Verkennende studie SMR

H.J. Compter

April 2026

Managementsamenvatting 3
Hoofdstuk 1. Inleiding 8
Hoofdstuk 2. Wat zijn SMR's? 10
Hoofdstuk 3. Veronderstelde voordelen van SMR's en onderliggende aannames 13
Hoofdstuk 4. Huidige stand van ontwikkeling en internationale praktijk 17
Hoofdstuk 5. Beslissende parameters voor toekomstige relevantie van SMR's 20
Hoofdstuk 6. Bestuurlijke positionering en rol van gemeenten 29
Hoofdstuk 7. Voorwaarden voor zinvolle lokale maatschappelijke consultatie 32
Hoofdstuk 8. Conclusies en bestuurlijke reflectie 37

Managementsamenvatting

Small Modular Reactors (SMR's) krijgen nationaal en internationaal toenemende aandacht als mogelijke toekomstige aanvulling op het energiesysteem. Zij worden gepresenteerd als kleinere, modulair te bouwen kernreactoren die potentieel voordelen zouden bieden ten opzichte van conventionele grote kerncentrales, waaronder lagere investeringsdrempels, kortere bouwtijden, grotere flexibiliteit en bredere toepassingsmogelijkheden voor elektriciteit, warmte en industriële processen.

Deze notitie verkent de potentiële betekenis van SMR's in de Nederlandse context en beoordeelt in hoeverre de technologie reeds voldoende concreet en bestuurlijk relevant is om onderwerp te zijn van betekenisvolle lokale beleidsvorming en maatschappelijke consultatie.

De analyse laat zien dat SMR's momenteel nog in een vroege fase van technische, commerciële en regulatoire ontwikkeling verkeren. Hoewel verschillende reactorconcepten internationaal in ontwikkeling zijn, is de commerciële praktijkervaring nog beperkt en zijn veel ontwerpclaims nog slechts beperkt empirisch gevalideerd. Belangrijke onzekerheden bestaan onder meer ten aanzien van kostprijsontwikkeling, bouwtijd, vergunning regimes, veiligheidsvereisten, systeemintegratie en marktpositie.

Daarnaast blijkt dat veel aan SMR's toegeschreven voordelen conditioneel zijn en afhankelijk van nog onbewezen aannames. De economische rationale van SMR's berust in belangrijke mate op de hypothese dat hogere specifieke investeringskosten per MW kunnen worden gecompenseerd door standaardisatie, seriebouw en leereffecten. Of deze hypothese in de praktijk houdbaar blijkt, is vooralsnog onzeker.

Ook de veronderstelde multifunctionaliteit van SMR's vraagt nadere nuancering. Veel geclaimde toepassingsvoordelen — zoals gelijktijdige inzet voor baseloadproductie, load following, warmtelevering, waterstofproductie en netondersteuning — blijken in de praktijk deels onderling conflicterend en vergen expliciete ontwerp- en exploitatiekeuzes.

Voor gemeenten geldt dat hun formele invloed op eventuele toekomstige toepassing van SMR's beperkt is. Besluitvorming over nucleaire installaties is in hoofdzaak nationaal georganiseerd en raakt beleidsvelden die grotendeels buiten de reguliere gemeentelijke bevoegdheid vallen. Gemeentelijke betrokkenheid is daarmee vooral relevant in een voorbereidende en signalerende rol, gericht op kennisopbouw, beleidsoriëntatie en articulatie van lokale waarden en randvoorwaarden.

Op basis van de huidige stand van techniek, beleidsvorming en bevoegdheidsverdeling concludeert deze notitie dat het organiseren van klassieke voorkeursenquêtes of richtinggevende burgerraadplegingen over SMR's op dit moment slechts beperkt zinvol is. Daarvoor ontbreken nog belangrijke voorwaarden, waaronder voldoende concretisering van de technologie, helderheid over bestuurlijke beïnvloedingsruimte en een concreet lokaal besluitvormingsmoment.

Voor de huidige fase lijkt daarom een benadering passend die primair gericht is op kennisopbouw, waardenverkenning en voorbereiding op mogelijke toekomstige besluitvorming, zonder de suggestie te wekken dat reeds sprake is van een concrete lokale keuze over toepassing of locatie.

De centrale conclusie luidt dat SMR's op dit moment vooral een potentiële toekomstige optie vormen binnen het energiesysteem, maar nog geen voldoende uitgekristalliseerde beleidsoptie zijn voor richtinggevende lokale maatschappelijke consultatie. Een hernieuwde beoordeling van hun bestuurlijke relevantie ligt pas voor de hand wanneer de technologie verder is uitgekristalliseerd, concrete beleids- of locatievragen ontstaan en de bestuurlijke beïnvloedingsruimte duidelijker is geworden.

Aanvullende bestuurlijke reflectie — besluitrijpheid en analysematuriteit

Een aanvullende observatie in hoofdstuk 5 betreft de relatie tussen maatschappelijke consultatie en de mate waarin de onderliggende systeemanalyse reeds voldoende ontwikkeld is.

Naarmate energiesystemen complexer worden, neemt ook de complexiteit van de benodigde besluitvorming toe. Een richtinggevende maatschappelijke consultatie veronderstelt impliciet dat voldoende inzicht bestaat in:

- technische haalbaarheid;
- economische robuustheid;
- systeemintegratie;
- lange termijn effecten;
- alternatieven;
- en bestuurlijke uitvoerbaarheid.

Juist bij SMR's blijkt echter dat veel van deze analyses zich nog in een vroege of gedeeltelijk uitgewerkte fase bevinden.

Onderstaande tabel illustreert de opeenvolgende analysemethoden die nodig kunnen zijn om de werkelijke economische betekenis voor het systeem van nieuwe productiemiddelen te beoordelen.

Methode	Fase	Sterk punt	Belangrijk nadeel
1. Technische veiligheid en betrouwbaarheid	eerste selectie	sluit ongeschikte technieken uit	zegt weinig over economie
2. Economie bij vollast	vroege economische verkenning	eenvoudige kostenvergelijking	veronderstelt vaak te veel bedrijfsuren
3. Kosten bij bedrijfsuren	gevoeligheidsanalyse	toont invloed van benutting	bedrijfsuren worden nog aangenomen
4. Starts, stops en deellast	operationele beoordeling	toont flexibiliteitskosten	vraagt installatie specifieke data
5. Jaarduurkromme	systeemverkenning	toont basis-, midden- en pieklast	verliest tijdsvolgorde
6. Uur chronologisch	systeemverkenning	kan start/stop/deellast modelleren	uitval beperkt gemodelleerd
7. Uur chronologisch / Monte Carlo	systeemstudie	benadert werkelijke inzet	complex en aannamegevoelig

Methode	Fase	Sterk punt	Belangrijk nadeel
8. Fysieke werkelijkheid	bestuurlijke toets	toont uitvoerbaarheid	moeilijk volledig in €/MWh
9. Tijdsdynamiek	strategische keuze	toont lange termijn risico	grote onzekerheid

De tabel laat zien dat eenvoudige kostenvergelijkingen slechts een beperkt deel van de werkelijke systeemanalyse vertegenwoordigen.

Vooral bij kapitaalintensieve technieken met lange economische levensduren — zoals SMR's — blijken juist de latere analysefases beslissend:

- systeemintegratie;
- flexibiliteit;
- benuttingsgraad;
- exportafhankelijkheid;
- opslagontwikkeling;
- en lange termijn onzekerheid.

Daarmee ontstaat een bestuurlijke paradox.

Juist op het moment dat maatschappelijke voorkeuren vroegtijdig worden gevraagd, ontbreken vaak nog de analyses die nodig zijn om de werkelijke systeempositie van de technologie voldoende robuust te beoordelen.

Daardoor bestaat het risico dat maatschappelijke consultatie zich noodgedwongen baseert op:

- verwachtingen;
- ontwerpclaims;
- abstracte voorkeuren;
- of politieke narratieven,

terwijl de feitelijke economische betekenis voor het systeem nog onvoldoende is uitgewerkt.

Onder dergelijke omstandigheden ligt een benadering gericht op:

- kennisopbouw;
- scenarioverkenning;
- explicitering van onzekerheden;
- en voorbereiding op latere besluitvorming

meer voor de hand dan een klassieke richtinggevende voorkeursenquête.

Overal studie

De huidige discussie over Small Modular Reactors (SMR's) vindt plaats onder omstandigheden van fundamentele onzekerheid. Niet alleen de technologie zelf bevindt zich nog grotendeels in een vroege commerciële en regulatoire ontwikkelingsfase, ook het

toekomstige energiesysteem waarin SMR's zouden moeten functioneren is nog sterk in ontwikkeling. Grote onzekerheden bestaan onder meer over de toekomstige elektriciteitsvraag, de rol van wind en zon, opslag, waterstof en ammoniak, flexibiliteits markten; net ontwikkeling; markt ordening en de mogelijke positie van grote kerncentrales.

De recente TNO-studies bevestigen dat zowel grote kerncentrales als SMR's sterk afhankelijk zijn van toekomstige systeemcondities en niet los van het totale energiesysteem kunnen worden beoordeeld. Daarbij wordt expliciet zichtbaar dat kernenergie in een systeem met grote volumes wind- en zonne-energie economisch onder druk komt te staan door lagere benuttingsgraden; prijs volatiliteit en toenemende behoefte aan flexibiliteit en reservevermogen.

Daarmee verschuift de fundamentele vraag van "kan de technologie technisch functioneren?" naar "onder welke toekomstige systeemcondities blijft een nucleaire investering gedurende meerdere decennia economisch, maatschappelijk en bestuurlijk robuust?"

Juist daar ontstaat spanning met het organiseren van een richtinggevende enquête. Een enquête veronderstelt immers dat voldoende duidelijkheid bestaat over het probleem dat moet worden opgelost; het energiesysteem waarin oplossingen moeten functioneren, de beschikbare alternatieven en de eigenschappen van de technologie zelf.

De huidige situatie voldoet daar nog slechts beperkt aan. Zowel systeem als technologie zijn nog in ontwikkeling, terwijl belangrijke eigenschappen van SMR's — waaronder kosten, bouwtijd, flexibiliteit, benuttingsgraad, onderhoud, veiligheid en economische robuustheid — nog beperkt empirisch gevalideerd zijn.

Daarmee ontstaat het risico dat een enquête geen afgewogen maatschappelijk oordeel meet, maar vooral verwachtingen, aannames, beelden, zorgen en interpretaties van een nog onvoldoende uitgewerkt vraagstuk.

Vanuit bestuurlijk perspectief lijkt het huidige moment daarom waarschijnlijk geschikter voor kennisopbouw, systeemanalyse, scenario verkenning, vergelijking van alternatieven, explicitering van onzekerheden en voorbereiding op mogelijke toekomstige keuzes, dan voor een richtinggevende maatschappelijke voorkeursenquête.

Participatie blijft daarbij waardevol, maar lijkt in deze fase vooral passend wanneer zij gericht is op warden, zorgen, rand voorwaarden, acceptatie grenzen en informatiebehoefte, en niet primair op legitimatie van concrete technologiekeuzen.

De centrale vraag is daarom niet: "zijn burgers vóór of tegen SMR's?"
maar: "is reeds voldoende bekend over technologie én toekomstig energiesysteem om nu al betekenisvolle maatschappelijke oordeelsvorming te organiseren?"

Wanneer de feitelijke regionale elektriciteits- en warmtevraag wordt vergeleken met de schaal waarop SMR's momenteel internationaal economisch worden gepositioneerd, ontstaat voor Voorne aan Zee vooralsnog geen evidente lokale systeemfunctie.

De lokale elektriciteitsvraag van circa 33.000 huishoudens komt overeen met ongeveer 10 MWe continue productie, terwijl internationaal besproken SMR-concepten veelal vermogens

kennen in de orde van grootte van circa 100 tot 300 MWe per eenheid. Tegelijkertijd beschikt de regio reeds over:

- geothermie;
- warmte infrastructuur;
- WKK-capaciteit;
- en directe toegang tot grootschalige windenergie vanaf de Noordzee.

Daardoor ontstaat onzekerheid over:

- benuttingsgraad;
- warmteafzet;
- economische robuustheid;
- en de mogelijkheid om voldoende schaalvoordelen te realiseren.

Vanuit lokaal perspectief lijkt daardoor vooralsnog geen voldoende grote en stabiele regionale systeemvraag aanwezig om een zelfstandige nucleaire toepassing economisch en systeemmatig logisch te dragen.

Het belang van Voorne aan Zee lijkt daarmee momenteel minder te liggen in:
“het ontwikkelen van een eigen nucleaire energievoorziening”,
en meer in:

- bescherming van publieke belangen;
- voorbereiding op mogelijke nationale ontwikkelingen;
- bewaking van leefomgeving en veiligheid;
- en behoud van bestuurlijke handelingsvrijheid.

Of nog compacter:

Wanneer de regionale systeemvraag kleiner is dan de schaal waarop de technologie economisch functioneert, ontstaat voor de gemeente geen vanzelfsprekende lokale systeemrol, maar vooral een bestuurlijke rol.

Hoofdstuk 1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Small Modular Reactors (SMR's) krijgen nationaal en internationaal toenemende aandacht als mogelijke nieuwe generatie nucleaire energievoorziening. Voorstanders presenteren SMR's als een potentieel flexibelere, kleinschaliger en sneller realiseerbare variant van conventionele kerncentrales, met mogelijke toepassingen voor elektriciteitsproductie, industriële warmte en ondersteuning van energiesystemen met een hoog aandeel duurzame opwek.

Ook op regionaal en lokaal niveau groeit hierdoor de belangstelling voor de vraag of SMR's op termijn een rol zouden kunnen spelen in de Nederlandse energievoorziening en in industriële clusters. In dat kader ontstaat in verschillende gemeenten en regio's de behoefte om maatschappelijke opvattingen, bestuurlijke randvoorwaarden en ruimtelijke implicaties vroegtijdig te verkennen.

Tegelijkertijd bevindt de ontwikkeling van SMR's zich nog in een relatief vroege fase. Veel ontwerpvarianten zijn nog in ontwikkeling, commerciële praktijkervaring is beperkt en belangrijke parameters zoals kosten, veiligheidsregimes, vergunningseisen, systeeminpassing en bestuurlijke verantwoordelijkheden zijn nog in beweging. Daarmee is nog onzeker welke rol SMR's in de komende decennia daadwerkelijk kunnen spelen, onder welke voorwaarden en op welke locaties.

Deze onzekerheid roept een bredere bestuurlijke vraag op. Wanneer een technologie zich nog in een vroege en onzekere ontwikkelingsfase bevindt, is niet vanzelfsprekend dat reeds sprake is van een voldoende concreet en bestuurlijk relevant onderwerp voor lokale maatschappelijke consultatie. De waarde van een burgerenquête of participatietraject hangt immers niet alleen af van maatschappelijke belangstelling, maar ook van de vraag of voldoende duidelijk is waarover wordt gesproken, welk besluit wordt voorbereid en welke bestuurlijke invloed lokaal daadwerkelijk bestaat.

Daarmee ontstaat een dubbele opgave. Enerzijds is behoefte aan een feitelijke en technologie neutrale verkenning van de potentie, stand van zaken en bepalende randvoorwaarden van SMR's. Anderzijds is behoefte aan een bestuurlijke reflectie op de vraag of, en zo ja onder welke voorwaarden, gemeentelijke consultatie over dit onderwerp op dit moment zinvol en verantwoord is.

1.2 Doel van deze notitie

Deze notitie beoogt een eerste verkenning te bieden van de potentiële betekenis van SMR's in de Nederlandse context, de huidige stand van ontwikkeling en de belangrijkste parameters die bepalend zijn voor hun toekomstige relevantie.

Daarnaast beoogt de notitie inzichtelijk te maken welke bestuurlijke en methodologische voorwaarden vervuld moeten zijn voordat lokale maatschappelijke consultatie over SMR's betekenisvol kan plaatsvinden.

De notitie heeft daarmee een tweeledig doel:

1. **Inhoudelijk-verkennend:**
   Het structureren van kennis over SMR's, hun potentiële toepassingsgebieden, huidige ontwikkelingsstatus en bepalende onzekerheden.
2. **Bestuurlijk-procedureel:**
   Het beoordelen of en in hoeverre lokale consultatie of burgerbevraging over SMR's in de huidige fase een zinvol instrument kan zijn.

De notitie is nadrukkelijk niet bedoeld als principieel standpunt vóór of tegen kernenergie of SMR's. Uitgangspunt is dat de wenselijkheid van een technologie niet abstract of ideologisch dient te worden beoordeeld, maar afhankelijk is van tijd, plaats, systeemcontext, alternatieven en bestuurlijke randvoorwaarden.

Deze notitie beoordeelt daarmee niet primair de wenselijkheid van SMR's als technologie op zichzelf, maar de mate waarin de technologie reeds voldoende concreet en bestuurlijk relevant is om onderwerp te zijn van betekenisvolle lokale beleidsvorming en maatschappelijke consultatie.

1.3 Centrale vragen

De centrale vragen van deze notitie luiden:

1. Wat zijn SMR's en welke ontwerpvarianten worden hieronder verstaan?
2. Welke potentiële voordelen en toepassingsmogelijkheden worden aan SMR's toegeschreven?
3. Wat is de huidige stand van technische en commerciële ontwikkeling?
4. Welke parameters zijn bepalend voor de toekomstige relevantie van SMR's in Nederland?
5. Welke bestuurlijke rol hebben gemeenten in relatie tot mogelijke toekomstige SMR-ontwikkelingen?
6. Onder welke voorwaarden is lokale maatschappelijke consultatie over SMR's zinvol en bestuurlijk betekenisvol?

1.4 Afbakening

Deze notitie richt zich op SMR's als conceptuele technologiecategorie en op hun mogelijke betekenis binnen de Nederlandse bestuurlijke en energiesysteemcontext.

Niet beoogd wordt:

- een volledige technische ontwerpvergelijking van alle reactorconcepten te maken;
- een definitieve veiligheids- of locatiebeoordeling uit te voeren;
- een principiële keuze vóór of tegen kernenergie te onderbouwen;
- een nationale energiesysteemstudie uit te voeren.

De focus ligt op de vraag welke kenmerken, onzekerheden en bestuurlijke randvoorwaarden bepalend zijn voor de mate waarin SMR's op termijn een relevante beleidsoptie kunnen vormen, en wat dit betekent voor de zinvolheid van lokale consultatie in de huidige fase.

1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft wat onder SMR's wordt verstaan en welke hoofdtypen reactorconcepten momenteel in ontwikkeling zijn.
Hoofdstuk 3 behandelt de potentiële voordelen en toepassingsmogelijkheden die in beleids- en marktanalyses aan SMR's worden toegeschreven.
Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de huidige technische en commerciële stand van ontwikkeling.
Hoofdstuk 5 analyseert de belangrijkste parameters die bepalend zijn voor de toekomstige relevantie van SMR's in Nederland.
Hoofdstuk 6 behandelt de bestuurlijke positionering van gemeenten binnen mogelijke toekomstige besluitvorming over SMR's.
Hoofdstuk 7 bespreekt de voorwaarden voor zinvolle lokale maatschappelijke consultatie.
Hoofdstuk 8 sluit af met conclusies en eerste bestuurlijke reflecties.

Hoofdstuk 2. Wat zijn SMR's?

2.1 Definitie

Onder Small Modular Reactors (SMR's) worden in algemene zin kernreactoren verstaan met een elektrisch vermogen dat aanzienlijk lager ligt dan dat van conventionele moderne kerncentrales, doorgaans variërend van circa 10 tot 300 MWe per reactorunit. De term omvat daarmee een brede categorie ontwerpen, van relatief conventionele lichtwaterreactoren tot meer experimentele concepten zoals snelle reactoren, hoge temperatuur reactoren en gesmolten zout reactoren.

De term "SMR" beschrijft primair een schaal- en ontwikkelconcept en geen eenduidige technologie. Binnen de categorie bestaan grote verschillen in ontwerpfilosofie, koelmedium, brandstofcyclus, veiligheidsconcept en toepassingsgebied.

2.2 Wat wordt bedoeld met "modulair"?

Het begrip "modulair" wordt in beleids- en marktcommunicatie vaak gebruikt als onderscheidend kenmerk van SMR's. Daarbij worden doorgaans drie samenhangende elementen bedoeld:

1. **Kleinere individuele reactorunits**
   Elke eenheid heeft een lager vermogen dan conventionele kerncentrales.
2. **Gefaseerde uitbreiding mogelijk**
   Capaciteit kan in theorie worden opgebouwd door meerdere units naast elkaar te plaatsen.
3. **Hogere mate van fabrieksmatige prefabricage**
   Grotere delen van de installatie zouden in fabrieken kunnen worden geproduceerd en op locatie geassembleerd.

Het is echter van belang te onderkennen dat modulariteit en standaardisatie op zichzelf geen volledig nieuw fenomeen zijn binnen de nucleaire sector.

2.3 Wat is niet nieuw aan het SMR-concept?

Ook conventionele kerncentrales worden reeds decennia ontworpen op basis van gestandaardiseerde reactorseries.

Voorbeelden hiervan zijn:

- de circa 450 MWe reactor van Kerncentrale Borssele, gebaseerd op een gestandaardiseerd ontwerp uit de toenmalige generatie lichtwaterreactoren;
- moderne generatie III/III+ reactoren zoals de circa 1.950 MWe EPR-eenheden van Flamanville 3 en vergelijkbare projecten, eveneens ontworpen als standaardiseerbare serieconcepten.

Ook deze grotere reactoren kennen dus:

- herhaalbare ontwerpstandaarden;
- seriebouwprincipes;
- modulaire componentfabricage;
- hoge mate van prefab en gestandaardiseerde engineering.

Het onderscheid tussen SMR's en conventionele reactoren ligt daarom niet simpelweg in het bestaan van seriebouw of standaardisatie.

2.4 Waarin verschillen SMR's wél wezenlijk?

De specifieke claim van SMR's is dat kleinere schaal en verdergaande modularisering nieuwe voordelen mogelijk maken.

1. Lagere investeringssprong per project

Een kleinere reactor vereist minder absolute kapitaalinvestering per project.

2. Gefaseerde capaciteitsopbouw

Meerdere units kunnen in theorie stapsgewijs worden toegevoegd.

3. Hogere fabrieksmatige productie-intensiteit

Een groter deel van de installatie zou buiten de bouwplaats geproduceerd kunnen worden.

4. Nieuwe toepassingsmogelijkheden

Kleinere reactoren zouden mogelijk inzetbaar zijn voor:

- industriële warmte;
- waterstofproductie;
- regionale netondersteuning;
- locaties waar grote centrales niet passend zijn.

Het concept van kleine kernreactoren is op zichzelf niet nieuw. Compacte nucleaire reactoren worden reeds decennia toegepast in militaire toepassingen, met name in nucleair aangedreven onderzeeboten en vliegdekschepen.

Deze voorbeelden tonen aan dat:

- kleine reactoren technisch uitvoerbaar zijn;
- compacte nucleaire systemen langdurig operationeel kunnen functioneren;
- schaalverkleining binnen nucleaire techniek technisch mogelijk is.

Daarbij moet echter worden onderkend dat militaire toepassingen slechts beperkt vergelijkbaar zijn met civiele elektriciteitsproductie. Marine-reactoren opereren onder fundamenteel andere randvoorwaarden:

- kostenoptimalisatie is ondergeschikt aan strategische functionaliteit;
- veiligheidseisen en exploitatiecondities verschillen sterk;
- personeelsinzet per MW is zeer hoog;
- economische concurrentie met andere opwekopties speelt geen rol.

Het bestaan van kleine militaire reactoren bewijst derhalve technische haalbaarheid, maar niet automatisch civiele economische haalbaarheid.

2.5 De fundamentele economische hypothese achter SMR's

De economische rationale van SMR's berust op de veronderstelling dat het verlies aan schaalvoordelen door kleinere reactoren kan worden gecompenseerd door:

- standaardisatie;
- seriematige productie;
- leereffecten;
- kortere bouwtijden;
- lagere financieringslasten.

Dit vormt de kernhypothese achter vrijwel alle SMR-businesscases.

Daarmee verschuift het economische succes van SMR's sterk van:

"grote eenheden met schaalvoordeel"

naar:

"kleinere eenheden met serie- en leervoordeel."

Of deze hypothese in de praktijk houdbaar blijkt, is momenteel nog onzeker en vormt één van de centrale open vragen in het internationale SMR-debat.

2.6 Tussenconclusie

Hoewel SMR's vaak worden gepresenteerd als fundamenteel nieuwe technologie, betreft het in veel gevallen geen radicale technologische breuk, maar een alternatieve schaal- en productiefilosofie binnen de bestaande nucleaire techniek.

De aantrekkelijkheid van kleinere en modulaire eenheden is daarbij geen nieuw of uniek verschijnsel binnen de energievoorziening. Zowel in nucleaire als in conventionele energiesystemen bestaat reeds ruime ervaring met kleinere gestandaardiseerde productie-eenheden.

De centrale vraag is daarom niet of kleinere schaal technisch mogelijk is, maar:

onder welke systeem- en marktcondities kleinere modulaire eenheden daadwerkelijk een duurzaam economisch en systeemmatig voordeel bieden ten opzichte van alternatieven.

De kernvraag is daarmee niet uitsluitend of SMR's technisch functioneren, maar vooral:

of de veronderstelde voordelen van kleinere schaal en seriematige productie in de praktijk voldoende zijn om het verlies aan klassieke schaalvoordelen te compenseren.

Dat vraagstuk vormt één van de beslissende parameters voor hun toekomstige relevantie.

Voor SMR's zal hun uiteindelijke relevantie daarmee niet uitsluitend afhangen van nucleaire techniek, maar in belangrijke mate van toekomstige elektriciteitsmarktontwikkeling, systeemflexibiliteit, alternatieve technologieën en bredere energiesysteemdynamiek.

Hoofdstuk 3. Veronderstelde voordelen van SMR's en onderliggende aannames

3.1 Inleiding

Aan Small Modular Reactors worden in beleidsstukken, marktanalyses en publieke discussies diverse potentiële voordelen toegeschreven ten opzichte van conventionele grote kerncentrales. Veelgenoemde argumenten betreffen lagere investeringsdrempels, kortere bouwtijden, hogere flexibiliteit, betere inpasbaarheid in energiesystemen met veel duurzame opwek en bredere toepassingsmogelijkheden buiten grootschalige elektriciteitsproductie.

Veel van de aan SMR's toegeschreven voordelen betreffen geen empirisch bewezen eigenschappen, maar verwachtingen gebaseerd op nog niet volledig gevalideerde ontwerp-, markt- en schaalhypothesen.

Het is van belang te onderkennen dat deze voordelen veelal geen vaststaande eigenschappen zijn, maar hypothesen die afhankelijk zijn van specifieke technische, economische en systeemmatige randvoorwaarden. In dit hoofdstuk worden de meest genoemde voordelen van SMR's daarom niet als gegeven gepresenteerd, maar geanalyseerd op hun onderliggende aannames en bepalende voorwaarden.

3.2 Lagere investeringssprong per project

Een vaak genoemd voordeel van SMR's is dat de absolute investeringsomvang per project lager ligt dan bij conventionele grote kerncentrales. Hierdoor zou de financiële toetredingsdrempel voor investeerders afnemen en zou gefaseerde capaciteitsopbouw mogelijk worden.

Dit voordeel is reëel in absolute zin: een kleinere reactor vereist minder totaal kapitaal per project.

Daar staat echter tegenover dat:

- de investeringskosten per geïnstalleerde MW doorgaans hoger zijn bij kleinere eenheden vanwege verlies van schaalvoordelen;
- financieringsvoordeel alleen ontstaat indien de lagere investeringssprong opweegt tegen hogere specifieke kosten;
- meerdere opeenvolgende modules uiteindelijk alsnog tot een zeer groot totaal investeringsbedrag kunnen leiden.

Het voordeel betreft daarmee primair een financierings- en faseringsvoordeel, geen automatisch kostprijsvoordeel.

3.3 Veronderstelde kostenreductie door seriebouw

Een kernhypothese achter SMR's is dat hogere specifieke investeringskosten per MW kunnen worden gecompenseerd door seriematige fabrieksproductie, standaardisatie en leereffecten.

Deze hypothese veronderstelt dat:

- voldoende wereldwijde vraag ontstaat om seriematige productie mogelijk te maken;
- ontwerpstandaarden voldoende stabiel blijven om seriebouw niet telkens te verstoren;
- vergunningverlening standaardisatie ondersteunt;
- de productieschaal groot genoeg wordt om echte industriële leereffecten te realiseren.

Zolang dergelijke seriegroottes nog niet bestaan, blijft deze kostenreductie grotendeels theoretisch.

De economische haalbaarheid van SMR's hangt daarmee in belangrijke mate af van een kip-ei vraagstuk:

Zonder voldoende vraag ontstaat geen serieproductie;
zonder serieproductie blijft kostprijs hoog.

3.4 Kortere bouwtijd en lager bouwrisico

Door kleinere schaal en hogere mate van prefabricage wordt verondersteld dat SMR's sneller gebouwd kunnen worden en minder gevoelig zijn voor bouwvertragingen en budgetoverschrijdingen.

Deze verwachting berust op drie aannames:

1. Dat fabrieksmatige productie daadwerkelijk een substantieel deel van de bouwplaat complexiteit reduceert;
2. Dat vergunningverlening en kwaliteitsborging prefab-productie niet sterk vertragen;
3. Dat kleinere projecten organisatorisch eenvoudiger beheersbaar zijn.

Hoewel dit plausibel is, ontbreekt voor commerciële civiele SMR's momenteel nog grootschalige ervaringsbasis om deze hypothese empirisch te bevestigen.

3.5 Betere systeeminpassing en flexibiliteit

SMR's worden vaak gepresenteerd als beter passend in elektriciteitssystemen met veel wind- en zonne-energie, onder meer vanwege hun kleinere unit size en veronderstelde flexibiliteit.

Dit voordeel kent meerdere dimensies:

Positieve aspecten

- kleinere vermogensstappen verminderen impact van uitval per eenheid;
- gefaseerde inzet kan beter aansluiten op vraaggroei;
- sommige ontwerpen claimen verbeterde load-following mogelijkheden.

Beperkingen

- nucleaire installaties blijven kapitaalintensief en vereisen doorgaans hoge benuttingsgraad voor economische exploitatie;
- frequente load-following kan technische en economische prestaties verslechteren;
- concurrentie met lage-marginale-kosten bronnen blijft bestaan.

De relevante vraag is daarom niet óf SMR's flexibeler zijn dan grote kerncentrales, maar:

of zij voldoende flexibel en economisch robuust zijn binnen een hoog-RES energiesysteem.

3.6 Bredere toepassingsmogelijkheden

SMR's worden tevens gepositioneerd voor toepassingen buiten conventionele elektriciteitsproductie, zoals:

- levering van industriële proceswarmte;
- productie van waterstof;
- levering aan afgelegen regio's of industriële clusters;
- koppeling aan ontzilting of andere thermische processen.

Deze toepassingsmogelijkheden kunnen potentieel relevant zijn, maar vereisen steeds sectorspecifieke businesscases waarin SMR's concurreren met alternatieven zoals:

- elektrificatie;
- waterstof uit elektrolyse;
- geothermie;

- restwarmte;
- conventionele warmtekrachtoplossingen.

Ook hier geldt dat technische toepasbaarheid niet automatisch economische of systeemmatige wenselijkheid impliceert.

De aan SMR's toegeschreven voordelen zijn niet onafhankelijk van elkaar en kunnen onderling conflicteren. Sommige voordelen veronderstellen ontwerp- en exploitatiekeuzes die andere voordelen juist beperken. Deze onderlinge spanningen worden nader besproken in hoofdstuk 5.

3.7 Verminderde ruimtelijke impact

Door hun kleinere schaal wordt soms verondersteld dat SMR's eenvoudiger ruimtelijk inpasbaar zijn dan grote kerncentrales.

Hoewel kleinere reactoren een beperkter fysiek ruimtebeslag kunnen hebben, geldt dat:

- nucleaire installaties ongeacht schaal zware veiligheidseisen kennen;
- noodplanning, beveiliging en infrastructuur substantieel blijven;
- meerdere modules op één locatie ruimtelijk kunnen cumuleren;
- publieke acceptatie en veiligheidsperceptie niet lineair afnemen met schaal.

Kleinere schaal betekent daarmee niet automatisch proportioneel kleinere ruimtelijke impact.

3.8 Historische analogieën: modulariteit en schaal zijn geen vanzelfsprekend voordeel

De discussie rond SMR's vertoont parallellen met eerdere ontwikkelingen in de energiesector, zoals decentrale warmtekrachtkoppeling, windenergie en zonne-energie. Ook daar werden kleinere en modulaire eenheden aanvankelijk aantrekkelijk geacht vanwege lagere investeringssprongen, gefaseerde capaciteitsopbouw en nabijheid tot afnemers.

De verdere ontwikkeling van deze technologieën laat echter zien dat kleinere schaal geen garantie vormt voor blijvend economisch voordeel. Modulaire systemen blijken sterk afhankelijk van bredere systeem- en marktcondities, terwijl in meerdere sectoren juist schaalvergroting optrad zodra betrouwbaarheid, maakbaarheid en marktvolwassenheid toenamen.

Dit roept een fundamentele vraag op voor SMR's:

Is de gekozen schaal van SMR's een duurzaam optimum, of slechts een tussenstadium in een latere ontwikkeling naar opnieuw grotere reactorconcepten?

Indien toekomstige optimalisatie opnieuw richting grotere eenheden beweegt, verliest een deel van de huidige argumentatie voor SMR's — zoals modulariteit, fabrieksbouw en lagere investeringssprongen — haar structurele karakter.

De economische beoordeling van SMR's dient daarom niet uitsluitend plaats te vinden op basis van hun huidige schaalconcept, maar ook op basis van de vraag of deze schaal op langere termijn daadwerkelijk een stabiel optimum vertegenwoordigt.

3.9 Tussenconclusie

De aan SMR's toegeschreven voordelen zijn in belangrijke mate conditioneel en afhankelijk van nog onzekere technische, economische en systeemmatige randvoorwaarden.

Samenvattend geldt dat:

- diverse voordelen plausibel zijn in theorie;
- veel voordelen nog beperkt empirisch zijn bewezen in commerciële praktijk;
- vrijwel alle voordelen afhankelijk zijn van bredere systeemcontext en marktomstandigheden.

De relevantie van SMR's kan daarom niet worden beoordeeld op basis van ontwerpclaims alleen, maar vereist nadere analyse van de parameters die bepalen of deze voordelen in de praktijk daadwerkelijk gerealiseerd kunnen worden.

Die parameters worden in het volgende hoofdstuk nader geanalyseerd.

Hoofdstuk 4. Huidige stand van ontwikkeling en internationale praktijk

4.1 Inleiding

Hoewel Small Modular Reactors in toenemende mate aandacht krijgen in beleidsdiscussies en energiescenario's, bevindt het merendeel van de civiele SMR-concepten zich nog in een relatief vroege fase van ontwikkeling. De mate van technische rijpheid, commerciële volwassenheid en vergunning technische voortgang verschilt sterk per ontwerp en per land.

Voor een realistische beoordeling van de potentiële rol van SMR's is het daarom van belang onderscheid te maken tussen:

- technisch bewezen concepten;
- ontwerpen in demonstratie- of prototypefase;
- conceptuele ontwerpen zonder commerciële praktijkervaring.

4.2 Grote ontwerpdiversiteit en beperkte standaardisatie

Onder de noemer "SMR" valt een breed spectrum aan reactorconcepten. Deze lopen uiteen van relatief conventionele lichtwaterreactoren tot fundamenteel afwijkende ontwerpen met andere koelmiddelen, brandstofcycli en veiligheidsfilosofieën.

Belangrijke ontwerpklassen zijn onder meer:

- **Lichtwaterreactor-SMR's (LWR-SMR):**
  evolutionaire doorontwikkeling van bestaande nucleaire technologie;
- **Hogetemperatuur gasgekoelde reactoren (HTGR):**
  gericht op hogere procestemperaturen en industriële warmte;
- **Snelle reactoren:**
  vaak gekoppeld aan alternatieve brandstofcycli of afvalreductieconcepten;
- **Molten Salt Reactors:**
  innovatieve ontwerpen met potentieel afwijkende veiligheids- en efficiëntieclaims.

Deze diversiteit impliceert dat er momenteel nog geen sprake is van één dominante technologische standaard. Daarmee ontbreekt vooralsnog de mate van standaardisatie die nodig is voor brede seriematige industriële uitrol.

4.3 Technische ontwikkelingsfase

De meeste SMR-concepten bevinden zich momenteel in één van de volgende fasen:

Concept- en ontwerpfase

Veel ontwerpen bestaan hoofdzakelijk op papier of in engineeringfase.

Prototype- of demonstratiefase

Enkele concepten bevinden zich in bouw- of testfase.

Vroege commerciële voorbereiding

Een beperkt aantal ontwerpen heeft vergunningstrajecten of eerste commerciële projecten gestart.

Het aantal daadwerkelijk commercieel operationele civiele SMR-projecten in westerse markten is op dit moment nog zeer beperkt.

4.4 Internationale praktijkervaring

Internationaal zijn wel diverse projecten in ontwikkeling of voorbereiding, maar de commerciële praktijkervaring blijft vooralsnog beperkt.

Observaties uit internationale projecten

1. **Veel projecten kennen vertragingen**
   Doorlooptijden blijken vaak langer dan oorspronkelijk gecommuniceerd.
2. **Kostenramingen zijn nog onzeker**
   Empirische kostendata ontbreken grotendeels.
3. **Businesscases blijven sterk afhankelijk van publieke steun**
   Veel projecten steunen op subsidies, garanties of staatsdeelname.
4. **Vergunningstrajecten blijken complex**
   Nieuwe ontwerpconcepten vereisen uitgebreide toetsing.

Deze observaties passen bij het bredere patroon dat nieuwe nucleaire technologieën doorgaans langere ontwikkel- en commercialisatietrajecten kennen dan in vroege marktcommunicatie wordt verondersteld.

4.5 Vergunningen en regulatoire rijpheid

Een belangrijke beperkende factor in de huidige ontwikkeling is dat veel nationale nucleaire toezichthouders nog beperkt ervaring hebben met SMR-specifieke vergunningverlening.

Hierdoor ontstaan meerdere uitdagingen:

- bestaande regelgeving is primair ontworpen voor grote conventionele centrales;
- nieuwe reactorconcepten vragen aanvullende toetsingskaders;
- standaardisatie tussen landen ontbreekt grotendeels;
- nationale vergunningprocedures beperken internationale schaalvoordelen.

Juist voor een technologie die economisch sterk afhankelijk is van standaardisatie en seriebouw vormt regulatoire fragmentatie een wezenlijk aandachtspunt.

4.6 Ontwikkelingsstatus in relatie tot energiesysteemplanning

Gegeven de huidige stand van ontwikkeling geldt dat SMR's zich in veel landen nog bevinden in een fase van:

strategische verkenning en beleidsvoorbereiding,
eerder dan in grootschalige commerciële implementatie.

Daarmee is de positie van SMR's op dit moment wezenlijk anders dan die van reeds commercieel uitgerijpte technologieën zoals:

- wind op zee;
- zonne-energie;
- batterijsystemen;
- conventionele gascentrales.

SMR's zijn momenteel vooral een potentiële toekomstige optie, geen breed bewezen marktrijpe standaardoplossing.

4.7 Eerste observatie voor bestuurlijke duiding

De huidige ontwikkelingsstatus betekent dat discussies over SMR's zich nog grotendeels afspelen in een sfeer van:

- strategische verwachting;
- technologische belofte;
- beleidsmatige verkenning;
- scenario-denken.

Dat is legitiem, maar vraagt bestuurlijk onderscheid tussen:

technologische potentie
en
operationeel bewezen beleidsoptie.

Het feit dat een technologie potentieel relevant kan worden, betekent nog niet dat zij reeds voldoende uitgekristalliseerd is om als concrete beleids- of locatieoptie te behandelen.

De beperkte commerciële praktijkervaring betekent tevens dat veel ontwerpclaims momenteel nog grotendeels worden afgeleid uit modelstudies, ontwerpdocumentatie en projectprognoses, en nog slechts beperkt uit langdurige operationele ervaringsdata.

4.8 Tussenconclusie

De internationale ontwikkeling van SMR's laat zien dat de technologie zich momenteel nog grotendeels in een vroege commerciële en regulatoire ontwikkelingsfase bevindt.

Daaruit volgen drie eerste observaties:

1. **De technische potentie is nog niet breed commercieel gevalideerd.**
2. **Veel geclaimde voordelen zijn nog beperkt empirisch bewezen.**
3. **Tijdpad, kostprijs en marktpositie blijven sterk onzeker.**

De uiteindelijke relevantie van SMR's zal daarom in hoge mate afhangen van een aantal beslissende parameters, die in het volgende hoofdstuk nader worden geanalyseerd.

Hoofdstuk 5. Beslissende parameters voor toekomstige relevantie van SMR's

5.1 Inleiding

Of Small Modular Reactors op termijn een betekenisvolle rol kunnen spelen in het Nederlandse energiesysteem hangt niet uitsluitend af van technische realiseerbaarheid. Hun uiteindelijke relevantie wordt bepaald door een samenstel van technische, economische, systeemmatige, ruimtelijke, bestuurlijke en maatschappelijke parameters.

Veel van deze parameters zijn momenteel nog onzeker of sterk contextafhankelijk. De vraag of SMR's een reële beleidsoptie vormen kan daarom slechts worden beantwoord door inzichtelijk te maken welke voorwaarden vervuld moeten zijn voordat hun inzet daadwerkelijk logisch en verdedigbaar wordt.

Onderstaand worden de belangrijkste beslissende parameters onderscheiden.

5.2 Technisch-economische parameters

Specifieke investeringskosten en kostprijsontwikkeling

De economische levensvatbaarheid van SMR's wordt in hoge mate bepaald door de verhouding tussen:

- investeringskosten per geïnstalleerde MW;
- gerealiseerde bouwtijd;
- financieringskosten;
- operationele levensduur.

Kleinere reactoren kennen inherent verlies van schaalvoordelen ten opzichte van grotere centrales. De economische hypothese achter SMR's veronderstelt dat dit verlies wordt gecompenseerd door standaardisatie en seriematige productie.

Daarmee is een eerste beslissende parameter:

Kunnen seriematige productie en leereffecten de hogere specifieke investeringskosten voldoende reduceren?

Zolang dit niet empirisch is aangetoond, blijft kostprijsontwikkeling een centrale onzekerheid.

Bouwtijd en projectrisico

Een belangrijk deel van de SMR-businesscase berust op de verwachting dat kleinere en modulaire reactoren sneller en voorspelbaarder gebouwd kunnen worden dan grote kerncentrales.

Deze veronderstelling is echter afhankelijk van:

- werkelijke prefab- en assemblagevoordelen;
- efficiëntie van vergunningprocedures;
- beheersbaarheid van supply chains;
- mate waarin seriebouw daadwerkelijk wordt gerealiseerd.

Zolang commerciële praktijkervaring beperkt is, blijft onzeker in hoeverre deze voordelen daadwerkelijk worden gerealiseerd.

5.3 Systeem- en marktintegratie

Ontwikkeling van elektriciteitsmarkt en prijsstructuur

De economische positie van SMR's hangt sterk af van de toekomstige markt waarin zij moeten opereren.

Relevante factoren zijn onder meer:

- verdere groei van wind- en zonne-energie;
- ontwikkeling van negatieve en lage elektriciteitsprijzen;
- prijsspreiding tussen piek- en daluren;
- ontwikkeling van capaciteitsmarkten of andere ondersteuningsmechanismen.

Voor kapitaalintensieve productie-eenheden geldt:

Hoe lager de benuttingsgraad, hoe hoger de kostprijs per geproduceerde MWh.

SMR's zullen dus vooral relevant zijn indien zij economisch voldoende vollasturen kunnen maken of adequaat worden beloond voor andere systeemdiensten.

Mate van regelbaarheid en systeemflexibiliteit

Een belangrijk discussiepunt is de vraag in hoeverre SMR's technisch en economisch in staat zijn flexibel te opereren binnen een energiesysteem met een hoog aandeel weersafhankelijke productie.

Beslissende vragen zijn:

- Hoe snel kunnen reactoren op- en afregelen?
- Wat zijn de technische gevolgen van frequent load-following en/of stop start bedrijf? Wat zijn de stop en startkosten?
- Welke invloed heeft flexibel bedrijf op onderhoud, brandstofcyclus en levensduur?
- Wat is de economische impact van lagere benuttingsgraad?

De relevante parameter is daarmee niet enkel technische regelbaarheid, maar:

de combinatie van technische en economische flexibiliteit.

Concurrentiepositie ten opzichte van alternatieven

De relevantie van SMR's hangt niet af van absolute prestaties, maar van relatieve prestaties ten opzichte van alternatieve oplossingsrichtingen.

Belangrijke alternatieven zijn onder meer:

- wind en zon gecombineerd met opslag;
- vraagsturing en flexibilisering;
- gascentrales op duurzame moleculen;
- import van elektriciteit;
- grootschalige conventionele kernenergie;
- andere dispatchable CO_2-arme technologieën.

De kernvraag luidt daarom:

Welke systeemfunctie vervullen SMR's beter of goedkoper dan beschikbare alternatieven?

Zonder onderscheidende systeemmeerwaarde vervalt de rationale voor inzet.

5.4 Veiligheid, vergunning en ruimtelijke randvoorwaarden

Veiligheids- en vergunningseisen

De uiteindelijke inzetbaarheid van SMR's hangt mede af van de veiligheidskundige en regulatoire eisen die aan de technologie worden gesteld.

Beslissende factoren zijn:

- vereiste veiligheidszones;
- noodplanningsomvang;
- beveiligingseisen;
- vergunningstrajectduur;
- eisen aan noodstroom, redundantie en containment;
- toepasbaarheid van bestaande regelgeving.

Indien veiligheids- en vergunningseisen grotendeels vergelijkbaar blijken met die van conventionele kerncentrales, kan een belangrijk deel van het veronderstelde schaalvoordeel wegvallen.

Veiligheid is niet lineair schaalafhankelijk

Een veelgehoorde impliciete aanname in het publieke debat is dat kleinere reactoren per definitie veiliger zouden zijn dan grotere kerncentrales. Die veronderstelling verdient nuancering.

Hoewel kleinere reactoren in absolute zin minder splijtstofinventaris en potentieel lager maximaal bronvermogen kunnen hebben, volgt daar niet automatisch uit dat veiligheidsrisico's proportioneel afnemen met schaal.

Veiligheid wordt mede bepaald door:

- ontwerpfilosofie en inherente veiligheidskenmerken;
- kwaliteit van passieve en actieve veiligheidssystemen;
- containment en externe bescherming;
- operationele discipline en menselijke factoren;
- locatiekenmerken en externe bedreigingen;
- robuustheid van nood- en beveiligingsorganisatie.

Daarom geldt:

De veiligheidsrelevantie van SMR's dient per ontwerp en per toepassing afzonderlijk te worden beoordeeld; kleinere schaal alleen vormt geen afdoende veiligheidsargument.

Ruimtelijke inpasbaarheid

Hoewel SMR's kleiner zijn dan conventionele kerncentrales, blijven zij nucleaire installaties met aanzienlijke ruimtelijke en infrastructurele eisen.

Relevante parameters zijn:

- beschikbaarheid van geschikte locaties;
- koelwaterbehoefte;
- afstand tot kwetsbare functies;
- koppeling aan bestaande industriële infrastructuur;
- cumulatie met andere risicobronnen;
- maatschappelijke acceptatie van nucleaire functies in de omgeving.

De praktische inpasbaarheid van SMR's zal daarom sterk locatieafhankelijk zijn.

5.5 Institutionele en bestuurlijke randvoorwaarden

Voor daadwerkelijke toepassing moeten ook institutionele randvoorwaarden zijn ingevuld, waaronder:

- helder nationaal beleid ten aanzien van kernenergie;
- adequaat toezicht- en vergunningstelsel;
- afspraken over afvalverwerking en eindberging;
- aansprakelijkheidsregimes;
- verdeling van publieke en private risico's;
- bestuurlijke rolverdeling tussen rijk, regio en gemeente.

Bij onvoldoende institutionele helderheid ontstaat bestuurlijke onzekerheid die investeringen en besluitvorming kan belemmeren.

5.6 Interne spanningen tussen ontwerpclaims en systeemrollen

SMR's worden vaak gepresenteerd als veelzijdige energie-eenheden die gelijktijdig kunnen bijdragen aan elektriciteitsproductie, netbalancering, warmtevoorziening, waterstofproductie en industriële verduurzaming. Deze multifunctionele positionering verdient kritische beschouwing, omdat verschillende beoogde functies onderling kunnen conflicteren.

Netcapaciteit versus locatiekeuze

Voor grootschalige elektriciteitsinvoeding zijn locaties nodig met voldoende netcapaciteit. Zulke locaties bevinden zich vaak nabij bestaande hoogspanningsinfrastructuur of industriële clusters. Juist daar is de fysieke en maatschappelijke ruimte echter vaak beperkt en kunnen veiligheidsafstanden onder druk staan.

Veiligheidsafstand versus warmtelevering

Economische inzet van SMR's voor stads- of proceswarmte vergt nabijheid tot afnemers, omdat warmtetransport over grote afstanden kostbaar en verliesgevend is. Nabijheid tot stedelijke of industriële warmtevraag conflicteert potentieel met gewenste veiligheids- en beveiligingsafstanden rond nucleaire installaties.

Non-proliferatie en beveiliging versus decentrale uitrol

Een belangrijk argument voor nucleaire veiligheid is concentratie van nucleaire kennis, toezicht en beveiliging op een beperkt aantal zwaar beveiligde locaties. Een brede uitrol van meerdere kleinere reactoren op verspreide locaties kan dit beginsel onder druk zetten.

Baseload-rendement versus load following

Kerncentrales renderen traditioneel het best bij hoge vollasturen vanwege hun hoge kapitaalkosten en relatief lage marginale kosten. Inzet voor load following verlaagt de capaciteitsfactor en verslechtert daarmee doorgaans de businesscase.

Warmteafname versus elektriciteitsflexibiliteit

Wanneer een reactor gekoppeld is aan continue warmtelevering aan industrie of warmtenetten, beperkt dit de mogelijkheid om elektrisch vermogen flexibel op- en af te regelen.

5.7 Synthese van de onzekerheid

De hierboven beschreven parameters laten zien dat de toekomstige relevantie van SMR's niet door één factor wordt bepaald, maar afhankelijk is van een combinatie van onderling samenhangende onzekerheden.

Deze onzekerheden zijn deels:

- technisch;
- economisch;
- systeemmatig;
- bestuurlijk;
- maatschappelijk.

Daarmee is de uiteindelijke betekenis van SMR's op dit moment nog in belangrijke mate contingent:

Hun relevantie hangt af van toekomstige ontwikkelingen die thans nog niet definitief bepaalbaar zijn.

5.8 Gevoeligheid voor systeemstructuur, benuttingsgraad en tijd

Een aanvullende beslissende parameter voor de toekomstige relevantie van SMR's betreft hun gevoeligheid voor de ontwikkeling van het toekomstige elektriciteitssysteem zelf. Daarbij gaat het niet uitsluitend om de technische eigenschappen van de reactor, maar vooral om de vraag onder welke systeemomstandigheden voldoende economische benutting mogelijk blijft.

Dit vraagstuk wordt steeds belangrijker naarmate elektriciteitssystemen een groter aandeel weersafhankelijke productie bevatten. In systemen met veel wind- en zonne-energie veranderen namelijk niet alleen de elektriciteitsprijzen, maar ook de beschikbare bedrijfsuren voor kapitaalintensieve centrales.

Juist voor nucleaire technieken — zowel grote kerncentrales als SMR's — is dit van fundamenteel belang, omdat hun kostenstructuur sterk wordt gedomineerd door:

- hoge investeringskosten;
- lange afschrijvingstermijnen;
- rente;
- en gerealiseerde vollasturen.

De economische logica van dergelijke installaties veronderstelt doorgaans langdurig stabiel bedrijf met hoge benuttingsgraden. Naarmate wind- en zonne-energie echter grotere delen van de jaarproductie leveren, neemt de concurrentie om de resterende vraaguren toe.

Daardoor ontstaat een belangrijk onderscheid tussen:

- technisch kunnen produceren;
- en economisch voldoende productie uren realiseren.

Dit effect wordt versterkt wanneer:

- exportmogelijkheden beperkt raken;
- meerdere landen gelijktijdig grote overschotten produceren;
- grootschalige opslag economisch beperkt blijft;
- of elektriciteitsvraag minder sterk groeit dan verwacht.

In dat geval kunnen de werkelijk gerealiseerde vollasturen van kapitaalintensieve centrales aanzienlijk lager uitvallen dan in klassieke basislastsystemen.

Voor nucleaire technieken heeft dit grote economische gevolgen doordat de kapitaalkosten over minder geproduceerde MWh moeten worden verdeeld.

Het dominante mechanisme blijft daarbij:

Kapitaalkosten per MWh=I × Annuïteit /H

Waarbij een daling van het aantal vollasturen direct leidt tot een sterke stijging van het kapitaaldeel per geproduceerde MWh.

Illustratieve systeemanalyse

Onderstaande tabel toont indicatief hoe sterk de economische positie van verschillende productiemiddelen verandert onder uiteenlopende systeemomstandigheden.

De vergelijking combineert:

- lage en hoge rente;
- nuts- en marktbenadering;
- en een systeem met of zonder export, buffers en vraaggroei.

Bedragen in €/MWh.

Techniek	2% Nuts met	2% Nuts zonder	2% Markt met	2% Markt zonder	6% Nuts met	6% Nuts zonder	6% Markt met	6% Markt zonder
Wind op land	49	54	65	72	65	72	80	88
Zon PV	55	61	74	83	74	83	93	103
Wind op zee	75	84	99	111	99	111	121	136
Kern groot	80	134	106	185	118	209	136	245
SMR	101	172	135	239	151	271	175	320
STEG aardgas	134	134	142	142	142	142	149	149
Gasturbine	233	233	256	256	257	257	278	278

Techniek	2% Nuts met	2% Nuts zonder	2% Markt met	2% Markt zonder	6% Nuts met	6% Nuts zonder	6% Markt met	6% Markt zonder
STEG ammoniak	351	351	384	384	385	385	416	416

Legenda:

Begrip	Betekenis
Nuts	kernenergie 60 jaar, overige technieken 25 jaar
Markt	kernenergie 25 jaar, overige technieken 15 jaar
met	export, buffers en vraaggroei aanwezig
zonder	beperkte export, beperkte buffers en beperkte groei

Betekenis van de tabel voor SMR's

De tabel laat zien dat SMR's een zeer grote gevoeligheid vertonen voor veranderingen in systeemstructuur.

Indicatief varieert de berekende kostprijs van ongeveer:

- 101 €/MWh in een gunstige nutsvariant met export en buffers;
  tot
- circa 320 €/MWh in een marktvariant met hoge rente en beperkte systeemflexibiliteit.

Daarmee blijken SMR's economisch aanzienlijk gevoeliger voor systeemomstandigheden dan veel flexibele thermische technieken.

De oorzaak hiervan ligt in hun combinatie van:

- hoge investeringskosten per MW;
- relatief beperkte schaalgrootte;
- afhankelijkheid van hoge benuttingsgraad;
- en lange economische terugverdientijden.

Hierdoor verschuift de beoordeling van SMR's van een zuivere technologie beoordeling naar een beoordeling van economische robuustheid in het systeem.

De relevante vraag wordt daarmee niet uitsluitend:

"Kan een SMR technisch functioneren?"

maar vooral:

"Onder welke toekomstige systeemomstandigheden blijft een SMR economisch robuust gedurende zijn volledige levensduur?"

Tijd als extra onzekerheidsfactor

Deze gevoeligheid wordt verder versterkt door de lange economische levensduur van nucleaire installaties.

Een SMR-investering wordt gedaan voor meerdere decennia, terwijl gedurende die periode fundamentele veranderingen kunnen optreden in:

- elektriciteitsvraag;
- opslagtechnologie;
- marktvormgeving;
- Europese elektriciteitshandel;
- waterstof- en ammoniak ontwikkeling;
- flexibiliteitsdiensten;
- netstructuren;
- en concurrentie van alternatieve technieken.

Daardoor ontstaat een fundamentele paradox.

Een langere economische levensduur kan enerzijds leiden tot lagere jaarlijkse afschrijvingslasten, maar vergroot anderzijds de blootstelling aan toekomstige systeemveranderingen en daarmee aan onzekerheid.

Juist daardoor wordt de economische beoordeling van SMR's in hoge mate afhankelijk van aannames over toekomstige energiesystemen die nog grotendeels onzeker zijn.

Daarmee verschuift de beoordeling van SMR's geleidelijk van:

een vergelijking van huidige productiekosten

naar:

een beoordeling van robuustheid onder meerdere mogelijke toekomstige systeemwerelden.

Tussenconclusie

De toekomstige relevantie van SMR's wordt niet uitsluitend bepaald door nucleaire techniek, maar in belangrijke mate door de ontwikkeling van het toekomstige elektriciteitssysteem.

Vooral bepalend zijn:

- gerealiseerde vollasturen;
- mate van systeemflexibiliteit;
- beschikbaarheid van export en opslag;
- renteontwikkeling;
- en de toekomstige verhouding tussen kapitaalintensieve en flexibele productiemiddelen.

Daardoor kunnen eenvoudige kostenvergelijkingen op basis van één representatief jaar of vaste benuttingsgraden een te gunstig beeld geven van de werkelijke lange termijn robuustheid van SMR's binnen toekomstige elektriciteitssystemen.

5.8 Tussenconclusie

Op basis van de huidige stand van kennis kan worden vastgesteld dat de toekomstige relevantie van SMR's nog sterk afhankelijk is van een reeks onzekere en onderling afhankelijke parameters.

Daaruit volgt dat:

- SMR's op dit moment vooral een potentiële toekomstige optie zijn;
- hun uiteindelijke rol nog niet als gegeven kan worden beschouwd;
- verdere beleidsmatige of maatschappelijke concretisering slechts zinvol is indien deze onzekerheden expliciet worden erkend.

Juist deze mate van onzekerheid is relevant voor de bestuurlijke vraag in hoeverre lokale maatschappelijke consultatie over SMR's in de huidige fase reeds betekenisvol kan zijn.

Hoofdstuk 6. Bestuurlijke positionering en rol van gemeenten

6.1 Inleiding

De mogelijke inzet van SMR's raakt niet alleen technische en economische vraagstukken, maar ook bestuurlijke bevoegdheidsverdeling en institutionele verantwoordelijkheid. Zelfs indien SMR's op termijn een relevante beleidsoptie zouden blijken, volgt daar niet automatisch uit dat gemeenten een centrale rol hebben in de besluitvorming of dat lokale burgerconsultatie reeds in een vroege fase vanzelfsprekend aangewezen is.

Voor de beoordeling van de zinvolheid van gemeentelijke verkenning of maatschappelijke consultatie is daarom van belang vast te stellen welke bestuurlijke positie gemeenten feitelijk innemen binnen mogelijke toekomstige besluitvorming over SMR's.

6.2 Overwegend nationaal en bovengemeentelijk karakter van besluitvorming

Besluitvorming over nucleaire installaties heeft in Nederland in hoofdzaak een nationaal en bovengemeentelijk karakter.

Belangrijke elementen hiervan zijn:

- nationale energie- en klimaatstrategie;
- rijksbeleid ten aanzien van kernenergie;
- nucleaire veiligheids- en vergunningregelgeving;
- toezicht door nationale nucleaire autoriteiten;
- nationale besluitvorming over radioactief afval en eindberging;
- nationale of provinciale regie op strategische ruimtelijke inpassing.

De aanleg en exploitatie van nucleaire installaties vallen daarmee slechts beperkt binnen reguliere gemeentelijke beleidsautonomie.

6.3 Beperkte maar niet afwezige gemeentelijke relevantie

Hoewel de formele beslissingsmacht van gemeenten beperkt is, betekent dit niet dat gemeenten geen enkele rol hebben.

Gemeentelijke betrokkenheid kan relevant zijn in het kader van:

Ruimtelijke positionering

Input op lokale ruimtelijke visies, omgevingskwaliteit en gebiedsontwikkeling.

Lokale maatschappelijke signalering

Inzicht in zorgen, waarden en randvoorwaarden binnen de gemeenschap.

Interbestuurlijke belangenbehartiging

Positionering richting provincie en rijk.

Voorbereiding op mogelijke latere besluitvorming

Vroegtijdige kennisopbouw en beleidsvoorbereiding.

De gemeentelijke rol is daarmee vooral adviserend, signalerend en kaderstellend, niet primair beslissend.

6.4 Spanningsveld tussen lokale betrokkenheid en beperkte bevoegdheid

Juist deze combinatie van lokale impact en beperkte formele bevoegdheid creëert bestuurlijke spanning.

Enerzijds:

- kunnen nucleaire projecten grote lokale gevolgen hebben;
- voelen gemeenten en inwoners zich terecht belanghebbend.

Anderzijds:

- ligt formele besluitvorming grotendeels elders;
- zijn lokale beïnvloedingsmogelijkheden beperkt;
- bestaat risico op verwachtingen die bestuurlijk niet waargemaakt kunnen worden.

Dit vraagt om grote zorgvuldigheid bij het organiseren van lokale consultatie.

Dit spanningsveld is kenmerkend voor infrastructuur en technologieën met lokale impact maar nationale regie, en vereist zorgvuldige communicatie over de reikwijdte van lokale invloed.

6.5 De noodzaak van doelbepaling vooraf

Wanneer een gemeente maatschappelijke consultatie of burgerbevraging over SMR's overweegt, moet vooraf expliciet worden gemaakt:

Welk doel de consultatie dient

Bijvoorbeeld:

- kennispeiling;
- waardeninventarisatie;
- voorbereiding op beleidspositionering;
- input voor lobby of interbestuurlijk overleg;
- voorbereiding op ruimtelijke verkenning.

Welke bestuurlijke invloed de gemeente heeft

- Is er daadwerkelijk beleidsruimte?
- Kan de uitkomst doorwerken in concrete besluiten?
- Of betreft het slechts signalering?

Hoe de uitkomsten worden benut

- Worden resultaten adviserend gebruikt?
- Ingebracht richting rijk/provincie?
- Verwerkt in omgevingsvisie?
- Of slechts informatief geregistreerd?

Zonder deze duidelijkheid ontstaat risico op bestuurlijke onzuiverheid en schijnparticipatie.

6.6 Bestuurlijke proportionaliteit

Publieke consultatie vraagt inzet van:

- ambtelijke capaciteit;
- bestuurlijke aandacht;
- burgerlijke tijd en betrokkenheid.

Daarom geldt als bestuurlijk proportionaliteitsbeginsel:

De zwaarte van een participatie- of consultatieproces dient in verhouding te staan tot de concreetheid van het onderwerp, de bestuurlijke relevantie en de daadwerkelijke beïnvloedingsruimte.

Bij onderwerpen met:

- hoge onzekerheid;
- beperkte gemeentelijke bevoegdheid;
- afwezigheid van concreet beleidsvoornemen;

is terughoudendheid aangewezen bij het organiseren van zware consultatie-instrumenten.

6.7 Eerste observatie voor de huidige situatie

Voor SMR's geldt op dit moment dat:

- de technologie zich nog in een vroege ontwikkelingsfase bevindt;
- concrete locatie- of projectvoornemens veelal ontbreken;
- gemeentelijke bevoegdheid beperkt is;
- nationale beleidskaders nog in ontwikkeling zijn.

Daarmee bevindt de discussie zich voor veel gemeenten nog primair in een fase van:

oriëntatie en kennisopbouw,
eerder dan van concrete lokale besluitvorming.

6.8 Tussenconclusie

De bestuurlijke positie van gemeenten ten aanzien van mogelijke toekomstige SMR-ontwikkelingen is relevant maar beperkt.

Daaruit volgt dat gemeentelijke betrokkenheid vooral betekenisvol is wanneer zij zich richt op:

- kennisopbouw;
- vroegtijdige beleidsoriëntatie;
- articulatie van lokale waarden en randvoorwaarden;
- voorbereiding op eventuele latere ruimtelijke of bestuurlijke processen.

Lokale maatschappelijke consultatie is daarbij slechts zinvol indien vooraf helder is welk bestuurlijk doel deze dient en hoe de uitkomsten daadwerkelijk kunnen doorwerken.

Deze vraag wordt nader uitgewerkt in het volgende hoofdstuk.

Hoofdstuk 7. Voorwaarden voor zinvolle lokale maatschappelijke consultatie

7.1 Inleiding

Burgerparticipatie en maatschappelijke consultatie kunnen waardevolle instrumenten zijn bij beleidsvorming over complexe en maatschappelijk gevoelige onderwerpen. Zij kunnen bijdragen aan betere informatiepositie, bredere legitimiteit, vroegtijdige signalering van zorgen en explicitering van maatschappelijke waarden.

Participatie is echter geen doel op zichzelf. De kwaliteit en legitimiteit van participatie hangen sterk af van de vraag of het onderwerp voldoende concreet, beïnvloedbaar en bestuurlijk relevant is om zinvolle maatschappelijke oordeelsvorming mogelijk te maken.

Bij onderwerpen die zich nog in een vroege, onzekere of grotendeels bovengemeentelijke fase bevinden, kan participatie haar doel voorbijschieten en juist leiden tot schijnparticipatie, verwarring of onterechte verwachtingen.

De vraag is daarom niet uitsluitend óf burgers betrokken moeten worden, maar onder welke voorwaarden dat bestuurlijk en methodologisch verantwoord is.

7.2 Voorwaarde 1 – Voldoende concreet onderwerp van consultatie

Een burgerconsultatie veronderstelt dat deelnemers redelijkerwijs kunnen begrijpen waarover zij worden bevraagd.

Daarvoor moet voldoende duidelijk zijn:

- welke technologie of ontwerpvariant wordt bedoeld;
- welke schaal en toepassingsvorm aan de orde zijn;
- welke ruimtelijke context of locatie wordt overwogen;
- welke risico's, baten en alternatieven relevant zijn.

Wanneer het onderwerp nog grotendeels abstract of conceptueel is, meet consultatie vooral algemene sentimenten of associaties, niet onderbouwde maatschappelijke voorkeuren.

Een wezenlijke voorwaarde voor betekenisvolle burgerconsultatie is dat burgers zich kunnen uitspreken over een herkenbaar en reëel keuzedomein.

Daarvoor moet ten minste duidelijk zijn:

- welke concrete beleids- of ontwikkelopties worden overwogen;
- welke alternatieven naast elkaar liggen;
- welke afweging of keuze daadwerkelijk voorligt;
- op welke wijze burgervoorkeuren in die afweging kunnen doorwerken.

Wanneer deze elementen ontbreken, ontstaat het risico dat consultatie niet primair dient om beleidsopties te wegen, maar vooral om algemene maatschappelijke sentimenten te registreren of bestuurlijke legitimatie te creëren voor verdere verkenning.

Bij een onderwerp als SMR's is dit aandachtspunt bijzonder relevant, omdat:

- nog geen concrete locatie- of projectalternatieven voorliggen;
- alternatieve energieopties vaak niet expliciet worden meegewogen;
- de bestuurlijke keuzevraag nog onduidelijk is;
- de feitelijke beslissingsbevoegdheid grotendeels elders ligt.

Onder dergelijke omstandigheden dreigt een burgerenquête eerder: **legitimerend dan consulterend** van aard te worden.

Een zorgvuldige overheid dient daarom vooraf expliciet te maken:

- **welke keuze precies wordt voorgelegd,**
  welke alternatieven daarbij horen,
  en welke betekenis de uitkomst heeft voor vervolgbeleid.

7.3 Voorwaarde 2 – Reële bestuurlijke beïnvloedingsruimte

Participatie is slechts zinvol indien de organiserende overheid daadwerkelijk invloed heeft op het onderwerp waarover burgers worden bevraagd.

Daarvoor moet duidelijk zijn:

- welke bestuurlijke ruimte lokaal bestaat;
- welke onderdelen beïnvloedbaar zijn;
- welke onderdelen reeds nationaal of wettelijk zijn vastgelegd;
- op welke wijze lokale inbreng kan doorwerken in vervolgafwegingen.

Zonder reële beïnvloedingsruimte ontstaat risico dat participatie verwachtingen creëert die bestuurlijk niet kunnen worden waargemaakt.

7.4 Voorwaarde 3 – Helder doel van de consultatie

Vooraf moet expliciet zijn welk doel de consultatie dient.

Mogelijke doelen zijn onder meer:

- inventarisatie van waarden en zorgen;
- peiling van kennisniveau en informatiebehoefte;
- voorbereiding op bestuurlijke positionering;
- ondersteuning van ruimtelijke beleidsvorming;
- signalering richting andere bestuurslagen.

Zonder helder doel bestaat risico dat de consultatie:

- methodologisch diffuus wordt;
- uitkomsten willekeurig interpreteerbaar zijn;
- verwachtingen over betekenis van de uitkomst uiteenlopen.

7.5 Voorwaarde 4 – Eerlijke informatiepositie

Bij technisch complexe onderwerpen zoals SMR’s bestaat aanzienlijke kennisasymmetrie tussen overheid, experts en burgers.

Een zinvolle consultatie vereist daarom:

- begrijpelijke en evenwichtige informatievoorziening;
- explicitering van onzekerheden en aannames;
- transparantie over alternatieven;
- vermijden van suggestieve framing of eenzijdige informatie.

Zonder dergelijke voorwaarden bestaat risico dat de uitkomst van de consultatie primair het gevolg is van framing, informatiekeuze of kennisachterstand.

7.6 Voorwaarde 5 – Proportionaliteit tussen proces en besluitrijpheid

Niet elk onderwerp rechtvaardigt in elke fase dezelfde mate van participatieve inzet.

Zwaardere participatie-instrumenten, zoals brede burgerenquêtes of uitgebreide consultatietrajecten, zijn vooral passend wanneer:

- concrete beleids- of locatiekeuzes in zicht zijn;
- bestuurlijke beïnvloedingsruimte substantieel is;
- maatschappelijke waarden daadwerkelijk afwegingsrelevant zijn.

In vroege verkenningsfases ligt een lichtere vorm van kennisopbouw of informele dialoog vaak meer voor de hand.

7.7 Toepassing op de huidige SMR-discussie

Toegepast op de huidige stand van het SMR-debat kan worden vastgesteld dat op meerdere punten nog beperkingen bestaan:

Beperkte concretisering

Veel relevante parameters van SMR's zijn nog onzeker of ontwerpafhankelijk.

Beperkte lokale bevoegdheid

Besluitvorming over nucleaire installaties is grotendeels nationaal georganiseerd.

Onhelder beleidsdoel

In veel gevallen is nog geen concreet lokaal besluit of beleidskeuze aan de orde.

Grote kennisasymmetrie

Het onderwerp is technisch complex en maatschappelijk beladen.

Daarmee lijkt de huidige fase voor veel gemeenten eerder geschikt voor:

kennisopbouw, oriëntatie en verkenning,
dan voor klassieke voorkeursenquêtes of bindend geïnterpreteerde maatschappelijke peilingen.

7.8 Mogelijke alternatieven voor een klassieke voorkeursenquête

Indien gemeenten burgers toch vroegtijdig willen betrekken, lijken meer passende vormen van consultatie:

Waarden- en voorwaardeninventarisatie

Niet: “Bent u voor of tegen SMR’s?”
Maar:

- Welke waarden vindt u belangrijk bij toekomstige energievoorziening?
- Onder welke voorwaarden acht u nieuwe energietechnologie bespreekbaar?

Kennis- en informatiebehoeftepeiling

- In hoeverre voelen inwoners zich voldoende geïnformeerd?
- Welke informatie achten zij nodig voor latere oordeelsvorming?

Scenario- of dilemma-dialogen

Bespreking van bredere energie- en ruimtedilemma’s in plaats van technologie-specifieke voorkeuren.

7.9 Toetskader consultatierijpheid

Een gemeente kan alvorens consultatie te organiseren de volgende vragen hanteren:

1. Is sprake van een voldoende concreet voorstel of scenario?
2. Is duidelijk welke alternatieven relevant zijn?
3. Beschikt de gemeente over reële beïnvloedingsruimte?
4. Is helder welk doel de consultatie dient?
5. Is duidelijk hoe uitkomsten worden gebruikt?
6. Is het kennisniveau voldoende voor betekenisvolle oordeelsvorming?

Indien meerdere vragen ontkennend worden beantwoord, ligt klassieke voorkeursconsultatie niet voor de hand.

7.10 Conclusie

Lokale maatschappelijke consultatie over SMR’s kan slechts betekenisvol zijn indien voldoende duidelijk is:

- waarover precies wordt gesproken;
- welke bestuurlijke invloed lokaal bestaat;
- welk doel de consultatie dient;
- hoe de uitkomsten worden gebruikt;
- en of het onderwerp reeds voldoende besluitrijp is.

Voor de huidige fase van het SMR-debat lijkt terughoudendheid aangewezen bij het organiseren van klassieke voorkeursenquêtes over voor- of afwijzing van SMR’s als technologie of locatieoptie.

Meer passend lijkt een benadering gericht op:

kennisopbouw, waardenverkenning en voorbereiding op mogelijke toekomstige besluitvorming,
zonder de suggestie te wekken dat reeds sprake is van een concreet lokaal besluitvormingsmoment.

Hoofdstuk 8. Conclusies en bestuurlijke reflectie

8.1 Technologische conclusie

Small Modular Reactors worden internationaal beschouwd als een potentieel relevante toekomstige energietechnologie, maar bevinden zich momenteel nog in een vroege fase van technische, commerciële en regulatoire ontwikkeling. Veel aan SMR's toegeschreven voordelen zijn plausibel in theorie, maar nog beperkt empirisch gevalideerd in commerciële praktijk.

Hun uiteindelijke relevantie hangt af van een samenstel van nog onzekere factoren, waaronder kostprijsontwikkeling, seriebouw, vergunning regimes, marktpositie, systeemintegratie en concurrentie met alternatieve technologieën.

SMR's kunnen daarmee op termijn een betekenisvolle rol gaan spelen, maar hun toekomstige positie in het Nederlandse energiesysteem kan op dit moment nog niet als gegeven worden beschouwd.

8.2 Bestuurlijke conclusie

Voor gemeenten geldt dat hun formele invloed op eventuele toekomstige toepassing van SMR's beperkt is. Besluitvorming over nucleaire installaties is in hoofdzaak nationaal georganiseerd en raakt beleidsvelden die grotendeels buiten de reguliere gemeentelijke bevoegdheid vallen.

Dat neemt niet weg dat gemeenten een relevante voorbereidende rol kunnen vervullen in:

- kennisopbouw;
- beleidsoriëntatie;
- articulatie van lokale waarden en randvoorwaarden;
- voorbereiding op mogelijke toekomstige interbestuurlijke positionering.

Deze rol is echter primair signalerend en voorbereidend, niet beslissend.

8.3 Conclusie ten aanzien van maatschappelijke consultatie

Gegeven de huidige ontwikkelingsfase van SMR's lijkt het organiseren van klassieke voorkeursenquêtes of richtinggevende burgerraadplegingen over SMR's op dit moment slechts beperkt zinvol.

Daarvoor zijn drie hoofdredenen bepalend:

1. **Onvoldoende concretisering**
   Veel relevante kenmerken van mogelijke toekomstige SMR-toepassing zijn nog onzeker of ontwerpafhankelijk.
2. **Beperkte lokale beïnvloedingsruimte**
   De formele gemeentelijke rol in daadwerkelijke besluitvorming is vooralsnog beperkt.
3. **Onvoldoende besluitrijpheid**
   Veel gemeenten bevinden zich nog niet in een fase waarin concrete beleids- of locatiekeuzes voorliggen.

Onder deze omstandigheden dreigt consultatie eerder abstract sentiment te meten dan bruikbare bestuurlijke input te genereren.

8.4 Aanbevolen handelingslijn voor de huidige fase

Voor de huidige fase ligt daarom een benadering voor de hand die primair gericht is op:

- verdere kennisopbouw over technologie, systeemcontext en bestuurlijke implicaties;
- verkenning van lokale waarden en randvoorwaarden rond toekomstige energievoorziening in bredere zin;
- voorbereiding op mogelijke latere beleids- of locatieafwegingen indien SMR's concreter worden.

Daarmee kan een gemeente zich inhoudelijk voorbereiden zonder de suggestie te wekken dat reeds sprake is van een concreet lokaal besluitvormingsmoment.

8.5 Moment van herbeoordeling

Een hernieuwde bestuurlijke beoordeling van de relevantie van SMR's en de wenselijkheid van lokale consultatie ligt met name voor de hand wanneer één of meer van de volgende ontwikkelingen zich voordoen:

- eerste commercieel operationele referentieprojecten beschikbaar komen;
- nationaal beleidskader en vergunning regime verder zijn uitgewerkt;
- concrete locatie- of projectverkenningen ontstaan;
- bestuurlijke beïnvloedingsruimte van gemeenten duidelijker wordt.

Tot dat moment past terughoudendheid bij het trekken van richtinggevende conclusies over wenselijkheid of onwenselijkheid van lokale SMR-toepassing.

8.6 Slotconclusie

SMR's vormen op dit moment vooral een potentiële toekomstige optie binnen het energiesysteem, geen reeds uitgekristalliseerde of breed bewezen beleidsoptie.

Voor gemeenten betekent dit dat de huidige fase zich primair leent voor:

oriëntatie, kennisopbouw en voorbereiding,
en slechts beperkt voor richtinggevende maatschappelijke voorkeurspeilingen.

Lokale consultatie over SMR’s wordt pas bestuurlijk en methodologisch volwaardig wanneer de technologie concreter is uitgewerkt, de bestuurlijke context helderder is en een daadwerkelijk besluit- of beleidsmoment in zicht komt.

De economische haalbaarheid van SMR’s blijkt sterk afhankelijk van toekomstige systeemcondities zoals rente, vollasturen, opslag, exportmogelijkheden en marktstructuur. Daardoor kunnen kostenvergelijkingen gebaseerd op één representatief systeemjaar of vaste benuttingsgraden een te gunstig en onvoldoende robuust beeld geven van de werkelijke lange termijn positie van SMR’s.