

Examensarbete: Implementering av en skuggningsmodell i modellpaketet Alfrödull

25 november 2024

Bakgrund

Intresset för solcellsteknik växer snabbt i Sverige. Under 2023 anslöts totalt 1 598MW solcellskapacitet (AC) till elnätet, fördelat på 103 936 anläggningar [1]. Detta motsvarar en fördubbling av kapaciteten (101%) och en ökning med 88% i antalet anläggningar jämfört med det tidigare rekordåret 2022 [2]. Faktorer som bidragit till denna utveckling inkluderar det nya gröna avdraget som infördes 2021 samt höga elpriser under 2022 [2].

I ett nyligen avslutat forskningsprojekt (Energimyndigheten projektnr: 50265-1) utvecklades en metodik baserad på maskininlärning och bildigenkänning för att identifiera solenergianläggningar [3]. Denna metodik, som utgör första steget i modellpaketet **Alfrödull**, lyckades identifiera över 95% av alla solcellsanläggningar i två kommuner vid jämförelse med data från lokala nätägare [3]. Dessutom utvecklades en U-net-modell som genom segmentering kan uppskatta arean hos en solcellsanläggning med högre noggrannhet än tidigare rapporterade modeller.

Alfrödull inkluderar även en metod som, baserad på LiDAR-data, beräknar orientering och storlek på de identifierade systemen. Genom att kombinera denna information med lokal väder- och strålningsdata kan den aggregerade solkraftsproduktionen från alla solcellsanläggningar inom ett område simuleras med hög rumslig och tidsmässig upplösning. Den nuvarande simuleringsmodellen uppvisar determinationskoefficienter mellan 0,75 och 0,9 mellan simulerad och uppmätt timvis produktion för flera referenssystem [4].

Trots dessa framsteg kvarstår utmaningar i att modellera solcellsanläggningarnas faktiska energiproduktion. En av de största osäkerheterna är påverkan av skuggning från omkringliggande hinder såsom byggnader, träd och terräng. För att förbättra noggrannheten i produktionssimuleringarna behöver Alfrödull kompletteras med en skuggningsmodell som tar hänsyn till dessa faktorer.

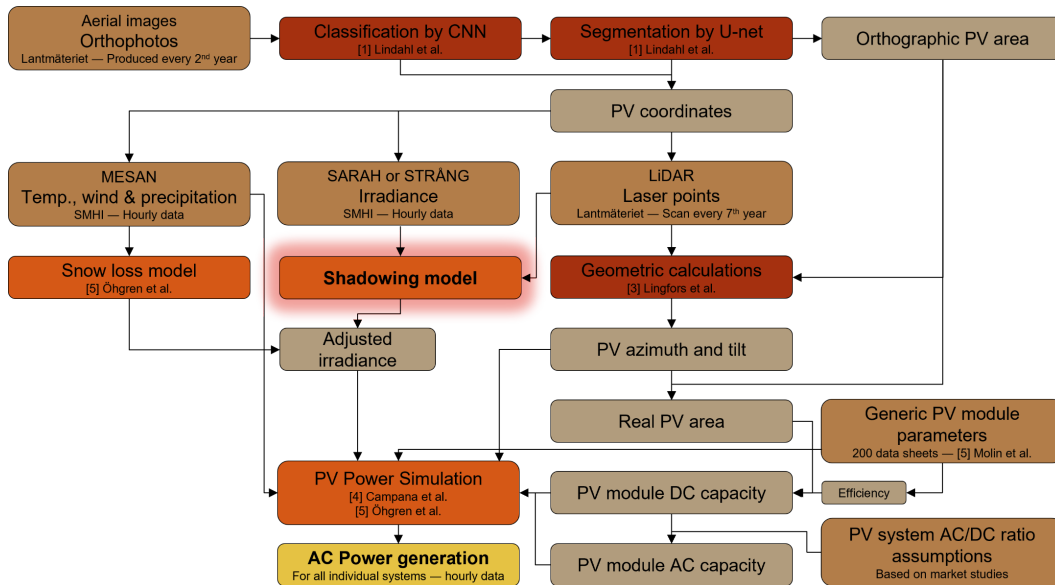
Lantmäteriet, Sveriges myndighet för kartografi och fastighetsindelning, har tillgängliggjort högupplöst LiDAR-data över hela landet [6]. Denna data möjliggör identifiering och kvantifiering av skuggande objekt i närheten av solcellsanläggningar. Genom att använda Lantmäteriets LiDAR-data kan en detaljerad 3D-modell av omgivningen skapas, vilket möjliggör beräkning av skuggningens inverkan på energiproduktionen över tid.

Syfte och mål

Syftet med examensarbetet är att utveckla och implementera en skuggningsmodell i modellpaketet Alfrödull, baserad på omkringliggande hinder identifierade med Lantmäteriets LiDAR-data. Modellen ska kunna beräkna skuggningspåverkan på individuella solcellsanläggningar och integreras i det befintliga ramverket för att förbättra noggrannheten i produktionssimuleringar.

Målen med projektet är:

- Att undersöka och analysera befintliga metoder för skuggningsmodellering med hjälp av LiDAR-data, inklusive avancerade geometriska beräkningar.
- Att utveckla en algoritm för att identifiera och modellera skuggande objekt kring solcellsanläggningar.
- Att implementera skuggningsmodellen i Alfrödull.
- Att validera modellens prestanda genom jämförelse med uppmätta produktionsdata från referenssystem som påverkas av skuggning.
- Att dokumentera arbetet och presentera resultaten i en rapport.



Figur 1: Schematisk illustration som visar de olika stegen och delmomenten i metoden Alfrödull för att simulera solkraftsproduktion från samtliga anläggningar inom ett område, med hänsyn till varje anläggnings individuella orientering. Figuren markerar specifikt det steg i metoden som detta projekt syftar till att vidareutveckla.

Metod

Arbetet kommer att omfatta följande steg:

1. **Litteraturstudie:** Studera befintliga metoder för skuggningsmodellering med LiDAR-data, inklusive avancerade geometriska beräkningar och tidigare forskning inom området [5].
2. **Datahantering:** Samla in och förbereda nödvändiga LiDAR-data från Lantmäteriet samt andra relevanta data, såsom väder- och strålningsdata.
3. **Algoritm utveckling:** Utveckla och implementera en algoritm för att identifiera skuggande objekt och beräkna deras påverkan på solinstrålningen över tid.
4. **Integration:** Integrera den utvecklade skuggningsmodellen i Alfrödull-paketet och säkerställa kompatibilitet och prestanda.

5. **Validering:** Testa modellen mot uppmätta data från utvalda solcellsanläggningar och analysera resultaten.
6. **Dokumentation:** Skriva en rapport som beskriver metodik, implementering, resultat och slutsatser.

Förväntade resultat

Det förväntade resultatet av examensarbetet är:

- En fungerande skuggningsmodell implementerad i AlfröduLL som ökar noggrannheten i simuleringar av solcellsanläggningars energiproduktion.
- En dokumenterad metodik och kodbas som kan användas för vidare utveckling och forskning.
- En vetenskaplig rapport som uppfyller kraven för examensarbete vid civilingenjörsprogrammet i elektroteknik.

Förkunskaper

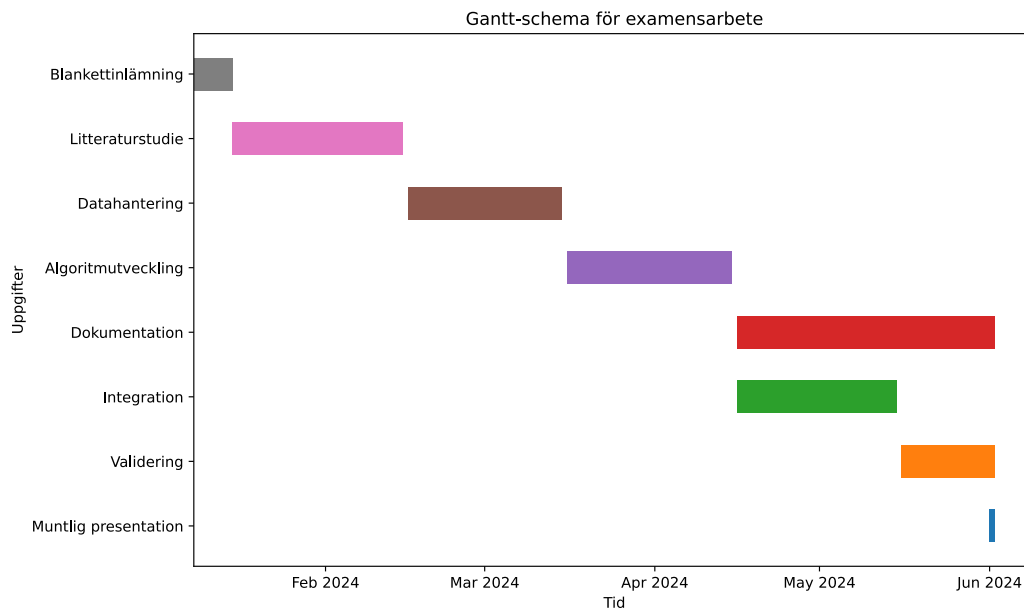
Projektet ställer krav på:

- Goda kunskaper inom signalbehandling och modellering av elektriska system.
- Erfarenhet av programmering i Python.
- Grundläggande förståelse för sensorteknologi och hantering av data från mättekniska system, såsom LiDAR.
- Förståelse för geometrisk modellering och 3D-databehandling.
- Kunskap om kontrollsystem och algoritmutveckling.
- Intresse för tillämpningar inom energi- och solcellsteknik.

Avgränsningar

I detta examensarbete kommer följande avgränsningar att göras:

- Modellen kommer endast att beakta solcellssystem och inte solvärme.
- Skuggningsmodellen kommer att utvecklas baserat på redan identifierade solcellsanläggningar i tre svenska kommuner som tidigare har skannats av.
- Befintliga referenssystem som Becquerel har tillgång till kommer att användas för valideringen; inga nya referenssystem kommer att anskaffas.
- Skuggningsmodellen kommer att utvecklas utifrån befintliga tillgängliga instrålningsdata mellan 2018 och 2024 från källan SARAH.



Figur 2: Gantt-schema för projektet

Referenser

- [1] Energimyndigheten, “Nätanslutna solcellsanläggningar,” 2023. <https://www.energimyndigheten.se/statistik/> (hämtad 8 oktober 2023).
- [2] A. Oller Westerberg och J. Lindahl, “National Survey Report of PV Power Applications in Sweden 2022,” 2022.
- [3] Å. Frimane, R. Johansson, J. Munkhammar, D. Lingfors och J. Lindahl, “Identifying small decentralized solar systems in aerial images using deep learning,” *Solar Energy*, vol. 262, 2023, doi: 10.1016/j.solener.2023.111822.
- [4] L. Molin, S. Ericson, D. Lingfors, J. Munkhammar och J. Lindahl, “Validation of a PV generation model for simulation of wide area aggregated distributed PV power generation that takes individual systems location and orientation into account,” i *40th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EUPVSEC)*, 2023, s. 020527–001.
- [5] D. Lingfors m.fl., “Identification of PV system shading using a LiDAR-based solar resource assessment model: An evaluation and cross-validation,” *Solar Energy*, vol. 159, s. 157–172, 2018.
- [6] Lantmäteriet, “Laserdata—Nationell höjdmodell,” 2023. <https://www.lantmateriet.se/sv/geodata/vara-produkter/produktlista/laserdata-nedladdning-nh/>.