

7.1.3 Wild card scenario ruimteweer ⁴¹

Dit wild card scenario gaat in op diverse ruimteweerfenomenen en benoemt een aantal mogelijke effecten. Dit scenario wordt meegenomen als wild card, met name omdat er veel onzekerheid bestaat over de effecten van dit soort fenomenen. Experts verwachten wel dat we in de toekomst te maken gaan hebben met diverse ruimteweerfenomenen, maar de schaal en met name de impact op de maatschappij en in specifieke zin op vitale processen is onzeker.

Achtergrond ruimteweer

Ruimteweer is de fysische en fenomenologische toestand van de natuurlijke omgevingen in de ruimte. De hiermee verbonden discipline heeft als doel om – door middel van observaties, analyse en modellering – de toestand van de zon, de interplanetaire en planetaire omgeving, en de verstoringen die hierop invloed hebben, beter te begrijpen en te voorspellen. Daarnaast is het doel ook om de mogelijke impact op biologische en technologische systemen te onderzoeken en te voorspellen. ⁴²

Ruimteweer wordt voornamelijk veroorzaakt door de variabiliteit van het magneetveld van de zon. De buitenste lagen van de zon worden gedomineerd door dit dynamische magneetveld, dat veranderingen in de elektromagnetische straling (met name röntgen-, extreem ultraviolet-, en radiostraling) en de stroom geladen deeltjes in het zonnestelsel (de zonnwind) veroorzaakt. Soms zijn dat explosieve veranderingen, tijdens zogenaamde zonnevlammen, waarbij altijd een intensivering van röntgenstraling optreedt. Soms gaat een zonnevlam ook gepaard met intense radiostraling (solar radio burst) of een stroom van elektronen en protonen met zeer hoge snelheid (deeltjesstorm/solar energetic particle event).

De energie die vrijkomt bij een zonnevlam is typisch 10^{22-26} Joule (een miljoen keer meer dan de jaarlijkse energieconsumptie in Nederland van 10^{18-19} Joule). Gedurende zonnevlammen kan ook een deel van het materiaal in de zonneatmosfeer wegschieten van de zon: een zogenaamde coronal mass ejection (CME). Hierbij gaat het om een veel lagere snelheid dan bij een deeltjesstorm, maar een CME heeft nog altijd een snelheid van honderden tot enkele duizenden km/s, en een massa van 10^{12} tot 10^{14} kg. Dat is ongeveer de massa van een berg op aarde, maar zich verspreidend over een groot deel van het zonnestelsel. Dit zijn grootschalige verstoringen in de ruimte en als die de aarde raken, kan dit een grote impact hebben. De magnetosfeer, de ionosfeer en het bovenste deel van de atmosfeer zijn binnen het ruimteweer de belangrijkste lagen rond de aarde, die enerzijds het leven beschermen tegen effecten uit de ruimte, maar die tevens sterk beïnvloed worden door het ruimteweer, en een steeds belangrijke rol spelen voor het functioneren van technische systemen. ⁴³

Mogelijke effecten van ruimteweer

Effecten van ruimteweer fenomenen manifesteren zich op verschillende manieren: ⁴⁴

1. Satellieten bewegen zich buiten de bescherming van de atmosfeer van de aarde en kunnen door snelle deeltjes (tijdelijk) uitvallen. Dit heeft een directe impact op een vitaal proces (Plaats- en tijdsbepaling middels GNSS).
2. De ionosfeer van de aarde wordt gevormd door extreem ultraviolet en röntgenlicht van de zon, en door snelle deeltjes vanuit de magnetosfeer. Hierdoor kan de ionosfeer ernstig worden verstoord als gevolg van ruimteweer. Bij verstoringen in de ionosfeer kunnen satellietdiensten zoals GPS en Galileo onnauwkeuriger worden of wegvallen. Deze effecten betreffen niet alleen navigatiediensten (plaats en tijd), maar ook verschillende vormen van telecommunicatie. Vergelijkbare effecten kunnen optreden door variaties in de zonnwind, maar ook weersinvloeden van lager in de atmosfeer hebben hun invloed in de ionosfeer. Ionosfeerverstoringen zullen mogelijk leiden tot verstoringen in vitale processen.

⁴¹ Het wild card scenario ruimteweer is tot stand gekomen in zeer nauwe samenwerking met het KNMI.

⁴² Jean Liliensten, Anna Belehaki, Mauro Messerotti, Rami Vainio, Jurgen Watermann, Stefaan Poedts (eds), COST 724 final report. Developing the scientific basis for monitoring, modeling and predicting Space Weather (Brussels: COST, 2008), https://www.researchgate.net/publication/278777800_COST_724_final_report_Developing_the_scientific_basis_for_monitoring_modeling_and_predicting_Space_Weather.

⁴³ Voorbeelden die zijn gebruikt ter inspiratie: 1) Carrington event (1859): heftigste geomagnetische storm ooit waargenomen, ongecontroleerde stromen door telegraafnetwerken; 2) New York Railroad Storm (1921): ongecontroleerde stromen door telegraafnetwerken, meerdere branden ontstaan; 3) Radio- en radarverstoringen tijdens de Koude Oorlog (mei 1967): radio uitval en geomagnetische stormen zorgen voor grote problemen in defensiesystemen; 4) Quebec (1989): zes miljoen mensen negen uur lang zonder stroom; 5) Halloween zonnestorm (2003): elektriciteitsstoring in Zweden, geen communicatie boven polen, satellieten aangetast; 6) 2012: protonenstorm zorgt voor communicatieverlies en verhoogde stralingsdoses voor vluchten boven de polen; 7) 2015: een solar radio burst legt vliegvelden in Europa plat; en 8) 2017: het Europees EGNOS systeem (belangrijk voor vliegtuignavigatie) is tijdelijk onbruikbaar.

⁴⁴ Ruimteweer effecten zullen nooit (slechts) nationaal zijn en er zijn mogelijk ketenafhankelijkheden met effecten in omliggende landen.

3. Tenslotte is er de impact van een CME. Deze verstoort het magnetisch veld van de aarde zodanig dat er sterke stromen en elektrische spanningen worden opgewekt in de ionosfeer en in het aardoppervlak. Indien daar elektrisch geleidende infrastructuur aanwezig is, zoals elektriciteitsnetwerken of een spoorwegnetwerk, dan kan daar verstoring of schade ontstaan, met in uitzonderlijke gevallen bijvoorbeeld de uitval van transformatoren als gevolg.

Daarnaast zijn er kleinere en/of kortdurende effecten. Intense radiostraling (solar radio bursts) verblinden radar- en antennesystemen zodat telecommunicatie verstoord wordt en objecten niet meer zichtbaar zijn op radarsystemen. Dit is vooral een risico voor Air Traffic Managementsystemen van de luchtvaart en voor militaire toepassingen.

Figuur 1 Oorzaken en effecten ruimteweer

Oorzaak op de Zon					Beïnvloedt	Veroorzaakt uitval/Verstoring van	Optreden keten effecten
Zonnevlam röntgen	Zonnevlam radio	Deeltjesstorm	CME	Zonnewind coronal hole			
		++	+	+	Satelliet direct Vliegtuig direct	Satellietdiensten Risico pasagiers	+
+++		+	+++	++	Magnetosfeer/ ionosfeer	Satellietdiensten: - navigatie - satcom Telecommunicatie algemeen	+++
			++++		Elektrische spanningen in aardkorst	Netwerken: - elektriciteit - spoorweg	+++
	+++				Antenne/radar system direct.	Navigatiediensten Air traffic Telecommunicatie	+
Direct	Direct	Direct	20-72 uur	2-4 dagen	Reactietijd		
Minuten-uren	Tiental minuten	Uren-dagen	Dagen	Dagen	Tijdspan oorzaak		

Vanuit satellieten kan direct worden gesignaleerd dat een zonnevlam of deeltjesstorm optreedt. Voor variaties in de zonnewind en bij het optreden van een CME is er voldoende tijd (uren tot dagen) om maatregelen te nemen, al bestaan er bij het maken van verwachtingen nog erg grote onzekerheden wat betreft de timing en sterkte van de impact.

Ruimteweer leidt als natuurlijke oorzaak tot meerdere vormen van verstoring en uitval van verschillende systemen op aarde, waaronder systemen die onderdeel zijn van vitale processen. In bovenstaande Figuur 1 wordt per oorzaak op de zon in de kolom met het kopje “Beïnvloedt” aangegeven

hoe sterk die aangrijpt op een systeem (satelliet, vliegtuig, antenne of radar) of deel van de aarde (magnetosfeer, ionosfeer, aardkorst). In de kolom “Veroorzaakt uitval/verstoring van” wordt de (vitale) sector of het systeem vermeld die (vaak) door meerdere vitale processen wordt gebruikt. De rechterkolom geeft de waarschijnlijkheid van optreden van keteneffecten aan. Onderaan wordt de beschikbare reactietijd aangegeven per oorzaak en de typische duur van het verschijnsel (niet de duur van de impact). De tabel geeft aan dat verstoringen in de magnetosfeer of ionosfeer verschillende oorzaken kunnen hebben, maar wel leiden tot hetzelfde type uitval of verstoring. Belangrijkste gevolgen zijn uitval van

satellietdiensten en het elektriciteitsnetwerk, verlies van tijdcode uit het navigatiesignaal ⁴⁵ en het wegvallen van telecommunicatie. Alle andere effecten zijn eerder lokaal (een verstoord radarsysteem, spoorweg vertragingen, e.d.). Rode plusjes benadrukken dat het om mondiale verschijnselen gaat met corresponderende mondiale consequenties.

Het KNMI is verantwoordelijk voor het uitgeven van waarschuwingen voor gevaarlijk ruimteweer. Het KNMI werkt samen met internationale partners, zoals Met Office (VK), en staat ook in nauw contact met deze organisaties in geval van dreigend ruimteweer. De ruimteweer berichten (notificaties) worden afgenomen door het Departementaal Coördinatiecentrum Crisisbeheersing (DCC) van het Ministerie van I&W. Het DCC is verantwoordelijk voor de

verdere verspreiding van de waarschuwingen binnen hun netwerk (vitale sectoren en andere departementen). De vitale sectoren zijn zelf verantwoordelijk voor het mitigeren van de mogelijke impact.

Voor de effecten gebruikt het KNMI in haar berichten aanduidingen op internationaal gebruikte ruimteweerschalen van 1-5:

- Zonnevlammen (Röntgen) R1 t/m R5
- Deeltjesstormen S1 t/m S5
- Geomagnetische stormen G1 t/m G5 (verstoringen door zonnewind en CME)

Bouwstenen

In onderstaande Tabel 18 staan de bouwblokken voor het ruimteweer wild card scenario.

Tabel 18 Bouwstenen wild card scenario ruimteweer

Oorzaak	Type verstoring	Verstoorde vitale processen	Vitale processen verstoord door cascade effecten	Schaal brongebied	Schaal effect gebied	Duur
Natuurlijke verstoring	Common-cause	Landelijk transport, distributie en productie elektriciteit	Landelijk transport, distributie en productie elektriciteit	Internationaal	Internationaal	1 tot 4 weken
		Plaats- en tijdsbepaling middels GNSS	Regionale distributie elektriciteit			
		Vlucht- en vliegtuig afhandeling	Gasproductie, landelijk transport en distributie gas			
			Regionale distributie gas			
			Internettoegang en dataverkeer			
			Spraakdiensten en SMS (mobiel en vast)			
			Toonbankbetalingsverkeer			
			Massaal giraal betalingsverkeer			
			Hoogwaardig betalingsverkeer tussen banken			
			Effectenverkeer C2000			
	Inzet politie					

⁴⁵ Cap Gemini Consulting, Inventarisatie Kwetsbaarheden Uitval Satellieten. Synthese Rapport (Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016), https://www.eerstekamer.nl/overig/20121113/bijlage_9_synthese_rapport/document3/f=/vkh7ivszou2.pdf.

Verhaallijn⁴⁶

Eerste activiteiten rondom de zon

Op een dag begint een groot actief gebied met zonnevlekken zichtbaar te worden rondom de zon die de komende dagen in toenemende mate in ons gezichtsveld komen te liggen. Enkele gemiddelde (C-klasse, onder R1 niveau) zonnevlammen en een CME worden geobserveerd. Het actieve gebied blijft groeien en krijgt na twee dagen de bèta-gamma-delta classificatie. In 24 uur zijn er vier M-klasse (R1 of R2) zonnevlammen geweest. Op een gegeven moment wordt er een X1.1 (R3) zonnevlam gedetecteerd. Direct is er aan de zonzijde van de aarde een tijdelijke (ongeveer 30 minuten) black-out van HF radiocommunicatie. Ook satellietcommunicatie is soms enigszins verinderd. Het KNMI volgt de procedures en geeft nog geen waarschuwing af naar DCC.

De eerste effecten

In de derde tot vijfde dagen blijft het actieve gebied groeien en zijn er meerdere zonnevlammen. Door een solar radio burst (radiostraling) in het frequentiegebied worden radars op vliegvelden verstoord. Hierdoor kan de luchtverkeersleiding gedurende tientallen minuten echte vliegtuigen niet meer onderscheiden van 'valse echo's' en is op een groot aantal vliegvelden in West-Europa het vliegverkeer volledig ontregeld. Vluchten moeten uitwijken en er ontstaan grote vertragingen die pas in de nacht worden opgelost.

Een sterke zonnevlam en radio burst

Op dag zes worden om 11:00 uur een zeer sterke X20 (R5) zonnevlam en sterke *radio burst* gedetecteerd. Om 11:13 uur meten meerdere neutronenmonitor grondstations een *ground level enhancement* en om 11:15 uur wordt er door satellieten nabij de aarde een grote hoeveelheid protonen gemeten: er is sprake van een S4 protonenstorm. Het KNMI geeft waarschuwingen af voor de zonnevlam en de protonenstorm aan het DCC van Ministerie I&W.

Beide fenomenen hebben direct hun weerslag. Voor een periode van enkele uren ligt alle HF communicatie stil aan de zonzijde van de aarde. Afgelegen (marine)schepen en vliegtuigen hebben geen contact met de buitenwereld. Ook is satellietcommunicatie niet mogelijk door de ionosferische verstoringen. GNSS kan enkele uren niet worden gebruikt. De protonenstorm zorgt voor een verhoogde stralingsdosis van passagiers en bemanning in vliegtuigen, vooral rond de polen en bij grote hoogte. De protonenstorm zorgt voor onverwachte/incorrecte computerresultaten (single events) in satellieten en vliegtuigen. Diverse (internationale) media berichten over de verschillende effecten en onzekerheden en er heerst paniek onder de bevolking, wat gaat er komen?

Voorspelling van aankomende CME

Om 16:00 uur wordt er via coronograafbeelden van satellieten duidelijk dat er ook een CME ontstaat en ruimteweersvoorspellers simuleren de CME. Het KNMI houdt simulaties van internationale collega's over deze CME in de gaten. Op Twitter wordt gesproken over een *electronic armageddon*. Dit leidt tot nog grotere onrust en onzekerheid over wat er nog meer gaat komen.

Om 19:00 uur zijn de simulatieresultaten van het Britse Met Office binnen. Het gaat om een zeer snelle CME gericht op de aarde. Een extreme geomagnetische storm wordt verwacht, al is er nog veel onzekerheid over de precieze karakteristieken van de CME. Het KNMI geeft een waarschuwing uit naar DCC. Op dag zeven om 03:50 uur wordt er een schok gemeten door een satelliet. Omdat de CME zo snel is, komt hij 15 minuten later om 04:05 uur aan op aarde. Om 06:00 uur wordt er een G5 (hoogste categorie) alarm afgegeven door het KNMI.

De CME impact

Geomagnetically induced currents zorgen voor problemen in transformatoren in het elektriciteitsnetwerk. De netbeheerder was gelukkig op tijd gewaarschuwd en slaagt erin de situatie onder controle te houden. Door de slechtere geleidbaarheid van de bodem, een andere topologie van het elektriciteitsnetwerk en door de ligging van Nederland (effect sterker op hogere breedtegraden) is de impact groter in andere Europese landen. Omdat Nederland is aangesloten op het Europese net, moet er actief gecorrigeerd worden om schommelingen in de netspanning tegen te gaan. De verbinding met een groot noordelijk gelegen windmolenpark gaat stuk, Duitse gascentrales schalen op om het tekort op te vangen. Ook een gastransportbedrijf meet elektrische stromen die door hun pijpleidingen lopen, dit levert vooralsnog geen problemen op. Een aantal zendmasten valt tijdelijk uit, maar Internet en telefoonverkeer kan worden omgeleid. Whatsapp en Facebook zijn onbereikbaar vanwege een storing bij een belangrijk Europees datacenter. Het is onduidelijk of dit te maken heeft met de geomagnetische storm, een overbelasting door het berichtenverkeer of iets anders.

HF radiocommunicatie en satellietnavigatie zijn niet of zeer beperkt mogelijk gedurende meerdere dagen. De Nederlandse luchtverkeersleiding is onlangs (zomer 2021) overgestapt op satellietnavigatie. De voorheen gebruikte fysieke grondbakens worden gereviseerd en zijn niet bruikbaar. Gedurende enkele uren is landen op Schiphol niet mogelijk omdat satellietnavigatie niet beschikbaar is, vluchten moeten uitwijken of aan de grond blijven. Alle poolvluchten worden geannuleerd omdat geen HF communicatie mogelijk is.

⁴⁶ Gebaseerd op ESA technical note SSA-SWE-NCPA-I, aangepast voor de Nederlandse situatie.

Nederlandse militaire operaties hebben moeite om orders uit Nederland te ontvangen. Omdat veel financiële transacties afhankelijk zijn van de precieze tijdstempels uitgegeven door GNSS-systemen, besluit een aantal internationaal opererende banken en instituten alle handel stil te leggen totdat de storm voorbij is. Er heerst paniek en er komt een run op de supermarkten en benzinstations, pinbetalingen zijn niet mogelijk. Bij de poging om nog een laatste fles water of liter brandstof te bemachtigen ontstaan enkele schermutselingen.

Een groot aantal satellieten raakt beschadigd of functioneert tijdelijk niet naar behoren. Een aantal hiervan is permanent beschadigd. Sommige tv-kanalen kunnen alleen nog via internet worden bekeken vanuit Nederland. Vanwege de grote vraag raken sommige van deze websites overbelast.

Het einde is in zicht

Op dag acht begint het actieve gebied op de zon te krimpen, maar behoudt dezelfde classificatie. Meerdere C-klasse zonnevlammen blijven ontstaan, maar er worden geen nieuwe CMEs waargenomen. Ook de protonenstorm lijkt af te nemen, al blijven de niveaus boven de drempelwaarden, en de geomagnetische storm neemt af. Ruimteweersvoorspellers waarschuwen voor aanhoudende geomagnetische instabiliteit, maar geven aan dat de situatie verbetert.

Operatoren van satellieten slagen er in veel gevallen in om met correctieve acties hun systemen weer werkend te krijgen. Op hogere breedtegraden blijft HF communicatie moeilijk. Op dag 9 daalt de flux van protonen weer onder de drempelwaarde en de protonenstorm is voorbij. Ook de geomagnetische storm is over nu de magnetometer grondstations weer rustige condities meten. In de dagen hierna draait het actieve gebied op de zon verder ten opzichte van de centrale meridiaan. Het gebied blijft magnetisch verbonden met de aarde en eventuele *solar energetic particles* kunnen nog steeds op aarde aankomen. De kans op een tweede CME die op de aarde is gericht is vrijwel verdwenen. Op de rand van de zon doemen nieuwe actieve gebieden op, maar die zijn dit keer gelukkig minder groot. De impact van uitval zal in veel gevallen nog wat langer aanhouden nu het ruimteweer voorbij is, maar langzaam zal het leven weer verder gaan.

Inschatting van de impact en waarschijnlijkheid

Een dergelijk ruimteweerfenomeen komt eens in de 150 jaar voor. Er is echter grote onzekerheid over hoe vaak een heftige gebeurtenis (à la het Carrington event) voorkomt. Het kan zijn dat een gebeurtenis met lichtere vormen van de ruimteweerfenomenen dan die in de wild card zijn toegelicht wat vaker kan voorkomen. In de komende 5 jaar zitten we in een zonnemaximum, dus de kans is wellicht

wat hoger (hoewel het de laatste 20 jaar wel een stuk rustiger is).

Er is een potentieel direct effect op enkele vitale processen, zoals elektriciteit en plaats- en tijdsbepaling. Afhankelijk van de mate en de duur van verstoringen in de elektriciteitsvoorziening, kunnen diverse keteneffecten optreden (zie ook paragraaf 5.1.2). Ook de verstoringen in plaats- en tijdsbepaling middels GNSS zorgen voor keteneffecten op andere vitale processen (zoals in de financiële sector, de vlucht- en vliegtuigafhandeling en de openbare orde en veiligheid (onder meer C2000 zal hinder ondervinden)).

De ruimteweer fenomenen kunnen er ook voor zorgen dat het radiospectrum tijdelijk verstoord raakt. Hierdoor kunnen zendmasten en radarsystemen uitvallen en kan het ruisniveau in specifieke frequentiebanden omhoog gaan. Deze effecten kunnen leiden tot verstoring van Internettoegang en datadiensten, spraakdienst en SMS. De verwachting is dat niet alle zendmasten in één keer uitvallen, waardoor dataverkeer kan worden omgeleid. Internettoegang en dataverkeer zullen dus gedeeltelijk worden verstoord, maar niet geheel uitvallen. Hetzelfde geldt voor de scheepvaartafwikkeling, dat beperkte hinder zal ondervinden door het uitvallen van radarsystemen. Het ruimteweer en de uitval of verstoring van vitale processen zal ook andere impact op de nationale veiligheid teweeg brengen. Dit is deels wederom afhankelijk van de mate waarin voorzieningen als elektriciteit en betalingsverkeer uitvallen.

De fysieke veiligheid kan zeer beperkt worden aangetast, omdat er een hele kleine kans is dat mensen kanker krijgen door de protonenstorm waar mensen in vliegtuigen aan worden blootgesteld (de protonen dringen niet door tot het aardoppervlak). In een dergelijke situatie wordt het waarschuwingssysteem voor de civiele luchtvaart geactiveerd, met de boodschap om lager of via een andere route te vliegen. Door de uitval van satellietnavigatie is de luchtverkeersleiding ontregeld, waardoor ongelukken op vliegvelden plausibel kunnen zijn.

Het is te verwachten dat er maatschappelijke angst en onrust zal ontstaan. Mensen gaan mogelijk hamsteren in supermarkten of zelfs plunderen, aangezien men geen boodschappen kan doen als het betalingsverkeer verstoord is. De politie is bovendien mogelijk minder snel ter plaatse bij plunderingen door verstoringen van C2000. Er is echter een waarschuwingssysteem, dus mensen weten wat er gaat komen en kunnen zich enigszins voorbereiden. Door de onbekendheid met het fenomeen ruimteweer zal anderzijds des- en misinformatie kunnen toenemen wat kan leiden tot polarisatie.

Afhankelijk van de duur en mate van verstoring van vitale processen (zoals elektriciteit), zullen er waarschijnlijk voornamelijk herstelkosten zijn vanwege schade aan infrastructuur en het stil komen te liggen van processen. Het zou kunnen dat transformatorstations doorbranden, die beperkt voorradig zijn en dus voor langere tijd uitvallen (met mogelijk keteneffecten), maar dit is zeer onzeker.

Tot slot, ruimteweer kent een mondiale impact, bij reeds instabiele landen in de ring van Europa is er de mogelijkheid dat herstel van uitval of schade zeer traag verloopt.

Relevante ontwikkelingen

Bewustzijn en kennis van kwetsbaarheden als gevolg van ruimteweer zijn van belang op de korte en lange termijn. We begeven ons de komende jaren in een actieve zonnecyclus waarbij gevolgen die hierboven beschreven zijn realistisch zijn. Zeker gezien onder meer de komst van intelligent transport systems (zelfrijdende auto's, schepen met minimale bezetting, etc.), het toenemende belang van de ruimte (zowel civiel als militair), de ontwikkelingen in de telecommunicatie (5G, 6G op termijn, *virtual reality*, *videoconferencing*) en grootschalige aanpassingen van elektriciteitsnetwerken vanwege de klimaatdoelstellingen, is het cruciaal om dergelijke kwetsbaarheden in act te nemen. Ook voor thema's als *space traffic management* van lage satellieten en *space debris* speelt ruimteweer een belangrijke rol.

7.2 Beschouwing

Deze dreigingscategorie gaat in op het fenomeen dat er vanuit een natuurlijke oorzaak, zoals een overstroming, natuurbrand of extreem weer, verstoring van één of meerdere vitale processen ontstaat (common cause). Als gevolg hiervan kunnen ook andere vitale processen verstoord raken (keteneffecten). Het overstromingsscenario en natuurbrandsscenario laten zien dat veel verschillende vitale processen direct verstoord kunnen raken, al zal de daadwerkelijke impact altijd afhankelijk zijn van de locatie van vitale objecten (al dan niet aanwezig binnen het effectgebied van het incident). Met name de verstoring van elektriciteit en telecommunicatie veroorzaken ook keteneffecten, zo kunnen bijvoorbeeld door verstoring van de elektriciteitsvoorziening ook problemen optreden met de drinkwatervoorziening. Verstoringen in de telecommunicatie kunnen de werkzaamheden van hulpdiensten bij dit type rampen bemoeilijken. De verstoring van dit type vitale infrastructuur leidt tot ernstige impact omdat er vaak een gebrek ontstaat aan primaire levensbehoeften en een ernstige verstoring van het dagelijks leven.

Ook het fenomeen ruimteweer kan een natuurlijke verstoring van vitale processen teweeg brengen, al is de impact lastig in te schatten. Deels is de impact afhankelijk van de mate waarin een vitaal proces als elektriciteit verstoord raakt, maar deels is de impact lastig in te schatten doordat een dergelijk grootschalig fenomeen zoals in de wild card is beschreven, in de moderne tijd nog niet is voorgekomen. Er zijn meerdere studies gedaan naar de mogelijke gevolgen van satellietuitval, maar de daadwerkelijke impact op het functioneren van vitale processen (en de Nederlandse maatschappij in het algemeen), blijft veelal onzeker.

Voor alle scenario's geldt dat met name ernst en duur van de verstoring van de elektriciteitsvoorziening bepalend zijn voor de impact, waarbij ook de specifieke locatie een belangrijke rol speelt. Afhankelijk van de plek en welke vitale objecten geraakt worden (bijvoorbeeld hoogspanning of niet), kan sprake zijn van een relatief kleine verstoring of juist van grootschalige uitval.

