

## WAT IS HET?

Neuromorphic technologies beschrijft een groep sensor- en computertechnologieën die biogeïnspireerde hardware en algoritmen gebruiken om informatie energie-efficiënt te verwerken. In neuromorphic systemen sluiten hardware en algoritmen zo op elkaar aan dat er met zo min mogelijk energie zo effectief mogelijk een berekening uitgevoerd kan worden.



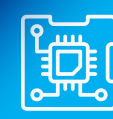
### HARDWARE

De hardware wordt ontworpen met biologische neurale netwerken als uitgangspunt, zodat parallelle processen, gecombineerde processen en data-opslag en non-binaire signalen (spikes) mogelijk zijn.



### ALGORITMEN

De algoritmen zijn gebaseerd op neurale processen, wat flexibele en veranderende verbindingen mogelijk maakt. Deze algoritmen kunnen ook draaien op klassieke computer architectuur, maar werken beter met neuromorphic hardware.



### ARCHITECTUUR

In de architectuur van een neuromorphic chip zijn processor en geheugen gecombineerd. Dit zorgt ervoor dat dataverplaatsing geminimaliseerd wordt en het energieverbruik lager is dan in een klassieke chip.

### NEUROMORPHIC COMPUTING BIJDT VOORDELEN TEN OPZICHTE VAN KLASIEKE COMPUTER ARCHITECTUUR:

- Hogere energie-efficiëntie van berekeningen.
- Snelle en adaptieve verwerking van informatie.
- Robuustere systemen tegen schade, ruis en onzekerheden in data.
- Compacte, lokaal-inzetbare hardware, waardoor systemen minder afhankelijk zijn van externe processoren en cloud-opslag.
- Flexibiliteit bij herconfiguratie van hardware.
- Krachtiger lerend vermogen voor o.a. AI toepassingen.

### HIERDOOR BIJDEN NEUROMORPHIC CHIPS IN VERSCHILLENDE SITUATIES VOORDELEN TEN OPZICHTE VAN KLASIEKE COMPUTERS. BIJVOORBEELD:

#### EDGE COMPUTING

Berekeningen uitvoeren op de plek waar het resultaat nodig is (e.g. sensoren, robots en voertuigen).

#### AI ACCELERATOR

Lokale processoren die geschikt zijn voor allerlei AI applicaties op basis van neurale netwerken.

#### HIGH PERFORMANCE COMPUTING

Neuromorphic processoren in supercomputers kunnen complexe problemen oplossen.

# NEUROMORPHIC TECHNOLOGIES



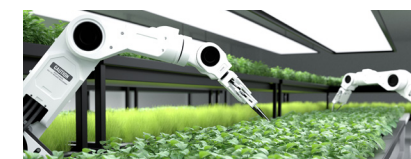
## MAATSCHAPPELIJKE IMPACT

De energie-efficiënte en decentrale eigenschappen van neuromorphic technologies dragen bij aan maatschappelijke missies. Bijvoorbeeld:



### KLIMAAT EN ENERGIE

Verminderen van energieverbruik door efficiëntere berekeningen. Mogelijk efficiëntere mobiliteit met sensoren en edge computing in o.a. autonome voertuigen.



### LANDBOUW, WATER EN VOEDSEL

Bijdrage aan een efficiënt landbouwsysteem met behulp van betere AI en IoT voor precisielandbouw, efficiëntere sensoren en robotica.



### GEZONDHEID EN ZORG

Wearables en betere prothesen met neuromorphic chips verbeteren participatie van patiënten met een chronische ziekte of beperking.



### VEILIGHEID

Efficiënte edge computing kan cyberveiligheid verhogen en gebruikt worden in militaire applicaties.

## ECONOMISCHE POTENTIE

Neuromorphic sensoren, chips, architecturen en algoritmen kunnen naar verwachting in de volle breedte van de economie impact hebben. Voor deze impact zijn nog meerdere doorbraken nodig, maar er zijn kansen van medische toepassingen via brain-computer interfaces, allerlei vormen van AI recognition (spraak, beeld, patronen), autonome navigatie in drones, andere voertuigen of robots tot verbeteringen in deep learning en Internet of Things systemen. Bijvoorbeeld:

TIJDSLIIJ	TOPSECTOR	POTENTIE VAN NEUROMORPHIC TECHNOLOGIES
1	1 - "EVENT-BASED" CAMERA'S	Neuromorphic sensoren die alleen energie verbruiken als er verandering optreedt in het blikveld.
2	2 - CHEMISCHE DETECTIE	Met een combinatie van sensoren en algoritmen die goed omgaan met ruis in data kunnen betere 'reuksensoren' gemaakt worden.
3	3 - GELUIDSSENSOREN	Sensoren die alleen energie verbruiken als geluid een bepaalde grens of frequentie overschrijdt, gecombineerd met taalherkenning in lokale AI processors.
4	4 - ROBOTICA	Neuromorphic technologie kan robots betere dynamische sensoren en controlemechanismen bieden en ze meer en beter zelflerend maken.
5	5 - ZELFRIJDENDE AUTO'S	Hoger niveau perceptie voor zelfrijdende auto's door een combinatie van "event-based" sensoren en neuromorphic (edge) processing.
6	6 - EMG WEARABLES	Directe interface met neuronen die spieren aansturen op basis van EMG signalen en lage energie processing voor interactie met het menselijk lichaam.
7	7 - "COBOTS" & MULTI-AGENT SYSTEMS	Robots die samenwerken met mensen kunnen neuromorphic technologie gebruiken voor meer precisie en aanpassingsvermogen.



# KANS VOOR NEDERLAND



Er werken in Nederland tenminste 67 interdisciplinaire experts aan neuromorphic technologies, van ingenieurs, fysici en computer-wetenschappers tot wiskundigen, chemici en biologen.



Tussen 2018 en 2023 publiceerde wetenschappers uit Nederland ±200 publicaties over neuromorphic technologies. Nederland heeft met 1,7% van de wereldwijde publicatie-output een relatief groot aandeel en het veld groeit snel.



Nederland heeft via 25 bedrijven en kennisinstellingen een centrale positie verworven in het Europese kennisnetwerk. In Nederland wordt samengewerkt in verschillende programma's zoals Mission 10-X en NL-ECO.



## ±4 Nederlandse spin-offs

Private spelers uit de halfgeleiderindustrie en uit andere sectoren dragen bij aan deze samenwerkingen. Er zijn inmiddels ook tenminste 4 Nederlandse spin-offs die neuromorphic technologies op de markt brengen.