

Slimmer Waterbeheer met Real-Time Control

Handleiding PI practicum

R. R. P. van Nooijen.

16-17 mei 2018

1 Introductie

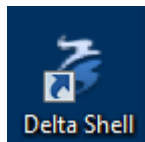
Om in deze cursus het aantal gebruikte computerprogramma's te beperken behandelen we de PI regelaar via de RTC module van Sobek. Sobek is een product van Deltares. Zie voor terminologie [1].

1.1 Introductie Sobek

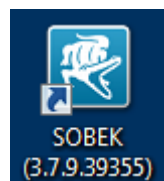
Het programma kan worden gestart via een van de iconen getoond in Figuur 1. Na het starten van het programma ziet u het hoofdvenster (Figuur 1c). Klik nu op het woord „File” (Getoond als witte tekst op blauwe achtergrond linksboven in 2a) en vervolgens op het woord „Open” in de inmiddels verscheen blauwe band links (Figuur 2b). Vervolgens verschijnt een standaard windos „File open” dialoog.

2 Oefeningen

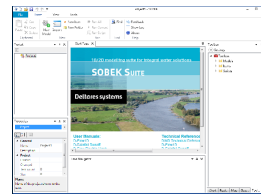
In de oefeningen beschouwen we het volgende systeem. Een vijver (singel, peilvak) met een open water oppervlak a van 1000m^2 ontvangt een onbekende variabele instroom. Het streefpeil h_{streef} is in de vijver $-0,75\text{m}$. Een stuw met beweegbare kruin, normaal ingesteld op $-0,78\text{m}$, doorstroombreedte 2m en $c_{\text{stuw}} = 1,0\text{m}^{\frac{1}{2}}/\text{s}$ is aanwezig om het overtollige water af te voeren naar een sloot, die gemodelleerd is als een kort kanaal met benedenstroomse peilrandvoorwaarde van -1m t.o.v. NAP. De sloot heeft een bodem breedte van 0.2m en een talud van $1:1,5$.



(a) Delta Shell

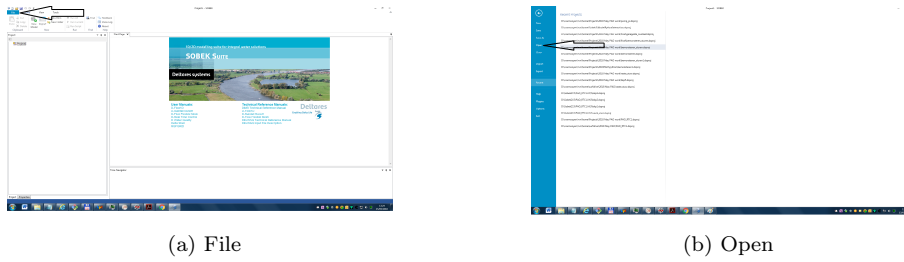


(b) Sobek 3



(c) Hoofdvenster Sobek

Figuur 1: Sobek en de Delta Shell



Figuur 2: Sobek menus

2.1 De gevolgen van signaal bemonstering

Aan de beschreven vijver leggen we een periodiek variërende instroom op. Deze wordt bemonsterd met tijdstap $\Delta t = 900\text{s}$. Om de instroom te beschrijven gebruiken we een hulpfunctie,

$$\tilde{q}_{\text{in}}(\tilde{t}) = (0.01 + 2\pi \times \cos(2\pi\tilde{t})) \quad (1)$$

Via de omreken factoren $t_{\text{schaal}} = (500/997) \times 900\text{s}$ en $q_{\text{schaal}} = 1\text{m}^3\text{s}^{-1}$ krijgen we het inkomend debiet

$$q_{\text{in}}(t) = \tilde{q}_{\text{in}}\left(\frac{t}{t_{\text{schaal}}}\right) \times q_{\text{schaal}} \quad (2)$$

Het peil volgt uit

$$\tilde{h}(\tilde{t}) = \int_{s=0}^{\tilde{t}} \tilde{q}_{\text{in}}(s) ds = 0.01\tilde{t} + \sin(2\pi\tilde{t}) \quad (3)$$

en

$$h(t) = h_0 + \tilde{h}\left(\frac{t}{t_{\text{schaal}}}\right) \times \frac{q_{\text{schaal}} \times t_{\text{schaal}}}{1000\text{m}^2}$$

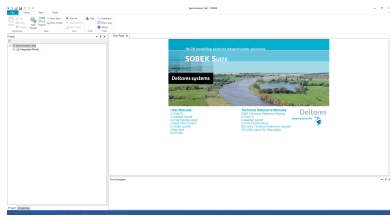
waarbij h_0 het initieel peil in de vijver is.

2.1.1 Deel 1 (Gezamenlijk)

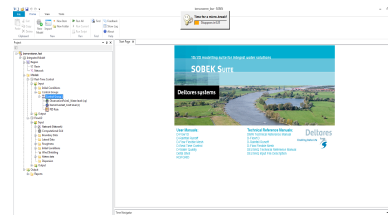
Via de dialoogbox verkregen via „File -> Open” gaan we naar het bestand „bemonsteren_fast.dsproj” en openen dit. We zien nu 3a. Door op de plus voor „Integated model” te klikken krijgt men meer te zien (Figuur 3b).

Onder „Region” bevindt zich „Network”, dubbelklikken geeft toegang to the schematisatie, zie figuur 4a. Door nu op de met de oranje pijl aangeduide knop „Run all” te klikken kunnen we resultaten genereren.

Na het draaien kunnen we naar een langsprofiel kijken via de tab map (linkerpijl in Figuur 4b) en „Show side view” (rechterpijl in Figuur 4b). Ook kunnen grafieken van waardes op rekenpunten of bij kunstwerken worden bekeken. Raadpleeg hiervoor en voor andere opties alstublieft de handleiding van de 1D flow module, die toegankelijk is vanaf de „Start page” tab. Selecteer de overlaat, getoond als driehoekje (zie ook zwarte pijl rechts in Fig. 4a), in het

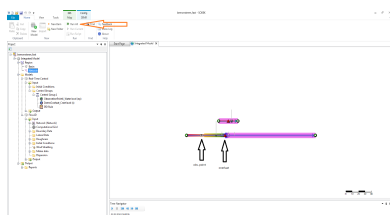


(a) Project geopend

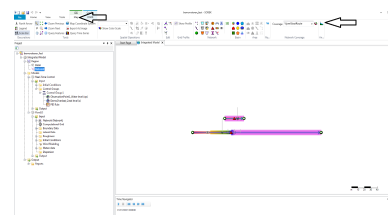


(b) Project gedeeltelijk open gevouwen

Figuur 3: In een project



(a) Schematisatie



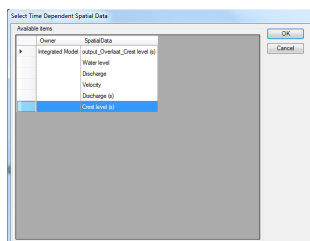
(b) Langsprofiel knoppen

Figuur 4: Schematisatie en run

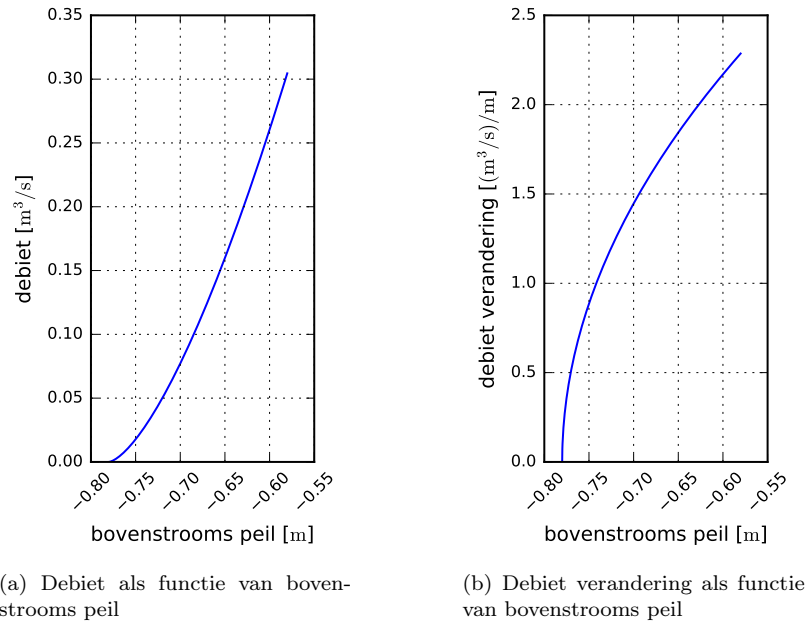
onderste kanaal. Rechtsklikken levert een dialoog box „Query time series” (Figuur 5), selecteer discharge klik OK. Selecteer daarna het „oogje” (observation point, (bij zwarte pijl links in Fig. 4a)), rechtsklikken levert ook hier een dialoog box „Query time series” (Figuur 5), selecteer level en klik OK. rechtsklikken op de grafiek levert een optie om deze op te slaan. Doe dit nu.

2.1.2 Deel 2

Verander de naam van het project. We passen nu de bemonsteringstijd aan. Dit doen we door de „output time step” bij te stellen van 15s naar 900s. We doen dit als volgt. Als links onder naast de tab „Project” ook de tab „Properties” zichtbaar is selecteer dan onder „Flow1D” de map „Output” en klik op de tab „Properties” linksonder. Scroll indien nodig naar beneden en pas de „output time step” voor de gridpoints aan. Draai het model opnieuw, plot de peilen bij het „oogje” en vergelijk de resultaten van deel 1 en deel 2.



Figuur 5: Query time series



Figuur 6: Stuw eigenschappen

2.2 Een vijver met een vaste overlaat

Open het bestand „geregelde_overlaat.dsproj” en draai het model. Na het draaien ziet u de response op een piek in de instroom en de regulerende actie van de (nu nog vaste) stuw. In Figuur 6a is de relatie tussen debiet en voor-waterstand geplot voor deze overlaat.

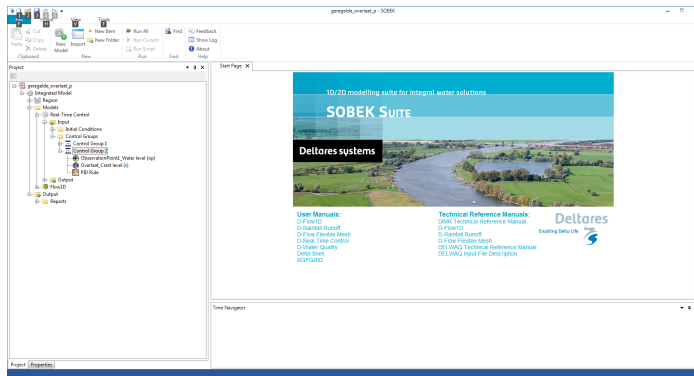
2.3 Een vijver met verstelbare overlaat en discrete proportionele regeling van de uitstroom

Open het bestand „geregelde_overlaat.dsproj” en sla het dan op onder een nieuwe naam. Klik vervolgens op plusjes om de project inhoud te open te vouwen zoals getoond in figuur 7a. Dubbelklikken op „Control group 2” levert een extra tab rechts, die een diagram toont. selecteren van de „PID rule” en links onderin het window „Properties” selecteren geeft toegang to the parameters van de PID controller, zie Figuur 7b.

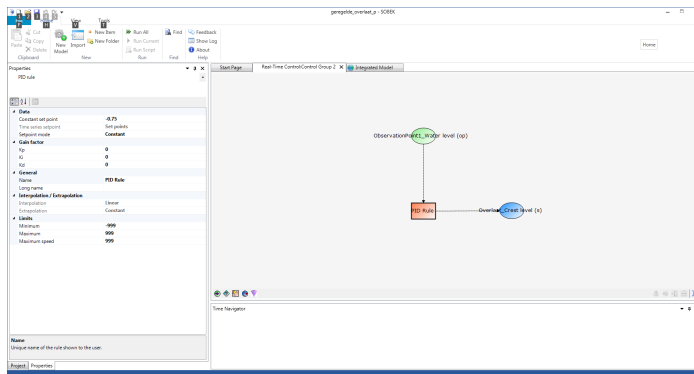
2.3.1 Vraag

Draai voor de volgende waarden van $K_p (= k_p)$ het systeem, bekijk de resultaten en sla ze op.

1. Wat gebeurt er als we voor k_p 1 invullen?
2. Wat gebeurt er als we voor k_p 100 invullen?
3. Wat gebeurt er als we voor k_p 1000 invullen?



(a) Control group



(b) PID regeling

Figuur 7: regelen

2.3.2 Vraag

Pas de output tijdstap voor gridpoints en structures aan naar 900s en pas de model tijdstap aan naar 900s.

Draai voor de volgende waarden van K_p ($= k_p$) het systeem, bekijk de resultaten en sla ze op.

1. Wat gebeurt er als we voor k_p 0.5 invullen?
2. Wat gebeurt er als we voor k_p 1 invullen?
3. Wat gebeurt er als we voor k_p 2 invullen?

Als de overlaat lineair was dan zou voor stabiliteit moeten gelden dat

$$0 < k_p < 2 \frac{a}{\Delta t} \quad (4)$$

In werkelijkheid is de overlaat niet lineair, als we kijken rond het streefpeil van NAP -0.75m en een overlaathoogte van NAP -0.78m dan vinden we

$$q(-0.75) = 0.017 \text{m}^3/\text{s}$$

$$q(-0.76) = 0.01 \text{m}^3/\text{s}$$

en als we lineariseren

$$\begin{aligned} q(\Delta h - 0.75) &\simeq 0.017 + \frac{3}{2} \frac{0.017}{0.03} \Delta h \\ &\simeq 0.017 + 0.85 \Delta h \end{aligned}$$

en ons oppervlak is ongeveer $50 \times 20 + 5 \times 5 + 5 \times (20 + 5) / 2 = 1087.5$ dus vergelijking

$$0 < k_p < 2 \frac{a}{\Delta t} \quad (5)$$

suggereert dat we problemen mogen verwachten voor $k_p > 1.4$. Als we lineariseren rond een uitstroom van $0.25 \text{m}^3/\text{s}$, dat wil zeggen een hoogte boven de kruin van 0.175m, maar hetzelfde streefpeil krijgen we

$$\begin{aligned} q(\Delta h - 0.75) &\simeq 0.25 + \frac{3}{2} \frac{0.25}{0.18} \Delta h \\ &\simeq 0.017 + 2.14 \Delta h \end{aligned}$$

en dat suggereert dat we problemen zouden kunnen verwachten voor $k_p > 0.56$.

2.4 Een vijver met verstelbare overlaat en discrete PI regeling van de uitstroom

Open het bestand „geregelde_overlaat.dsproj” en sla het dan op onder een nieuwe naam. Als de overlaat linear was dan zou voor stabiliteit moeten gelden dat vergelijking 5 en

$$0 \leq k_1 \Delta t < 2 \left(\frac{a}{\Delta t} - k_p \right) \quad (6)$$

moeten gelden. De overlaat is echter niet lineair.

2.4.1 Vraag

Probeer een paar waardes voor de korte regel tijdstap van 15s.

2.4.2 Vraag

Pas de output tijdstap voor gridpoints en structures aan naar 900s en pas de model tijdstap aan naar 900s. Probeer een paar waardes voor deze langer regeltijdstap.

3 Samenvatting

In dit practicum is een inleiding op het regelen van hybride systemen gegeven. In oefening 1 zien de cursisten wat onderbemonstering is. In oefening 2.2 kunnen de cursisten aan de slag met de vaste overlaat als regelkunstwerk. In oefening 2.3 kunnen de cursisten de grens tussen stabiel en onstabiel verkennen voor een discreteproportionele regeling. Oefening 2.4 heeft als doel het waarnemen van de rol van de P en de I term in een discretePI regeling en het verkennen van de grens tussen stabiel en onstabiel verkennen voor een discrete PI regeling.

Referenties

- [1] J. C. Cool, F. J. Schijff, and T. J. Viersma. *Regeltechniek*. Delta Press, Delft, Netherlands, 1991. eight printing, in Dutch.