

DANISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

—— TECHNICAL REPORT ——

99-22

Mike21 Kalibrering 1998-1999

Mads Hvid Nielsen

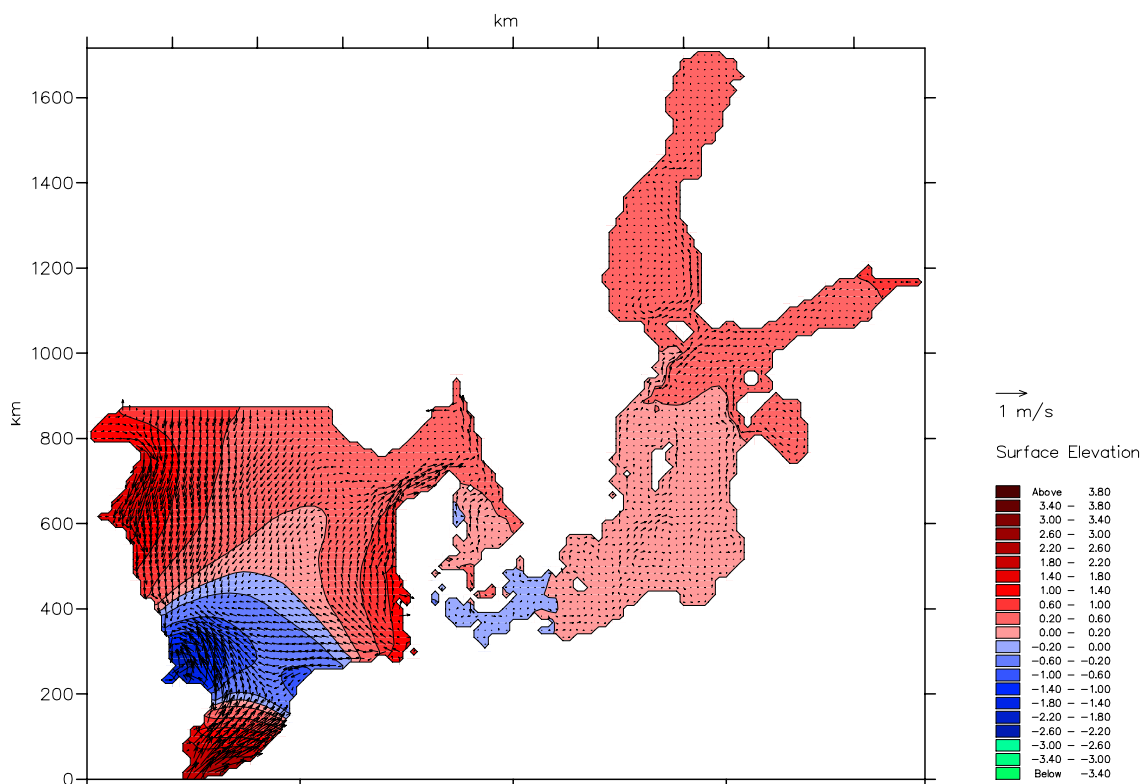
ISSN-Nr. 0906-897X

ISBN-Nr. 1399-1388



Copenhagen 1999

Mike21 Kalibrering 1998-1999



af:

Mads Hvid Nielsen, VO

September, 1999

Indhold:

1. Indledning	3
2. Ændringer i Mike21 setup'et	3
2.1 Ændring af bathymetrien	3
2.2 Ændring af bundfriktionen.....	4
2.3 Smagorinsky formulation af eddy viskositeten.....	8
2.4 Vinkel i forhold til nord for inflow'et gennem den sydlige rand.....	8
2.5 Tidsskridt på 300 sek.....	9
2.6 Vindfriktionsparameteren ændret en anelse	9
2.7 Fasefejl på nordranden.....	9
3. Kørsler	10
3.1 Rent tidevand.....	10
3.2 Fire perioder med ekstrem vind.....	11
3.2.1 Omkring 4/1-1998	12
3.2.2 Omkring 17 og 24-31/1-1998	13
3.2.3 Omkring 25/10-1998 (atmosfæredata hver 3. time)	18
3.2.4 Omkring 27/12-1998	19
3.2.5 Omkring 5/2-1999	20
3.3 Perioden 15/9-1997 → 31/3-1999	22

1. Indledning

Fra juni 1998 til maj 1999 er den nestede hydrodynamiske barotrope model Mike21 blevet kalibreret til de danske farvande. Formålet er, at den inden årtusindeskiftet skal benyttes som DMI's operative stormflodsmodel.

Version 1.03 af modelsetup'et adskiller sig fra den tidligere version 1.02 på følgende punkter.

- a) Ændring af bathymetrien.
- b) Ændring af bundfriktionen (Manning formulering).
- c) Smagorinsky formulation af eddy viskositeten
- d) Vinkel i forhold til nord for inflow'et gennem den sydlige rand på 37 grader.
- e) Tidsskridt på 300 sek. (mod 450 sek. før).
- f) Vindfriktionsparameteren ændret en anelse.
- g) Fasefejl på nordranden rettet.

Modellen er kalibreret i nævnte rækkefølge.

- 1) Rent tidevand uden atmosfærisk forcering.
- 2) 4 stormflodsperioder, hvoraf 3 er fra vestkysten.
- 3) Ca. 1½ års hindcast (19970915 → 19990331).

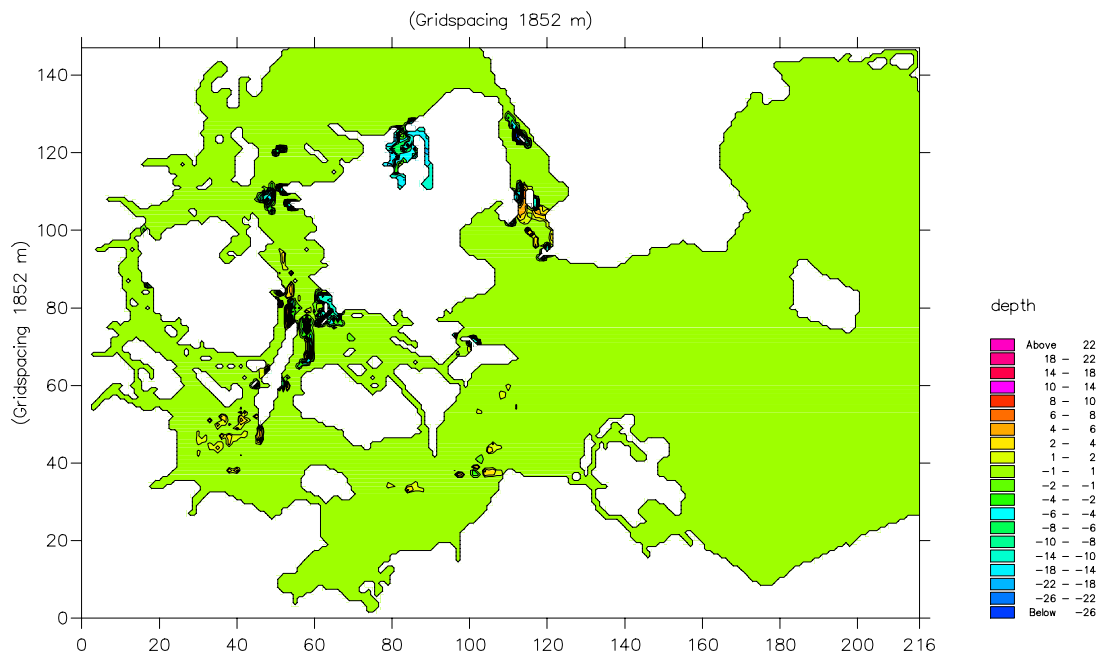
2. Ændringer i Mike21 setup'et

I dette kapitel ridses ændringerne i det nye Mike21 setup op.

2.1 Ændring af bathymetrien

I forhold til den tidligere version 1.02 er version 1.03 ændret væsentligt i Bælthavet og Sundet (se figur 2.1) og tillige en smule ved Esbjerg. Endelig er der tilføjet en halv meter til områderne sd1 og sd3, hvorved der opnås en bedre fase. Dette kan retfærdiggøres med, at søkort altid angiver sejldybde og *ikke* den aktuelle dybde, hvorved søkortene vil vise en lavere dybde end i virkeligheden.

I Sundet er dybden justeret ved Ven, Saltholm i Sundet. Specielt er Hollænderdybet blevet dybere og tærsklen ved Drogden lavere i overensstemmelse med søkort, men også øen Ven og området omkring denne er justeret. Effekten af dette er, at der kan strømme mere vand gennem Sundet. Før tenderede Sundet til at opføre sig som en lukket kanal, hvorved vandet stuves op, men dette er ikke tilfældet mere.



Figur (2.1) Forskel mellem gammel (ver. 1.02) og ny (ver. 1.03) bundtopografi ved Bælthavet.

I Storebælt er den største justering foretaget nord og øst for Langeland, men dybden er også justeret ud for Sjællands Odde. Igen er justeringerne foretaget i overensstemmelse med søkort for området. I lighed med sundet, så opførte Storebælt sig i retningen af en lukket kanal, hvorved vandet blev stuvet op og for lidt vand strømmede gennem. Derfor er der generelt blevet dybere i renden, men nord for Langeland vest for renden er der blevet væsentligt lavere. Dette skyldes, at meget af tidevandsbølgen forplantede sig vest om Langeland. Ud for Odde er der også gravet en masse i få punkter, der af en eller anden grund var ret lavvandede i uoverensstemmelse med søkort.

Syd for Ærø og ved tærsklen ved Femerbæltet er der blevet lavere - igen i overensstemmelse med søkort.

Ved Esbjerg er sejlrenden "gravet" ud, hvilket giver et bedre (højere) højvande og bedre (lavere) lavvande. Dette skyldes, at randen nu ikke dræner så meget energi ud af strømmingen, da dybden er større. Punktet (33,95) i sd1w er ligeledes ændret fra -0,7 til 1,2 meter, da stationen 'Ballum' blev tørlagt for tit ved lavvande, hvorved signalet fik et underligt udseende som følge af "flooding and drying".

Til sidst skal det nævnes, at hvis man kører modellen med Manning formulering af bundfriktionen, som tilfældet er i både version 1.02 og 1.03, så vil en ændring af havdybden samtidig ændre bundfriktionen, så man skal være varsom med for drastiske ændringer af havdybden (se afsnit 2.2).

2.2 Ændring af bundfriktionen

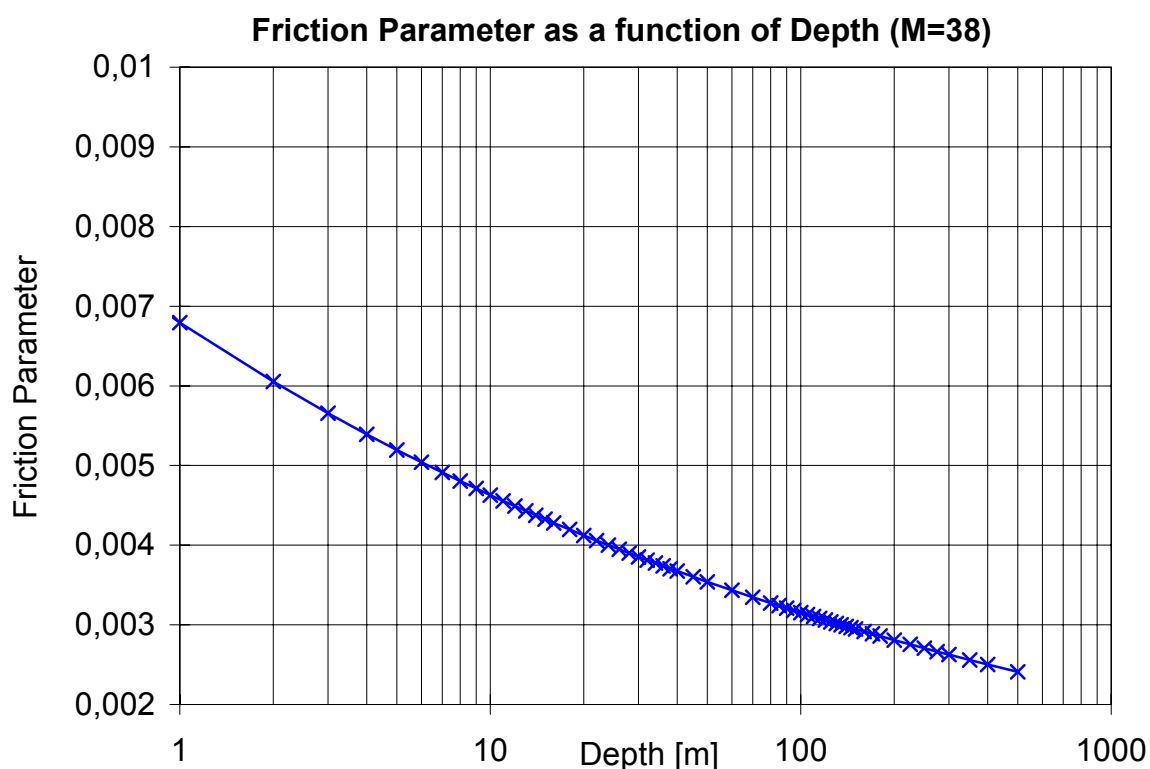
I Mike21 skrives bundfriktionen på følgende måde (integreret over dybden):

$$r\vec{v}|\vec{v}| = \frac{g}{C^2} \vec{v}|\vec{v}| = \frac{g}{(h^{1/6}M)^2} \vec{v}|\vec{v}| \quad (2.1)$$

hvor:

- r: Friktionsparameter [dimensionsløs]
- v: Hastighedsvektor [m/s]
- g: Gravitationen [m/s²]
- C: Chezy konstanten [m^{1/2}/s]
- h: Dybden [m]
- M: Manning tal [m^{1/3}/s]

Man ser at jo højere Manning tal, jo lavere bundfriktion og visa versa. Desuden er der i modellen taget højde for dybden, således at bundfriktionen er lavere på dybt vand end på lavt vand med samme Manning tal. Grunden til dette er, at modellen er vertikalt integreret, hvorved man ikke kan lave et rigtigt grænselag. Bundfriktionen konvergerer mod uendelig for vanddybden gående mod nul.



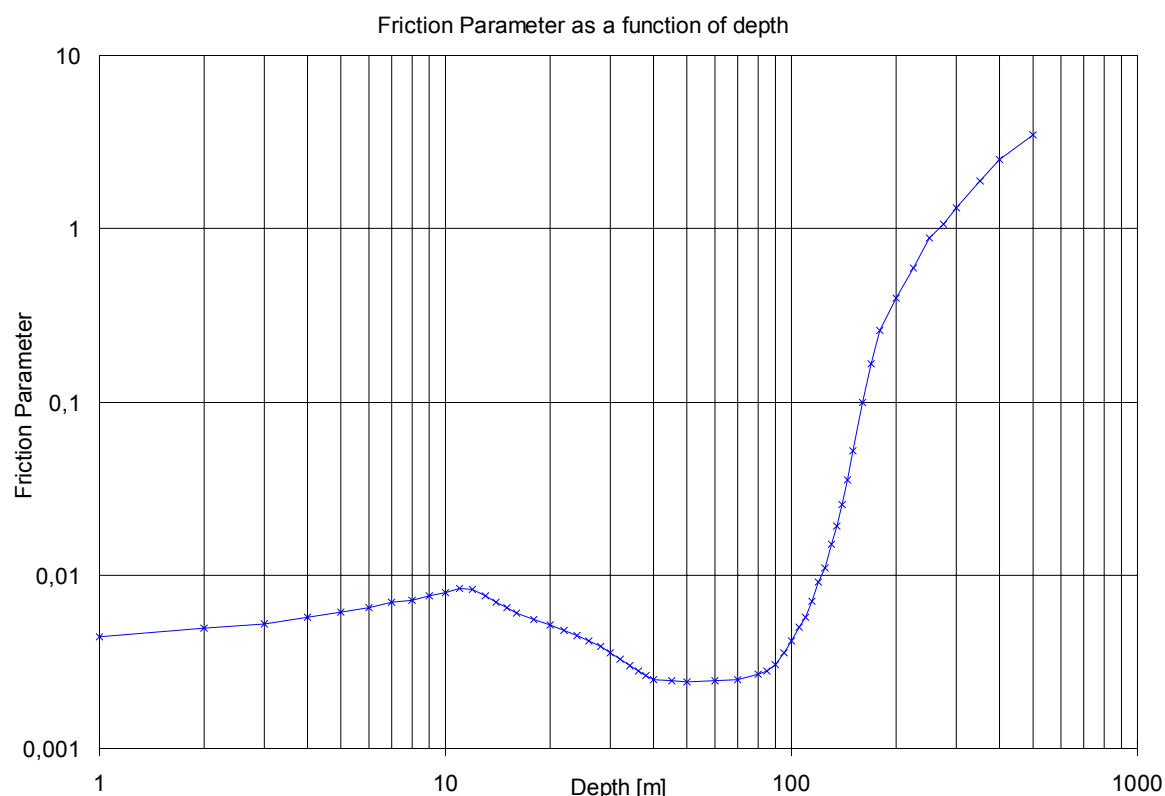
Figur (2.2) Bundfriktionsparameteren som funktion af dybden for konstant Manning tal M=38.

Ovennævnte beskrivelse, hvor Manning tallet beskriver bundfriktionen, er et empirisk udtryk hentet fra rørhydraulikken. Dette ligger til baggrund for ideen med kalibreringen. I stedet for at ændre hver enkelt punkt individuelt, er Manning tallet ændret som funktion af dybden. På sin vis er det det samme som allerede er gjort, men hvor kvadratet på Manning tallet i (2.1) er proportional med bundfriktionen, så ændres denne proportionalitet ved at ændre på Manning tallet. Med andre ord foretages blot en korrektion af Manning tal formuleringen af bundfriktionen. Det normale valg af Manning tallet er omkring 32 m^{1/3}/s for havområder.

I første omgang er Mike21 kørt med konstant Manning tal og det viser sig, at et Manning tal på 38 m^{1/3}/s giver det bedste resultat. Bundfriktionen er altså generelt lavere end man ville forvente (se figur 2.2).

Med konstant Manning tal opstår der imidlertid et væsentlig problem i den nordøstlige del af Nordsøen langs den Jyske vestkyst. Speciel galt går det ved de to Skagerrakstationer Hanstholm og Hirtshals som begge udviser et meget ustabil forløb med “scatter” større end den faktiske vandstand.

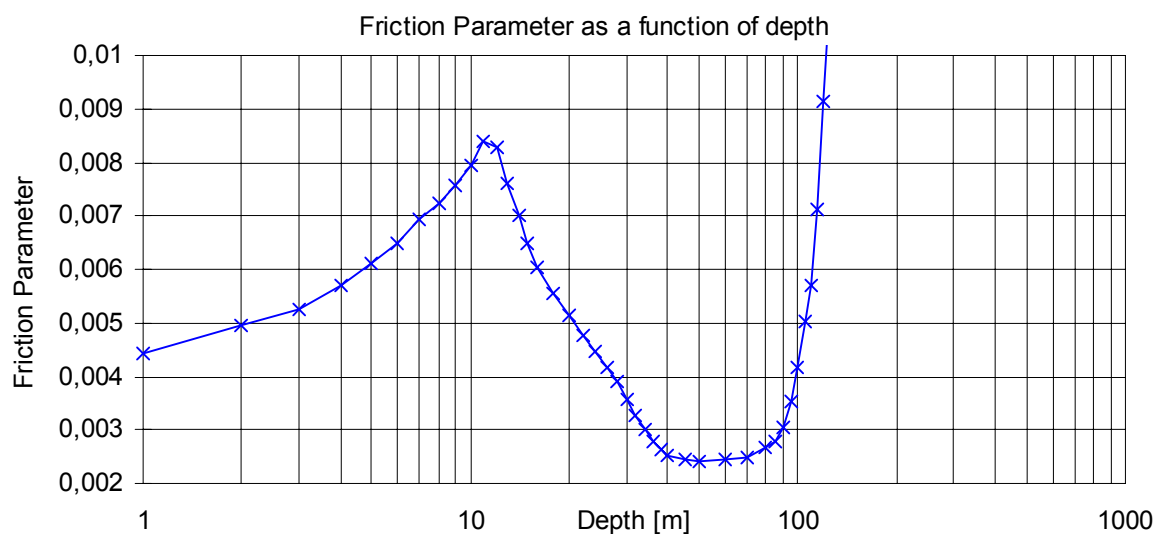
For at løse dette problem, er der på de største dybder (Norske Renden) lagt ekstra stor friktion (lavt Manning tal) for at dæmpe et eventuelt falsk input herfra (figur 2.3). Dette kunne f.eks. være en i modellen forkert refleksion langs Norske Rendens stejle sider, eller også kunne det være, at meget af energien i virkeligheden overgår til dannelse af interne bølger. Det viser sig, at jo højere friktion (lille Manning tal) over Norske Renden, jo mere stabil bliver signalet fra omkring midt på den jyske vestkyst og ind i Kattegat.



Figur (2.3) Bundfriktionsparameteren som funktion af dybden. Skalaen er valgt logaritmisk, så man tydeligt kan se den store friktion på store dybder, men man kan også se den lettere forhøjede friktion med maksimum omkring 11-12 meters dybde. Friktionen bør sammenholdes med friktionen på figur 2.2 for konstant Manning tal på 38.

Det næste problem opstår i Bælthavet. Her er friktionen for lav, hvorved for meget af signalet transporteres gennem specielt Storebælt, men også Lillebælt og Sundet. Friktionen, eller dæmpningen af signalet kan måske skyldes intern friktion. En pudsig observation vedrørende den for lave friktion er, at der på stationen København observeres et kvartdagligt tidevand i uoverensstemmelse med observationer, der peger på halvdaglig tidevand. Nærmere studier viser, at det ekstra peak stammer fra Storebælt, hvor signalet ikke er blevet dæmpet tilstrækkeligt. Middedybden gennem Storebælt, syd omkring Sjælland og ind i Sundet til København er omkring 20-25 meter. Dette svarer til en lang bølge med en fase og gruppehastighed omkring 15 m/s \approx 50 km/t. Da strækningen er omkring 250 km svarer dette til en bølge fra Storebælt til København 5 timer efter den egentlige tidevandsbølge. Overfladeplots af overfladehældningens variation som funktion af tiden viser, at denne ovenstående teori passer. Man kan altså konkludere, at hvis

friktionen var lavere gennem stræderne, så ville man sandsynligvis observere et kvartdagligt tidevand i København.

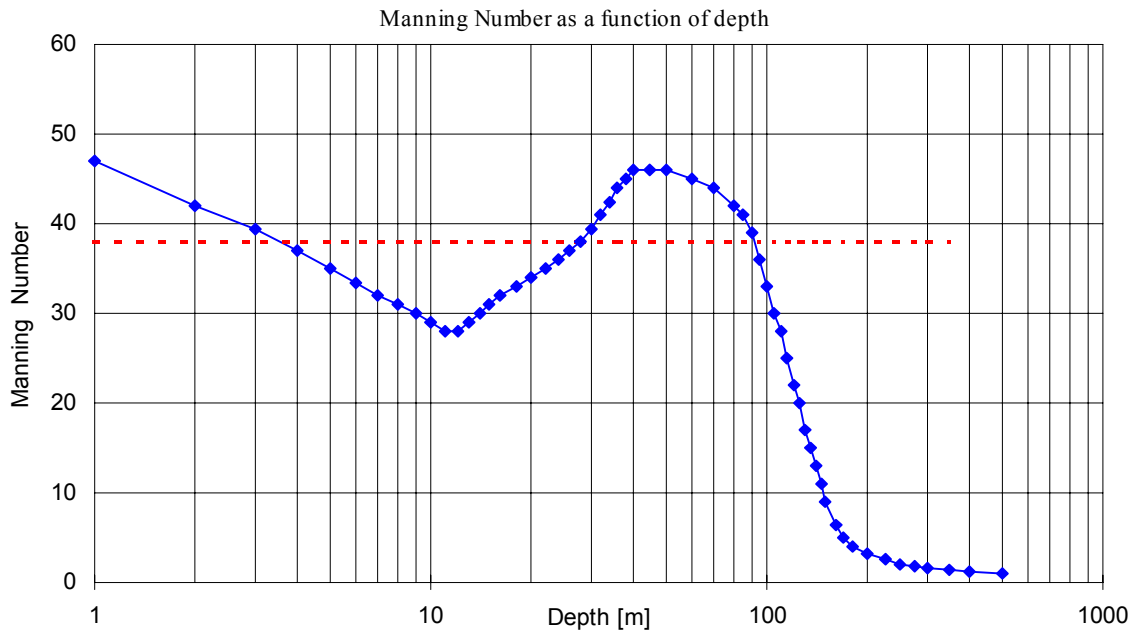


Figur (2.4) Bundfriktionsparameteren som funktion af dybden. Skalaen er valgt så man tydeligt kan se den forhøjede friktion i dybdeintervallet fra omkring 5 til 30 meter. Friktionen bør sammenholdes med friktionen på figur 2.2

For at løse ovenstående problem, er bundfriktionen øget (lavere Manning tal) i dybdeintervallet fra omkring 30 meters dybde til 5 meters dybde (se figur 2.4). Maksimal friktion i dette interval haves i 11 meters dybde, hvor Manning tallet er $28 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Denne ændring af friktionen ændrer også signalet langs den jyske vestkyst og i dele af Kattegat, men det viser sig, at denne ændring faktisk gør signalet bedre, da det dæmpes jævnt ind til og med Bælthavet.

Ved vadehavet er man i den situation, at en sænkning af bundfriktionen (større Manning tal) på de laveste havdybder i vadehavet øger tidevandsamplituden lokalt men samtidigt sænker den tidehøjvandede nord for vadehavet langs den jyske vestkyst. Dette er ønskværdigt, så bundfriktionen er sænket på de laveste havdybder fra omkring 11 meter. Forklaringen på ovenstående fænomen er noget usikker, men måske skyldes det, at mere vand kan skylde op på det flade vadehav ved lav bundfriktion før end impulsen og energien er drænet ud af tidevandsbølgerne. Man kan dog ikke bare gøre friktionen uendelig lille, da Mike21 tenderer til at blive ustabil for ekstrem små friktioner. Dette kommer til udtryk gennem små højfrekvente svingninger.

Alle de nævnte øgninger af bundfriktionen (sænkninger af Manning tallet) bevirker, at udgangspunktet med et Manning tal på $38 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ skal revideres. I dybdeintervallet fra omkring 30 meter til 100 meter er Manning tallet øget (friktionen sænket) til maksimalt $46 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ for at kompensere for de lavere Manning tal i de andre dybdeintervaller.



Figur (2.5) Manningtallet som funktion af dybden. Den røde stiplede linie viser et konstant Manningtal M på 38, mens den blå linie viser valget af Manningtallet i Mike21 version 1.03. Prikkerne angiver hvilke dybdeintervaller, der er ændret således, at dybdeintervallet fra en prik til den nærmeste prik til højre for, angiver værdien af første prik i det pågældende interval.

2.3 Smagorinsky formulation af eddy viskositeten

I version 1.03 benyttes Smagorinsky formulering af eddy viskositeten, hvilken er en måde, hvorpå man kan dæmpe eventuelle instabiliteter stammende fra de ikke lineære advektive led i bevægelsesligningerne. Smagorinsky formuleringen relaterer eddy viskositeten til hastigheds shear'et, hvorimod man i version 1.02 "blot" tildelte hvert enkelt gitterpunkt hvert sin individuelle værdi. Udover at det er en fysisk mere korrekt formulering, så er det også nemmere og hurtigere blot at ændre en enkelt Smagorinsky faktor, frem for at konstruere et array med eddy viskositeten. Jo større Smagorinsky faktor, jo større eddy viskositet. Udover at formuleringen er mere tidskrævende (computermæssigt), så er ulempen at man i Mike21 ikke kan tildele et bestemt område en stor eddy viskositet for at dæmpe eventuelle instabiliteter. Derfor bliver man nødt til at dæmpe instabiliteter vha. bundfriktionen.

Resultaterne får et lidt mere glat og stabilt forløb jo højere Smagorinsky faktor, men samtidig mindskes spidsværdierne. I version 1.03 er Smagorinsky faktoren valgt til 0,3. Det skal understreges, at en ændring i bundfriktionen har en langt større effekt på udglatningen og stabiliteten af tidsserierne.

2.4 Vinkel i forhold til nord for inflow'et gennem den sydlige rand

Inflow'et gennem en åben rand er pr. default sat vinkelret på randen. På den sydlige rand gennem den engelske kanal er vinklen sat til 37 grader i forhold til nord. Effekten af denne ændring er stor og op til omkring 20 cm. Jo mere nordlig inflow, jo højere bliver spidsværdierne på stationerne langs Englands østkyst og jo lavere bliver spidsværdierne langs den sydøstlige Nordsø og visa versa. Tilmed opnås en senere fase jo mere nordlig inflow'et er. En vinkel på 37 grader, hvilket er parallel med kystlinien i området, viser sig, at være et fornuftig valg.

2.5 Tidsskridt på 300 sek.

I version 1.03 er tidsskridtet ændret til 300 sek. mod 450 sek. før. Dette ændrer modeloutputtet på to forskellige måder. Tidsskridtet ændrer dels væsentligt på fasen, dels på tidevandsamplituden og dels på den halvmånedlige ulighed (forskellen mellem spring og nip tidevandet). Jo mindre tidsskridt, jo tidligere fase i de indre danske farvande. Således giver en reduktion i tidsskridtet fra 900 sek. til 450 sek. anledning til en fase, der er små 3 timer tidligere ved Gedser og en endnu tidligere fase opnås ved brug af det valgte tidsskridt på 300 sek. Dette er en forbedring af modellen, da fasen generelt er for sent i Mike21. Desuden bliver den halvmånedlige ulighed større jo mindre tidsskridt, hvilket er ønskværdigt, da Mike21 (og System21) har en tendens til at underestimere denne ulighed.

Endelig skal nævnes, at Courant tallet $C = c_f \frac{\Delta t}{\Delta x}$, der beskriver hvor mange gritterpunkter informationen når at bevæge sig per tidsskridt, mindskes.

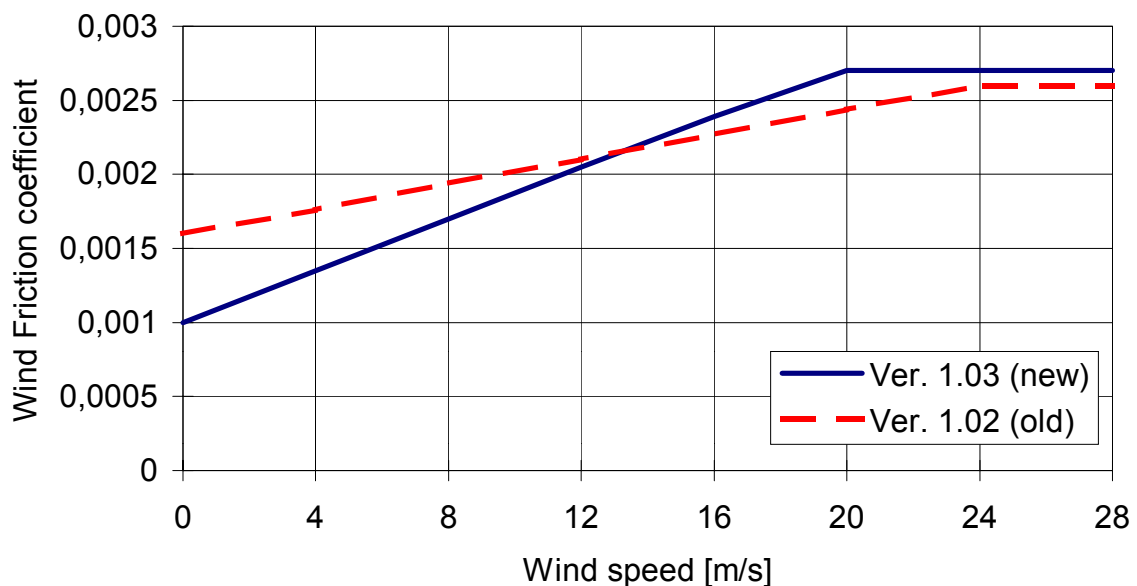
2.6 Vindfriktionsparameteren ændret en anelse

Vindfriktionsparameteren er ændret en anelse, således at den er en smule større for høje vindhastigheder og lidt lavere for små vindhastigheder (figur 2.6).

I version 1.03 starter vindfriktionskoefficienten på 0,0010 ved vindhastigheden nul (eller lige over nul) og stiger lineært til 0,0027 ved vindhastigheder over 20 m/s. I version 1.02 var de tilsvarende tal 0,0016 for nul vind og 0,0026 for 24 m/s.

Effekten ses specielt ved høje vindhastigheder, hvor den maksimale vandstand i stormflodssituationer bliver beregnet mere nøjagtig, men lavvandene bliver også en anelse bedre ved lave vindstyrker.

Generelt simulerer Mike21 et “glattere” forløb end System21 på de forskellige stationer.



Figur (2.6) Vindfriktionskoefficienten som funktion af vindhastigheden. Den røde stiplede linie er den gamle opsætning, mens den fuldt optrukne blå linie er den nye opsætning.

2.7 Fasefejl på nordranden

Der blev fundet 2 fejl på nordranden

Den første var, at der var byttet om på konstituenterne M_4 og MS_4 , hvilket naturligvis blev rettet. Den anden fejl var, at beregningen af faserne på nordranden var forkert, men det er naturligvis også blevet rettet.

Den sidste fejl lå i filen 'f.tidbnd', der genererer en t1-fil (liniefil eller vektor i tid) udfra 10 forudbestemte konstituenters. Den regnede fasen 1/2 time for tidligt. Fasefejlen blev opdaget ved at analysere en etårs tidsserie fra Esbjerg og derpå benytte 'f.tidhpc' til at lave en linie, hvorpå et punkt (Esbjerg) blev trukket ud. Tilsvarende blev en etårs tidsserie for det samme punkt (Esbjerg) udregnet med programmet 'f.tidhac', der laver tidsserier udfra de samme 10 konstituenters. Til sidst blev der foretaget en tidevandsanalyse på de 2 (uafhængige) tidsserier for samme punkt med programmet 'f.tidhac'. Man ville forvente, at amplituderne og faserne for de beregnede konstituenters ville være ens, med det var de altså ikke !!

Nu er fejlen, som lå i programmet 'f.tidbnd', rettet.

3. Kørsler

Kørslerne er delt op i rene tidevandskørsler og kørsler med atmosfærisk påvirkning. Det skal understreges, at den kørsel på rent tidevand, der gav den mest korrekte amplitude og fase, *ikke* svarer til den bedste kørsel med vindforcering (test176), men der er dog kun tale om få centimeters forskel.

De kørsler med rent tidevand, hvor friktionen i vadehavet er gjort meget lille (Manning tal op til 160 !), gav de mest præcise amplituder, men kørslerne tenderede samtidigt til at blive ustabile med små højfrekvente svingninger (se også afsnit 2.1), hvorved disse tests blev forkastet.

3.1 Rent tidevand

Først blev Mike21 kalibreret efter rent tidevand - dvs. at der ikke blev tilført nogen form for atmosfærisk forcering. Den eneste forcering findes på randene, hvor tidevandsbølgerne tilføres.

Formfaktoren, der er forholdet mellem amplituden af det daglige og halvdaglige tidevand, $\frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$, er undersøgt for Esbjerg vha. et analyseprogram ved navn 'f.tidhac'.

Resultaterne, der er gengivet i tabel 3.1, viser, at Mike21 formår at simulere dette forhold klart bedre end System21.

Esbjerg	Form faktor
Admiralty Tide Table	0,16
Beregnet tidevand (tidhac)	0,15
Mike21	0,14
System21	0,12

Tabel (3.1) Formfaktor beregnet på forskelligt grundlag ved Esbjerg.

Generelt simulerer Mike21 tidevandet indenfor ca. 20 cm. i Nordsøen og maksimalt 10 cm. for lavt ved Esbjerg, men generelt kniber det med at ramme lavvandene omkring springflod

(maksimalt udsving over en 14 dages periode). Fasen i version 1.03 er desuden ca. 45 minutter før fasen i System21 opsætningen, hvilket bevirker, at de beregnede højvande kommer for tidligt, mens lavvandene passer perfekt.

Nord for Esbjerg langs den jyske vestkyst, gengiver Mike21 generelt et lidt for stort udsving på tidevandet. Ved Torsminde er fejlen generelt mindre end 10 cm og ved Thyborøn er fejlen en anelse større end 10 cm., men igen er der lidt problemer med at ramme lavvandene rigtig.

Ved stationerne i Skagerrak, Hanstholm og Hirtshals, er fejlen ca. 8 til 18 cm gal afhængig af hvor man befinder sig i 14 dages perioden. Modsat de forgående stationer, så rammes lavvandene udemærket, mens højvandene simuleres for højt. Her er version 1.03 stabil modsat version 1.02, der er temmelig ustabil. Dette skyldes hovedsageligt den større friktion i Norske Renden, som dæmper eventuelle instabiliteter på den på lokalitet.

Ved Frederikshavn er signalet korrekt til 10 cm, mens signalet i Århus er mellem 10 og 20 cm for højt.

I Lillebælt ser signalet langt bedre ud. Ved Fredericia er signalet således kun mellem 5 og 10 cm galt afhængig af hvor man befinder sig i 14 dages perioden og fasen rammer helt perfekt inden for mindre end et kvarter.

I Storebælt er fasen også meget god og korrekt til en halv time, men i Slipshavn rammer Mike21 10 til 20 cm for højt og ved Korsør er fejlen 8 til 16 cm (ca. det samme for System21).

I Sundet afhænger fasen meget af 14 dages perioden. Den ændrer sig fra at være perfekt til at ramme mere end en time galt. Fejlen ændrer sig ligeledes med 14 dages perioden fra at være 6 cm for høj til at være omkring 13 cm for høj i både Hornbæk og København.

I Bælthavet er højvandene små 10 cm. for høje, mens lavvandene kun er et par centimeter for høje. Fasen er omkring en time for tidlig. Sammenlignet med System 21 virker signalet i Mike21 mere stabilt og fri for små højfrekvente udsving.

Generelt må man konkludere, at Mike21, i lighed med System21, har svært ved at simulere 14 dages perioden korrekt.

3.2 Fire perioder med ekstrem vind

Udover rent tidevand er Mike21 kalibreret efter 6-7 perioder med ekstreme vandstande. I de 2 af perioderne er vandstanden forhøjet i de indre danske farvande, mens den i de 4 sidste perioder er forhøjet vandstand langs den jyske vestkyst. I 2 af situationerne med forhøjet vandstand langs vestkysten, observeres der samtidigt lav vandstand omkring Bælthavet. De benyttede atmosfæredata er fra Hirlam med en times interval. Dog er der gennem den lange periode over ca. halvandet år og stormfloden den 25/10-1998 blevet benyttet atmosfæredata med en frekvens af 3 timer.

Generelt er fasefejlen i Mike21 og System21 er meget ens, hvorved kun Mike21's fasefejl opgives.

Da Mike21, i lighed med System21, ved visse stationer afviger systematisk med en konstant faktor, er der i parentes angivet den korrigerede værdi. Dataene fra System21 kørslerne er alle korrigeret for eventuelle nulpunktsfejl.

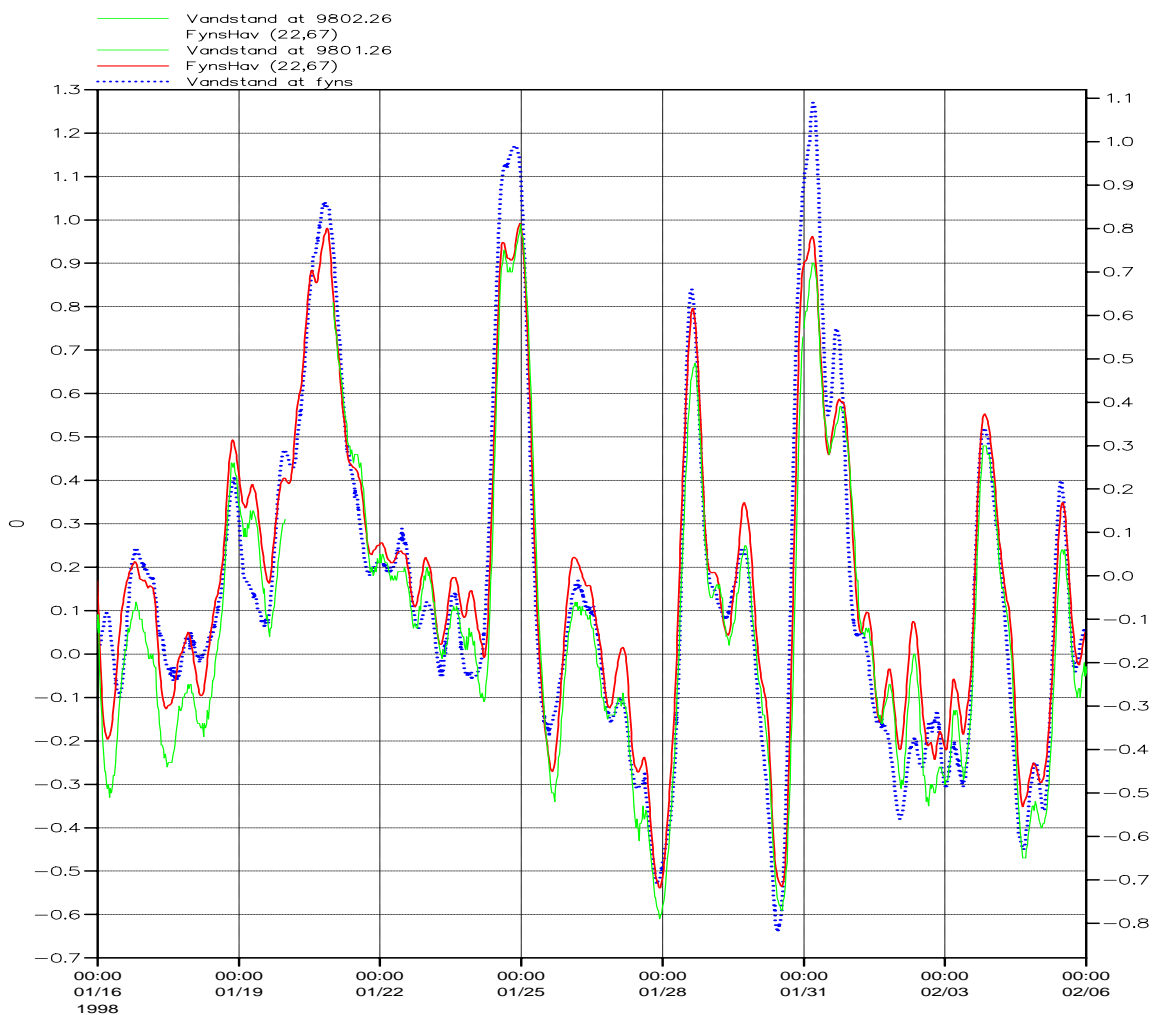
4/1-1998:

Station	Målt [cm]	Mike21 - Målt [cm]	System21 - Målt [cm]	Fasefejl [timer] (‘+’ = M21 før)
Esbjerg	292	12	0	1/2
Ribe	304	20	29	-1/4
Hvide Sande	214	2	1	1/2
Torsminde	208	-28	-9	5/4
Thyborøn	179	-17	2	5/4
Hanstholm til Århus	Simuleret forkert bølge, som ikke observeres			
Fredericia	-69	0	2	3/2
Slipshavn	-58	30	20	-3/4
Korsør (+ 16 cm)	-32	6 (22)	3	1/4
Hornbæk	Simuleret forkert bølge, som ikke observeres			
København	Simuleret forkert bølge, som ikke observeres			
Fyns Hav (+ 18 cm)	-78	-5 (13)	0	0
Gedser (+ 17 cm)	-67	-5 (12)	-4	1/4

3.2.1 Omkring 4/1-1998

Denne stormflod kunne både observeres langs den jyske vestkyst, hvor vandstanden steg, og i Bælthavet, hvor vandstanden faldt. Fra Hanstholm og ind til Århus simulerer både Mike21 og System21 forhøjet vandstand, men dette observeres ikke. Bølgen stammer muligvis fra nordranden ved Norske Rande, hvor Mike3 har vist sig ustabil hvis man ikke tildeler området en stor eddy-viskositet. I Mike21 kan man ikke vælge en “Smagorinsky eddy map”, men man kan derimod tildele området en større bundfriktion, hvilket også er gjort. En stor bundfriktion dæmper naturligvis signalet, men på den anden side vil en for lille friktion give anledning til instabiliteter, så i sidste ende er det et valg man må tage. Det skal bemærkes, at Mike21 blev startet den 1/1-1998, således at modellen kun har haft 3 dage til at stabilisere sig, hvorved den måske ikke helt har nået at indstillet sig i ligevægt.

Generelt rammer System21 denne stormflod bedre end Mike21, men til gengæld ser Mike21 signalet meget jævnere og pænere ud end i System21, hvorved Arima filtret sandsynligvis vil have nemmere ved at korrigere signalet på plads.



Figur (3.1) Vandstand ved Fynshav i sidste halvdel af januar og starten af februar 1998. Ligesom System21 signalet er korrigeret for en gennemsnitlig afvigelse fra observationerne, ligeså er Mike21 signalet korrigeret 18 cm, som er middelforskellen mellem Mike21 og vandstandsmåleren.

Observationer: Blå prikkede linie.
 System21: Grøn (lys) tynd linie.
 Mike21: Rød (mørk) tyk linie.

3.2.2 Omkring 17 og 24-31/1-1998

Her var der 3 (4 hvis man tager højde for den forudgående lave vandstand) situationer med forhøjet vandstand i Bælthavet og mellemliggende 2 situationer med lav vandstand. Alle ovennævnte situationer ses i den østlige del af Bælthavet, mens der ved Sundet observeres en lille forhøjet vandstand omkring den 17/1-1998 midt på dagen, som ved Gedser ses som en lav vandstand. Forløbet ser således ud:

- 17/1-1998 kl 16: lav vandstand syd for sundet, høj vandstand nord for sundet.
- 20/1-1998 kl 20: ↑ (høj vandstand) *
- 24/1-1998 kl 21: ↑ (høj vandstand) *
- 27/1-1998 kl 22: ↓ (lav vandstand)
- 28/1-1998 kl 11: ↑ (høj vandstand)
- 30/1-1998 kl 10: ↓ (lav vandstand)
- 31/5-1998 kl 05: ↑ (høj vandstand) *

I de 3 perioder, der er markeret med en stjerne (*), nåede vandstanden ved Fynshav over en meter (se figur 3.1)

Bemærk specielt, at tiden mellem lav og høj kun er ca. en tidevandsperiode (ca. 12 timer) syd for stræderne.

Målestationernes niveau i forhold til Dansk Normal Nul (DNN) ikke præcist. Ved Gedser og Fynshav kunne det tyde på, at målestationerne ligger omkring 17-18 cm under DNN, hvorved man skal lægge 17-18 cm til modelresultaterne. Herved bliver outputtet fra modellerne langt pænere. Dette er vist i parentes i det nedenstående skema.

I de følgende skemaer vises resultaterne af hele forløbet. Igen giver Mike21 et meget pænere og jævner forløb end System21 (se også figur 3.1)

17/1-1998:

Station	Målt [cm]	Mike21 - Målt [cm]	System21 - Målt [cm]	Fasefejl [timer] ('+' = M21 før)
Hvide Sande	ingen højvande	-	-	-
Torsminde	119	6	0	1
Ferring	112	3	-7	1
Thyborøn	112	-10	-14	5/4
Hanstholm	71	7	-10	5/4
Hirtshals	42	23	1	?
Frederikshavn	49	6	-8	?
Århus	61	-6	-22	0
Fredericia	ingen højvande	-	-	-
Slipshavn	ingen højvande	-	-	-
Korsør (+ 16 cm)	ingen højvande	-	-	-
Hornbæk	70	-6	-21	1/2
København	45	1	1	3
Fyns Hav (+ 18 cm)	ingen højvande	-	-	-
Gedser (+ 17 cm)	-22	-4 (13)	-1	3/4

20/1-1998: *

Station	Målt [cm]	Mike21 - Målt [cm]	System21 - Målt [cm]	Fasefejl [timer] ('+' = M21 før)
Frederikshavn	ingen højvande	-	-	-
Århus	53	-4	ingen data	-13/4
Fredericia	75	-10	ingen data	-13/4
Slipshavn	79	-10	ingen data	-1
Korsør (+ 16 cm)	78	-9 (7)	ingen data	1/4
Hornbæk	ingen højvande	-	-	-
København	37	0	ingen data	-1
Fyns Hav (+ 18 cm)	104	-24 (-6)	ingen data	5/4
Gedser (+ 17 cm)	99	-22 (-5)	-24	?

24/1-1998: *

Station	Målt [cm]	Mike21 - Målt [cm]	System21 - Målt [cm]	Fasefejl [timer] ('+' = M21 før)
Frederikshavn	ingen højvande	-	-	-
Århus	52	-27	-37	1/4
Fredericia	80	-29	-30	-1/2
Slipshavn	77	-39	-39	-1/4
Korsør (+ 16 cm)	82	-41 (-25)	-38	1
Hornbæk	ingen højvande	-	-	-
København	37	-20	-18	-5/2
Fyns Hav (+ 18 cm)	117	-36 (-18)	-18	-7/4
Gedser (+ 17 cm)	121	-35 (-18)	-35	-5/4

27/1-1998:

Station	Målt [cm]	Mike21 - Målt [cm]	System21 - Målt [cm]	Fasefejl [timer] ('+' = M21 før)
Fredericia	ingen lavvande	-	-	-
Slipshavn	-36	-2	2	-3/4
Korsør (+ 16 cm)	-24	-14 (2)	-7	3/4
Hornbæk	ingen lavvande	-	-	-
København	-10	10	12	1/4
Fyns Hav (+ 18 cm)	-53	-19 (-1)	-8	-1
Gedser (+ 17 cm)	-51	-16 (1)	-10	1/2

28/1-1999:

Station	Målt [cm]	Mike21 - Målt [cm]	System21 - Målt [cm]	Fasefejl [timer] ('+' = M21 før)
Århus	ingen højevande	-	-	-
Fredericia	44	-4	-9	3/4
Slipshavn	43	-1	-13	1/4
Korsør (+ 16 cm)	53	-14 (2)	-22	3/2
Hornbæk	39	-9	-17	-1
København	50	-5	-10	-5/4
Fyns Hav (+ 18 cm)	84	-12 (6)	-17	-5/4
Gedser (+ 17 cm)	60	-14 (3)	-13	-7/4

30/1-1998:

Station	Målt [cm]	Mike21 - Målt [cm]	System21 - Målt [cm]	Fasefejl [timer] ('+' = M21 før)
Århus	ingen lavvande	-	-	-
Fredericia	-40	-8	-4	-1/4
Slipshavn	-42	7	9	-1
Korsør (+ 16 cm)	-28	-5 (11)	2	1/4
Hornbæk	ingen lavvande	-	-	-
København	-19	5	-2	7/4
Fyns Hav (+ 18 cm)	-64	-8 (10)	-5	-2
Gedser (+ 17 cm)	-54	-12 (5)	-4	-3/2

31/1-1998: *

Station	Målt [cm]	Mike21 - Målt [cm]	System21 - Målt [cm]	Fasefejl [timer] ('+' = M21 før)
Frederikshavn	ingen højvande	-	-	-
Århus	77	-21	-30	-3/2
Fredericia	100	-30	-34	-13/4
Slipshavn	116	-36	-45	-1
Korsør (+ 16 cm)	102	-25 (-9)	-30	-1/2
Hornbæk	56	-19	-21	-3/2
København	3 højvande	-	-	-
Fyns Hav (+ 18 cm)	127	-49 (-31)	-37	3/4
Gedser (+ 17 cm)	102	-41 (-24)	-36	3

3.2.3 Omkring 25/10-1998 (atmosfæredata hver 3. time)

Her blev der observeret en stormflod langs den jyske vestkyst med maksimalt målt vandstand på 2,97 meter ved Esbjerg. Mike21 gav en maksimal vandstand på 3,05 meter 3/4 til 1 time før den virkelige hændelse. Det er en fejl på blot 7 cm! (måske helt rigtig, da vandstandsmåleren kun registrerer hvert kvarter)

25/10-1998:

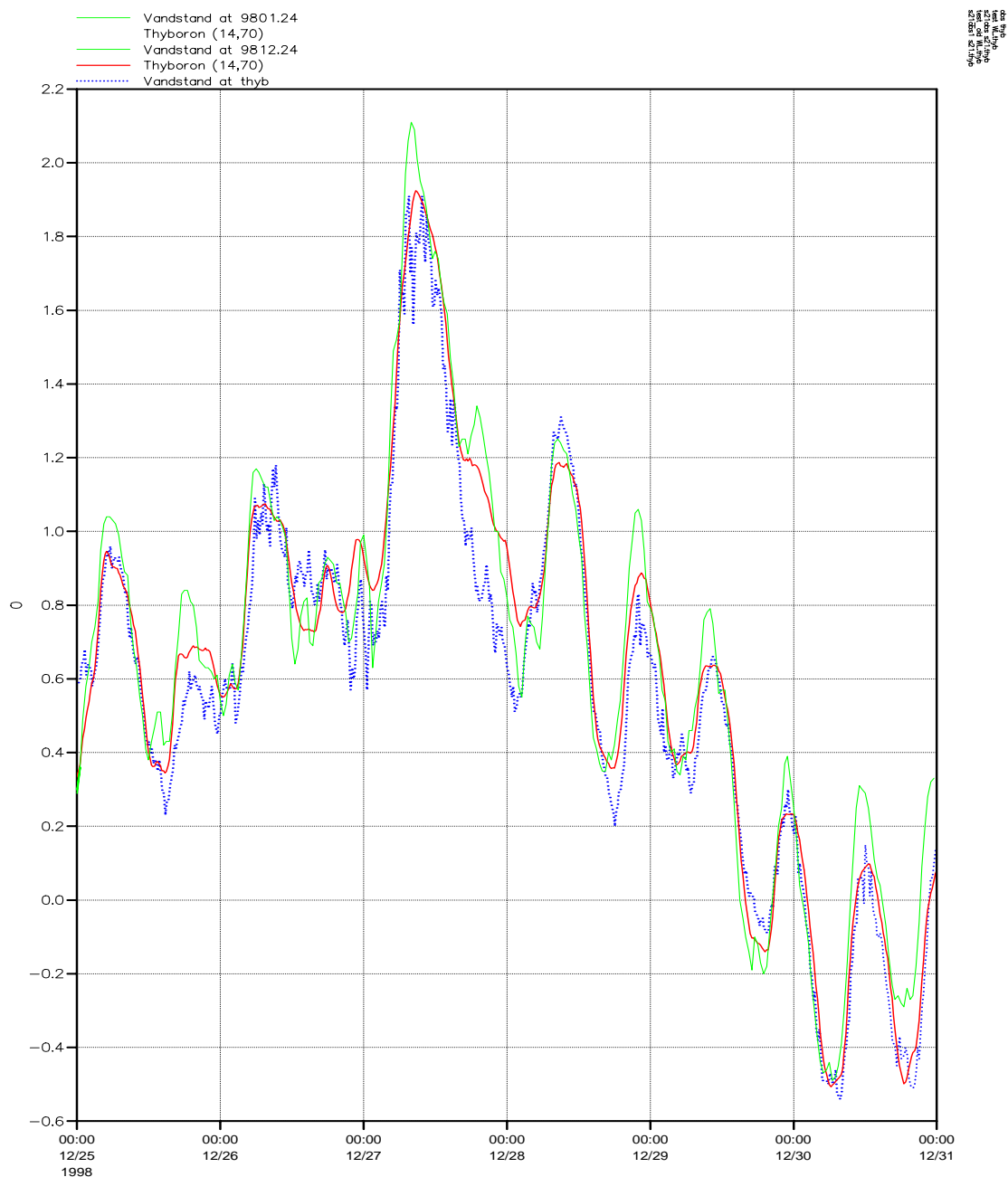
Station	Målt [cm]	Mike21 - Målt [cm]	System21 - Målt [cm]	Fasefejl [timer] ('+' = M21 før)
Esbjerg	297	7	Ingen data	3/4 - 1
Ribe	339	6	Ingen data	1
Hvide Sande	258	-25	Ingen data	2
Torsminde	213	-14	Ingen data	- 1/4
Thyborøn	202	-22	Ingen data	1/2
Hanstholm	137	3	Ingen data	3/4
Hirtshals	103	14	Ingen data	3/4
Frederikshavn	96	16	Ingen data	-1/2
Århus	95	4	Ingen data	-7/4
Syd for Århus	Stormflodspeak'et er næsten helt forsvundet			

27/12-1998:

Station	Målt [cm]	Mike21 - Målt [cm]	System21 - Målt [cm]	Fasefejl [timer] ('+' = M21 før)
Esbjerg	284	15	38	1/4
Ribe	312	27	46	0
Hvide Sande	233	-3	6	-3/4
Torsminde	207	-2	21	0
Thyborøn	191	-1	20	-1/4
Hanstholm	Simuleret forkert til at ankomme cirka 1 dag for tidligt (se tekst)			
Hirtshals	Simuleret forkert til at ankomme cirka 1 dag for tidligt (se tekst)			
Kattegat stationer	Simuleret forkert til at ankomme cirka 1 dag for tidligt (se tekst)			
Bælterne og Sundet	Simuleret forkert til at ankomme cirka 1 dag for tidligt (se tekst)			
Syd for Bælterne	Simuleret forkert til at ankomme cirka 1 dag for tidligt (se tekst)			

3.2.4 Omkring 27/12-1998

Her blev årets sidste stormflod observeret langs den jyske vestkyst. Ved Esbjerg nåede vandstandsmåleren op på 2,84 meter.

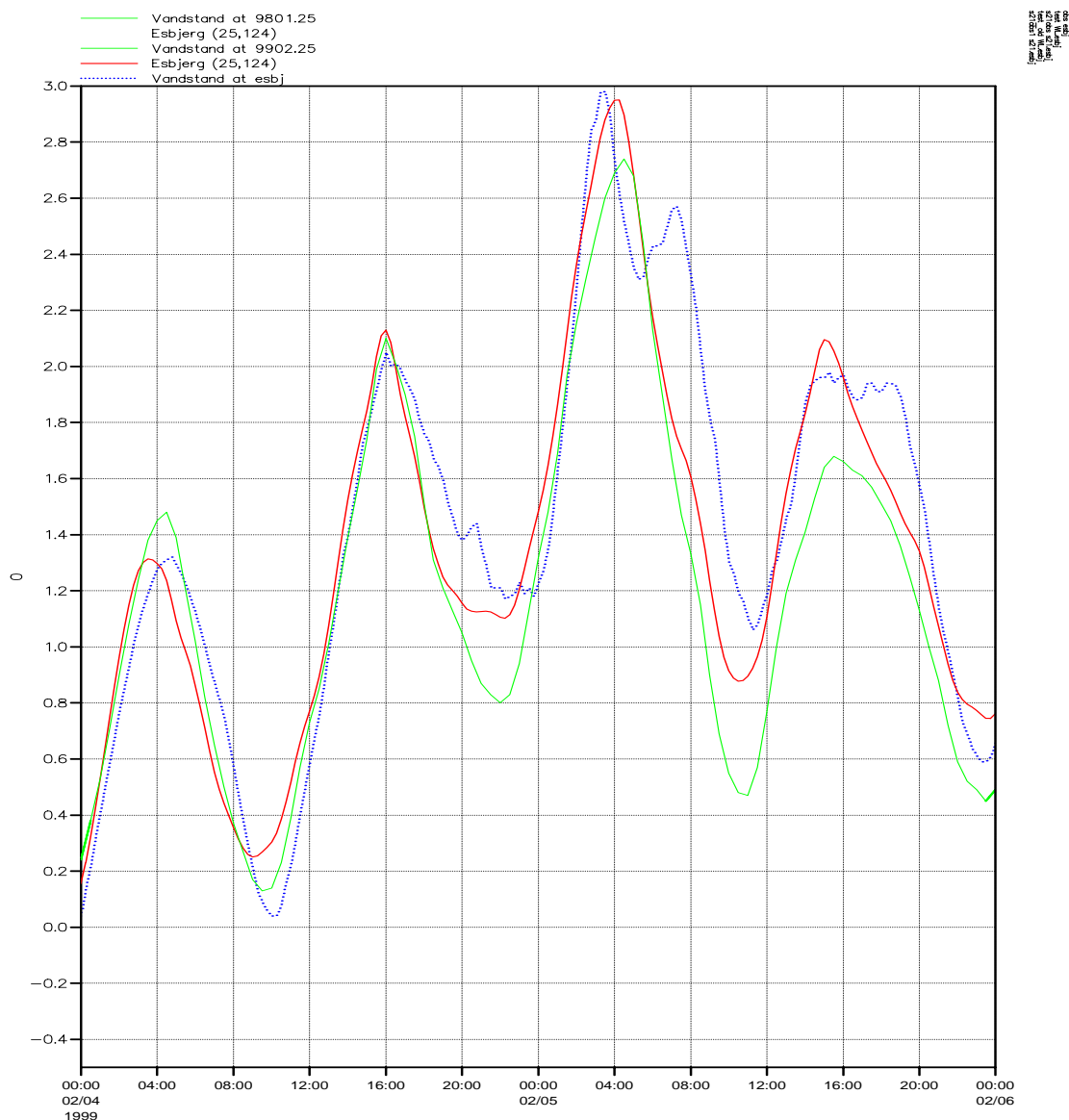


Figur (3.2) Vandstand ved Thyborøn omkring den 27/12-1998. Bemærk at simuleringen med Mike21 har et pænere og jævner forløb end simuleringen med System21.

Observationer: Blå prikkede linie.
System21: Grøn (lys) tynd linie.
Mike21: Rød (mørk) tyk linie.

I observationerne ses et noget underligt forløb af stormfloden. I Skagerrak (Hanstholm og Hirtshals), Kattegat og Bælthavet ses stormflodsbølgen først en dag senere end den blev observeret langs den sydlige del af den jyske vestkyst. Dette fænomen kan hverken Mike21

eller System21 modellere korrekt. De simulerer derimod stormflodsbølgen til at ankomme en dag før end den i virkeligheden blev observeret !! Dette skyldes sandsynligvis instabilitet tæt på nordranden ved Norske Rende. Som tidligere nævnt vil en stor bundfriktion rette op på denne instabilitet, men samtidigt vil den også dæmpe signalet, hvorved eventuelle rigtige peaks mistes!! I sidste ende må man vælge en bundfriktion, der tilfredsstillende begge problemer på en acceptabel måde.



Figur (3.3) Vandstand ved Esbjerg omkring den 5/2-1999.

Observationer: Blå prikkede linie.
 System21: Grøn (lys) tynd linie.
 Mike21: Rød (mørk) tyk linie.

3.2.5 Omkring 5/2-1999

Årets første stormflod langs den jyske vestkyst i 1999 fandt sted på denne dato. Den maksimale vandstand ved Esbjerg nåede op på næsten 3 meter (figur 3.3). Det skal bemærkes, at observationerne fra Torsminde og frem til Bælthavet samt igen syd for Bælthavet antager høje vandstande over mere end en dag, hvorved fasen bliver vanskelig at

bestemme. Men generelt rammer både Mike21 og System21 den forhøjede vandstand på nogenlunde det rigtige tidspunkt, men begge modeller har dog svært ved at fange det rigtige niveau ved både Hanstholm og Hirtshals. Specielt fejler Mike21 ved disse stationer i Skagerrak og i Frederikshavn, men det er dog den eneste korte stormflod, hvor System21 virker mere overbevisende end Mike21, og det kun ved disse 2 stationer. Kører man Mike21 med atmosfæredata med en frekvens af 3 timer i stedet for 1 time, så bliver output'et markant bedre for denne stormflod og signalet ved Hirtshals bliver omkring 15 cm bedre!

Ved Fredericia fanger Mike21 signalet med cirka 12 timers fasefejl (en typisk tidevandsperiode), men denne fasefejl findes kun i tiden lige omkring netop denne stormflod.

Observationerne ved Torsminde afslører, at den forhøjede vandstand indledes med en skarp højvande hvorefter signalet igen stiger med et langt maksimum gennem længere tid.

Ud fra observationerne kan man se, at vandstanden er lav syd for sundet og bælterne, mens vandstanden er forhøjet nord for sundet og bælterne.

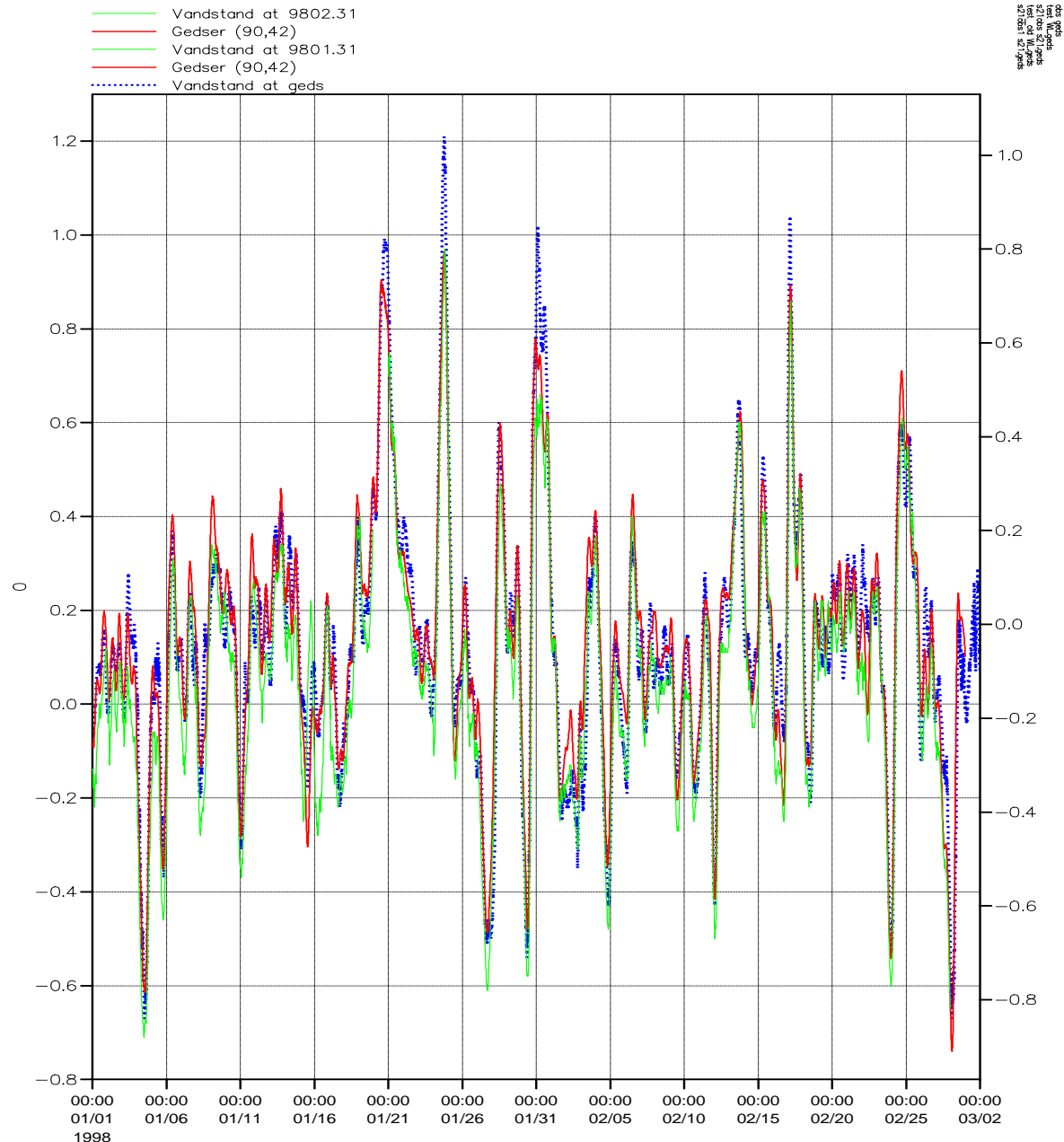
5/2-1999:

Station	Målt [cm]	Mike21 - Målt [cm]	System21 - Målt [cm]	Fasefejl [timer] ('+' = M21 før)
Esbjerg	298	-3	-24	-3/4
Ribe	348	-1	-28	-1/2
Hvide Sande	208	15	-15	19/4
Torsminde	190	-14	-28	1/4
Thyborøn	184	-22	-35	?
Hanstholm	105	15	5	?
Hirtshals	76	38	4	?
Frederikshavn	83	27	3	?
Århus	104	4	-24	?
Fredericia	80	-42	-19	-14/4
12 timer senere	70	-13	-15	9/4
Slipshavn	92	-1	-11	1
Korsør (+ 16 cm)	92	-8 (8)	-15	1/2
Hornbæk	132	5	-23	?
København	106	1	-11	?
Fyns Hav (+ 18 cm)	-86	-56 (-38)	-26	?
Gedser (+ 17 cm)	-74	-31 (-14)	-25	?

3.3 Perioden 15/9-1997 → 31/3-1999

Mike21 er kørt over en periode af ca. halvandet år i tidsrummet fra den 15/9-1997 til den 31/3-1999 begge dage inklusive. Udover rent tidevand på nordranden og på randen i den engelske kanal, så er inputtet til modellen Hirlam 15 vind- og trykfelter for hver 3. Time. Outputtet af modellen er overfladekort (t2-filer) af vandstanden og fluksen i x- og y-retningen for hver måned og de tilhørende hot-start-filer er gemt.

Et udsnit af denne tidsserie ved Gedser er vist på figur 3.4.



Figur (3.4) Vandstand ved Gedser i januar og februar 1998. Ligesom System21 signalet er korrigeret for en gennemsnitlig afvigelse fra observationerne, ligeså er Mike21 signalet korrigeret 17 cm, som er middelforskellen mellem Mike21 og vandstandsmåleren.

Observationer: Blå prikkede linie.
System21: Grøn (lys) tynd linie.
Mike21: Rød (mørk) tyk linie.