



1. OPVOLGING EN VOORSPELLING VAN DE PLUVIOMETRIE IN HET BRUSSELSE GEWEST

1. Opvolging van onweders en van de onweersneerslag

1.1. Alarm – Onweders

Het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI) beschikt sinds 1993 over een waarnemingsnetwerk voor het automatisch detecteren van onweders. Dit vervangt en verbetert de traditionele waarnemingsmethodes. Het netwerk is sindsdien volledig vernieuwd en het is nu **het systeem "BELLS"**ⁱ (**Belgian Lightning Location System**) dat in reële tijd de elektrische activiteit in de atmosfeer meet, met een nauwkeurigheid boven het Belgische grondgebied van enkele honderden meters.

Het bijzondere van dit systeem is dat het de ontladingen tussen wolken registreert, die precies de eerste fases van een onweer uitmaken. Dit soort real time informatie laat toe de snelheid en de richting van een onweerszone, op het gebied van elektrische ontladingen, te evalueren. Op die manier kan men **anticiperen op de ontladingen naar de grond toe (blikseminslagen)** die veel gevaarlijker zijn voor de bevolking en hun bezittingen. Het BELLS-netwerk spoort momenteel meer dan 95% van de blikseminslagen op en is daarmee een van de meest efficiënte netwerken in Europa.

In combinatie met de voorspellingen en meteorologische waarschuwingen (zie punt 2.2), kunnen bepaalde zéér performante toepassingen van dit systeem op het laatste ogenblik waarschuwingen naar lokale doelgroepen versturen. De gegevens van BELLS worden ook geïntegreerd in het INCA-BE-systeem, dat de basis vormt voor waarschuwingen in verband met voorspellingen op zeer korte termijn (zie punt 2.1). De BELLS gegevens kunnen bijgevolg nuttig gecombineerd worden met de beelden afkomstig van het meteorologische radarnetwerk, die op hun beurt de neerslagactiviteit detecteren.

1.2. Pluviometrische waarnemingen in het Brusselse Gewest

1.2.1. De geïnstitutionaliseerde meetnetwerken

Het KMI gebruikt twee soorten netwerken voor de pluviometrische waarnemingen in België: het ene is automatisch, het andere manueel. De KMI-stations op het grondgebied van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) zijn:

- **Het station te Ukkel**, referentiestation van het KMI voor het Belgische klimaat. Het is met verschillende pluviometrische toestellen uitgerust. De nauwkeurigheid wordt onderling vergeleken met als doel besluiten te trekken vanuit operationeel oogpunt. Bepaalde elektronische instrumenten laten toe **de neerslag in reële tijd te registreren** en deze waarnemingen "online" te volgen. Op die manier hebben de voorspellers onmiddellijk toegang tot deze gegevens. Dit station maakt deel uit van het **Belgische synoptische waarnemingsnetwerk** (stations van het KMI, Skeyes en Meteo Wing), dat een dertigtal stations in het land telt en waarvan de geautomatiseerde gegevens door het KMI gecentraliseerd en verwerkt worden.
- **Twee andere stations**, niet geautomatiseerd, ook gelegen op het grondgebied van Ukkel, worden door het KMI geëxploiteerd in het kader van een samenwerking met Vivaqua. Deze twee stations maken deel uit van het **manuele klimatologische netwerk** van ongeveer 200 stations in België. **De dagelijkse neerslaghoeveelheden worden 's ochtends om 8 uur door waarnemers geregistreerd.**

ⁱ Het heette aanvankelijk "SAFIR", naar de sensoren die toen werden gebruikt. Vanaf 2011 werd het BELLS-netwerk geleidelijk uitgebreid met 5 sensoren van een ander type (LS7002). Dit netwerk maakt ook gebruik van gegevens van 9 andere soortgelijke sensoren in de buurlanden.

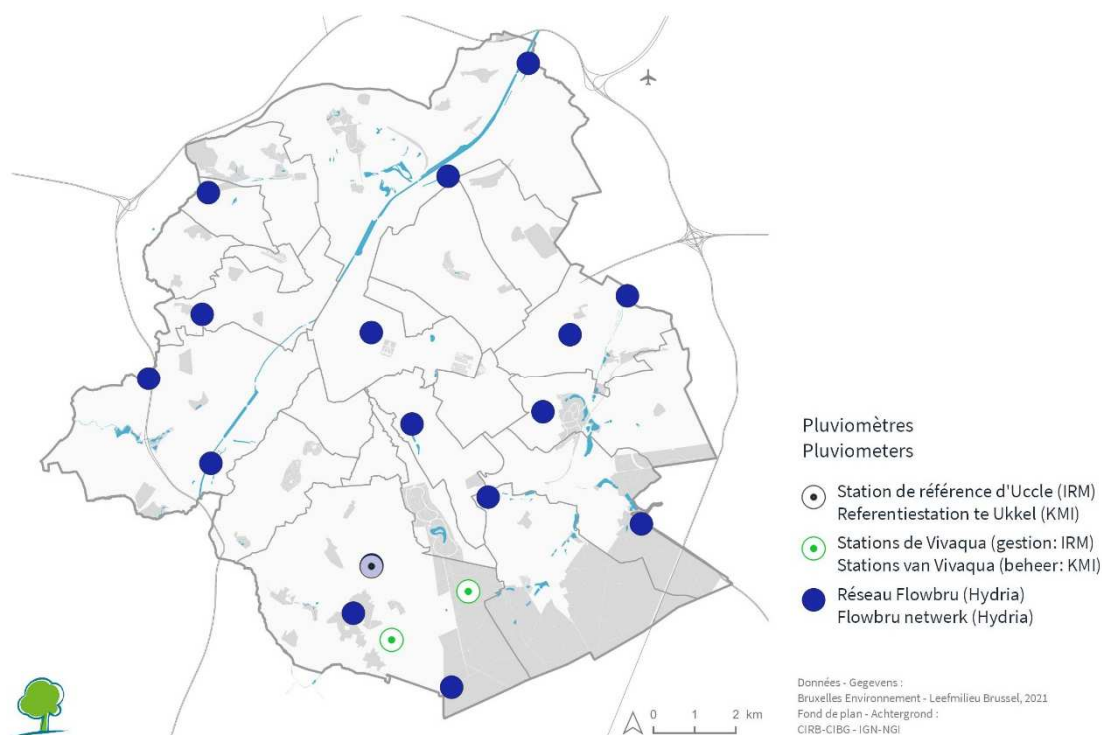


Anderzijds beschikt Hydria (voorheen de Brusselse Maatschappij voor Waterbeheer BMWB), om aan haar specifieke noden te beantwoorden, over **een vijftiental automatische pluviometers** verspreid over het Brusselse grondgebied en behorend tot het netwerk "Flowbru" (zie <https://www.flowbru.be/nl>).

Eén van deze pluviometers werd onlangs in het synoptisch park van het KMI geïnstalleerd, opdat men de instrumentale waarnemingen onderling zou kunnen vergelijken. Alle neerslaggegevens van het Flowbru-netwerk worden dagelijks doorgestuurd naar het KMI en dragen in het geval van extreme gebeurtenissen bij tot een betere beschrijving van de getroffen gebieden. Zodoende kan alle informatie, met betrekking tot de neerslaghoeveelheden die aanleiding gaven tot schade in het Brusselse Gewest, geïntegreerd worden in de analyses die het KMI naar Brussel Plaatselijke Besturen, binnen het kader van de erkenning van natuurrampen, doorstuurtⁱⁱ.

Figuur 1.1: De netwerken van pluviometers in het Brussels Gewest

Bron: Leefmilieu Brussel, 2021



1.2.2. Crowdsourcing (of participatieve dataproductie)

Het KMI maakt ook gebruik van **crowdsourcing** om aanvullende weergegevens (waaronder neerslaggegevens) te verkrijgen. Het voordeel van crowdsourcing is dat het de ruimtelijke dekking van de waarnemingen uitbreidt, maar ook informatie oplevert over zeer lokale verschijnselen die niet door de oppervlaktemeetnetten worden gedetecteerd. De nadelen die over het algemeen worden vermeld met betrekking tot crowdsourcing zijn de betrouwbaarheid van de gegevens, de validatie ervan en de duurzaamheid van de waarnemingsplaatsen (weinig of geen kronieken van metingen op één enkele plaats, veranderlijkheid van de waarnemers...).

ⁱⁱ De bevoegdheid voor de erkenning van natuurrampen, voorheen toevertrouwd aan het Rampenfonds, werd in 2014 overgedragen aan de Gewesten. Brussel Plaatselijke Besturen van de Gewestelijke Overheidsdienst Brussel is bevoegd voor het Brussels Gewest (<http://plaatselijke-besturen.brussels/nl/themas/regionale-steun/rampen>).



Twee bronnen van crowdsourcing zijn door het KMI opgezet:

- **Via het platform WOW-BE** (Weather Observations Website – Belgium <https://wow.meteo.be/nl/>). Het WOW-platform is in 2011 ontwikkeld op initiatief van het UK Met Office, de Britse meteorologische dienst. Andere partners zijn het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI), het Nederlandse equivalent van het KMI. Sinds 2017 heeft het KMI zich aangesloten bij dit internationale initiatief waardoor iedereen met **een automatisch weerstation** zijn waarnemingen in reële tijd kan delen via het internet. De stations worden vooral geïnstalleerd bij particulieren en in scholen. **Tegen medio 2021 zal het Brussels Gewest over 7 stations beschikken.**

De kwaliteit van de gegevens van een dergelijk netwerk is niet a priori vergelijkbaar met die van de bovengenoemde geïstitutionaliseerde meetnetwerken. Het onderzoeken van de gegevens en het uitsluiten van foutieve waarden is een essentiële activiteit in dit soort projecten. Toch hebben een aantal studies van het KNMI en het KMI **de wetenschappelijke waarde van de** ingezamelde temperatuur- en neerslaggegevens reeds aangetoond. Uit een analyse van de neerslaggegevens voor het jaar 2017 van het WOW-BE-platform is gebleken dat de kwaliteit van de dagtotalen vergelijkbaar was met die van de officiële gegevens. De uurgegevens zijn daarentegen minder betrouwbaar en kunnen daarom niet rechtstreeks worden gebruikt in wetenschappelijk werk (KMI, Svenja Wilfert, 2018).

De via het WOW-BE-platform verzamelde gegevens kunnen worden gebruikt om extreme situaties in reële tijd te beoordelen (en zo de weerwaarschuwingen te verbeteren), om bepaalde fenomenen achteraf te analyseren, maar ook om bijvoorbeeld het stedelijk hitte-eiland te bestuderen.

- **Via zijn mobiele app:**

<https://www.meteo.be/nl/info/veelgestelde-vragen/producten-en-diensten/gebruiksaanwijzingen-van-de-mobiele-app-van-het-kmi>

Sinds augustus 2019 is er een nieuwe functie toegevoegd aan de mobiele app van het KMI. Gebruikers kunnen nu ook hun waarnemingen van het moment via deze app doorgeven, met **informatie over het soort weergebeurtenis** op hun locatie (onweer, regen, sneeuw enz.), evenals de intensiteit van de neerslag. In 2 jaar tijd zijn in het hele land bijna 1,8 miljoen waarnemingen ingevoerd. Voor het BHG werden meer dan 86.000 waarnemingen verzameld, waarvan ongeveer 18.000 neerslaggegevens (21% van het totale aantal waarnemingen). In 2020 is op verzoek van de regionale hydrologische diensten de mogelijkheid ingevoerd om ook overstromingswaarnemingen te melden. De mogelijkheid om ook foto's te versturen via de functionaliteit van de app wordt overwogen.

Na het uitsluiten van de meest verdachte waarden, maken de via de app verzamelde gegevens het mogelijk om in reële tijd de weersituatie in het land te volgen (van belang voor de voorspellers voor soms zeer lokale fenomenen, zoals mist, sneeuwval, hagel), om waarnemingen en radarproducten te valideren (voorkomen van neerslag, soort neerslag, kans op hagel) en om potentieel nuttige gegevens te verstrekken voor informatieverzoeken van het publiek of voor berichten die door het KMI worden verzonden in het kader van algemene rampen.

Naast de initiatieven van het KMI moet ook de betrokkenheid worden vermeld van het departement HYDR van de VUB bij het Europese project FloodCitiSense (<http://www.floodcitisense.eu>) waarvan Brussel een van de drie pilotsteden is. Het doel ervan is de oprichting van een vroegtijdige waarschuwingdienst voor overstromingen in stedelijke gebieden. Een belangrijk onderdeel van het project is de mogelijkheid voor Brusselaars om in reële tijd, via een mobiele app, het type en de intensiteit van de neerslag mee te delen, evenals eventuele overstromingen die er op een zeer lokaal niveau eventueel mee in verband staan (meer informatie op <https://www.vub.be/en/theworldneedsyou/planet/project/floodcitisense#about-floodcitisense>).

Particulieren in het BHG gebruiken ook een reeks goedkope neerslagsensoren en hun metingen worden getest om na te gaan of zij complementair zijn met die van pluviometers van de geïstitutionaliseerde netwerken.



1.3. De pluviometrische schattingen met behulp van het radarnetwerk

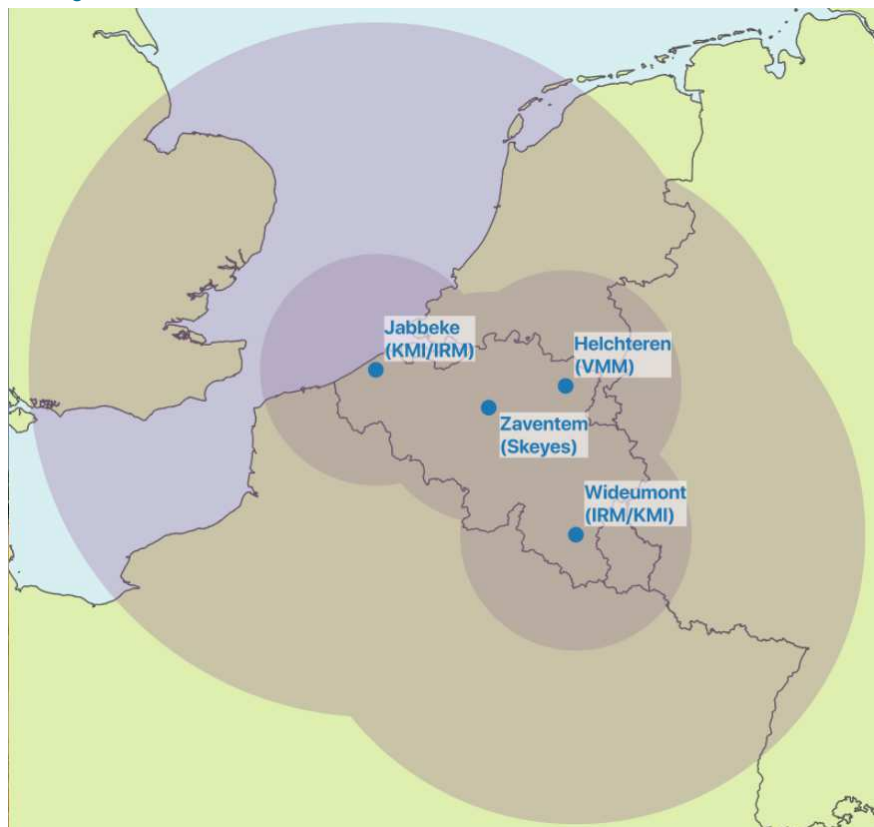
Tijdens de tweede wereldoorlog deed de radar zijn intrede in het domein van de luchtvaart. Op de radarbeelden kwamen echo's van neerslagdeeltjes (regen, sneeuw of hagel) voor. Voor de luchtvaart werden deze echo's beschouwd als parasieten. Meteorologen daarentegen, zagen hierin een waardevolle bron van informatie. Sindsdien zijn de radarsystemen gevoelig verbeterd en nemen de **meteorologische radars** nu een essentiële plaats in bij de beschikbare middelen ter observatie van de atmosfeer.

België beschikt op zijn grondgebied over **4 weerradars om de neerslag in reële tijd te volgen (zie figuur 1.2), wat voor het land een opmerkelijke radardekking betekent.** Het KMI bezit 2 radars, maar exploiteert operationeel en in reële tijd de gegevens van alle Belgische radars:

- De eerste radar geïnstalleerd door het KMI in 2001 te Wideumont (Libramont) in de provincie Luxemburg. Hij wordt in 2022 vervangen.
- De tweede radar geïnstalleerd te Zaventem in 2003. Deze wordt, voornamelijk voor luchtvaartdoeleinden, door de meteorologische dienst van Skeyesⁱⁱⁱ gebruikt.
- De derde radar geïnstalleerd door het KMI in 2012 te Jabbeke in West-Vlaanderen.
- De meest recente radar in het Limburgse Helchteren (Houthalen-Helchteren), sinds 2016 beheerd door de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM).

Figuur 1.2: Het Belgische netwerk van meteorologische radars

Bron: Figuur afkomstig van de KMI-website, 2021



Een observatienetwerk van meer dan 120 radars laat, op Europees niveau, toe het grootste deel van het continent te bedekken. **Naast de Belgische radars gebruikt het KMI ook gegevens van relatief nabije radars in Frankrijk, Duitsland en Nederland.**

ⁱⁱⁱ Het vroegere BelgoControl.



Een radar laat ons toe neerslag te detecteren tot op een maximale afstand die afhangt van de radar (van 250 km voor de radar van Wideumont tot 300 km voor die van Jabbeke). Meestal is het nuttige bereik voor een kwantitatieve schatting van de neerslaghoeveelheden veel lager. Zeker tijdens de winterperiode, wanneer de wolken zich relatief laag in de atmosfeer bevinden. Tijdens de zomerperiode, hebben de cumulonimbuswolken (onweerswolken), die intense onweersneerslag veroorzaken, een aanzienlijke verticale ontwikkeling van verschillende kilometers. Hierdoor kunnen alle Belgische radars dit type neerslag boven het BHG detecteren.

De ruwe radarwaarnemingen moeten worden verwerkt om betrouwbare ramingen van de neerslagintensiteit en -hoeveelheden aan de grond te verkrijgen. Deze verwerking omvat het verwijderen van stoorsignalen, het schatten van de neerslag aan de grond op basis van radarwaarnemingen in de hoogte, het combineren van waarnemingen van verschillende radars en het samenvoegen met de gegevens van de pluviometers.

Het basisproduct, geleverd door de meteorologische radar, is een **beeld van de neerslag dat elke 5 minuten wordt gegenereerd in reële tijd**. De mobiele app van het KMI neemt dit radarbeeld over, met neerslagvoorspellingen om de 10 minuten voor de volgende drie uur.

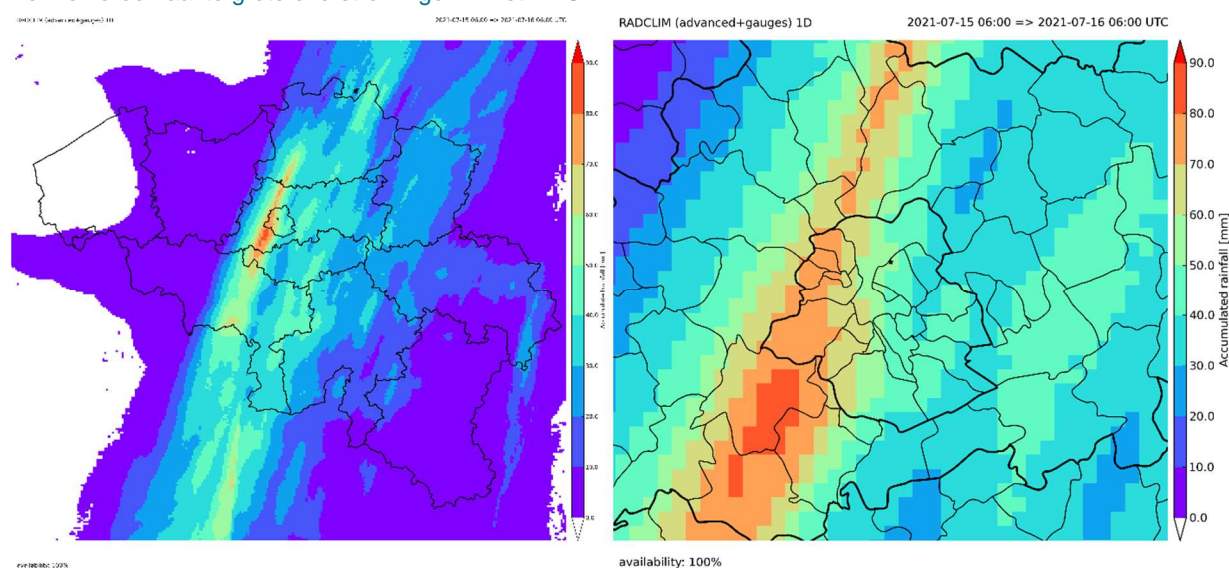
Deze beelden worden door het KMI voor uiteenlopende doeleinden gebruikt:

- enerzijds voor **meteorologische voorspellingen op zeer korte termijn**, onder meer voor weerwaarschuwingen in verband met potentieel gevaarlijke situaties (zware stormen enz.);
- anderzijds, voor voorspellingen op korte termijn, in het kader van **systemen voor het voorspellen van hoge waterstanden en overstromingen** die door de gewesten worden gestuurd (Leefmilieu Brussel voor het Brusselse Gewest);
- en ten laatste, **voor de interpretatie van neerslaggebeurtenissen a posteriori**, door de radarbeelden te combineren met de klassieke pluviometrische metingen aan de grond (als voorbeeld, zie figuur 1.3).

Figuur 1.3: Schatting van de 24u gecumuleerde neerslaghoeveelheden boven het Belgisch grondgebied (links) en boven het BHG (rechts) tussen 15 juli 2021 om 8 uur en 16 juli om 8u burgerlijke tijd (tussen 6 uur en 6 uur universele tijd U.T.)

Bron: KMI, 2021

De radars tonen intense neerslaghoeveelheden die het westen van het BHG raken met een geschatte neerslag van 70 tot 80 mm (De kleurenschaal geeft schattingen van de neerslaghoeveelheden aan in mm. Meer dan 70 mm werden in Molenbeek gemeten (pluviometer Semence van het Flowbru netwerk). In het zuidwesten van het BHG werd de neerslag geraamd op meer dan 90 mm. Deze intense neerslag in het stroomgebied van de Zenne veroorzaakte grote overstromingen in het BHG.





2. Voorspellingen van onweders en neerslaghoeveelheden verbonden aan onweersverschijnselen

2.1. Zijn onweders momenteel voorspelbaar? En op welke termijn?

Onweer is een van die meteorologische verschijnselen die moeilijk in detail te voorspellen zijn. Dit houdt verband met hun vaak lokale karakter en bijgevolg sterk wisselvallige karakter in de ruimte en de tijd. De intense ontwikkeling van een onweer op een bepaalde plaats/moment (in plaats van op een andere) is gevoelig voor verschillende factoren waarvan de fijne structuur niet altijd gemakkelijk kan worden begrepen en die soms in verband kan worden gebracht met een specifiek kenmerk (reliëf, plaatselijke convergentie enz.).

Met de huidige methoden en technieken die in de operationele meteorologie worden gebruikt, kan men echter meestal op onweersbuien anticiperen met een efficiëntie/nauwkeurigheid die afhangt van het tijdstip en ook van het soort onweersbui (georganiseerd of niet).

Voor tijdsbestekken van 2 tot 7 dagen en mogelijk zelfs langer kunnen potentiële stormsituaties soms al worden voorzien met behulp van 'grofmazige' digitale voorspellingsmodellen en de daarvan afgeleide ensemblevoorspellingen (zie punt 2.3 voor de ensemblevoorspellingen). De meteoroloog analyseert de verschillende mogelijke atmosferische configuraties en hun respectieve waarschijnlijkheden. Sommige van deze configuraties kunnen een onweerspotentieel vertonen. Dat kan worden geïdentificeerd aan de hand van diverse door de modellen verstrekte indicatoren, zoals: signalen van sterke neerslag (vooral voor gestructureerde, grootschalige en zeer actieve onweersystemen, hoewel dit niet systematisch gebeurt), dynamische context (aanwezigheid van een straalstroom, een trog enz.), hoge onstabiliteitsindices enz. Een raming van het aantal elektrische ontladingen en de kans dat de drempelwaarden voor de dichtheid van deze ontladingen worden overschreden, wordt eveneens door het wereldwijde ECMWF-model verstrekt. Deze raming kan dan eveneens als een specifieke indicator worden gebruikt. Het is echter de deskundigheid van de meteoroloog die het uiteindelijk mogelijk zal maken een stormscenario toe te schrijven aan een eventueel signaal (atmosferische configuratie) in de output van mondiale modellen en hun ensembles.

Voor tijdsbestekken van 1 tot 2 dagen is het vaak mogelijk een onweerscontext al dan niet te bevestigen en eventueel aan te geven welk deel of welke delen van het land, eventueel provincies, het meest/minst zullen worden getroffen. Maar er kunnen nog grote onzekerheden blijven bestaan over de timing, de precieze locatie en de intensiteit van deze stormen, vooral als zij louter convectief en ongeorganiseerd zijn (d.w.z. niet gekoppeld aan een grootschaliger structuur zoals een front, een trog enz.). Naast mondiale digitale modellen en hun ensemblevoorspellingen kunnen meteorologen in dit kortere tijdsbestek ook gebruik maken van regionale digitale modellen, die betrekking hebben op een kleiner ruimtelijk en temporeel domein, maar met een fijnere resolutie. Dergelijke modellen geven een meer gedetailleerde/minder afgevlakte weergave van de relevante velden (neerslag, rukwinden enz.). Ze vormen een soort van "digitale zoom". De analyse kan dan rekening houden met meer geavanceerde indicatoren, zoals: verticale windschering, relatieve helicheit, potentieel beschikbare convectieve energie, convergentie enz. en met mogelijke 'triggers' die verband houden met lokale effecten (zeewind, reliëf enz.). Deze elementen maken het mogelijk om het type onweerscel te karakteriseren en de ernst ervan in te schatten (in termen van neerslagintensiteit, hagelkans, en/of bijbehorende dynamische verschijnselen).

In de enkele uren vóór de gebeurtenis (doorgaans tot 6 uur) komen de waarnemingsgegevens mee in het spel en vullen ze de bovengenoemde methoden aan. Satellietbeelden met hoge spatiotemporele resolutie, RADAR-gegevens (zie punt 1.3) en gegevens van het netwerk voor detectie van elektrische ontladingen (BELLS-netwerk: zie punt 1.1) alsook aanverwante gegevens (waarnemingen bij stations, crowdsourcing enz., zie punt 1.2) worden met elkaar vergeleken om de ontwikkeling en/of de reeds aanwezige stormactiviteit (op het grondgebied en/of stroomopwaarts) te volgen. Algoritmen (INCA-BE) maken extrapolaties op zeer korte termijn (meestal tot 3 uur) mogelijk van de neerslag die samenhangt met de onweersactiviteit. Zij zijn gebaseerd op een gecombineerd gebruik van fijnmazige modellen en de meest recente waarnemingsgegevens (RADAR enz.). Er bestaan ook technieken om de kans op hagel in reële tijd in te schatten. Zo is het in het algemeen mogelijk om binnen het uur nauwkeuriger te zijn en geleidelijk aan tot op de schaal van de gemeenten af te dalen. Zelfs voor deze zeer korte tijdsbestekken kan echter nog onzekerheid bestaan, aangezien sommige processen zich op tijdschalen van minder dan een uur ontwikkelen.



2.2. De meest courante voorspellingsproducten in verband met onweders

Op zijn voor iedereen toegankelijke website en via zijn mobiele applicatie, verstuurt het KMI momenteel:

- **Algemene voorspellingen**, inclusief 14-daagse trends, 7-daagse dagelijkse voorspellingen en meer gedetailleerde voorspellingen voor de komende 48 uur.

Deze voorspellingen nemen twee hoofdvormen aan:

- grafieken, kaarten of pictogrammen die de verwachte evolutie van belangrijke variabelen (temperatuur, windsnelheid/richting, neerslag ...) weergeven en die kunnen worden geraadpleegd op Belgisch niveau of voor een specifieke locatie (gemeente);
- bulletins in de vorm van teksten die een beschrijving geven van de evolutie in haar geheel, waardoor ook de grafische/kwantitatieve producten genuanceerd kunnen worden, een idee kan worden gegeven van de onzekerheid en deze verschillende elementen kunnen worden gekoppeld aan de atmosferische context.

Deze producten worden regelmatig bijgewerkt: 5 keer per dag voor de voorspellingen met een tijdshorizon van 6 uur tot 14 dagen, en nog regelmatig (soms om het uur) voor de voorspellingen op zeer korte termijn (Nowcasting), die zich concentreren op de komende 6 uur.

- **Algemene waarschuwingen** voor alle gevaarlijke meteorologische fenomenen. De classificatie van deze risico's was het onderwerp van een harmonisatie op Europese schaal tussen de verschillende nationale meteorologische diensten. (zie "Meteo-Alarm" <https://www.meteoalarm.eu/index.php>). Wat de **onweders** betreft, veranderen de kleuren voor een waarschuwing naargelang het geïdentificeerde niveau als volgt:

- **Fase groen**: Geen noemenswaardige stormgerelateerde problemen. Mogelijk wat lokale donder- of blikseminslagen.
- **Fase geel**: Plaatselijk onweer met zware regenval, hagel, rukwinden of blikseminslag, die tot problemen of schade kunnen leiden. Wees waakzaam.
- **Fase oranje**: Zware en verspreide onweersbuien met hevige regenval, hagel, sterke rukwinden of blikseminslagen, die kunnen leiden tot wijdverspreide problemen of schade. Wees voorbereid en volg de raadgevingen van de bevoegde autoriteiten op.
- **Fase rood**: Hoog risico op zeer zware onweersbuien op verschillende plaatsen en met uitzonderlijke gevolgen. Onderneem actie om uzelf, anderen en indien mogelijk uw bezittingen in veiligheid te brengen. Volg de raadgevingen van de bevoegde autoriteiten strikt op.




De waarschuwing wordt gegeven binnen een bepaalde termijn afhankelijk van het niveau (maximaal 48 uur vóór de gebeurtenis voor code geel, 24 uur voor code oranje en 12 uur voor code rood). Ze wordt verscheidene keren per dag bijgewerkt, of zelfs om het uur, in geval van snelle veranderingen.

Op een online kaart van ons land, zijn de alarmniveaus gedefinieerd in 9 zones die ongeveer overeenkomen met de 9 "oude" Belgische provincies. **Voor dit type waarschuwingen is het BHG onderworpen aan dezelfde "alarmen" uitgevaardigd voor de provincie Brabant.** Er wordt een gele, oranje of rode waarschuwing gegeven wanneer op basis van de voorspellingen de kans op het bereiken of overschrijden van de criteria voor dat niveau over ten minste een kwart van het betrokken gebied op ten minste 65% wordt geraamd. De criteria zijn gekoppeld aan kwantitatieve drempels (neerslagtotalen over 1 uur, 6 uur, 24 uur, geschatte hagelgrootte enz.) en/of aan de aanwezigheid van potentieel gevaarlijke dynamische verschijnselen (sterke rukwinden). De belangrijkste criteria voor de regen- en onweerswaarschuwingen zijn weergegeven in figuur 1.4.



Figuur 1.4: Samenvattende tabel van niet-exhaustieve criteria met betrekking tot regen- en/of onweerswaarschuwingen

Bron: Figuur afkomstig van de KMI-website, 2021

Waarschuwing			
Regen	10 tem 30 l/m ² in 1 uur* of 20 tem 40 l/m ² in 6 uur of 25 tem 50 l/m ² in 24 uur	31 tem 50 l/m ² in 1 uur* of 41 tem 60 l/m ² in 6 uur of 51 tem 100 l/m ² in 24 uur	Reeds grote wateroverlast en nog zware neerslag op komst, of > 50 l/m ² in 1 uur* of > 60 l/m ² in 6 uur of > 100 l/m ² in 24 uur
Onweer	10 tem 30 l/m ² in 1 uur* of 20 tem 40 l/m ² in 6 uur of 25 tem 50 l/m ² in 24 uur of lokaal zware rukwinden of hagelstenen van 1 tem 2 cm	31 tem 50 l/m ² in 1 uur* of 41 tem 60 l/m ² in 6 uur of 51 tem 100 l/m ² in 24 uur of verspreide zware rukwinden of hagelstenen van 3 tem 5 cm	Reeds grote wateroverlast en nog zware neerslag op komst, of > 50 l/m ² in 1 uur* of > 60 l/m ² in 6 uur of > 100 l/m ² in 24 uur of verspreide extreme rukwinden of hagelstenen > 5 cm

- **Weerflashes, via de mobiele app**, voor zeer binnenkort (van 10 minuten tot maximaal 1 uur) te verwachten hevige regenval al dan niet in combinatie met onweer of hagel, op **schaal van de gemeenten** (zie <https://www.meteo.be/nl/info/nieuwsoverzicht/kmi-lanceert-gemeentelijke-weerflashes>). Ze worden **om de 10 minuten** bijgewerkt.

Een van de bijzondere kenmerken van de weerflashes is dat ze automatisch worden gegenereerd door een intelligente technologie voor voorspellingen op zeer korte termijn (INCA-BE, zie punt 2.1). Deze technologie gebruikt zowel de weerradargegevens als de bliksemgegevens van het BELLS-netwerk.

De extrapolatie van de neerslag en de hagel- en elektrische ontladingssignalen worden geanalyseerd over twee karakteristieke tijdsbestekken: zeer kort (tot 20 minuten) en lang (20 tot 80 minuten). Voor elk van deze termijnen zijn specifieke intensiteitscriteria vastgesteld, te vinden op: <https://www.meteo.be/nl/info/veelgestelde-vragen/producten-en-diensten/weerflashes-op-kmi-app>. Ze worden weergegeven in 3 kleurniveaus (geel, oranje of rood), zoals de algemene waarschuwingen.



Wanneer een deel van een gemeente (meer dan 33%) op korte of lange termijn aan een van de criteria voldoet, wordt voor deze gemeente een flash afgegeven. De flash geeft aan:

- o het (de) betrokken fenomeen(en): hevige regen en/of onweer en/of hagel, enz.;
- o het niveau van de ernst: intens, zeer intens, extreem, afhankelijk van het niveau (geel, oranje of rood, afhankelijk van de criteria);
- o het tijdstip: het uur van aankomst van het (de) betrokken fenomeen(en);
- o het risico: waarschijnlijk/hoog indien het niveau op lange termijn wordt bereikt, en zeer waarschijnlijk/zeer hoog indien het niveau op zeer korte termijn wordt bereikt.

2.3. Mogen wij binnen afzienbare tijd redelijkerwijs een vooruitgang verwachten voor de voorspellingen van deze fenomenen?

Men kan vorderingen op het vlak van de voorspelling van onweersbuien en de daarmee gepaard gaande intense verschijnselen verwachten in het licht van de technische en wetenschappelijke vooruitgang (waartoe het KMI in sommige gevallen actief bijdraagt), en wel langs verschillende wegen:

- **Vergroting van de resolutie van digitale modellen:** de ruimtelijke resolutie van de fijnmazige modellen neemt toe, met een horizontale afstand tussen rasterpunten die momenteel daalt tot ongeveer 1 km (1,3 km voor de laatste versies van de ALARO- en AROME-modellen). De operationele meteorologie begint dergelijke modellen te gebruiken. Hun fysische schema's zijn aangepast om de atmosferische convectie explicieter te integreren, waardoor onweersontwikkelingen duidelijker worden. Dit kan worden gezien als een scherpere focus om een beeld met hoge resolutie van de verschijnselen te verkrijgen dat hun fijnere structuren, waaronder de convectieve cellen, zichtbaar maakt.
- **(Probabilistische) ensemblebenaderingen en postprocessingbenaderingen:** de methoden voor "ensemblevoorspellingen" trachten meer rekening te houden met het chaotische karakter van het gedrag van de atmosfeer, dat verantwoordelijk is voor een zeer grote gevoeligheid voor de initiële omstandigheden waarop alle modellen zijn gebaseerd. Zij gebruiken verschillende modellen en/of initiële omstandigheden tegelijk. De verdeling van de verwachte hoeveelheid over de "leden" van dat ensemble maakt het mogelijk het vertrouwensniveau te schatten (laag voor sterk verspreide leden, hoog voor zeer "dichte" leden). Ze maakt ook probabilistische voorspellingen en dus een inschatting van het risico mogelijk. De ensemblebenadering wordt gebruikt in het KMI, met name voor operationele voorspellingen van temperatuur, wind en cumulatieve neerslag; deze laatste kan een signaal zijn van een onweersepisode. Voor toekomstig operationeel gebruik is bij het KMI eveneens een probabilistisch systeem voor nowcasting geïmplementeerd (Py-STEPS). Ensemblevoorspellingen kunnen ook worden onderworpen aan statistische correcties (postprocessing van ensembles, aangeduid als "MOS" voor Model Output Statistics). Bij het KMI wordt dit type statistische correctie momenteel toegepast op een beperkte reeks variabelen (temperaturen en rukwinden). Bovendien kan men op grond van recent onderzoek, met name in de Verenigde Staten, naar ensemblevoorspellingen (met postprocessing) van meer specifieke indices, zoals de geïntegreerde heliceit op een deel van de opwaartse luchtstroom van een onweerscel, interessante toekomstige bijdragen van deze aanpak verwachten.
- **Verbetering van de fysische patronen van convectieve systemen:** deze verschijnselen worden nog steeds onderzocht, en er worden in situ experimentele studiecampaagnes uitgevoerd om de conceptuele modellen te valideren.
- **Verbeterde assimilatie van gegevens:** de kwaliteit van de waarnemingsgegevens (RADAR, satelliet enz.) wordt steeds beter. Deze steeds meer gedetailleerdere en rijkere informatie zal het mogelijk maken nog nauwkeurigere diagnoses te stellen tijdens de fase van de stormmonitoring, maar zal ook de resultaten verbeteren van de digitale modellen waarvoor ze het uitgangspunt vormt. In de toekomst moeten de fijnmazige modellen vaker worden bijgewerkt om deze kwalitatief betere waarnemingsgegevens regelmatig te integreren en deze modellen dus beter te 'herkalibreren' ten aanzien van de evolutie van de situatie.
- **Meer gebruik van crowdsourcinggegevens** (zie punt 1.2.2): een grotere participatie van burgers (waarnemingsverslagen via de mobiele applicatie enz.) zou meer gedocumenteerde casestudy's (foto's enz.) mogelijk kunnen maken en een meer systematisch hulpmiddel kunnen zijn voor waarschuwingen op zeer korte termijn.



- **Kunstmatige intelligentie:** dit is een zeer veelbelovende vorm van informatieverwerking, als aanvulling van andere methoden. Er wordt met name onderzoek verricht om de raming en nowcasting van neerslag te verbeteren met behulp van Deep Learning-technieken die worden toegepast op radar-, satelliet- en regenmeterwaarnemingen.

Om te eindigen vermelden wij nog dat studies van de stedelijke meteorologie op kleine schaal, specifiek voor het Brusselse Gewest en haar omgeving, het overwegen meer dan waard zijn om enerzijds de relatieve belangrijkheid van de neerslaghoeveelheden (en hun evolutie) en anderzijds de belangrijkheid van de stedelijke omgeving bij de problematiek van de overstromingen (en hun evolutie) aan te tonen. De studie van fenomenen op stedelijk microklimatologische schaal moet nog gebeuren; dit zou verrassingen aan het licht kunnen brengen die op hun beurt bepaalde operationele technieken kunnen aanbrengen.

Bronnen

1. CALUWAERTS, S., *et al.*, 2021. « Engaging Schools to Explore Meteorological Observations Gaps », *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, **102 (6)**, 1126-1132, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0051.1>
2. DAS, S., 2017. « Severe Thunderstorm Observation and Modeling – A Review », *Vayu Mandal*, **43 (2)**, 1-29.
3. DELOBBE, L., 2006. « Estimation des précipitations à l'aide d'un radar météorologique », KMI, Publication scientifique et technique nr.44, 48 pp. Beschikbaar (in het Frans) op: https://www.meteo.be/resources/publication/rmi_scpub-1149.pdf
4. FORESTI, L., REYNIERS, M., Seed, A., and L. DELOBBE, 2016. « Development and Verification of a Stochastic Precipitation Nowcasting System for Urban Hydrology in Belgium », *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, **20**, 505-527.
5. GOUDENHOOFDT, E., DELOBBE, L., and P. WILLEMS, 2017. « Regional Frequency Analysis of Extreme Rainfall in Belgium Based on Radar Estimates », *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, **21**, 5385-5399, <https://doi.org/10.5194/hess-21-5385-2017>.
6. GOUDENHOOFDT, E., and L. DELOBBE, 2016. « Generation and Verification of Rainfall Estimates from 10-Yr Volumetric Weather Radar Measurements », *J. Hydrometeorol.*, **17**, 1223-1242, doi: 10.1175/JHM-D-15-0166.1.
7. GOUDENHOOFDT, E., and L. DELOBBE, 2013. « Statistical Characteristics of Convective Storms in Belgium Derived from Volumetric Weather Radar Observations », *J. Appl. Meteorol. Climatol.*, **52**, 918–934. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JAMC-D-12-079.1>
8. KMI, « Jaarverslag ». Beschikbaar op de website van het KMI <https://www.meteo.be/nl/info/publicaties> sedert 2001 (zie de hoofdstukken bedoeld voor waarschuwingen van onweersachtige omstandigheden, deterministische of ensemblevoorspellingen, nowcastingprojecten).
9. LOPEZ, P., 2018. « Promising Results for Lightning Predictions », ECMWF, Newsletter n°155 - Avril 2018. <https://www.ecmwf.int/en/newsletter/155/meteorology/promising-results-lightning-predictions>
10. LUKACH M., *et al.*, 2017. « Estimating the Occurrence and Severity of Hail Based on 10 Years of Observations from Weather Radar in Belgium », *Meteorol. Appl.*, **24**, 250-259.
11. MORAUX, A., *et al.*, 2021. « A Deep Learning Multimodal Method for Precipitation Estimation », *Remote Sens.*, **13**, 3278. <https://doi.org/10.3390/rs13163278>
12. POELMAN, D.R., 2014. « A 10-Year Study on the Characteristics of Thunderstorms in Belgium Based on Cloud-to-Ground Lightning Data », *Mon. Weather Rev.*, **142**, 4839-4849.
13. REYNIERS, M., and L. DELOBBE, 2012. « The Nowcasting System INCA-BE in Belgium and its Performance in Different Synoptic Situations », ERAD 2012, The 7th European Conference on RADAR in Meteorology and Hydrology, Toulouse, France, June 25-29, 2012, Poster Programme.
14. ROBERTS, B., *et al.*, 2020. « What Does a Convective-Allowing Ensemble of Opportunity Buy Us in Forecasting Thunderstorms ? », *Weather Forecast.*, **35**, 2293-2316.
15. STANKOVA, E.N., *et al.*, 2020. « On the Effectiveness of Using Various Machine Learning Methods for Forecasting Dangerous Convective Phenomena », Computational Science and Its Applications – ICCSA 2020, 20th International Conference, Cagliari, Italy, July 1-4, 2020, Proceedings, Part VI, 82-93.



16. TERMONIA, P., et al., 2018. « The ALADIN System and its Canonical Model Configurations AROME CY41T1 and ALARO CY40T1 », Geosci. Model Dev., **11**, 257-281.

Andere fiches in verband hiermee

Thema "Klimaat":

- 2. Eerdere evolutie van het klimaat in het Brusselse Gewest. Temperatuur en neerslag
- 3. Het Brussels Hoofdstedelijk Gewest ten aanzien van de klimaatveranderingen
- 6. Toekomstige evolutie van het klimaat in België en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en de bijbehorende gevolgen en risico's

Auteur(s) van de fiche

BROUYAUX François en TRICOT Christian (KMI)

Update: DEBAL Fabian, DELOBBE Laurent en TRICOT Christian (KMI) en DAVESNE Sandrine (Leefmilieu Brussel)

Datum van update : November 2021