

ONDERWERP

Uitvoeringsplan slibmotor Kimstergat (concept versie 0.3)

PROJECTNUMMER

C03041.001971

DATUM

15-7-2016

ONZE REFERENTIE

078928228 0.6

VAN

Dr.ir. Bart Grasmeijer

AAN

Ecoshape

KOPIE AAN

Erik van Eekelen (Ecoshape), Marcel van den Heuvel (Ecoshape), Jelmer Cleveringa (Arcadis), Jan-Teije Stellema (Baggerbedrijf De Boer), John Walta (Gemeente Harlingen), Julia Vroom (Deltares)

Inleiding

Dit memo bespreekt de totale cyclustijd voor baggeren in de haven van Harlingen en verspreiden van de specie in het Kimstergat met sleephopperzuiger Adelaar en de beschikbare tijd die de randvoorwaarden van opkomend tij en verspreiding tijdens daglicht met zich meebrengen. Bovendien wordt een voorstel gedaan voor drie verspreidingsvakken.

Sleephopperzuiger en cyclustijd

Figuur 1 toont een foto van sleephopperzuiger Adelaar. Het schip heeft een capaciteit van 604 m³, lengte 60 m, breedte 8 m, diepte 3,3 m en diepgang 2,8 m.



Figuur 1. Sleephopperzuiger Adelaar

De randvoorwaarden voor het verspreiden zijn:

- Alleen tussen 1 sep en 31 mrt, wat een effectieve werkperiode geeft van 28 weken
- Alleen bij opkomend tij, of beter gezegd bij een oostwaartse stroming
- Alleen bij daglicht (verzoek aanpassing vergunning voor verspreiding tussen 06.00 en 18.00 staat uit)

Tabel 1 toont de gemiddelde waterstanden bij Harlingen. Gemiddeld hoogwater bedraagt NAP+0,95 m en gemiddelde laagwater NAP-0,95 m. De gemiddelde getijslag komt hiermee op 1,90 m. Bij springtij is dit uiteraard meer en bij doottij minder.

Tabel 1. Gemiddelde waterstanden bij Harlingen (bron: Rijkswaterstaat referentiewaarden waterstanden)

Type tij	HW-stand (m+NAP)	LW-stand (m+NAP)	Tijverschil (m)
Gemiddeld tij	0,95	-0,95	1,90
Springtij	1,08	-0,98	2,06
Doottij	0,79	-0,84	1,63

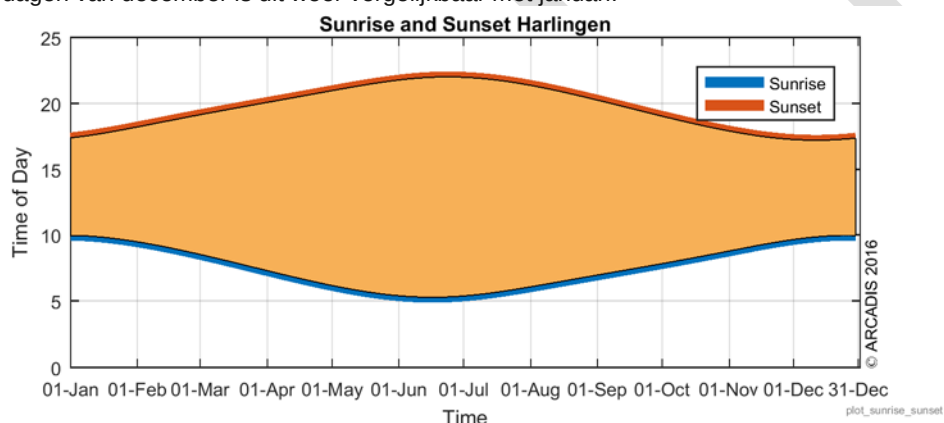
Tabel 2 toont de geschatte tijden per onderdeel van de baggercyclus. We zijn hierbij uitgegaan van een vaarsnelheid van 7 knopen (13 km/uur). De totale cyclustijd bedraagt dan ongeveer 80 minuten (1,33 uur). Dit betekent dat elke beschikbare periode korter dan deze 80 minuten niet geschikt is voor verspreiding op de gewenste locatie in het Kimstergat.

Tabel 2. Tijd per onderdeel van de baggercyclus en totale cyclustijd

Actie	Tijd
Baggeren vol	10 min
Varen vol	35 min
Dumpen	5 min
Varen leeg	30 min
Totale cyclustijd	80 min

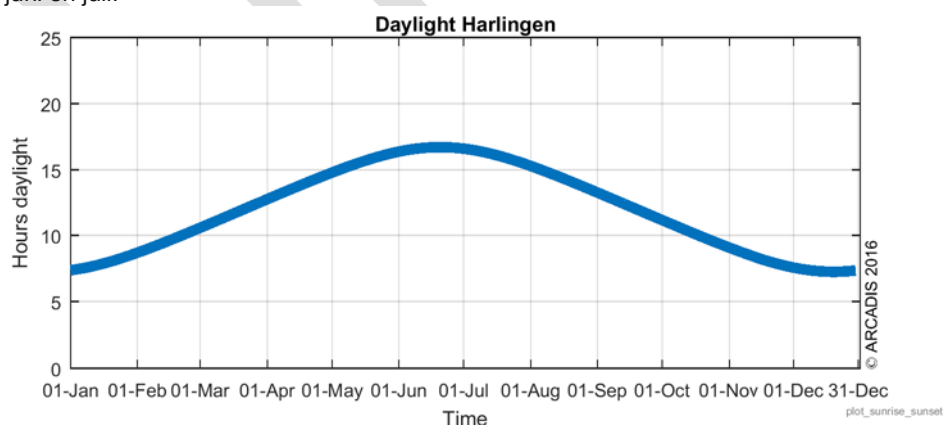
Verspreiden tussen zonsopkomst en zonsondergang

Figuur 2 toont de tijden van zonsopkomst en zonsondergang per dag bij Harlingen. In januari komt de zon op rond 10:00 uur 's morgen en gaat onder rond 17:30 uur 's avonds. In de zomerdagen van juni en juli zijn de dagen langer en komt de zon op rond 05:30 uur 's morgens en gaat onder rond 22:00 uur 's avonds. In de korte winterdagen van december is dit weer vergelijkbaar met januari.



Figuur 2. Tijd van zonsopkomst en zonsondergang bij Harlingen

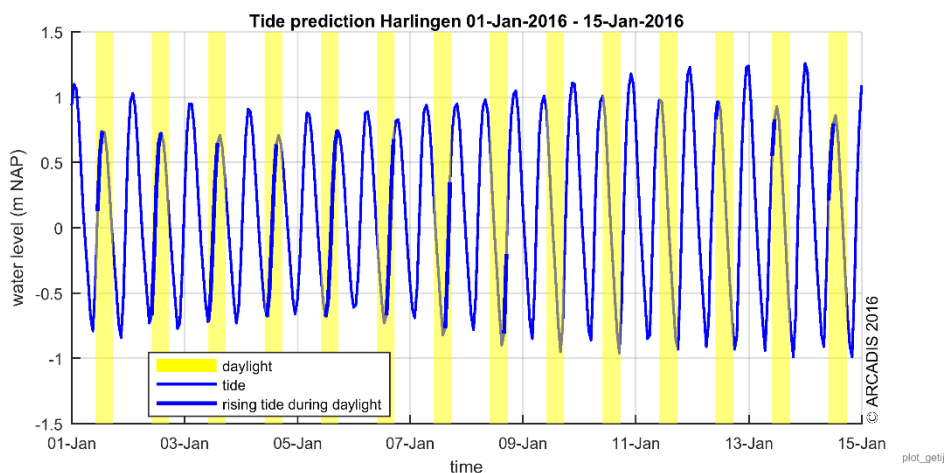
Figuur 3 toont het resulterend aantal uren daglicht. Dit varieert van ruim 7 uur in januari en december tot bijna 17 uur in juni en juli.



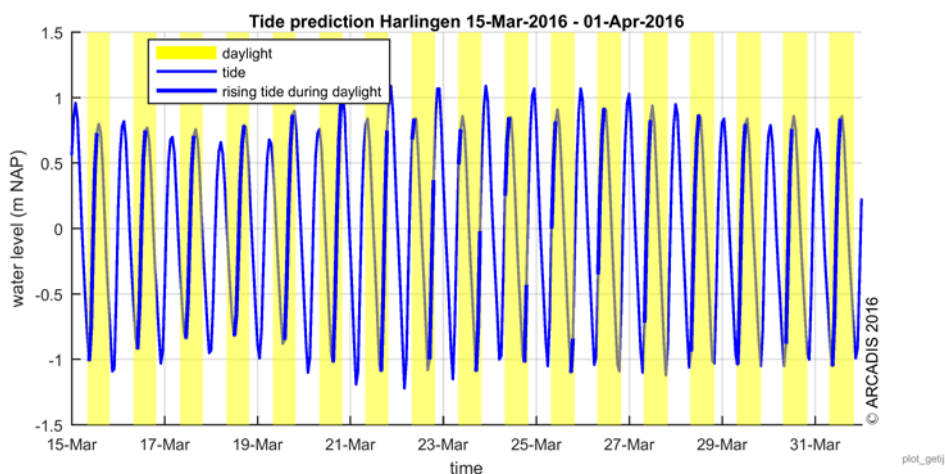
Figuur 3. Aantal uren daglicht bij Harlingen

De verspreiding van slib in het Kimstergat vindt alleen plaats tijdens daglicht en bij opkomend getij. Figuur 4 toont een voorbeeld van de daglichtvensters en het getij bij Harlingen in de eerste twee weken van januari. Tevens toont deze figuur met de dikke blauwe lijnen wanneer opkomend tij tijdens daglicht plaatsvindt. Duidelijk is te zien dat dit per dag en per getij kan variëren. Soms is het maar 1 uur in een getij en soms 6 uur in deze periode.

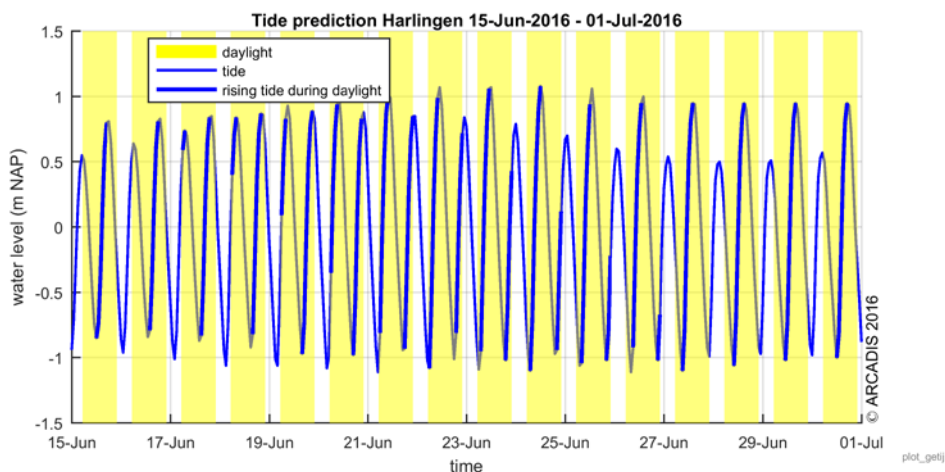
Figuur 5 toont hetzelfde in de laatste twee weken van maart. De variatie ligt hier tussen de 4 en 6 uur. Dit is de langst mogelijke verspreidingsijd in de periode tussen 1 september en 31 maart. Figuur 6 toont hetzelfde in de langere zomerdagen van juni. De variatie ligt hier tussen de 5 en 10 uur. In deze periode wordt er echter niet verspreid.



Figuur 4. Daglichtvenster, getij en opkomend getij tijdens daglicht bij Harlingen in de eerste twee weken van januari



Figuur 5. Daglichtvenster, getij en opkomend getij tijdens daglicht bij Harlingen in de laatste twee weken van maart



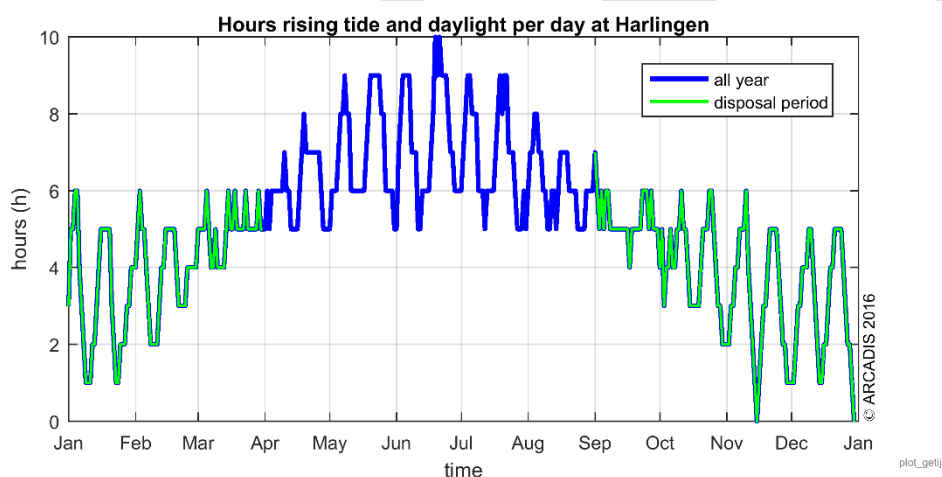
Figuur 6. Daglichtvenster, getij en opkomend getij tijdens daglicht bij Harlingen in de laatste twee weken van juni

Figuur 7 toont het aantal uren van opkomend getij tijdens daglicht bij Harlingen voor een geheel jaar. Tijdens de korte winterdagen in januari varieert dit tussen de 1 en 6 uur. Het stijgt naar 5 tot 10 uur in de zomerdagen van juni en juli en daalt vervolgens weer naar 0-5 uur in de korte winterdagen van december. Het totaal aantal uren van opkomend getij tijdens daglicht bedraagt 1852 uren in een jaar.

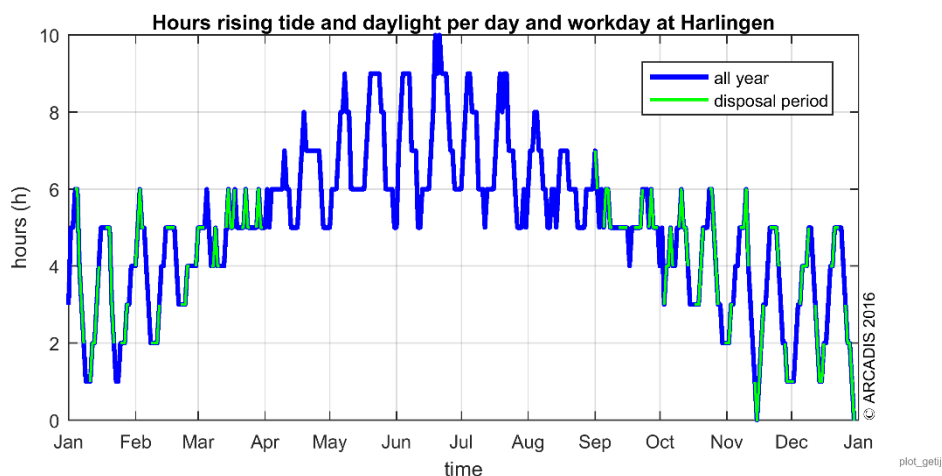
De groene onderbroken lijn geeft in figuur 7 de uren van opkomend tij tijdens daglicht in de verspreidingsperiode aan. Dit varieert tussen 0 en 6 uur. Het totaal aantal beschikbare uren over de totale verspreidingsperiode van 7 maanden van een jaar bedraagt 838 uur. Wanneer we deze beschikbare uren delen door de cyclustijd van 1,33 uur met sleephopperzuiger Adelaar dan komen we op 630 cycli in een jaar. Met een beuninhoud van 600 m³ komen we dan op 378.000 m³ over de totale periode van een jaar. Dit is ruim voldoende voor een succesvolle proef die ten minste 300.000 m³/jaar vereist. Dit noemen we scenario 1.

Wanneer de Adelaar één uur voorafgaand aan laagwater begint met baggeren dan neemt het totaal aantal uren in de periode van 7 maanden toe tot 1087 uur. Bij een cyclustijd van 1,33 uur komen we dan op 817 cycli. Met een beuninhoud van 600 m³ komen we op 490.000 m³ over de totale periode van een jaar. Dit biedt bijna 30% meer capaciteit dan de vorige optie. Dit noemen we scenario 2.

Wanneer er één uur voor laagwater wordt begonnen met baggeren maar er alleen op werkdagen van maandag t/m donderdag (dus 4 dagen) wordt gebaggerd en verspreid dan reduceert het aantal beschikbare uren tijdens daglicht en opkomend tij in de verspreidingsperiode tot 625 uur. Wanneer we deze beschikbare uren delen door de cyclustijd van 1,33 uur dan komen we op 470 cycli. Met een beuninhoud van 600 m³ komen we dan op 282.000 m³ over de totale periode van een jaar. Dit is bijna 43% minder dan de 7-daagse werkweek. Dit noemen we scenario 3.

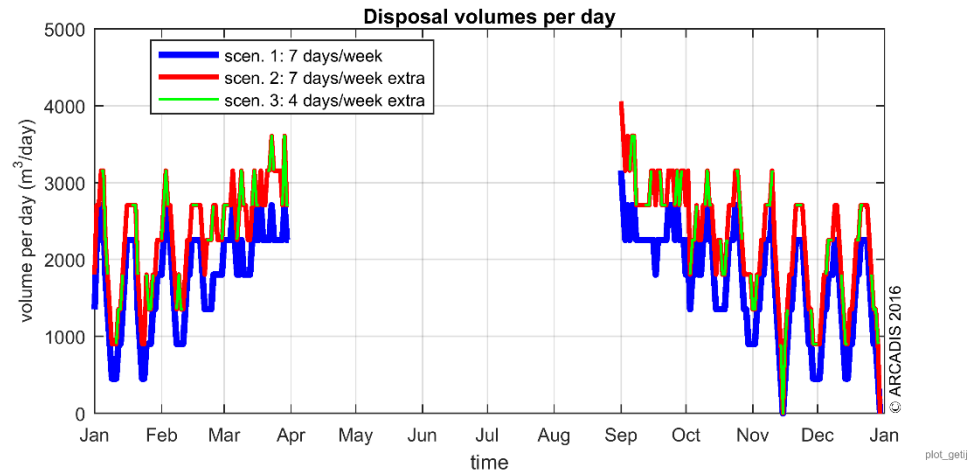


Figuur 7. Uren van opkomend tij tijdens daglicht bij Harlingen

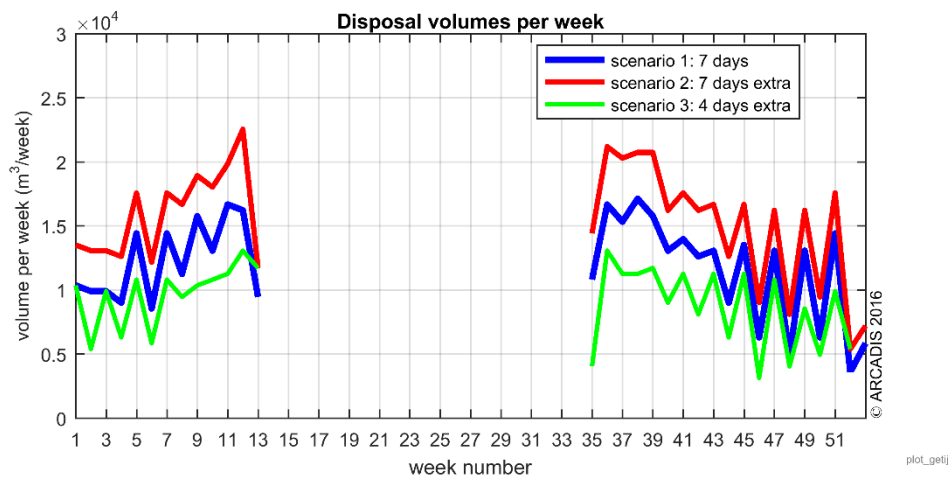


Figuur 8. Uren van opkomend tij tijdens daglicht op werkdagen bij Harlingen

Figuur 9 toont de verspreidingsvolumes per dag voor de drie voornoemde scenario's. Duidelijk is te zien dat de capaciteit van januari naar maart toeneemt en van september naar december weer afneemt. De meeste efficiënte dagen vallen dus in het vroege voorjaar en de late herfst. Figuur 10 toont de verspreidingsvolumes per week. Deze toont uiteraard dezelfde trend. Deze figuur laat ook zien dat de allereerste (1-6) en allerlaatste (44-52) weken van het jaar sterk variabel zijn in efficiëntie.



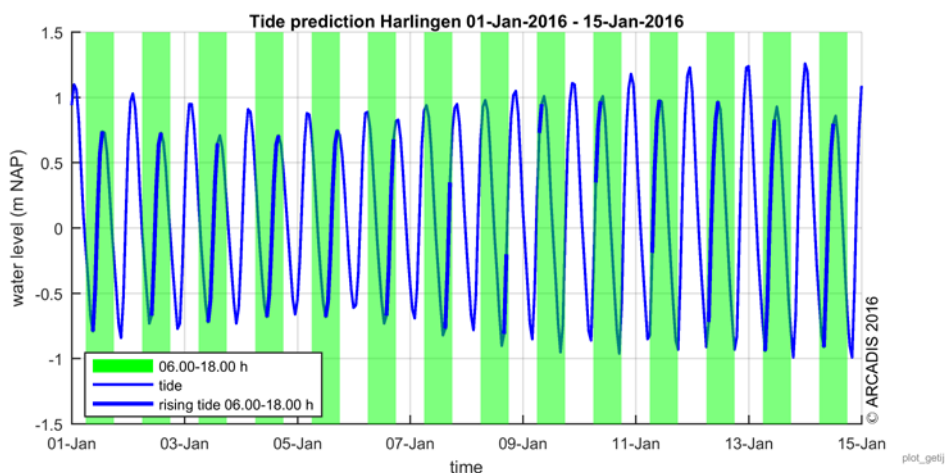
Figuur 9. Verspreidingsvolumes per dag voor drie verschillende scenario's



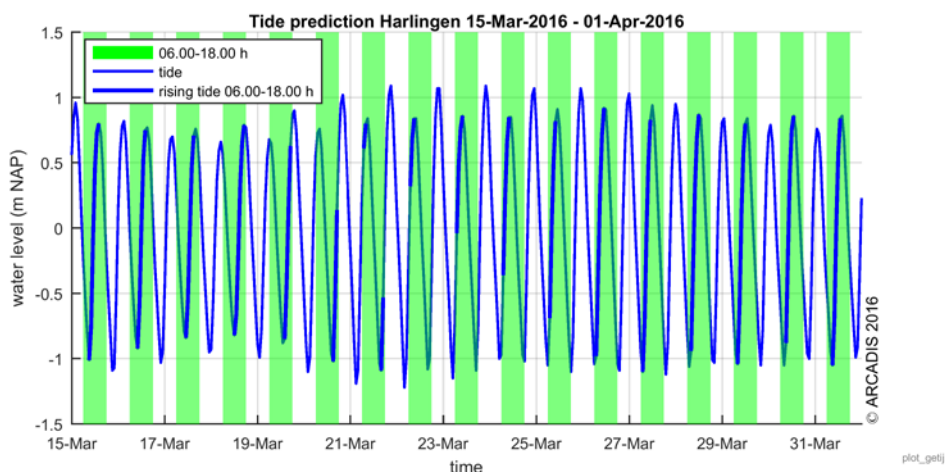
Figuur 10. Verspreidingsvolumes per week voor drie verschillende scenario's

Verspreiden tussen 06.00 en 18.00 uur

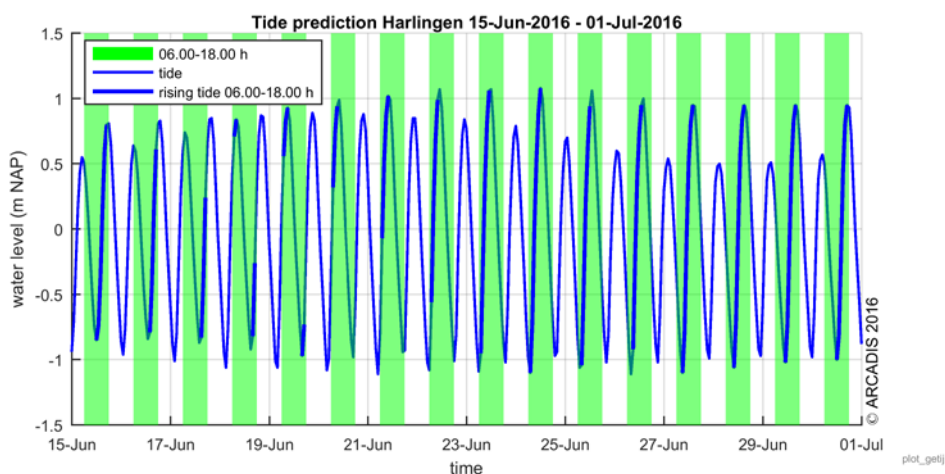
Onderstaande figuren tonen de periodes tussen 06.00-18.00, het getij en het opkomend tij in periode 06.00-18.00. In de winter levert werken in 06.00-18.00 tijdswinst op in vergelijking met het daglichtvenster (vergelijk figuur 11 met figuur 4).



Figuur 11. Periode 06.00-18.00, getij en opkomend getij in periode 06.00-18.00 bij Harlingen in de eerste twee weken van januari

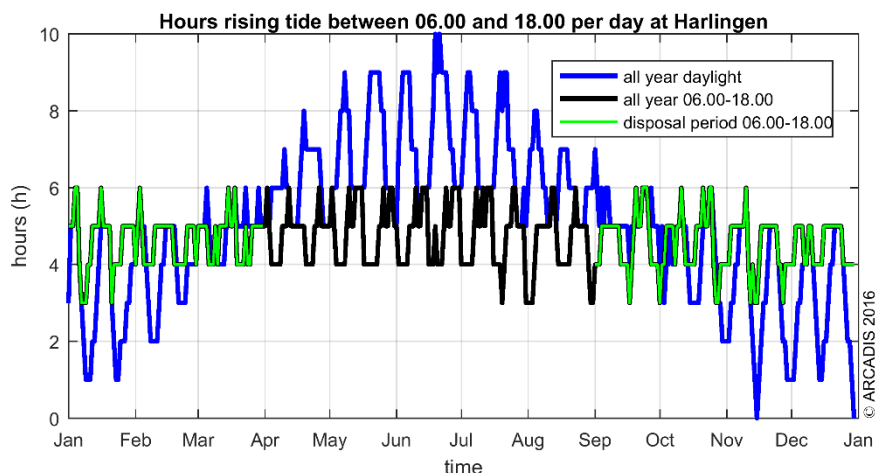


Figuur 12. Periode 06.00-18.00, getij en opkomend getij in periode 06.00-18.00 bij Harlingen in de laatste twee weken van maart

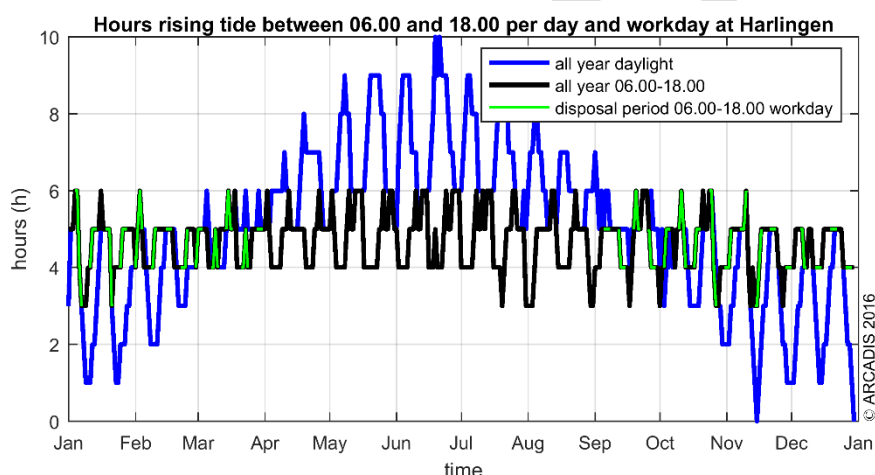


Figuur 13. Periode 06.00-18.00, getij en opkomend getij in periode 06.00-18.00 bij Harlingen in de laatste twee weken van juni

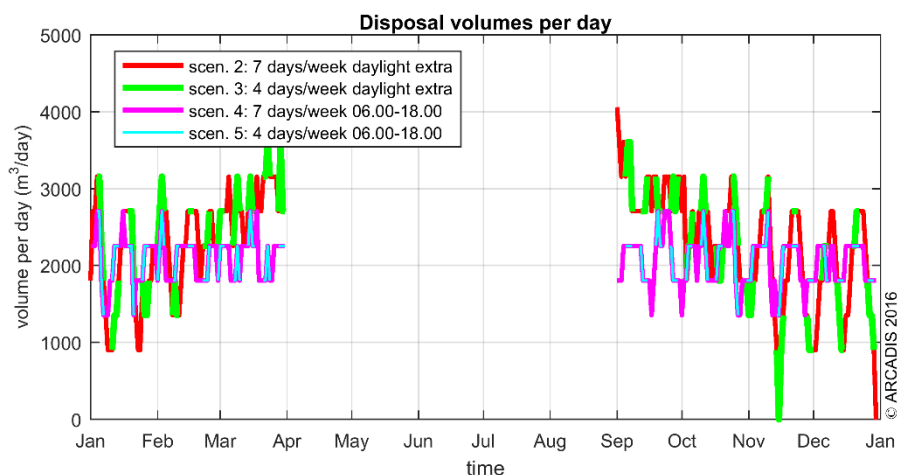
Onderstaand figuren die de uren bij opkomend tij tussen 06.00 en 18.00 tonen. Ter referentie worden ook de beschikbare uren bij opkomend tij en daglicht getoond. Duidelijk is dat er in de winterperiode vanaf half oktober tot half februari meer uren beschikbaar zijn wanneer er wordt gewerkt tussen 06.00 en 18.00 in plaats van alleen tijdens daglicht. Dit vertaalt zich in de verspreidingsvolumes per dag (figuur 16) en per week (figuur 17).



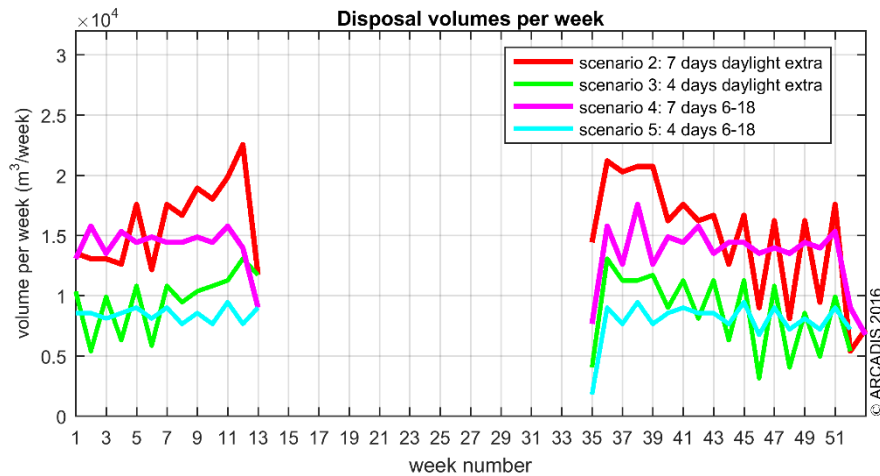
Figuur 14. Uren van opkomend tij tussen 06.00 en 18.00 uur bij Harlingen (ter referentie ook bij daglicht)



Figuur 15. Uren van opkomend tij tussen 06.00 en 18.00 uur op werkdagen bij Harlingen (ter referentie ook bij daglicht)



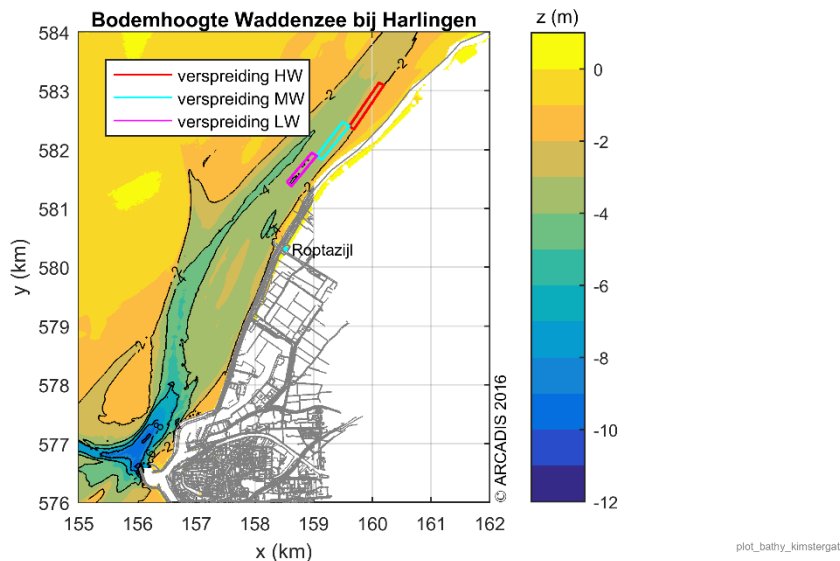
Figuur 16. Verspreidingsvolumes per dag voor vier verschillende scenario's



Figuur 17. Verspreidingsvolumes per week voor scenario's waarbij 7 of 4 dagen per week wordt verspreid van 06.00 tot 18.00 uur. Ter referentie worden ook de volumes getoond waarbij 7 of 4 dagen per week wordt verspreid bij daglicht

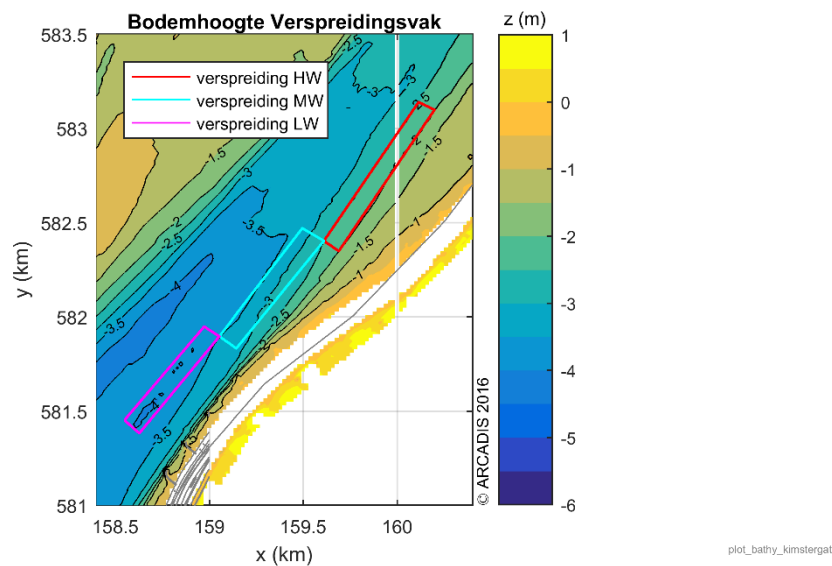
Bodemhoogte en verspreidingsvakken

Figuur 18 toont de bodemhoogte van de Waddenzee bij Harlingen en de voorgestelde locatie van de verspreidingsvakken. De geul tussen de havenmond van Harlingen en het verspreidingsvakken, het Kimstergat, is over het algemeen dieper dan NAP-4 m. Dichtbij de verspreidingsvakken neemt de diepte af. De verspreidingsvakken liggen op ongeveer 1 km ten noorden van Roptazijl. We onderscheiden drie verspreidingsvakken namelijk voor de situatie rond hoogwater (HW), rond gemiddeld tij (MW) en laagwater (LW).



Figuur 18. Bodemhoogte Waddenzee bij Harlingen (bron: Rijkswaterstaat vaklodingen)

In de verspreidingsvakken ligt de bodemhoogte tussen NAP-4 m en NAP-2 m. Figuur 19 geeft een meer gedetailleerd beeld. Verspreidingsvak HW ligt het verst van Harlingen en de bodem ligt tussen NAP-2 m en NAP-2,5 m. Tijdens hoogwater heeft de Adelaar dan juist voldoende diepte om te kunnen varen. Verspreidingsvak MW ligt iets dichterbij en de bodem ligt rond NAP-3 m. Bij een waterstand rond NAP kan de Adelaar dan ook juist dit vak bereiken. Verspreidingsvak LW ligt het dichtst bij Harlingen en de bodem ligt er rond NAP-4 m. Dit betekent dat de Adelaar dit vak bij laagwater nog juist in kan varen.



Figuur 19. Bodemhoogte in het verspreidingsvak (bron: Rijkswaterstaat vaklodingen)

In onderstaande tabellen staan de coördinaten van de voorgestelde en in figuur 19 getoonde verspreidingsvakken vermeld.

Tabel 3 Verspreidingsvak HW voor hoogwater (zie figuur 19)

x	y
159.6111	582.4037
160.1145	583.1402
160.1990	583.0997
159.6902	582.3496

Tabel 4 Verspreidingsvak MW voor gemiddelde waterstand (zie figuur 19)

x	y
159.0537	581.8970
159.4963	582.4713
159.6111	582.4037
159.1449	581.8328

Tabel 5 Verspreidingsvak LW voor laagwater (zie figuur 19)

x	y
158.5489	581.4525
158.9729	581.9492
159.0537	581.8970
158.6276	581.3828

Conclusies

Scenario 1: 7 dagen per week alleen opkomend tij

Het totaal aantal beschikbare uren over de totale verspreidingsperiode van 7 maanden van een jaar bedraagt 838 uur. Wanneer we deze beschikbare uren delen door de cyclustijd van 1,33 uur met sleepopperzuiger Adelaar dan komen we op 630 cycli in een jaar. Met een beuninhoud van 600 m³ komen we dan op 378.000 m³ over de totale periode van een jaar. Dit is ruim voldoende voor een succesvolle proef die ten minste 300.000 m³/jaar vereist.

Scenario 2: 7 dagen per week alleen opkomend tij en één uur voor laagwater beginnen met baggeren

Wanneer de Adelaar één uur voorafgaand aan laagwater begint met baggeren dan neemt het totaal aantal uren in de periode van 7 maanden toe tot 1087 uur. Bij een cyclustijd van 1,33 uur komen we dan op 817 cycli. Met een beuninhoud van 600 m³ komen we op 490.000 m³ over de totale periode van een jaar. Dit biedt bijna 30% meer capaciteit dan de vorige optie.

Scenario 3: 4 dagen per week alleen opkomend tij en één uur voor laagwater beginnen met baggeren

Wanneer er één uur voor laagwater wordt begonnen met baggeren maar er alleen op werkdagen van maandag t/m donderdag (dus 4 dagen) wordt gebaggerd en verspreid dan reduceert het aantal beschikbare uren tijdens daglicht en opkomend tij in de verspreidingsperiode tot 625 uur. Wanneer we deze beschikbare uren delen door de cyclustijd van 1,33 uur dan komen we op 470 cycli. Met een beuninhoud van 600 m³ komen we dan op 282.000 m³ over de totale periode van een jaar. Dit is bijna 43% minder dan de 7-daagse werkweek.

Scenario 4: 7 dagen per week alleen opkomend tij tussen 06.00 en 18.00 uur

Wanneer er 7 dagen per week wordt gebaggerd tussen 06.00 en 18.00 dan bedraagt het aantal beschikbare uren 972 uur. We komen dan op 730 cycli. Met een beuninhoud van 600 m³ komen we dan op 438.000 m³ over de totale periode van een jaar.

Scenario 5: 4 dagen per week alleen opkomend tij tussen 06.00 en 18.00 uur

Wanneer er 4 dagen per week wordt gebaggerd tussen 06.00 en 18.00 dan bedraagt het aantal beschikbare uren 559 uur. We komen dan op 420 cycli. Met een beuninhoud van 600 m³ komen we dan op 252.000 m³ over de totale periode van een jaar.

Optimalisatie bagger- en verspreidingsstrategie door de aannemer

De bagger- en verspreidingsstrategie kan worden geoptimaliseerd aan de hand van bovenstaande scenario's. De optimalisatie kan worden gevonden in een combinatie van scenario 2 en 3. Wanneer het verspreiden tussen 06.00 en 18.00 uur wordt vergund dan ligt combinatie van 2 en 4 of van 3 en 5 voor de hand. Op de lange daglichtdagen in maart en september tot half oktober kan dan worden verspreid tijdens daglicht en op de korte daglichtdagen van half oktober t/m februari kan worden verspreid tussen 06.00 en 18.00.

Met een combinatie van 2 en 4 kan er 519.000 m³ per jaar worden verspreid en met een combinatie van 3 en 5 kan er 302.000 m³ per jaar worden verspreid.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de verspreidingsvolumes per scenario.

Scenario	Verspreidingsvolume (m ³ /jaar)
1: 7 dagen opkomend tij, daglicht	378.000
2: 7 dagen opkomend tij, daglicht + 1 uur voor LW	490.000
3: 4 dagen opkomend tij, daglicht + 1 uur voor LW	282.000
4: 7 dagen opkomend tij, 06.00-18.00	438.000
5: 4 dagen opkomend tij, 06.00-18.00	252.000
Combinatie 2 en 4 (7 dagen)	519.000
Combinatie 3 en 5 (4 dagen)	302.000

Er kan op de slibmotor worden verspreid vanaf 1 uur voor LW tot aan HW. Deze grenzen zijn echter 'zacht': op basis van de lokale omstandigheden (wind & stroming) zal het soms noodzakelijk zijn om een uur voor HW al niet meer te verspreiden op de slibmotor, en soms kan het juist nog wat langer. Hier maakt de schipper zijn eigen inschatting. Voor de berekeningen wordt het theoretische tijdspanne van 1 uur voor LW tot aan HW gebruikt.

Er kan alleen op de slibmotor worden verspreidt na tijdstip zonsopkomst en voor tijdstip zonsondergang in Harlingen. Dit is een 'harde' grens. Doordat de schipper aan deze harde grens moet voldoen, zal hij in de praktijk door omstandigheden van wind, golven en stroming soms geen risico nemen en een bak die theoretisch gezien nog net wel op de slibmotor had kunnen worden verspreid, toch elders verspreiden.

Verspreidingsvakken

We stellen drie verspreidingsvakken voor namelijk voor de situatie rond hoogwater (HW), rond gemiddeld tij (MW) en laagwater (LW). De geul tussen de havenmond van Harlingen en het verspreidingsvakken, het Kimstergat, is over het algemeen dieper dan NAP-4 m. Dichtbij de verspreidingsvakken neemt de diepte af. De verspreidingsvakken liggen op ongeveer 1 km ten noorden van Roptazijl.