

Modelleren in de praktijk en de rol van GMP

Koen van der Hauw (Sweco)
Wouter Swierstra (RHDHV)

STOWA/NHV-bijeenkomst 'Goed modelleren in de praktijk'
13 juni 2024

Inhoud

- Reproduceerbaarheid
- Modelanalyse
- Modelcomplexiteit
- Modelvalidatie en –verificatie
- Conclusies

Transparantie en reproduceerbaarheid

Transparantie	Eenvoudig kunnen terugvinden wat er is gedaan
Reproduceerbaarheid	Zelfde resultaat opnieuw kunnen bereiken bij volgen van zelfde procedure

⇒ Faciliteert controle van resultaten

⇒ Faciliteert vinden / herstel van fouten

⇒ Faciliteert gebruik van nieuwe data

⇒ Faciliteert hergebruik van (delen van) aanpak

Realisatie reproduceerbaarheid

- Reproduceerbaarheid vereist niet dat werkwijze (volledig) is geautomatiseerd
- Een werkwijze die volledig is beschreven in woorden is ook reproduceerbaar

Onze aanpak voor reproduceerbaarheid

- Rapportage / presentaties
- Basisdata inclusief metadata
- Workflows inclusief documentatie
- Logboek

Transparantie en reproduceerbaarheid

SIF-instrumentarium

- Kleine, flexibele tools
- Batchfiles
- Controle
- Logging
- Metadata
- Flexibel
- Richtlijnen voor o.a.
 - Directory structuur
 - Naamgeving

Scriptinvoer

Project	Naam	Unit	Extensie	Type	Status	Formaat	Geometrie	WGS	SRID	CRS	Geometrie	WGS	SRID	CRS
1	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
2	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
3	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
4	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
5	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
6	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
7	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
8	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
9	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
10	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
11	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
12	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
13	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
14	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
15	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
16	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
17	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
18	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
19	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
20	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
21	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
22	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
23	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
24	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
25	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
26	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
27	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
28	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
29	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
30	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
31	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
32	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
33	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
34	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
35	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
36	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
37	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
38	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
39	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000
40	MyProject	Apulor	100	1	1	1.2045	000	000	000	000	000	000	000	000

Tools

- ✳ ExcelMapper.exe
- ✳ ExcelSelect.exe
- ✳ IDFExp.exe
- ✳ IDFGENconvert.exe
- ✳ IMFcreate.exe
- ✳ iMODmetadata.exe
- ✳ iMODvalidator.exe
- ✳ IPFreorder.exe
- ✳ ReplaceText.exe
- iMOD-batchfuncties
- NHI Iagntool

```
CI/Data/Modellen/Standarden/SF-SF-basis/ModelDemo/WORKIN.ORG/01 BufferExtent/01 GENcreate BufferExtent.bat - Notepad...
01 GENcreate BufferExtent.bat
REM *****
REM * Sweco iMOD Framework
REM * Version 1.0 october 2019
REM *
REM * GENcreate.bat
REM * DESCRIPTION
REM * Creates GEN-file(s) for extent coordinates
REM * AUTHOR(S): Koen van der Haug (Sweco)
REM *****
CALL :setProject

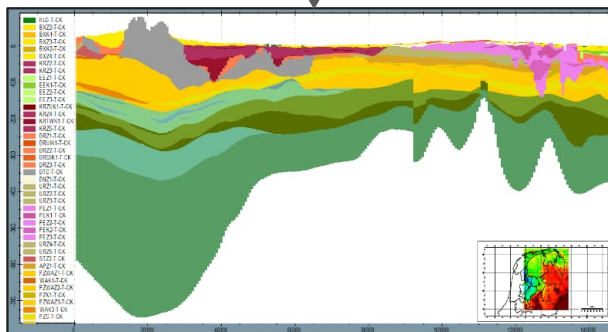
REM *****
REM * Script parameters *
REM *****
REM EXTENT: Comes separated base extent: all_yil,xur,yur (to use the defined bufferextent copy)
REM BUFFERDIST: Bufferdistance outside base extent for a second GEN-file, or leave empty to skip.
REM RESULTSPATH: Output path
REM GENFILE: GEN-filename for base extent
REM BUFFERGENFILE: GEN-filename for buffer extent if BUFFERDIST is defined
SET BUFFERDIST=
SET RESULTSPATH=%~dp0\SHA512\PATHS
SET GENFILE-BUFFEREXTENT.GEN
SET BUFFERGENFILE=
```

Batchfiles

```
SF-basis 04 IMODclip modelfiles
Clipping sourcepath "C:\Data\XXXX\BASE\LONG"
Base extent: ZNRNW_45ANN_Z21WNN_46650W
Buffer distance: 2500
The specified SOURCEPATH is not existing: C:\Data\XXXX\BASE\LONG
AN ERROR HAS OCCURRED! Check logfile "04 IMODclip modelfiles.log"
Press any key to continue . . .
```

```
iMODvalidator.exe
C:\Data\XXXX\BASE\LONG\...
Validated: 12/12/2019 14:20:00
Status: OK
```

Resultaten



Controles

Logfiles

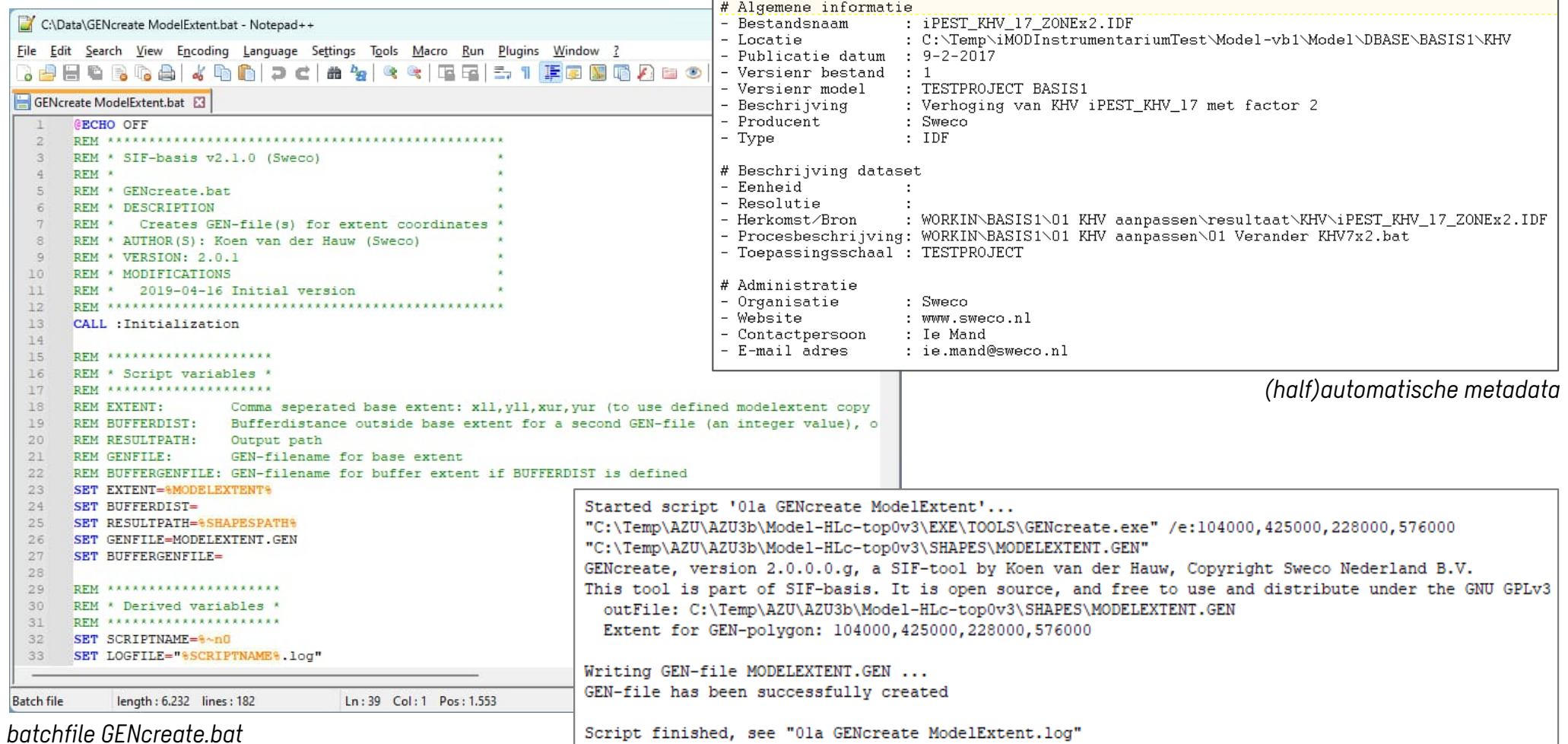
```
iMODvalidator.exe
C:\Data\XXXX\BASE\LONG\...
Validated: 12/12/2019 14:20:00
Status: OK
```

Metadata

Transparantie en reproduceerbaarheid

Batchfiles

- Koppeling tussen modelinvoer, tools, controle, logging, metadata
- Krachtig, standaard en relatief eenvoudig
- Leesbaar door commentaar en instellingen bovenin
- Relatieve paden d.m.v. environment-variabelen



```
1 @ECHO OFF
2 REM *****
3 REM * SIF-basis v2.1.0 (Sweco) *
4 REM *
5 REM * GENcreate.bat *
6 REM * DESCRIPTION *
7 REM * Creates GEN-file(s) for extent coordinates *
8 REM * AUTHOR(S): Koen van der Hauw (Sweco) *
9 REM * VERSION: 2.0.1 *
10 REM * MODIFICATIONS *
11 REM * 2019-04-16 Initial version *
12 REM *****
13 CALL :Initialization
14
15 REM *****
16 REM * Script variables *
17 REM *****
18 REM EXTENT: Comma separated base extent: xll,yll,xur,yur (to use defined modelextent copy
19 REM BUFFERDIST: Bufferdistance outside base extent for a second GEN-file (an integer value), 0
20 REM RESULTPATH: Output path
21 REM GENFILE: GEN-filename for base extent
22 REM BUFFERGENFILE: GEN-filename for buffer extent if BUFFERDIST is defined
23 SET EXTENT=%MODELEXTENT%
24 SET BUFFERDIST=
25 SET RESULTPATH=%SHAPESPATH%
26 SET GENFILE=MODELEXTENT.GEN
27 SET BUFFERGENFILE=
28
29 REM *****
30 REM * Derived variables *
31 REM *****
32 SET SCRIPTNAME=%~n0
33 SET LOGFILE="%SCRIPTNAME%.log"
```

```
# Algemene informatie
- Bestandsnaam : iPEST_KHV_17_ZONEEx2.IDF
- Locatie : C:\Temp\iMODInstrumentariumTest\Model-vb1\Model\DBASE\BASIS1\KHV
- Publicatie datum : 9-2-2017
- Versienr bestand : 1
- Versienr model : TESTPROJECT BASIS1
- Beschrijving : Verhoging van KHV iPEST_KHV_17 met factor 2
- Producent : Sweco
- Type : IDF

# Beschrijving dataset
- Eenheid :
- Resolutie :
- Herkomst/Bron : WORKIN\BASIS1\01 KHV aanpassen\resultaat\KHV\iPEST_KHV_17_ZONEEx2.IDF
- Procesbeschrijving: WORKIN\BASIS1\01 KHV aanpassen\01 Verander KHV7x2.bat
- Toepassingsschaal : TESTPROJECT

# Administratie
- Organisatie : Sweco
- Website : www.sweco.nl
- Contactpersoon : Ie Mand
- E-mail adres : ie.mand@sweco.nl
```

(half)automatische metadata

```
Started script '01a GENcreate ModelExtent'...
"C:\Temp\AZU\AZU3b\Model-HLc-top0v3\EXE\TOOLS\GENcreate.exe" /e:104000,425000,228000,576000
"C:\Temp\AZU\AZU3b\Model-HLc-top0v3\SHAPES\MODELEXTENT.GEN"
GENcreate, version 2.0.0.0.g, a SIF-tool by Koen van der Hauw, Copyright Sweco Nederland B.V.
This tool is part of SIF-basis. It is open source, and free to use and distribute under the GNU GPLv3
outFile: C:\Temp\AZU\AZU3b\Model-HLc-top0v3\SHAPES\MODELEXTENT.GEN
Extent for GEN-polygon: 104000,425000,228000,576000

Writing GEN-file MODELEXTENT.GEN ...
GEN-file has been successfully created

Script finished, see "01a GENcreate ModelExtent.log"
```

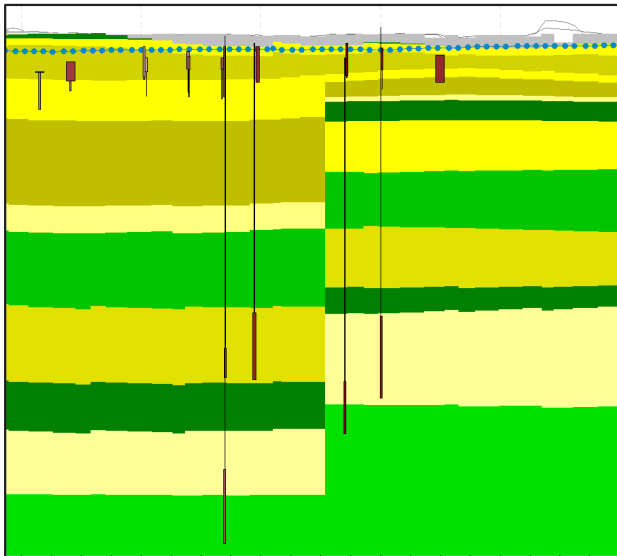
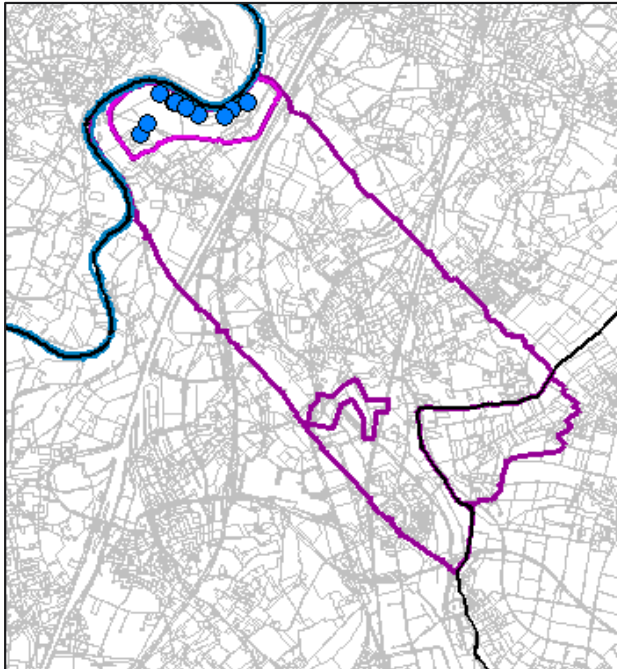
Batch file length: 6.232 lines: 182 Ln: 39 Col: 1 Pos: 1.553

batchfile GENcreate.bat

Tool logfile

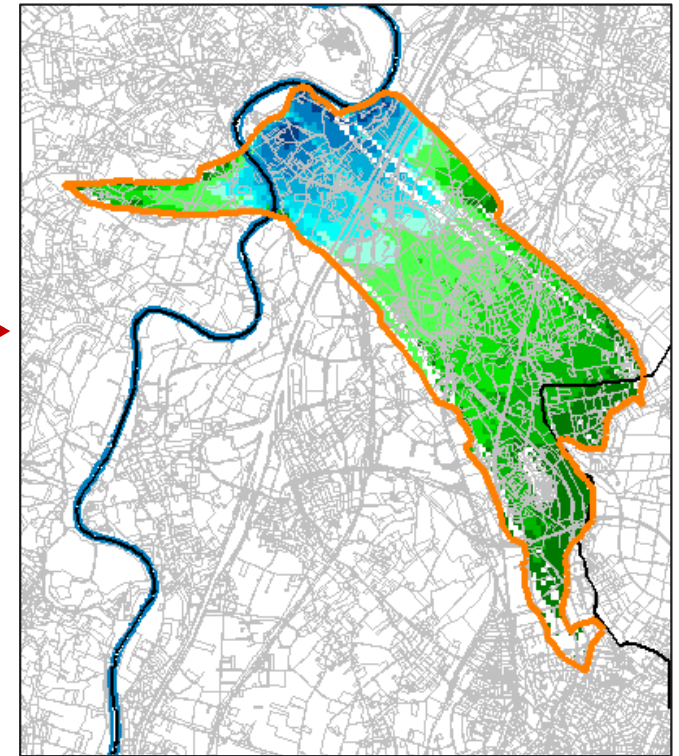
Transparantie en reproduceerbaarheid

Workflows: opeenvolging van SIF-batchfiles in een (sub)directory



- analyse
- postprocessing
- resultaat
- startpoints
- tmp
- 00 IPF2GEN winningen ondiep.bat
- 00 IPF2GEN winningen ondiep.log
- 01a Maak ISD-file Interessegebied FW_HEAD_L1.bat
- 01a Maak ISD-file Interessegebied FW_HEAD_L1.log
- 01b Start IMODPATH Interessegebied FW_HEAD_L1.bat
- 01b Start IMODPATH Interessegebied FW_HEAD_L1.log
- 02a Maak ISD-file 25j-zone BW.bat
- 02a Maak ISD-file 25j-zone BW.log
- 02b Start IMODPATH 25j-zone BW.bat
- 02b Start IMODPATH 25j-zone BW.log
- 02c Start IMODPATH 25j-zone BW por40.bat
- 02c Start IMODPATH 25j-zone BW por40.log
- 03a Maak ISD-file 25j-zone BW_intrekgebiedondiep.bat
- 03a Maak ISD-file 25j-zone BW_intrekgebiedondiep.log
- 03b Start IMODPATH 25j-zone BW_intrekgebiedondiep.bat
- 03b Start IMODPATH 25j-zone BW_intrekgebiedondiep.log
- 04a Bepaal Convexhull 25j-zoneBW.bat
- 04a Bepaal Convexhull 25j-zoneBW.log
- 04b Bepaal Chull buffer 25j-zoneBW.bat
- 04b Bepaal Chull buffer 25j-zoneBW.log
- 05a Maak ISD-file CHull buffer FW_TOP3-BOT12.bat
- 05a Maak ISD-file CHull buffer FW_TOP3-BOT12.log
- 05b Start IMODPATH CHull buffer FW_TOP3-BOT12.bat
- 05b Start IMODPATH CHull buffer FW_TOP3-BOT12.log
- 06a IPF2GEN winningen ondiep 100m.bat
- 06a IPF2GEN winningen ondiep 100m.log
- 06b IPFselect CHull buffer FW_TOP3-BOT12.bat
- 06b IPFselect CHull buffer FW_TOP3-BOT12.log
- 07 XYZ2IDF 25-jaarszone.bat
- 07 XYZ2IDF 25-jaarszone.log
- 08a Bepaal concave hull 25-jaarszoneFW.bat
- 08a Bepaal concave hull 25-jaarszoneFW.log
- 08b Bepaal Chull buffer 25j-zoneFW.bat
- 08b Bepaal Chull buffer 25j-zoneFW.log

Set scripts voor bepaling beschermingszone rond drinkwaterwinning.
Input: winlocatie, model
Output: zones, contour



Door workflow wordt gevoeligheidsanalyse van reistijdberekeningen praktisch haalbaar.

Transparantie en reproduceerbaarheid

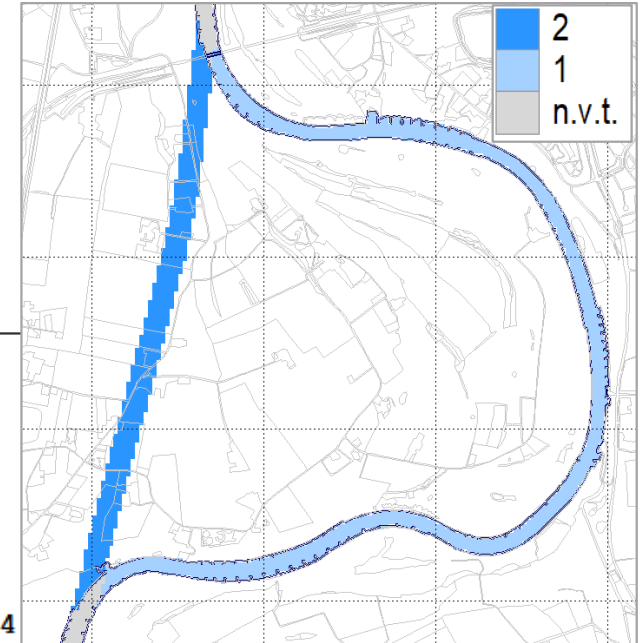
Voorbeeld A: verlegging waterloop

- zonegrid
- expressies via IDFexp INI-file

```

REM Inlezen basisgrids
ZONE_SCENA=input\Zoneringscena.IDF
RIV_PEIL=%DBASEPATH%\REF\RIV\RIVSYS1_PEIL.IDF
RIV_BODEM=%DBASEPATH%\REF\RIV\RIVSYS1_BODEM.IDF
RIV_COND=%DBASEPATH%\REF\RIV\RIVSYS1_COND.IDF
RIV_INFECT=%DBASEPATH%\REF\RIV\RIVSYS1_INFECT.IDF

REM Aanpassingen voor maatregel A
RIV\RIVSYS1_PEIL_SCENA = IF (ZONE_SCENA==1, NoData, IF (ZONE_SCENA==2, 4
RIV\RIVSYS1_BODEM_SCENA = IF (ZONE_SCENA==1, NoData, IF (ZONE_SCENA==2, 0.9, RIV_BODEM))
RIV\RIVSYS1_COND_SCENA = IF (ZONE_SCENA==1, NoData, IF (ZONE_SCENA==2, 625, RIV_COND))
RIV\RIVSYS1_INFECT_SCENA = IF (ZONE_SCENA==1, NoData, IF (ZONE_SCENA==2, 0.33, RIV_INFECT))
    
```



Voorbeeld B: verwijderen peilbuisfilters uit kalibratieset

- Excelsheet

ID	Verwijderd	Categorie	Opmerking
B32H0094_1	ja	Lokale leemlaag	Lokale leemlaag De Ginkel (in model DRGik) is hier in te kleine zone aanwezig en heeft veel te weinig weerstand
B32H0191_1	ja	Lokale leemlaag	Lokale leemlaag De Ginkel (in model DRGik) is hier in te kleine zone aanwezig en heeft veel te weinig weerstand
B32H0198_1	ja	Lokale leemlaag	Lokale leemlaag De Ginkel (in model DRGik) is hier in te kleine zone aanwezig en heeft veel te weinig weerstand
B32H0198_2	ja	Lokale leemlaag	Lokale leemlaag De Ginkel (in model DRGik) is hier in te kleine zone aanwezig en heeft veel te weinig weerstand
B32H0213_1	ja	Lokale leemlaag	Lokale leemlaag De Ginkel (in model DRGik) is hier in te kleine zone aanwezig en heeft veel te weinig weerstand
B32H0215_1	ja	Lokale leemlaag	Lokale leemlaag De Ginkel (in model DRGik) is hier in te kleine zone aanwezig en heeft veel te weinig weerstand
B16C0140_1	ja	Meetfout?	Filter B16C0140_1 wijkt sterk af, stijghoogte ver boven maaiveld en afwijkend tov nabijgelegen filter
B27B0500_1	ja	Meetfout?	Filter in L26 (DTc) wijkt sterk af van vlakbij gelegen filter en heeft stijghoogte 1,8m boven maaiveldniveau, lijkt niet
B40A2142_1	ja	Meetfout	2 peilbuizen 11m te nat berekend. Gemeten stijghoogte ligt in beek op 10m-mv, 9m onder onderkant filter, dus moet
B40A2143_1	ja	Meetfout	2 peilbuizen 11m te nat berekend. Gemeten stijghoogte ligt in beek op 10m-mv, 9m onder onderkant filter, dus moet
5H0821_1	ja	Schijngrondwaterspiegel	kalset I5, 2 filters met extreme residuen, FltTop vlak onder maaiveld, gemeten niveau ook, lijkt schijngrondwaterspiegel
5H0822_2	ja	Schijngrondwaterspiegel	kalset I5, 2 filters met extreme residuen, FltTop vlak onder maaiveld, gemeten niveau ook, lijkt schijngrondwaterspiegel
7B0004_1	ja	Schijngrondwaterspiegel	Ondiep filter (in MF6_L26) met extreme stijghoogte tov omliggende filters (>10m afwijking), vlakbij B27B0293_1
7B0008_1	ja	Schijngrondwaterspiegel	Ondiep filter (in MF6_L26) met extreme stijghoogte tov omliggende filters (5m afwijking), vlakbij B27B0387_1
B27B0293_1	ja	Schijngrondwaterspiegel	Ondiep filter (in MF6_L26) met extreme stijghoogte tov omliggende filters (>10m afwijking), vlakbij B27B0004_1
B27B0387_1	ja	Schijngrondwaterspiegel	Ondiep filter met extreme stijghoogte tov omliggende filters (5m afwijking), vlakbij B27B0008_1

Modelverificatie

Bron	Begrip	Definitie
<u>Handboek GMP</u>	Verificatie	Toetsing van vertaalslag naar conceptueel model (software). Leidt niet tot zekerheid omtrent correctheid, hoogstens tot meer vertrouwen.
	Validatie	vergelijken van modeluitvoer met onafhankelijke set meetgegevens (d.w.z. nog niet in kalibratie gebruikt), om te kunnen vaststellen of het model 'goed' is: - of het model het verleden kan reproduceren met de vereiste nauwkeurigheid - of het concept goed is (bijv. of het model het systeemgedrag goed beschrijft) - of het model geschikt is om alle vragen te beantwoorden.
<u>Wikipedia</u>	Verificatie	Controle of systeem juist is gemaakt (alle eisen verwerkt?)
	Validatie	Controle of juiste systeem is gemaakt (doet het wat de klant wil?)

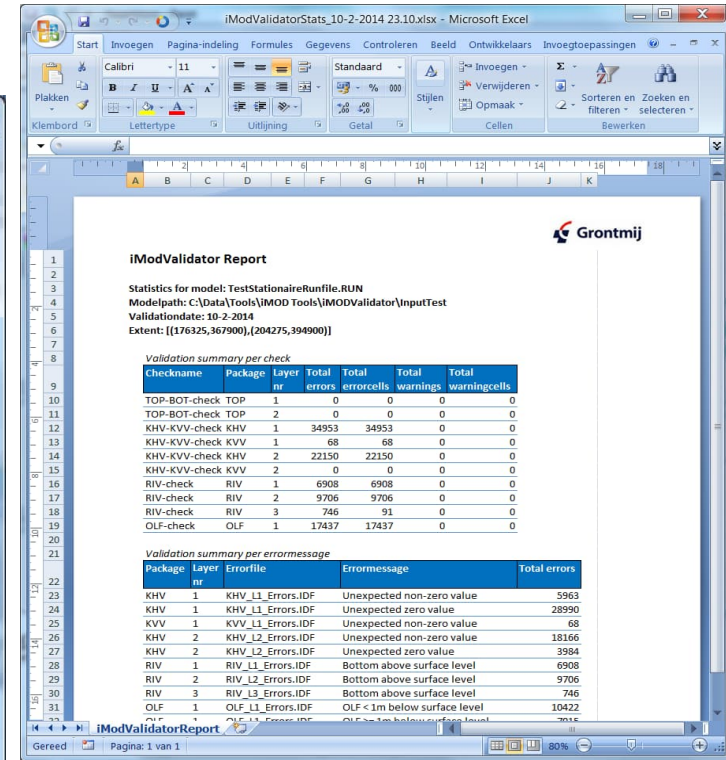
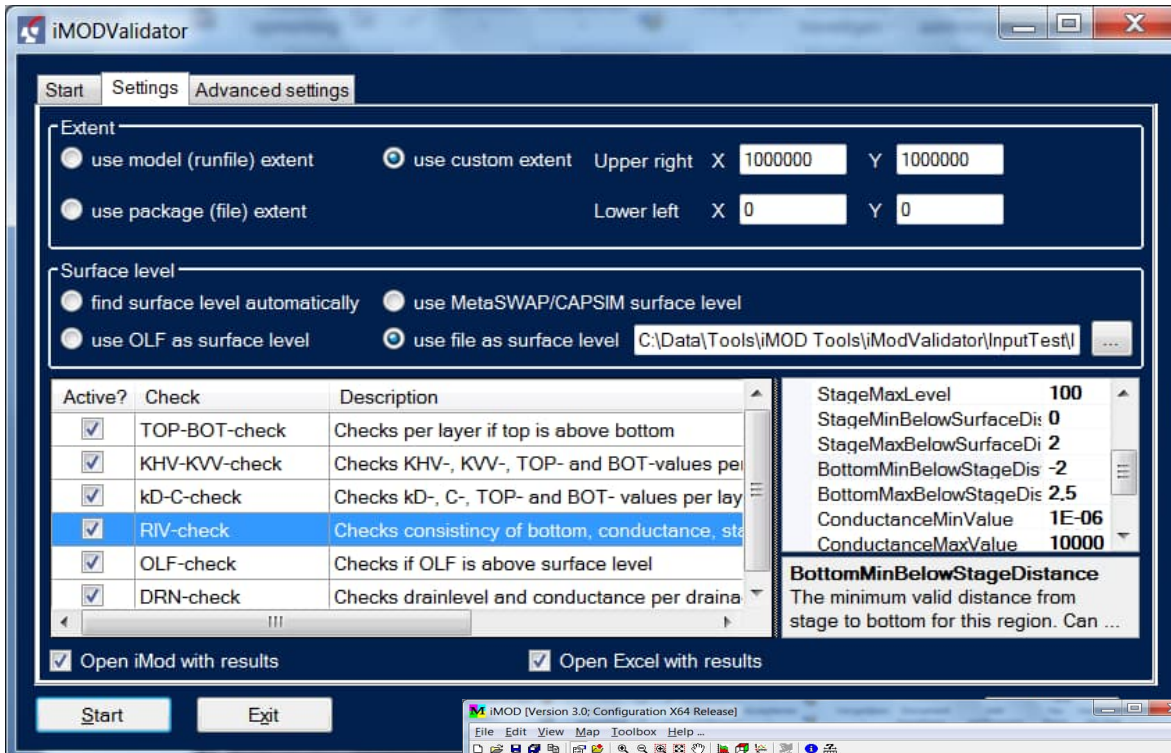
- Testberekening
- Controleer ruimtelijke schematisatie
 - Consistentie modelinvoer
 - Afgeleide kD en c-waarden
 - Visualisatie, dwarsprofielen
 - Controle invloed modelranden
 - ...

3.9	Verifieer het model	3-1
3.9.1	Verificatie versus validatie.....	3-1
3.9.2	Controle op implementatievoorschriften van het gebruikte modelprogramma	3-1
3.9.3	Dimensie-analyse (alleen voor programmerende modellers)	3-1
3.9.4	Run een bekend eenvoudig voorbeeld	3-1
3.9.5	Controleer de ruimtelijke schematisatie	3-1

GMP

Modelverificatie

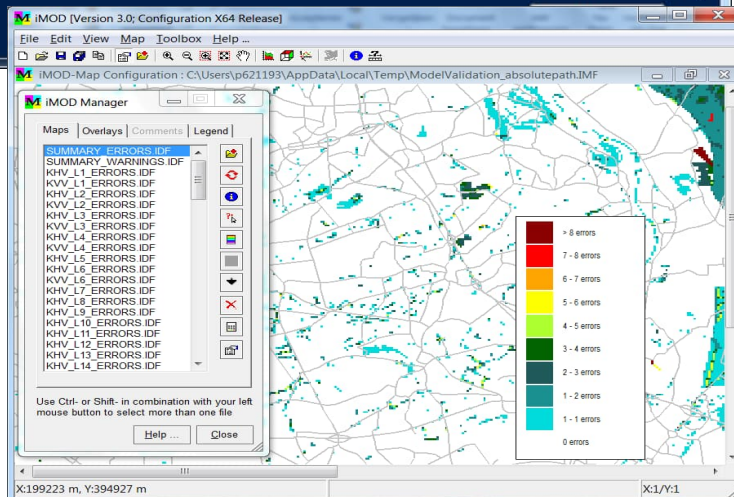
iMODValidator: automatische (deel)controle modelinvoer



	invalid infiltrationfactor
	Stage level above OLF
	Unexpected negative value
	Unexpected zero value
	Inconsistent RIV-files
	No errors found.

	DRN-level below RIV-stage
	No errors found.

	Unexpected negative value
	Level above OLF
	Inconsistent DRN-files
	No errors found.



Modelverificatie en modelcorrectheid

Handboek Good Modelling Practice:

Wetenschapsfilosofie stelt dat je niet kan aantonen dat het model 'correct' is, alleen dat het model niet correct is ...

Door experimenteren (validatie-testen), kan wel het vertrouwen in het model worden verhoogd. Het model is na voldoende geslaagde testen niet 'valide' of 'goed' maar 'goed genoeg', waarbij dat genoeg bepaald wordt door de eisen die van te voren zijn gesteld.

Het model kan dan (in meerdere of mindere mate) als 'gevalideerd' worden beschouwd.

Let op: modellen mogen eigenlijk niet worden gebruikt om te extrapoleren in ruimte of tijd. Probeer in dat geval wel te valideren voor situatie met grote gelijkens aan voorspelde situatie en presenteer onzekerheden!

Modelcomplexiteit

- Steeds meer 'werkelijkheid' in modellen

25 jaar geleden: 5 modellagen, veel vereenvoudiging, veel begrip ...
nu: tientallen modellagen, heel veel detail, meer begrip ?

⇒ Meer kans op fouten

⇒ Door complexiteit is veel tijd nodig om model en modelsoftware te beheersen

⇒ Meer noodzaak voor specialisatie: steeds meer weten van steeds minder

- Model is een vereenvoudiging van de werkelijkheid
- Benodigde mate van complexiteit hangt van doel

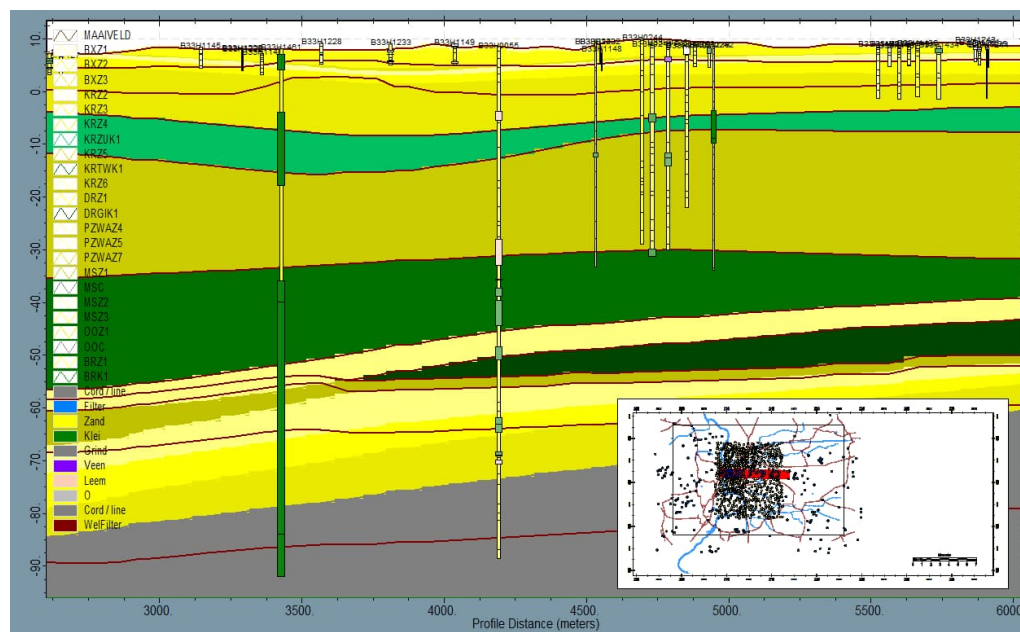
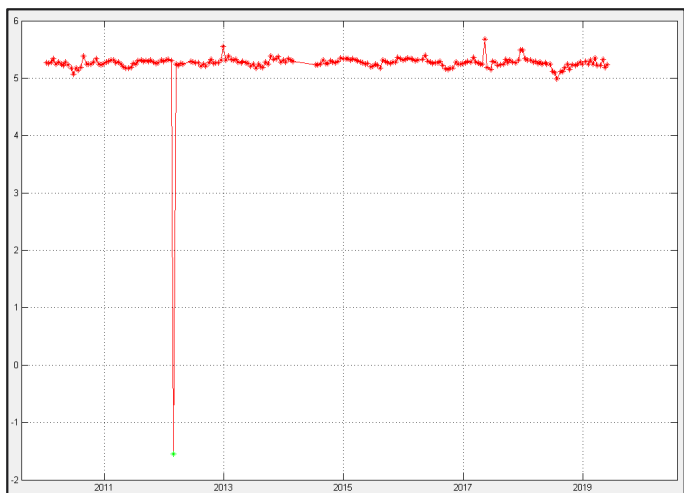
⇒ Kennis van zaken ...

⇒ Voldoende systeeminzicht voor analyse en controle

⇒ Goede gereedschappen voor analyse en controle

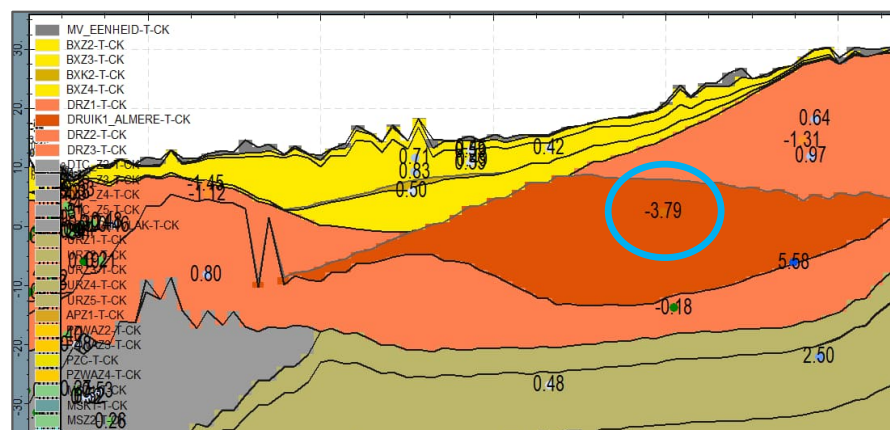
Modelcontroles

Overige controles tussen verificatie en validatie ...



Voorbeeld vergelijking modellen met boringen

Voorbeeld meetfout tijdstijghoogtereeks DINOluket



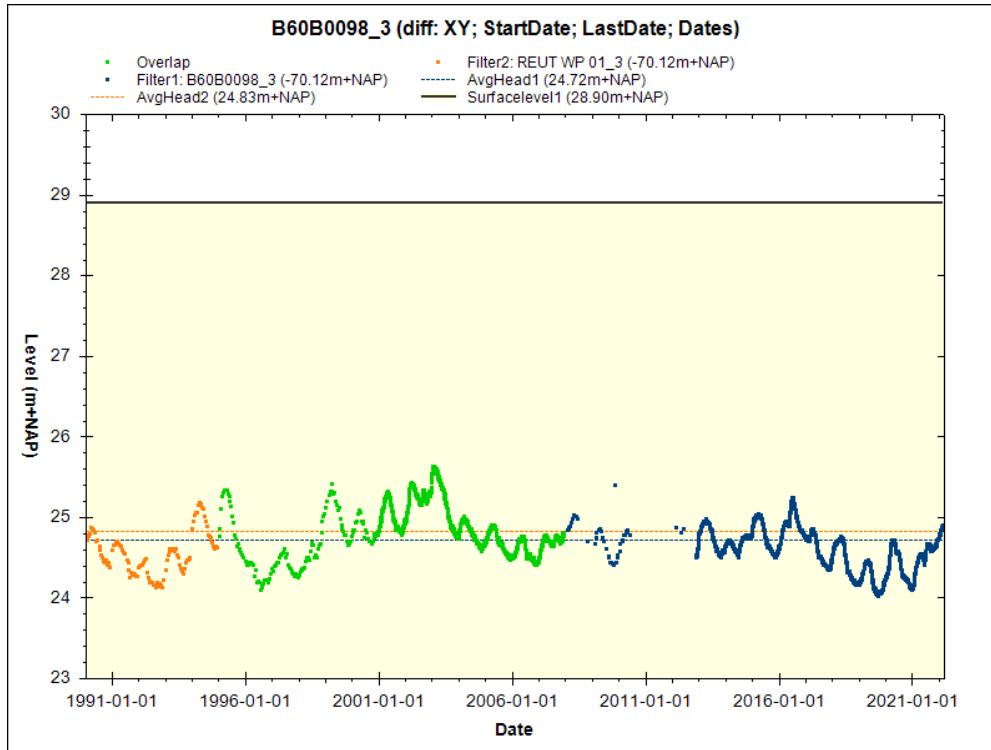
Filter in slecht doorlatende laag: meet- of schematisatiefout?



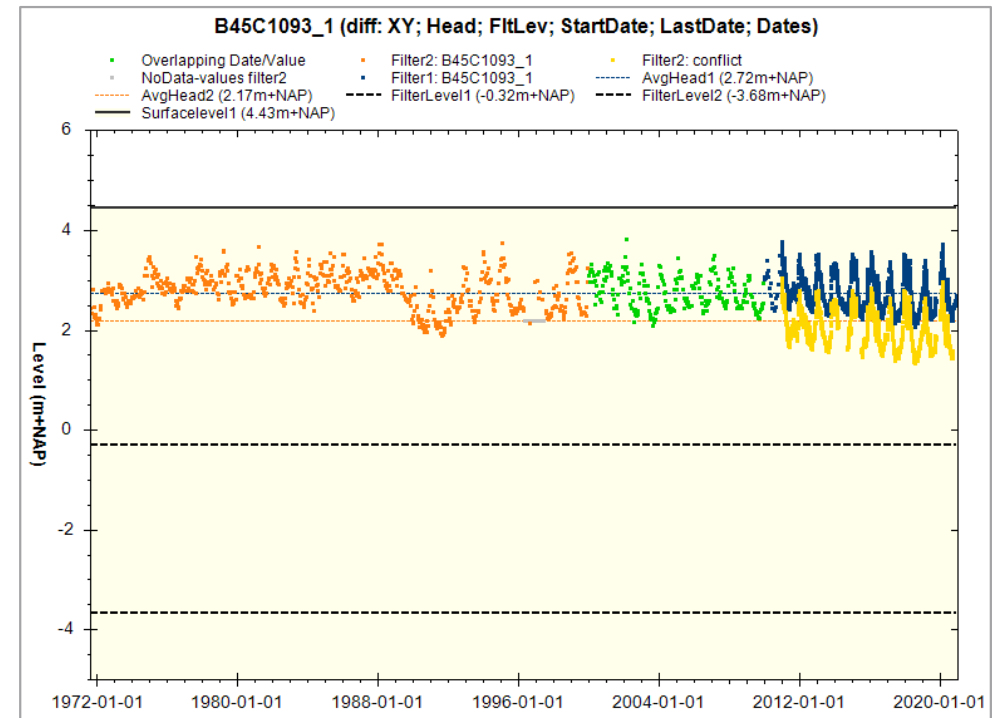
Model 2 m te droog t.o.v. meting in schijngrondwaterspiegel; is filter wel geschikt voor validatie?

Goed gereedschap

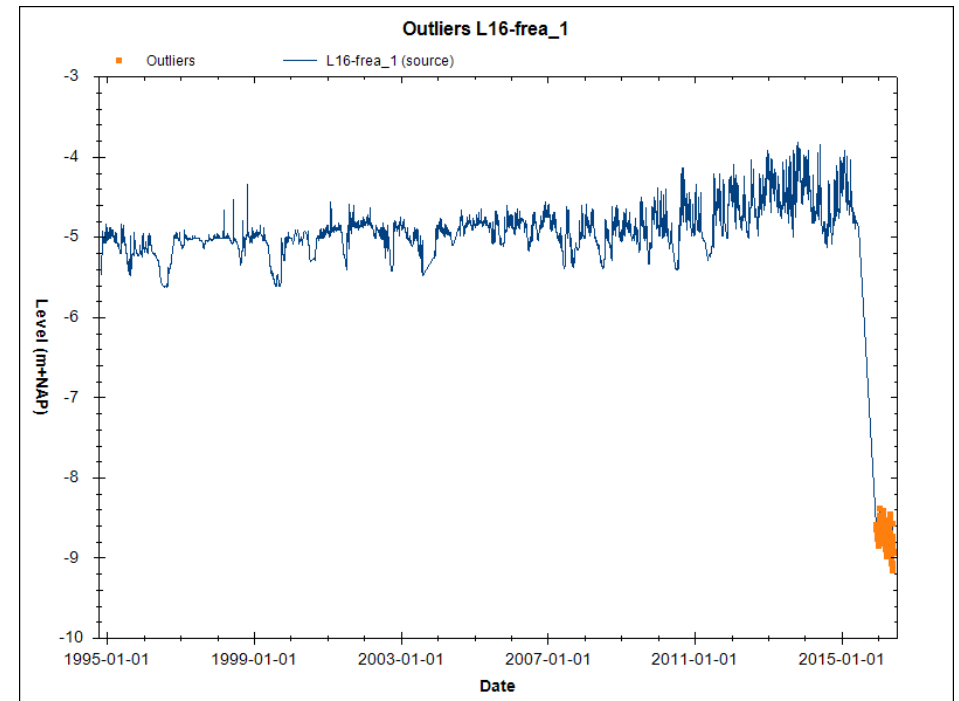
Combineren meetreeksen peilbuisfilters



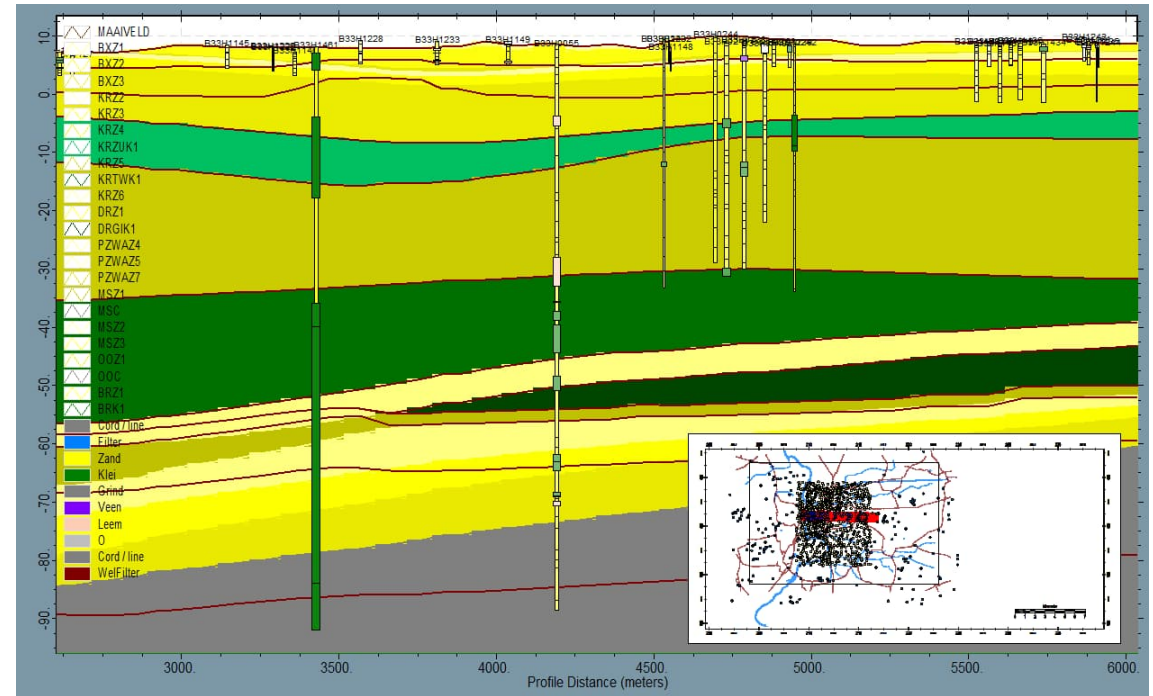
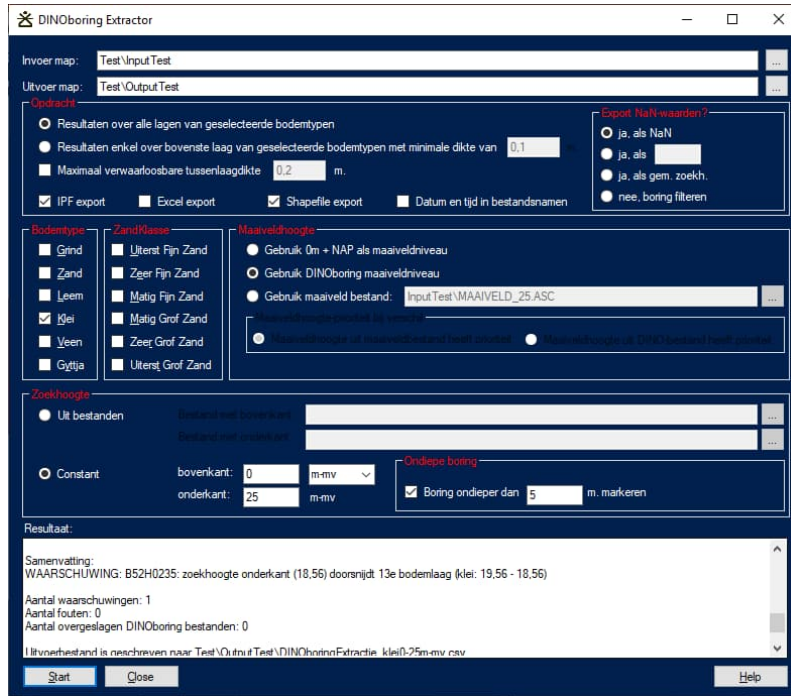
Match tussen twee filters met verschil in ID, XY
blauw: filter 1; groen: overlap; oranje: filter 2



blauw: filter 1; groen: overlap; oranje: filter 2; geel: conflict



Goed gereedschap



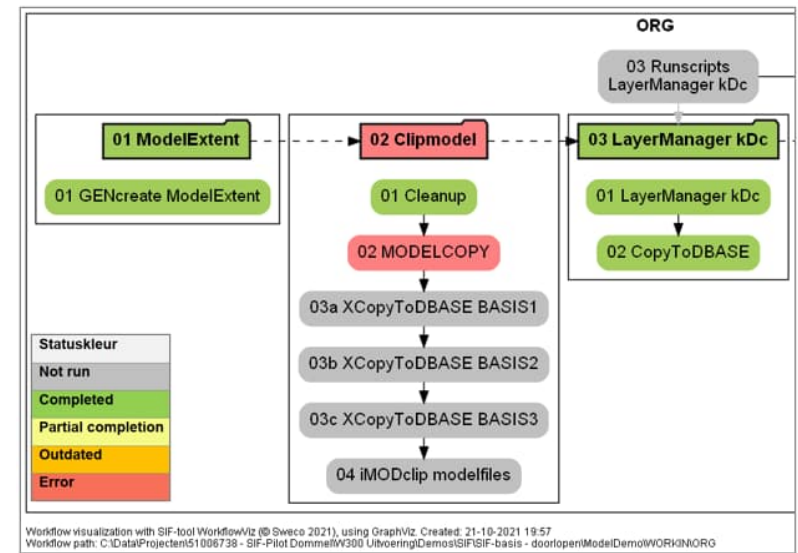
DINO Boring Extractor: analyse DINOloket boringen: selectie, conversie, lithologie TXT-files

iMOD dwarsprofiel

Summary of absolute water balance post of layers 1 to 3

Zone	Layer	Post	Type	IN (m3)	OUT (m3)	SUM (m3)	AREA (m2)	IN (mm)	OUT (mm)	SUM (mm)
1	1-3	RECHARGE	Extern	31884,3	0,0	31884,3	40219217	0,79	0,00	0,79
1	1-3	OVERLAND_FLOW	Extern	0,0	0,0	0,0	40219217	0,00	0,00	0,00
1	1-3	DRAINAGE	Extern	0,0	-2970,3	-2970,3	40219217	0,00	-0,07	-0,07
1	1-3	RIVERS_SYS1	Extern	225,1	-446,7	-221,6	40219217	0,01	-0,01	-0,01
1	1-3	RIVERS_SYS2	Extern	973,8	-10168,7	-9194,9	40219217	0,02	-0,25	-0,23
1	1-3	RIVERS_SYS3	Extern	77,3	-2308,9	-2231,5	40219217	0,00	-0,06	-0,06
1	1-3	RIVERS_SYS4	Extern	0,0	-4071,3	-4071,3	40219217	0,00	-0,10	-0,10
1	1-3	RIVERS_SYS5	Extern	0,0	-2175,6	-2175,6	40219217	0,00	-0,05	-0,05
1	1-3	RIVERS_SYS6	Extern	2074,0	-11031,8	-8957,9	40219217	0,05	-0,27	-0,22
1	1-3	RIVERS_SYS7	Extern	0,0	-6115,3	-6115,3	40219217	0,00	-0,15	-0,15
1	1-3	RIVERS_SYS8	Extern	0,0	-1167,6	-1167,6	40219217	0,00	-0,03	-0,03
1	1-3	WELLS	Extern	0,0	0,0	0,0	40219217	0,00	0,00	0,00
1	1-3	CONSTANT_HEAD	Extern	0,0	0,0	0,0	40219217	0,00	0,00	0,00
1	1	FLUX_UPPER_FACE	Intern	0,0	0,0	0,0	40219217	0,00	0,00	0,00
1	1-3	FLUX_FRONT_FACE	Extern	1285,2	-393,3	891,9	40219217	0,03	-0,01	0,02
1	1-3	FLUX_RIGHT_FACE	Extern	2202,4	-150,5	2052,0	40219217	0,05	0,00	0,05
1	3	FLUX_LOWER_FACE	Intern	8667,1	-6389,8	2277,3	40219217	0,22	-0,16	0,06
1	Total							1,18	-1,18	0,00

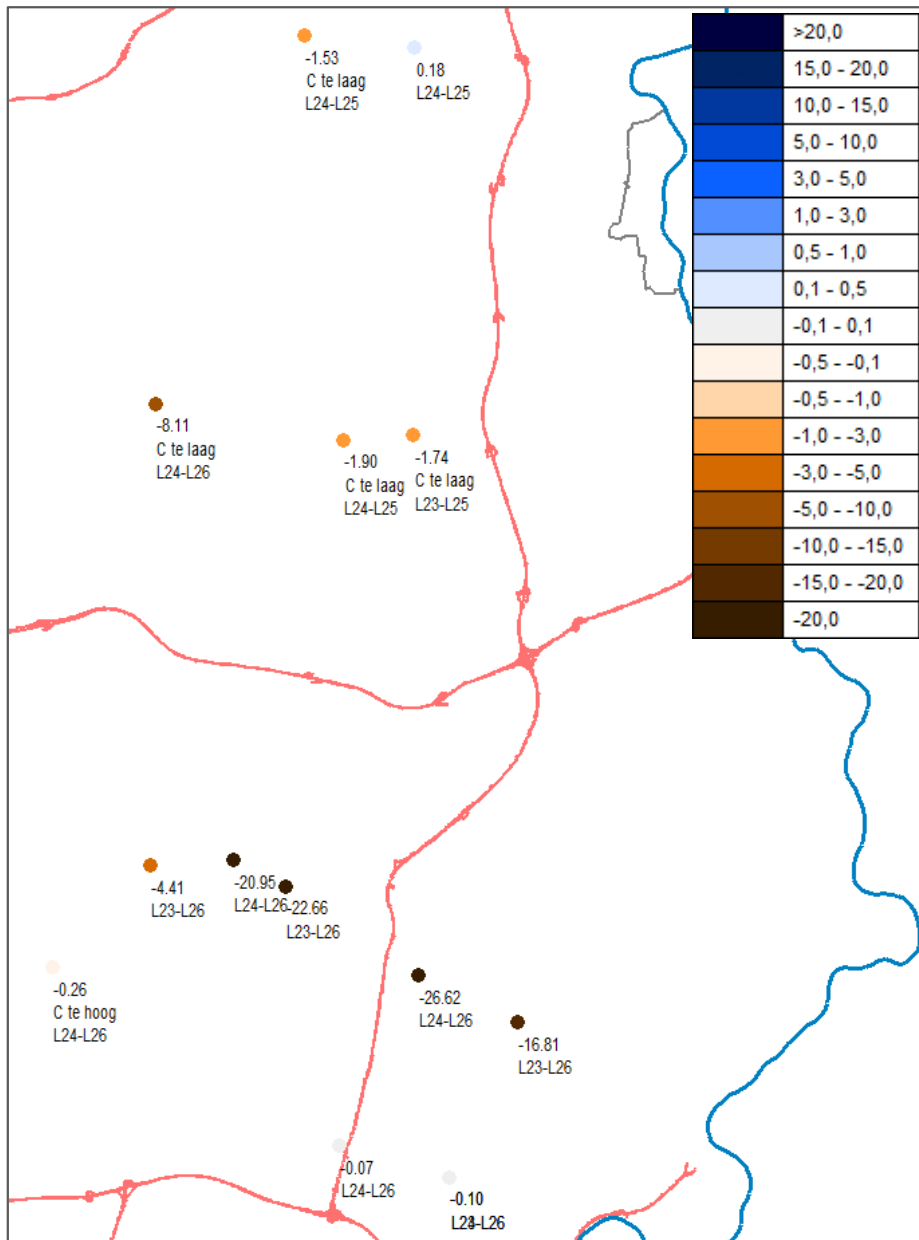
Waterbalansanalyse



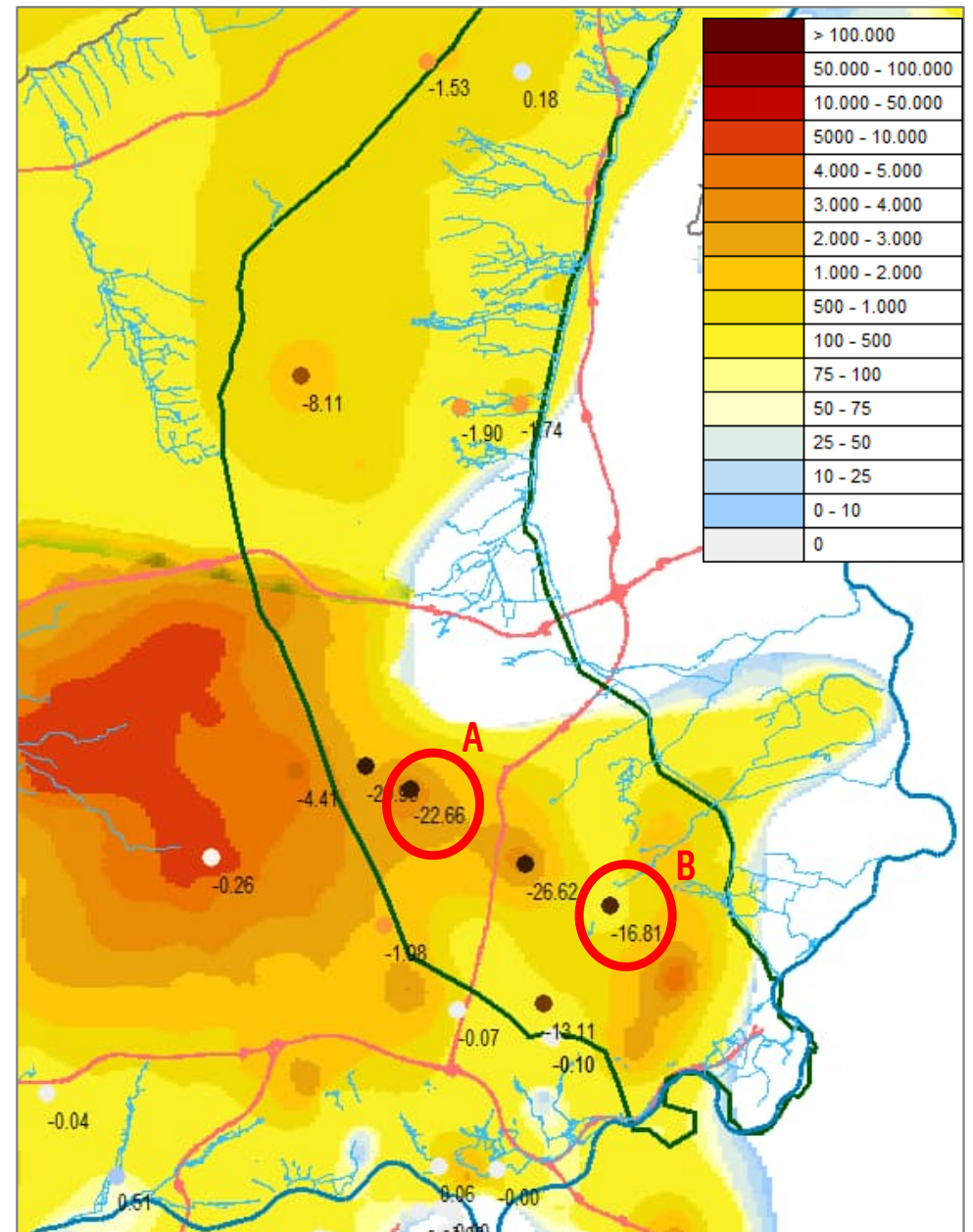
WorkflowViz voor visualisatie van workflows

Goed gereedschap

Potentiaalverschillen (stijghoogte) vergeleken met modelschematisatie



Potentiaalverschillen (m) over PZc / WAK3



Potentiaalverschillen (m) + weerstand (d) over PZc / WAK3

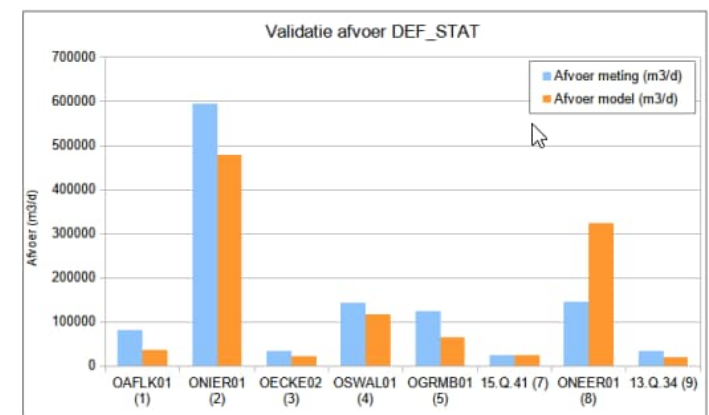
Modelanalyse

- Globaal-gedrags-test
Bijv. zet alle winningen uit
- Controle waterbalans
⇒ controle modelconvergentie
- Controleer en corrigeer
systematische afwijkingen !
- Gevoeligheidsanalyse
- Kalibreer het model
- Betrouwbaarheidsanalyse
- Valideer het model

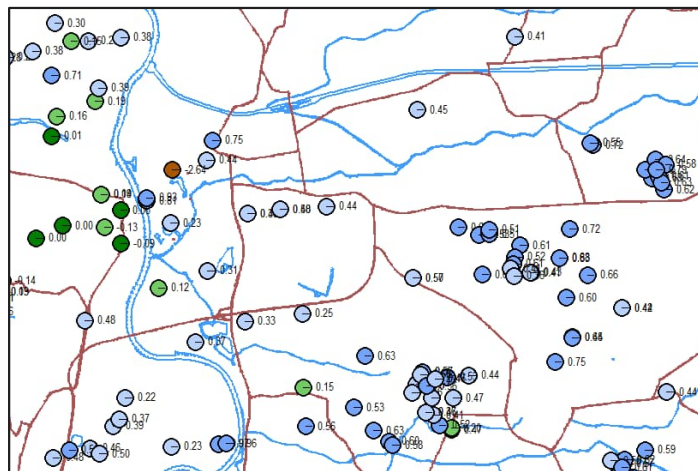
Stap 4 Analyseer het model..... 4-1	
4.1	Maak een plan van aanpak voor de analyse activiteiten..... 4-1
4.2	Analyseer globaal het model..... 4-1
4.2.1	Doe een run met standaard invoer..... 4-1
4.2.2	Voer de globaal-gedrag-test uit..... 4-1
4.2.3	Controleer de massabalansen..... 4-1
4.2.4	Doe een robuustheidstest..... 4-1
4.3	Voer een gevoeligheidsanalyse uit..... 4-1
4.4	Voer een (formele) identificatie uit (als dat kan)..... 4-1
4.5	Calibreer het model..... 4-1
4.5.1	Inleiding..... 4-1
4.5.2	Kies de te optimaliseren parameters..... 4-1
4.5.3	Bereken de optimale waarden..... 4-1
4.5.4	Analyseer de resultaten van de optimalisatie..... 4-1
4.6	Voer een betrouwbaarheidsanalyse uit..... 4-1
4.7	Valideer het model..... 4-1
4.8	Bepaal het geldigheidsgebied van het model..... 4-1

Modelvalidatie

- Met modelvalidatie vaak gedacht aan vergelijking metingen met modelresultaten, m.n. stijghoogten, afvoeren



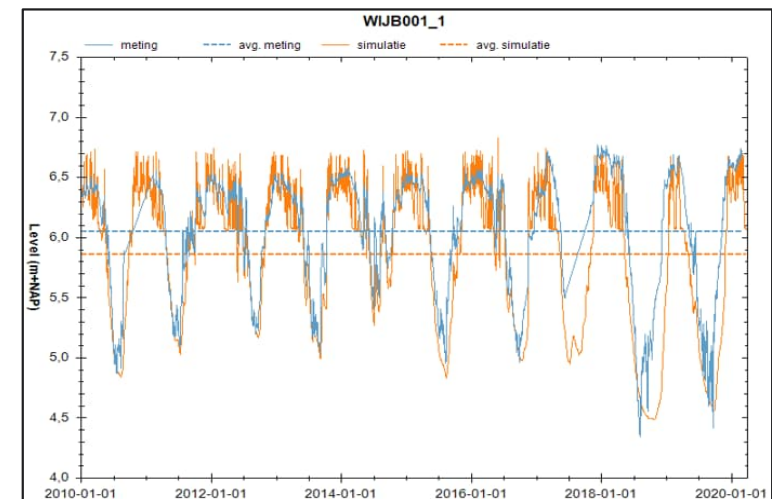
Vergelijking berekende en gemeten afvoeren



Residuen (m): verschil stijghoogte model – meting

Layer	N	ME	MAE	SD(ME)
1	82	0,50	0,51	0,21
2	76	0,31	0,37	0,33
3	20	-0,04	0,31	0,66
4	11	0,24	0,33	0,27
5	2	0,69	0,69	0,09
Total	191	0,35	0,43	0,33

Residuenstatistiek

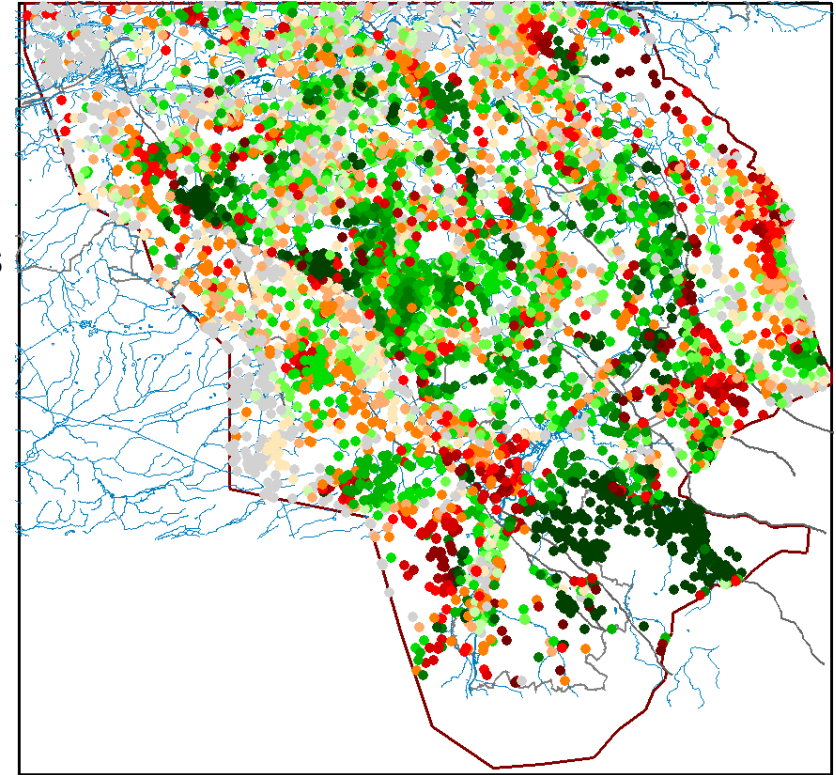
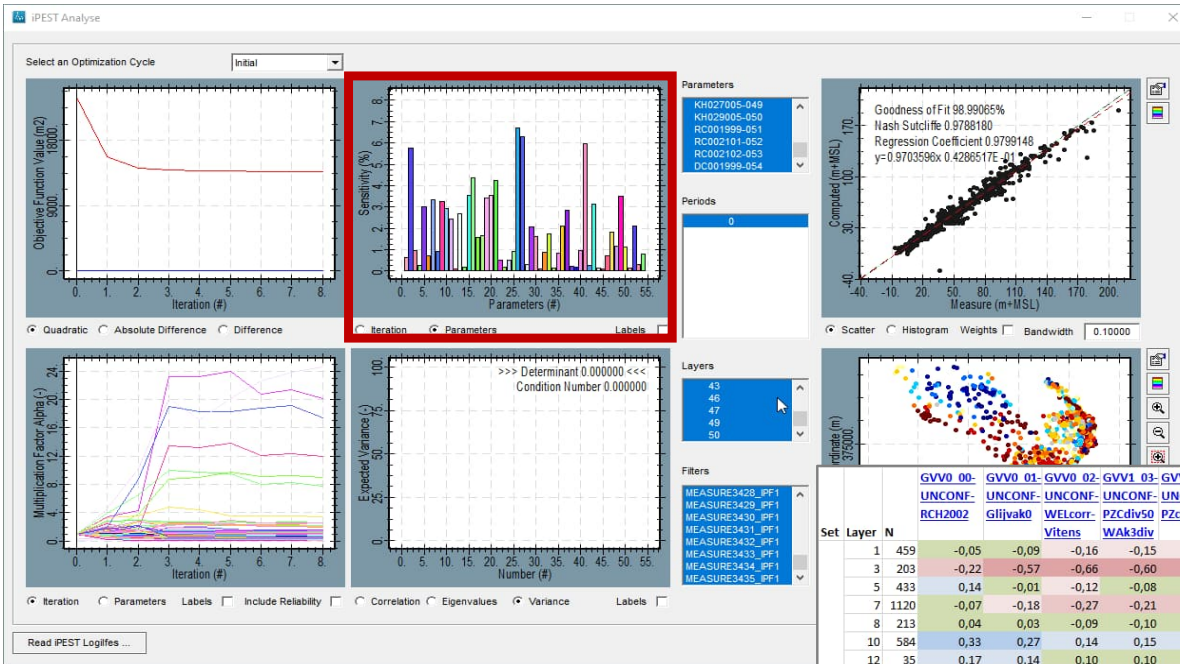


Vergelijking gemeten en berekende stijghoogteverloop

- Maar kijk ook naar meer overige, meer zachte resultaten
 - Kwel
 - Potentiaalverschillen
 - Dynamiek

Gevoeligheidsanalyse

- Handmatig voor inzicht in ruimtelijke invloed van parameters
- iPEST en iPEST Analyzer in iMOD



Residuerschillen: groen (beter); rood (slechter)

iPEST Analyzer in iMOD

- Na afronding bepaling van de invloed van onzekere modelinvoer

Set	Layer	N	GVV0 00- UNCONF- RCH2002	GVV0 01- UNCONF- Glijvak0	GVV0 02- UNCONF- Vitens	GVV1 03- UNCONF- PZCdvd50	GVV1 04- UNCONF- PZcWakc	GVV1 05- UNCONF- ANIFctdi	GVV1 06- UNCONF- DTctdvs	GVV1 07- UNCONF- KHV45- s5div5	GVV1 08- UNCONF- ISGO	GVV1 09- UNCONF- ISGRIV0	GVV1 10- UNCONF- ISGRIVDR	GVV1 11- UNCONF- KRz4div1	GVV1 12- UNCONF- PZWax03	GVV1 20- UNCONF- +HGRIVD	GVV1 21- UNCONF- +KRz4	GVV1 22- UNCONF- +DTC	GVV1 23- UNCONF- +KHV45- 55	GVV1 24- UNCONF- +ANI	GVV5 02- UNCONF- PZWAvr	r3f
1	459		-0,05	-0,09	-0,16	-0,15	-0,15	-0,15	-0,16	-0,16	-0,19	-0,18	0,01	0,00	-0,11	-0,23	-0,20	-0,17	-0,17	-0,17	-0,17	-0,12
3	203		-0,22	-0,57	-0,66	-0,60	-0,59	-0,58	-0,56	-0,48	-0,47	-0,39	-0,27	-0,17	0,36	0,14	0,07	0,06	0,00	-0,02	-0,02	-0,37
5	433		0,14	-0,01	-0,12	-0,08	-0,08	-0,08	-0,07	-0,04	-0,08	-0,03	0,09	0,13	0,15	0,10	0,08	0,10	0,09	0,09	0,09	0,02
7	1120		-0,07	-0,18	-0,27	-0,21	-0,20	-0,20	-0,18	-0,15	-0,15	0,06	0,26	0,28	0,36	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,15
8	213		0,04	0,03	-0,09	-0,10	-0,10	-0,10	-0,12	-0,13	-0,16	-0,16	-0,06	-0,09	-0,36	-0,33	-0,25	-0,20	-0,18	-0,17	-0,09	-0,09
10	584		0,33	0,27	0,14	0,15	0,15	0,15	0,12	0,10	0,13	0,16	0,27	0,26	-0,02	-0,05	0,01	0,10	0,12	0,12	0,12	0,20
12	35		0,17	0,14	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,07	0,31	0,31	0,15	-0,01	-0,01	-0,01	0,01	0,01	0,01	0,10
14	50		0,22	0,22	0,18	0,16	0,16	0,16	0,17	0,16	0,16	0,22	0,45	0,45	0,22	-0,03	-0,03	-0,03	-0,02	-0,02	-0,02	0,18
16	23		-0,19	-0,22	-0,25	-0,25	-0,24	-0,24	-0,24	-0,23	-0,21	-0,15	-0,04	-0,03	-0,04	-0,21	-0,21	-0,22	-0,21	-0,21	-0,21	-0,23
18	169		0,15	0,14	-0,02	-0,01	-0,02	-0,02	-0,04	-0,05	-0,08	-0,04	0,02	-0,02	-0,41	-0,25	-0,17	-0,09	-0,07	-0,06	-0,06	-0,01
20	215		0,00	-0,62	-0,77	-0,61	-0,59	-0,58	-0,51	-0,39	-0,36	-0,17	-0,03	0,01	0,97	0,61	0,61	0,54	0,43	0,41	0,41	-0,43
22	29		0,07	-0,04	-0,16	-0,20	-0,20	-0,21	-0,20	-0,33	-0,33	-0,19	-0,08	-0,10	-0,34	-0,61	-0,58	-0,58	-0,41	-0,41	-0,41	-0,17
24	75		0,32	-1,26	-1,57	-1,34	-1,22	-1,17	-1,03	-0,85	-0,79	-0,60	-0,46	-0,18	2,06	1,73	1,62	1,45	1,24	1,12	0,05	0,05
25	138		-2,51	-6,69	-7,17	-6,73	-6,58	-6,50	-6,26	-5,82	-5,72	-5,50	-5,38	-4,93	-0,31	-0,80	-1,03	-1,40	-2,02	-2,25	-2,23	-2,23
26	147		-1,50	-3,75	-4,41	-4,08	-3,99	-3,97	-3,87	-3,68	-3,66	-3,50	-3,33	-3,30	-1,38	-1,32	-1,15	-1,23	-1,57	-1,67	-1,67	-2,45
27	236		0,10	-0,76	-1,21	-1,00	-0,97	-0,96	-0,91	-0,83	-0,86	-0,69	-0,53	-0,57	-0,06	-0,07	0,08	0,05	-0,06	-0,09	-0,09	-0,74
29	13		0,46	-0,71	-0,93	-0,53	-0,48	-0,45	-0,27	-0,07	0,02	0,13	0,34	0,39	2,59	2,22	2,21	1,90	1,63	1,55	-0,27	
31	2		-0,02	-0,02	-0,05	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,03	-0,10	-0,15	0,02	0,02	0,21	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	-0,02
33	45		0,55	0,12	-0,07	0,12	0,15	0,18	0,27	0,44	0,46	0,48	0,66	0,71	2,34	2,19	2,18	2,04	1,75	1,69	0,39	
35	29		0,61	0,17	-0,02	0,15	0,18	0,21	0,31	0,39	0,44	0,54	0,74	0,76	1,75	1,43	1,43	1,23	1,09	1,00	0,25	
37	74		0,27	0,19	0,05	0,09	0,09	0,10	0,11	0,12	0,09	0,09	0,27	0,27	0,24	0,12	0,11	0,10	0,11	0,10	0,09	
38	16		1,10	0,54	0,28	0,54	0,58	0,62	0,76	0,87	1,03	1,18	1,42	1,44	2,55	2,33	2,32	2,08	1,91	1,79	0,65	
40	190		0,48	0,10	-0,13	-0,06	-0,04	-0,03	0,04	0,08	0,16	0,25	0,42	0,44	0,63	0,31	0,32	0,20	0,16	0,13	0,10	
42	195		0,31	0,17	-0,26	-0,22	-0,22	-0,22	-0,23	-0,27	-0,34	-0,30	-0,13	-0,18	-1,06	-0,85	-0,68	-0,62	-0,51	-0,52	-0,07	
44	18		1,37	0,86	0,56	0,51	0,47	0,48	0,51	-0,53	-0,55	-0,46	-0,31	-0,07	-0,15	-0,34	-0,53	-0,49	0,75	0,76	0,87	
45	53		1,25	0,87	0,52	-0,43	-0,64	-0,63	-0,58	-1,87	-1,84	-1,73	-1,61	-1,54	-0,63	-0,87	-0,91	-1,12	-0,75	-0,07	-0,05	
47	44		0,86	0,50	-0,07	-0,88	-0,99	-0,97	-0,94	-3,26	-3,27	-3,16	-3,04	-2,96	-2,68	-2,84	-2,89	-2,94	-0,56	-0,57	-0,31	
49	24		1,17	0,67	0,05	-0,24	-0,33	-0,32	-0,30	-3,15	-3,10	-3,05	-2,90	-2,82	-2,62	-2,78	-2,84	-2,84	0,06	0,05	-0,08	
50	3		0,47	0,42	0,35	0,96	0,95	0,96	0,96	0,22	0,19	0,16	0,40	0,40	0,00	-0,14	-0,14	-0,14	0,77	0,77	1,00	
51	27		0,96	0,69	-0,42	-1,59	-1,67	-1,66	-1,65	-7,24	-7,33	-7,25	-7,15	-7,11	-7,19	-7,11	-7,11	-7,10	-1,38	-1,37	-1,36	
53	40		0,48	0,22	-0,78	-1,72	-1,75	-1,75	-1,72	-6,06	-6,06	-6,02	-5,92	-5,91	-5,92	-5,88	-5,86	-5,87	-1,47	-1,48	-1,47	
54	17		0,66	0,56	-0,38	-1,81	-1,85	-1,85	-1,85	-6,80	-6,94	-6,90	-6,82	-6,84	-7,00	-6,77	-6,72	-6,68	-1,65	-1,65	-1,44	
55	17		3,07	2,00	1,28	0,18	-0,25	-0,23	-0,13	-2,06	-1,93	-1,73	-1,58	-1,37	0,12	-0,34	-0,50	-0,69	0,98	0,95	1,25	
Total	4936		0,03	-0,36	-0,56	-0,53	-0,52	-0,52	-0,49	-0,59	-0,59	-0,49	-0,33	-0,31	-0,03	-0,19	-0,17	-0,19	-0,09	-0,10	-0,24	

Residustatistiek
meerdere
modelvarianten

Modelkalibratie en onzekerheden

- Controle op betrouwbare kalibratiefactoren o.b.v. betrouwbaarheidsintervallen iPEST

Vergelijking kalibratiefactoren						Vergelijking betrouwbaarheid							
df _{min}	0					Model	RUNA			RUNB			
fC _{max}						Modelrun	RUN1			RUN2			
Importeer Parameters						Iteratie	2		3		Verschil		
Nr	Parameter	ZONE-detail	Factor	Factor	RUNA/RUNB	Iteratie	2			3			
						Parameter	Lower	Upper	Significant?	Lower	Upper	Significant?	
1	KH007001-001	krz3 - qrz1	1	1,000	#####	KH007001-001	0,572	1,747	nee	0,575	1,740	nee	
2	KH014001-002	DTc_glijvlak - stk1	0,69785	0,617	1,27	KH014001-002	0,065	7,515	nee	0,060	6,360	nee	
3	KH015001-003	urz1 - qrz2	0,45916	0,485	0,95	KH015001-003	0,111	1,906	nee	0,149	1,583	nee	
4	KH018001-004	wak1	1,30794	1,463	1,51	KH018001-004	0,627	2,726	nee	0,697	3,073	nee	
5	KH021001-005	pzwaz3 - qrz3	0,49556	0,196	1,59	KH021001-005	0,209	1,174	nee	0,073	0,525	ja	
6	KH024001-006	kik1	1,2132	1,480	2,25	KH024001-006	0,591	2,489	nee	0,738	2,971	nee	
7	KH025001-007	kiz2	0,67187	0,604	1,21	KH025001-007	0,449	1,006	nee	0,362	1,007	nee	
8	KH031001-008	brz1	0,47878	1,980	-1,88	KH031001-008	0,103	2,215	nee	0,444	8,821	nee	
9	KH003002-009	bxz2 - BXz1_ong	1,58725	13,466	21,23	KH003002-009	0,010	243,317	nee	0,636	284,919	nee	
10	KH005002-010	krz3 - bez1	0,72913	0,589	1,52	KH005002-010	0,252	2,107	nee	0,150	2,315	nee	
11	KH029002-011	iez3 - brz1	0,82255	0,335	3,75	KH029002-011	0,368	1,837	nee	0,139	0,806	ja	
12	KH003003-012	bxz2 - BXz1_ong	0,56778	0,936	0,15	KH003003-012	0,015	21,170	nee	0,016	54,234	nee	
13	KH009003-013	krz3 - bez1	0,31535	0,250	1,10	KH009003-013	0,193	0,516	ja	0,152	0,410	ja	
14	KH014003-014	syk1	1,79597	2,376	1,73	KH014003-014	8,06E-04	4,00E+03	nee	0,001	5014,843	nee	
15	KH015003-015	syz2	0,20429	0,203	1,00	KH015003-015	0,104	0,403	ja	0,105	0,391	ja	
16	KH016003-016	syk2	2,19837	2,211	1,01	KH016003-016	1,502	3,217	ja	1,525	3,206	ja	
17	KH018003-017	syk3	3,82327	8,788	2,76	KH018003-017	0,006	2,45E+03	nee	0,000	193574,800	nee	
18	KH021003-018	pzwaz2 - QRz3_Rslenk	0,42654	0,522	0,83	KH021003-018	0,316	0,575	ja	0,385	0,707	ja	
19	KH022003-019	wak2	1,2165	1,065	0,30	KH022003-019	0,908	1,629	nee	0,812	1,396	nee	

Vergelijking factoren en onzekerheden van verschillende iteraties

Modelkalibratie en onzekerheden

- Kies plausible kalibratiefactoren
 - Beoordeel resulterende k-waarden op plausibiliteit voor betreffende geologische eenheid
 - Niet-plausibele factoren kunnen duiden op schematisatiefouten in het model

Zone IDF-file #1		%DBASEPATH%\BASIS1\LinkTable\REGISzones_ibound.IDF												
Zone IDF-file #2		%DBASEPATH%\KAL2\PST\Maas_PST-zones.IDF												
PPARAM details							LinkTable details							
PACRONYM	PAR	LAY	ZONEFILE	ZONE	GROUP	Factor	MF6 Package	MF-2005 Package	Eenheid ₁	Eenheid _n	k-org ₁ (m/d)	k-org ₂ (m/d)		
KH007001-001	KH	7	1	1	1	1	KHV	KHV	krz3	qrz1	58,2137	27		
KH015001-002	KH	15	1	1	2	0,604	KHV	KHV	urz1	qrz2	55	27		
KH018001-003	KH	18	1	1	3	1,218	KHV	KVV	wak1		0,05292			
KH021001-004	KH	21	1	1	4	0,435	KHV	KHV	pzwaz3	qrz3	39,0435	27		
KH024001-005	KH	24	1	1	5	1,225	KHV	KVV	kik1		0,00084			
KH025001-006	KH	25	1	1	6	0,499	KHV	KHV	kiz2		24,7242			
KH025001-006	KH	27	1	1	6	0,499	KHV	KHV	kiz3		24,4927			
KH025001-006	KH	29	1	1	6	0,499	KHV	KHV	kiz4	ooc	29,9409	2,30195		
KH031001-007	KH	31	1	1	7	1,988	KHV	KHV	brz1		3,26418			
KH031001-007	KH	33	1	1	7	1,988	KHV	KHV	brz2		0,09			
KH031001-007	KH	35	1	1	7	1,988	KHV	KHV	brz3		2,7			
KH003002-008	KH	3	1	2	8	1,023	KHV	KHV	bxz2	BXz1_ong	4,76289	4,61643		
KH005002-009	KH	5	1	2	9	1	KHV	KHV	krz3	bez1	58,7428	73,6937		
KH005002-009	KH	7	1	2	9	1	KHV	KHV	bez2		77,7167			
KH005002-009	KH	9	1	2	9	1	KHV	KHV	bez3	qrz2	79,5131	27,0132		

Beoordeling factoren t.o.v. huidige k-waarden

Toepassing IPESTP-factoren

Verwerking kalibratiefactoren bij modelbouw

- Kalibratiefactoren moeten later nog kunnen worden aangepast

⇒ kalibratiefactoren apart opgeslagen bij model in Exceltabel

- Deelmodellen kunnen andere laagindeling hebben ...

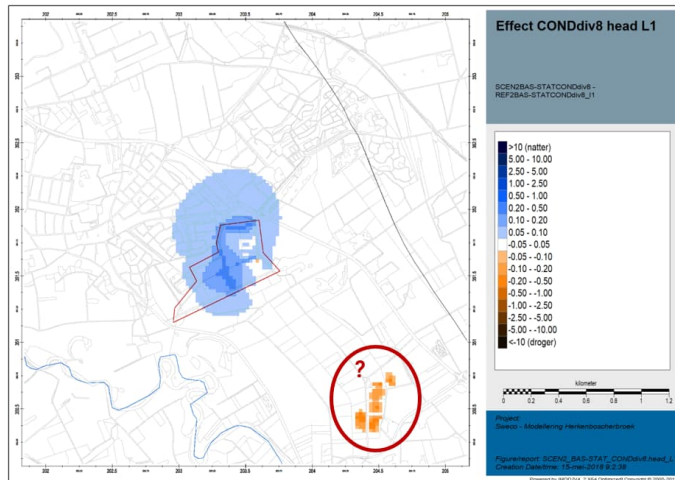
⇒ kalibratiefactoren *per geologische eenheid* en *per zone*

- Exceltabel is invoer voor subworkflow bij modelbouw

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Number	Name	Type	Percentage	Schema	Part	Kfactor	AverageK
37	36	syz1	Aquifer	10,15	7	1	1	10,7604
38	37	syk1	Aquitard	60,91	-7	1	1	0,03706
39	38	syz2	Aquifer	74,52	8	1	0,3	12,9168
40	39	syk2	Aquitard	27,25	-8	1	1	0,03978
41	40	syz3	Aquifer	90,71	9	1	0,3	17,4047
42	41	syk3	Aquitard	22,25	-9	1	1	0,01917
43	42	syz4	Aquifer	57,3	10	1	0,3	16,86
44	43	QRz2_Rslenk	Aquifer	4,27	10	1	0,3	46,9967
45	44	pzwaz1	Aquifer	6,39	10	1	1	15,9992
46	45	wak1	Aquitard	61,47	-10	1	2	0,01571
47	46	pzwaz2	Aquifer	62,59	11	1	0,5	18,3196
48	47	QRz3_Rslenk	Aquifer	4,22	11	1	0,5	46,9857
49	48	wak2	Aquitard	64,73	-11	1	1	0,011
50	49	pzwaz3	Aquifer	66,95	12	1	0,5	23,2096
51	51	wak3	Aquitard	39,26	-12	1	1	0,02166
52	52	pzwaz4	Aquifer	62,65	13	1	0,5	25,2137
53	53	msz1	Aquifer	17,4	14	1	1	16,2513
54	54	msk1	Aquitard	26,21	14	1	1	0,00393
55	55	msz2	Aquifer	33,89	14	1	1	16,3039
56	56	msk2	Aquitard	24,53	14	1	1	0,00413
57	57	msz3	Aquifer	27,32	14	1	1	13,9111
58	58	msc	Complex	0,58	14	1	1	7,52105
59	59	msz4	Aquifer	17,06	14	1	1	12,685
60	60	kik1a	Aquitard	2,77	-14	1	1	0,00056
61	61	kiz1	Aquifer	5,31	15	1	1	47,5199
62	62	kik1	Aquitard	63,96	-15	1	0,5	0,00095
63	63	kiz2	Aquifer	61,65	16	1	0,7	24,9732
64	64	kiz2a	Aquifer	3,38	16	1	0,7	15
65	65	kik2	Aquitard	45,15	-16	1	1,4	0,00074
66	66	kiz3	Aquifer	68,47	17	1	0,7	25,8306
67	67	kik3	Aquitard	43,56	-17	1	1	0,00115
68	68	kiz4	Aquifer	67,55	18	1	0,7	36,6356
69	69	kik4	Aquitard	8,89	-18	1	1	0,00125
70	70	kiz5	Aquifer	39,64	19	1	0,7	41,4214
71	71	ooz1	Aquifer	2	20	1	0,8	12,4152

Gebruik en interpretatie

- Blijf alert!



Effect op stijghoogte (m) in modellaag 1 door scenario aanpassingen

GMP

Stap 5 Gebruik van het model..... 5-1

- 5.1 Maak een plan van aanpak voor de simulatie-runs 5-1
- 5.2 Doe de uiteindelijke simulatie-runs 5-1
- 5.3 Controleer de resultaten 5-1
- 5.4 Is dit het nou? 5-1

Stap 6 Interpreteer de resultaten 6-1

- 6.1 Beschrijf de uitkomsten 6-1
- 6.2 Bediscussieer de resultaten 6-1
- 6.3 Beschrijf de conclusies 6-1
- 6.4 Controleer of de doelstelling gehaald is 6-1
- 6.5 Vat de resultaten samen 6-1
- 6.6 Analyseer de gevolgen voor de onderzoeksvraag 6-1

Discussie

- Olsthoorn (1999) in Stromingen: **een hydroloog moet kunnen rekenen!**
 - Boukes (2000) in Stromingen: **een hydroloog moet kunnen programmeren.**
 - iMOD-python, FloPy \Rightarrow modelleren wordt steeds meer programmeren ...
 - Een hydroloog moet heel veel kunnen, maar kan niet alles ...
 - Boukes (2000), concluderend:
een hydroloog moet de kunst verstaan om met water te werken, zelfs als hij/zij alleen maar cijfers ziet...
- \Rightarrow Een hydroloog moet willen begrijpen en controleren!**

Relevantie GMP vandaag de dag

- Bijna alles uit GMP is nog relevant
- Maar ... nieuwe manier van werken, basisdata, nieuwe gereedschappen en methoden ...

⇒ update van GMP zou goed zijn:

- Checklists in Excelformat
- Aandacht voor:
 - Retourstroom workflows, tools, inzichten, gebiedskennis -> basisdata / NHI
 - Beheer en onderhoud van workflows, tools en basisdata
- Nog meer controles op alle niveaus in het modelproces
- Kennisdelen: wat is beschikbaar?
- Samenwerken faciliteren

- Maar geef ruimte voor flexibiliteit!

- *We kunnen afsluiten met de conclusie:*

²⁴ *“Naast het feit dat modellen steeds vaker gebruikt worden in het waterbeheer, is ook een ontwikkeling te zien van toenemende samenwerking op modelgebied. De tijd is voorbij dat iedere beheerder of ieder instituut al zijn modellen zelf ontwikkelde.”*

Bron: GMP 1999

Vragen?

Koen van der Hauw (Sweco)
Wouter Swierstra (RHDHV)

STOWA/NHV-bijeenkomst 'Goed modelleren in de praktijk'
13 juni januari 2024