

UWC West operationeel

Sander Tijm (KNMI)

HARMONIE is sinds 2013 operationeel op het KNMI en wordt daar gedraaid op grote High Performance Computers. Het HARMONIE-model wordt samen met andere landen ontwikkeld en tot nu toe draaien veel landen zelf een eigen versie van dit model. De afgelopen jaren zie je vooral bij de landen die HARMONIE gebruiken steeds meer operationele samenwerking. Dit begon met Zweden en Noorwegen, die gingen samenwerken in MetCoOp. Daar sloot Finland zich bij aan en ook de Baltische staten zijn er nu bij aangesloten of zullen dat binnenkort gaan doen. Sinds 2018 wordt er gewerkt aan een tweede operationele samenwerking, UWC West genaamd. Hierin werken Nederland, Denemarken, Ierland en IJsland met elkaar samen. In dit artikel zal ik vertellen over de geschiedenis van HARMONIE op het KNMI, de ontwikkelingen met betrekking tot HARMONIE, wat er gaat gebeuren binnen UWC West en wat de gevolgen gaan zijn voor de modelgegevens die het KNMI gaat krijgen en beschikbaar maakt via het KNMI Data Portal.

Geschiedenis HARMONIE KNMI

HARMONIE (HIRLAM ALADIN Research on Mesoscale Operational NWP In Euromed) wordt sinds december 2011 iedere 3 uur gedraaid op het KNMI. Deze eerste HARMONIE-versie werd operationeel in 2013 en was HARMONIE Cycle 36. Deze draaide op een resolutie van 2,5 km, rekende op een rooster van 800 bij 800 punten en had 60 lagen. In de eerste jaren was er iedere 3 uur één run tot 48 uur vooruit en aan de rand werd dit model gevoed door een HIRLAM-run, die op een duidelijk groter gebied draaide. Door de verdeling van de verticale levels kon ECMWF nog niet direct gebruikt worden aan de rand, HIRLAM was nodig om de stabiliteit te garanderen. Eind 2017 werd een nieuwe en veel krachtiger computer geleverd en toen is gekozen om geen stap te maken in resolutie maar de extra rekenkracht te stoppen in een ensemble van 10 members, eens per 6 uur. Dit werd begin 2019 operationeel en de gebruikte HARMONIE-versie was HARMONIE 40 (HA40). Deze modelversie is nog steeds de operationele versie van het KNMI, rekt op 65 lagen en gebruikt ECMWF-gegevens aan de zij- en bovenrand van het model.

Sinds de invoering van HA40 op het KNMI hebben er ook een aantal parallelle testversies van HARMONIE gedraaid. Mensen die de guidance lezen zagen regelmatig HAP1/HAP2/HAQ2/HAP3/HA43 langskomen. Dit zijn HARMONIE-versies die afwijken van de eerste HARMONIE 40 versie die op het KNMI is getest. HAP1 en HAP2 zijn technisch hetzelfde model, een doorontwikkeling van de originele HARMONIE 40 versie.

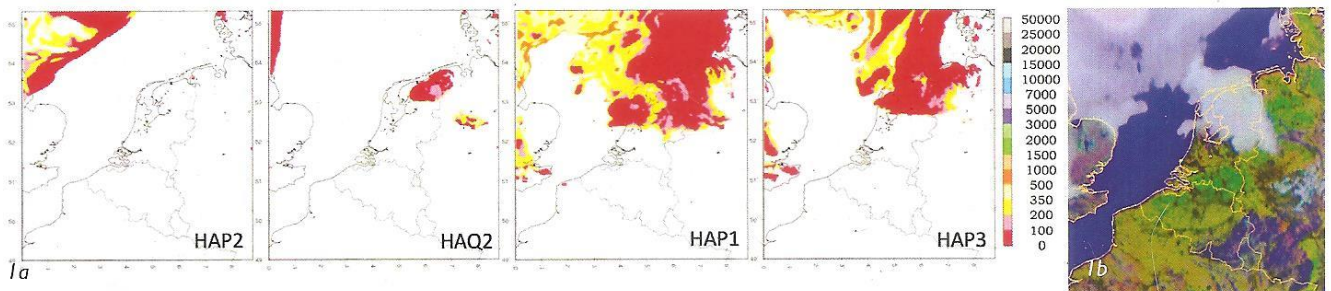
De verschillen zitten in de fysische keuzes in het model, waarbij HAP1 oude opties uit HARMONIE 36 bevat (meer mist, lage wolken en kleine buien) en HAP2 een aantal verbeteringen ten opzichte van de originele HARMONIE 40. HAP3 was HARMONIE 40 met nieuwe, op het KNMI

ontwikkelde stukken fysica. HA43 is de officiële HARMONIE-versie met alle nieuwe ontwikkelingen waarin ook de KNMI fysicavernieuwingen zitten die in HAP3 zaten.

Figuur 1a toont de modelverwachting van de wolkenbasis voor 4 verschillende HARMONIE-versies: HAP2, HAQ2, HAP1 en HAP3. Deze verwachtingen laten zien dat HAP2 en HAQ2 de lage wolken en mist behoorlijk onderschatten in vergelijking met het satellietbeeld in figuur 1b. Dit komt zeer waarschijnlijk door een te agressieve menging aan de top van de grenslaag, waardoor ondiepe mistlagen vooral in gevoelige situaties (boven zee) weggemengd worden. HAP1 en HAP3 zijn duidelijk beter, onder andere door aanpassingen in de menging aan de top van de grenslaag (HAP3), maar ook nog verre van perfect met een mistgebied dat niet uitgebreid genoeg is boven het westen van de Noordzee.

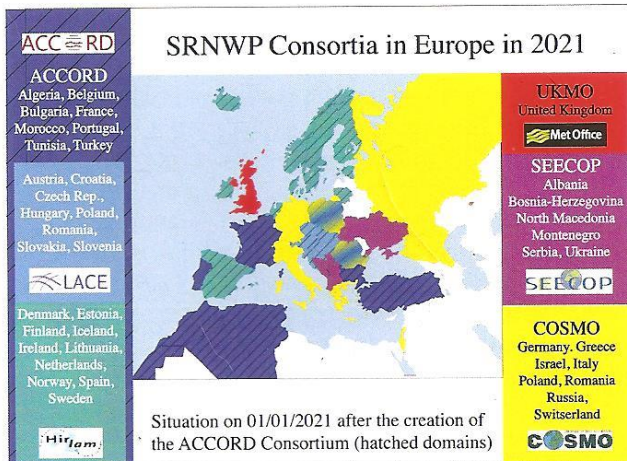
Onderzoekssamenwerking

HARMONIE (volledig HARMONIE-AROME) is een model dat niet alleen door het KNMI ontwikkeld wordt, maar door een groot consortium: ACCORD (A Consortium for Convection-scale modelling Research and Development). Een weermodel ontwikkelen kost veel menskracht waardoor een relatief klein weerinstituut als het KNMI dit niet alleen kan. In het verleden was het KNMI deelnemer aan het HIRLAM-consortium. Deze samenwerking is opgericht in 1985. Het KNMI sloot zich in 1986 aan. Naast het HIRLAM-consortium waren er ook andere consortia actief in Europa. Dat zijn het ALADIN (Aire Limitée Adaptation dynamique Développement International) consortium, dat in 1991 is opgericht, met Frankrijk als drijvende kracht. Verder heb je in Europa nog COSMO (the Consortium for Small-scale Modeling), bestaande uit Duitsland, Zwitserland, Italië, Griekenland en Rusland, SEECOP (South-East European



Figuur 1a: Wolkenbasis in 4 verschillende HARMONIE versies geldig voor 6 UTC op 31 mei 2021.

Figuur 1b: Satellietfoto op 31 mei 2021 om 6 UTC.



Figuur 2: Onderzoekconsortia in Europa die hoge-resolutie modellen ontwikkelen.

Consortium for Operational weather Prediction), en de Engelsen, die doen het allemaal zelf. Binnen het ALADIN consortium is ook nog LACE te vinden, een groep van landen die in de beginjaren van ALADIN operationeel samenwerkten met één gezamenlijke computer. In 2021 zijn ALADIN/LACE en HIRLAM samengegaan in het ACCORD consortium (zie Figuur 2). De voormalige HIRLAM-landen binnen ACCORD ontwikkelen gezamenlijk HARMONIE.

Operationele samenwerking

Zoals vermeld was de eerste operationele samenwerking die van de RC LACE (Regional Centre for Limited Area modelling in Central Europe) landen in de jaren 90 van de vorige eeuw. Langzaam werden de LACE landen kapitaalcrachtiger en kregen ze hun eigen computers om de weermodellen op te draaien. Hierdoor draaide ieder land rond 2005 zijn eigen limited area weermodel. Rond 2010 begon het idee van operationele samenwerking weer te leven, nu in Scandinavië. Noorwegen en Zweden zetten ongeveer tien onderzoekers bij elkaar die werkten aan het opzetten van een gezamenlijke operatie. Deze samenwerking heet MetCoOp (Meteorological Cooperation on Operational Numeric Weather Prediction). De eerste operationele verwachtingen van deze samenwerking kwamen in 2014 beschikbaar. Rond die tijd gingen Denemarken en IJsland ook samenwerken, omdat het Deense Meteorologische Instituut niet meer grijze stroom mocht gebruiken dan ze deden in 2010 en een nieuwe computer meer stroom nodig had. De uitweg voor Denemarken was de 100% groene stroom die op IJsland opgewekt wordt.

In 2017 werd MetCoOp uitgebreid met Finland en ook Denemarken had wel oren naar aansluiten bij deze samenwerking. Maar de complicatie van ook een model draaien voor Groenland plus het grote gezamenlijke gebied (verder naar het zuiden voor Denemarken, veel verder naar het westen voor IJsland) zorgde ervoor dat samenwerking met Denemarken door MetCoOp niet als haalbaar werd gezien. Voor verdere samenwerking is Denemarken met Ierland en Nederland rond de tafel gaan zitten. Nederland en Ierland werken nu ook al gedeeltelijk samen; een deel van de Ierse productie wordt op de KNMI computer gedraaid. Het andere deel draait op het ECMWF.

In 2018 is daarom UWC West (United Weather Centers

West) opgericht, waarin Denemarken, Ierland, Nederland en IJsland samen hun operationele modellen willen draaien. Deze samenwerking bestaat uit twee fases, de projectfase en de operationele fase. De projectfase werd door een projectteam verzorgd, met een projectleider die eerst uit Nederland kwam en daarna geleverd werd door IJsland, en met verschillende werkgroepen. Er werden afspraken gemaakt over de te draaien modellen, de manier van draaien en, het belangrijkste, de aankoop van de computer werd in de projectfase geregeld. Omdat vooral de oplevering van deze computer veel vertraging heeft opgelopen, in totaal 1 jaar en 6 maanden, is ook de projectfase van UWC West behoorlijk uitgelopen.

De UWC West samenwerking kent een aantal voordelen voor de deelnemende landen. Een belangrijk voordeel is dat er maar één computer aangeschaft hoeft te worden. Het aanbestedings- en aanschafproces is een grote klus, als dat maar een keer gedaan hoeft te worden dan scheelt dat behoorlijk wat werk. Verder kan je door de financiële middelen te bundelen meer rekenkracht krijgen voor dezelfde hoeveelheid geld dan als dit verdeeld wordt over een aantal verschillende systemen. Een verder voordeel is dat er minder mensen nodig zijn om de enkele computer te monitoren en onderhouden, wat ook geldt voor het monitoren van de applicaties die op de computer draaien.

Ook op het gebied van de modelontwikkeling en ondersteuning heeft het samenwerken grote voordelen. Niet elk land heeft alle competenties die nodig zijn voor het ontwikkelen, maar vooral ook het ondersteunen van een model, in huis. Door het gezamenlijk ontwikkelen van een model is dat ook niet nodig, maar je moet een aantal dingen zelf ook goed regelen als je je eigen model draait. Dan moet je denken aan alle waarnemingen die in de data-assimilatie gebruikt worden, het monitoren van het data-assimilatiesysteem zelf (worden alle waarnemingen goed gebruikt, zijn alle waarnemingen er) en de meteorologisch inhoudelijke prestaties van het model, waar kennis van de modelfysica heel nuttig is. Tot slot heb je ook menskracht nodig om achteraf te bepalen wat de kwaliteit van het model is: de verificatie. Al deze dingen kosten behoorlijk wat inspanning en door samen te werken heb je veel meer specialisten tot je beschikking die dit samen goed kunnen regelen.

De samenwerking binnen UWC West biedt dus voordelen op technisch vlak (meer computer voor hetzelfde geld) en op modelinhoudelijk vlak (meer specialistische kennis en mankracht). Tegen alle pluspunten staan natuurlijk ook een paar dingen die anders of minder zijn dan we nu gewend zijn. Beslissingen over de versie van het model die gedraaid gaat worden, moeten gezamenlijk genomen worden. Dit kan betekenen dat er een modelversie gekozen wordt die minder optimaal is voor Nederland, als er een compromis gesloten moet worden over de modelkwaliteit. Dit betekent ook dat het KNMI en zijn afnemers minder invloed hebben op de keuzes die gemaakt worden. En het KNMI heeft straks geen eigen HPC meer; de productie vindt op afstand plaats en daardoor is het bij problemen lastiger om actie te ondernemen.

Veranderingen model

Met de overgang naar UWC West gaat het KNMI ook over op een nieuwe modelversie, HARMONIE Cycle 43. Hierin zitten een aantal wijzigingen ten opzichte van de huidige

HARMONIE 40 versie. Dit betreft een aantal technische veranderingen (horizontale resolutie, verticale resolutie, modeldomein, opzet van het ensemble, frequentie van draaien) en een aantal inhoudelijke verschillen waardoor het model andere meteorologische karakteristieken krijgt.

De technische veranderingen zijn:

- De horizontale resolutie gaat van 2,5 naar 2,0 km
- Het aantal verticale lagen gaat van 65 naar 90
- Het onderste modelniveau gaat van 12 naar 5 meter hoogte
- Het modeldomein wordt veel groter
- Uurlijkse runs in plaats van 3-uurlijkse runs, 60 uren verwachting
- 5 ensemblemembers per uur, 60 uren verwachting voor ieder ensemblemember
- Gebruik van een Single Precision versie van het verwachtingsmodel
- Gebruik van de T2m en RH2m in de data-assimilatie voor de atmosfeer
- Het gebruik van ECMWF EPS-leden als rand voor het UWC West ensemble
- Het gebruik van Stochastic Parameter Perturbation (SPP) als methode om spreiding in de ensemblemembers in het model zelf te genereren

Deze technische veranderingen hebben al enige impact op de meteorologie in het model. Het veel grotere gebied zorgt voor randen die veel verder weg liggen, waardoor de spin-up in convectie vanaf de rand minder invloed zal hebben op de verwachting in Nederland. Het gebruik van 90 lagen in het model zorgt voor een kleinere bias in de windsnelheid en het gebruik van de T2m en RH2m in de bovenlucht data-assimilatie zorgt voor snellere bijstelling van mist en lage wolken naar de werkelijke situatie. Als de temperatuur- en vochtwaarnemingen laten zien dat er geen mist aanwezig is op die plek zal door de data-assimilatie de temperatuur en vochtigheid zo aangepast worden dat de mist verdwijnt. In het huidige HARMONIE blijft mist gewoon in het model zitten, ook als dat volgens de waarnemingen helemaal niet het geval zou zijn.

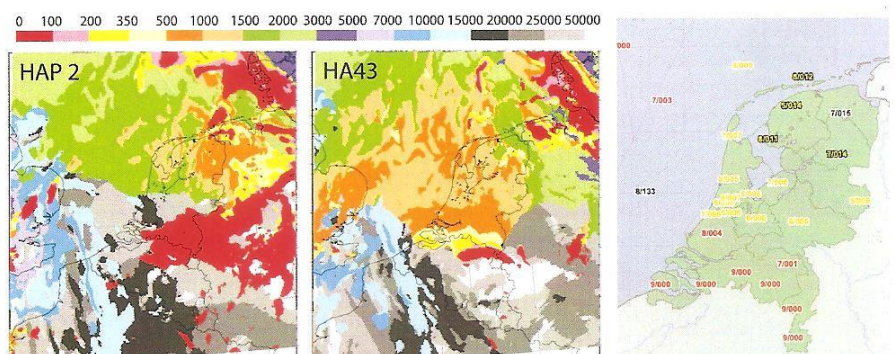
Naast veel technische veranderingen zijn er ook een aantal inhoudelijke veranderingen. HARMONIE-versie 43 heeft een vernieuwd turbulentieschema, met minder menging onder de stabiele omstandigheden aan de top van de grenslaag. Ook zitten er aanpassingen in het model op het gebied van de microfysica en langgolvlige straling. Een nieuwe versie van de landgebruikkaart zorgt voor andere verdelingen van vegetatie en een betere jaarlijkse gang van de ruwheid. Ook is er nu per modelpixel een jaarlijkse gang van de leaf area index, waar die vroeger per vegetatietype was voorgeschreven, onafhankelijk van het feit of bijvoorbeeld die boomsoort in Frankrijk of Zweden stond. Als laatste is er ook een aanpassing gedaan aan het smelten van sneeuw.

De aanpassingen aan het turbulentieschema hebben twee effecten.

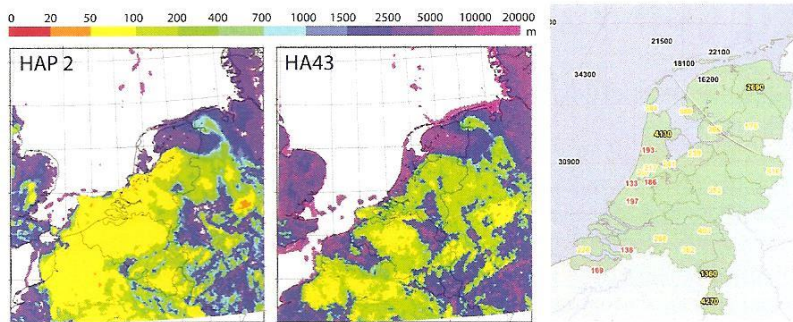
Als eerste zijn er meer lage wolken in het model en ligt de wolkenbasis lager in HA43 dan in HA40. Dit was een van de serieuze tekortkomingen van HA40; het gebeurde regelmatig dat er wel lage wolken waren maar dat HA40 niets of veel te weinig liet zien (zie Figuur 3). Het tweede effect van deze aanpassingen is subtieler. Omdat het aan de top van de grenslaag vochtiger is, ontstaan er eerder wolken op die plek en kan er daardoor ook eerder opgeloste convectie ontstaan. Vooral in situaties met wolken en buien die tegen het einde van de middag/begin van de avond ontstaan had HA40 vaak moeite om die te berekenen. Dit is beter in HA43. Ook de kleine maar soms heel belangrijke buien (regen op een bevroren ondergrond) in de winter worden in HA43 iets beter weergegeven. Maar de grootste verbetering op dat vlak wordt verwacht in een volgende HARMONIE-versie.

Een ander groot probleem van HA40 is dat de mist meestal te dicht is, soms veel te uitgebreid, en dat mist soms volledig gemist wordt. Te dichte en te uitgebreide mistgebieden worden veroorzaakt door te veel wolken druppeltjes (microfysica) en een te sterke uitstraling door wolkenwater (langgolvlige stralingsschema). Het verminderen van de menging onder stabiele omstandigheden zorgt voor het behoud van subtiele en ondiepe mistlagen. Het totaal aan aanpassingen leidt tot een gemiddeld veel beter gedrag van mist. Het kan nog steeds duidelijk beter, maar we hebben nu in ieder geval een idee waar we kunnen verbeteren en welke processen van groot belang zijn voor de mist in HARMONIE. Figuur 4 laat zien dat de mist in HA43 duidelijk minder dicht is (veel kleiner gebied met zicht tussen 50 en 100 meter) en de uitgebreidheid is ook iets minder.

Een andere verandering in het model is een aanpassing in het smelten van sneeuw. HA40 heeft de neiging om kleine hoeveelheden sneeuw veel te langzaam te smelten (net als ECMWF). Dit werd in HARMONIE veroorzaakt doordat in de smeltformulering van het oppervlakteschema de smelt evenredig werd genomen met de fractie van de gridbox die bedekt is met sneeuw. Die fractie is een functie van de dikte van de sneeuwlaag. Bij een dunner wordende sneeuwlaag werd daardoor de smelt ook kleiner met als effect dat kleine sneeuwhoeveelheden nauwelijks nog wegsmolten. In HA43 hebben we in de berekening van de hoeveelheid sneeuw die smelt na een kleine gevoeligheidsstudie met een 1-D versie van HARMONIE de sneeuwbedekking nu geminimaliseerd op 25%. Daardoor smelt de



Figuur 3. Wolkenbasis in voeten in HA40 (links), HA43 (midden) en waargenomen (rechts, voeten/100) op 22 februari 2023, 03 UTC. In HA40 lost de naar het noorden trekkende bewolking te snel op, waarna mist ontstaat (rode gebied). HA43 zit veel dichtter bij de werkelijkheid.



Figuur 4: Zicht in meters verwacht door de UWC West versie van HA40 (links), HA43 (mid-den) en waargenomen (rechts) voor 29 november 2022, 8 UTC.

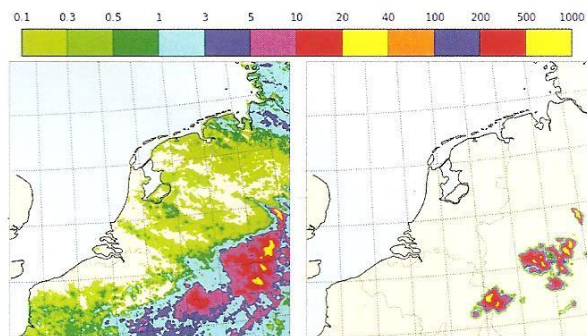
sneeuw ook bij een kleine bedekkingsgraad nog met een redelijk tempo. Het effect daarvan is zichtbaar in Figuur 5. In het gebied waar de sneeuw in werkelijkheid is gesmolten is zie je in HA40 nog een beetje sneeuw in uitgestrekte gebieden.

Beschikbare data

Via het KNMI Data Platform (KDP) maakt het KNMI de uitvoerdata van HARMONIE beschikbaar. Dat zal voor de UWC West uitvoer net zoals voor onze huidige operationele versie in twee verschillende uitsnedes zijn.

De eerste uitsnede ligt rond Nederland (zie het groene gebied in Figuur 6). Voor dit gebied gaat het aantal punten van 300x300 naar 390x390, waarbij de resolutie van 2,5 naar 2,0 km gaat. De tweede uitsnede bevat bijna het hele UWC West gebied, waarbij de resolutie (het blauwe gebied in Figuur 6) niet verandert ten opzichte van het huidige West Europa gebied (0,05 graden rotated lat lon, ongeveer 5,5 km). Het aantal punten wordt veel groter waardoor dit datapakket in omvang sterk toeneemt.

De grootste verandering zit in de frequentie van het beschikbaar stellen van de data. Dat zal uurlijks worden waar dat nu 6-uurlijks is. Dit is niet alleen het geval voor de deterministische run, maar ook voor de ensembleruns. Het samenstellen van het uiteindelijke ensemble zal dan door de gebruiker zelf moeten gebeuren. Daarbij kan men zelf kiezen hoe het ensemble samengesteld wordt. Bijvoorbeeld door het samenvoegen van 3 runs (15 members) of 6 runs (30 members) met uurlijkse updates of met andere tijdsintervallen. Ieder uurlijks deelensemble begint op het analyse-uur waar het bij hoort, wat betekent dat een ensemble dat samengesteld wordt uit de runs van 00, 01 en 02 UTC kan lopen van 02 UTC tot en met



Figuur 5: Sneeuwbedekking verwacht door HA40 (links) en HA43 (rechts) voor 23 januari 2024, 21 UTC.

58 uur later. Dat is het tijdvak waarop alle runs overlappen. Voor instantane parameters (10 meter wind, 2 meter temperatuur) of uurlijkse maxima (windstoten) kunnen de verschillende ensemblemembers makkelijk samengevoegd worden. Bij de geaccumuleerde parameters moet rekening gehouden worden met de verschillende starttijden van de ensemblemembers en moeten bijvoorbeeld van de 00 UTC run de eerste twee uren afgetrokken worden van de totale neerslag.

Door de deelensembles beschikbaar te stellen wordt de creativiteit van gebruikers niet beperkt en kunnen producten geheel afgestemd worden op het gebruik of werkschema's.

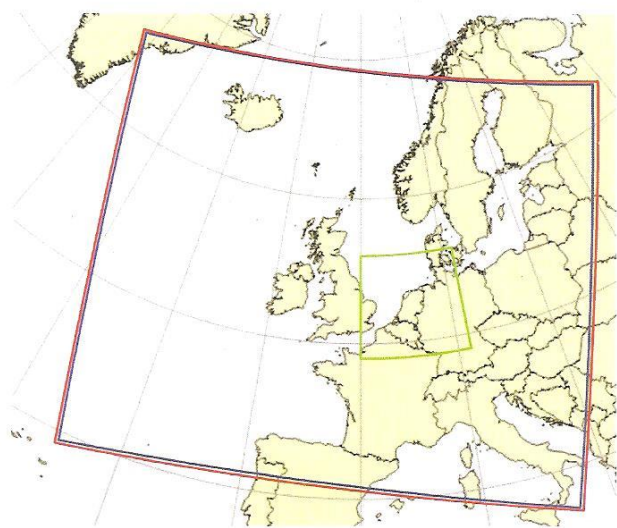
Planning

Bij het schrijven van dit artikel (eind januari) is de planning dat UWC West op 19 maart operationeel wordt. Vanaf dat moment wordt de productie 24/7 ondersteund en zijn de garanties op de levering van de data vergelijkbaar met de huidige. De eerste data zal hopelijk eind januari of begin februari beschikbaar komen via het KDP, zodat gebruikers hun applicaties kunnen testen met de UWC West data.

Omdat het KNMI niet alle applicaties die HARMONIE als input gebruiken op 19 maart klaar zal hebben, zal het KNMI op zijn vroegst rond 15 april operationeel overschakelen naar de UWC West data. Dit betekent ook dat de huidige HARMONIE-productie minimaal tot half mei beschikbaar zal blijven. Als de nieuwe data eind januari beschikbaar is hebben gebruikers daarmee 3,5 maanden om hun eigen productie te testen met de nieuwe data en om klaar te zijn voor het overschakelen op de datastromen uit IJsland.

Contact

sander.tijm@knmi.nl



Figuur 6: Het UWC West gebied (rood) met daarin de 2,0 km lat-lon uitsnede rond Nederland (groen) en de 5,5 km rotated lat-lon uitsnede die bijna het hele gebied bedekt (blauw).