

Antwoordmodel Reis naar Mars:

1. De reis naar Mars kan gunstig gemaakt worden op de momenten dat Mars en de aarde het dichtst bij elkaar staan. De banen die de planeten om de zon draaien zijn niet cirkelvormig, maar vormen een ellips. De baan van Mars doet dit meer dan de baan van de aarde, waardoor er een verschil in afstand ontstaat. Daarnaast draaien Mars en de aarde niet in dezelfde tijd een baan rond de zon, waardoor er ook wisselende afstand tussen de planeten ontstaat. Bovendien cirkelen de planeten niet helemaal precies in hetzelfde baanvlak om de zon, wat betekent dat het moment van oppositie (Mars, de aarde en de zon staan in een lijn) en de dichtste nadering van Mars en de aarde enkele minuten tot dagen kan verschillen.
2. Er verstrijken ongeveer 2 jaar tussen deze momenten. Daarbij verschillen deze momenten ook op zich. De ene keer staat Mars dicht bij de aarde dan de andere keer. Voor de missie om te gaan leven op Mars betekent dit dat een reis naar Mars slechts eens per ongeveer twee jaar gemaakt kan worden. Het gevolg is dat er een plan gemaakt moet worden wanneer materiaal en voorraden naar Mars gevlogen moeten worden. Gezien dit er waarschijnlijk eerder moet zijn dan dat de mens die kant op gaat. Ook het overvliegen van de mens zal mogelijk in fases gebeuren als niet iedereen tegelijk naar Mars kan. Men moet een goede planning hiervoor maken.
3. Kosmische straling kan het DNA in onze cellen beschadigen, met als gevolg dat het DNA kan muteren, wat de reden is dat kosmische straling mogelijk kankerverwekkend is, of de cel dood gaat, wat kan leiden tot erytheem (roodheid huid) of stralingsziekte (diarree en braken).
4. Kosmische deeltjes zijn elektrisch geladen, wat betekent dat hun baan wordt beïnvloed door het magnetische veld van zon en aarde. Kosmische straling is dus het hoogst rond de magnetische noordpool en de magnetische zuidpool (tevens oorzaak poollichten), en het laagst rond de evenaar. Daarnaast neemt de intensiteit van de kosmische straling sterk af bij het passeren van de atmosfeer (moleculen in de lucht, zoals stikstof, zuurstof en koolstofdioxide).
5. In tabel 27D2 van de Binas staat een limiet van 20 mSv vermeld voor mensen die beroepshalve aan straling blootgesteld staan, dit zouden de leerlingen kunnen zien als het geaccepteerde maximum. Reizigers naar Mars gaan hier ver overheen. Hoeveel dit precies zal zijn, is niet bekend. De schatting van de leerlingen zal boven de 300 mSv per jaar liggen (ongeveer het dubbele van astronauten op ISS).
6. Reizigers naar Mars zullen tijdens hun reis deels beschermd worden tegen kosmische straling door de dikke wand van het ruimteschip.
7. De hoeveelheid blootstelling zou verkleind kunnen worden met een snellere reis, wat betekent dat er krachtigere ruimteschepen ontwikkeld moeten worden.
8. Rond een zonnemaximum is de zonnewind sterker dan anders. Gezien de zonnewind een magnetisch veld met zich meedraagt, zal dit een beschermend effect hebben tegen kosmische straling (bestaande uit geladen deeltjes). Echter brengt de sterke zonnewind juist ook hoogenergetische deeltje vanuit de zon mee die onderdeel zijn van kosmische straling. Het is dus tegenstrijdig.

Antwoordmodel Huisvesting & Straling:

1. UV-straling brengt schade aan de huidcellen. Met name UV-C is erg gevaarlijk (200-280 nm). Zodra deze schade niet door het lichaam hersteld kan worden, kunnen deze beschadigingen leiden tot huidkanker. Daarnaast is UV-straling schadelijk voor de ooglenzen en kan dit op termijn leiden tot de ontwikkeling van staar (vertroebelde lens).
2. UV-straling op aarde wordt vooral geabsorbeerd door zuurstof en ozon (Binas tabel 30E). De atmosfeer van de aarde bevat 21% zuurstof en in de dampkring van Mars bevindt zich 0,13% O₂.
3. Op de evenaar is de afstand die de straling moet afleggen naar het oppervlak het kortst, op de polen het grootst. Op de polen dus. Mars staat onder een hoek van 21,9 graden ten opzichte van het vlak waarin Mars rond de zon draait, er is dan ergens een optimum rekening houdend met de rotatie.
4. Op deze plekken zit je relatief dicht op de polen van Mars, waar het kouder is dan rond de evenaar. Dat betekent dat er meer warmte gecreëerd moet worden dan wanneer huisvesting rond de evenaar gezocht wordt. Daarentegen is er meer water ter beschikking en zullen de verschillen tussen de temperaturen van dag en nacht kleiner zijn.
5. Dikte van de wand ter verzwakking van de inkomende deeltjes energie:
formule: $I(d) = I(0) \cdot (1/2)^{d/D_{1/2}}$
 $I(d)/I(0) = 0,1\%$, $D_{1/2} = 12,8$ (Binas tabel 28F)
 $0,001 = (1/2)^{d/12,8} \Rightarrow \log(0,001) = d/12,8 \cdot \log(1/2)$ wegens $\log(x^a) = a \cdot \log(x)$
 $\Rightarrow d = 12,8 \cdot \log(0,001) / \log(1/2) = 127,6$ cm
De dikte van de wand moet dan 127,6 cm zijn.
6. De dikte zou gerealiseerd kunnen worden door het Regolith op te spuiten boven de grond, of met een 3D printer. De berekening valt erg dik uit, gangbare artikelen (maar niet gecontroleerd) spreken van 30 cm benodigd. Alternatieve opzet is om de basis ondergronds te bouwen. Dit is in veel scenario's het voorstel.
7. Wat is de energie van een meteorietinslag:
Energie = $E_k = 1/2 \cdot m \cdot v^2$
dichtheid rots = dichtheid steen = 1500 kg/m³
 $r = 2$ cm = 0,02 m
inhoud bol = $V = 4/3 \cdot \pi \cdot r^3 = 3,35e-5$ m³
massa = dichtheid rots * $V = 3,35e-5 \cdot 1500 = 0,05$ kg
 $E_k = 1/2 \cdot 0,05 \cdot 7000^2 = 1,2$ MJ
De energie van de meteorietinslag is dan 1,2 MJ.
8. Hoe diep wordt de krater:
 $E_k = 1,2$ MJ
 $E_p = \text{massa} \cdot g \cdot 0,1R$
 $E_p = \rho \cdot (2 \cdot \pi \cdot R^2) \cdot (0,1R) \cdot 3,721 \cdot 0,1R = 1500 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 0,1^3 \cdot 3,721 \cdot 0,1 \cdot R^4$
 $E_p = E_k$, dus $351 \cdot R^4 = 1,2$ MJ $\rightarrow R = 7,6$ m \rightarrow
De inslagdiepte is dan 76 cm.

Antwoordmodel Zuurstof & Water:

1. De volgende antwoorden worden er verwacht:
 - a. Een manier om zuurstof te produceren is met behulp van elektrolyse. Elektrolyse is een chemische reactie waarbij onder invloed van elektrische stroom samengestelde stoffen worden ontleed. Bij de elektrolyse van water wordt H_2O opgesplitst in zuurstof (O_2) en waterstof (H_2).
 - b. Een andere manier om zuurstof te produceren is door het opbranden van zuurstofkaarsen. Een zuurstofkaars bestaat uit natriumchloraat (NaClO_3). Bij opwarming ontleedt deze stof in zuurstof (O_2) en een niet reactief zout.
 - c. De derde manier om zuurstof te produceren is via planten. Planten zetten door middel van fotosynthese water (H_2O) en koolstofdioxide (CO_2) om in glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), waarbij zuurstof (O_2) vrijkomt. Dit gebeurt onder invloed van licht.
2. De volgende berekeningen/redenaties worden verwacht:
 - a. Als een persoon ongeveer 0.139 kg zuurstof per dag verbruikt, moet er ongeveer 0.313 L water geëlektrolyseerd worden. Dit is te berekenen aan de hand van de reactievergelijking van elektrolyse en de molaire massa van zuurstof en water.
 - b. Stel we gebruiken zuurstof kaarsen, dan moet er ongeveer 0,616 kg kaars verbruikt worden. Ook dit is te berekenen aan de hand van de reactievergelijking van natriumchloraat tot zuurstof en natriumchloride en de molaire massa van zuurstof en natriumchloraat.
 - c. Een gezonde Amerikaanse stadsloofboom met een stamdiameter van ongeveer 0,5 meter blaast per dag grofweg 125 gram zuurstof de lucht in. Dit is net minder dan een persoon per dag nodig heeft. Planten zullen echter minder zuurstof produceren dan bomen, wat betekent dat er meerdere planten nodig zijn om een persoon van zuurstof te voorzien.

Op basis van deze berekeningen kunnen we beter water gebruiken als bron van zuurstof, gezien er ongeveer een dubbele hoeveelheid kaars nodig is in vergelijking met water. 0.313 L water lijkt niet persé veel, dus de leerlingen kunnen concluderen dat er dan voldoende zuurstof geproduceerd kan worden voor de mensen op Mars. Aan de andere kant, stel de populatie op Mars gaat bestaan uit ongeveer 100 mensen, dan wordt er ongeveer 31.3 L water verbruikt per dag. Dit is ongeveer 11424.5 liter water per jaar. Dit lijkt een aanzienlijke hoeveelheid. Waar wordt dit water vandaan gehaald? Dezelfde redenatie kan gebruikt worden in de vraag of de hoeveelheid benodigde planten realistisch is.
3. In het dagelijks leven wordt water gebruikt om te drinken, om jezelf te wassen (met een washandje of onder de douche), om de wc mee door te trekken en om groente en fruit mee af te spoelen. Op Mars zou water ook nog gebruikt worden om zuurstof mee te produceren.
4. Urine, gebruikt waswater en condensatievocht kunnen hergebruikt worden. Urine wordt gedestilleerd, gebruikt waswater wordt gefilterd en condensatievocht wordt gecondenseerd en gesteriliseerd.
5. Om 0.5 liter water te verkrijgen, moet 0.499 kg ijs gesmolten worden.
6. De smeltwarmte van ijs is 334 kJ/kg, dus er is ongeveer 166.67 kJ energie nodig.
7. Volgt nog.
8. Volgt nog.
9. Volgt nog.

Antwoordmodel Voedsel & Zwaartekracht:

1. Gemiddeld moeten mannen 2500 kilocalorieën en vrouwen 2000 kilocalorieën binnen krijgen vanuit hun voeding. Ongeveer deze hoeveelheid zal een volwassen persoon dus ook verbruiken. De gravitatiekracht op Mars betreft $3,721 \text{ m/s}^2$. Dit is ongeveer 2,5 keer zo klein als op aarde. Een vermindering van zwaartekracht zorgt ervoor dat er minder energie verbruikt hoeft te worden bij dezelfde werkzaamheden.
2. Koolhydraten zitten in volkorenbrood en volkoren pasta, aardappels, peulvruchten, groente, fruit en melk. Vetten zitten in boter, olie, vlees, kaas en in koek, snacks en sauzen. Eiwitten zitten in vlees, vis, melk, kaas en eieren (dierlijk) en in brood, pasta, peulvruchten en noten (plantaardig). We kunnen ons voorstellen dat leerlingen verwachten dat planten verbouwd kunnen worden op Mars, wat zou betekenen dat brood, pasta, noten, aardappels, groenten en fruit geproduceerd kan worden. Dierlijke producten, zoals vlees, vis, melk, kaas en eieren, zullen echter niet gemakkelijk te produceren zijn. De reden hiervoor is dat dieren veel voedsel en ruimte nodig hebben. Daarbij zijn de meeste dieren inefficiënt in het omzetten van voeding tot vlees en andere producten. Het gevolg is dat de mens op Mars waarschijnlijk vegetarisch/veganistisch is.
3. De inname van vitamines en mineralen is ook erg belangrijk. Vitamines en mineralen zitten in allerlei verschillende soorten voedsel, waaronder dierlijke producten, graanproducten, noten/peulvruchten, groenten en fruit. Verder zouden leerlingen nog vezels kunnen noemen, dit valt echter onder de koolhydraten.
4. In de grond van Mars zitten zware metalen, welke giftig kunnen zijn voor verschillende plantensoorten. Dit kan de groei van planten dan beïnvloeden. Een andere factor is het feit dat er weinig nitraat (stikstof in de vorm die een plant kan opnemen) in de bodem zit. Nitraat is een essentiële voedingsstof voor een plant en een tekort hieraan kan de groei beïnvloeden. Dit kan echter opgelost worden door ook planten te verbouwen die stikstof uit de lucht op kunnen nemen en de niet eetbare resten hiervan in de grond te stoppen. Verder zouden groenten binnen onder een lamp gekweekt moeten worden, vanwege de schadelijke straling en kou buiten.
5. De groenten zullen getest worden op smaak. Ook wordt er gekeken of ze geen zware metalen bevatten, die giftig zijn voor de mens. Daarnaast wordt gecontroleerd of de groenten voldoende kiemende zaden bevatten om een volgende generatie groenten mee te kweken.
6. Er zijn al verschillende groente gekweekt en getest. Onder anderen radijs, erwten, tomaten, rogge bleken eetbaar en niet giftig. De groente die het niet goed deed was spinazie. Hiervan vormde de kiemplant bloemen en geen eetbare bladeren. De onderzoekers zijn dus optimistisch, maar er moet nog veel onderzocht worden. Een onzekerheid die genoemd wordt is de mogelijke aanwezigheid van perchloraat in de marsbodem. Perchloraat is een giftige stof en zou plantengroei uitsluiten als het tot diep in de grond voorkomt.
7. Mars heeft een zwaartekracht van $3,721 \text{ m/s}^2$. De aarde heeft een zwaartekracht van $9,81 \text{ m/s}^2$. De zwaartekracht van Mars is ongeveer 2,5 keer zo klein als op aarde. Het gevolg is dat de mens hoger kan springen en grotere stappen neemt bij het lopen.
8. Bij een vermindering van de zwaartekracht zal de spiermassa en botsterkte verminderen (genaamd spieratrofie en osteoporose), gezien het lichaam zijn/haar aardse gewicht niet meer hoeft te dragen. Vermindering/ontbreken van de zwaartekracht heeft daarnaast belangrijke effecten op de mineralen stofwisseling;

overmaat van mineralen in het bloed wegens botafbraak kan leiden tot nierstenen, en het cardiovasculaire stelsel; de verlaagde zwaartekracht en de verminderde spierbeweging kunnen de vochtverdeling verstoren en de verlaagde zwaartekracht zorgt er ook voor dat het hart minder hard hoeft te pompen, wat tot hartritmestoornissen kan leiden. Wegens de verstoorde vochtverdeling kan er bijvoorbeeld vocht ophopen achter de hersenen, waardoor er druk om de ogen kan ontstaan en het zicht verminderd. De zwaartekracht is waarschijnlijk niet dusdanig schadelijk dat de mens er niet mee kan leven, maar er moet wel rekening worden gehouden met de gevolgen.

9. Om met de gevolgen om te gaan zal de mens op Mars moeten sporten om spieratrofie tegen te gaan. Ook kan de mens calcium en vitamine D slikken om botopbouw te stimuleren. Onderzoekers vermoeden dat op een trillende plaat staan ook kan helpen tegen het broos worden van botten. Als laatste kunnen brillen meegenomen worden voor het geval het zicht inderdaad verminderd.

Antwoordmodel Marspopulatie:

1. In een te kleine populatie kan de genetische diversiteit verminderen door beperkte paarmogelijkheden. Er kan namelijk inteelt (paring tussen naaste verwanten) of genetische drift (willekeurige veranderingen in genfrequenties) optreden. Beide kunnen vervolgens resulteren in een verhoogde kans op overdracht van schadelijke eigenschappen op volgende generaties, wat uiteindelijk de levensvatbaarheid van de populatie beïnvloed.
2. De volgende factoren zijn van invloed op de overleving van een populatie: de grootte en variabiliteit van de populatie (hieronder valt de geslachtsverhouding), het aantal geboorten ten opzichte van het aantal sterfgevallen (hieronder valt de vruchtbaarheid, mortaliteit en de leeftijdsopbouw) en de populatiedichtheid. Ook milieufactoren, zoals het voedselaanbod, water, temperatuur en geografische ligging, hebben invloed op de overleving van een populatie. Als we kijken naar overleven op Mars, wordt de mens in alle bovengenoemde factoren beperkt. Daar komt nog bij dat de aanwezigheid van zuurstof een rol gaat spelen.
3. Volgens de 50/500 regel moeten er minimaal 50 individuen in de populatie zitten om inteelt tegen te gaan en 500 individuen om genetische drift tegen te gaan. Astrophysicist Marin denkt op basis van verschillende simulaties dat er 98 individuen nodig zijn om een duurzame populatie te creëren. Op basis van deze gegevens kunnen de leerlingen een eigen schatting doen van waarschijnlijk boven de 100 individuen. Dit klinkt als een groot aantal om naar Mars te vervoeren, maar Elon Musk heeft bijvoorbeeld al het plan om een ruimteschip voor 100 mensen te bouwen. Mocht dit lukken, dan is het dus mogelijk om een duurzame populatie naar Mars te sturen. Om deze populatie ook te handhaven, moeten er voor die tijd al materiaal en voorraden naar Mars gestuurd zijn om huisvesting en een leefbaar klimaat te bouwen.
4. De leerlingen mogen hier zelf filosoferen. Waarschijnlijk is het goed om de populatie mensen die naar Mars emigreren te selecteren. Ze moeten een gemiddelde leeftijd hebben, zodat ze nog kunnen voortplanten, volwassen genoeg zijn om te functioneren in de gemeenschap en waarschijnlijk niet snel overlijden. Om deze laatste reden moeten de individuen ook gezond zijn. Het lijkt goed om ongeveer evenveel mannen als vrouwen te selecteren om de genetische diversiteit na voortplanting te bevorderen. De gemeenschap moet goed functioneren om te overleven op Mars, dus het kan goed dat leerlingen ook keuzes maken op gebied van karakter en beroep.
5. Ook hier mogen de leerlingen zelf filosoferen. Wat betreft de vraag of er een leider binnen de gemeenschap is, is het goed om na te denken of er bepaalde regels zijn die gehandhaafd moeten worden en hoe er gehandeld wordt als iemand deze regels niet volgt. Daarnaast kunnen de leerlingen zich afvragen of het dagelijks leven er daar hetzelfde uit zal zien als hier. Gaan kinderen/jongeren naar school om vervolgens een vak te kiezen waarin ze gaan werken? Werken mensen daar ook van 9:00 tot 17:00? Wat wordt er gedaan in de vrije tijd (als die er is)?
6. Isolatie kan ervoor zorgen dat irritaties uitvergroot worden. Bij het HI-SEAS project is bijvoorbeeld te zien dat een geïsoleerde groep over de tijd altijd in conflict raakt. Dit kan zelfs escaleren tot agressie en het inzetten van geweld. Daarnaast kan isolatie ervoor zorgen dat mensen zich eenzaam voelen en depressief worden.

7. Om irritaties tussen mensen te voorkomen, kan je mensen selecteren op hun persoonlijkheid. Een belangrijk punt hierbij is hun stijl van leiderschap. Als dit overeenkomt, wordt een (meer) soepel verloop verwacht. Verder bevat de medische kit op het internationale ruimtestation ISS bijvoorbeeld anti-angst medicijnen en antidepressiva, evenals kalmerende middelen en fysieke dwangmiddelen. Deze zullen ook meegenomen moeten worden naar Mars. Als laatste is het belangrijk om mensen voor te lichten over de eventuele gevolgen van isolatie en hier open met anderen over te praten.
8. De leerlingen mogen voor hun zelf bepalen of zij denken dat de mens dit aankan.