

Beschrijving van het gemaalflexalgoritme

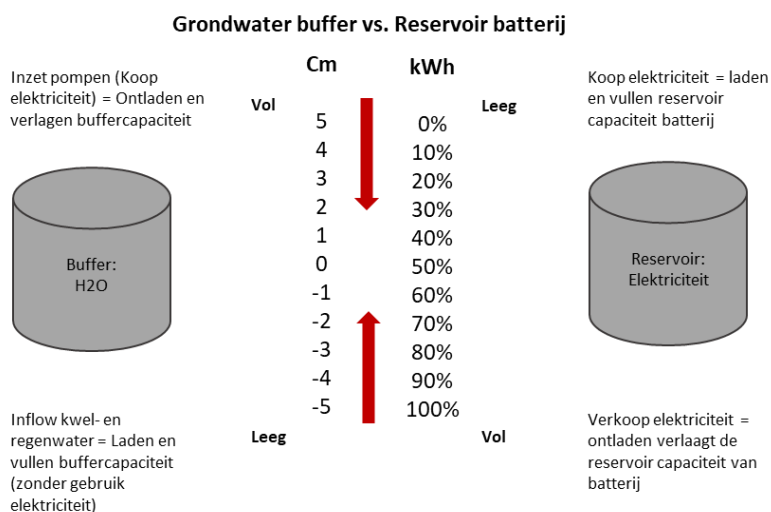
Inleiding

Waterschappen hebben de afgelopen jaren laten onderzoeken hoe hun gemalen slimmer en daarmee energiezuiniger kunnen werken. Dit onderzoek is onderdeel van de Green Deal Energie. De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) en de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) hebben een gezamenlijk onderzoeksprogramma ‘Energie in het watersysteem’ voor de periode 2016 - 2018 ontwikkeld. Een belangrijk onderdeel van het onderzoeksprogramma is het project “Slim Malen” dat eind 2016 van start is gegaan. Het hoofddoel van het project Slim Malen betreft de ontwikkeling van een toolbox voor nieuwe regelingen van gemalen met het oog op energie- en (eventuele) kostenbesparing, als alternatief voor de huidige peilgestuurde regelingen. eRisk Group is een van de partners van het project en onderzoekt in een deelproject de toekomstige economische en duurzame waarde van de flexibele inzet van gemalen op de dag vooruit markt op basis van data van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) binnen de in het project geïnterpreteerde veiligheidsbegrenzingen.

Het hoofddoel van eRisk Group in het project is de ontwikkeling van een algoritme in het eRisk Group merit order model (Power Price Scenario Generator, PPSGen) van de Noordwest Europese elektriciteitsmarkt waarmee de economische optimalisatie van de inzet van de beschikbare flexibiliteit van poldergemalen op landelijk niveau, binnen de in het project geïnterpreteerde veiligheidsbegrenzingen, op de toekomstige dag vooruit markten kan worden gevalideerd als ook de validatie van de mogelijke duurzame bijdrage (CO2 besparing) door inzet gemaalflexibiliteit.

Algemeen

De gemaalflex wordt gemodelleerd als een opslagmedium en is te vergelijken met een omgekeerde batterij. De aanname is dat de inzet van gemaalpompen (met gebruik van elektriciteit van het net tegen een marktprijs) het equivalent is van het opladen van een opslagmedium. De inflow van water (neerslag en kwel) is het equivalent van ontladen (leveren van elektriciteit aan het net voor een marktprijs) in een regulier opslagmedium. Bij de inzet van gemaalflex wordt de inflow als een vast gegeven verondersteld en is daarom niet afhankelijk van marktprijzen. Hierbij is de beperking de capaciteit van de buffer (die kan vol of leeg zijn). De buffer is de totale ruimte om water te bergen en is gelijk aan de ruimte tussen de in- en uitslagpeilen. Voor deze analyse zijn die berekend door het verschil in volume te nemen indien het streefpeil met 5 cm wordt verhoogd of verlaagd. Deze buffer geeft dus de flexibiliteit aan ofwel de mate waarmee het malen (het inzetten van de pompen) kan worden uitgesteld. De totale ruimte in de buffer loopt van +5 cm boven het streefpeil tot -5 cm onder het streefpeil. Dit is te vergelijken met een opslagmedium waarbij het niveau van -5 cm gelijk is aan een reservoirruimte van 0 (Hetgeen als het over een batterij zou gaan betekent dat die vol is) en het niveau van +5 cm gelijk is aan een reservoirruimte van 10 (is dus een lege batterij). In onderstaande figuur wordt de vergelijking tussen de gemaalflex en een opslagmedium (batterij) geïllustreerd.



Door bovenstaande en andere input/ randvoorwaarden in het algoritme te betrekken kan gemaalflex als een opslagmedium worden gemodelleerd. Het algoritme zorgt er dan voor dat binnen de gestelde randvoorwaarden, de ongeoptimaliseerde elektriciteitsvraag per MWh van gemalen wordt geoptimaliseerd door de elektriciteitsvraag (het pompen) binnen een optimalisatieperiode van één week per MWh te verschuiven naar de uren met de laagste prijzen in die week. Die optimalisatie wordt iedere week in een jaar herhaald. De optimalisatie zorgt er zo voor dat de gemaalpompen worden ingezet op de uren met de laagste prijzen. Het algoritme zorgt daarmee voor verlaging van de elektriciteitskosten van de inzet van de pompen (opladen).

Het gemaalflex algoritme

Data: De input data die zijn gebruikt om het gemaalflex algoritme te runnen zijn afkomstig van data uit het NHI en op basis van onderzoek naar de huidige en toekomstige seizoensvariatie in de kwelbelasting en flexibel gemaalbeheer van waterschappen door Simon Buijs, MSc student Hydrology aan de Vrije Universiteit van Amsterdam. De NHI-data van de individuele waterschappen

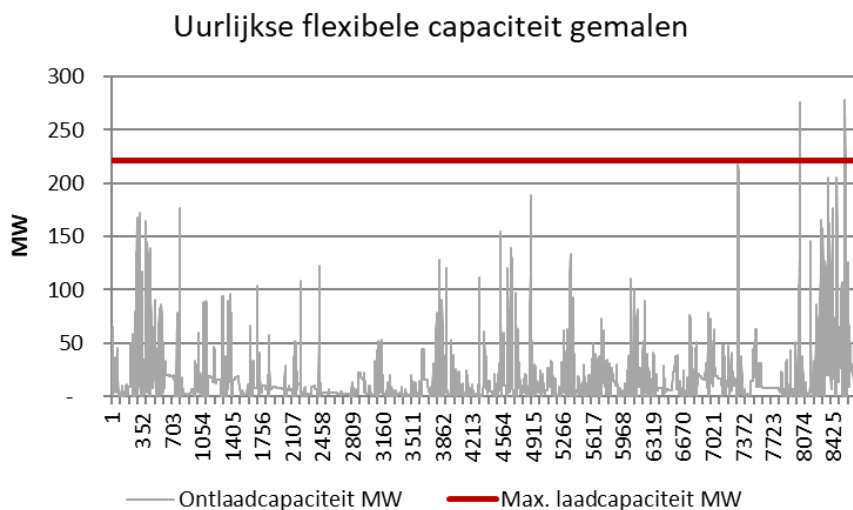
in m3 over de buffercapaciteit, maalcapaciteit en de inflow van kwel en regenwater per dag zijn door eRisk Group geaggregeerd naar landelijk totaalwaardes en omgezet naar het elektrische equivalent per uur. Dit leidt tot de volgende aannames:

- Het start niveau van de buffer is gelijk aan het grondwater-streefpeilniveau (half vol)
- Totale beschikbare buffercapaciteit = 1724 MWh
- De buffercapaciteit is gelijk aan de beschikbare flexibele capaciteit die de optimalisatie van het wegpompen van de dagelijkse inflow van water (ontladen) mogelijk maakt
- Totale maximale beschikbare ontlad pompcapaciteit per uur = 221 MW
- De toegestane maximale ontlad gradiënt (= opschakel capaciteit pomp) is gelimiteerd op 50 MW per uur
- Het beschikbare totale ontlad volume per uur (ontlad profiel) = de totale uurlijkse geïnterpoleerde en voor neerslag gecorrigeerde dagelijkse inflow van water (neerslag en kwel) van de 17 waterschappen die deel uitmaken van de analyse (= uurlijkse laadcapaciteit)
- Totale elektriciteitsconsumptie = MWh 139.602 (Peak 43,68% / off peak 56,32%)

De onderstaande figuur laat zien welke uurlijkse de waarde in PPSGen worden ingelezen.

Buffer	1.724	MWh	
Max discharge	221	MW per uur	
Totaal verbruik	1.935.960	MWh	
			Max
	Buffer	Ontlaadprofiel	Maal(ontlaad)
Datum	(MWH)	(MWH)	cap. (MWH/H)
01/01/11 00:00	1.724	5	221
01/01/11 01:00	1.724	5	221
01/01/11 02:00	1.724	7	221
01/01/11 03:00	1.724	5	221
01/01/11 04:00	1.724	7	221
01/01/11 05:00	1.724	15	221
01/01/11 06:00	1.724	23	221
01/01/11 07:00	1.724	42	221
01/01/11 08:00	1.724	60	221

De onderstaande grafiek geeft de uurlijkse ontlad en maximale laadcapaciteit gedurende een jaar weer.



Beschrijving: Deze data wordt ingelezen in het PPSGen model en vervolgens wordt de inzet van de gemalen geoptimaliseerd volgens het batterijmodel. Er is geen kostencomponent of threshold. De efficiency van de batterij is 100%. De maximale laadcapaciteit is gelijk aan de maalcapaciteit. Ontladen van de batterij gaat volgens het patroon van de inflow van water.

Het algoritme kijkt steeds naar een periode van 1 week, en voert de volgende stappen uit:

- Verzamel de uurlijkse prijzen voor de huidige week
- Verzamel de bijbehorende ontladingen die volgens het ongeoptimaliseerde profiel plaatsvinden.

Deze data, samen met de eigenschappen en randvoorwaarden, worden in een lineaire solver gebruikt om de geoptimaliseerde inzet te genereren. De lineaire solver minimaliseert de kosten van de inzet. Om te voorkomen dat de optimalisatie van de gemaalflex de markt verstoort, is er een functie, de Market Depth functie, toegevoegd die op basis van de door PPSGen gegenereerde merit order (volgorde van draaiende elektriciteitscentrales) de maximaal toelaatbare inzet capaciteit van de gemaalflex zoekt die niet de markt verstoort. De functie koppelt de inzet van gemaal flexibiliteit daarmee aan de diepte van de markt.

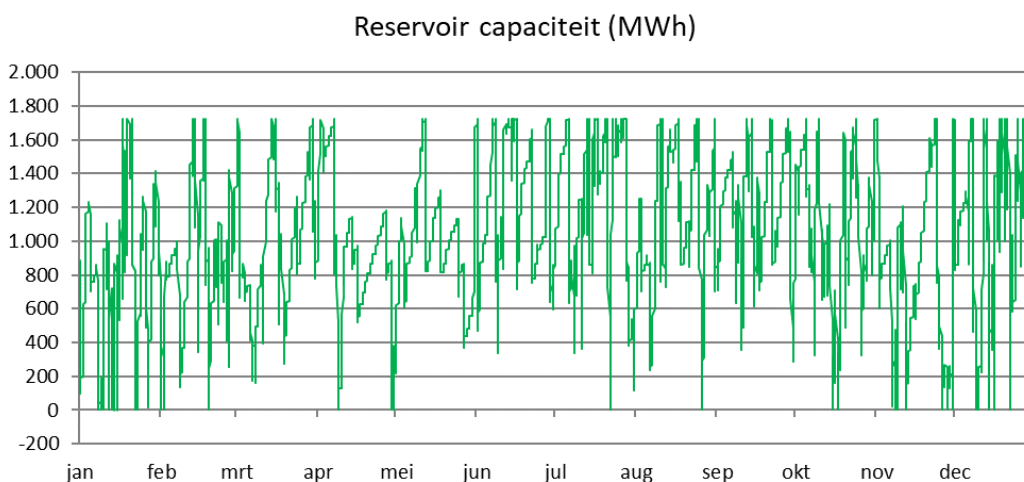
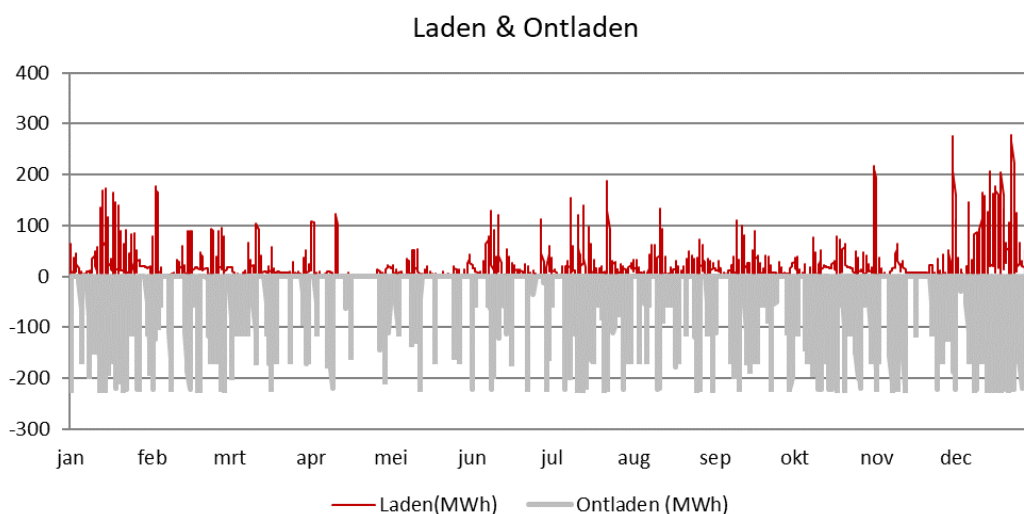
Aan de optimalisatie zijn de volgende randvoorwaarden gesteld:

- Optimalisatiehorizon is een week
- Buffercapaciteit tussen 0 en 1724 MWh. De capaciteit is iedere week opnieuw ingesteld op 862 MWh en het algoritme leidt tevens tot een eindcapaciteit iedere week van 862 MWh.
- Ontlaadcapaciteit (uitvoer water) tussen 0 en 221 MWh met uurlijkse gradiënt van max. 50 MW per uur
- Ontlaadcapaciteit is gelijk aan laadprofiel

De output is een geoptimaliseerd vraagprofiel, dat wil zeggen een profiel waarbij de waarde van de acties maximaal (=kosten is minimaal) is. Deze berekeningen worden voor iedere week in een jaar herhaald tot dat alle 8760 uren in een jaar zijn geoptimaliseerd.

Resultaten

Voor een compleet jaar, ontstaat het volgende overzicht van het draaipatroon (zie grafieken).



Analyses met eRiskGroup merit order model van de Noordwest Europese elektriciteitsmarkt (Power Price Scenario Generator (PPSGen))

PPSGen is het eRisk Group merit order model (Power Price Scenario Generator) van de Noordwest Europese elektriciteitsmarkt (BENELUX, Frankrijk, Groot-Brittannië en Duitsland). PPSGen simuleert dag vooruit markten per land op basis van scenario- aannames over o.a. economische groei, energiebesparingen, ontwikkeling van brandstof- en CO2 prijzen, conventionele en duurzame productiecapaciteit en de toepassing van nieuw energietechnieken zoals warmtepompen en elektrisch vervoer.

Op basis van de data en aannames die zijn besproken met Deltares, is de totale landelijke flexibele capaciteit van de gemalen als één asset binnen het algoritme gemodelleerd en in PPSGen geïncorporeerd. Het algoritme is gebruikt om het effect van de inzet van de flexibele capaciteit van gemalen onder verschillende scenario's te berekenen. De modeluitkomsten moeten inzicht geven in de ontwikkeling van de inzetbaarheid van de gemalen (in termen van het gebruik van de reservoirruimte) en het rendement van de flexibele inzet (in termen van kostenbesparingen euro's) op de elektriciteitsmarkt in 2020, 2025 en 2030. De analyse zal zowel inzichten leveren over de

potentiele kosten- en indirecte CO2 besparingen voor de totale landelijke flexibele gemaalcapaciteit als voor de 18 waterschappen waarop de flexibele gemaalcapaciteit is gebaseerd. De analyses en de resultaten van het onderzoek zijn verwerkt in het document: *Modelering van de flexibele inzet van gemalen in PPSGen voor het project "Slim Malen (17.07.2018)"*