishoudens). Als er uitgegaan wordt van een gesloten circuit van 1800 meter met een doorstroming in 7 dagen kan 3.6 GWht worden gewonnen wat voldoende is voor 100.000 m² kantoorruimte of 400 huishoudens. De huidige functie van het gemaal is het doorspoelen van de grachten van Delft om de waterkwaliteit van de grachten te verbeteren. Hierbij wordt bij het gemaal ook zwerfvuil en drijfvlagen verwijderd.



Figuur 5.1 Locatie doorspoelgemaal grachten Delft (Klaverbos 24 Delft)

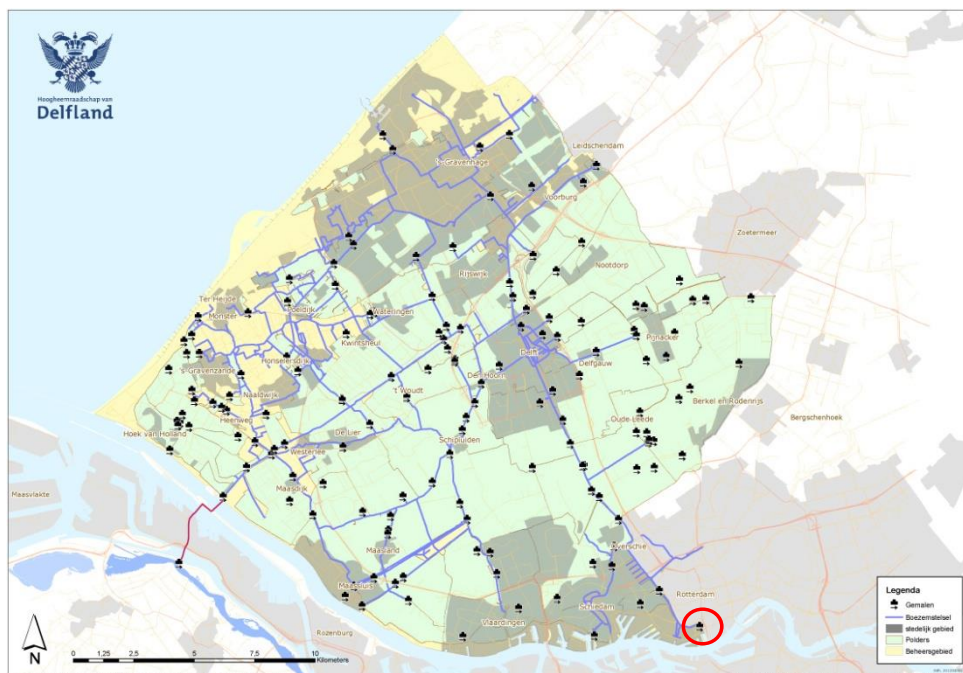
Als het doorspoelgemaal van de grachten van Delft wordt ingezet als warmte gemaal zal het grachtenwater in de zomer niet alleen worden doorgespoeld maar worden afgekoeld waarmee het zuurstof gehalte zal toenemen, naast de functie van het verzamelen van zwerfvuil.

Momenteel zou het gemaal niet worden ingezet vanwege de relatief hoge exploitatie kosten maar met deze toepassing zou het gemaal energie neutraal worden en bijdragen aan de energie besparingsdoelstellingen van het Hoogheemraadschap Delfland en de gemeente. De exploitatie van het gemaal kan worden gefinancierd door het vermarkten van de opgewekte energie door bijvoorbeeld de gemeente of een energiebedrijf.

Het resultaat is een CO₂ neutrale, business case waarmee de waterkwaliteit van de grachten van Delft actief kan worden verbeterd.

5.2 Gemaal Parksluizen Rotterdam

Het gemaal Parksluizen (zie figuur 5.2) heeft als functie het tegengaan van zoutindringing door de scheepvaartsluizen. Dit gemaal heeft een maximaal debiet van 20 m³/s. Uit gegevens van HH Delfland kan worden aangenomen dat dit gemaal een nominaal debiet heeft van ca. 10 % van de maximale capaciteit.



Figuur 5.1 locatie gemaal Parksluizen Rotterdam (Willem Buytewegstraat 32)

Het gemaal parksluizen kan bij 10% van zijn maximale debiet 50 GWh warmte of koude leveren. De ligging van dit gemaal midden in Rotterdam maakt dat potentiële afnemers voor deze energie op zeer korte afstanden liggen.

Het Gemaal Parksluizen zou kunnen worden ingericht als duurzame koude centrale waarmee koeling geleverd kan worden aan bijvoorbeeld de Erasmus Universiteit en/of het Erasmus Medisch Centrum (binnen straal van 500 m). Hiermee levert het gemaal 18 maal meer energie dan dat het op dit moment verbruikt.

5.3 Lokale knelpunten

Een categorie welke nog niet in de inventarisatie is opgenomen maar wel zeer kansrijk is, zijn lokale knelpunten met betrekking op de waterkwaliteit. Het probleem is hier voornamelijk botulisme door te hoge watertemperaturen (stedelijke hitte eiland effect). De oplossing hiervoor is doorspoelen, en de temperatuur onder de 25 graden houden.

Uit gegevens van HHD blijkt de wijk Wateringen lage veld in Den Haag een lokaal knelpunt. Deze bestaat uit een circuit van ca. 3 km (inclusief zijtakken) met ca. 100.000 m³ water.

Als hier een nieuw energie gemaal geplaatst zou worden voor het doorspoelen van de wijk met ca. 0,1 tot 0,2 m³/s kan het water in de zomer worden afgekoeld en kan 2,5 GWh aan warmte worden gegenereerd die lokaal afgenomen zou kunnen worden voor verduurzaming van de wijk. De aanleg en exploitatie van het gemaal kan worden bekostigd door de energie leverancier van deze duurzame warmte.

Binnen Den Haag zijn meerdere van dit soort lokale knelpunten (kansen) bijvoorbeeld de wijken Waldeck en Mariahoeve.