

In veel bedrijven wordt SPC, Statistische Proces Controle, toegepast. Daartoe moeten werknemers regelkaarten invullen. **Katrien Descamps, Dirk Janssens en Bea Vanlangendonck** hebben een cursus ontwikkeld om werknemers meer inzicht te geven in het hoe en waarom van deze regelkaarten.

Statistiek op de werkvloer

SPC op de werkvloer: een opleidingspakket

In België is er nog steeds een grote groep laaggeschoolden. Voor bijkomende opleidingen kunnen deze mensen terecht in de verschillende centra voor basiseducatie. Basiseducatie Hageland combineert de bijkomende opleiding met de werksituatie en biedt aan bedrijven opleidingspakketten voor laaggeschoolde werknemers. Een van de geplande modules was het ontwerp van een opleiding over kwaliteitscontrole, meer bepaald over Statistische Proces Controle en dit uitgewerkt voor laaggeschoolden op de werkvloer. Hierbij wordt samengewerkt met de Academische Lerarenopleiding Wiskunde van de K.U. Leuven. De opleiding is in de eerste plaats praktijkgericht: de cursisten moeten gegevens verzamelen en noteren tijdens het productieproces. Waarom dat moet en wat er verder mee gebeurt is voor de arbeiders dikwijls niet duidelijk.

De mensen op de werkvloer staan meestal in *voor het nemen van steekproeven en het invullen van regelkaarten*. Deze regelkaarten werden ontworpen door de Amerikaan W. Shewhart, die in 1931 de basis legde van wat we nu kennen als Statistische Proces Controle (SPC). Deze methode past statistische technieken toe om het gemiddelde en de variatie in een proces te meten en te analyseren, met de bedoeling een signaal voort te brengen als het productieproces niet langer beheerst verloopt. Een beheerst proces wordt gedefinieerd als een proces dat enkel onderhevig is aan gemeenschappelijke oorzaken van variatie en dus niet aan variatie afkomstig van identificeerbare bronnen (bijvoorbeeld slecht werkende pomp, slijtage van een machineonderdeel).

Om SPC in de praktijk toe te passen, ontwikkelde Shewhart het concept van regelkaarten. Deze regelkaarten worden tegenwoordig in veel bedrijven gebruikt.

De bedoeling van de opleiding is dat deze werknemers hun taak binnen het bedrijf beter kunnen uitvoeren, doordat ze het nodige inzicht in de controles verworven hebben. Bovendien vergroten deze mensen op die manier hun flexibiliteit: ze kunnen gemakkelijker overschakelen naar een andere productielijn, waar andere gegevens op gelijkaardige regelkaarten moeten worden aangegeven.

Om zo een module uit te werken moet de wiskundige basiskennis van deze laaggeschoolde mensen worden bijgewerkt. Basiseducatie Hageland had al enige ervaring opgebouwd met de uitwerking van een opleidingsprogramma rond 'Tabellen en Grafieken'. De module SPC werd een samenwerkingsproject waar – in het kader van een eindverhandeling wiskunde – vanuit een ruimere statistische achtergrond een basistekst zou worden ontwikkeld. Na een uitgebreide voorstudie werd gekozen voor een ontwikkelingsaanpak: het programma werd onder andere uitgevoerd met werknemers van een bedrijf waar batterijen worden geproduceerd.

In een cursus van twaalf uren (verspreid over drie weken) worden de belangrijkste aspecten van kwaliteitscontroles toegelicht. De cursus wordt in groepsverband (tien tot twaalf personen per groep) gevolgd. De cursustekst werd uitgewerkt voor bedrijven binnen de metaalsector, maar kan gemakkelijk door de docenten worden aangepast voor andere bedrijfssectoren.

Hoe werd de cursus opgebouwd?

De rode draad doorheen de opleiding is *het probleem van de luciferdoosjes*, zie werkbladen van figuur 1.


De cursisten krijgen bij het begin van de opleiding een luciferdoosje waarvan ze het aantal lucifers moeten tellen. Op het doosje staat vermeld dat het 35 lucifers bevat. De resultaten van de cursisten wijken echter af van die 35. Zo is er een cursist met slechts 29 lucifers en een andere cursist heeft maar liefst 39 lucifers. De meeste cursisten schrokken een beetje van dit resultaat. Een cursist merkte op dat de doosjes zelf eigenlijk kleiner zouden kunnen zijn, maar voegde er meteen aan toe: 'Ze maken die doosjes bewust groter, zo lijkt het of je meer krijgt.'

Op basis van dit inleidend probleem en problemen die in direct verband staan met de werksituatie (diameter van een batterij, ...) komen de begrippen kwaliteit en kwaliteitscontrole aan bod.

Meteen ontstaat een volgend probleem. Is het mogelijk om alle geproduceerde luciferdoosjes te controleren? De cursisten nemen een chronometer ter hand en kijken hoeveel tijd ze nodig hebben om het aantal lucifers in één

werkblad 1:

Stel: Je gaat naar de winkel en koopt er een doosje lucifers. Hieronder zie je een afbeelding van een luciferdoosje.




Hoeveel lucifers moeten er normaal gezien in het doosje zitten?

Tel nu het aantal lucifers in het doosje. Ik tel lucifers.

Ben je tevreden?

Hoeveel lucifers zaten er in de doosjes van de andere cursisten. Vul deze aantallen in op de onderstaande tabel.

--	--	--	--	--

aantal lucifers per doosje

Wat kan je besluiten?
 Zitten er altijd genoeg lucifers in een doosje?


Gebeurt het dat er teveel lucifers in een doosje zitten?

Hoeveel lucifers moeten er minstens in een doosje zitten opdat jij (de klant) tevreden zou zijn?

De firma die de doosjes met lucifers produceert zou graag hebben dat elk doosje exact 35 lucifers bevat.
 Wanneer de doosjes *minder* / *meer* lucifers bevatten, dan is de klant niet tevreden.
 Wanneer de doosjes *minder* / *meer* lucifers bevatten, dan maakt de firma minder winst.

werkblad 6:

In de luciferfabriek produceert men per uur ongeveer 1000 doosjes lucifers. De fabrieksdirecteur wil dat er in elk doosje 35 lucifers zitten. We zullen nu eens nagaan hoe lang het duurt om alle duizend doosjes te controleren op het aantal lucifers.



Met behulp van een uurwerk of een chronometer ga je na hoeveel tijd je nodig hebt om het aantal lucifers in één doosje te tellen. Ik heb seconden nodig.

Hoeveel luciferdoosjes worden er volgens de tekst gedurende één uur geproduceerd?

Hoeveel seconden heb je nodig om alle doosjes die gedurende één uur geproduceerd werden te controleren op het aantal lucifers?
 berekening:

Hoeveel uren zijn dit? (1 uur = 3600 seconden)
 berekening:

Om het werk van één uur productie te controleren, heb je uren tijd nodig. Dit is *niet/wel* realiseerbaar.

De bedrijven gaan anders te werk en nemen **steekproeven**. Er worden dan slechts enkele delen van de gehele productie gekozen.
 bijvoorbeeld: per shift worden er drie willekeurige metingen gedaan.

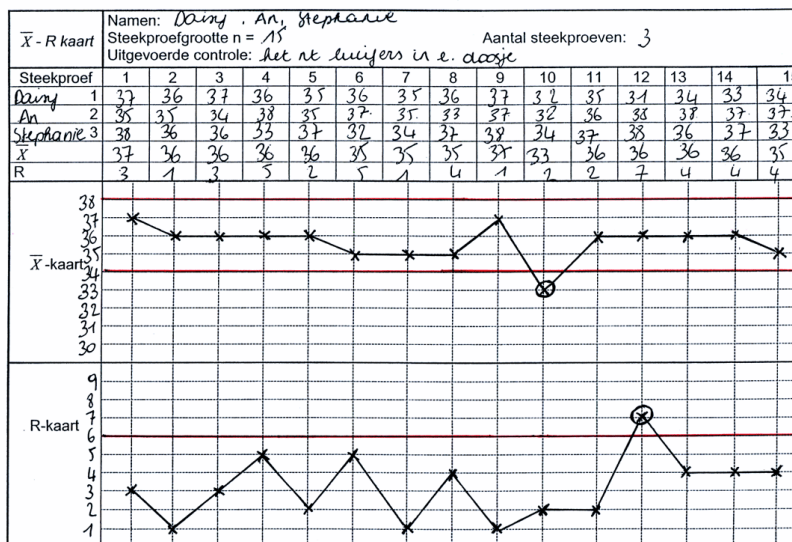
Hoeveel tijd heb jij nodig om drie doosjes te controleren?

Dit is *niet/wel* haalbaar.

fig. 1 Twee werkbladen over het probleem van de luciferdoosjes

doosje te tellen. Daarna wordt een kleine berekening uitgevoerd om te weten hoeveel tijd er nodig is om het werk van één uur productie (bijvoorbeeld duizend luciferdoosjes) te controleren. De cursisten ervaren zelf dat het niet mogelijk is om alle doosjes op die manier te controleren. Dit is een mooi aanknopingspunt om de begrippen steekproef, steekproefgrootte en steekproeffrequentie uit te leggen. De cursisten voeren vervolgens zelf een *steekproef* uit door het aantal lucifers in een aantal willekeurige doosjes te tellen en al gauw ontstaat het probleem van het bijhouden van de gegevens. Sommige cursisten noteren het aantal lucifers op de doosjes zelf, anderen noteren de gegevens op een stukje papier, een aantal cursisten stelt voor om de gegevens bij te houden in een tabel. Via dit en andere problemen (zoals de levensduur van gloeilampen, de temperatuur in een oven van een pottenbakkerij, ...) wordt aangeleerd hoe men kan werken met *tabellen* en *grafieken*. Het werken met een turftabel was nieuw voor de cursisten. De basiseducatie Hageland biedt de bedrijven een opleiding 'tabellen en grafieken op de werkvloer' aan waar laaggeschoolde werknemers allerlei tabellen en grafieken leren opstellen en aflezen. Statistische Proces Controle gaat uit van de volgende gedachte: wanneer we een productieproces kennen en kunnen beheersen, dan zal het eindresultaat (het product) in orde zijn. Maar hoe kunnen we vanuit de gegevens van een steekproef iets weten over het productieproces? Om dit probleem op een zinvolle manier te beantwoorden, le-

ren de cursisten *histogrammen* van de gegevens op te stellen (zie figuur 3). Dit gebeurt in twee stappen. In een eerste stap moeten de cursisten per meetwaarde evenveel hokjes kleuren als er streepjes staan in de bijhorende turftabel. Vervolgens leren de cursisten om rechtstreeks vanuit de gegevens een histogram op te stellen. Om dan het onderliggende productieproces te bestuderen, tekenen de cursisten de vorm van het histogram. De vorm van dat patroon blijkt bij 'goede' gegevens steeds ongeveer gelijk te zijn. Dat patroon is dan de *normale verdeling*. Het begrip histogram is volledig nieuw. Voor de cursisten is een normale verdeling een symmetrisch patroon, waarbij de top in het midden ligt en waarbij er veel waarden in het midden van de verdeling liggen en weinig waarden aan de rand. De cursisten komen hier in aanraking met een grafische voorstelling van het belangrijke begrip 'verdeling'. Aangezien er veel 'soorten' normale verdelingen bestaan, is er nood aan een aantal getallen die de onderlinge verschillen laten zien. Deze getallen zijn het gemiddelde, de mediaan en de range (maximum-minimum). De standaarddeviatie wordt niet gebruikt als spreidingsmaat, omdat de berekening ervan veel te ingewikkeld is. Deze begrippen vormen een 'theoretischer' gedeelte binnen de opleiding, maar ze zijn noodzakelijk voor de invulling van regelkaarten. Op elke regelkaart moeten immers één of twee van deze maten berekend worden, naargelang het type regelkaart waarmee gewerkt wordt.



$\bar{x} = 35,6 = 36$
 $\bar{r} = 3,2 = 3$
 $Me = 36$
 variatiebreedte
 $(R) = (4) = (37-33)$

De gegevens zijn niet goed verdeeld, het gemiddelde ligt hoger dan 35

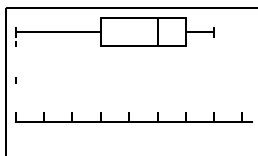
Als de range van 1 of 0 is dan is er bijna geen of geen variatiebreedte. Dit is zeer goed want dat wil zeggen dat het product bijna altijd hetzelfde blijft.

De meest voorkomende waarde is 36 en normaal gezien zitten er maar 35 lucifers in een doosje. 36 is ook de mediaan en het gemiddelde.

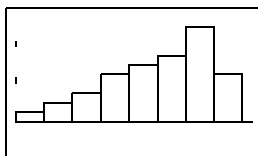
FREQUENTIETABEL

xi	afi	cfi
32	0	0
33	1	1
34	0	1
35	4	5
36	8	13
37	2	15

BOXPLOT



HISTOGRAM



Het was leuk om in groep te werken, het was eens iets anders dan iedereen apart. We zien dan ook eens het nut in van de wiskundeles, en weten we dat het eigenlijk wel nodig is dat we het kennen of kunnen. Het zou aangenaam zijn als we in de wiskundeles wat vaker een groepswork zouden mogen maken. Ik vond dat de opgave iets minder duidelijk was, maar gelukkig liepen er twee leerkrachten rond om ons te helpen. Maar eens je bezig was, ging het vlot om verder te doen. Ik was niet geschrokken van de resultaten want het is normaal dat een machine soms eens iets verkeerd doet.
An

Ik vond het aangenaam om in groep te werken zo was het weer eens iets anders. Het interessante was dat we iets op een leuke manier hebben bijgeleerd. We weten nu ook hoe de bedrijven te werk gaan. Ik zou graag nog enkele projecten in groep doen. Doordat ik denk dat je er veel meer over leert als je het op een andere manier doet dan gewoon les te krijgen. De opgave was wel duidelijk maar soms was het even twijfelen over hoe de dingen berekend moeten worden. Het was niet zo moeilijk zoals ik in het begin had gedacht. De gevonden resultaten leken mij normaal.
Stephanie

Het was tof om in een groepje te werken, het was niet saai (vergeleken met sommige lessen??). Het was zeker interessant, nu konden we ook eens zien hoe het in werkelijkheid gaat. Ik zou absoluut meer zo'n projecten willen tijdens de wiskundeles, want de tijd gaat rapper, veel rapper. De opgave leek eerst een beetje moeilijk, maar een keer we begonnen waren viel dat redelijk mee. Ik schrok niet van de gevonden resultaten. Zitten er nu te veel of te weinig in een doosje, dat is niet echt mijn probleem.
Daisy

fig. 2 Werk van een groep

De directeur van de luciferfabriek krijgt geregeld klachten en wil dat er hieraan iets verandert. Daarom besluit hij om regelkaarten te gebruiken. Er bestaan verschillende types regelkaarten. De directeur moet dus eerst nagaan welke types kaarten gebruikt moeten worden binnen zijn bedrijf. Op die manier worden de verschillende soorten regelkaarten aangebracht. De cursisten leren stap voor stap hoe ze deze kaarten correct moeten invullen. Daarnaast leren ze de *kaarten juist te interpreteren*. Dit gebeurt door verschillende situaties waarmee de directeur van de luciferfabriek geconfronteerd wordt te bespreken. Tijdens de opleiding werd er aan de cursisten gevraagd om een regelkaart van hun eigen productielijn mee te brengen. De cursisten probeerden dan om die verschillende kaarten te interpreteren en te bespreken.

Tegenwoordig neemt de computer vaak een deel van het werk over. De computer verwerkt zelf de gegevens en laat een histogram, een regelkaart, ... van de gegevens zien. Het is belangrijk dat de cursisten ook deze computerschermen kunnen interpreteren. Dit is geen eenvoudige opdracht doordat er veel verschillende software bestaat voor dergelijke controles. Binnen een zelfde bedrijf zijn vaak meerdere programma's in gebruik.

Reacties van de cursisten

Een pilotgroep van tien laaggeschoolde vrijwilligers uit twee verschillende bedrijven volgde de opleiding. Tijdens de uitgebreide kennismaking werd hen gevraagd waarom ze zich hadden ingeschreven voor deze oplei-

ding. Hieronder staan een aantal antwoorden:

- *'Momenteel werk ik hier als interim. Ik hoop om op die manier sneller een vast arbeidscontract te krijgen.'*
- *'Ik ben altijd bereid om iets bij te leren als die kans geboden wordt.'*
- *'Ik ben heftruckchauffeur. Aan mij werd er nog nooit gevraagd of ik een opleiding wou volgen. Dit was mijn eerste kans en die heb ik meteen gegrepen.'*
- *'Ik werk op de kwaliteitsdienst en wordt dus dagelijks geconfronteerd met het onderwerp. Ik hoop dat het interessant zal worden en dat ik er iets van opsteek.'*

De testgroep bleek erg gemotiveerd te zijn. De sfeer tijdens de lessen was erg goed. Er werd regelmatig ingespeeld op problemen uit de eigen werkomgeving. Zo vertelde een cursist dat er bij hen soms 'geknoeid' werd bij de uitvoering van controles door de kaarten in te vullen zonder metingen uit te voeren of door de metingen bij te sturen door bijvoorbeeld stukjes papier op de weegschaal te leggen. Wanneer ik vroeg waarom men dit deed, kreeg ik als antwoord: 'Er gebeurt toch niks met die kaarten.' Dit was typerend voor de idee die er heerste binnen het bedrijf omtrent die regelkaarten. De mensen op de werkvloer hadden geen idee waartoe deze kaarten dienden.

Aangezien er mensen van twee verschillende bedrijven aanwezig waren, werd er regelmatig gepeild naar de gelijkenissen en verschillen tussen beide bedrijven. De cursisten vroegen elkaar honderduit over het eigen bedrijf. Daarom werd er beslist om een bedrijfsvideo van de beide bedrijven te laten zien. Op die manier kregen de cursisten toch een beetje zicht op het andere bedrijf. Bovendien vonden ze het ook heel leuk om de eigen bedrijfsvideo te zien. Sommigen hadden er immers aan meegewerkt en waren te zien op de video, andere cursisten wisten niet eens dat er een bedrijfsvideo van hun bedrijf bestond.

De cursisten waren na de opleiding zeer positief en vonden dat ze veel hadden bijgeleerd. In hoeverre blijft die opgedane kennis effectief werkzaam? Vaak verdwijnt de opgedane kennis door allerlei omstandigheden toch meer op de achtergrond. Daarom is het belangrijk om verschillende mensen met een leidinggevende functie bij deze opleiding te betrekken. Wanneer een lijnverantwoordelijke precies weet wat de cursisten in deze opleiding leerden, dan kan tijdens het werk aan de cursisten de nodige feedback gegeven worden.

SPC als context in secundair onderwijs

Kan een dergelijke onderwijsmodule ook ingezet worden als een realistische aanpak van statistische begrippen voor leerlingen uit het secundair onderwijs? Leerlingen uit het secundair onderwijs worden niet dagelijks geconfronteerd met dergelijke kwaliteitscontroles.

Wij probeerden dit kort te bekijken door SPC te gebruiken als een onderwerp voor een projectwerk. Dit project werd uitgevoerd in het vijfde jaar technisch secundair on-

derwijs, afdeling handel. Dit is een richting met drie wekelijkse lestijden wiskunde, waar beschrijvende statistiek op het leerplan vermeld staat. Traditioneel bekijkt men hier enkele grafische voorstellingen als histogrammen en worden begrippen als gemiddelde en standaardafwijking elk afzonderlijk besproken en op eenvoudige voorbeelden berekend.

Door omstandigheden diende het project te worden uitgevoerd aan het slot van de lessenreeks over beschrijvende statistiek. Het project werd op deze manier ingeschakeld als een vervanging voor een toets over die leerstof. Het zou echter heel goed mogelijk zijn om SPC als een realistische probleemcontext op te vatten waarmee leerlingen op een geïntegreerde manier verschillende begrippen als gemiddelde en spreiding in deze context ontmoeten. Het onderwerp SPC heeft natuurlijk verschillende aspecten en biedt mogelijkheden om op verschillende niveaus ingezet te worden bij het statistiek onderwijs.

Het totale project nam vier lessen in beslag. Tijdens het eerste lesuur kregen de leerlingen een bundel met achtergrondinformatie en werden de belangrijkste aspecten van een kwaliteitscontrole uit de doeken gedaan. Vervolgens kregen de leerlingen drie uur de tijd om in groepjes (van drie personen) te werken aan de opdracht:

Opdracht

Stel: jullie zijn directeur/directrice van een luciferfabriek. Natuurlijk wil je zoveel mogelijk luciferdoosjes verkopen. De laatste tijd echter komen er geregeld klachten van klanten die beweren dat er veel te weinig lucifers in een doosje zitten. Als hoofd van het bedrijf ga je op onderzoek om te zien of de klachten van de klanten wel terecht zijn.

A. Voor de luciferfabriek is het onmogelijk om alle geproduceerde luciferdoosjes te controleren op het aantal lucifers. Daarom worden er steekproeven genomen. Jullie gaan nu een steekproef nabootsen. Iedereen telt het aantal lucifers in 15 doosjes. Dit betekent dat jullie per groep 45 doosjes moeten controleren. Stel nu een frequentietabel, een histogram en een boxplot op met deze gegevens. Hiervoor maak je gebruik van de grafische rekenmachine. Bereken ook het gemiddelde, de mediaan en de variatiebreedte (= range) met het rekentoestel. Bekijk en interpreteer de gevonden resultaten. Zijn er reeds grote afwijkingen zichtbaar?

B. In de bedrijven maakt men gebruik van regelkaarten om na te gaan of het productieproces al dan niet aangepast moet worden. In het projectbundeltje vinden jullie een dergelijke regelkaart. De volgende opdracht bestaat nu uit het correct invullen van die kaart.

C. Het invulwerk is gebeurd. De gegevens moeten nog geïnterpreteerd worden. We willen namelijk vaststellen of ons productieproces 'out-of-control' is dat wil zeggen we willen nagaan of de geproduceerde producten nog steeds voldoen aan de eisen van de klant. In ons voorbeeld wil dat dus zeggen dat we willen weten of er al dan niet genoeg lucifers in de doosjes zitten.

Ga nu na of het productieproces van de luciferdoosjes 'out-of-control' is en illustreer je antwoord.

Op het einde van het project werd van elke groep een schriftelijke presentatie gevraagd waarop gegevens, regelkaart en commentaar aan bod kwamen (zie figuur 2).

Een aantal reacties van de leerlingen:

- 'Ik vind groepswork veel beter dan alleen werken. Als je iets niet weet kunnen de anderen dit wel weten. Het is ook eens iets anders dan gewoon les volgen. Het is gewoon leuker.' (Marisa)
- 'Het interessante was dat we iets op een leuke manier hebben bijgeleerd. We weten nu ook hoe de bedrijven te werk gaan.' (Stephanie)
- 'We zien dan ook eens het nut in van de wiskundeles, en weten we dat het eigenlijk wel nodig is dat we het kennen of kunnen.' (An)
- 'We vonden het leuk om in een groep te werken want het was eens iets anders en we konden nu de theorie omzetten in de praktijk. Het is interessant om te weten dat de bedrijven SPC gebruiken. Later kunnen we er dan ook nog mee in contact komen. Het was een leuk project, anders is wiskunde maar gebaseerd op de theorie en heb je niet de indruk dat je er later nog veel zult van nodig hebben.' (Brecht, Isolde en Nele)

Eén leerling had ter illustratie een regelkaart bijgevoegd van het bedrijf waar zijn vader tewerkgesteld was.

Katrien Descamps en Dirk Janssens, ALO Wiskunde K.U. Leuven, België

Bea Vanlangendonck, Centrum voor Basiseducatie Hageland, Diest, België

Literatuur

- Cuyvers, G. (1995). *Integrale kwaliteitszorg*. Leuven: Acco.
- Descamps, K. (2001). *Ontwerp van een onderwijsmodule voor statistische procescontrole, licentiaatsverhandeling*. K.U. Leuven, faculteit Wetenschappen.
- Descamps, K. & B. Vanlangendonck (te verschijnen 2001). *Statistische Procescontrole (SPC) op de werkvloer*. Antwerpen: VOCB. (www.vocb.be)
- Demeulemeester, E. & D. Callewier (1997). *Integrale kwaliteitszorg: Concepten, methoden en technieken*. Tiel: Lannoo/Scriptum.
- UIA/IKZ (1989). *Denken in kwaliteit... werken met Statistische Proces Controle*. Antwerpen: UIA.
- Vanlangendonck, B. (1999). *Tabellen en grafieken op het werk*. Antwerpen: VOCB.
- Ontwikkelingsdoelen en eindtermen (29/11/2000). *Belgisch Staatsblad*, 170-230, 55-56, 103. Brussel.

Relevante websites

Meer over het project is te vinden op:

www.wis.kuleuven.ac.be/ALO/alo.htm

Meer over het wiskundeonderwijs is in het algemeen in België te vinden op:

<http://users.belgacom.net/uitwiskeling/>