



PLANET
CHANGE

Ruimteschip: Ruimtepuin

Docentenhandleiding

Niveau Europees kwalificatiekader 2



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Planet change is the short name of an EU Erasmus+ project aimed at VET teachers and their students. With small activities, the idea is to create awareness about sustainability and acquire 21st century skills. All this is done in a technical context, mostly from space technology.

www.planetchange.eu



Inhoud:

1. Algemene informatie	4
Onderwerp	4
Activiteit	4
2. Introductie	5
3. Beschrijving van de activiteit	8
Deel 1: Satellietenogen vanuit de ruimte (15 minuten)	8
Deel 2: De kerntaak (25 minuten)	8
Deel 3: Reflectie en volgende stappen (20 minuten)	8
Deel 4 (optioneel): Een mogelijke toekomst in de ruimtesector	9
4. Bijlagen	10
Achtergrondinformatie	10
Werkblad Onderzoek naar ruimtevervuiling	12
Werkblad Botsingen in de ruimte	14
Werkblad Ruimteafval nabij de aarde	15



1. Algemene informatie

Doelgroep, leeftijd: 16-18 jaar

Europees Kwalificatiekader niveau: 2

Duur: 60 minuten

Materialen: Computers met internetverbinding , werkbladen , schoolbord / whiteboard

Software: Elke browser en de website <https://sky.rogue.space>

Vorbereiding: Basiskennis van de software <https://sky.rogue.space>; Docenten worden aangeraden om de werkbladen zelf in te vullen ter voorbereiding.

Onderwerp

Thema: Ruimtegevaar

Zoekwoorden: Ruimtepuin, Kessler-effect, satelliet, ruimte schoonmaken , 21st-eeuwse vaardigheden

Activiteit

Leerdoelen:

De student krijgt meer kennis en training over:

1. Het probleem van ruimtepuin
 - a. Wat houdt dit probleem in
 - b. Waarom is ruimtepuin een probleem?
2. Wat gebeurt er als ruimtepuin botst?
 - a. De botsing tussen Iridium 33 en COSMOS 2251 in 2009
 - b. Het Kessler-effect
3. Training van 21e-eeuwse vaardigheden, waaronder:
 - a. Mediageletterdheid
 - b. Informatievaardigheden
 - c. Kritisch denken
 - d. Samenwerking
 - e. Communicatie

Samenvatting van de activiteit

Tijdens deze les bespreken de studenten de soorten ruimtepuin en leren ze de mate van vervuiling kennen met behulp van een programma dat de huidige ruimteobjecten in kaart brengt. Door naar het ruimtepuin te kijken en gegevens te noteren, wordt een basiskennis van de gevaren gevormd. Dit begrip wordt gebruikt om te onderzoeken wat er gebeurt als twee brokstukken op elkaar botsen. De studenten onderzoeken de gevaren van ruimtepuin en wat er kan gebeuren als er niets wordt gedaan om de resulterende vervuiling te voorkomen. Vervolgens bespreken en evalueren de studenten wat er momenteel wordt gedaan om het ruimtepuin te voorkomen en op te ruimen en doen ze aanbevelingen voor oplossingen. Als laatste stap kunnen de studenten hun nieuwe kennis gebruiken in een debat over nieuwe maatregelen om ruimtepuin tegen te gaan.



2. Introductie

Tijdens hun missies helpen satellieten ons te begrijpen wat er op aarde gebeurt. We kunnen onze locatie bepalen met behulp van GPS-satellieten, bankoverschrijvingen doen dankzij de precieze timing van satellieten en windpatronen van bovenaf monitoren met de gegevens die ze leveren.

Wat gebeurt er met een satelliet die rond de aarde draait nadat deze stopt met werken? Als de satelliet dicht genoeg bij onze planeet is, kan deze binnen 5 tot 10 jaar na zijn laatste momenten naar de aarde terugvallen. Als de satelliet verder weg is, blijft deze in een baan om de aarde en kan het eeuwen duren voordat het de atmosfeer van de aarde bereikt.

Sinds de eerste satelliet, de Spoetnik, in 1957 werd gelanceerd, zijn er meer dan 56000 detecteerbare objecten in een baan om de aarde gebracht. In november 2022 bevinden zich nog altijd circa 36.500 objecten groter dan 10 cm in de ruimte, waarvan een klein deel, van 6800 satellieten, nog operationeel is. De objecten worden in de gaten gehouden door sensoren op aarde en in de ruimte. Niet alle objecten kunnen echter worden gevolgd en geregistreerd, in sommige gevallen omdat ze te klein zijn om te detecteren. Volgens schattingen van ESA zijn er:

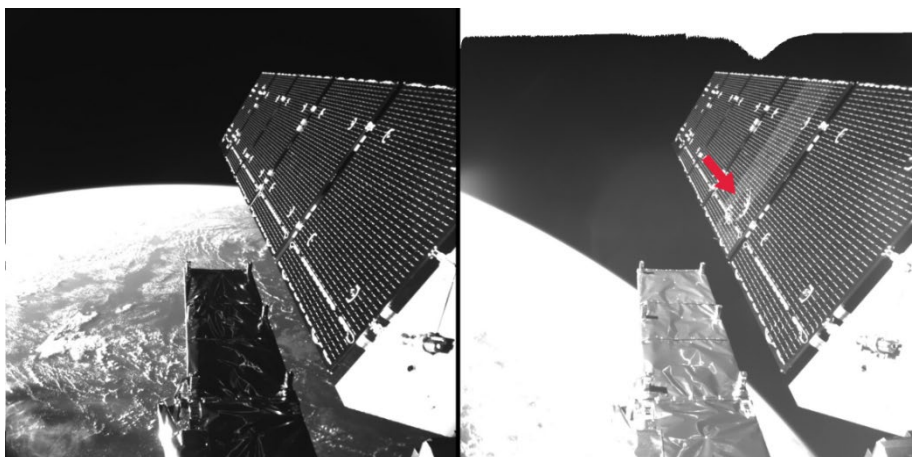
- 36.500 objecten groter dan 10 cm.
- 1.000.000 objecten groter dan 1 cm.
- Meer dan 130 miljoen objecten groter dan 1 mm.

De oorsprong van de objecten verschilt. Een groot deel van het puin is afkomstig van satellieten en weggeworpen onderdelen van raketten. In december 2020 toonden de Verenigde Naties aan dat ongeveer 14% van alle ruimtepuin van onbekende oorsprong is.

Gevaren van ruimtepuin

De stukken ruimtepuin kunnen erg gevaarlijk zijn voor de actieve technologie in een baan om de aarde. Deze brokstukken verplaatsen zich met snelheden van ongeveer 7 km/s, wat betekent dat een stuk ruimtepuin binnen één seconde 70 voetbalvelden voorbij kan gaan. Als een stuk ruimtepuin met deze snelheid tegen een ander object botst, kan het grote schade aanrichten. Een botsing met een object van 10 cm kan een satelliet verbrijzelen en een stuk van 1 cm kan door de beschermpanelen van het ISS dringen. Een voorbeeld is de inslag van een stukje ruimtepuin ter grootte van een millimeter dat tegen de Sentinel 1A-satelliet botste en een beschadigd gebied van ongeveer 40 cm groot veroorzaakte (zie hieronder).

Figuur 1: Voor en na de inslag van een object van 1 mm groot op Sentinel-1 (Bron: ESA)



Het Kessler-effect

Als een stuk puin groot of snel genoeg is, kan het andere objecten verbrijzelen. Als de brokstukken botsen, versplinteren ze in kleinere brokstukken. Deze kleinere brokstukken kunnen ook op nieuwe ruimteobjecten botsen en ook versplinteren.

Na een paar botsingen zullen er meer brokstukken zijn dan voor de eerste botsing. Meer brokstukken zullen dan dezelfde ruimte innemen.

Wanneer het aantal objecten toeneemt in dezelfde ruimte, is de kans groter dat de brokstukken op elkaar botsen.

Stel je een stuk snelweg voor. Op een rustige ochtend botsen twee auto's op de snelweg. Omdat er geen andere auto's op de snelweg zijn behalve de twee botsende auto's, is er maar één botsing.

Deze situatie is anders wanneer twee auto's tegen elkaar botsen in een file. In de file zijn er meer auto's die dezelfde ruimte innemen. Nadat de twee auto's tegen elkaar zijn gebotst, kunnen ze opnieuw botsen met auto's in de buurt. Ze veroorzaken een kettingreactie.

Deze kettingreactie van botsingen is ook mogelijk met ruimtepuin. Wanneer het aantal botsingen toeneemt en er meer stukken ruimtepuin ontstaan, noemen we dit het Kessler-effect.

Uiteindelijk, als de botsingen doorgaan, zal het Kessler-effect zo ernstig worden dat ruimtepuin de hele Aarde zal bedekken en het bijna onmogelijk kan zijn om de Aarde te verlaten.

Schoonmaak van de ruimte

Gelukkig zijn er pogingen om dit scenario te verzachten. Onderzoekers van over de hele wereld werken eraan om de hoeveelheid ruimtepuin om de aarde te verminderen.

Bijvoorbeeld met het laten terugkeren van puin in de atmosfeer van de aarde. Een gecontroleerde terugkeer is wanneer een team van wetenschappers de satelliet naar een specifieke positie manoeuvreert en het helpt om in de atmosfeer te vallen. In de atmosfeer verbrandt de satelliet. De stukken die niet verbrandden, vallen vervolgens naar een veilige locatie, zoals een groot, verlaten gebied in de zee. Vanaf de aarde ziet een satelliet die de atmosfeer van de aarde bereikt eruit als vallende sterren.



Figuur 2: Terugkeer en verbranding van satelliet ATV Jules Verne in de atmosfeer. 12 minuten na binnenkomst in de atmosfeer, de overig fragmenten vielen in de Stille Oceaan (bron: ESA/NASA)



Brandstof is een belangrijk onderdeel van de levenscyclus van een satelliet. Het is nodig voor het manoeuvreren en op hoogte blijven. En kan botsingen voorkomen. Als een satelliet langer in de ruimte moet blijven, kost dat meer brandstof.

Maar brandstof kan ook gevaarlijk zijn en explosies veroorzaken. Als brandstof ontploft, kan de satelliet verbrijzelen in honderden stukken. Hierom wordt er ook gezocht naar stabielere brandstof.

Er zijn ook andere pogingen om ruimtepuin te verminderen, deze zijn meer gericht op het ontwerpproces van satellieten en de levensduur.

Ontwerpers proberen om rekening te houden met het einde van de levenscyclus van een satelliet. Door te kijken naar manieren om een satelliet duurzaam weg te gooien. Bijvoorbeeld het in zijn geheel laten opbranden in de atmosfeer.

Tijdens zijn levensduur wordt de satelliet gemonitord door sensoren op aarde en in de ruimte. Deze sensoren detecteren niet alles, sommige objecten zijn te ver. Door meer sensoren, die ruimtepuin kunnen detecteren, kunnen satellieten hopelijk op tijd verplaatst worden zodat er minder botsingen ontstaan.



3. Beschrijving van de activiteit

Deel 1: Satellietenogenvanuit de ruimte (15 minuten)

De docent begint de les met het stellen van de vraag: "Is er afval in de ruimte? Zo ja, wat voor soort afval?" De klas maakt een woordweb van objecten die als ruimtepuin zouden kunnen gelden (bijv. inactieve satellieten, weggeworpen onderdelen van raketten, missie-gerelateerd puin zoals camera's of kabels).

De klas bespreekt de soorten ruimtepuin.

Bij de volgende opdracht hebben de studenten een computer met internet nodig. Ze bekijken de objecten rond de aarde op <https://sky.rogue.space> en beantwoorden de vragen op het werkblad

Deel 2: De kerntaak (25 minuten)

De docent vraagt de studenten naar hun antwoorden op de laatste vraag "Denk je dat het aantal stukken ruimtepuin in de loop der jaren zal toenemen? Waarom wel of waarom niet?"

Na een discussie maken de studenten groepjes van twee en onderzoeken ze de botsing tussen Iridium 33 en Cosmos 2251 in 2009. Ze zoeken op internet naar informatie over de botsing en bespreken de volgende vragen

- *Hoeveel brokstukken werden er gemeld?*
- *Welke factoren spelen een rol bij een botsing tussen twee satellieten?*
- *Teken een situatie waarin twee satellieten botsen en de meeste schade aan elkaar toebrengen. Geef het punt van impact op beide satellieten aan en in welke richting ze bewegen.*
- *Waarom is dit punt van impact de plek die de meeste schade veroorzaakt?*
- *Wat denk je dat er gebeurt als een van de stukken puin een andere satelliet raakt? Tip: kijk naar de snelheid van een van de stukken op <https://sky.rogue.space>*

De klas bespreekt de vragen, met de meeste focus op de vraag "Wat denk je dat er gebeurt als een van de brokstukken een andere satelliet raakt? Tip: kijk naar de snelheid van één van de brokstukken op <https://sky.rogue.space>. Daarna bespreekt de klas de gevaren van ruimtepuin en het scenario van het Kessler-effect.

Deel 3: Reflectie en volgende stappen (20 minuten)

De studenten bekijken de video over de terugkeer van Aeolus in de atmosfeer van de aarde en beantwoorden de vragen op het werkblad.

Wanneer ze de vragen op het werkblad hebben beantwoord, bespreken ze hun antwoorden met de student die naast hen zit door uit te leggen welke methoden ze hebben gekozen en waarom.

Ze evalueren hun antwoorden opnieuw en delen deze in een klassendiscussie.



Deel 4 (optioneel): Een mogelijke toekomst in de ruimtesector

Ruimtevaartorganisaties over de hele wereld gebruiken telescopen, radars en lasers om objecten in de ruimte op te sporen. Alleen al in Europa zijn er meer dan 50 systemen die ruimtepuin kunnen opsporen. Een van deze systemen is de radar TIRA bij Bonn in Duitsland. Deze radar kan objecten ter grootte van een 1-euromuntstuk detecteren vanaf 1000 kilometer afstand. Het is te danken aan de nauwkeurige radarsensoren dat we deze objecten kunnen detecteren. De radarsensoren kunnen de snelheid van een object detecteren en de afstand tussen dat object en de positie van de radar zelf. Radartechnologie heeft veel toepassingen. Piloten gebruiken het om obstakels te ontdekken, schepen om andere schepen te vinden, politieagenten om de snelheid van passerende bestuurders te meten en het wordt zelfs gebruikt om het weer te voorspellen.

Andere technologie kan ook worden gebruikt om objecten op grote afstand te detecteren. Het Optical Ground Station bij het Teide Observatory in Izaña, Tenerife gebruikt een optische camera om objecten in de GEO te detecteren. Met een diameter van 1 meter kan de lens objecten met een diameter van 10 cm detecteren vanaf een afstand van 36.000 km.



4. Bijlagen

Achtergrondinformatie

Clean Space project

Dit project is gericht op het verminderen van ruimtepuin op drie manieren.

De eerste methode is ruimtemissies ontwerpen die duurzaam zijn voor het milieu. De satelliet wordt gevolgd vanaf het ontwerp tot de opruiming en geanalyseerd op basis van de uitstoot, de gebruikte bronnen en de impact op gezondheid en milieu. De negatieve impact wordt beoordeeld en verminderd voor elke fase tussen het ontwerp van een satelliet en de opruiming ervan, zonder de impact van andere fasen te vergroten. Meer informatie is te vinden op: https://www.esa.int/Space_Safety/Clean_Space/ecodesign

De tweede methode is het ontstaan van meer ruimtepuin verminderen door te voorkomen dat de satelliet uit elkaar valt. Een oplossing zou kunnen zijn dat een satelliet een andere satelliet van brandstof voorziet, repareert en duwt. In 2018 werd de missie om satellieten te laten repareren door een andere satelliet voorgesteld voor het Clean Space-project. De voorgestelde satelliet zou de andere satelliet kunnen opvangen en reparaties kunnen uitvoeren of zelfs de kapotte satelliet uit zijn baan kunnen duwen voor een terugkeer in de atmosfeer als deze niet meer te repareren is. Deze satelliet zou ook de brandstof uit de kapotte satelliet kunnen halen om te voorkomen dat de brandstofcontainer barst en er nog meer puin ontstaat. Meer informatie is te vinden op: https://www.esa.int/Space_Safety/Clean_Space/cleansat

De derde methode is gericht op het actief verwijderen van ruimtepuin, dat veel gemeen heeft met de tweede methode. Deze derde methode richt zich echter niet op het in omloop houden van het ruimtepuin, maar op het actief verwijderen van het ruimtepuin. Een van de voorgestelde manieren is om het ruimtepuin uit zijn baan te duwen, in de richting van de dampkring van de aarde of een zogenaamde kerkhofbaan, waar het ruimtepuin veilig uit de buurt van functionerende systemen wordt verzameld. In 2025 zal er een systeem worden gelanceerd dat verschillende objecten kan vangen en veilig uit hun baan kan halen. Deze satelliet kan objecten vangen met een gigantische klauw, maar andere methoden om ruimtepuin te vangen zijn ook mogelijk. Andere voorgestelde methoden zijn het gebruik van een groot net, een harpoen en een robotarm. Meer informatie is te vinden op: https://www.esa.int/Space_Safety/Clean_Space/in-orbit_servicing_active_debris_removal en https://www.esa.int/Space_Safety/Clean_Space/ESA_commissions_world_s_first_space_debris_removal

Aanbevelingen voor het minimaliseren van ruimtepuin:

In 2010 publiceerde een adviescommissie van de Verenigde Naties zeven richtlijnen om ruimtepuin en verstoringen door ruimtepuin tot een minimum te beperken.

1. Beperk het vrijkomen van ruimtepuin tijdens normale operaties.
2. Minimaliseer de kans op zaken die kapot gaan en breuken.
3. Beperk de kans op een toevallige botsing in een baan om de aarde.
4. Vermijd opzettelijke vernietiging en andere schadelijke activiteiten.
5. Minimaliseer de kans op breuken en explosies na een missie als gevolg van opgeslagen energie.
6. Beperk langdurige aanwezigheid van ruimtevaartuigen en rakettrappen in de lage baan om de aarde na afloop van hun missie.



7. Beperk de langdurige interferentie van ruimtevaartuigen en rakettrappen met het geosynchrone aardbaangebied na het einde van hun missie.

Link met actuele aantallen ruimtepuin:

https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers

Informatie voor de docent

Plaats de tafels in de klas in een U-formatie te plaatsen, zo kunnen de studenten elkaar aankijken tijdens de discussies en makkelijker reageren op de gemaakte opmerkingen. De presentaties van hun ideeën aan het einde kunnen worden gedaan in de vorm van een elevator pitch. Vraag de studenten om hun oplossing te introduceren en te onderbouwen waarom ze deze oplossing binnen 1 of 2 minuten hebben gekozen. Herinner ze eraan om kort hun gekozen doelstellingen, probleem en de ontwerpfase te noemen in hun onderbouwing. Houd een timer klaar tijdens de pitches en kort de presentatie in als de tijdslimiet niet wordt gerespecteerd.

De werkbladen staat op de volgende pagina's.

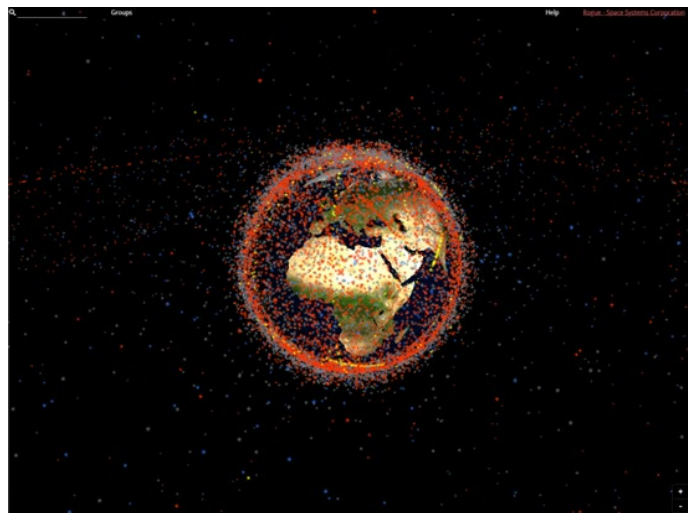


Werkblad Onderzoek naar ruimtevervuiling

Ga naar de website <https://sky.rogue.space>

Deze website laat elk waarneembaar object zien dat zich op dit moment in de ruimte bevindt. Elk object wordt weergegeven door zijn eigen stip en een kleur die de categorie ervan aangeeft.

1. Welke kleuren hebben de voorwerpen? Noem de vier kleuren in de tabel hieronder.
2. Bij welke categorie hoort elke kleur? Tel de categorieën op in de tabel hieronder.



Kleur	Categorie

3. Denk je dat de objecten in de categorie 'rocket body/raketonderdeel' ook ruimtepuin zijn? Waarom?
 - a. Nee, omdat de raketonderdelen die tijdens ruimtemissies worden weggegooid altijd terugvallen op aarde
 - b. Nee, omdat de raketonderdelen afkomstig zijn van actieve raketten.
 - c. Ja, omdat de raketonderdelen defecte satellieten zijn.
 - d. Ja, omdat de raketonderdelen die zijn weggegooid in een baan om de aarde blijven totdat ze terug kunnen vallen op aarde.

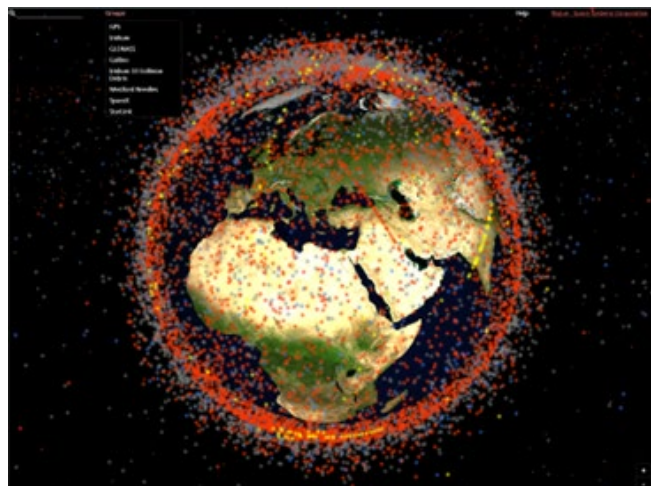


Beweeg je muis over 'Groups' in de linkerbovenhoek en klik op 'GPS'.

4. Wat stellen de blauwe lijnen voor?

- Het aantal satellieten in de dezelfde baan.
- Het traject van de satelliet.
- De hoogte van de satelliet.

Klik op de zwarte achtergrond om alle objecten weer te zien. Zoom in op Nederland.



5. Tel de volgende 30 seconden de objecten in het luchtruim direct boven Nederland. Hoeveel objecten tel je?

6. Klik op een van de objecten. Vul de onderstaande tabel in.

Naam van het object	
Type object	
Snelheid	
Hoogte	

Op dit moment zijn er ongeveer 36.500 stukken ruimtepuin groter dan 10 cm in een baan rond de aarde. Dit zal de komende jaren toenemen.

7. Waarom zal dit toenemen?

- De mensheid zal spullen in de ruimte blijven sturen.
- Tijdens ruimtemissies, vallen onderdelen expres of per ongeluk de ruimte in.
- Objecten in de ruimte kunnen met elkaar botsen en zo nog meer ruimtepuin veroorzaken.
- Alle bovenstaande redenen.



Werkblad Botsingen in de ruimte

Onderzoek de botsing in 2009 tussen twee satellieten, Iridium 33 en Cosmos 2251. Je kunt op internet zoeken naar antwoorden op de onderstaande vragen.

1. *Hoeveel brokstukken warden er gerapporteerd?*

- a. 700
- b. 1000
- c. 2000

Satellieten nemen veel uitrusting mee, dat kan behoorlijk zwaar worden. Iridium 33 woog 689 kg toen het botste met de 900 kg zware Kosmos 2251. Massa is niet de enige factor die van invloed is op een botsing.

2. *Omcirkel alle factoren die hebben ook invloed op botsingen:*

- a. Snelheid
- b. Elektrische stroom
- c. Temperatuur
- d. Grootte van de objecten

3. *Wat denk je dat gebeurt als een groot stuk puin van deze botsing een andere satelliet raakt? Tip: Kijk naar de snelheid van een van de stukken op <https://sky.roque.space>*

- a. De botsing zal de satelliet verbrijzelen door de hoge snelheid van beide objecten.
- b. Het stuk puin zal van de satelliet af stuiteren, omdat de satelliet is gemaakt van sterk materiaal.
- c. Het stuk puin zal een kleine deuk in de satelliet veroorzaken maar doet verder niets.



Werkblad Ruimteafval nabij de aarde

Bekijk de volgende video: [Journey back to earth/Aelus' historic reentry](https://youtu.be/uhz8TevYzA?feature=shared) (<https://youtu.be/uhz8TevYzA?feature=shared>)

Beantwoord de vragen hieronder.

Welke methode zou je gebruiken? En waarom?

Tanken en een baan om de aarde, _____

Gecontroleerd terugkeer, _____

Welke twee methoden zou je niet gebruiken?

Het gebruiken van een satelliet om puin op te vangen.

De satelliet met lasers opblazen in kleinere delen.

Het materiaal waar de satelliet van gemaakt is, sterker maken.

Met krachtige magneten ruimtepuin vangen.



Welke methode zou wil je introduceren?

Maak het opruimen van een satelliet een verplicht onderdeel van de productie.

Geen onstabiele brandstof gebruiken.

Meer sensoren in de ruimte gebruiken om het ruimtepuin te monitoren.

Bespreek je antwoorden met de persoon naast je.

Wil je je iets veranderen? Schrijf deze dan hierop.

