

Postbus 260
2600 AG DELFT

tel. 015-285 0125
fax. 015-285 0126
vortech@vortech.nl

MEMO EV/M06.078
Datum 14 december 2006
Auteur(s) dr.ir. E.A.H. Vollebregt
Onderwerp Testen van de domein-decompositiemethode van
 “uitgaande informatie”

Documentinformatie

Versie	Auteur	Datum	Opmerkingen	Review
0.9	EV	14-12-2006	Bevindingen Lauwersmeer en test_along.	BvtH
Bestandslokatie:		/v3/E05q_bo_simona/c66693-dd-uitg-info/report		

1 Inleiding

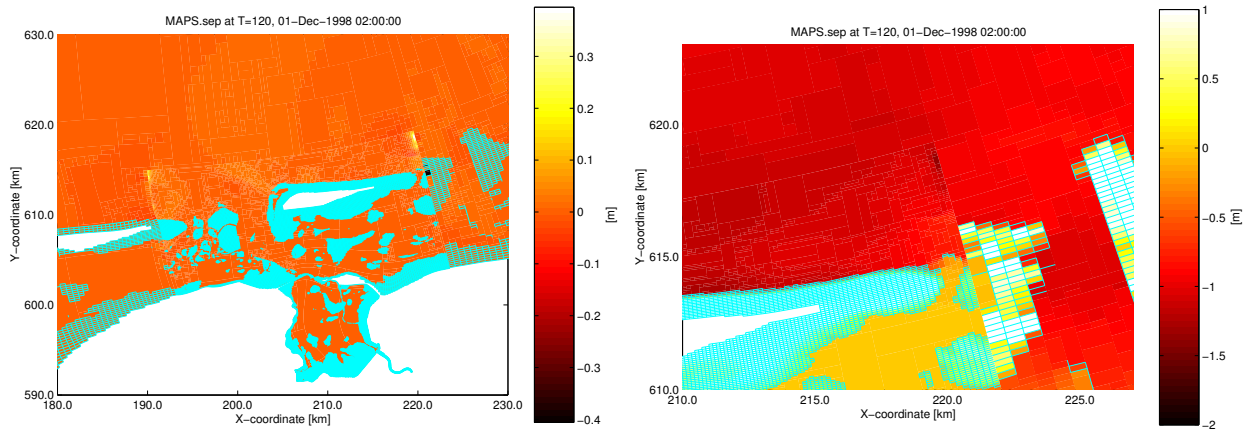
In het kader van contract RKZ-1569 heeft VORtech in samenwerking met Mart Borsboom van WL|Delft Hydraulics een onderzoek gedaan naar mogelijke versnelling van berekeningen op basis van domein decompositie. Enerzijds is hierbij de mogelijkheid geïmplementeerd om in sommige domeinen wel en in andere geen zout of turbulentie te berekenen (proces-variantie). Anderzijds zijn hierbij de mogelijkheden van tijdstapkoppeling verkend. Bij dit laatste onderdeel is een nieuwe methode voor domein decompositie ontwikkeld. De domeinen sturen elkaar koppelingsgrootheden toe die zijn gebaseerd op zogenaamde “uitgaande informatie”. Dit zou een veel snellere convergentie van het iteratieproces moeten opleveren.

In change c66693 van het SIMONA B&O contract wordt de nieuwe domein-decompositiemethode getest. Hiervoor heeft Edwin Spee schematisaties van de Kuststrook en van het Lauwersmeer toegeleverd aan Alkyon, en heeft Alkyon simulaties uitgevoerd. Deze leverden niet de gewenste resultaten op. Daarom heeft VORtech onderzoek verricht naar het functioneren van de nieuwe methode voor dit testgeval. Hierover wordt in dit memo verslag gedaan.

2 Fouten in eerste resultaten

In de eerste resultaten van Alkyon waren zeer grote verschillen te zien tussen een berekening met WAQUA met de nieuwe methode en een referentieberekening: tot een meter waterstandsverschil in de kustzone voor Noordwijk en bij de kop van Terschelling. Deze verschillen konden vrij snel worden gelinkt aan het gebruik van parallel rekenen. In de programmatuur bleek hier niet goed mee te worden omgegaan.

- De nieuwe koppelingsmethode werd ook bij subdomeinranden voor parallel rekenen toegepast;
- op deze randen werden echter niet alle koppelingscoëfficiënten gecommuniceerd.



Figuur 1: *Links: verschil tussen nieuwe methode en referentieberekening na 120 minuten simulatie. Rechts: oplossing van de nieuwe methode op dit tijdstip.*

Het probleem was dat in de nieuwe methode communicatie-stencil 'stcus(dd)' werd gebruikt. Hierin zitten alleen randpunten van DDHOR-interfaces en niet van subdomeinranden van parallel rekenen. Dit is verholpen door in de betreffende communicaties gebruik te gaan maken van 'stcus'.

Een aandachtspunt voor de definitieve implementatie is hoe er wordt omgegaan met parallel rekenen. Hier kan de oude methode worden gehandhaafd (BJ-TWGE), kan altijd de nieuwe methode worden gebruikt, of kan er een combinatie van UI-TWGE worden geconstrueerd.

Na de hierboven beschreven reparatie m.b.t. parallel rekenen waren de grote verschillen in het Kuststrook-model verdwenen. Wel zijn er nog (kleinere) verschillen te zien op de DDHOR-interfaces tussen het Kuststrook- en het Lauwersmeer-model. Deze worden geïllustreerd in Figuur 1. De linker figuur geeft de verschillen tussen de nieuwe methode en de referentie op $t = 120 \text{ min}$. Deze zijn hier maximaal 40 cm , maar worden later in de simulatie nog iets groter. De rechter figuur laat zien dat de verschillen aan de nieuwe methode te wijten zijn. De oplossing vertoont een sprong over de interfaces en is daarmee niet acceptabel.

3 Foutieve communicatie van waterstanden

Vervolgens is verder onderzoek verricht naar het ontstaan van deze verschillen. Als eerste is er ingezoomd op een punt net boven de zandplaat ten oosten van Schiermonnikoog, op de rechter DDHOR-interface van het Kuststrook- en Lauwersmeer model. Hier ontstond binnen een enkele tijdstap een stroomsnelheid van 6 cm/s , terwijl er met een vlakke waterstand wordt gestart.

Dit probleem blijkt te worden veroorzaakt door de communicatie van de waterstand. In de nieuwe methode hanteert ieder domein zijn eigen waarden voor waterstanden in de guard band rond zijn domein, en zou de waterstand niet moeten worden gecommuniceerd. Dit werd echter wel gedaan binnen subroutine `wasmss` (massacorrectiestap). Dit leidt tot een grote waterstand in het guardbandpunt van het Lauwersmeer-model, omdat de waterstand van een punt van de zandbank wordt gebruikt. Dit levert een grote waterstandsgradiënt en daarmee een grote stroomsnelheid op.

Omdat het gebruikte punt op een zandbank ligt, een stuk hoger dan de omliggende punten, en er vier schotjes omheen staan, zou het als droog moeten worden aangemerkt en niet in de interpolatie moeten worden meegenomen. Dat het toch wordt meegenomen blijkt te komen door twee features van het bepalen van de coëfficiëntenset 'khs':

- In WAQUA wordt `waskhs` pas voor de eerste keer aangeroepen aan het einde van de eerste berekening in `wassuc`, terwijl er voor dat moment al waterstanden worden gecommuniceerd. In die eerdere communicaties wordt geen rekening gehouden met droge punten.
- In subroutine `waskhs` wordt een waterstandspunt als droog aangemerkt wanneer de lokale waterdiepte kleiner is dan $0.5 * \text{trshw1}$. In WAQPRE wordt de waterdiepte echter precies gelijk aan deze grenswaarde gemaakt, dus wordt het punt in `waskhs` als nat beschouwd.

In de testversie van WAQUA met nieuwe domein-decompositiemethode zijn deze punten verbeterd door een extra call naar `waskhs` toe te voegen aan het begin van de eerste call van subroutine `wassuc`. Verder wordt in subroutine `waskhs` de grenswaarde $0.50001 * \text{trshw1}$ gebruikt ten behoeve van de initiële waterstanden uit WAQPRE.

Overigens is er bij dit onderzoek ook een kleine complicatie met restarten opgetreden en verholpen. Het Lauwersmeer-model kon niet worden gerestart omdat array `RESTART_TRANS-NFLI` niet voorkwam op de resultaat SDS-file van een eerste som, en werd wel geëist bij het restarten van deze som. Dit komt doordat het model zelf wel openingen heeft, maar het actieve gedeelte niet. Verder wordt er in dit model transport gebruikt. Dit probleem is opgelost door het array `NFLI` altijd aan te maken in WAQPRE, met lengte 1 als er geen openingen zijn. Dat zorgt ervoor dat de collector `COPPOS` het array met de goede lengte op de resultaat SDS-file aanmaakt, ook als het actieve gedeelte van het domein geen openingen bevat.

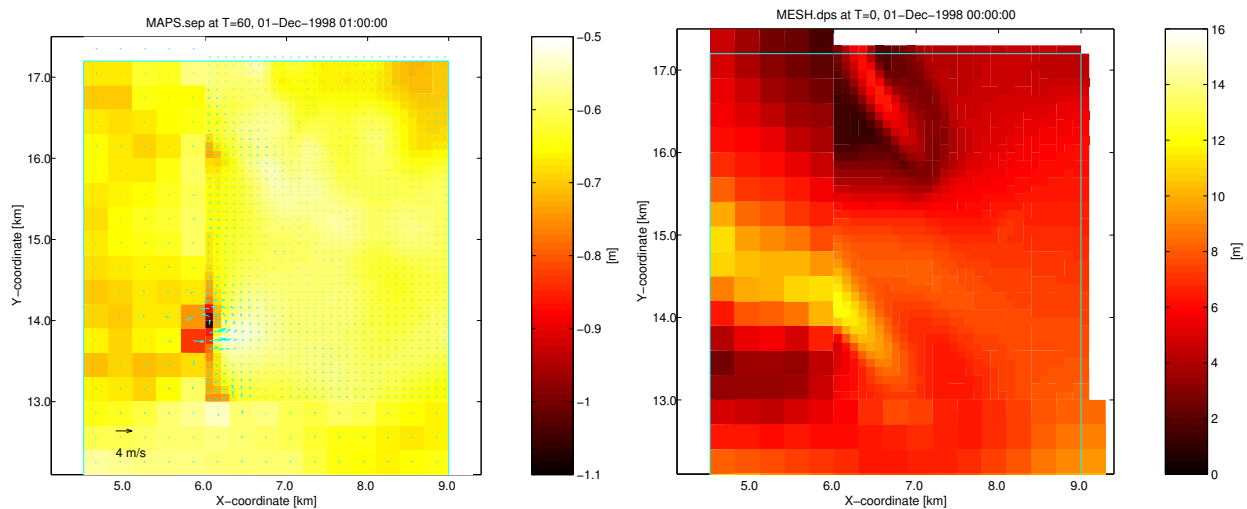
4 Waterstandsgradiënt langs de interface

Het uitschakelen of verbeteren van de foutieve communicatie van waterstanden in subroutine `wasmss` heeft niet veel effect op de resultaten van het gekoppelde Kuststrook-Lauwersmeer-model. Er ontstaan nog steeds grote verschillen op de interfaces zoals geïllustreerd in Figuur 1.

Deze verschillen zijn eerst onderzocht door te bepalen waar en wanneer de verschillen ontstaan. Dit leverde niet direct veel inzicht op. Vervolgens is er een uitsnede gemaakt van een gedeelte van de twee modellen. Dit is gedaan op basis van de observatie dat de stroming in eerste instantie parallel aan roosterlijnen in de η -richting ontstaat. Op de bovenrand van het Kuststrook-model wordt een waterstand van circa $-0.45 m$ opgelegd, en deze trekt water weg uit het model. Door deze eigenschap van de simulatie kunnen er in de uitsnede links en rechts gewoon gesloten randen worden gebruikt.

De uitsnede bleek al snel na het begin van de simulatie hetzelfde problematische gedrag te vertonen als het totale model. Ze is stap voor stap vereenvoudigd:

- De transportberekening is uitgeschakeld;



Figuur 2: Links: resultaten van het testmodel “test_lauw”: gebaseerd op een uitsnede van het Kuststrook-Lauwersmeermodeel (m.n. bodemhoogte), maar met rechthoekig rooster. Rechts: bodemhoogte van testmodel “test_lauw”.

- Het model is rechthoekig gemaakt, met een roosterafstand van 300 m in het Kuststrook-gedeelte en 100 m in het Lauwersmeer;
- De harmonische componenten van de randvoorwaarde (bovenrand) zijn vervangen door tijdseries die verlopen van -0.45 m en -0.48 m naar -0.60 m na 1 uur.

Dit testmodel geeft duidelijk ongewenst gedrag, zie Figuur 2.

Tenslotte is er een kopie “test_along” van de uitsnede gemaakt en aangepast:

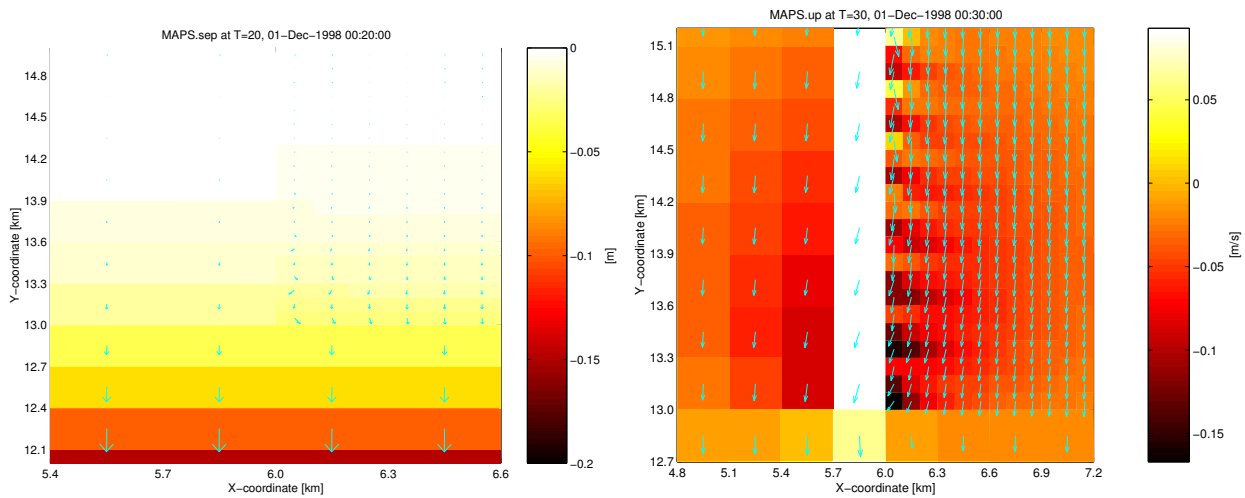
- De bodem is vlak gemaakt met een diepte van 8 m.
- De randvoorwaarde is een constante waterstand van -0.50 m gemaakt.

In dit testmodel ontstaan minder grote stroomsnelheden, maar is wel een opvallend effect te zien. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 3. Waar de stroming eigenlijk volledig langs roosterlijnen in y -richting zou moeten zijn gericht ontstaat er op de DDHOR-interfaces toch stroming in de x -richting. Bovendien ontstaat er een duidelijk patroon per drie gekoppelde rijen van het fijne domein. In de bovenste van drie rijen stroomt het naar wat meer naar links, in de middelste praktisch recht naar beneden, en in de onderste meer naar rechts.

Dit patroon wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de koppelingscondities die in de nieuwe domein-decompositiemethode worden gebruikt:

$$q = \sum_i q_i \quad , \quad \text{en} \quad \zeta_i = \zeta \quad \text{voor alle } i$$

Deze condities betekenen dat massa behouden wordt en dat op de interface alle waterstanden aan elkaar gelijk zijn. Voor de huidige situatie zijn ze mogelijk niet goed geschikt. In dit geval komt er namelijk een golf aangelopen parallel aan de interface, dus varieert de waterstand langs de interface. Op de interface wordt dit echter niet toegestaan.



Figuur 3: Links: waterstand en stromingspatroon in het testmodel “test_along”: rechtlijnig model met vlakke bodem en stroming parallel aan een DDHOR-interface. Rechts: stroomsnelheid in x -richting.

De waterstand neemt af doordat er water (in y -richting) naar beneden stroomt. Van drie rijen van het fijne domein die aan dezelfde rij van het grove domein gekoppeld zijn heeft de bovenste rij daarom de hoogste en de onderste rij de laagste waterstand in het eerste interne waterstandspunt van de rij. Op de interface (u -snelheidspunten) hebben ze echter alledrie dezelfde waterstand. Deze waterstand is gedefinieerd als het gemiddelde van de waterstanden in het guardbandpunt links van de DDHOR-interface en het eerste interne waterstandspunt rechts van de interface. In de guard band moet de bovenste rand daarom een lagere waterstand hebben en de onderste rij een hogere. Dit veroorzaakt een waterstandsgradiënt die in de bovenste rij het water het domein uit trekt en in de onderste rij water naar binnen stuwt.

Een mogelijke oplossing bestaat eruit om variatie over de randpunten van het fijne domein toe te staan. De programmatuur kiest dan op een of andere manier wat de variatie moet zijn, bijvoorbeeld op basis van de berekening van de vorige halve tijdstap, en stelt dan:

$$q = \sum_i q_i \quad , \quad \text{en} \quad \begin{cases} \zeta_1 = \zeta - \delta\zeta \\ \zeta_2 = \zeta \\ \zeta_3 = \zeta + \delta\zeta \end{cases}$$

Deze aanpassing van de koppelingscondities lijkt uit een korte inventarisatie vrij gemakkelijk in het algoritme te kunnen worden verwerkt.

Overigens is het effect in de hier beschouwde testmodellen waarschijnlijk veel groter dan gebruikelijk. Er treedt hier een grote waterstandsgradiënt in de richting langs de DDHOR-interface op omdat de randvoorwaarde 50 cm lager ligt dan de initiële conditie van het model, waardoor er grote variatie in een kort tijdsbestek wordt gegenereerd. Het is echter wel verrassend dat dit effect over langere periodes blijft bestaan. Dit zou kunnen komen door de lokale verdiepingen en ondieptes nabij de DDHOR-interfaces in het gekoppelde Kuststrook-Lauwersmeermodel.

5 Conclusies en aanbevelingen

In dit memo wordt verslag gedaan van testen met de nieuwe domein-decompositiemethode op basis van “uitgaande informatie”. Voor het testen is een DDHOR-schematisatie van het Kuststrook-model en het Lauwersmeer-model gebruikt. Daarbij zijn drie kleine problemen opgespoord en verholpen, en is een grotere complicatie aangetoond.

Volgens ons moet de gevonden complicatie worden verholpen voordat de nieuwe methode kan worden opgenomen in de moederversie van de programmatuur.

Wanneer de complicatie verder wordt onderzocht kan ook worden gekeken naar een andere vraag die in dit memo is aangekaart: of en hoe de nieuwe methode wordt toegepast op subdomein randen m.b.t. parallel rekenen.