

Design of heat stress sensors for mass deployment in cities

Jayson Gorissen

Master IW Elektronica-ICT

Situatie

In **snelgroeïende steden** leidt intensieve verstedelijking, gecombineerd met de effecten van **klimaatverandering**, tot versterkte **stedelijke hittestress** en hevige **hitte-eilanden**, terwijl er nauwelijks **gedetailleerde, real-time temperatuur- en hittedistributiegegevens** op straatniveau beschikbaar zijn [1].

In samenwerking met het **Vlaams Instituut voor Technologisch Onderzoek (VITO)** is daarom een **energie-autonome sensor** ontwikkeld bestaande uit een **microcontroller**, meerdere **klimatsensoren** en **zonnepaneelvoeding** die **via Long Range (LoRa)** elke **10 minuten** omgevingsmetingen verzendt naar een **online dashboard** voor **directe analyse en interventieplanning**.

Wat is het doel?

Vereisten

Deze masterproef richt zich **primair** op het ontwerpen en ontwikkelen van een **compacte printplaat (PCB)** voor **geïntegreerde multi-sensor data-acquisitie**, met **ingebouwde niet-vluchtige opslag**, **LoRa-communicatie** en autonome **energievoorziening**.

Daarnaast omvat het project de realisatie van een **webgebaseerd platform** voor **real-time visualisatie en analyse** van de verzamelde sensordata. Tot slot is er nood aan een **LoRa-Wide-Area-Network (LoRaWAN)** om de draadloze communicatie-infrastructuur voor de sensoren volledig te ondersteunen.

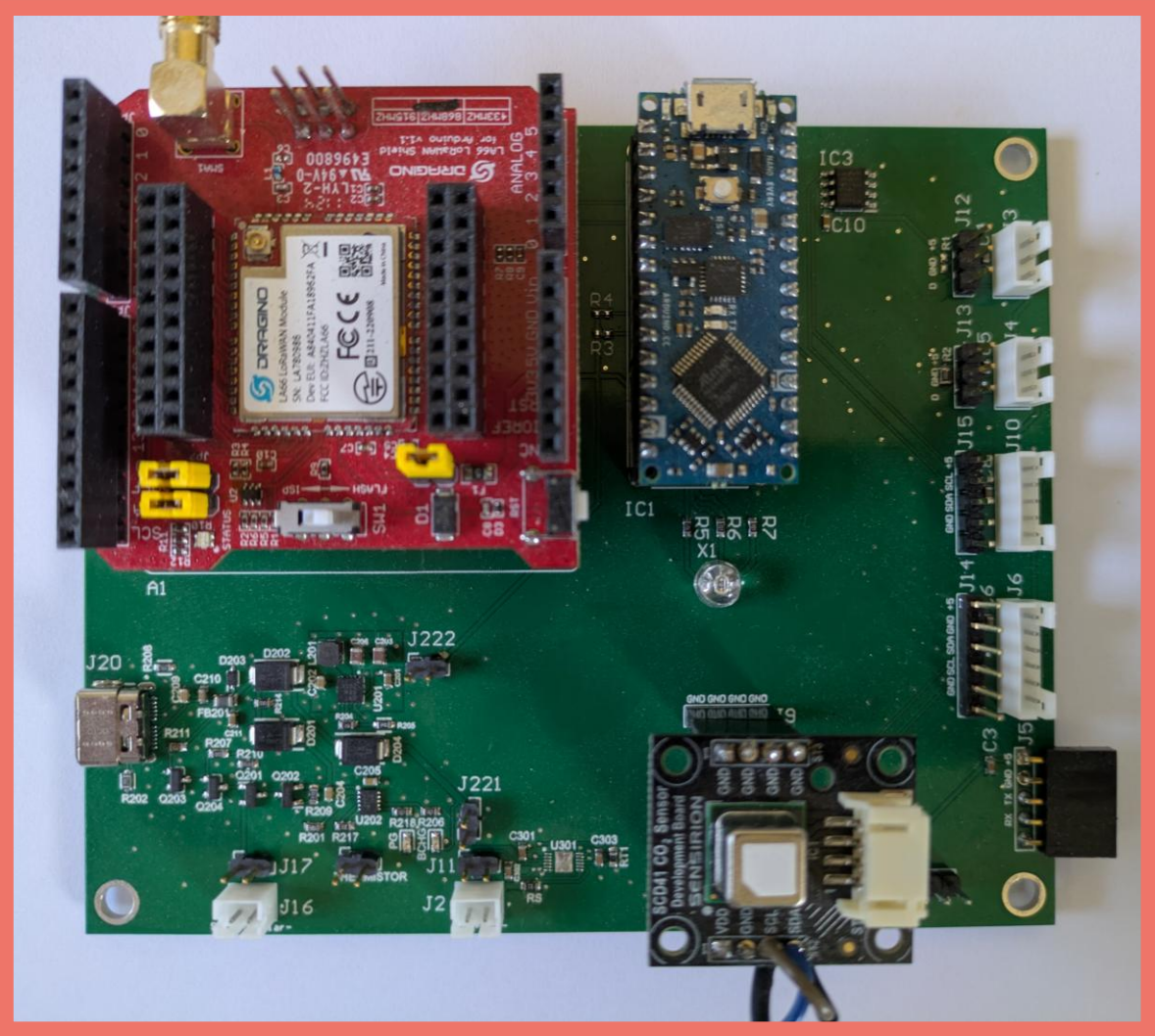


Fig. 1: Hittestresssensor PCB v1

Tabel 1: Stroomoptimalisaties per component		
Component	Voor optimalisatie	Na optimalisatie
LA66 LoRaWAN Shield	227 μ A	227 μ A
VMA-430	40 mA	18,5 mA
BH1750	130 μ A	130 μ A
DHT22	11 μ A	11 μ A
DS18B20	4,8 μ A	4,8 μ A
Arduino Nano Every	30 mA	24 mA
SEN55	67 mA	6,8 mA
SCD41	18 mA	400 μ A
Totaal	150 mA	50 mA

Resultaten

Dit project realiseert een **privaat LoRaWAN-netwerk** (Fig. 3). Zo worden **sensordata betrouwbaar en energiezuinig** over lange afstanden naar een **centrale backend** gestuurd (Fig. 4).

De **Python/Flask-API** verwerkt en slaat alle binnenkomende meetwaarden op in een **database**. Een aangepast **VLINDER-dashboard** (Fig. 4.) toont deze data real time temperatuur, luchtvochtigheid, CO₂, fijnstof, lichtintensiteit en GPS en geeft direct inzicht in lokale hittestress [2].

Voor de hardware zijn twee **PCB-versies** ontwikkeld: **v1 met een Arduino Nano Every** (Fig. 1), **v2 met een zuinige STM32L071-microcontroller**. Dankzij **firmwareoptimalisaties** daalde het **stroomverbruik van v1 met 66%** (Tabel 1 & Fig. 6). Figuur 5 geeft de **high-level werking** van het systeem weer.

Off-grid vermogen wordt geleverd door een **batterij** en eventueel een **zonnepaneel**. De batterij kan met **USB-C worden opgeladen zonder fysieke verwijdering van de batterij** (Fig. 2).

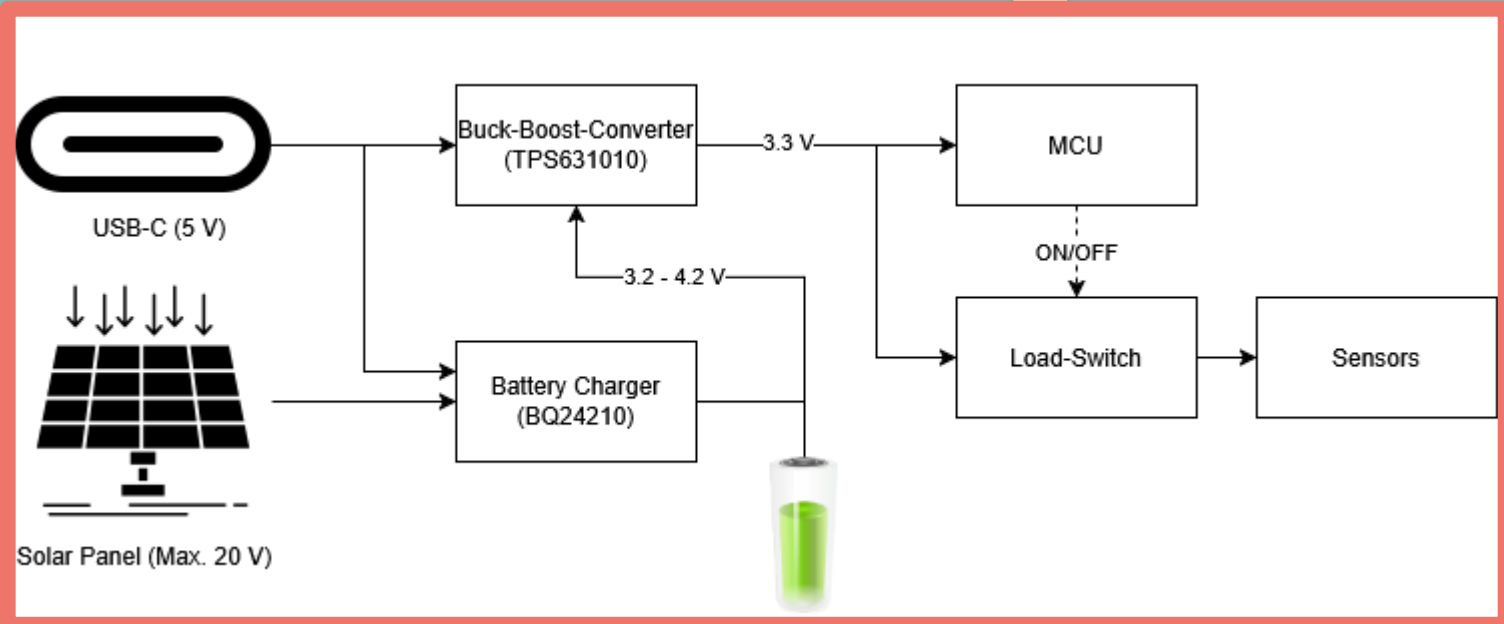


Fig. 2: Vermogencircuit PCB v2

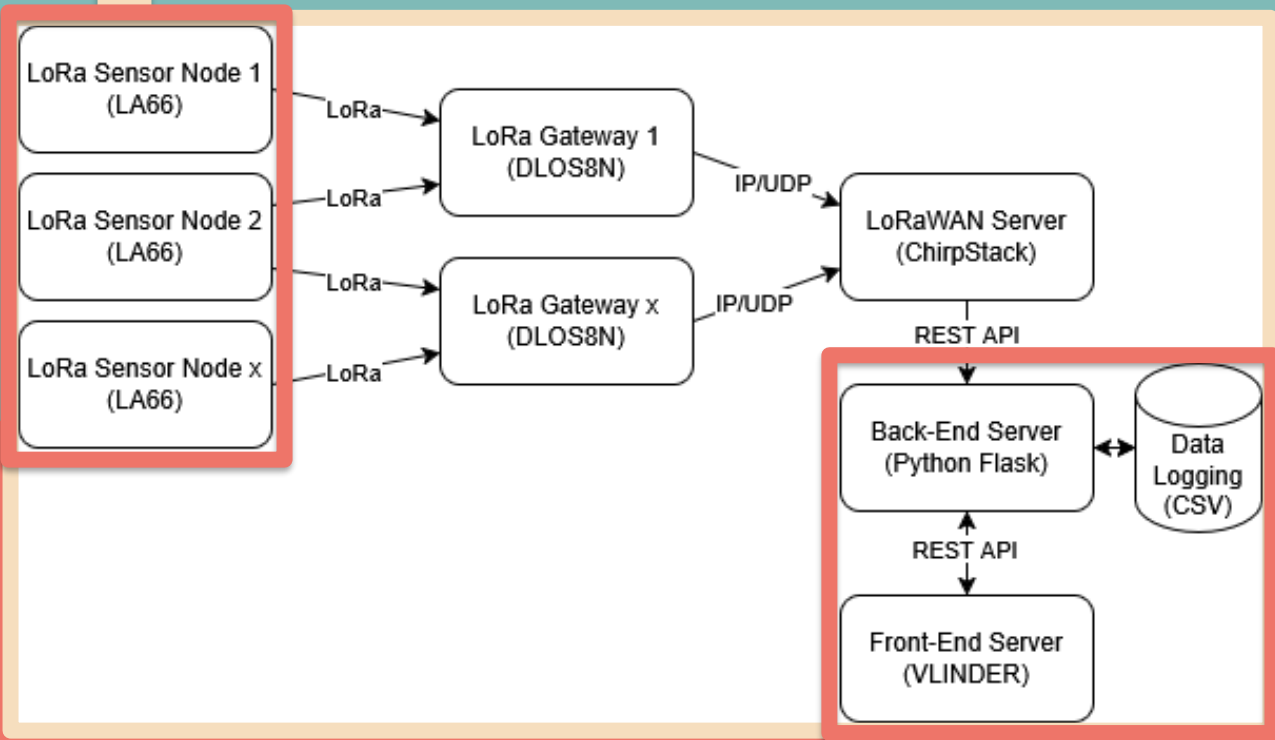


Fig. 3: Gerealiseerde LoRa-Netwerkkarchitectuur

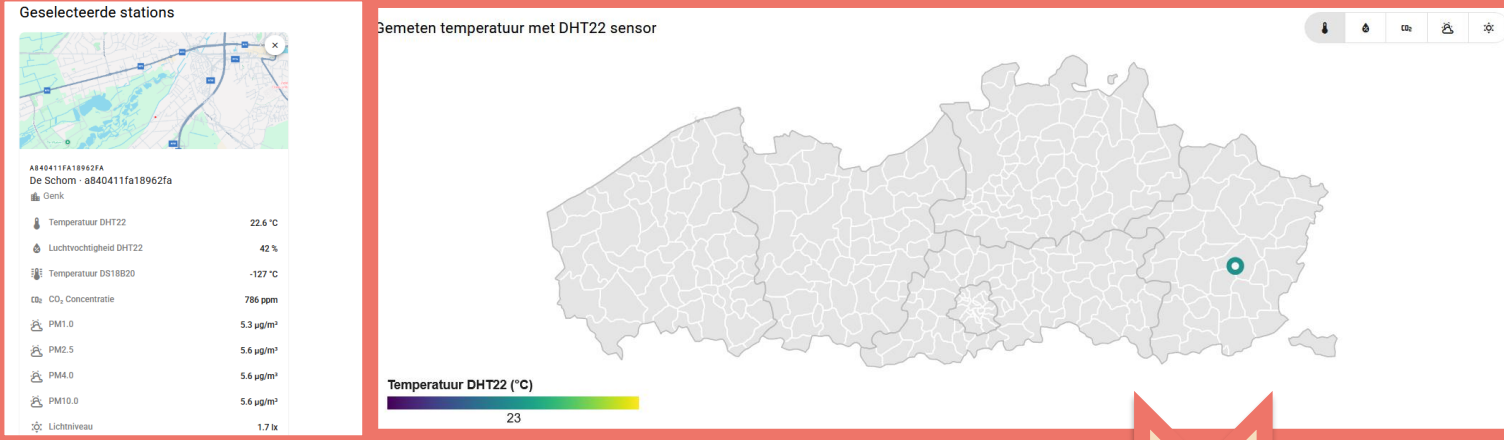


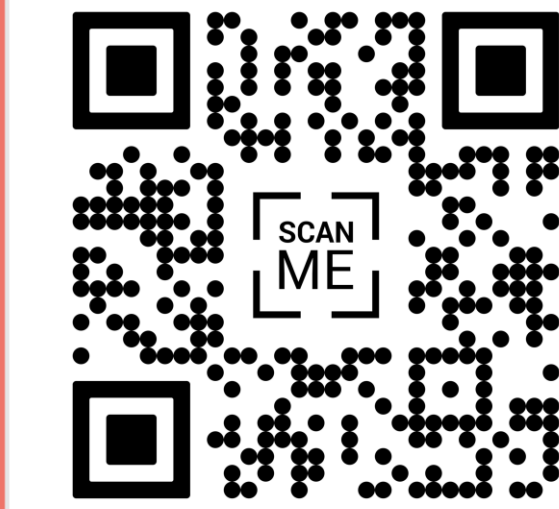
Fig. 4: Webinterface voor real-time visualisatie

Conclusie

Dit onderzoek demonstreert dat een **betaalbaar en betrouwbaar sensornetwerk** voor **stedelijke hittestressmonitoring** haalbaar is met zorgvuldig geselecteerde **sensoren** en een **privaat LoRaWAN-netwerk**. Twee **PCB-iteraties** en hardware- en firmware-optimalisaties verlaagden het **gemiddelde stroomverbruik met 66%**.

De **data-pipeline**, een **Python/Flask-REST API** en een aangepast **VLINDER-dashboard**, verwerkt binnenkomende payloads tot gestructureerde meetreeksen en biedt zowel **real-time visualisatie** als **historische trendanalyses**. Dit **proof-of-concept** bewijst de robuustheid en schaalbaarheid van het systeem voor **grootschalige inzet in stedelijke gebieden**, met ruimte voor verdere verfijning in **energiemanagement** en **geavanceerde data-analyses**.

Vooruitblik: **PCB-v2** is in productie en wordt binnenkort getest op **energieverbruik, zendbereik en robuustheid** in stedelijke omgevingen. Tegelijkertijd wordt er een **3D-geprinte, weerbestendige behuizing** ontwikkeld en worden er **veldvalidaties** uitgevoerd om het **complete sensornode-concept** af te ronden.



Mockup Site

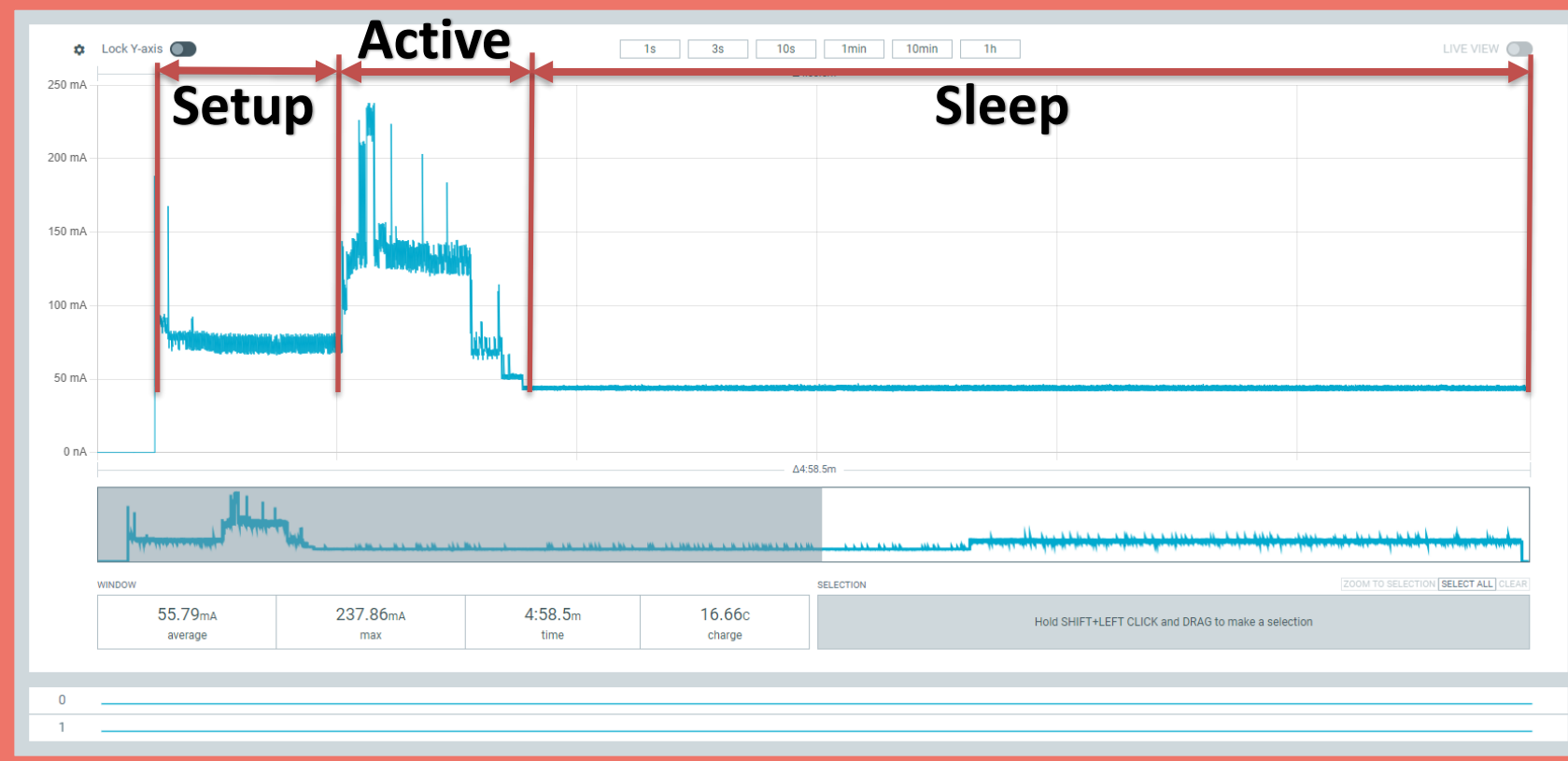


Fig. 6: Stroomverbruiksgrafiek na optimalisaties

Promotoren / Copromotoren / Begeleiders

ir. Sacha Takacs, prof. dr. ir. Ronald Thoelen

[1] P. J. Marcotullio, C. Keßler, and B. M. Fekete, "The future urban heat-wave challenge in Africa: Exploratory analysis," *Global Environmental Change*, vol. 66, Art. no. 102190, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.gloenvcha.2020.102190.

[2] S. Caluwaerts, S. Top, T. Vergauwen, G. Wauters, K. De Ridder, R. Hamdi, B. Mesuere, B. Van Schaeybroeck, H. Wouters, and P. Termonia, "Engaging schools to explore meteorological observational gaps," *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 102, no. 6, pp. E1126–E1132, 2021, doi: 10.1175/BAMS-D-20-0051.1.