

## App-X (054)

Online app voor bijmesten

Frits K. van Evert<sup>1</sup>  
Romke Postma<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Plant Research International

<sup>2</sup> NMI

© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Plant Research International. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Plant Research International, Agrosysteemkunde.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Exemplaren van dit rapport kunnen bij de (eerste) auteur worden besteld. Bij toezending wordt een factuur toegevoegd; de kosten (incl. verzend- en administratiekosten) bedragen € 50 per exemplaar.

## **Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Agrosysteemkunde**

Adres : Postbus 616, 6700 AP Wageningen  
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen  
Tel. : 0317 – 48 05 29  
Fax : 0317 – 41 80 94  
E-mail : [info.pri@wur.nl](mailto:info.pri@wur.nl)  
Internet : [www.wageningenUR/nl/pri](http://www.wageningenUR/nl/pri)

# Inhoudsopgave

	pagina
1. Inleiding	5
2. Doel	6
3. Werkende versie X-1	7
3.1 Model	7
3.1.1 Stikstof-bijmestadvies	7
3.1.2 Kalium-bijmestadvies	8
3.2 App	9
3.3 Integratie met Springg	12
4. Prototype X-2	13
5. Ontwerp X-3	14
5.1 Invoergegevens	14
5.2 Verwachtingen	15
5.3 Rekenregels	15
5.4 Conclusie	17
6. Literatuur	18



# 1. Inleiding

Om ongewenste effecten van bemesting op gewas, teelt en het milieu te voorkomen, dient de benutting van meststoffen verhoogd te worden. Een perspectiefvolle mogelijkheid is een opdeling van de totale meststoffengift in een basisgift en een of meerdere bijbemestingen. Bij een bijbemesting kan de grootte van de gift gestuurd worden waardoor een aanzienlijke besparing op de meststoffengift mogelijk is.

De grootte van een bijmestgift is o.a. afhankelijk van de actuele en gewenste nutriëntenopname van het gewas, de nutriëntenlevering door de bodem en organische meststoffen en de actuele voorraad in de bodem. Voor precisielandbouw is het van belang om te bemesten op het juiste tijdstip, op de juiste locatie en met de juiste hoeveelheid. Voorvrucht, bodemkarakteristieken, en gewasopname zijn allerlei aspecten die bij een perceel-, of plaats specifiek bemestingsadvies een rol spelen. De informatie en kennis die hiervoor nodig is, is niet goed beschikbaar of moeilijk te interpreteren. Ontwikkelingen rond sensoren, GPS, rekenmodellen en beschikbaarheid van databestanden, maakt het mogelijk deze kennis in voor de boer praktisch bruikbare informatie en hulpmiddelen om te zetten.

## 2. Doel

Het doel van het hier beschreven werk is het aanbieden van een online app (werknaam X) waarmee de Nederlandse akkerbouwer en/of voorlichter de bodem- en gewasstatus kan beoordelen en waarmee hij kan berekenen of een (bij)bemesting met een of meerdere nutriënten nodig is (appX nivo 2, zie hieronder).

Als basis voor de online app wordt de balansbenadering gebruikt. Dit betekent dat alle aan- en afvoerposten van nutriënten in de wortelzone gekwantificeerd worden. De (bij)mestgift wordt berekend door sommatie van de posten. Het kwantificeren van de aan- en afvoerposten binnen de app moet flexibel zijn en op een aantal niveaus kunnen plaatsvinden, nl:

- X-1 (Niveau 1; eenvoudig): defaultwaarden worden gebruikt om de posten te schatten
- X-2 (Niveau 2; verfijnd): bedrijfs- of perceelskenmerken worden gebruikt voor een betere schatting van de aan-afvoer posten
- X-3 (Niveau 3; detail): rekenmodellen en informatie uit andere databestanden wordt gebruikt voor schatting/berekening van de aan- en afvoerposten.

In het kader van dit project wordt opgeleverd:

- een werkende versie van X-1 die klaar is en aantoonbaar werkt voor zetmeel- en consumptieaardappelen en de nutriënten N en K. De structuur en opzet is dusdanig dat een snelle uitbreiding naar andere gewassen en nutriënten mogelijk is. Instel parameters zijn grondsoort, teeltdoel, ras, weerhistorie (nat, gemiddeld, droog) en de reeds gegeven gift. De app berekent de bijmestgift. Met een druk op de knop wordt dit vertaald in een aantal kg gangbare meststoffen of andersom de akkerbouwer geeft aan welke meststoffen hij wil gebruiken en het programma berekent de gift. Kortom met een minimale inspanning wordt een bruikbaar en betrouwbaar resultaat opgeleverd. Voorzien wordt dat deze app vooral kort voor aanvang van het bijbemesten en op de trekker gedurende het werk wordt gebruikt.
  - een werkend prototype van X-2. In deze versie wordt rekening gehouden met de voorvrucht en met een eventueel geteelde groenbemester
  - een functioneel ontwerp voor X-3. Deze app lijkt veel op X-1 en X-2 maar kan gekoppeld worden met databases met grond-, weergegevens, en gegevens over de ruimtelijke variabiliteit van het perceel etc. De akkerbouwer is niet veel meer tijd kwijt achter de computer dan bij de X-1 en X-2, maar de app heeft wat meer rekentijd nodig om alle achterliggende databases te raadplegen.
- De app wordt gebouwd als webapplicatie; dit betekent dat de app op ieder type telefoon en op ieder type pc gebruikt kan worden.

### 3. Werkende versie X-1

De app die hier beschreven wordt is geschikt voor consumptieaardappelen en zetmeelaardappelen. De app geeft bijmestadviezen voor stikstof (N) en kalium (K). De werkzaamheden worden beschreven onder de kopjes Model, App, en Integratie met Springg.

#### 3.1 Model

Een bijmestadvies wordt gegeven op basis van een voorstelling van de actuele toestand van het gewas-bodem systeem en een verwachting over hoe dit systeem zich gaat ontwikkelen. Er is dus sprake van het gebruik van een model.

##### 3.1.1 Stikstof-bijmestadvies

Voor het stikstofbijmestadvies wordt als basis de balansbenadering van NBS-Bodem (Van Dijk and Van Geel, 2012) gebruikt:

$$Ngift_{t_1} = (NOG_{t_2} - NOG_{t_1}) - Nmin_{t_1} + BUF - MIN - \text{vroegheidscorrectie}$$

waarbij:

$t_1$  = moment van meting

$t_2$  = geplande moment van de oogst

$Ngift_{t_1}$  = N-gift op tijdstip  $t_1$

$NOG_{t_1} / t_2$  = opgenomen hoeveelheid N door het gewas op tijdstip  $t_1$  en  $t_2$   
( $NOG_{t_2} - NOG_{t_1}$  is de N-opname tussen  $t_1$  en  $t_2$ )

$Nmin_{t_1}$  = hoeveelheid minerale bodem-N op tijdstip  $t_1$

BUF = buffer

MIN = verwachte mineralisatie tussen tijdstip  $t_1$  en  $t_2$  (deze kan worden gemeten of berekend)

Vroegheidscorrectie = correctie van de adviesgift op basis van de vroegrijpheid van het geteelde ras.

Voor aardappelen kan NOG geschat worden met een curve op basis van de temperatuursom (Steltenpool and van Erp, 1995). Hiermee kunnen we het volgende rekenvoorbeeld opstellen voor een bijmestgift op dag 160 en langjarig gemiddeld weer in Wageningen:

$$NOG_{t_1} = 130 \text{ kg N ha}^{-1}$$

$$NOG_{t_2} = 240 \text{ kg N ha}^{-1}$$

$$Nmin_{t_1} = 20 + 150 + 20 - 130 = 60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ (} Nmin_{\text{voorjaar}} + \text{basisgift} + \text{mineralisatie} - \text{opname)}$$

$$BUF = 70 \text{ kg N ha}^{-1}$$

$$MIN = 50 \text{ kg N ha}^{-1}$$

$$Ngift_{t_1} = 70 \text{ kg N ha}^{-1}$$

Dit rekenvoorbeeld is geschetst in Figuur 1. Hieronder wordt in detail beschreven hoe de toestandsvariabelen in het model berekend worden en welke parameters daarbij gebruikt worden.

De Nminbuffer (BUF) kent een beginwaarde en neemt vanaf 4 weken na opkomst af met 10 kg per twee weken. De beginwaarde van de buffer is 80 kg N ha<sup>-1</sup> voor kleigrond en 60 kg N ha<sup>-1</sup> voor zandgrond.

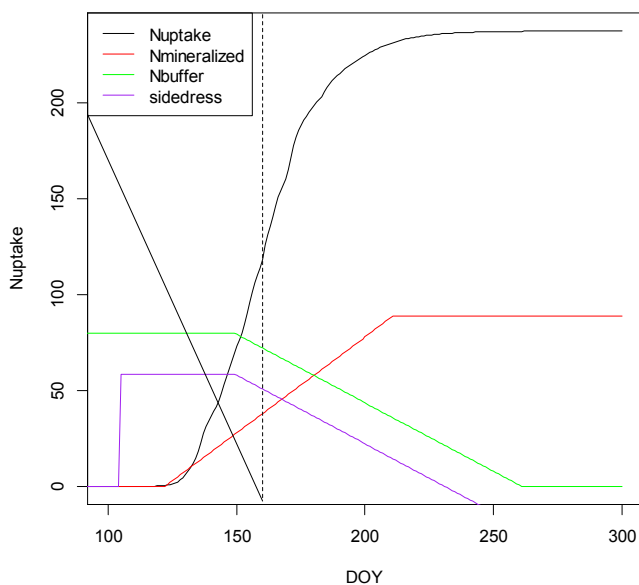
Mineralisatie start op 1 mei en bedraagt 1 kg N ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Voor consumptieaardappelen loopt de mineralisatie door tot 1 augustus en voor zetmeelaardappelen tot 15 augustus.

De temperatuursom wordt berekend vanaf poten met een basistemperatuur van 2 C. De N opname door het gewas wordt vervolgens berekend door de temperatuursom in te vullen in de curve van Steltenpool and van Erp (1995). De

maximale opname is afhankelijk van de verwachte knolopbrengst, waarbij een N gehalte van 4.5% in de verse knol wordt aangehouden. Voor een knolopbrengst van 50 t ha<sup>-1</sup> bedraagt de N inhoud van de knollen 225 kg N ha<sup>-1</sup>. De maximale opname wordt berekend door dit getal te vermenigvuldigen met 1.88 (Steltenpool and van Erp, 1995).

In het model wordt rekening gehouden met de weersomstandigheden die in het voorjaar zijn opgetreden. De temperatuur wordt gekwalificeerd als “normaal”, “koud”, of “warm” (hiernaast heeft de temperatuur natuurlijk ook invloed via de temperatuursom). De temperatuur in het voorjaar beïnvloedt de mineralisatiesnelheid. Als de temperatuur “normaal” is, bedraagt de mineralisatiesnelheid 1 kg N ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>; als het “koud” is, bedraagt de mineralisatiesnelheid 0.75 kg N ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>; en als het “warm” is, bedraagt de mineralisatiesnelheid 1.25 kg N ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

De hoeveelheid neerslag in het voorjaar wordt gekwalificeerd als “normaal”, “droog”, of “nat”. Als het voorjaar “nat” is, wordt de knolopbrengst met 10% verlaagd. Bovendien vindt er dan uitspoeling van N plaats. Op het moment van bijmesten wordt een percentage van de minerale N verondersteld uitgespoeld te zijn. Op kleigrond spoelt er 15% van de N<sub>min</sub> voorraad uit; op zandgrond bedraagt de uitspoeling 30%.



**Figuur 1. Verloop in de tijd van verschillende N hoeveelheden in het gewas-bodem systeem. Horizontale as: day-of-year (1 januari = 1). Vertikale as: hoeveelheid N (verschillende grootheden), kg ha<sup>-1</sup>. De getalswaarden in de grafiek komen overeen met het in de hoofdttekst genoemde voorbeeld. De gestippelde verticale lijn geeft het moment van bijmesten aan. De paarse lijn geeft het bijmestadvies aan zoals dat op verschillende momenten gegeven zou worden.**

### 3.1.2 Kalium-bijmestadvies

Het kalium-bijmestadvies is evenals het stikstof-advies gebaseerd op een balansbenadering. De balans is echter eenvoudiger, omdat alleen rekening wordt gehouden met de reeds verrichte K-aanvoer met meststoffen, de gewenste K-opname door het gewas bij de eind oogst en een grondsoortafhankelijke buffer (minimaal benodigd overschot op de K-balans). In formule:

$$K_{gift,t_1} = KOG_{t_2} - K_{gift,t_0} + BUF$$

waarbij:

$$t_0 = \text{moment van poten}$$



$t_1$  = moment van meting/bijbemesting  
 $t_2$  = geplande moment van de oogst  
Kgift,  $t_0 / t_1$  = K-gift op (of vóór of vlak na) tijdstip  $t_0$  en  $t_1$   
KOG,  $t_2$  = gewenste K-opname op tijdstip  $t_2$   
BUF = buffer

Er wordt rekening gehouden met de K-gift die in het voorjaar (voorafgaand aan het poten, tijdens of vlak na poten) is toegediend. K-giften in het najaar of winter voorafgaand aan de teelt worden niet meegenomen, omdat een aanzienlijk deel verloren gegaan kan zijn.

Voor K wordt niet gewerkt met een opnamecurve, maar alleen met een opname bij de eindoogst. Deze wordt afgeleid van de berekende N-opname, door deze te vermenigvuldigen met een factor  $5,5/4,5 = 1,22$  (het gemiddelde  $K_2O$ -gehalte in verse knollen bedraagt 5,5% (Van Dijk and Van Geel, 2012), terwijl voor N is uitgegaan van een gehalte van 4,5%).

Via de buffer (BUF) wordt rekening gehouden met een onvermijdelijk K-verlies via uitspoeling. Voor normale omstandigheden wordt daartoe voor zand- en dalgrond een waarde aangehouden van  $25 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$  en voor kleigrond wordt een waarde van nul aangehouden.

Zoals hiervoor bij N is aangegeven wordt in het model rekening gehouden met de weersomstandigheden die in het voorjaar zijn opgetreden. Voor K geldt dat niet voor de temperatuur, omdat die niet/nauwelijks van invloed zal zijn op de bodemprocessen die de K-beschikbaarheid beïnvloeden. Er wordt wel een grondsoortafhankelijke correctie toegepast voor de hoeveelheid neerslag. Voor zandgrond wordt uitgegaan van een extra K-uitspoeling van  $25 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$  in een nat voorjaar. In kleigrond wordt de K sterker gebonden aan bodemdeeltjes (adsorptiecomplex), waardoor een hoge neerslag in het voorjaar minder snel zal leiden tot uitspoeling. Daarom wordt voor kleigronden uitgegaan van een extra K-uitspoeling van  $10 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$  bij veel neerslag.

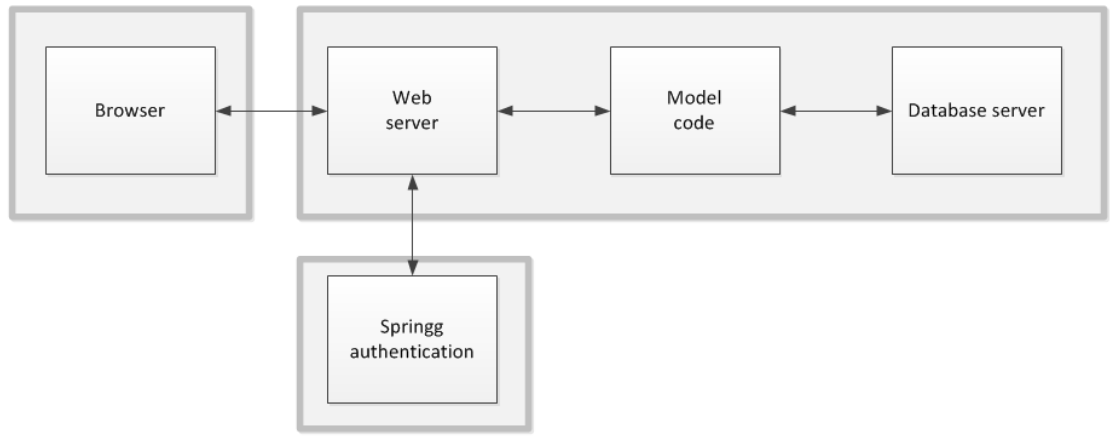
## 3.2 App

De applicatie is geïmplementeerd als web applicatie met de structuur die is weergegeven in Figuur 2. Het user interface wordt aangeroepen met een browser. Hierbij doet het er niet toe of the browser op een telefoon, een tablet of een desktop draait. Het user interface is geprogrammeerd met gebruikmaking van jQuery (<http://jquery.com/>), jQuery Mobile (<http://jquerymobile.com/>) en JavaScript.

Het model is geïmplementeerd in C# en loopt op dezelfde computer waar de webserver voor het gebruikers interface draait. Er wordt gebruik gemaakt van de IIS webserver van Microsoft. De communicatie tussen gebruikers interface en model code verloopt via AJAX en maakt gebruik van JSON voor de gegevensuitwisseling.

De applicatie maakt gebruik van een PostgreSQL database server (<http://www.postgresql.org/>) met de PostGIS uitbreiding voor ruimtelijke informatie (<http://postgis.refractor.net/>). De database wordt gebruikt om achtergrond informatie zoals lijsten van rassen en van meststoffen op te slaan. De database bevat de vereenvoudigde grondsoortenkaart van Nederland (Figuur 3) zodat op basis van de coördinaten van het perceel (verkregen via de GPS ontvanger van de telefoon of door aanwijzen op de kaart) de grondsoort kan worden afgelezen. Tenslotte wordt de database gebruikt om de gegeven adviezen op te slaan.

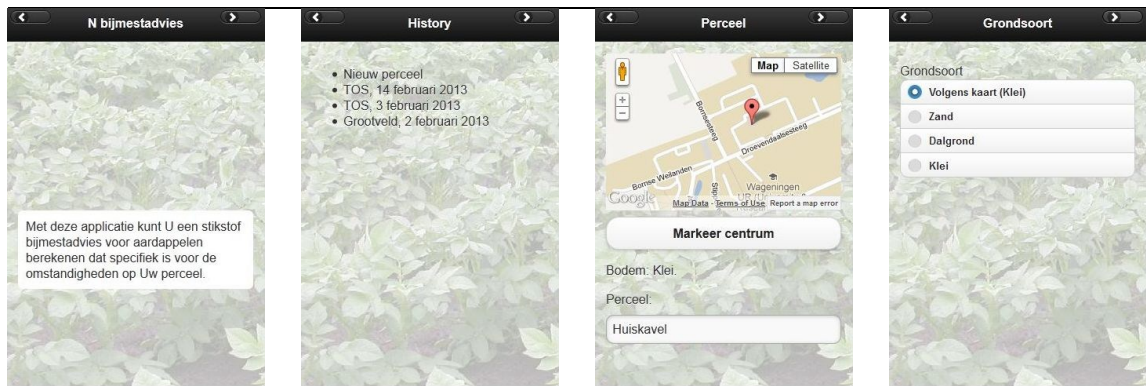
In Figuur 4 wordt een voorbeeld gegeven van een sessie met App-X. Als er een bijmestadvies gegenereerd is, kan de gebruiker er voor kiezen om het advies per e-mail toegezonden te krijgen. Een voorbeeld van dit e-mail bericht wordt gegeven in Figuur 5.



**Figuur 2. Blokschema van de applicatie voor bijmesten. De gebruiker ziet de applicatie in zijn of haar web browser. Het client-gedeelte communiceert met een server computer waarop een web server, een database server en model code draaien. De gebruiker kan pas na authenticatie via het Springg platform gebruik maken van de applicatie.**



**Figuur 3. Grondsoortenkaart van Nederland. Bron: WUR-Alterra (2006). De applicatie voor bijmesten gebruikt de coördinaten van het perceel (verkregen van de GPS-ontvanger van de telefoon of door aanwijzen op de kaart) om de bijbehorende grondsoort op te zoeken. Omdat de grondsoortenkaart niet altijd accuraat is, biedt de applicatie de gebruiker wel de mogelijkheid om aan te geven dat het perceel een andere grondsoort heeft dan de kaart aangeeft.**

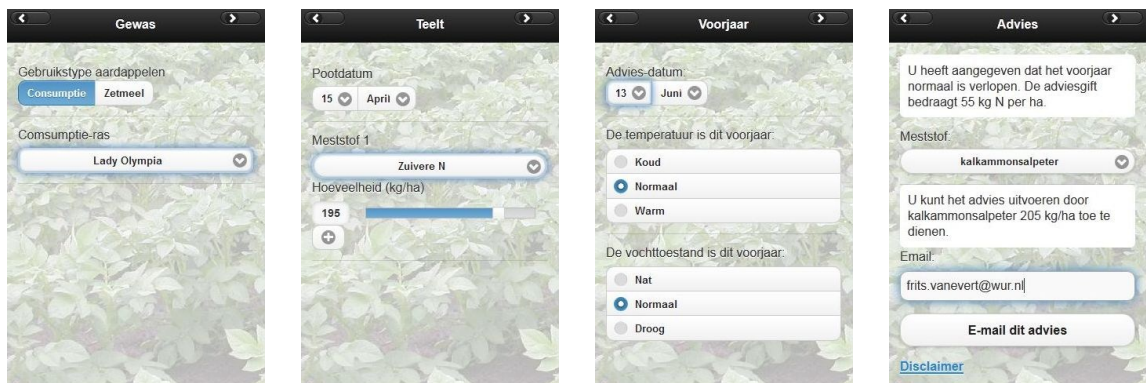


1 Openings-scherm.

2 De gebruiker kiest óf voor een geheel nieuw advies, of voor hergebruik van eerder ingevoerde gegevens.

3 Geef op de kaart aan waar het perceel zich bevindt.

4 Accepteer de grondsoort volgens de kaart, of kies zelf een andere grondsoort.



5 Kies gebruikstype en ras.

6 Kies pootdatum en basisbemesting.

7 Kies adviesdatum en weersomstandigheden in het voorjaar.

8 Uitvoerscherm.

**Figuur 4. Een voorbeeld sessie met App-X. 1. Openings-scherm. 2. Kies voor een nieuw perceel, of gebruik de gegevens van een eerder gegeven advies. 3. De kaart geeft aan waar de gebruiker zich bevindt (op basis van GPS ontvanger van de telefoon) en welke bodemsoort bij deze locatie hoort. De gebruiker kan op normale wijze een andere plek op de kaart aangeven. 4. Accepteer grondsoort volgens de grondsoortenkaart; of kies een andere grondsoort. 5. Geef aan welk gebruikstype en welk ras aardappelen geteeld wordt. 6. Geef pootdatum en basisbemesting. 7. Geef de huidige datum en de weersomstandigheden tot dit moment. 8. Zodra het laatste scherm opgeroepen wordt, verschijnt het bijmestadvies. Er wordt aangegeven dat het advies uitgevoerd kan worden door een bepaalde meststof te gebruiken. Het advies wordt op aanvraag per email toegezonden.**

---

**Evert, Frits van**

---

**From:** App-X  
**Sent:** Friday, 29 March, 2013 16:41  
**To:** Evert, Frits van  
**Subject:** Stikstofbijmestadvies: Huiskavel, 13 juni 2013

## Stikstofbijmestadvies voor aardappelen

### Huiskavel, 13 juni 2013: bijmestadvies 55 kg N per ha

U heeft aangegeven dat het voorjaar normaal is verlopen. De adviesgift bedraagt 55 kg N per ha.

U kunt het advies uitvoeren door kalkammonsalpeter toe te dienen met een dosering van 205 kg/ha.

Het bijmestadvies is opgesteld: 29 maart 2013 16:40:54

Het bijmestadvies is gebaseerd op de volgende invoergegevens:

- Locatie: 51°59'11.897"N 5°39'46.900"E
- Perceel: Huiskavel
- Bodem: Volgens\_kaat
- Gebruikstype: Consumptie
- Ras: Lady Olympia
- Beoogde knolopbrengst: 50 ton per ha
- Basisbemesting:
  - Zuivere N, 195 kg/ha
- Pootdatum: 15 april 2013
- Temperatuur in het voorjaar: Normaal
- Vochttoestand in het voorjaar: Normaal
- Bijmestdatum waarvoor dit advies geldt: 13 juni 2013

**Figuur 5. Voorbeeld van een e-mail met bijmestadvies zoals verstuurd door de applicatie voor bijmesten.**

---

## 3.3 Integratie met Springg

Springg is het online platform van BLGG AgroXpertus. Gebruikers die op dit platform zijn ingelogd, kunnen van verschillende diensten gebruik maken. De applicatie die in dit rapport beschreven wordt, verlangt dat gebruikers ingelogd zijn met hun Springg account. Op het moment dat de applicatie opgeroepen wordt door een bezoeker die niet is ingelogd, wordt deze bezoeker verwezen naar Springg om in te loggen. Pas daarna kan de applicatie worden gebruikt.

## **4. Prototype X-2**

Het prototype X-2 behelst slechts een kleine uitbreiding t.o.v. X-1; in deze versie wordt rekening gehouden met de voorvrucht en met een eventueel geteelde groenbemester. Deze informatie wordt op een extra invoerscherm gevraagd. Er worden standaard-waarden gebruikt voor de N levering door de groenbemester, d.w.z. dat er geen rekening wordt gehouden met het al dan niet slagen van de voorvrucht of met de datum van onderploegen. De N levering van de voorvrucht en van de groenbemester wordt berekend volgens Van Dijk and Van Geel (2012, pp. 25-27) en toegevoegd aan de hoeveelheid minerale N in de bodem in het voorjaar.

## 5.            **Ontwerp X-3**

Applicaties X-1 en X-2 zijn eenvoudige applicaties die met gemakkelijk beschikbare invoergegevens en met eenvoudige rekenregels een globaal bijmestadvies geven. De verwachting is dat dit globale bijmestadvies verbeterd kan worden door de adviesmethode aan te passen op drie punten:

- Invoergegevens:
  - Gebruik meer invoergegevens
  - Gebruik invoergegevens die specifiek zijn voor een regio, een bedrijf, een perceel, of een plek binnen een perceel
  - Gebruik gegevens over de toestand van bodem en gewas die tijdens het groeiseizoen verzameld worden
- Verwachtingen
  - Gebruik weersverwachting
  - Schat de opbrengst op basis van historische gegevens van een bedrijf, een perceel, of een plek binnen het perceel
- Rekenregels
  - De hierboven genoemde invoergegevens moeten verwerkt worden door rekenregels die hier gebruik van kunnen maken

### 5.1           **Invoergegevens**

Standaard grondonderzoek levert waardevolle gegevens op die gebruikt kunnen worden om een bijmestadvies te bepalen. Hierbij valt te denken aan het N leverend vermogen (NLV) van de bodem dat mede bepaald wordt door het gehalte organische stof van de bodem, het gehalte N-totaal, en de C/N-ratio. Een andere belangrijk gegeven is de voorraad minerale N in de bodem (bij poten en op het moment van bijmesten).

De bemesting in het verleden is een bepalende factor in het N leverend vermogen van de bodem en heeft daarmee invloed op de hoogte van de N adviezen. Zo was in een vergelijking tussen een tiental bedrijven in de Achterhoek de NLV duidelijk hoger op percelen die in de laatste 20 jaar veel varkensmest hadden ontvangen (Smits et al., 2005, hoofdstuk 7). Als er geen gedetailleerde informatie is over historische bemesting, kan b.v. onderscheid gemaakt worden tussen de volgende scenario's: geen, niet-maximaal, en maximaal gebruik dierlijke mest, leidend tot een extra N-mineralisatie van ca. 0, 50 en 100 kg N per ha per jaar. Als detail informatie over de hoogte van de historische mestgiften voorhanden is, kan zelfs een eenvoudig mineralisatiemodel al een goede indicatie geven van de te verwachten mineralisatie.

In X-2 wordt al meegenomen of een groenbemester is geteeld. Het effect van een groenbemester kan nauwkeuriger worden bepaald door mee te nemen of de groenbemester goed geslaagd is (en dus veel N heeft vastgelegd).

In X-1 en X-2 wordt aan de gebruiker gevraagd of de temperatuur in het voorjaar koud, warm of normaal is geweest; en of de vochttoestand nat, droog of normaal is geweest. Een verbeterde versie van de bijmest applicatie maakt gebruik van actuele weersgegevens. De dagelijkse metingen van een groot aantal KNMI weerstations worden online aangeboden en kunnen automatisch opgehaald worden (zie <http://www.knmi.nl/kd/daggegevens/scriptxs-nl.html>). Deze gegevens zijn zeer geschikt om een advies mee te berekenen.

In X-1 en X-2 wordt geen informatie meegenomen over de toestand van het gewas. De belangrijkste reden hiervoor is dat er geen eenvoudige manier is de toestand zodanig te kwantificeren dat er ook mee gerekend kan worden. In deze situatie komt verandering door het beschikbaar komen van gewasreflectiemetingen. Het is duidelijk dat gewasreflectiemetingen een goede basis kunnen vormen voor een bijmestadvies (b.v. Van Evert et al., 2012). Gewasreflectiemetingen kunnen met de hand uitgevoerd worden maar dat is tijdrovend. De metingen kunnen ook uitgevoerd worden met sensoren op de trekker (b.v. Yara N-Sensor, Greenseeker, CropCircle, Fritzmeier), met vliegtuigjes (bemand of onbemand), of met behulp van een satelliet. In alle gevallen geven reflectiemetingen een

goed beeld van de ontwikkeling van het gewas en kunnen dus helpen om een bijmestadvies op te stellen. Het gaat er echter om de metingen te vertalen naar een N behoefte en daar is een slimme combinatie van de metingen met rekenregels voor nodig (zie §5.3).

Op veel percelen is er variatie in bodemeigenschappen, waardoor de verwachte opbrengst en dus ook het bemestingsadvies niet voor elke plek hetzelfde is.

## 5.2 Verwachtingen

Zelfs als de toestand van bodem en gewas volledig bekend is, vanaf ver vóór de pootdatum tot aan het moment van bijmesten, dan nog is het onbekend wat het weer gedurende de rest van het seizoen zal zijn. Bij het opstellen van de adviezen in X-1 en X-2 is uitgegaan van gemiddeld weer vanaf het moment van bijmesten tot aan de eind oogst. In een “goed” jaar kan dit leiden tot een te laag advies en dus minder opbrengst dan mogelijk; in een “slecht” jaar kan dit leiden tot een te hoog advies. Een verbeterde versie van de bijmest app kan (1) de invloed van onzekerheid kwantificeren of (2) de onzekerheid verminderen door gebruik te maken van een lange-termijn weersverwachting.

In het eerste geval wordt het advies niet slechts éénmaal opgesteld, maar b.v. 30 of 50 keer, waarbij steeds gebruik wordt gemaakt van het actuele weer van één van de afgelopen 30 of 50 jaar. De adviezen die hieruit resulteren zullen een spreiding vertonen; het advies dat aan de teler wordt gegeven wordt zó gekozen dat in 75% van de gevallen er voldoende N aan het gewas wordt gegeven.

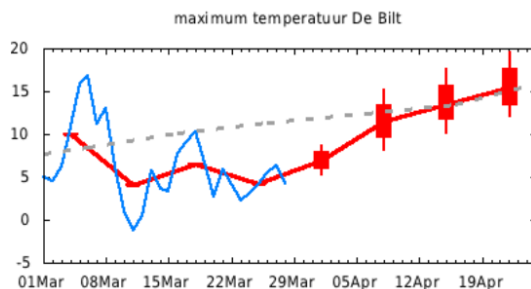
In het tweede geval wordt gebruik gemaakt van een weersverwachting vanaf het moment van bijmesten tot aan het moment van de eind oogst. Het KNMI biedt een experimentele maandverwachting aan voor de temperatuur (Figuur 6).

---

### Temperatuur in Nederland

De temperatuur van de komende maand in Nederland wordt beïnvloed door de verwachte temperatuur van de komende week, en de temperatuur van de afgelopen maand (hoofdzakelijk via de Noordzee).

Verwachte maximumtemperatuur in De Bilt de komende vier weken. De verticale lijnen van het weegemiddelde geven het interval aan waarin de temperatuur zou moeten liggen met 50% (dik) resp 80% (dun) kans. De gestippelde lijn is normaal (het 10-daags gemiddelde over 1981-2010), de blauwe lijn zijn de dagelijkse waarnemingen en de rode lijn de weekgemiddelden.



Last modified: March 29 2013 09:16 UTC

**Figuur 6. Experimentel maandverwachting van het KNMI. Bron:**  
[http://www.knmi.nl/waarschuwingen\\_en\\_verwachtingen/maandverwachting/](http://www.knmi.nl/waarschuwingen_en_verwachtingen/maandverwachting/)

---

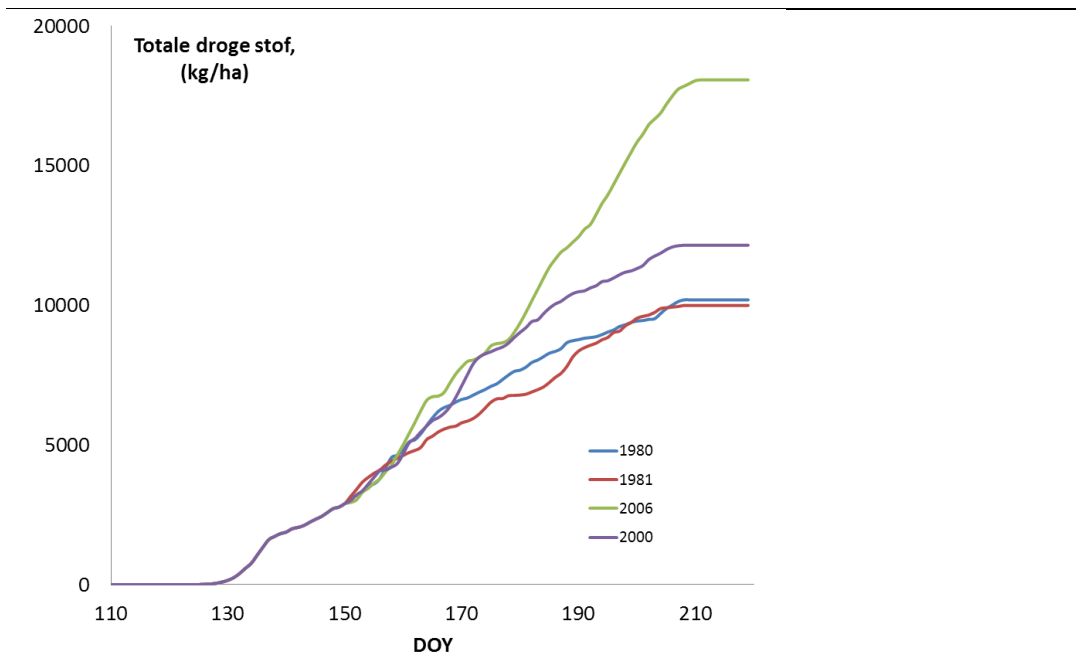
## 5.3 Rekenregels

In de voorgaande paragrafen is een groot aantal invoergegevens (gemeten zowel als verwacht) genoemd die mede gebruikt kunnen worden om het bijmestadvies te bepalen. De volle waarde van deze gegevens wordt echter pas gerealiseerd als ze geïntegreerd worden. Simulatiemodellen bieden de mogelijkheid om verschillende bronnen van informatie te integreren. Het gaat dan zowel om gewasgroei modellen om de invloed van omgevingsfactoren op de groei van het gewas te berekenen, als ook om bodemmodellen om de vochttoestand van de bodem en de voorraad minerale N te berekenen.

In Figuur 7 is de gesimuleerde hoeveelheid biomassa van een gewas aardappelen uitgezet tegen de tijd. Het gaat hier om groei die alleen door licht en temperatuur wordt beperkt (N en water zijn in voldoende mate aanwezig). De simulatie is uitgevoerd met de weersgegevens van het jaar 2000 (paarse lijn). Stel dat op 31 mei (dag 150) een bijmest advies gewenst wordt. De verdere ontwikkeling van het gewas kan globaal voorspeld worden, zoals in §3.1.1, op basis van gemiddeld weer en de temperatuursom-curve van Steltenpool and van Erp (1995). In de Figuur wordt vanaf 31 mei verder gerekend met het weer van een aantal verschillende jaren. Niet onverwacht blijkt dat een groot deel van het verschil in opbrengst tussen jaren tot stand komt in de maanden juni en juli. Een bijmestadvies dat in x% (b.v. x=75%) van de gevallen groot genoeg is om de in dat jaar maximaal haalbare opbrengst mogelijk te maken, kan worden gegeven door voor een groot aantal weerjaren de simulatie uit te voeren en de opbrengst te bepalen die in x% van die jaren gehaald wordt. Het bijmestadvies kan dan afgestemd worden op die opbrengst.

Behalve licht en temperatuur zijn ook processen in de bodem belangrijk voor de groei van het gewas, met name mineralisatie van in de bodem aanwezige organische stof en de ontwikkeling van de vochttoestand. De exercitie in Figuur 7 kan uitgevoerd worden met een model dat ook deze processen beschrijft.

Simulatiemodellen zijn vaak goed in staat om de groei van een gewas te beschrijven maar een nadeel dat aan het gebruik ervan kleeft is dat deze modellen veel plaats specifieke invoergegevens nodig hebben – zonder nauwkeurige informatie over de omstandigheden op het perceel werken ze niet goed. Hier ligt een link met de in §5.1 al genoemde gewasreflectiemetingen voor de hand. Gewasreflectiemetingen geven een zeer goed beeld van de bovengrondse ontwikkeling van het gewas en kunnen gebruikt worden om de parameters van een gewasgroeimodel plaats specifiek te calibreren. Tot op heden werden voor dit doel meestal satellietbeelden gebruikt (b.v. Jongschaap, 2006), maar metingen met op de trekker gemonteerde sensoren zoals Yara N-Sensor, Greenseeker, CropCircle, en Fritzmeyer hebben in ieder geval nu nog een hogere ruimtelijke en temporele resolutie en zijn dus in principe veel geschikter voor dit doel.



**Figuur 7. Gesimuleerde hoeveelheid biomassa van een gewas aardappelen uitgezet tegen de tijd (DOY1 = 1 januari). Het gaat hier om groei die alleen door licht en temperatuur wordt beperkt (N en water zijn in voldoende mate aanwezig). De simulatie is uitgevoerd met de weersgegevens van het jaar 2000 (paarse lijn). Vanaf 31 mei (DOY 150) is verder gerekend met het weer van een aantal verschillende jaren.**



## 5.4 Samenvatting ontwerp X-3

App-X-3 bestaat uit drie bouwstenen:

1. Een database met gegevens over de gewassen die geteeld zijn op een perceel en de opbrengsten die behaald zijn, de meststoffen die zijn toegediend, de grondmonsters die zijn gestoken, de gewasmonsters die zijn genomen, weersgegevens, gewasreflectiemetingen, satellietbeelden, etc.
2. Een infrastructuur om nieuwe gegevens aan de database toe te voegen zodra ze beschikbaar komen, met name dus al tijdens het groeiseizoen, zodat een gegeven dat op 1 juni beschikbaar komt al gebruikt kan worden voor een advies dat op 2 juni gegeven wordt.
3. Rekenregels om de in de database aanwezige informatie optimaal te benutten; rekenregels variëren van eenvoudige verbanden tot complexe simulatiemodellen.

## 6. Literatuur

- Jongschaap R.E.E. (2006) Run-time calibration of simulation models by integrating remote sensing estimates of leaf area index and canopy nitrogen. *European Journal Of Agronomy* 24:316-324. DOI: 10.1016/j.eja.2005.10.009.
- Smits M.C.J., Jaarsveld J.A.v., Mokveld L.J., Vellinga O., Stolk A., Hoek K.W.v.d., Pul W.A.J.v. (2005) Het 'VELD'-project: een gedetailleerde inventarisatie van de ammoniak -emissies en -concentraties in een agrarisch gebied [A detailed analysis of ammonia emissions and concentrations in an agricultural region]
- Steltenpool J.A.N., van Erp P.J. (1995) Schatting van de actuele N-opname door aardappelen. *Meststoffen* (1995):45 - 50.
- Van Dijk W., Van Geel W. (2012) Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouwgewassen = Fertilizer recommendations for arable crops. Available online at [http://www.kennisakker.nl/files/Adviesbasis\\_januari\\_2012.pdf](http://www.kennisakker.nl/files/Adviesbasis_januari_2012.pdf) Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO), Lelystad.
- Van Evert F.K., Booij R., Jukema J.N., Ten Berge H.F.M., Uenk D., Meurs E.J.J., Van Geel W.C.A., Wijnholds K.H., Slabbekoorn H. (2012) Using crop reflectance to determine sidedress N rate in potato saves N and maintains yield. *European Journal of Agronomy* 43:58-67. DOI: 10.1016/j.eja.2012.05.005.
- WUR-Alterra. (2006) Grondsoortenkaart van Nederland 2006. WUR-Alterra, Wageningen. Available online at <http://www.persistent-identifier.nl/?identifier=urn%3Anbn%3Anl%3Aui%3A13-nhf-1j> .