

Capaciteitsmanagement van Bruggen en Sluizen



Beeld van Houtribsluizen met gebruik van twee sluiskolken

Een studie naar de gevolgen van de arbeidsmiddelenrichtlijn op de wachttijden van schepen voor de Houtribcentrale in Lelystad & de ontwikkeling van een generiek simulatietool voor het inzichtelijk maken van de relatie tussen capaciteit en aanbod op wachttijden van schepen.

Maart 2011
Drs. A.N. Gijsberts

Samenvatting

RWS Dienst IJsselmeergebied is verantwoordelijk voor de bediening van een aantal sluzen en bruggen in de regio, waaronder de Houtribcentrale in Lelystad. De dienst is bezig met het herijken van de visie op het managen van de verkeerstromen op het water.

Op dit moment geldt bij de Houtribcentrale in Lelystad een bedienconcept waarin de sluismeester meerdere bedieningen tegelijk kan verrichten ('ritsend bedienen'), behalve op kritische beslismomenten. De arbeidsmiddelenrichtlijn schrijft echter voor dat iedere beweging van een arbeidsmiddel door gebruik van een noodstop direct gestopt moet kunnen worden. Dat houdt dus ook in dat er voortdurende aandacht moet zijn voor bewegingen in, van en/of op het object zodat bij onveilige situaties direct kan worden ingegrepen. Onduidelijk is nog welke werkwijzen wel mogelijk en toegestaan zijn en in hoeverre dit de bedien capaciteit van het sluzencomplex verlaagt en daarmee wachttijden verhoogt.

Dit heeft geleid tot de eerste onderzoeksdoelstelling:

Het bepalen van de gevolgen van arbeidsmiddelenrichtlijn op de mogelijke werkwijzen en bezetting van het personeel van de Houtribcentrale en de resulterende wachttijden van schepen

Voor de Houtribcentrale is geconcludeerd dat drie schuttingen per uur per kolk mogelijk zijn en dat het aantal sluismeesters nauwelijks invloed op deze schutcapaciteit heeft. Data-analyse geeft ruim 52.000 passages in 2009, verdeeld over 27.000 schuttingen. Dit betekent een gemiddelde van minder dan twee schepen per cyclus. In de piekmaanden mei-augustus ligt dit gemiddelde tussen twee en drie schepen per cyclus. In deze piekmaanden ligt het daggemiddelde van volle schuttingen vrij constant op 80 per dag, ruim onder de capaciteit. De technische taken maken een relatief klein deel van een schutcyclus uit. Dit betekent dat de arbeidsmiddelenrichtlijn bij de huidige inzetplanning van sluismeesters weinig tot geen gevolg zal hebben.

RWS Dienst IJsselmeergebied wil daarnaast ook meer inzicht krijgen in de servicekant van het proces: hoe verhoudt zich de bezetting op een bedienpost tot wachttijden van schepen die willen passeren? Hiertoe is men op zoek naar een globaal model dat aan de hand van verschillende parameters kan uitrekenen wat de te verwachten passeertijd (wachttijd) voor het betreffende object zal zijn in relatie tot de bezetting.

De tweede onderzoeksdoelstelling luidt daarom:

Een model waarmee de relatie tussen bezetting en gemiddelde wachttijd voor schepen inzichtelijk wordt gemaakt

Het brugmodel representeert de situatie met een vaarweg met daaroverheen een brug met autoverkeer. Van tijd tot tijd moet deze brug open om scheepvaartverkeer uit twee richtingen te laten passeren. Te vaak openen veroorzaakt veel wachttijd voor het autoverkeer, te weinig openen veroorzaakt wachttijden voor de schepen. Het model registreert de wachttijden van zowel het autoverkeer als het scheepvaartverkeer.

In het sluismodel maakt de gebruiker keuzes over tijdsduren van invaren, nivelleren en uitvaren. Er zijn maximaal 3 sluiskolken mogelijk; de sluiskolken zijn aan of uit te zetten, zodat ook de situatie met 1 of 2 sluiskolken nagebootst kan worden. Daarnaast is het mogelijk om aan te vinken of het in de praktijk gangbare *leegom sluzen* toegepast wordt.

Dit model is gebruikt om de specifieke situatie van de Houtribcentrale met twee sluiskolken te simuleren. Dit betekent dat bijvoorbeeld de gevolgen van de huidige werkwijze in de Houtribcentrale bij opgegeven intensiteiten in termen van wachttijden zichtbaar gemaakt kan worden. Het bleek hierbij dat de praktijk van leegom sluizen grote waarde heeft voor het beperkt houden van wachttijden. Daarnaast bleek dat hogere intensiteiten zich maar met mondjesmaat vertalen naar oplopende wachttijden, dit omdat de sluiskolken dan per schuttingsproces meer schepen meenemen.

Beide modellen zijn zo generiek dat ze de toepasbaar zijn bij capaciteitsstudies op vele soortgelijke objecten zowel binnen als buiten de regio van RWS IJsselmeergebied. Naast doorrekenen van historische maanddata kan ook het effect van uitval van kolken, toenemende scheepvaart of drukke weekenden op wachttijden getoond worden.

Het verdient aanbeveling om binnen RWS na te gaan in hoeverre de beschikbare modellen elders te gebruiken zijn.

Inhoud

1 Inleiding

1.1	Aanleiding tot het onderzoek.....	6
1.2	Doelstelling van het onderzoek.....	6
1.3	Opzet van het rapport.....	7

2 Procesanalyse van de Houtribcentrale

2.1	Het schutproces (op globaal niveau).....	8
2.2	Het brugproces.....	8
2.3	Het schutproces (op detailniveau).....	9
2.4	Werkzaamheden sluismeester (op globaal niveau).....	9
2.5	Werkzaamheden sluismeester (op detailniveau).....	10
2.6	Data-analyse van schepen en schuttingen.....	12
2.7	Technische processen en de arbeidsmiddelenrichtlijn.....	14
2.8	Gevolgen van de arbeidsmiddelenrichtlijn.....	14

3 Modelbeschrijving

3.1	Het Brugmodel.....	16
3.2	Het Sluizenmodel.....	18
3.3	Simulatie van de Houtribcentrale.....	19
3.4	Verdere toepasbaarheid van de modellen binnen RWS.....	20

Bijlagen

Bijlage 1	Het schutproces bij de Houtribcentrale.....	21
Bijlage 2	Toelichting parameterscherm Brugmodel.....	24
Bijlage 3	Toelichting parameterscherm Sluizenmodel.....	25

Bestanden

Excel	RWS 2009 Schuttingen en Scheepsverkeer, Houtribstudie
Modellen	Brugmodel, Sluizenmodel, Houtribmodellen

1 Inleiding

Rijkswaterstaat beheert en ontwikkelt in opdracht van de minister en de staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu het nationale netwerk van wegen en vaarwegen.

Dienst IJsselmeergebied, gevestigd in Lelystad, is één van de tien regionale diensten van Rijkswaterstaat. Ze is verantwoordelijk voor onderhoud, beheer en aanleg van de hoofdinfrastructuur in het eigen beheersgebied en voor de praktische uitvoering van het beleid. Binnen deze dienst is men bezig met het herijken van de visie op het managen van verkeerstromen op het water.

1.1 Aanleiding tot het onderzoek

Dienst IJsselmeergebied is onder andere verantwoordelijk voor de bediening van een aantal sluisen en bruggen in de regio. Hieronder valt ook de Houtribsluis in Lelystad.

In 2007 is de bemensing onderzocht van het bediengebouw van de Houtribsluis¹. Hierin is gekeken naar de minimale bezetting op een bedienpost gedurende de dag en de verschillende jaargetijden. Deze berekeningen waren gebaseerd op een bedienconcept waarin een sluismeester meerdere bedieningen tegelijk kan verrichten ('ritsend bedienen'), behalve op kritische beslismomenten. Dit houdt bijvoorbeeld in dat bijvoorbeeld tijdens het nivelleren in het schutproces, de bedienaar die deze sluis bedient ook een brug of andere sluis(kolk) mag bedienen.

Nieuwe inzichten leren dat dit niet mag. De arbeidsmiddelenrichtlijn schrijft voor dat iedere beweging van een arbeidsmiddel door gebruik van een noodstop direct gestopt moet kunnen worden. Dat houdt dus ook in dat er voortdurende aandacht moet zijn voor bewegingen in, van en/of op het object zodat bij onveilige situaties direct kan worden ingegrepen. Onduidelijk is nog welke werkwijzen wel mogelijk en toegestaan zijn en in hoeverre dit de bedien capaciteit verlaagt en daarmee wachttijden verhoogt.

Daarnaast is tot nu toe vooral gekeken naar de capaciteitskant: hoeveel handelingen zijn er uit te voeren op basis van gemiddelde procestijden. De vraagkant, het aanbod van schepen per tijdseenheid, en de gevolgen van het capaciteitsaanbod op de gemiddelde wachttijd van de vaartuigen heeft tot nu toe minder aandacht gekregen. RWS Dienst IJsselmeergebied wil ook meer inzicht krijgen in de servicekant van het proces: hoe verhoudt zich de bezetting op een bedienpost tot wachttijden van schepen die willen passeren?

Hiertoe is RWS op zoek naar een globaal model dat aan de hand van verschillende parameters kan uitrekenen wat de te verwachten passeertijd (wachttijd) voor het betreffende object zal zijn in relatie tot de bezetting.

1.2 Doelstelling van het onderzoek

Doelstelling 1

Het bepalen van de gevolgen van arbeidsmiddelenrichtlijn op de mogelijke werkwijzen en bezetting van het personeel en de resulterende wachttijden van schepen

Hiertoe is eerst een gedetailleerde procesbeschrijving van de huidige werkwijze nodig. Daarna een inventarisatie van alternatieven. RWS zal deze alternatieven in het licht van de

¹ Rapport Werklast, Bemensing en inrichting Corridorcentrale Houtriblocatie, VHP Ergonomie, oktober 2007

arbeidsmiddelenrichtlijn beschouwen en op basis hiervan keuzes aanreiken. Daarna kunnen de gevolgen van een of meer werkwijzen geïnventariseerd worden.

Doelstelling 2

Een model waarmee de relatie tussen bezetting en gemiddelde wachttijd voor schepen inzichtelijk wordt gemaakt

Dit model dient toepasbaar te zijn op managementniveau, vooral in discussies over serviceniveau (wachttijden van schepen) versus personeelsbezetting, herkenbaar te zijn in termen van objecten van RWS zoals schepen, sluisen en bruggen. Bovendien kunnen aantallen objecten makkelijk aangepast worden. Daarnaast kenmerkt het model zich door makkelijk te veranderen parameters en te aanschouwen resultaten.

Een subdoelstelling hiervan is het globaal inzichtelijk maken van de consequenties van een gekozen werkwijze in de Houtribcentrale op wachttijden, indien de gemiddelde bedieningstijd zou toenemen. Hier komen de gekozen werkwijze en het model als instrument bijeen. Dit kan slechts een indicatie geven aangezien het model op hoog niveau gebouwd wordt: een preciezer antwoord kan alleen met een uitgebreide simulatiestudie worden gegeven.

1.3 Opzet van het rapport

Hoofdstuk twee heeft betrekking op de eerste doelstelling en begint met een beschrijving van alle relevante processen in de Houtribcentrale. Dit betreft zowel de schutprocessen als de werkprocessen van de sluismeesters. Daarna volgt een analyse van de data² voor een inzicht in schutcapaciteit, aantallen schuttingen en verwerkte schepen. De beschrijving van de technische processen, de arbeidsmiddelenrichtlijn en de consequenties van de arbeidsmiddelenrichtlijn op de wachttijden worden aan het einde van hoofdstuk twee behandeld.

Hoofdstuk drie heeft betrekking op de tweede doelstelling en beschrijft de opzet en toepasbaarheid van het zogenoemde brugmodel en het zogenoemde sluisenmodel³. Daarna volgen de resultaten van een simulatie van de Houtribcentrale met het sluisenmodel. Tot slot wordt ingegaan op mogelijkheden om beide modellen in de toekomst binnen RWS te gebruiken.

² Deze data-analyse is meegeleverd als Excelbestand

³ Beide modellen zijn meegeleverd.

2 Procesanalyse van de Houtribcentrale

De Houtribsluis bestaat uit twee sluisgolven in noord-zuid richting die gelijktijdig en onafhankelijk van elkaar bediend kunnen worden. Tijdens de onderzoeksperiode was de oostgolf wegens werkzaamheden buiten bedrijf, maar vanaf 1 april 2011 zullen beide golven weer functioneren. Over het sluiscomplex loopt een brug voor de afwikkeling van het autoverkeer tussen Lelystad en Enkhuizen. Deze brug gaat open, als schepen te hoog zijn om onder de brug door te kunnen. Naast het schutproces is er dus ook sprake van een brugproces.

2.1 *Het schutproces (op globaal niveau)*

Het schutproces valt in 3 deelprocessen uiteen:

1. Invaren
2. Nivelleren
3. Uitvaren

Ad 1. Dit proces begint met het openen van de sluisdeuren en het op groen zetten van de verkeerslichten waarna de schepen binnenvaren onder instructie van de sluismeester. Van tevoren en tijdens dit deelproces vindt communicatie plaats tussen schippers en sluismeester over invaarvolgorde, ligplaats in de sluis t.o.v. elkaar. De duur van het invaarproces wordt bepaald door het aantal toegelaten schepen, hun grootte, maar ook door de expertise van de schippers. De schepen worden vastgelegd aan de kant. Het proces eindigt met het sluiten van de sluisdeuren.

Ad 2. Tijdens het nivelleren liggen schepen in de sluis en stroomt water in of uit om een gelijk waterpeil te krijgen in de sluis en de bestemmingsrichting. De duur van dit proces is afhankelijk van het te overbruggen niveauverschil, maar als proces redelijk constant. Het hoogteverschil bij de Houtribcentrale is gering: in de orde van vijf centimeter. Het nivelleren van het waterpeil duurt ongeveer 2,5 minuten. Dit proces eindigt met het openen van de sluisdeuren.

Ad 3. Na het openen van de sluisdeuren springt het licht op groen en beginnen de schepen met uitvaren. Wanneer het laatste schip is uitgevaren, krijgen wachtende schepen aan de andere zijde groen licht om binnen te varen en begint (met geopende sluisdeuren) een nieuwe cyclus van uitvaren.

Wanneer er geen schepen wachten, maar er wel aanbod aan de andere kant is, kan de sluismeester er voor kiezen om het schutproces uit te voeren zonder dat er schepen in de sluis zijn.

2.2 *Het brugproces*

Alleen wanneer schepen te hoog zijn voor de brug is er van een brugproces sprake. De bediening van de brug start met het op rood zetten van de verkeerslichten en het afsluiten van de aan- en afrijdbomen voor het autoverkeer. Als de situatie veilig is, start het ophalen van de brug. Wanneer de schepen waarvoor de brug open moest onder de brug door zijn, laat de sluismeester de brug zakken. Het hele proces duurt ongeveer 4 minuten, maar is ook afhankelijk van het aantal te hoge schepen dat er onderdoor moet en de snelheid waarmee de schippers dit doen.

2.3 *Het schutproces (op detailniveau)*

Op detailniveau neemt de sluismeester op basis van ervaring talloze beslissingen om processen zo efficiënt mogelijk te laten verlopen. Dit begint al voor aanvang van een schutcyclus in de communicatie met de schippers. Hoewel normaal gesproken op volgorde van aankomst geschut wordt, kan hiervan worden afgeweken. Daarnaast spelen lengte en breedte m.n. voor de beroepsvaart een rol in het toewijzen van volgorde en plaats in de sluisen. Hoogte van een schip is niet alleen belangrijk voor het al dan niet starten van het brugproces, maar ook voor de toewijzing van de locatie van dit schip in de sluis.

Hierbij speelt zelfs de ligging van de brug een rol: deze ligt niet in het midden over de sluis, maar op ongeveer tweederde (gezien vanuit de noordzijde). Dit betekent (meestal) dat te hoge schepen *vanuit het noorden* binnenvaren tot voor de brug, het nivelleren begint, de brug open gaat, het uitvaren kan beginnen en het te hoge schip onder de brug doorvaart, waarna de brug zakt achter het laatste te hoge vaartuig. Echter, te hoge schepen uit het zuiden varen (meestal) binnen tot voorbij de brug (die dan uiteraard al geopend moet zijn) en liggen dus achter de brug tijdens het nivelleren (waarna de brug weer gesloten kan worden).

Voor een goed begrip en beeldvorming zijn een aantal cycli gevolgd. Een beschrijving hiervan met foto's is te vinden in de bijlage 1.

2.4 *Werkzaamheden van de sluismeester (op globaal niveau)*

In het onderzoek van VHP is de gemiddelde tijdsduur van de verschillende taken bepaald voor de Houtribsluis. Deze zijn te vinden in onderstaande tabel en dienen als uitgangspunt voor dit onderzoek.

Taak	Uu:mm:ss	In minuten
Invaren	00:10:00	10
Nivelleren	00:02:30	2,5
Uitvaren	00:03:31	3,5
Som		16
Brugbediening, communicatie, IVS en overig buiten cyclus	00:01:52	1,9 (\approx 2)

Figuur 1.1: Gemiddelde taakduren volgens VHP

Het brugproces is hierbij niet apart gemeten, omdat het geen onderdeel van het schutproces vormt, maar overlapt met dit proces. Bij benadering is de duur van het brugproces zelf 4 a 5 minuten. De taken voor de sluismeester die met de brug samenhangen zijn meegenomen in de communicatie en IVS gerelateerde handelingen. Deze duren in totaal zo'n 2 minuten en vallen deels in de schutcyclus, deels er buiten.

De belangrijkste procesinformatie is de gemiddelde duur van 16 minuten van de schutcyclus. In dit gemiddelde zit het verschil in aantal schepen per cyclus, het al dan niet openen van de brug en de verschillen in expertise van schippers verwerkt. De eigen waarnemingen uit de bijlage gaven al een bereik van 13 tot 22 minuten aan. In simulatiemodellen kan overigens gevarieerd worden met dit gemiddelde en bereik om te kijken hoeveel invloed dit op resultaten geeft.

Conclusie 1

Bij de huidige werkwijze is een gemiddelde capaciteit van 3 schuttingen per uur per kolk mogelijk.

Conclusie 2

Bij de huidige werkwijze heeft inzet van een of twee sluismeesters nauwelijks invloed op deze schutcapaciteit.

De verklaring hiervoor is simpel: de voornaamste handelingen in het schutproces zijn vooral afhankelijk van schippers of vragen een bepaalde -min of meer- vaste tijdsduur zoals het nivelleren. Meer bedieningscapaciteit in de toren heeft hierop nauwelijks invloed. Echter, extra sluismeester heeft uiteraard wel effect op de gevoelde werkdruk en veiligheid: men kan makkelijker even een pauze nemen en twee personen zien meer dan een. Beide argumenten kunnen alleen al de grondslag zijn voor het werken met twee in plaats van een sluismeester.

Met nadruk staat hier *huidige werkwijze*, omdat bij een toekomstige werkwijze bepaalde handelingen volgens de arbeidsmiddelen richtlijn niet meer simultaan kunnen plaatsvinden. Hierdoor zou de schutcyclus verlengd kunnen worden omdat deelprocessen op elkaar moeten wachten a.g.v. bezigheden van de sluismeester elders.

2.5 Werkzaamheden van de sluismeester (op detail niveau)

Van iedere taak van een sluismeester op de Houtribsluizen is in 2010 een flowchart gemaakt met de centrale handelingen en beslismomenten⁴. Deze flowcharts vormen de basis van de analyse van de werkzaamheden op detailniveau. De sluismeesters zijn naast het schut- en brugproces ook verantwoordelijk voor de centrale bediening van de Spuisluizen. Het lijkt er op dat dit kan gebeuren op tijdstippen die de sluismeester zelf kan kiezen. Er wordt voorlopig vanuit gegaan dat dit proces geen invloed heeft op de afwikkeling rond de sluiscolken.



Figuur 1.2: Bedieningspaneel Sluis 2 Houtribcentrale

⁴ Complex Houtribsluizen –RWS DIJG v1.0 1 april 2010.pdf

Dan spelen rond de sluisgolven de volgende werkprocessen van de sluismeester:

1. Communicatie
2. Registratie
3. Bediening
4. Bewaking processen (observatie)

Ad1. Communicatie met schepen gebeurt vooral voor aanvang van het schutproces, vooral met toewijzing van volgorde van invaren en liglokatie. Maar ook bij ligging in de sluis kan een schipper attentie van de sluismeester vragen. De sluismeester heeft wel regie over duur en moment van communicatie.

Ad2. Registratie betreft het invoeren van schepen in IVS90. Verschillende gegevens van schepen uit de beroepsvaart worden hier genoteerd, van de pleziervaart worden alleen aantallen bijgehouden.

De communicatie en registratie valt bij het onderzoek VHP (naast brugbediening en overig buiten cyclus) in een categorie en bedraagt ongeveer 2 minuten per schutcyclus. Dit is *geen* aaneengesloten blok van 2 minuten, maar de som van een aantal korte communicatiemomenten, invoeren van gegevens en (eventueel) de beweging starten van de brug. Dit is belangrijk omdat korte handelingen bv. van 20 seconden, zelfs als die niet onderbroken mogen worden, nauwelijks vertragingen kunnen genereren voor het schutproces zelf!

Ad 3. Bediening betreft hier de technische bediening van apparaten. Het in bediening zetten van brug of sluisdeuren gebeurt via panelen. Een aantal opeenvolgende handelingen kan daarna geautomatiseerd zijn.

Te onderscheiden zijn:

- a. Het bedienen van de invaarseinen en het openen van de invaardeuren: 1,5 minuten
- b. Het bedienen van de invaarseinen en het sluiten van de uitvaardeuren: 1,5 minuten
- c. Het stoppen van landverkeer (commando geven en sluiten aan- en afrijdbomen) (45 sec)
- d. Het ophalen van de brug (opwaartse beweging): 2 minuten
- e. Het sluiten van de brug (neerwaartse beweging): 1,5 minuten
- f. Het nivelleren (als technisch proces waarbij water in of uitstroomt): 2,5 minuten

Ad 4. Bewaking van processen is eigenlijk de kerntaak die ieder moment plaatsvindt: de sluismeester is eindverantwoordelijke voor de processen rondom de sluisen en moet signaleren en direct kunnen ingrijpen wanneer iets mis gaat.

Vooraf bij invaren zijn de sluismeesters waakzaam; wanneer alles ligt en het nivelleren begint wordt het rustiger, bij het uitvaren is de blik vooral weer gericht op het invaren van de volgende hoeveelheid schepen. Bij twee aanwezigen worden het brugproces en schutproces verdeeld. Dit kan uiteraard niet wanneer slechts een sluismeester aanwezig is, maar dit is alleen het geval wanneer het, gemiddeld gesproken, rustig is.

2.6 Data-analyse van schepen en schuttingen

Als basis voor de analyse van scheepspassages en aantallen schutprocessen over de dag heen, zijn twee bestanden met gegevens van 2009 aangereikt. Deze ruwe bestanden zijn bewerkt en vormen de grondslag voor de volgende analyse. Dit bewerkte bestand in Excel is meegeleverd⁵.

In 2009 zijn ruim 52.000 schepen de Houtribsluizen gepasseerd (zie figuur 3). Dit zijn voor het merendeel schepen van de beroepsvaart. Het gemiddelde van 2500 schepen in deze categorie is vrij stabiel. Dit geldt niet voor de recreatievaart. Het gemiddelde aantal is 1830 per maand; in zomer verdubbelt dit, in de wintermaanden loopt zoals te verwachten was praktisch terug tot nul.

Maand	Binnenvaart	Zeevaart	Recreatie	Totaal	Beroepsvaart (in %)	Recreatie (in %)
januari	1.660	6	32	1.698	98,1	1,9
februari	2.157	15	79	2.251	96,5	3,5
maart	2.342	23	278	2.643	89,5	10,5
april	2.873	8	2.025	4.906	58,7	41,3
mei	2.791	11	3.368	6.170	45,4	54,6
juni	2.901	8	3.236	6.145	47,3	52,7
juli	2.419	7	3.460	5.886	41,2	58,8
augustus	2.377	3	5.141	7.521	31,6	68,4
september	2.837	15	2.619	5.471	52,1	47,9
oktober	3.112	9	1.373	4.494	69,4	30,6
november	2.575	14	239	2.828	91,5	8,5
december	2.121	6	114	2.241	94,9	5,1
totaal 2009	30.165	125	21.964	52.254		
Per maand	2514	10	1830	4355	58%	42%

Figuur 1.3: Passages Houtribsluizen 2009 per maand en jaar

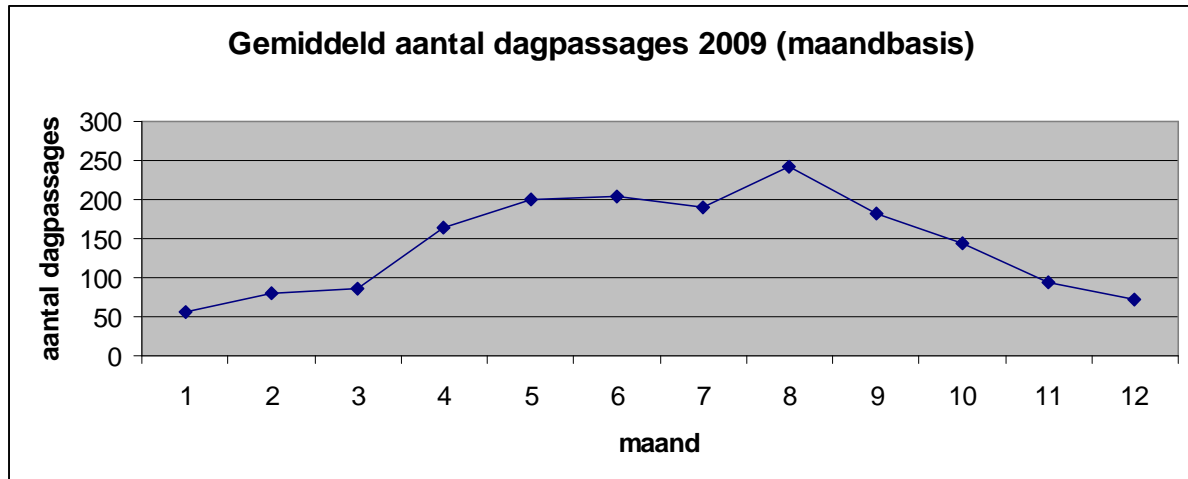
Gedetailleerde informatie over aantallen schutprocessen per daguur over de maanden heen is beschikbaar. In bijlage 2 is te zien dat er bijna 27000 schuttingen met schepen erin hebben plaatsgevonden⁶. Dit betekent een gemiddelde van 1,94 schepen per (volle) schutcyclus. In de piekmaanden mei-augustus ligt dit gemiddelde tussen 2 en 3 schepen per cyclus. Dit is niet zo hoog als vooraf verwacht. Het betekent dat situaties met 10 of meer vaartuigen per schutcyclus zelden zullen voorkomen (en afgeleid hiervan dat ruimtelijke beperkingen waardoor aanbodhoeveelheden niet in de sluis passen ook vrijwel niet aan de orde zijn).

⁵ Zie RWS 2009 Schuttingen en Scheepsverkeer voor zowel de basisdata als de bewerkte data

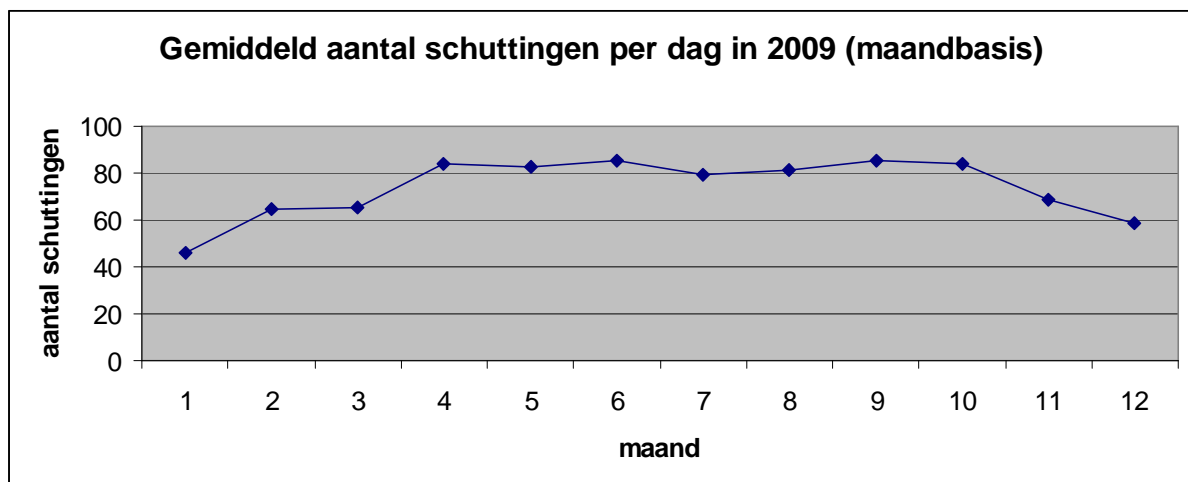
⁶ Het aantal lege schuttingen is bekend, maar hierin niet meegenomen. Lege schuttingen betekenen dat er geen direct aanbod is in de opengestelde richting na een schutcyclus. Sluismeesters anticiperen op aankomende stromen of wachtrijen vanuit de tegengestelde richting, de cyclusduur is dan de nominale nivelleertijd + openen en sluiten van de sluisdeuren

Ook in de piekmaanden blijft leeg schutten in 20% van de gevallen voor te komen: dit duidt nog steeds op laag aanbod t.o.v. de capaciteit.

Onderstaande grafieken geven een beeld van de aantallen schepen en schuttingen per dag, verdeeld over de maanden in 2009:



Figuur 1.4: Dagpassages in 2009



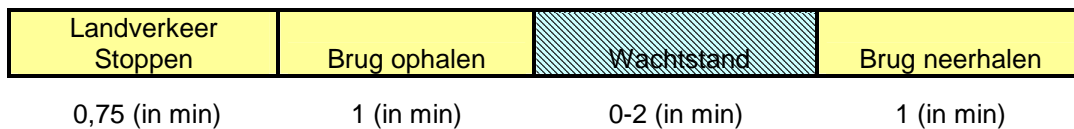
Figuur 1.5: Schuttingen in 2009

Uit figuur 5 blijkt dat het aantal volle schuttingen in de periode april-oktober vrij constant op 80 per dag ligt.

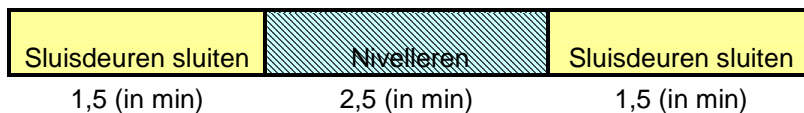
Brugopeningen worden niet in IVS90 bijgehouden. Via opdrachtgever zijn uit andere interne bestanden een paar maandoverzichten beschikbaar gesteld. Zo waren lag in de (rustige) maand januari 2010 het gemiddeld aantal brugopeningen op 1,8 per dag met een maximum van 7. In de (drukke) maand juli 2010 lag het gemiddeld aantal brugopeningen op 3,6 per dag met een maximum van 22. In deze maand gebeurde het tien keer dat het aantal openingen per dag 10 of meer was.

2.7 Technische processen en de arbeidsmiddelenrichtlijn

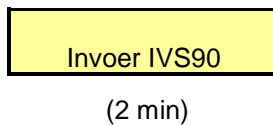
Uiteindelijk dient op basis van de arbeidsmiddelenrichtlijn besloten te worden werkwijze(n) toegestaan zijn en welke niet. In de huidige werkwijze kan de sluismeester meerdere processen simultaan uitvoeren, behalve op momenten dat er een technisch proces gaande is (de gele taken in onderstaande overzichten). Dit kan nu ook nog tijdens het nivelleren zelf, onduidelijk is of dit in de toekomst als technisch proces opgevat dient te worden en daarmee simultane taken uitsluit. Zelfs het wachtstand van de brug zou hier theoretisch onder kunnen vallen!



Figuur 3: Het brugproces met technische bediening in geel, wachten gearceerd



Figuur 4: Het nivelleringsproces met technische bediening in geel, nivelleren gearceerd



Figuur 1.6: Registratie- en communicatieproces per schutcyclus

2.8 Gevolgen van de arbeidsmiddelenrichtlijn

Uitgangspunt : De proceshandelingen (in geel) mogen niet onderbroken worden.

Scenario 1 (1 sluismeester, 1 kolk)

De handelingen van de sluismeester die niet onderbroken mogen worden:

1. Nivelleringsproces: openen en sluiten sluisdeuren (3 minuten)
2. Registratie- en communicatie (2 minuten, verspreid over cyclus)
3. Brugopening en -sluiting (afgerond 3 minuten)

Dit is tezamen een werklast voor de eerste twee handelingen van 5 minuten op een totale gemiddelde schutcyclus van gemiddeld 20 minuten. Dit betekent een bezettingsgraad voor de technische handelingen van 25%. Komt hier een brugopening bij dan loopt dit op tot 8 minuten van de gemiddeld 20 minuten ofwel een bezettingsgraad van 40%.

Kanttekening 1: Bovenstaande berekening gaat uit van voortdurende schuthandelingen, dus een continu aanbod van schepen. In rustige perioden vallen er gaten in dit aanbod en vallen bovenstaande berekeningen nog lager uit. Bovendien vraagt niet iedere cyclus een brugopening.

Kanttekening 2. Bovenstaande analyse wil uiteraard niet zeggen dat de sluismeesters maar 25% of 40% van de tijd bezig zijn, want hun belangrijkste taak van procesbewaking loopt continu door!

Scenario 2 (2 sluismeesters, 1 kolk)

De werkzaamheden kunnen dan verdeeld worden. Bij evenredige werkverdeling halveren per sluismeester de bezettingsgraden in scenario 1.

Scenario 3 (1 sluismeesters, 2 kolken)

Hier wordt het lastiger voor de sluismeester. In het slechtste geval is er in beide richtingen aanbod van schepen, dus twee simultane schutcycli. Zonder brugopening is er dan per schutcyclus een werklust van niet te onderbreken handelingen van 10 minuten (2x de 5 minuten voor het nivelleringsproces en het registratieproces). Dit is een bezettingsgraad van 50%. De vraag is nu of dit gevolgen heeft voor de duur van de schutcyclus omdat door handelingen ten bate van de ene schutcyclus de andere schutcyclus vertraging oploopt.

Vermoedelijk heeft dit weinig gevolgen. Dit komt onder andere omdat de invoer in IVS flexibel binnen de schutcyclus in te plannen valt, waardoor dit in de praktijk verschoven zal worden als bijvoorbeeld het sluiten van de deuren bij de andere schutcyclus om aandacht vraagt. Verder zullen in de praktijk handelingen op elkaar afgestemd worden: dus eerst openen deuren van kolk 1, daarna openen deuren van kolk 2 enz. De processen kunnen dan na elkaar afgewikkeld worden.

Het wordt anders als er ook een brugopening nodig is. De brugopening zal dan een keer meetellen in het proces van twee werkende kolken waar geschut wordt. De sluismeester is dan 4 minuten extra bezig in een tijdsbestek van 20 minuten. In totaal 14 minuten van de 20 minuten dus ofwel een bezettingsgraad van 70%. Dit heeft ongetwijfeld wel keteneffecten waardoor de schutcyclus en wachttijden langer worden.

Maar... in de praktijk zullen bij een voortdurend aanbod ongetwijfeld 2 sluismeesters aanwezig zijn en halveren bovenstaande percentages. Op rustige tijden bij weinig aanbod zal (hoewel er 2 kolken beschikbaar zijn) er steeds maar een in bedrijf zijn en hebben we in feite de 1-kolksituatie van scenario 1 terug.

Scenario 3 (2 sluismeesters, 2 kolken)

Zie boven: bij twee sluismeesters met een evenredige werklustverdeling komt op drukke tijden en voortdurende brugopening de bezettingsgraad op 35%, anders lager.

Conclusie 3

De arbeidsmiddelenrichtlijn volgens uitgangspunt 1 zal voor de Houtribcentrale bij de huidige inzetplanning weinig tot geen gevolg hebben

Deze conclusie is getrokken op basis van de gehanteerde personeelsbezetting (twee personen wanneer de toestroom stijgt), de relatief geringe duur van de technische handelingen en bestudering van de toestroom versus de schutcapaciteit. De bezettingsgraden die hieruit voortvloeien zijn te laag om grote verstoringen t.o.v. de huidige situatie te veroorzaken. Deze conclusie kan zonder een detailsimulatie getrokken worden.

Kanttekening: deze conclusie kan niet direct doorgetrokken worden naar andere situaties waarbij de technische handelingen meer tijd vragen ten opzichte van de schuttijd.

3 Modelbeschrijving

Een model is een afbeelding van de werkelijkheid. Doel van een model is zinnige uitspraken over die werkelijkheid te doen. De Dienst IJsselmeer-gebied van RWS wil een algemeen model waarmee de relatie tussen intensiteiten, procestijd en gemiddelde wachttijd voor schepen inzichtelijk wordt gemaakt. Hiervoor zijn twee modellen gebouwd, het *brugmodel* en het *sluizenmodel*, die beiden hieronder toegelicht worden.

3.1 Het brugmodel⁷

Het brugmodel representeert de situatie met een vaarweg met daaroverheen een brug met autoverkeer. Van tijd tot tijd moet deze brug open om scheepvaartverkeer uit twee richtingen te laten passeren. Te vaak openen veroorzaakt veel wachttijd voor het autoverkeer, te weinig openen veroorzaakt wachttijden voor de schepen. Het model registreert de wachttijden van zowel het autoverkeer als het scheepvaartverkeer.

Voor het openen van de brug kan in het model gekozen worden of de scheepvaart of het autoverkeer leidend is: in het eerste geval kiezen we voor welk percentage van de schepen de brug open moet, in het tweede geval om de hoeveel tijd de brug open kan.

Daarnaast is instelbaar of de schepen elkaar kunnen passeren bij doorvaart (brede passage) of dat schepen uit de ene vaarrichting moeten afwachten dat alle schepen uit de andere vaarrichting gepasseerd zijn.

Samen betekenen deze keuzes dat onder het algemene brugmodel al vier realistische generieke situaties na te bootsen zijn!

Verder zijn de volgende algemene keuzes zijn gemaakt:

- Ter wille van de duidelijkheid is de waterweg in Noord-Zuid richting gelegd (lees: benoemd) en de brug in Oost-West richting. We spreken dan ook van wachttijden voor schepen in Noord-Zuid of Zuid-Noord richting, en voor autoverkeer in Oost-West of West-Oost richting.
- De wachttijden van de schepen en de auto's worden in minuten op het modelscherm bijgehouden



Figuur 3.1 Modelvoorbeeld van gemeten wachttijden

⁷ Alle modellen zijn gebouwd in de simulatiesoftware Flexsim (www.flexsim.com). Talumis in Utrecht is leverancier van deze software in Nederland (www.talumis.com)

- In de visualisatie zijn beroepsvaart, pleziervaart en auto's herkenbaar weergegeven, evenals de omgevingscomponenten zoals brug, weg en waterweg, conform de ontwerpeis. Een instelbare parameter geeft het percentage beroepsvaart (en daarmee pleziervaart): op basis hiervan worden visuele iconen van de pleziervaart of de beroepsvaart gegenereerd.
- Er is een overzichtelijk parameterscherm waarin gemiddelde aankomsttijden en gemiddelde procestijden worden opgegeven. Naast constante intensiteiten over de dag kunnen er ook intensiteiten op uurbasis ingesteld worden. Hiermee kunnen bijvoorbeeld bij Rijkswaterstaat bekende dagpatronen (met variabele uurintensiteiten) doorgerekend worden. Deze intensiteiten kunnen ook met copy & paste vanuit Excel ingevoerd worden.

	Auto W-O	Auto O-W	Schip N-Z	Schip Z-N
00.00-1.00	60.000	60.000	1.000	1.000
1.00-2.00	60.000	60.000	1.000	1.000
2.00-3.00	60.000	60.000	1.500	1.500
3.00-4.00	60.000	60.000	2.000	2.000
4.00-5.00	60.000	60.000	2.000	2.000
5.00-6.00	60.000	60.000	2.000	2.000
6.00-7.00	60.000	60.000	2.000	2.000
7.00-8.00	120.000	120.000	2.000	2.000
8.00-9.00	120.000	120.000	2.000	2.000
9.00-10.00	120.000	120.000	3.000	3.000
10.00-11.00	120.000	120.000	3.000	3.000
11.00-12.00	120.000	120.000	3.000	3.000
12.00-13.00	120.000	120.000	4.000	4.000
13.00-14.00	120.000	120.000	4.000	4.000
14.00-15.00	120.000	120.000	4.000	4.000
15.00-16.00	120.000	120.000	3.000	3.000
16.00-17.00	120.000	120.000	3.000	3.000
17.00-18.00	120.000	120.000	3.000	3.000
18.00-19.00	120.000	120.000	2.000	2.000
19.00-20.00	60.000	60.000	2.000	2.000
20.00-21.00	60.000	60.000	2.000	2.000
21.00-22.00	60.000	60.000	2.000	2.000
22.00-23.00	60.000	60.000	2.000	2.000
23.00-24.00	60.000	60.000	1.000	1.000

Figuur 3.2. Gemiddelde intensiteiten op uurbasis

De logica bij dit model is als volgt:

Scheepvaart leidend

Met een percentage is in te stellen om de hoeveel schepen de brug open gaat (25% betekent dat gemiddeld 1 op de 4 schepen om een brugopening vraagt, 100% betekent dat voor iedere schip de brug open moet). Wanneer een schip aankomt zijn er twee mogelijkheden: de brug moet open of de brug moet niet open. Wanneer de brug niet open moet, gebeurt dit uiteraard niet maar wordt een passagetijd geloot, in het model (onder)doorvaartijd genoemd. Wanneer de brug wel open moet, begint het proces van vrijmaken van de wegvakken voor het autoverkeer en ophalen van de brug. Gedurende deze tijd wacht het schip, om na het ophalen onderdoor te varen: dit is weer een gelote passagetijd. Sluiten meerdere schepen zich aan in de rij achter het voorste schip, dan varen ze gezamenlijk achter dit schip onder de geopende brug door. In het model is een gemiddelde passeertijd in te stellen met daarnaast een extra tijd voor ieder volgend schip in de rij. Dit representeert het varen van een colonne van schepen. Na het passeren van de schepen, wordt de brug gesloten en komt het autoverkeer weer op gang.

Schepen kunnen uit twee richtingen komen. In dit model zijn twee passerende stromen gemaakt. In de praktijk kan het ook voorkomen dat de doorgang zo smal is dat tegengestelde stromen op elkaar moeten wachten. Dit is in het model instelbaar: wanneer aangevinkt wordt eerst de ene vaarrichting afgewerkt, daarna de andere.

Autoverkeer leidend

Dit proces werkt in grote lijnen hetzelfde als hierboven, maar nu wordt op gezette tijden –mits er aanbod van schepen is- de brug geopend. Dit betekent dat aankomende schepen moeten wachten tot het volgende openingstijdstip aangebroken is. Ook hier kan de variant van een brede doorgang (schepen in beide vaarrichtingen kunnen elkaar passeren) en een smalle doorgang bekeken worden.

3.2 *Het sluizenmodel*

Hoewel dit model in eerste instantie vanwege de visualisatie sterk op het brugmodel lijkt, is dit model achter de schermen veel complexer. De algemene keuzes voor het brugmodel gelden ook voor dit model, maar daarnaast is het schutproces de basis voor ingevoerde tijden, brugopeningen en resulterende wachttijden. De gebruiker maakt keuzes over tijdsduren van invaren, nivelleren en uitvaren. Er zijn maximaal 3 sluiskolken mogelijk; de sluiskolken zijn aan of uit te zetten, zodat ook de situatie met 1 of 2 sluiskolken nagebootst kan worden. Daarnaast is het mogelijk om aan te vinken of het in de praktijk gangbare *leegom sluisen* toegepast wordt.

Het is een algemeen toepasbaar model voor een situatie met maximaal drie sluiskolken, hoewel de Houtribcentrale met 2 sluiskolken model heeft gestaan. Dit betekent dat bijvoorbeeld de gevolgen van de huidige werkwijze in de Houtribcentrale bij opgegeven intensiteiten in termen van wachttijden zichtbaar gemaakt kan worden. Naast doorrekenen van historische maanddata kan ook het effect van toenemende scheepvaart of drukke weekenden op wachttijden getoond worden.⁸

Dit algemene model is niet geschikt om consequenties van de arbeidsmiddelenrichtlijn zichtbaar te maken. Dit vraagt om een simulatiestudie in detail die buiten de huidige scope van het onderzoek valt. Een globaal analytisch antwoord van de gevolgen van die richtlijn is wel gegeven in het eerste deel van deze studie; wanneer dit niet volstaat wordt een vervolgstudie aangeraden.

De logica bij sluizenmodel is als volgt:

Schepen melden zich uit beide vaarrichtingen voor de sluis. Wanneer een kolk vrij is en er wachten een of meerdere schepen wordt eerst het aantal schepen geloot dat in de schutcyclus mee kan. Dit varieert tussen 1 en een door de gebruiker in te stellen maximum en representeert dat schepen en sluiskolken in grootte verschillen en dat er een maximum is dat in de kolk past. Is de wachtrij kleiner dan het aantal wat mee mag, dan begint voor deze schepen de gelote invaarduur, terwijl de overige schepen blijven wachten. Na het invaren sluiten de sluisdeuren zich. Dit is in het model visueel zichtbaar gemaakt. De gelote nivelleringsduur start nu. Na het nivelleren openen de sluisdeuren in de uitvaarrichting, het gelote uitvaarproces start nu. Wanneer alle schepen uitgevaren zijn, kan het proces in tegengestelde richting beginnen met invaren.

⁸ De simulatie van de Houtribcentrale gebeurt in de volgende paragraaf

Er is gekozen om het aantal brugopeningen te koppelen te koppelen aan het aantal schutcycli en niet aan de individuele schepen. Ook hier is met een percentage in te stellen om de hoeveel schutcycli de brug open gaat (25% betekent dat gemiddeld 1 op de 4 schutcycli om een brugopening vraagt, 100% betekent dat in iedere schutcyclus de brug open moet).

Wanneer de brug open moet, begint het proces van vrijmaken van de wegvakken voor het autoverkeer en ophalen van de brug. Deze tijd is door de modelgebruiker in te stellen evenals een gelote procesduur van openstaan en sluiten.

Wanneer de Leegom Sluizen aangevinkt wordt, zal na het uitvaren uit een specifieke sluiscolk gekeken worden of de andere sluiscolken in dezelfde richting open staan of in dezelfde richting zullen openen. Is dit het geval, dan begint volgt het proces van leegom sluizen: een schutcyclus zonder schepen, bedoeld om te zorgen dat in beide richtingen scheepvaartverkeer direct geholpen kan worden. Op deze wijze anticiperen sluismeesters op aanbod van schepen.

3.3 *Simulatie van de Houtribcentrale*

Met het sluizenmodel is de Houtribcentrale nagebootst door twee sluiscolken aan te zetten zowel met de gangbare praktijk van het leegom sluizen als zonder leegom sluizen.

Als input is een gemiddelde maanddag in september 2009 gekozen⁹. De duur van een run is een dag. Deze simulatie is 30 maal (met dezelfde parameters herhaald), waarbij de gemiddelde wachttijd van de schepen is gemeten.

De gemiddelde wachttijd bleek met leegom sluizen ongeveer 1, 75 minuten te zijn. Echter, zonder leegom sluizen wordt deze gemiddelde wachttijd verdrievoudigd!

Conclusie 4

De gangbare praktijk van anticiperen van sluiswachters door leegom sluizen is bijzonder waardevol voor het beperken van wachttijden

Daarnaast is getest wat een verdubbeling van de scheepvaart (met leegomsluizen) teweeg zou brengen. Dit bleek een extra wachttijd van zo'n 20% te geven. Dit valt te verklaren door het veel efficiënter gebruik van de sluizen: per schutproces gaan er gewoon meer schepen mee.

N.B. in deze variant was het maximum aantal schepen dat in een kolk past op 7 gezet, niet extreem veel op zomerse dagen met pleziervaart.

Conclusie 5

Verhoging van de intensiteit van scheepvaartverkeer kan qua wachttijd lang opgevangen worden doordat de sluiscolken efficiënter gebruikt worden

Aanbeveling 1

Verzamel tijdens de zomerperiode precieze data op topdagen, deze kunnen dan in het model bekeken worden op hun resulterende wachttijden

⁹ In een later stadium kan RWS ook specifieke dagen nabootsen. Deze data was bij afronding van het rapport nog niet beschikbaar.

3.4 Verdere toepasbaarheid van de modellen binnen RWS

Het brugmodel is algemeen genoeg om vrijwel alle situaties met een waterweg waarover een brug gebouwd is die af en toe opengaat te kunnen nabootsen. Dit kan variëren van een bruggetje over de Vecht tot opengaande bruggen over grote rivieren. Meerdere besturingsmechanismen kunnen getest worden, terwijl ook rekening gehouden kan worden met het al dan niet gelijktijdig kunnen passeren van schepen.

Voor het sluizenmodel geldt hetzelfde voor situaties van één tot drie sluiskolken. Een voorbeeld met drie sluiskolken is het sluizencomplex bij Maasbracht in het Julianakanaal. Een voorbeeld met één sluiskolk is op dit moment de Houtribcentrale zelf waarbij onderhoud aan een van de kolken gepleegd wordt. Ook situaties met sluizen zonder brug kunnen makkelijk nagebootst worden door het percentage schuttingen waarvoor de brug open moet op nul te stellen.

Data is in beide modellen flexibel in te voeren. Zowel een vaste aankomstparameter als een over de dag variabele toestroom is in te bouwen. Hiermee kunnen zowel historische data geanalyseerd als de consequenties van huidige data bekeken worden.

Maar de belangrijkste toepassing van simulatie is altijd het kijken naar de toekomst geweest:

1. Wat gebeurt er met de gemiddelde wachttijden als een van de sluiskolken lange tijd buiten gebruik is?
2. Stel dat het scheepvaartverkeer in de toekomst x % hoger komt te liggen. Wat gebeurt er dan met de gemiddelde wachttijden van schepen en/of autoverkeer?
3. Welke consequenties hebben andere werkwijzen van sluismeesters?

Kortom, uitgebreide analyses zijn mogelijk. Dit is zeker vanuit managementperspectief¹⁰ aantrekkelijk en hoeft bovendien –nu de modellen beschikbaar zijn- niet tot RWS IJsselmeergebied beperkt te blijven. Hele specifieke vragen, zoals het in detail met simulatie nabootsen van de arbeidsmiddelenrichtlijn, zullen altijd maatwerk blijven. Maar zelfs voor dit soort vragen bieden de basismodellen al een goed vertrekpunt.

Tot slot: modellen krijgen pas waarde als organisaties ze gaan gebruiken als discussiemiddel voor beleid. Bovendien leidt kennisverspreiding er toe dat niet ieder organisatiedeel zelf het wiel tracht uit te vinden. Dit leidt tot de tweede en laatste aanbeveling.

Aanbeveling 2

Onderzoek binnen RWS hoe deze kennis elders gebruikt en gedeeld kan worden.

EINDE

¹⁰ Zie artikel: **De waarde van simulatie voor managers**. Expertartikel te vinden op www.logistiek.nl

4. Bijlage 1 Het schutproces bij de Houtribcentrale

N.B. Onderstaande beschrijvingen dienen niet voor statische analyse, maar puur voor begripsvorming over processen en variatie in werkwijzen! Verder is het een voorzichtige controle op de metingen van VHP, om te zien of dit overeenkomt met eigen waarnemingen.

Schutproces 1

11.26: vier schepen, waaronder een jacht met hoge mast waarvoor de brug open moet, varen de sluis binnen. De voorste, een lang schip beroepsvaart, komt voor de sluisdeuren en deels onder de brug te liggen, de drie anderen –waaronder het plezierjacht komen in het achterste deel van de sluis achter de nog gesloten brug.



Invaren van 4 schepen



Volle sluis, dichtgaan sluisdeuren

Om 11.39 begint het nivelleren van het waterpeil. Dit proces eindigt om 11:43 met het uitvaren van het voorste schip. De brug is dan nog gesloten.



Sluisdeuren gesloten, nivelleren



Uitvaren voorste schip

11.44: de brug gaat open, auto's vormen een wachtrij aan beide zijden van de brug. Het plezierjacht vaart onder de geopende brug door; zo gauw dit jacht voorbij is, gaat de brug naar beneden. Ondertussen varen de andere schepen onder de brug door.

De sluismeester kijkt bij het openen van de brug ook of er in het autoverkeer een gat valt, anders laat hij nog een aantal auto's passeren. Dit vermindert wachttijden van auto's.



Wachtrij vanuit Lelystad voor de brug



Wachtrij met geopende brug (zijde Enkhuizen)



Hervatting autoverkeer



Uitvaren laatste schip

11:48: de brug is weer geopend, auto's rijden weer. De schepen zijn ook uit de sluis en volgend schip maakt aanstalten binnen te varen. Einde van de eerste cyclus.

De duur van deze schutcyclus was 22 minuten voor 4 schepen. De duur van het brugproces was 4 minuten, de lengte van de wachtrij bedroeg opgeteld 10 auto's met een gemiddelde wachttijd van ongeveer 2 minuten.

Schutproces 2

11:48: Invaren vanuit zuidelijke richting, 1 schip beroepsvaart

11:54: sluisdeuren sluiten zich, start nivelleren

11:58: Einde nivelleren, start uitvaren

12:01: schip uitgevaren, eind cyclus

De duur van deze schutcyclus was 13 minuten voor 1 schip. Er was geen brugproces.

Schutproces 3

12:01: Invaren vanuit noordelijke richting, 1 schip beroepsvaart.

12:14: schip uitgevaren, einde cyclus

De duur van deze schutcyclus was 13 minuten voor 1 schip. Er was geen brugproces.

Schutproces 4

12:14: Invaren van 3 schepen vanuit zuidelijke richting

Brug moest open om schip voorbij te kunnen laten varen, daarna nivelleren

12:23: deuren sluiten

12:33: drie schepen uitgevaren



Brug opnieuw omhoog (Z-N)



Schip ligt voorbij brug

De duur van deze schutcyclus was 19 minuten voor 3 schepen. Brug is open geweest.

Samengevat;

In totaal zijn 4 cycli waargenomen. De totale duur was 67 minuten, dus bijna 17 minuten per cyclus. Waarschijnlijk vormt 13 minuten een realistisch ondergrens, terwijl langere schuttijden doordat er meer dan vier schepen arriveren of dat er in de uitvoering iets mis gaat mogelijk zijn. Een capaciteitsgemiddelde van drie schuttingen per uur bij de huidige werkwijze lijkt realistisch.

Bijlage 2 Toelichting parameterscherm Brugmodel

	Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col 5
Row 1	Proces beschrijving	Toelichting	Ondergrens [min]	Bovengrens[min]	
Row 2					
Row 3					
Row 4					
Row 5					
Row 6					
Row 7		Percentage beroepsvaart	50.000	%	
Row 8					
Row 9					
Row 10					
Row 11					
Row 12					
Row 13					
Row 14					
Row 15	Wegvak vrij maken en openen brug	Constant (in min)	2.750		
Row 16					
Row 17	Doorvaartijd schip	mins	1.000	2.000	Uniform
Row 18	Aantal schepen tot brug open		1.000	1.000	Uniform
Row 19	Schepen beide kanten tegelijk	0= ja, 1=nee	1.000		
Row 20	Extra doorvaartijd per schip	mins	0.500		
Row 21	Brug op tijdsbasis open	0= ja, 1=nee	1.000		
Row 22	Interval Brug open	mins	15.000		

Figuur B2.1. Tabel Data voor invoer parameters voor het brugmodel

Percentage beroepsvaart:

Een percentage waarmee aangegeven wordt hoeveel schepen een icoon van de beroepsvaart krijgen en hoeveel een icoon van de pleziervaart. Deze instelling dient alleen de visualisatie, maar heeft geen invloed op de werking van het model.

Wegvak vrijmaken en openen brug:

Een constant gekozen tijd (in minuten) voor de technische processen rondom de brug die het wachten van de auto's beïnvloeden zoals het vrijmaken van een wegvak, openen en sluiten van de brug.

Doorvaartijd schip:

De passagetijd (in minuten) van een schip om onder de brug door te varen volgens een uniforme verdeling. De uniforme verdeling loot een procestijd tussen de opgegeven beneden- en bovengrens. Visueel wordt in het model een schip (of aantal schepen) dan gedurende deze tijd onder de brug geplaatst, waarna na afloop het schip wegvaart en de brug opent.

Extra doorvaartijd schip:

Een extra tijd voor ieder schip *na de eerste* om onder de brug door te varen. Stel nu dat er 4 schepen liggen te wachten, deze varen als groep onder de brug door: het model loot nu een procesduur voor de eerste, zeg 1,5 minuten, en telt daar 3x een halve minuut voor het tweede tot en met het vierde schip bij op. In het model is dit zichtbaar doordat de groep onder de brug geplaatst wordt en na 3 minuten verder vaart.

Aantal schepen tot brug open:

Hiermee kan aangegeven en geloot worden om de hoeveel schepen de brug open moet.

Als boven- en ondergrens samenvallen dan ligt dit aantal vast:

- bovengrens- en ondergrens is 1 betekent dat voor ieder schip de brug open moet
- boven- en ondergrens 4 betekent dat voor ieder vierde schip de brug open moet
- ondergrens 1 en bovengrens 7 betekent dat gemiddeld om de 4 schepen de brug open moet, maar dat geloot wordt uit het bereik van 1 tot en met 7.

Schepen beide kanten tegelijk:

Ja/nee schakelaar voor het toestaan van passerende stromen ($ja = 0$, $nee = 1$). Bij *ja* is de tijdsduur voor beide richtingen zoals bij Doorvaartijd en Extra Doorvaartijd beschreven. Bij *nee* wikkelen de processen zich eerst in de ene vaarrichting af, daarna in de andere vaarrichting.

Brug op tijdsbasis open:

Ja/nee schakelaar voor openen van de brug op vaste tussentijden. Bij *ja* gaat de brug op vastgestelde tijdstippen open, mits er schepen liggen te wachten. Bij *nee* zijn de aankomstprocessen van schepen leidend en of het een schip is waarvoor de brug open moet.

Interval brug open:

Deze tijd geeft aan om de hoeveel tijd de brug open gaat (mits er aanbod van schepen is). Deze instelling werkt alleen wanneer er voor gekozen is om de brug op tijdsbasis te openen.

Bijlage 3 Toelichting parameterscherm Sluizenmodel

	Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col 5	Col 6
Row 1	Proces beschrijving	Toelichting	Ondergrens [mins]	Bovengrens[mins]		
Row 2						
Row 3						
Row 4						
Row 5						
Row 6						
Row 7		Percentage beroepsvaart	50.000	%		
Row 8						
Row 9						
Row 10						
Row 11						
Row 12						
Row 13						
Row 14						
Row 15	Wegvak vrij maken en openen brug	Constant	2.750	Mins		Uniform
Row 16						
Row 17	Doorvaartijd schip	mins	1.000		2.000	Uniform
Row 18	Aantal schepen tot brug open		1.000		1.000	Uniform
Row 19	Schepen beide kanten tegelijk	0= ja, 1=nee	1.000			
Row 20	Extra doorvaartijd per schip	mins	0.500			
Row 21	Brug op tijdsbasis open	0= ja, 1=nee	1.000			
Row 22	Interval Brug open	mins	15.000			

Figuur B3.1. Tabel Data voor invoer parameters voor het Sluizenmodel

Invaren/nivelleren/uitvaren:

De procestijden (in minuten) van ieder van deze drie processen volgens een uniforme verdeling. De uniforme verdeling loot een procestijd tussen de opgegeven beneden- en bovengrenzen. Deze drie processen worden op volgorde afgewikkeld.

Invaren is in het model zichtbaar doordat de sluisdeur van de invaarrichting geopend is. Het nivelleren (schutten) is daarna zichtbaar door twee gesloten sluisdeuren en (indien geen leegom sluizen) schepen in de sluis. Uitvaren is zichtbaar door de geopende sluisdeur in de uitvaarrichtung. Indien de procesduur van het uitvaren beëindigd is, vertrekken de schepen uit de sluis (en volgt meestal direct het invaren van tegenovergestelde richting).

Max aantal schepen:

De maximale hoeveelheid schepen die bij een schutting in de sluis passen. Dit hangt af van de (onbekende) grootte van schepen en is daarom niet per definitie constant gekozen, maar met een te kiezen geheeltallige onder- en bovengrens waaruit het model *per schuttingscyclus* loot. Staan er meer schepen in de wachtrij dan er in passen, dan moeten de resterende schepen op een nieuwe schutcyclus wachten.

Percentage beroepsvaart:

Een percentage waarmee aangegeven wordt hoeveel schepen een icoon van de beroepsvaart krijgen en hoeveel een icoon van de pleziervaart. Deze instelling dient alleen de visualisatie, maar heeft geen invloed op de werking van het model.

Wegvak vrijmaken en openen brug:

Een constant gekozen tijd (in minuten) voor de technische processen rondom de brug die het wachten van de auto's beïnvloeden zoals het vrijmaken van een wegvak, openen en sluiten van de brug.

Kans op brugopening op basis van aantal schuttingen:

Hiermee kan aangegeven en geloot worden om de hoeveel schuttingen (dus niet schepen!) de brug open moet. 25% betekent dat gemiddeld bij een kwart van de schuttingen de brug open moet, 100% betekent bij iedere cyclus de brug open gaat. Het percentage geldt over het totaal aantal schuttingen.

Openingstijd brug:

De gemiddelde tijd (in minuten) waarop de brug in de hoogste stand open staat volgens een uniforme verdeling. De uniforme verdeling loot een procestijd tussen de opgegeven beneden- en bovengrenzen. Deze tijd geeft het onderdoor varen van alle te hoge schepen weer, los van de technische duur van het openen en sluiten van de brug.

Aantal Sluizen:

Een te kiezen getal tussen 1 en 3 voor het aantal sluiscolken. In het model zijn de uitschakelde kolken direct te herkennen door de gele blokkade.

Leeg Schutten:

Ja/nee schakelaar voor het toestaan van leegom schutten. Bij *ja* kijkt het model voor iedere sluiscolk na het uitvaren of er aanbod is. Indien dit er niet is, wordt vervolgens gekeken of alle andere sluiscolken in dezelfde richting open staan, dan wel met een schutproces bezig zijn die dezelfde richting tot gevolg heeft. Is dit het geval, dan vindt er een schutproces leegom, d.w.z. zonder schepen, plaats.

Dit representeert de gangbare praktijk waarin de sluismeester bij meerdere sluiscolken klaar willen staan voor beide richtingen en anticiperen op toekomstig aanbod.

Tijd leeg schutten:

De tijd is het leegom schutten duurt volgens een uniforme verdeling.