

Rapport

Projectnummer: 364532

Referentienummer: SWNL0260583 Rapport - Zoutindringing renovatie KVSS - 210108 - definitief - D2.0

Datum: 08-01-2021

Zoutindringing renovatie Koopvaardersschutsluis

Analyse zoutindringing Noordhollandsch Kanaal t.g.v. renovatie van de Koopvaardersschutsluis

D2.0

Opdrachtgever:
Provincie Noord-Holland
Postbus 3007
2001 DA Haarlem

Verantwoording

Titel	Zoutindringing renovatie Koopvaardersschutsluis
Subtitel	Analyse zoutindringing Noordhollandsch Kanaal t.g.v. renovatie van de Koopvaardersschutsluis
Projectnummer	364532
Referentienummer	SWNL0260583 Rapport - Zoutindringing renovatie KVSS - 210108 - definitief - D2.0
Revisie	D2.0
Datum	08-01-2021
Auteur	Jan Kollen, Alicja Bilinska, Erik Winde
E-mailadres	erik.winde@sweco.nl
Gecontroleerd door	Tessa Andringa, Maarten Balke
Paraaf gecontroleerd	 
Goedgekeurd door	Laurens van der Schraaf
Paraaf goedgekeurd	b.a.  Jan-Hein Poodt

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Uitgangspunten	5
2.1	Afmetingen en overige parameters	5
2.2	Aantal schuttingen	7
2.3	Maatgevende periode	7
3	Schuttingsberekeningen	8
3.1	Huidige situatie	8
3.2	Toekomstige situatie (uiteindelijke situatie)	8
3.2.1	Schutregime	8
3.2.2	Reserveren	9
3.2.3	Resultaten	10
3.3	Toekomstige situatie (tijdelijke omvaarroute)	10
3.4	Effect op stikstofuitstoot	10
4	Zoutindringingsanalyse	11
4.1	Huidige situatie	11
4.2	Methode	11
4.3	Toekomstige situatie	14
4.4	Resultaten	15
4.5	Andere oplossingen	16
5	Conclusie	17
6	Referenties	19

Bijlage 1	Tekening maatvoering KVSS en BVS
Bijlage 2	Schutvolumes
Bijlage 3	Resultaten SIVAK-berekening
Bijlage 4	Stabiliteit grenslaag/scheiding zoet-zout

1 Inleiding

Het Noordhollandsch Kanaal eindigt in Den Helder bij de Koopvaardersschutsluis (KVSS), die het kanaal verbindt met de Waddenzee. Wegens slijtage moet de Koopvaardersschutsluis worden gerenoveerd. De damwanden van de Koopvaardersschutsluis dienen gerenoveerd te zijn voor het bezwijkmoment, uit onderzoek wordt verwacht dat dit moment 1 april 2023 is. Consequentie van de renovatie van de KVSS zou een tijdelijke stremming van deze sluis kunnen zijn voor het scheepvaartverkeer gedurende de renovatie. De KVSS is de enige sluis in de kop van Noord-Holland met een doorgang naar zee, waardoor er (zonder verdere maatregelen) in deze periode geen scheepvaart mogelijk is vanaf de Waddenzee naar het Noordhollandsch Kanaal en vice versa. Om de consequenties van de stremming zoveel mogelijk te beperken stelt Provincie Noord-Holland wellicht een omvaarroute via de Boerenverdrietsluis (BVS) en de Zeedoksluis (ZDS) in. Deze omvaarroute zorgt ervoor dat het Noordhollandsch Kanaal bereikbaar blijft vanaf de Waddenzee (en vice versa) en zo ook de haven van Den Helder.

Om de omvaarroute mogelijk te maken zal de BVS moeten worden omgebouwd van een keersluis naar een schutsluis. De benodigde kolk lengte conform de Koopvaardersschutsluis is minimaal 93 meter (schutlengte 85 meter), waardoor de BVS geschikt moet worden gemaakt voor beroepsvaart die nu gebruik maakt van de KVSS.

Daarnaast zal de BVS voor de eindsituatie geschikt worden gemaakt als korte schutsluis voor de recreatievaart, met een kolk van circa 40 meter. De reden hiervan is dat door de verlenging van de KVSS het schutvolume toeneemt, waardoor de hoeveelheid indringend zout water ook toeneemt. Door het wegnemen van de recreatievaart van de KVSS en deze te verplaatsen naar de BVS neemt het aantal schuttingen van de KVSS af. Hiervoor komen nieuwe schuttingen van de BVS in de plaats. Omdat het schutvolume van de BVS veel kleiner is, is de verwachting dat de hoeveelheid indringend zout water niet toeneemt ten opzichte van de huidige situatie. Daarvoor wordt een extra sluishoofd gerealiseerd met een extra set deuren. In de eindsituatie wordt de KVSS in principe alleen nog gebruikt voor de beroepsvaart en de BVS voor de recreatievaart. Het bevoegd gezag wil daarnaast, in geval van een calamiteit of renovatie, de mogelijkheid hebben dat de beide sluisen (onder nader te bepalen voorwaarden) elkaars functie deels over kunnen nemen.

Het terugdringen of beperken van de zoutindringing is belangrijk voor de agrarische sector in de Kop van Noord-Holland. Via de KVSS dringt bij elke schutting zout water het Noordhollandsch Kanaal binnen. Door de verlenging van de KVSS, de aanleg van de BVS en de tijdelijke omvaarroute via de BVS kan de zoutindringing wijzigen. Het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) heeft aangegeven dat de zoutindringing ten gevolge van de omvaarroute in de tijdelijke situatie en in de definitieve situatie niet mag toenemen. Sweco is gevraagd om een analyse te doen naar de gevolgen van de maatregelen op de zoutindringing en te bekijken welke aanvullende maatregelen genomen kunnen worden om een eventuele verhoging van de zoutindringing te mitigeren zodanig dat er geen toename plaatsvindt. Dit betreft een conservatieve analyse op basis van de op dit moment bekende gegevens. Tijdens de bouwteamfase, wanneer de exacte afmetingen van beide sluisen bekend zijn, kan een meer gedetailleerde en geoptimaliseerde analyse uitgevoerd worden.

2 Uitgangspunten

In dit hoofdstuk zijn de gehanteerde uitgangspunten beschreven op basis waarvan de zoutindringingsanalyse is uitgevoerd. Aangezien de zoutindringing afhankelijk is van het aantal schuttingen zijn tevens schuttingsberekeningen gemaakt. De schuttingberekeningen en de zoutindringingsanalyse zijn beschreven in respectievelijk hoofdstuk 3 en 4.

2.1 Afmetingen en overige parameters

In de Tabel 2.1 en Tabel 2.2 zijn de afmetingen van de Koopvaardersschutsluis (KVSS) en Boerenverdrietsluis (BVS) weergegeven. Deze afmetingen zijn gebaseerd op de meest recente versie van het referentieontwerp [1]. Hierbij is het uitgangspunt dat het nieuwe sluishoofd van de KVSS naast het bestaande sluishoofd wordt gebouwd, wat vanwege de uitvoering praktischer en minder kostbaar is dan het nieuwe sluishoofd deels ter plaatse van het bestaande sluishoofd te bouwen. In verband met waterveiligheid is het gedeeltelijk slopen van het bestaande sluishoofd ook een complicerende factor. Hierdoor wordt de kolk van de KVSS groter dan noodzakelijk is voor schepen conform vaarwegklasse CEMT IVa, RWS klasse M7 met een lengte van 105 m. Een tekening van het referentieontwerp met de maatvoering van beide sluisen is bijgevoegd in Bijlage 1. In de bouwteamfase worden de afmetingen nader geoptimaliseerd.

Tabel 2.1 Lengtes KVSS en BVS

Sluis	Parameter	Huidige situatie	Tijdelijke situatie	Definitieve situatie
KVSS	Waterlengte	114 m	n.v.t.	141 m
KVSS	Schutlengte	86 m	n.v.t.	126 m
BVS	Waterlengte	n.v.t.	+/- 140 m	58 m
BVS	Schutlengte	n.v.t.	123 à 127 m	46 m

Tabel 2.2 Overige afmetingen KVSS en BVS

Sluis	Parameter	Afmeting
KVSS	Breedte	16 m
KVSS	Buitendrempel	NAP-6,4 m
KVSS	Binnendrempel	NAP-5,9 m
KVSS	Gemiddeld schutpeil	NAP+0,00 m
BVS	Breedte	Circa 17 m (17,4 m)
BVS	Buitendrempel	NAP-5,6 m
BVS	Binnendrempel	Nader te bepalen ¹
BVS	Gemiddeld schutpeil	NAP+0,00 m

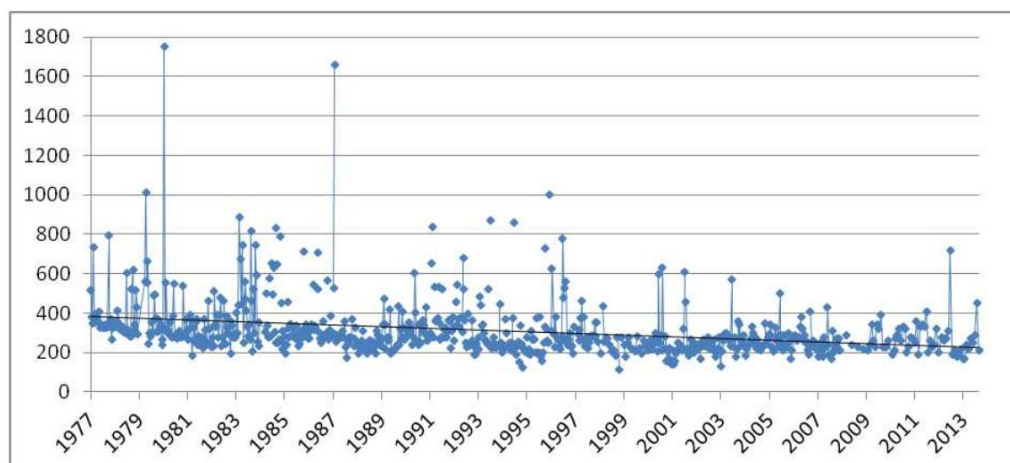
¹ Deze drempel is onderdeel van het nieuw te bouwen sluishoofd, waardoor de daadwerkelijke hoogte nog niet is vastgesteld. Voor het bepalen van de zoutindringing is uitgegaan van eenzelfde hoogte (NAP -5,60m) als de buitendrempel.

In Tabel 2.3 zijn de relevante kengetallen gegeven.

Tabel 2.3 Kengetallen

Kenmerk			bron
Max gemaal capaciteit	3600	m ³ /min	HHNK
Spuicapaciteit	4200	m ³ /min	HHNK
Maximaal gemeten afvoer 18-8 tot 3-9-2014	4084	m ³ /min	Meting HHNK aug sept 2014
Neerslag De Kooy aug 2014	101	mm	KNMI (normaal in aug is 68 mm)
Breedte kanaal	40	m	Legger HHNK / Google Earth
Waterdiepte kanaal	5	m	Diepteloding
Afstand KVSS - Kooy	3700	m	Google Earth
Afstand BVS - Kooy	5300	m	Google Earth
Volume kanaal BVS - Kooy	1.200.000	m ³	Indicatief
Opvangbekken zout	60.000	m ³	De Helsdeur, 1973 (tussen NAP-5,0 en -7,8 m)
Dichtheid Waddenzee	1025	kg/ m ³	
Dichtheid NH Kanaal	1000	kg/ m ³	
Chloride Kooy	250	mg/l	Meting HHNK (figuur 2.1)
Schutvolume in zomer	101.065	m ³ /halve dag	Berekening in Bijlage 2
Schutvolume in zomer	70	m ³ /min	

In Figuur 2-1 is het zoutgehalte bij meetpunt De Kooy gegeven, deze ligt rond de 250 mg/l.



Figuur 2-1 Zoutgehalte (chloride in mg/l) bij meetpunt De Kooy in het Noordhollandsch Kanaal bij Den Helder (bron: peilbesluit Schermerboezem)

2.2 Aantal schuttingen

Voor de bepaling van de zoutindringing is het aantal schuttingen van belang aangezien bij het schutten zout water wordt ingelaten. Dit geldt voor zowel de huidige situatie (referentie) als voor de toekomstige situatie tijdens de omvaarroute en na de renovatie. Het aantal schuttingen is gebaseerd op modelberekeningen en de aantallen moet derhalve als circa worden gezien. Als input voor het model zijn de scheepvaartgegevens van RWS IVS90 van 2017 en 2018 gebruikt. In het nautisch onderzoek zijn de modelberekeningen gekalibreerd [2].

Huidige situatie

Het aantal schuttingen in de huidige situatie, waarin zowel beroeps- als recreatievaart gebruik maakt van de KVSS, is gebaseerd op de schuttingsberekeningen in de nautische rapportage [2] die zijn uitgevoerd met het model SIVAK.

Toekomstige situatie

Het aantal schuttingen in de toekomstige situatie is gebaseerd op de SIVAK-berekeningen die zijn beschreven in hoofdstuk 3. Het betreffen hier de berekeningen die ten grondslag liggen aan het nautisch advies [2] alsmede aanvullende SIVAK-berekeningen.

2.3 Maatgevende periode

De huidige situatie dient als referentiesituatie voor de zoutindringingsberekeningen; de grootte van de zoutindringing in deze situatie is bekend. Op basis van de veranderingen in schutvolumes wordt de wijziging van de zoutindringing bepaald zoals beschreven in hoofdstuk 4. De berekeningen zijn gebaseerd op de principewerking van zoutindringing en zijn vergaand geschematiseerd.

Voor de tuinbouwgebieden is de groeiperiode van de tuinbouwgewassen de periode dat de zoetwater behoefte het grootst is. Voor bolgewassen in de polder Koegras is dat in de lente en begin zomer. Door droogte kan de zoetwater voorraad in de bodem afnemen, dan kan het nodig zijn om vanuit oppervlaktewater te beregenen. Dat water moet zoet zijn, anders ontstaat schade aan de gewassen. Beregening vindt vaak plaats in de maanden april – juli.

De beroepsvaart gaat het gehele jaar door. Voor recreatievaart ligt dat duidelijk in het zomerseizoen. 's Zomers wordt er dan ook meer geschut dan in de overige periodes. Voor het berekenen van de zoutindringing is de zomerperiode maatgevend. Deze maatgevende periode wordt in de berekeningen gehanteerd.

3 Schuttingsberekeningen

3.1 Huidige situatie

In de huidige situatie is het aantal schuttingen berekend met SIVAK voor de KVSS 1296 gedurende 69 dagen in de zomerperiode. Het bijbehorende schutvolume bedraagt 101.065 m³ (zie ook Bijlage 2, regel 1). Conform de eisen van het HHNK mag dit volume niet toenemen. Dit volume wordt als referentievolume gehanteerd. De zomerperiode wordt gehanteerd omdat het aantal schuttingen dan het grootst is (zie paragraaf 2.3). Hierdoor is de zomerperiode een conservatief scenario. Het aantal schuttingen in de zomerperiode is gebaseerd op de drukste zomerweek (week 34) welke als maatgevend wordt beschouwd. Om uit de SIVAK-berekening een betrouwbaar gemiddelde te krijgen voor de zomerperiode is gerekend met tien keer de drukste zomerweek.

3.2 Toekomstige situatie (uiteindelijke situatie)

Uit de berekeningen, die zijn uitgevoerd met het model SIVAK op basis waarvan het nautische rapport [2] is opgesteld, is tevens het aantal schuttingen gehaald. Hierbij is gekeken naar de toekomstige situatie na gereedkomen van de renovatie KVSS. Het aantal schuttingen gedurende 69 dagen in de zomerperiode is hierbij 1509 voor de BVS en 650 voor de KVSS. Doordat er twee sluisen zijn wordt minder efficiënt geschut, waardoor het aantal schuttingen altijd hoger is dan bij één sluis. Door het schutregime te optimaliseren kan de efficiëntie toenemen. Het bijbehorende schutvolume bedraagt 124.492 m³ (zie ook Bijlage 2, regel 2). Een toename van het volume zout water derhalve van circa 23%. Deze toename is niet acceptabel en derhalve is gezocht naar mitigerende maatregelen.

Om het volume zout water te verminderen dient het aantal schuttingen in de toekomstige (uiteindelijke) situatie te worden gereduceerd. Omdat de beroepsvaart door de KVSS prioriteit heeft, is gekozen om alleen de recreatievaart door de BVS iets minder te faciliteren. In het door Sweco gebruikte SIVAK-model gaat in de definitieve situatie alle recreatievaart door de BVS en zijn een aantal parameters in het model bij alleen de BVS zo aangepast dat het aantal schuttingen afneemt en de zoutindringing verminderd.

De aangepaste parameters zijn: het schutregime en het reserveren (vooraf telefonisch of via marifoon aanmelden bij de sluismeester) van een plaats voor een volgende schutting. Deze twee parameters worden toegelicht in de paragrafen 3.2.1 en 3.2.2.

3.2.1 Schutregime

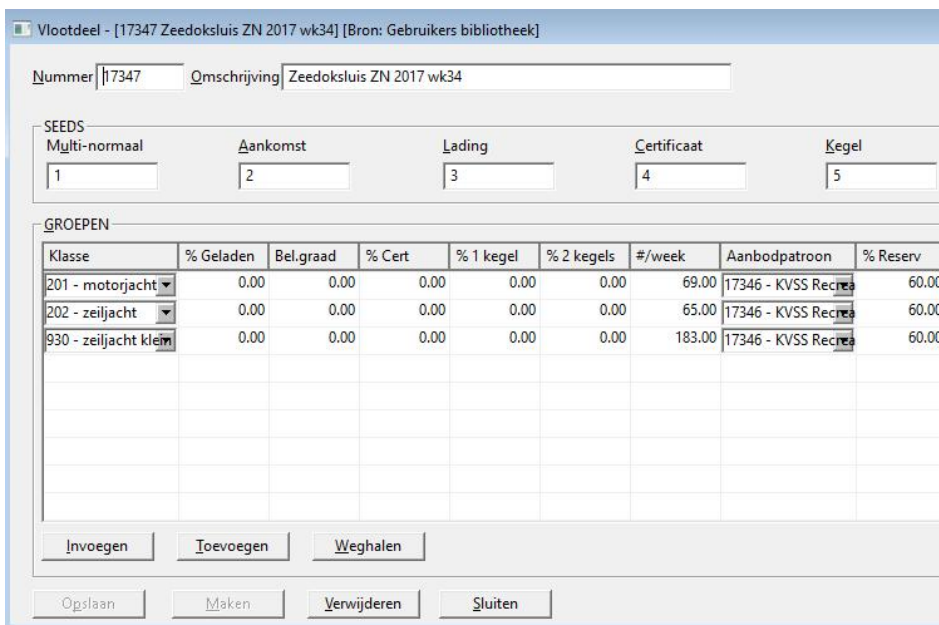
Ten eerste is het schutregime van de BVS aangepast, waardoor alleen wordt geschut als de bezetting van de sluis minimaal 40 procent is. Dit betekent dat schepen pas worden geschut als zij minimaal 40 procent van de sluisruimte bezetten. In de oorspronkelijke berekening was hier geen restrictie voor gegeven. Een andere parameter in het schutregime is de maximale wachttijd. Deze is bedoeld om te voorkomen dat extreem lange wachttijden ontstaan wanneer de minimale bezetting van 40% niet gehaald wordt. Deze is nu aangenomen op 75 minuten, ook hiervoor was in de oorspronkelijke berekening [2] geen waarde voor opgegeven omdat er toen geen minimale bezettingsgraad gold. De nieuwe parameters zijn in Figuur 3-1 weergegeven. De maximale wachttijd van 75 minuten en bezettingsgraad van 40% zijn gekozen om in de modelberekeningen tot het aantal schuttingen te komen waarbij de zoutindringing (volume inkomend zout water) niet toeneemt.



Figuur 3-1 Invoer SIVAK m.b.t. het schutregime

3.2.2 Reserveren

Ten tweede is het aantal schepen wat zich vooraf telefonisch of via marifoon meldt bij de sluismeester gewijzigd. Dit heeft een invloed op het sluischuttingplan dat door de sluismeester is gemaakt, waardoor efficiënter geschut kan worden. Voor de berekening is aangenomen dat 60 procent van alle recreatievaart van een reservering gebruik maakt, terwijl in de oorspronkelijke berekening geen restrictie was toegepast. Deze aanpassing is realistisch en toepasbaar; het is gebruikelijk dat schepen zich aanmelden voor een sluis door middel van een marifoon of telefoon, zo moeten buiten het zomerseizoen alle schepen zich nu al aanmelden voor de Zeedoksluis. De nieuwe parameter is in Figuur 3-2 weergegeven.



Klasse	% Geladen	Bel.graad	% Cert	% 1 kegel	% 2 kegels	#/week	Aanbodpatroon	% Reserv
201 - motorjacht	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	69.00	17346 - KVSS Recrea	60.00
202 - zeiljacht	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.00	17346 - KVSS Recrea	60.00
930 - zeiljacht klein	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	183.00	17346 - KVSS Recrea	60.00

Figuur 3-2 Invoer SIVAK voor recreatievaart

3.2.3 Resultaten

Uit de resultaten volgt dat het aantal schuttingen van de BVS ten gevolge van de aangepaste parameters is afgenomen van 1509 tot 938. Doordat de BVS minder vaak schut, betekent dit wel dat schepen langer moeten wachten voordat zij geschut kunnen worden. Dit is zichtbaar in de toename van de passeertijd van gemiddeld 30 minuten naar 39 minuten. De totale omvaartijd neemt toe met gemiddeld circa 20 minuten doordat de passeertijd bij de Zeedoksluisbrug en van Kinsbergenbrug iets toeneemt (het aantal brugopeningen neemt hierbij af).

Doordat de afmetingen van de KVSS ook enigszins aangepast zijn in het SIVAK model (beschikbare lengte voor scheepvaartverkeer) verandert het aantal schuttingen van de KVSS van 650 naar 637.

Het aantal schuttingen gedurende 69 dagen in de zomerperiode is 938 voor de BVS en 637 voor de KVSS. Het bijbehorende schutvolume bedraagt 99.854m^3 (zie ook Bijlage 2, regel 3). Dit is een kleine afname van de hoeveelheid zout water van circa 1% ten opzichte van de referentie.

3.3 **Toekomstige situatie (tijdelijke omvaarroute)**

Voor het aantal schuttingen tijdens de omvaarroute zijn geen aanvullende SIVAK berekeningen gedaan. Uitgaande van de oorspronkelijke modelberekeningen met het maximaal faciliteren van de scheepvaart neemt het schutvolume toe ten opzichte van de huidige situatie. Het aantal schuttingen bedraagt daarbij 1387 gedurende 69 dagen in de zomerperiode met een bijbehorend schutvolume van 137.108m^3 (zie ook Bijlage 2, regel 4). Om ook hier het volume zout water terug te brengen naar een hoeveelheid kleiner of gelijk aan de referentie moet het aantal schuttingen worden teruggebracht naar 1010 per 69 dagen in de zomerperiode, bijbehorend schutvolume bedraagt 99.841m^3 (zie ook Bijlage 2, regel 5). Het aantal schuttingen moet derhalve met circa 27% afnemen.

In de toekomstige situatie (uiteindelijke situatie) nam door het aanpassen van de parameters schutregiem en reserveren het aantal schuttingen af van 1509 naar 938, een afname met circa 38% hetgeen meer is dan de hier benodigde 27%. Verwacht mag worden dat met de aanpassing van deze parameters ook tijdens de omvaarroute het schutvolume niet zal toenemen en de toename van de doorvaarttijd dus vergelijkbaar of iets minder zal zijn. Bij het uitwerken van het ontwerp in de komende projectfasen zal dit geverifieerd moeten worden.

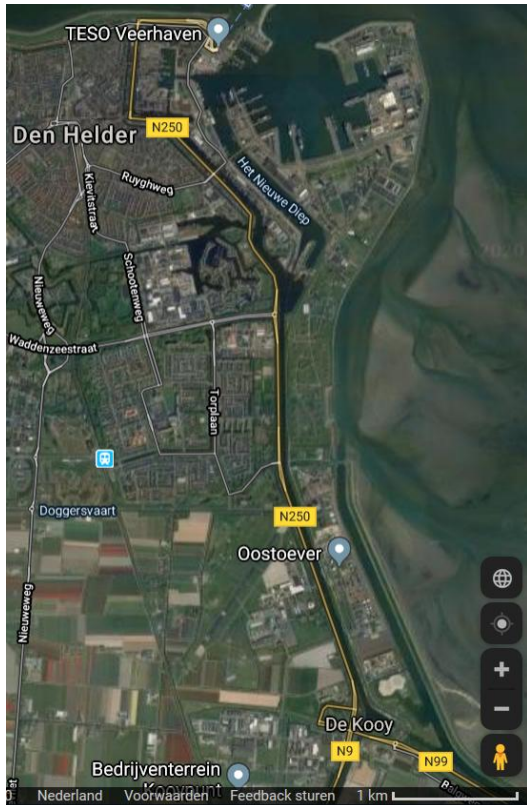
3.4 **Effect op stikstofuitstoot**

De stikstofuitstoot wordt bij het varen vooral bepaald door het verbranden van fossiele brandstof. Een langere vaarduur kan een grotere stikstofemissie geven. De consequenties van het aanpassen van het schutregiem leidt tot een langere doorvaarttijd. Dit betekent dat de schepen iets langer moeten wachten bij bruggen of sluizen. Door tijdens het wachten de motoren uit te zetten zal geen extra emissie van stikstof plaatsvinden. Voor beroepsvaart wordt in het rekenmodel voor het stilliggen een standaard ophoogfactor toegepast. Deze is onafhankelijk van de tijdsduur stilliggen. Bij recreatievaart staan de motoren uit bij wachten. De vaarduur neemt door het veranderde schutregiem niet toe, de af te leggen vaarweg verandert immers niet.

4 Zoutindringingsanalyse

4.1 Huidige situatie

De zoutindringing is in de huidige situatie bekend. Deze reikt maximaal tot de Kooybrug, waar een lichte verhoging in de bodem aanwezig is. Deze verhoging functioneert als zoutdrempel (informatie HHNK). De chlorisiteit is ter plaatse bij de bodem circa 400 mg/l [3].



De huidige zoutindringing is een evenwicht tussen de indringing via de KVSS en het spuidebiet / pompdebiet via de Helsdeur. Door continue metingen van het zoutgehalte bij de Kooybrug wordt het spuiregim / pompdebiet geregeld. Zo nodig wordt ook het schutregim van de KVSS bijgesteld.

De mate van zoutindringing is afhankelijk van de hoeveelheid zout water die bij het schutten binnendringt en het doorspoeldebiet door de Schermerboezem via het Noordhollandsch Kanaal richting de Helsdeur. De mate van zoutindringing wordt gereguleerd door middel van het doorspoeldebiet. Voor die regeling is het zoutgehalte bij de Kooybrug een indicator. In droge zomers als de verdamping groot is, is het lastig om de zouttong voldoende terug te dringen. Dit heeft negatieve gevolgen voor de tuinbouwgebieden die water inlaten vanuit het Noordhollandsch Kanaal. Om de zoutindringing te beperken wordt zo nodig het schutregim van de KVSS aangepast.

Figuur 4-1 Luchtfoto gebied

4.2 Methode

De huidige situatie dient als referentiesituatie voor de zoutindringing berekeningen. Op basis van de veranderingen in schutvolumes wordt de wijziging van de zoutindringing bepaald. De berekeningen zijn gebaseerd op de principewerking van zoutindringing en zijn vergaand geschematiseerd.

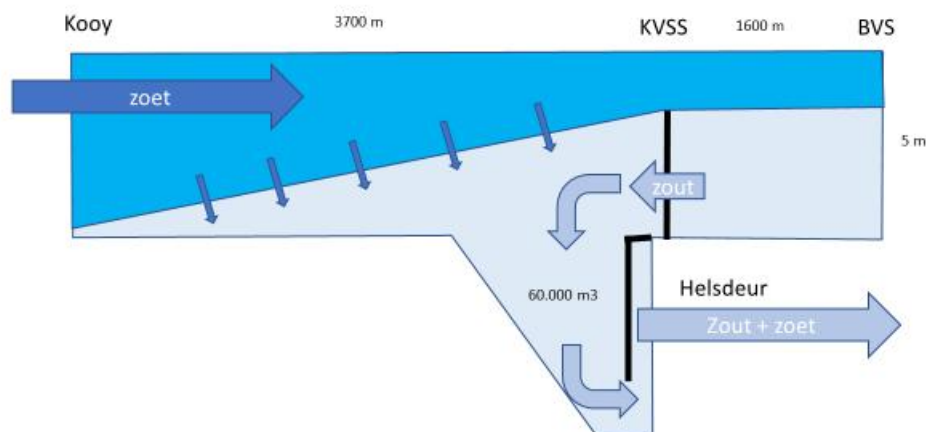
Zoutindringing wordt voornamelijk bepaald door de hoeveelheid zout water die bij het schutten binnendringt. Zout water is zwaarder dan zoet water. Bij het openen van de sluiskolk aan de Waddenzee zijde zal het zoute water via de bodem de sluiskolk binnenstromen en het zoet water zal via het oppervlak eruit stromen. Het gehele volume van de sluis zal door zout water vervangen worden. Hetzelfde zal bij het openen van de sluisdeuren aan de kanaal zijde gebeuren. Dan stroomt al het zoute water via de bodem het kanaal in.

De afmeting van sluiskolk van de KVSS is $114 * 16 * 5,9 = 10.762 \text{ m}^3$. Bij 18,8 schuttingen per dag is dat $202.131 \text{ m}^3/\text{dag}$. Omdat het kanaal bij elk getij gespuid wordt, is als karakteristieke maat de getijduur ($= \frac{1}{2} \text{ dag}$) als vergelijkingsvolume aangehouden. Dit is dus $202.131 / 2 = 101.065 \text{ m}^3/\text{getij}$. Dit schutvolume is een belangrijk vergelijkingsgetal voor de schutvolumes voor de bouwphase en de eindfase.

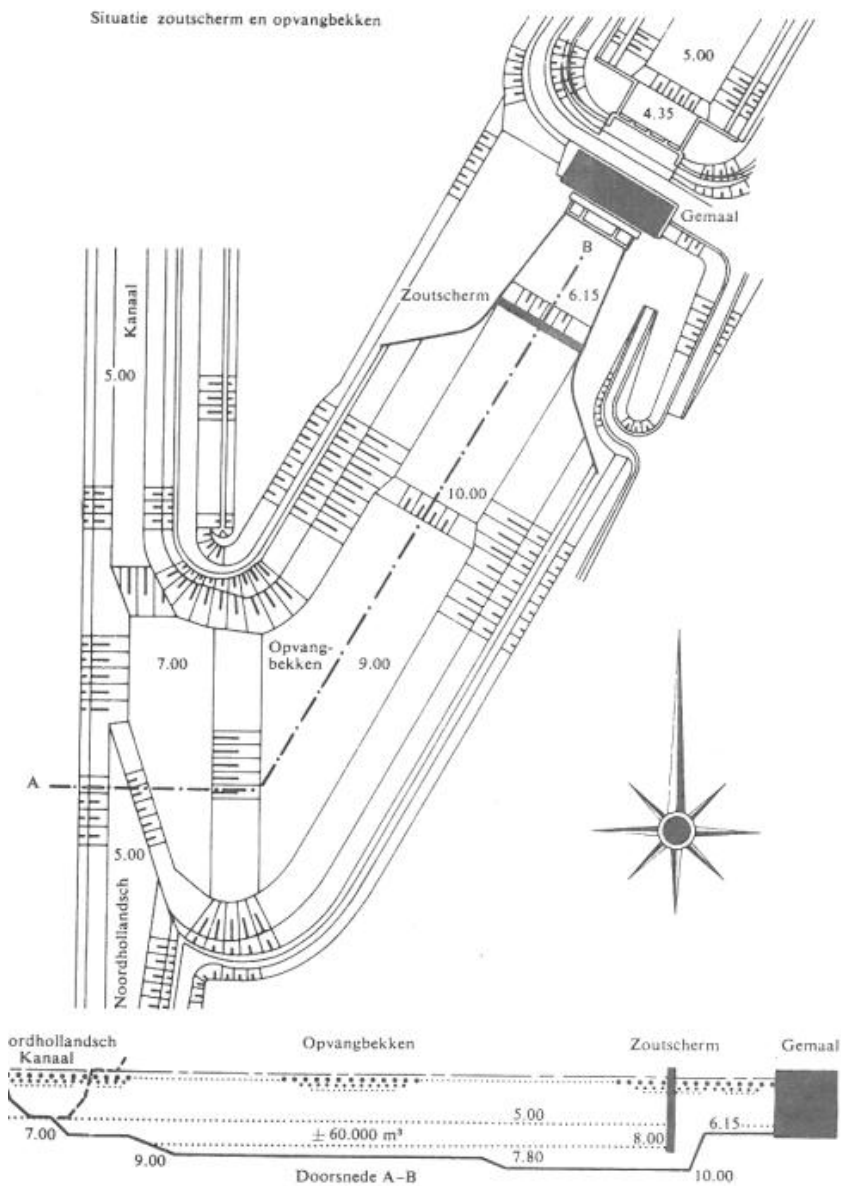
Om een indruk te krijgen van het zoutgehalte bij de KVSS (Helsdeur) en Kooybrug zijn metingen van HHNK bekeken. Direct naast de KVSS ligt gemaal en spui De Helsdeur. Voor het gemaal / spui is een opvangbekken voor zout water gemaakt. Deze is circa tien meter diep en kan tot vijf meter diepte ongeveer 60.000 m^3 zout water opvangen.

Het Richardson getal is een maat voor de te verwachten menging van zoet en zout water. Richardson getal is de verhouding tussen zwaartekrachteffecten en stromingskrachteffecten. Bij waarden groter dan ca. 0,25 is gelaagdheid te verwachten. Bij een groot debiet is het Richardson getal circa 0,4; dus groter dan 0,25 (zie Bijlage 4). Theoretisch is dus gelaagdheid te verwachten, dat wordt in de praktijk ook waargenomen en is ook te zien in de gradiënt van de geleidbaarheid (zie Bijlage 4). Wel kan door scheeps- en schroefbewegingen de gelaagdheid verstoord worden.

Doordat zout water zwaarder is dan zoet water stroomt het naar het laagste punt in de omgeving. Daar wordt, bij de afvang van zout water dat binnendringt via de KVSS gebruik van gemaakt. In Figuur 4-2 is weergegeven hoe het zoutopvangbekken werkt. Het binnendringende zoute water bij de KVSS stroomt langs de bodem van het kanaal naar het opvangbekken. Daar wordt het met het spui (tweemaal per dag bij eb) afgevoerd naar de Waddenzee en/of door inzet van de pompen. Het opvangbekken (60.000 m^3) heeft dezelfde orde van grootte als het water dat per halve dag via de sluizen kan binnenkomen (101.065 m^3). Een deel van het zoute water wordt in het kanaal geborgen. Omdat er vanuit het Noordhollandsch Kanaal een stroming is richting Helsdeur ontstaat de zouttong en zal het zoute water niet verder naar het zuiden stromen. De zouttong reikt ongeveer tot de Kooybrug.



Figuur 4-2 Situatie zoutindringing



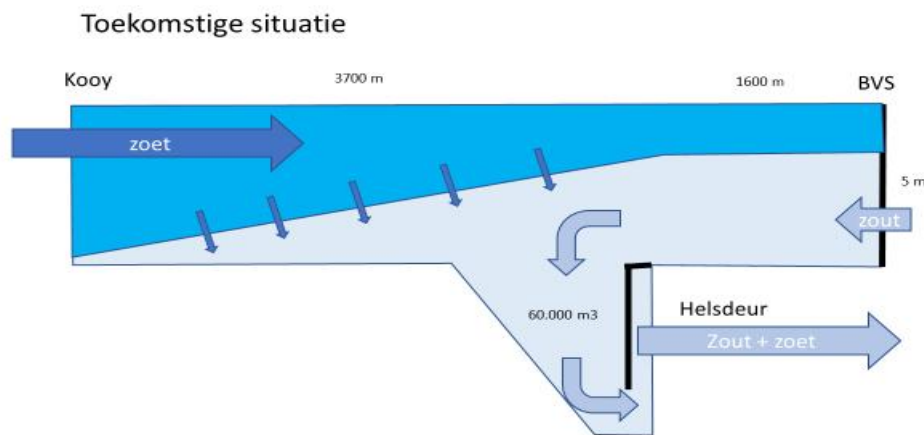
Figuur 4-3 Situatie zoutvang bij Helsdeur (bron: De Helsdeur en zijn technische achtergronden, 28 februari, 1973)

Elke keer als het water via de Helsdeur wordt gespuid zal de ingestroomde hoeveelheid zout water uitgeslagen worden. De zouttong ademt als het ware met het schutten mee in en met het getij mee uit. Bij inzet van de pompen, als die permanent aanstaan, zal het beeld minder ademend zijn.

De dikte en lengte van de zouttong wordt hoofdzakelijk bepaald door het spuumiddel / pomp. Op dat punt verdwijnt zout water uit het systeem. Belendende watergangen zullen zich op dat systeem gaan instellen. In de huidige situatie heeft het kanaal tussen de KVSS en de BVS ook een zoute bodemlaag (geen metingen beschikbaar, maar mondeling bevestigd door medewerker HHNK).

4.3 Toekomstige situatie

De zoutindringing wordt bepaald door de schutvolumes, het schutregiem, door de doorspoeling en door de afstand van het spuumiddel / pomp tot het kritieke punt (Kooybrug). De kolkafmetingen van de schutsluizen zijn een belangrijke maat voor de zoutindringing. Door aanpassing van de KVSS en de BVS kunnen de schutvolumes veranderen. In de nieuwe situatie blijft de afstand tussen het spuumiddel / pomp en het kritieke punt gelijk. Het zoute water komt nu (grotendeels) via de BVS binnen en niet meer via de KVSS. Toch maakt dat in essentie niet uit. In beide gevallen stroomt het zoute water naar het diepe opvangbekken.



Figuur 4-4 Toekomstige situatie zoutindringing

Figuur 4-4 verschilt van Figuur 4-2 door de locatie waar het zout binnendringt. In Figuur 4-2 (huidige situatie) is dat bij de KVSS en in Figuur 4-4 (toekomstige situatie) is dat bij de BVS. Deze sluis ligt circa 1600 m verder van de locatie waar het zout wordt uitgeslagen (bij de Helsdeur).

De schutvolumes zijn voor een aantal situaties berekend op basis van de SIVAK-berekeningen uit hoofdstuk 3. De uitkomsten van de schutvolumes zijn vermeld in Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Schutvolumes per halve dag

Nummer en naam variant	Schutvolume
	m ³ per halve dag (/getij)
1. Huidig: alle scheepvaart via de KVSS	101065
2.a Bouwfase: alle scheepvaart via BVS (geen aanpassing schutregiem)	137108
2 b. Bouwfase: alle scheepvaart via BVS (met aanpassing schutregiem)	99841
3. Eindsituatie: recreatievaart via BVS en beroepsvaart via KVSS (met aanpassing schutregiem BVS)	99854

4.4 Resultaten

De zoutindringing is in de huidige situatie een evenwicht tussen de indringing via de sluizen en het spuidebiet / pompdebiet via de Helsdeur. Het spuidebiet / pompdebiet bestaat uit de afvoer van het neerslagoverschot en het doorspoeldebiet (water dat bij Schardam wordt ingelaten). 's Winters bestaat de afvoer geheel uit afvoer van neerslagoverschot, dan staat de inlaat bij Schardam dicht. Door continue metingen van het zoutgehalte bij de Kooybrug wordt het spuiregiem / pompdebiet geregeld. Indien met spuien het evenwicht niet meer kan worden geborgd wordt zo nodig het schutregiem van de KVSS bijgesteld.

Door aanpassing van het schutregiem van de BVS in de zomerperiode gedurende de tijdelijke omvaarroute en in de uiteindelijke situatie zoals beschreven in hoofdstuk 3 wordt het schutvolume beperkt zodat deze niet toeneemt ten opzichte van de huidige situatie en kan extra zoutindringing voorkomen worden. Hierbij is het uitgangspunt dat het evenwicht tussen de indringing en het spuidebiet / pompdebiet via de Helsdeur zoals in de huidige situatie wordt bewaakt. Om negatieve effecten van zoutindringing, met name in relatie tot de zoetwatervoorziening van het bollengebied, te voorkomen wordt door het HHNK een intensief monitoringsprogramma opgezet. Mochten toch negatieve effecten optreden, dan wordt naar bevinding van zaken gehandeld. De meest geschikte oplossing wordt dan in samenspraak met HHNK gezocht.

De aanpassingen aan het schutregiem BVS die benodigd zijn om de zoutindringing in de maatgevende periode niet te laten toenemen kunnen, uitgaande van het huidige spuien via de Helsdeur, zijn ook benodigd voor de rustigere perioden buiten de zomerperiode en de Pinksterweek (drukke week in het voorjaar). Dit gedurende de tijdelijke omvaarroute en in de uiteindelijke situatie.

De zomerperiode is met betrekking tot zoutindringing maatgevend. In andere periodes is er (normaliter) meer neerslagoverschot. De afvoer van het neerslagoverschot is voldoende om de zouttong terug te dringen, dan is er minder risico op een te ver oprukkende zouttong. In de uiteindelijke situatie is het voor die perioden minder waarschijnlijk dat het schutregiem vergaand moet worden aangepast. Globale conclusie uit de modelberekeningen is dat deze lager kan zijn dan de gehanteerde 40% voor de zomerperiode. Door optimalisaties in bijvoorbeeld de sluisafmetingen kunnen deze waarden nog wijzigen.

De verwachting is dat door aanpassen van het spuiregiem (toename spuien) van de Helsdeur de aanpassingen aan het schutregiem BVS buiten de zomerperiode en de Pinksterweek gedurende de tijdelijke omvaarroute en in de uiteindelijke situatie kunnen worden verminderd en wellicht kunnen komen te vervallen. Het spuiregiem wordt gestuurd door de continue metingen van het zoutgehalte bij de Kooybrug. Indien met spuien het evenwicht niet meer kan worden geborgd, wordt zo nodig het schutregiem van de BVS en in de definitieve situatie ook via de KVSS zoals nu het geval is bijgesteld.

4.5 Andere oplossingen

Indien noodzakelijk worden aanvullende maatregelen genomen om de zoutindringing te beperken, waardoor deze niet toeneemt ten opzichte van de huidige situatie. Mogelijke oplossingen zijn in dat geval:

- aanvullende wijzigingen in het schutregiem;
- het zoutopvangbekken vergroten / aansluitende delen kanaal verdiepen;
- spuien via BVS ter terugdringing zoutindringing. Spuien via de BVS kan interessant zijn wanneer tegelijkertijd ook via de ZDS gespuid kan worden. Aandachtspunt is wel het beperkte verval over de BVS. Het spuien is alleen mogelijk bij een waterstand in het Noordhollandsch Kanaal van NAP-0,5 m en een laagste waterstand in de jachthaven Willemsoord van NAP-0,6 m. Dit zou nader onderzocht moeten worden, waarbij geavanceerde modellen nodig zijn.
- schutten met pompen: zoet water in de sluiskolk pompen en/of sluiskolk leegpompen naar buitenwaterzijde;
- bellenscherm (in het verleden bij KVSS aanwezig geweest, maar buiten gebruik gesteld).

Belangrijke nadelige effecten op de zoutindringing kunnen, indien nodig door het nemen van maatregelen, worden uitgesloten.

5 Conclusie

Het terugdringen of beperken van de zoutindringing is belangrijk voor de agrarische sector in de Kop van Noord-Holland. Bij elke schutting van de Koopvaardersschutsluis (KVSS) dringt zout water het Noordhollandsch Kanaal binnen. Door de renovatie en verlenging van de KVSS en de daarvoor benodigde omvaarroute via de Boerenverdrietsluis (BVS) inclusief de aanpassing van de BVS in de definitieve situatie tot schutsluis voor recreatievaart kan de zoutindringing wijzigen ten opzichte van de huidige situatie. Het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) heeft aangegeven dat de zoutindringing in de tijdelijke situatie gedurende de omvaarroute en in de definitieve situatie niet mag toenemen. In deze rapportage is onderzocht welke invloed de renovatie van de KVSS heeft op de zoutindringing en of er maatregelen genomen moeten worden om een eventuele verhoging van de zoutindringing te mitigeren zodanig dat er geen toename plaatsvindt.

Op basis van de zoutindringingsanalyse, inclusief onderliggende SIVAK-berekeningen naar het aantal schuttingen, wordt geconcludeerd dat zowel bij de tijdelijke situatie als in de definitieve situatie de zoutindringing niet toeneemt. Dit vergt wel aanpassingen aan het schutregime van de BVS, zowel tijdens de omleiding in de tijdelijke situatie als in de definitieve situatie. De aanpassingen zijn dat enkel geschut wordt wanneer de minimale bezetting van de sluisruimte 40% is en daarnaast dient de recreatievaart (minimaal 60%) zich vooraf telefonisch of via de marifoon aan te melden bij de sluiswachter. Deze aanpassingen zijn realistisch en toepasbaar, waarbij het belangrijk is dat het schutregime nageleefd wordt. Het is gebruikelijk dat schepen zich aanmelden voor een sluis door middel van een marifoon of telefoon, zo moeten buiten het zomerseizoen alle schepen zich nu al aanmelden voor de Zeedoksluis.

In dit onderzoek is gekeken naar de meest ongunstige (maatgevende) periode, namelijk de zomerperiode. De aanpassingen aan het schutregime BVS die benodigd zijn om de zoutindringing in deze maatgevende periode niet te laten toenemen kunnen ook benodigd zijn buiten deze periode. Voor deze perioden is, vanwege de in die periodes grote afvoer van neerslagoverschot, een lagere minimale bezettingsgraad mogelijk. Globale conclusie uit de modelberekeningen is dat deze lager kan zijn dan de 40% voor de zomerperiode. Aanbevolen wordt om een en ander nader uit te werken in de volgende projectfase waarbij tevens optimalisaties in bijvoorbeeld de sluisafmetingen worden doorgevoerd.

Als er in de perioden met een neerslagoverschot voldoende afvoer is door de Helsdeur, kan de zouttong naar verwachting voldoende goed worden teruggedrongen. Dat betekent dat in die perioden het schutregime minder snel als middel hoeft te worden ingezet. Door continue metingen van het zoutgehalte bij de Kooybrug wordt, indien met spuien het evenwicht niet meer kan worden geborgd, zo nodig het schutregime van de BVS en in de definitieve situatie ook via de KVSS zoals nu het geval is bijgesteld.

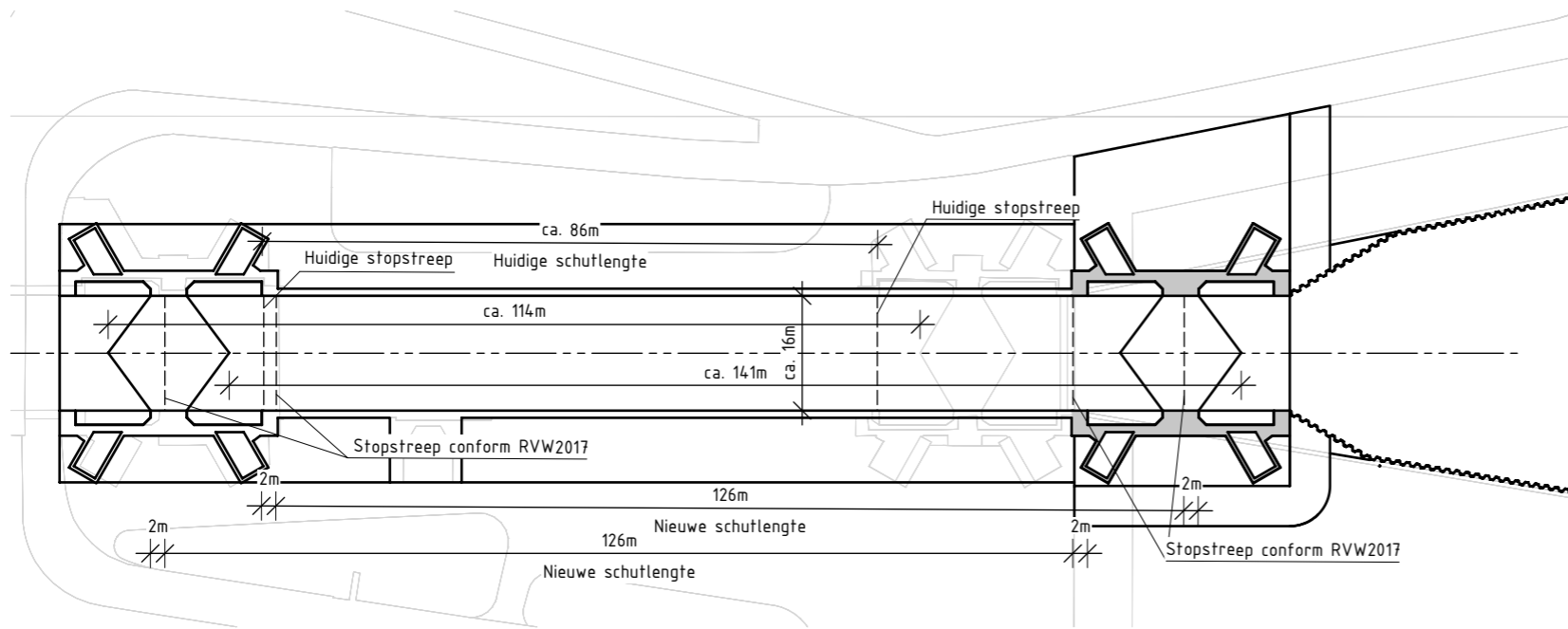
Als gevolg van de aanpassingen neemt de doorvaartijd in de definitieve situatie voor recreatievaart via de BVS met circa 20 minuten toe ten opzichte van het oorspronkelijk nautische advies. De doorvaartijd voor de beroepsvaart via de KVSS is ongewijzigd. De vertraging wordt voornamelijk veroorzaakt door een langere gemiddelde wachttijd voor de BVS. Door tijdens het wachten de motoren uit te zetten zal geen extra emissie van stikstof plaatsvinden. Voor de tijdelijke situatie wordt eenzelfde effect verwacht als gevolg van de aanpassingen.

Om negatieve effecten van zoutindringing, met name in relatie tot de zoetwatervoorziening van het bollengebied, te voorkomen wordt door het HHNK een intensief monitoringsprogramma opgezet. Mochten toch negatieve effecten optreden, dan wordt naar bevinding van zaken gehandeld. De meest geschikte oplossing wordt dan in samenspraak met HHNK gezocht. Belangrijke nadelige effecten op de zoutindringing kunnen, indien nodig door het nemen van maatregelen, worden uitgesloten.

6 Referenties

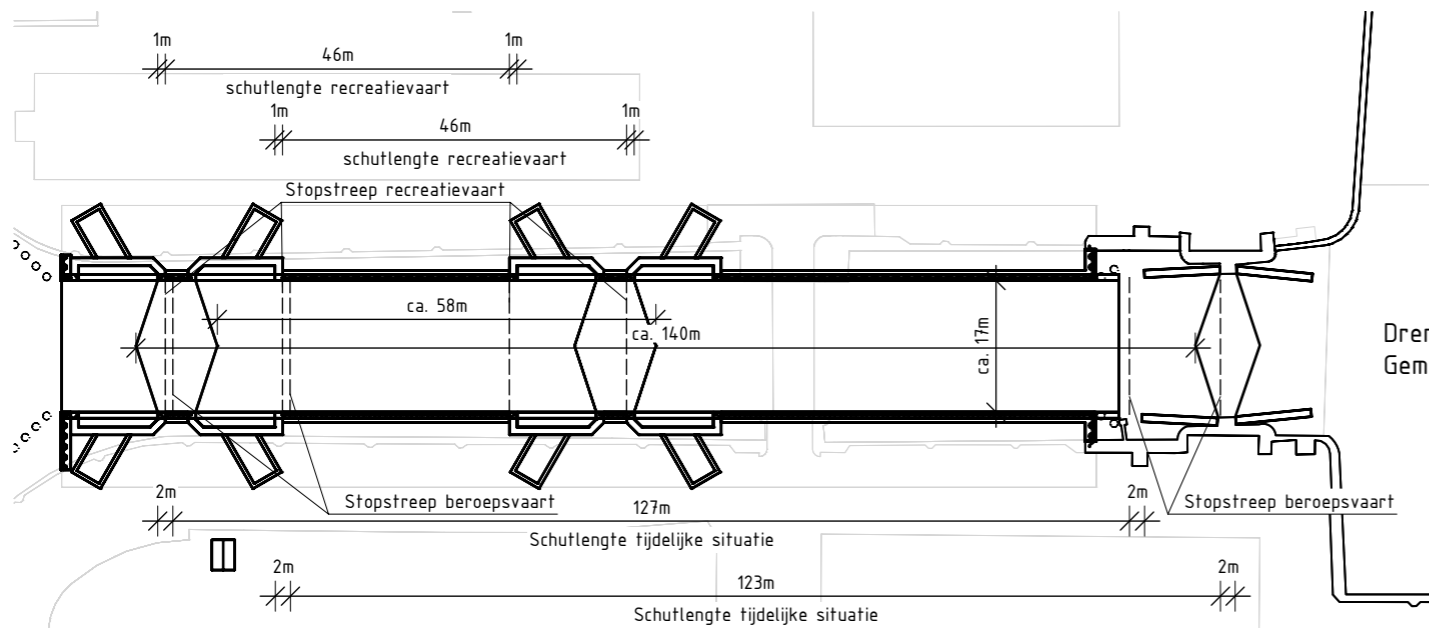
- [1] Sweco. 364532RefrD1.0 Referentieontwerp KVSS & BVS – 190822 – D1.0
- [2] Sweco. SWNL0246704 Rapport – Verkeersonderzoek (nautisch) – 191113 – D2.0
- [3] [https://hhnk.lizard.net/nl/map/topography,assetgroup\\$9c2d7b6/point/measuringstation\\$203672/@52.9124,4.7948,17/Sep,23,2012-Sep,30,2019](https://hhnk.lizard.net/nl/map/topography,assetgroup$9c2d7b6/point/measuringstation$203672/@52.9124,4.7948,17/Sep,23,2012-Sep,30,2019)

Bijlage 1 Tekening maatvoering KVSS en BVS



Drempelhoogte
 Buitendrempel: NAP -6,40m
 Binnendrempel: NAP -5,90m
 Gemiddeld schutpeil: NAP +0,00m

Koopvaardersschutsluis
 schaal 1:1000



Drempelhoogte: NAP -5,60m
 Gemiddeld schutpeil: NAP +0,00m

Boerenverdietsluis
 schaal 1:1000

CONCEPT



Opdrachtgever
Provincie Noord-Holland

Project
 IG-diensten KVSS Den Helder

Onderdeel
 Schetsontwerp
 Maatvoering t.b.v. zoutindringingsberekeningen

Projectnummer 364532		Tekeningnummer 364532-SO-TEK-SIT-23-CON-0.1		Versie 0.1	Datum van uitgave 6-3-2020	Contractnummer 1000071681		
Blad 1	Van 1	Schaal 1:1000	Formaat A3	Kantoor De Bilt		Get. ADG	Gec. EW	Goedg. MB

Regel	Variant	Nummer/naam variant (a)	Scheepvaart (a)	Beschrijving/uitgangspunten schutregime (c)	Kenmerken BVS (d)	Kenmerken KVSS (e)	BVS			KVSS			Aantal schuttingen BVS (69d, zomer) (f)	Aantal schuttingen KVSS (69d, zomer) (g)	Totaal aantal schuttingen (69d, zomer) (g)	BVS schutvolume/schutting in m3 (h)	KVSS schutvolume/schutting in m3 (i)	BVS schutvolume (m3)/halve dag (j)	KVSS Schutvolume (m3)/halve dag (k)	Totaal per variant	opmerking
							Lengte [m]	Breedte [m]	Diepte [m]	Lengte [m]	Breedte [m]	Diepte [m]									
1	1	1-huidig	Alles via KVSS	Gemengd (schepen niet gegroepeerd)	Niet in gebruik	Lengte: 114 m breedte: 16 m				114	16	5,9	0	1296	1296	0	10762	0	101065	101065	
2		3-uiteindelijke situatie	Beroepsvaart via KVSS, recreatievaart via BVS	Gemengd	Korte kolk Lengte 58 m Breedte 17 m	Lengte: 141 m breedte: 16 m	58	17,4	5,6	141	16	5,9	1509	650	2159	5652	13310	61798	62694	124492	Obv aantal schuttingen SIVAK berekening bij nautische studie
3	3	3-uiteindelijke situatie (beperking BVS)	Beroepsvaart via KVSS, recreatievaart via BVS	Gemengd	Korte kolk Lengte 58 m Breedte 17 m	Lengte: 141 m breedte: 16 m	58	17,4	5,6	141	16	5,9	938	637	1575	5652	13310	38414	61440	99854	
4	2a	2-omvaarsituatie (tijdelijk)	Alles via BVS	Gemengd	Lange kolk Lengte 140 m Breedte 17 m	Niet in gebruik	140	17,4	5,6				1387	0	1387	13641,6	0	137108	0	137108	Nog niet herberekend, aantal schuttingen nog ongewijzigd
5	2b	2-omvaarsituatie (tijdelijk) Aanne mbt aanpassing BVS	Alles via BVS	Gemengd	Lange kolk Lengte 140 m Breedte 17 m	Niet in gebruik	140	17,4	5,6				1010	0	1010	13641,6	0	99841	0	99841	Nog niet herberekend, Aanne mbt aantal schuttingen tbv verwachting

Bijlage 3 Resultaten SIVAK-berekening

Rijkswaterstaat SIVAK II
 Samenvatting van de resultaten

Project 00004 Toekomstige situatie
 Variant 00335 WK 34 Zomer week 2017 schutregime nieuw

Datum: 2020-04-29
 Tijd : 13:40:29

VAARWEGVAKKEN

van	naar	lengte	gem snelh	gem tijd
1	2	0.80	9.74	0.08
1	12	0.80	7.51	0.12
1	21	0.20	8.13	0.03
2	1	0.80	9.76	0.08
3	4	1.00	9.74	0.10
4	3	1.00	9.75	0.10
5	6	1.00	9.73	0.10
6	5	1.00	9.76	0.10
12	1	0.80	7.82	0.12
13	14	0.60	7.05	0.10
14	13	0.60	5.74	0.12
15	16	0.15	4.71	0.03
16	15	0.15	4.72	0.03
17	18	0.60	6.06	0.12
18	17	0.60	6.87	0.10
19	20	1.00	7.84	0.15
20	19	1.00	7.36	0.16
21	1	0.20	8.22	0.03

3-2 0.03 Sluis 13 - Koopvaarderschutsluis 2023 wk34

OPERATIONELE GEGEVENS

GEGEVENS PER KOLK

Kolk 1: 11 - Koopvaarderschutsluis Kolk 2023

Tc= 36.09 + 3.15 * G1/1000 + 2.23 * G2/1000
 Tc= 29.25 + 6.17 * N1 + 5.23 * N2

RICHTING	3	2	2	3	SOM
GEMIDDELD Gmax =	1425.30	1348.20			
GEMIDDELD Nmax =	1.55	1.45			
AANTAL SCHUT =	637	636			1273
waarvan VOL =	22	22			44
waarvan LEEGOM =	228	219			447
TOTAAL GESCHUT =	540	540			1080
DEBIET gem. ma =	361.95	54.35	in 1000 m3 per dag		

di =	371.46	55.73
wo =	385.06	60.14
do =	403.74	61.32
vr =	418.62	62.02
za =	425.50	62.65
zo =	393.23	57.99
totaal =	27202.31	4084.04 in 1000 m3 per 69 dagen

CAPACITEIT SLUIS

RICHTING	ton/uur	aantal/uur
3-2	1962.19	2.00
2-3	1856.05	1.88
totaal	3818.24	3.88

DEBIET in 1000 m3 per 69 dagen

3-2	:	27202
2-3	:	4084

GEMIDDELDE PASSEERTIJD

3-2	:	30.98
2-3	:	31.27
BEIDE RI:		31.13

17-16 Sluis 17344 - Zeedoksluis 2023

OPERATIONELE GEGEVENS

GEGEVENS PER KOLK

Kolk 1: 17346 - Zeedoksluis 2023

Tc=	0.00	+	0.00 * G1/1000	+	0.00 * G2/1000
Tc=	19.10	+	1.53 * N1	+	1.06 * N2

RICHTING	17	16	16	17	SOM
GEMIDDELD Gmax =		0.00		0.00	
GEMIDDELD Nmax =		21.50		24.00	
AANTAL SCHUT =		1476		1475	2951
waarvan VOL =		2		5	7
waarvan LEEGOM =		268		669	937
TOTAAL GESCHUT =		3130		3170	6300
DEBIET gem. ma =		278.53		33.05	in 1000 m3 per dag
di =		287.30		34.61	
wo =		293.97		36.52	
do =		302.52		37.19	
vr =		313.37		37.89	
za =		321.42		38.68	
zo =		300.89		35.57	
totaal =		20679.03		2499.54	in 1000 m3 per 69 dagen

CAPACITEIT SLUIS

RICHTING	ton/uur	aantal/uur
17-16	0.00	16.64
16-17	0.00	18.57
totaal	0.00	35.21

DEBIET in 1000 m3 per 69 dagen

17-16	:	20679
16-17	:	2499

GEMIDDELDE PASSEERTIJD

17-16	:	18.85
16-17	:	20.48
BEIDE RI:		19.67

15-14 Sluis 17347 - BVS 2023 met schutregime

OPERATIONELE GEGEVENS

GEGEVENS PER KOLK

Kolk 1: 17348 - BVS 2023 46m

Tc=	0.00	+	0.00	*	G1/1000	+	0.00	*	G2/1000
Tc=	36.17	+	2.69	*	N1	+	2.05	*	N2

RICHTING	15	14	14	15	SOM
GEMIDDELD Gmax =		0.00		0.00	
GEMIDDELD Nmax =		25.25		30.00	
AANTAL SCHUT =		938		937	1875
waarvan VOL =		4		1	5
waarvan LEEGOM =		279		135	414
TOTAAL GESCHUT =		3130		3170	6300
DEBIET gem. ma =		258.29		0.79	in 1000 m3 per dag
di =		266.06		0.81	
wo =		272.70		0.82	
do =		280.11		0.86	
vr =		289.31		0.88	
za =		298.57		0.91	
zo =		279.03		0.86	
totaal =		19161.60		58.37	in 1000 m3 per 69 dagen

CAPACITEIT SLUIS

RICHTING	ton/uur	aantal/uur
15-14	0.00	9.14
14-15	0.00	10.86
totaal	0.00	20.00

DEBIET in 1000 m3 per 69 dagen

15-14	:	19161
14-15	:	58

GEMIDDELDE PASSEERTIJD

15-14 : 39.00
 14-15 : 38.74
 BEIDE RI: 38.87

5-4 Brug 7 - Brug Vice admiraal Moormanbrug zonder wegverkeer wk34

OPERATIONELE GEGEVENS

TOTAAL AANTAL BRUGOPENINGEN : 759

	MIN	GEM	MAX	AFW
BEDIENINGSTIJD (roodlichttijd)	5.12	5.84	18.15	1.59
AANTAL SCHEPEN PER BEWEEGBARE BRUGOPENING	1.0	1.3	5.0	0.6
AANTAL BRUGOPENINGEN per UUR	0.0	0.5	4.0	0.8

	5-4	4-5	SOM
AANTAL SCHEPEN DOOR DOORGANG 1	540	540	1080
AANTAL SCHEPEN DOOR DOORGANG 2	0	0	0

WEGVERKEER

	WEGKANT 1	WEGKANT 2	SOM
TOT AANTAL BEINVL. EENH. CAT1	0	0	0
TOT AANTAL BEINVL. EENH. CAT2	0	0	0

	MIN	GEM	MAX	AFW
AANTAL BEINVL. EENH. PER BR.OPENING CAT.1,WEGK.1	0.0	0.0	0.0	0.0
AANTAL BEINVL. EENH. PER BR.OPENING CAT.1,WEGK.2	0.0	0.0	0.0	0.0
AANTAL BEINVL. EENH. PER BR.OPENING CAT.2,WEGK.1	0.0	0.0	0.0	0.0
AANTAL BEINVL. EENH. PER BR.OPENING CAT.2,WEGK.2	0.0	0.0	0.0	0.0
LANGSTE FILE-OPLOSTIJD PER BRUGOPENING	0.0	0.0	0.0	0.0
GESOMMEERDE WACHTTIJD PER OPENING CAT.1 (uren)	0.0	0.0	0.0	0.0
GESOMMEERDE WACHTTIJD PER OPENING CAT.2 (uren)	0.0	0.0	0.0	0.0

SCHEEPVAART, GEMIDDELDE PASSEERTIJD

5-4 : 1.57
 4-5 : 4.72
 BEIDE RI: 3.15

19-18 Brug 5 - Zeedoksluisbrug wk34

OPERATIONELE GEGEVENS

TOTAAL AANTAL BRUGOPENINGEN : 660

	MIN	GEM	MAX	AFW
BEDIENINGSTIJD (roodlichttijd)	5.12	6.91	34.21	3.60
AANTAL SCHEPEN PER BEWEEGBARE BRUGOPENING	1.0	3.2	27.0	3.9
AANTAL BRUGOPENINGEN per UUR	0.0	0.4	4.0	0.8

	19-18	18-19	SOM
AANTAL SCHEPEN DOOR DOORGANG 1	3130	3170	6300
AANTAL SCHEPEN DOOR DOORGANG 2	0	0	0

WEGVERKEER

	WEGKANT 1	WEGKANT 2	SOM	MIN	GEM	MAX	AFW
TOT AANTAL BEINVL. EENH. CAT1 :	0	0	0				
TOT AANTAL BEINVL. EENH. CAT2 :	0	0	0				
AANTAL BEINVL. EENH. PER BR.OPENING CAT.1,WEGK.1				0.0	0.0	0.0	0.0
AANTAL BEINVL. EENH. PER BR.OPENING CAT.1,WEGK.2				0.0	0.0	0.0	0.0
AANTAL BEINVL. EENH. PER BR.OPENING CAT.2,WEGK.1				0.0	0.0	0.0	0.0
AANTAL BEINVL. EENH. PER BR.OPENING CAT.2,WEGK.2				0.0	0.0	0.0	0.0
LANGSTE FILE-OPLOSTIJD PER BRUGOPENING :				0.0	0.0	0.0	0.0
GESOMMEERDE WACHTTIJD PER OPENING CAT.1 (uren) :				0.0	0.0	0.0	0.0
GESOMMEERDE WACHTTIJD PER OPENING CAT.2 (uren) :				0.0	0.0	0.0	0.0

SCHEEPVAART, GEMIDDELDE PASSEERTIJD

19-18 :	9.97
18-19 :	7.91
BEIDE RI:	8.93

13-12 Brug 2 - van Kinsbergenbrug

OPERATIONELE GEGEVENS

TOTAAL AANTAL BRUGOPENINGEN : 1809

	MIN	GEM	MAX	AFW
BEDIENINGSTIJD (roodlichttijd) :	4.12	7.19	68.46	5.85
AANTAL SCHEPEN PER BEWEEGBARE BRUGOPENING :	1.0	3.2	33.0	3.9
AANTAL BRUGOPENINGEN per UUR :	0.0	1.1	6.0	1.3

	13-12	12-13	SOM
AANTAL SCHEPEN DOOR DOORGANG 1 :	3130	3170	6300
AANTAL SCHEPEN DOOR DOORGANG 2 :	0	0	0

WEGVERKEER

	WEGKANT 1	WEGKANT 2	SOM	MIN	GEM	MAX	AFW
TOT AANTAL BEINVL. EENH. CAT1 :	0	0	0				
TOT AANTAL BEINVL. EENH. CAT2 :	0	0	0				
AANTAL BEINVL. EENH. PER BR.OPENING CAT.1,WEGK.1				0.0	0.0	0.0	0.0
AANTAL BEINVL. EENH. PER BR.OPENING CAT.1,WEGK.2				0.0	0.0	0.0	0.0
AANTAL BEINVL. EENH. PER BR.OPENING CAT.2,WEGK.1				0.0	0.0	0.0	0.0
AANTAL BEINVL. EENH. PER BR.OPENING CAT.2,WEGK.2				0.0	0.0	0.0	0.0
LANGSTE FILE-OPLOSTIJD PER BRUGOPENING :				0.0	0.0	0.0	0.0
GESOMMEERDE WACHTTIJD PER OPENING CAT.1 (uren) :				0.0	0.0	0.0	0.0
GESOMMEERDE WACHTTIJD PER OPENING CAT.2 (uren) :				0.0	0.0	0.0	0.0

SCHEEPVAART, GEMIDDELDE PASSEERTIJD

13-12 :	5.64
12-13 :	4.09
BEIDE RI:	4.86

Bijlage 4 Stabiliteit grenslaag/scheiding zoet-zout

Grootste debiet	4084 m ³ /min	
	5880960 m ³ /dag	
	68 m ³ /s	
breedte	40 m	
diepte	5 m	
oppervlak	200 m ²	
snelh	0,340 m/s	

Dichtheidsstromen en interne golven
Handleiding college b81

DIKTE GRENSLAAG		
dikte grenslaag	δ	m
snelheidsverschil	Δu	0,340333 m/s
dichtheid boven	ρ_1	1000 kg/m ³
dichtheid onder	ρ_2	1025 kg/m ³
zwaartekr versn	g	9,81 m/s ²
dichtheidverschil	$\epsilon = (\rho_2 - \rho_1) / \rho_2$	0,024 [-]

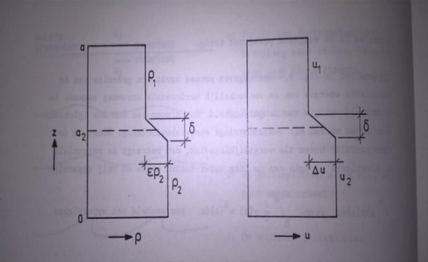


Fig. 6.5 - Geschematiseerde dichtheids- en snelheidsprofielen bij Kelvin-Helmholtz instabiliteit.

	$Ri = 0,3 \text{ à } 0,4$	
	$\delta \leq 0,3 \text{ à } 0,4 * (\Delta u)^2 / (\epsilon * g)$	

dikte grenslaag	δ	0,17 m
-----------------	----------	--------

$$\delta \leq \frac{\Delta u^2}{\epsilon g} \quad (6.28)$$

Experimenteel blijkt het < teken van toepassing te zijn: men vindt (2, 11 en 12)

$$\delta = 0,3 \text{ à } 0,4 \frac{\Delta u^2}{\epsilon g} \quad (6.29)$$

RICHARDSON		
Richardson	Ri	0,4 [-]

zie bovenaan blz. 104

Richardson	Ri	0,4 [-]
dikte grenslaag	δ	0,17 m