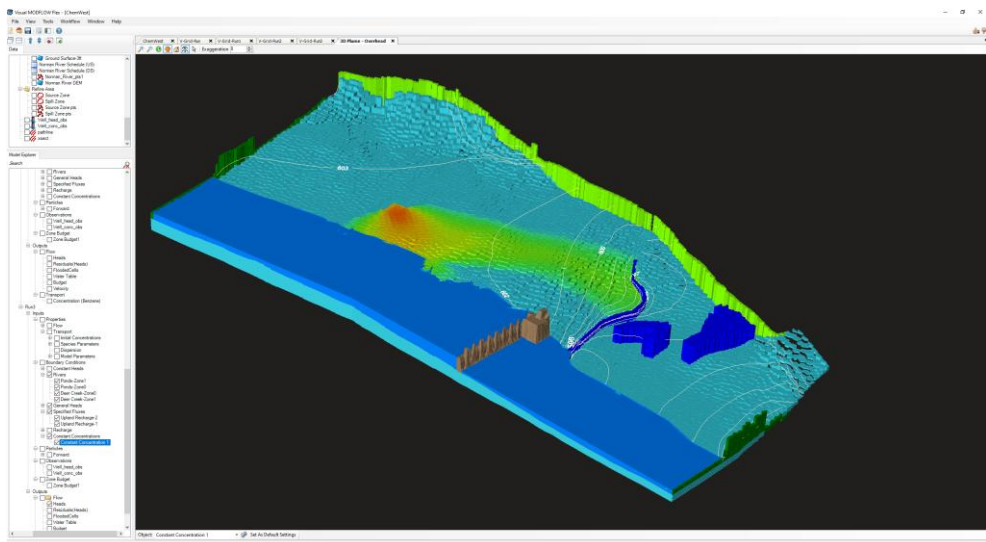


Visual MODFLOW Flex 9.0 새로운 기능 - 2023년 3월

MODFLOW-6 지하수 흐름과 이송

Visual MODFLOW Flex 는 이제 USGS 에서 개발한 지하수 모델링 코드의 최신 핵심 버전인 MODFLOW-6을 지원합니다. MODFLOW-6은 3D 지하수 흐름, 용질 이송 및 정형 격자와 비정형 격자 모두에 대한 완전히 새롭고 더 읽기 쉬운 입력 파일 구조로 다양한 프로세스를 지원하는 재설계된 프레임워크를 기반으로 합니다.



다음 MODFLOW-6 흐름 패키지는 Visual MODFLOW Flex 에서 지원됩니다:

- **시뮬레이션 패키지들**
 - MFSIM.NAM : 시뮬레이션 이름 파일
 - TDIS - 시간 이산화
 - IMS - 반복 모델 솔루션
- **Groundwater Flow Model (GWF)**
 - 포화 지하수 흐름을 정형화한 유한 차분 격자 또는 비정형 제어 볼륨 유한 차분 격자 (Voronoi 또는 Quadtree).
 - GWF.NAM - 지하수 흐름 모델 이름 파일
 - DIS - 이산화 패키지
 - DISV - 꼭지점 패키지에 의한 이산화
 - IC - 초기 조건 (수두)
 - OC - 출력 제어 패키지
 - NPF - 노드 속성 흐름 패키지

- STO – 스토리지 패키지
- CHD* - 시변 Constant Head 패키지
- WEL* - Well 패키지
- DRN* - Drain 패키지
- RIV* - River 패키지
- GHB* - General Head Boundary 패키지
- RCH – Recharge 패키지
- EVT – Evapotranspiration 패키지

- **Solute Transport Model (GWT)**

다양한 수차, 반응 및 부동 도메인 모델을 포함하여 정형 유한 차분 격자 또는 비정형 제어 볼륨 유한 차분 격자 (Voronoi 또는 Quadtree)를 사용하여 지하수 용질 이송을 모의합니다.

- GWT.NAM : 지하수 이송 모델 이름 파일
- DIS – 이산화 패키지
- DISV – 꼭지점 패키지에 의한 이산화
- IC – 초기 조건 (농도)
- OC – 출력 제어 패키지
- ADV – 이류 패키지
- DSP – 분산 패키지
- MST – 모바일 스토리지 이송 패키지
- IST – 부동 스토리지 전송 패키지 (최대 3개의 부동 도메인)
- SSM – Source Sink Mixing 패키지
- CNC* - 시변 Constant Head 패키지
- SRC* - Mass Source Loading 패키지

- **Multiple Instance Packages**

MODFLOW-6을 사용하면 시뮬레이션에 특정 패키지 (위의 *로 표시됨)의 여러 인스턴스를 포함하고 각 패키지에 대해 독립적으로 수치를 추적할 수 있습니다.

- **ZoneBudget-6 지원**

MODFLOW-6을 사용하여 지하수 흐름 모델에 대한 하위 지역 흐름을 평가합니다.

— 엔진들과 패키지들

- **Assign Grid (In)active cell zones using data objects** : 포인트, 폴리라인 그리고 폴리곤 데이터 객체를 사용하여 유한 차분 격자 작업흐름에서 격자 셀에 대한 active/inactive 플래그를 설정할 수 있습니다.
- **Import MNW1 Wells from Classic Projects** : Classic Projects 의 MNW1 우물 모델을 Visual MODFLOW Flex 로 가져올 수 있습니다.
- **Minimum thickness for Unstructured Grids** : 비정형 격자 셀이 격자에서 제거될 최소 셀 두께를 지정하여 핀치아웃 지역 주변의 격자 설계를 더 잘 제어할 수 있습니다.
- **MODPATH with SEAWAT** : SEAWAT 흐름 (및 이송) 실행을 기반으로 MODPATH

입자 추적 모의를 실행할 수 있습니다.

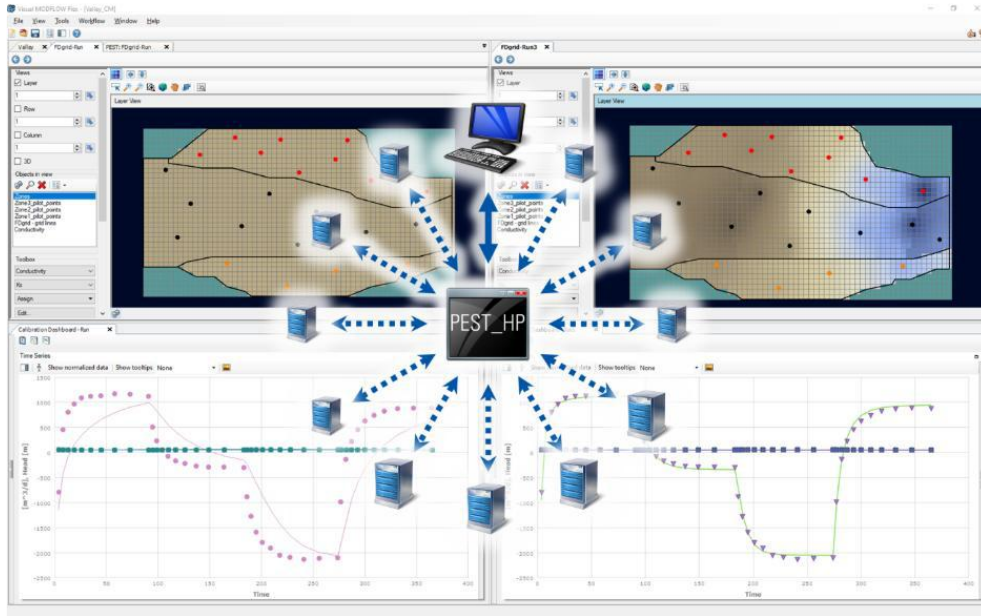
- **Compare** : 동일한 비정형 격자를 사용하여 두 모델 실행 간의 수두, 수위 강하 또는 농도에 대한 결과를 비교합니다.

— 성능, 사용성 및 기타 개선 사항

- 비정형 격자 작업흐름은 이제 셀 인덱스 대신 좌표 및 우물 스크린 정보를 사용하는 보다 친숙하고 직관적인 개념적인 우물 제어를 사용합니다.
- Define Modeling Objectives 단계에서 Total 그리고 Effective Porosity 값을 디폴트로 지정할 수 있습니다.
- Model Explorer 그리고 Data Explorer 에서 우물 객체를 기반으로 입자 추적 모의를 위한 입자를 추가할 수 있습니다.
- 프로젝트를 저장하고 불러오는 속도와 성능을 개선하였습니다.
- 새 프로젝트를 만들 때 시간을 절약하기 위해, 사용자 지정 기본 프로젝트 저장 위치를 지정할 수 있습니다.
- 새로운 키보드 단축키:
 - 모델을 번역하기 위한 Translate 단계에서 CTRL+T
 - 모델을 실행하기 위한 Run 단계에서 CTRL+R

Visual MODFLOW Flex 10.0 새로운 기능 - 2024년 3월

PEST 작업흐름 강화



Visual MODFLOW Flex 에는 PEST 작업흐름에 대한 중요한 업그레이드가 포함되어 있습니다:

- **작업흐름 단계**

PEST 작업흐름에는 다음과 같은 여러 가지 새롭고 개선된 단계가 포함되어 있습니다.

- **Define Observations** : 플릭스 관측을 추가하고 관측 그룹, 관측 및 가중치 할당의 사용성을 개선했습니다.
- **Define Property Parameters** : PEST 실행에 지하수 함양(RCH), 증발산(EVT) 및 불포화대 흐름(UZF) 속성 매개변수를 추가했습니다.
- **Define Kriging Variograms** : PEST 유틸리티가 파일럿 포인트 밀도를 기반으로 크리깅 베리오그램을 자동으로 계산할 수 있도록 하는 새로운 옵션 설정입니다.
- **Select PEST Variant** : 병렬 계산이 가능한 PEST 변형 유틸리티(PEST v17.5, PEST_HP)를 선택할 수 있습니다.
- **PEST Control settings** : the Objective Function, Parameter Updates, Iterations, Marquardt Lambda, Singular Value Decomposition 등을 포함한 PEST 실행 설정을 정의/편집할 수 있습니다.
- **Parameter Estimation** : PEST 실행 중지 및 재시작

- **PEST_HP 지원**

PEST_HP 는 컴퓨터의 여러 코어를 활용할 수 있는 병렬화된 PEST 버전으로, PEST 실행 속도를 크게 향상시킵니다.

- MODFLOW-6 지원

PEST 작업흐름에 구조적 유한차분 또는 비구조적 MODFLOW-6 유동 모델을 포함할 수 있습니다.

- 파일럿 포인트 보간

PEST 실행에서 매개변수 업데이트를 파일럿 포인트에 연결하는 스크립트에 다음과 같은 개선 사항이 적용되었습니다.

- 파일럿 포인트 보간은 PLPROC 유틸리티를 사용하여 스크립트 파일의 성능과 가독성을 향상시킵니다.
- 파일럿 포인트 밀도를 기반으로 크리깅 베리오그램 매개변수를 자동으로 계산하는 기능(선택 사항)

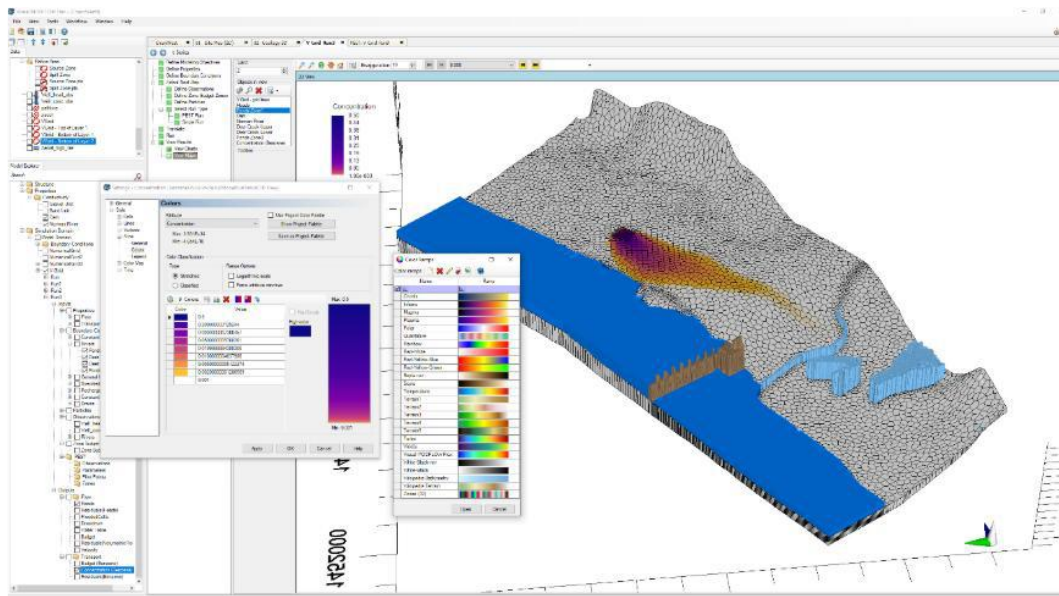
- 향상된 검증

Visual MODFLOW Flex 는 PEST 작업흐름에 추가 검사를 포함하여 입력 오류를 줄입니다.

- 관측 가중치

목표 잔차를 사용하여 관측치를 정규화하거나 정규화하지 않은 경우 모두 관측치 그룹이 초기 목적 함수에 동일하게 기여하도록 관측치 가중치를 자동으로 계산합니다.

— 컬러 처리



Visual MODFLOW Flex 는 시각화를 위해 다음과 같은 개선 사항을 제공합니다.

- 컬러 램프

표면, 모델 속성, 경계 조건 및 모델 출력과 같이 분포된 값을 가진 객체는 사전 정의된

컬러 램프 또는 사용자 지정 컬러 램프를 사용하여 렌더링할 수 있습니다.

- 사용자 지정, 선형 분포, 로그 분포 또는 사용자 지정 값과 관련 컬러 목록을 정의합니다.
- 사전 정의된 컬러 램프, 사용자 지정 컬러 램프 또는 가져온 컬러 램프 목록에서 선택합니다.
- 값이 지정된 임계값(예: 양수/음수 또는 규제 한도 이상/이하)을 넘을 때 컬러가 갑자기 바뀌도록 램프에 선택적으로 하드 브레이크/컬러 정지점을 포함할 수 있습니다.

- **컬러 램프 관리**

- Visual MODFLOW Flex 에는 12개 이상의 사전 정의된 컬러 램프가 포함되어 있으며, 사용자 지정 컬러 램프를 직접 만들 수도 있습니다.
- QGIS, ArcPro 및 Surfer 와 같은 다른 응용 프로그램에서 지원하는 컬러 맵(.clr) 파일 형식을 사용하여 컬러 램프를 가져올 수 있습니다.
- 프로젝트 팔레트 변수에는 컬러 및 값을 포함한 모든 컬러 채우기 설정이 포함됩니다.

- **프로젝트 팔레트**

프로젝트 팔레트에는 모든 값과 컬러 설정이 포함되어 있어 렌더링을 더욱 세밀하게 제어할 수 있습니다.

— **경계 조건 및 속성**

Visual MODFLOW Flex 는 모델 작업을 위한 다음과 같은 개선 사항을 제공합니다.

- **MAW 및 MWT 패키지 지원**

MODFLOW-6 모델에서 다중 대수층 우물(MAW) 및 다중 대수층 우물 수송(MWT) 패키지를 지원합니다.

- MAW/MWT 우물 생성 또는 가져오기
- 지원되는 우물 모델(WEL/MNW1/MNW2/MAW) 간 동적 전환
- MAW 패키지에서 지원하는 수두 손실, 우물 스킨 및 양수 제약 조건 매개변수를 포함한 우물 정보 가져오기 및 편집

- **개념 우물**

비정형 격자 작업흐름의 양수 우물은 격자에 독립적이며 개념적이며 WEL 또는 MAW 우물 모델을 지원합니다.

- **유량 관측**

비정형 격자 모델(MODFLOW-6 및 MODFLOW-USG)에 대한 경계 조건 유량 관측 지원

- **속성 할당**

비정형 격자 작업흐름의 속성 할당에는 정형 유한 차분 격자 모델 작업흐름에서 사용할 수 있는 도구와 유사한 속성 영역 및 값을 설정하는 추가 도구가 포함되어 있습니다.

- **레이어 속성**

비정형 격자 작업흐름의 변환 단계에는 MODFLOW-USG 및 MODFLOW-6 모델에 대한

레이어 유형 설정이 포함되어 있습니다.

— 성능, 사용성 및 기타 개선 사항

Visual MODFLOW Flex 에는 모델 작업과 관련하여 다음과 같은 개선 사항이 포함되어 있습니다.

● 성능 향상

- 응력 기간이 많은 모델에 시간 단계 할당
- 응력 기간이 많은 MODFLOW-6 모델의 모델 변환
- 개념 모델을 셀이 많은 비정형 Q-격자 모델로 변환
- 셀이 많은 비정형 격자 모델의 모델 속성 변경 사항 적용/저장

● 내보내기 기능

- 비정형 격자 모델(MODFLOW-6 및 MODFLOW-USG)의 경우, 수두, 농도, 강하량을 등고선으로 표시하는 모델 출력
- 비정형 격자의 경우, 경계 조건을 점 또는 다각형으로 표시
- 보정 대시보드 차트를 이미지로 표시

● SAMG 솔버

- MODFLOW-USG 및 MODFLOW-6 엔진용 SAMG 솔버 업데이트 버전
- Pro(직렬 SAMG) 및 Premium(멀티코어 SAMG) 버전에서 사용 가능
- Visual MODFLOW Flex Premium Edition 용 새로운 애드온 제공: SAMG+라는 고급 버전으로, 이송 및 CLN을 포함하는 모델도 처리 가능

● 추가 기능

- 2D 뷰에서 마우스 휠을 사용하여 확대/축소할 때 마우스 포인터를 중심으로 보기가 조정됨
- 정형 유한차분 격자 수치 계산 작업흐름의 보기/편집 격자 단계에 뷰와 상호 작용하는 버튼이 있는 도구 모음 포함
- 수치 작업흐름의 변환 단계에는 PEST와의 협업을 용이하게 하기 위해 외부 배열/파일을 사용하여 모델을 변환하는 일반 설정이 포함되어 있습니다.
- MT3D-MS, RT3D 또는 SEAWAT 모델의 출력 제어 설정 페이지에 있는 출력 시간표는 행 수보다 더 많은 출력 시간을 부여낼 수 있는 경우 확장됩니다.
- 모델의 경계 조건을 단일 경계 조건으로 통합할 수 있습니다.
- 수치 작업흐름에서 그리드를 정의할 때 최소 및 최대 고도 또는 레이어 수를 변경하면 중간 레이어 고도가 자동으로 업데이트됩니다.
- 반복적으로 나타나는 일부 정보 메시지는 자동으로 표시를 숨기는 설정이 있습니다.

Visual MODFLOW Flex 11.0 새로운 기능 - 2025년 6월

- **모델 가져오기**

Visual MODFLOW Flex 11.0에서는 모델 가져오기 기능이 크게 개선되었습니다. Flex는 이제 내부적으로 FloPy Python 라이브러리를 사용하여 모델을 가져오므로 더 다양한 유형의 모델을 가져올 수 있고 모델 들여오기 과정에서 더욱 유연하게 작업할 수 있습니다.

- **MODFLOW-6 및 SEAWAT 모델 들여오기**

MODFLOW-6 모델(비정형 및 정형)과 SEAWAT 모델을 이제 가져올 수 있습니다.

- **비정형 격자 들여오기**

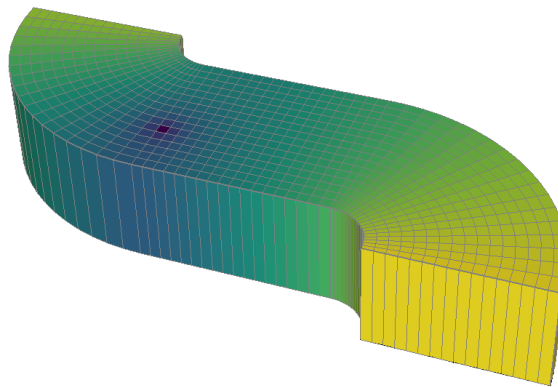
MODFLOW-6 모델과 연결된 비정형 격자(DISV 형식)를 이제 가져올 수 있습니다.

- **유연한 들여오기**

가져오는 동안 셀별 유동 특성, 경계 조건, 초기 수두, 솔버, 출력 제어 설정 및 기타 모의 설정과 같은 개별 모델 요소를 선택하거나 선택 해제할 수 있습니다.

- **작업흐름 중간에 들여오기**

유동 특성(수리 전도도 및 저장)과 경계 조건(RCH, EVT, CHD, RIV, DRN, GHB)을 들여오기 작업흐름 단계에서 별도로 가져올 수 있으므로 외부 MODFLOW 패키지를 더 쉽게 가져올 수 있습니다.



— 데이터 작업

- **TIN**

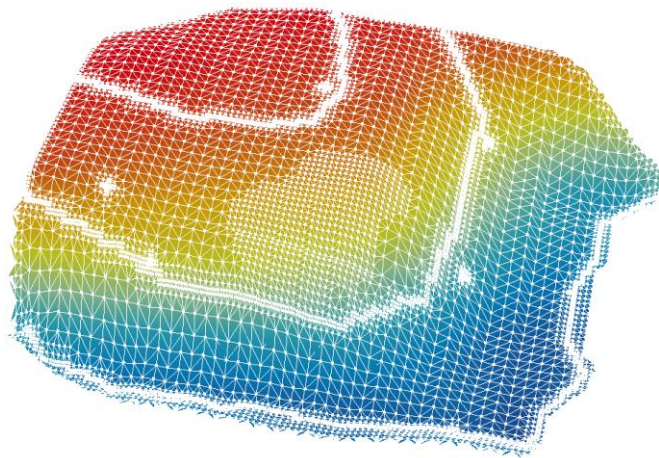
불규칙 삼각망(TIN) 표면을 이제 Visual MODFLOW Flex 프로젝트에서 사용할 수 있습니다.

- 포인트 셰이프파일(.shp) 및 삼각형 .node 또는 .ele 파일에서 TIN을 가져옵니다.
- 기존 포인트 데이터 객체에서 선형 또는 크리깅 보간법을 사용하여 TIN을 생성합니다.

- 모델 레이어에서 TIN을 생성합니다.
- TIN을 사용하여 모델 경계를 정의합니다.
- 다른 데이터 객체의 표현식 빌더에서 TIN을 사용합니다.
- 수치 모델링 작업흐름에서 TIN을 사용하여 경계 조건 매개변수 및 모델 속성을 정의합니다.

- **내보내기**

- 충전 및 증발산 경계 조건을 셰이프파일로 제공
- 표면 및 TIN을 포인트 셰이프파일로 제공
- TIN을 폴리곤으로 제공
- 지하수면 출력을 셰이프파일 등고선 또는 표면으로 제공



— 경계 조건 및 속성

- **비활성 이송 영역**

이송 모델은 활성 이송과 비활성 이송을 위한 별도의 영역을 포함할 수 있습니다(예: MT3D-MS, RT3D 및 SEAWAT의 ICBUND).

- **과도 경계 조건 데이터**

새로운 스케줄 편집기를 사용하여 수치 작업흐름에서 정의하거나 편집할 수 있습니다.

- **지정된 레이어에 함양 및 EVT 할당**

- 함양/EVT 경계 조건에서 레이어 편집/할당
- 해당 유동 엔진의 변환 단계에서 RCHOP = 2, NEVTOP = 2 옵션 지원
- 표현식 빌더는 표면 또는 상수 값에서 가져온 고도를 입력받아 해당 레이어 번호를 출력하는 layer() 함수를 지원합니다(비정형 격자에서 노출된 레이어에 지하수 함양을 할당하려는 경우 유용할 수 있습니다).
- 지정된 플럭스 경계 조건은 MODFLOW-6(지정된 플럭스 경계 조건을 지원하지 않음)을 사용할 때 동등한 WEL 패키지 파일로 변환할 수 있습니다.

— 성능, 사용성 및 기타 개선 사항

Visual MODFLOW Flex 에는 모델 작업을 위한 다음과 같은 개선 사항이 포함되어 있습니다.

- **사용성**
 - 데이터 트리의 객체를 드래그 앤 드롭으로 재정렬할 수 있습니다.
 - 실행에 별칭을 지정하여 인터페이스에서 이름을 변경할 수 있습니다.
 - 좌표 참조 시스템(CRS) 선택기를 검색할 수 있습니다.
- **시각화**
 - 표면 및 TIN 데이터 객체에 2D 또는 3D 시각화 시 상한 및/또는 하한 차단값을 적용할 수 있습니다.
- **기타 개선 사항**
 - 이제 비정형 격자를 개념 모델링 작업흐름과 별도로 자체적인 수치 작업흐름에서 생성할 수 있습니다.
 - 모델 경계를 정의할 때, 전체 모델 영역을 덮지 않는 표면을 모델 경계까지 외삽할 수 있습니다.
 - PEST 작업흐름에서 MODFLOW-USG 엔진에 대한 플럭스 관측값을 사용할 수 있습니다(다른 엔진과 일관성 유지).
 - 개념 모델링 작업흐름에서 표면이나 TIN을 항상 요구하는 대신 상수 값을 사용하여 경계를 정의할 수 있습니다.
 - Visual MODFLOW Flex 를 실행하는 데 더 이상 미국 지역별 숫자 및 날짜 형식 설정이 필요하지 않습니다(단, 이러한 설정을 권장합니다).
 - CRS 라이브러리가 확장되었습니다.