



Nurses rostering problem

Industrial Mathematics @ MIMUW by F33

F33 Company



Who is F33.ai?



- F33 is a modern ML and cloud consulting company focused on helping our customers execute complex **technology transformations** for **business impact** and **outcomes**.
- Our team is made up of **data scientists, engineers, and cloud developers** who are the top in their field, and span the globe.





Adam Massey - CEO

- 20+ years Enterprise Software
- Google, Oracle, Interwoven



Greg Bigos - COO

- Manufacturing/ERP Specialist
- 20+ years Enterprise software, infra and consulting leadership



Wit Jakuczun, PhD - CTO/Chief Data Scientist

- 15+ years practical experience in data science, analytics, and advanced mathematics

Bogumił Kamiński, PhD - Data Science Advisory Board



- 20+ years of experience in advising enterprises in developing data-driven strategies
- Researcher in the field of data analysis algorithms and applications

Areas of expertise



**Data
Science,
Machine
Learning &
AI**

**Data
Engineering
and Cloud
Infrastructure**

**Robotic
Process
Automation**

**Systems
integration &
Software
Development**

Our partners:



Google Cloud



snowflake



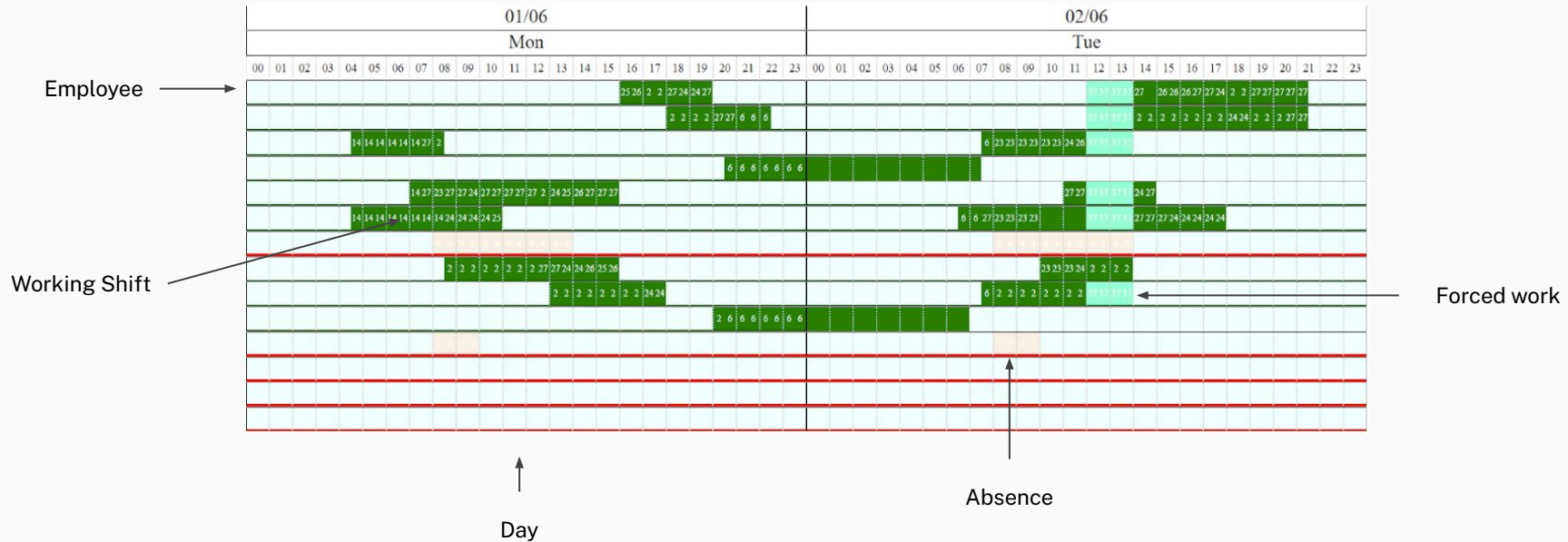
Azure



data
iku

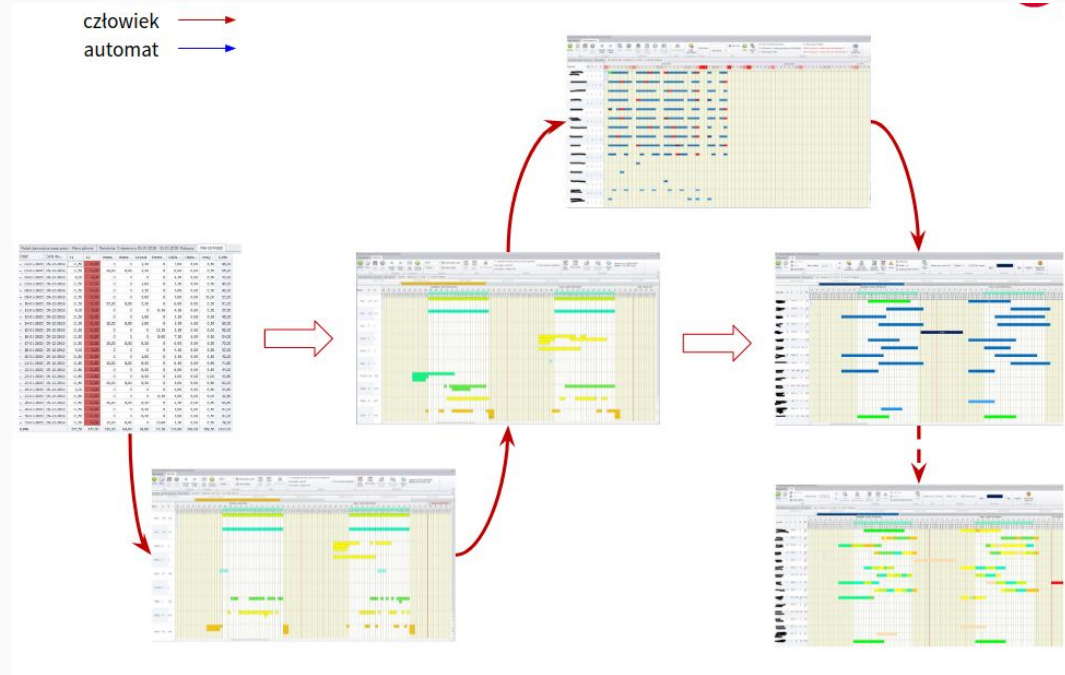
(~~Nurse~~/Real life) Rostering Problem

What is roster?



Business process

- Multistage complex business process
- Many inputs from people
 - Preferences
 - Absences



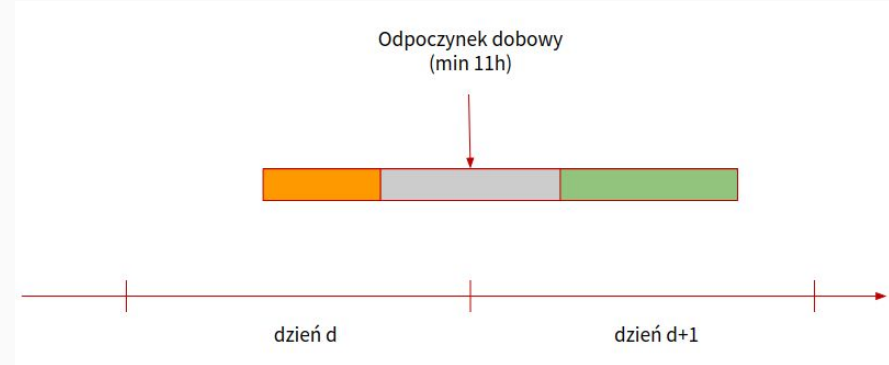
Example: daily rest constraint

Around 270-280 shifts

Due to daily rest constraint not all shifts can be in a direct sequence

Example:

- 10 people
- 30 planning days
- **Constraints cnt:**
 $10 \cdot 29 \cdot 280 \cdot 280 = 22\,736\,000$



What is the scale?



1500+ shops

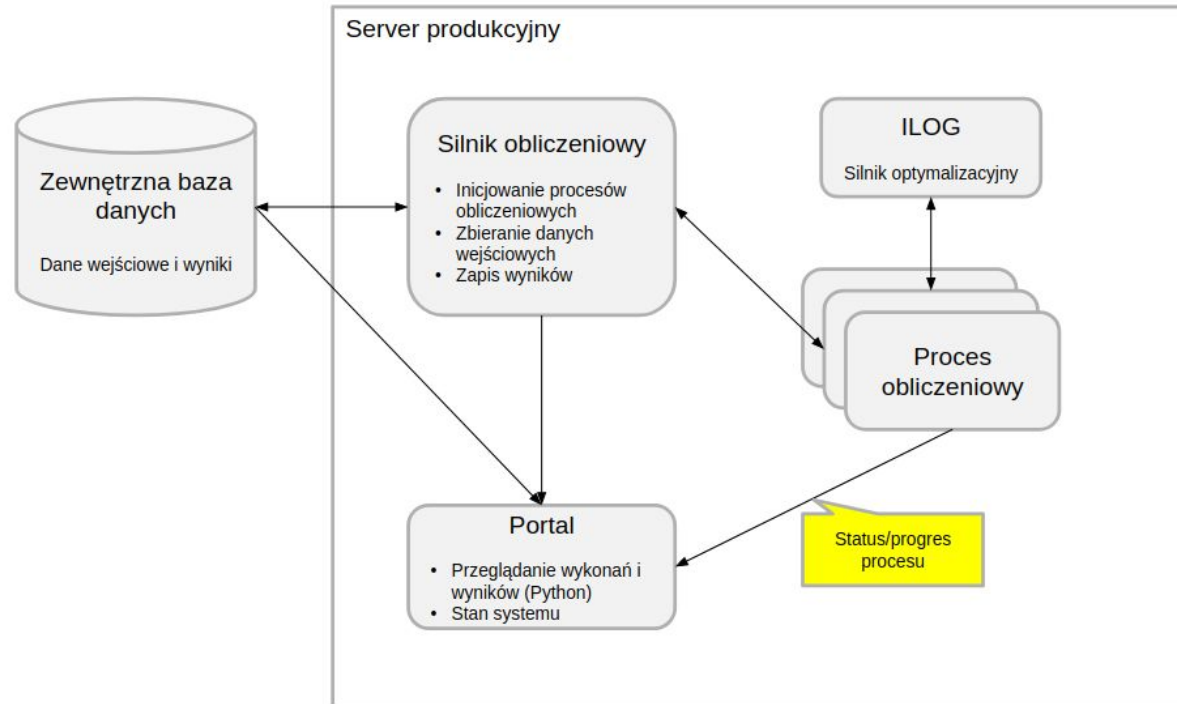
15 persons per shop (ave) (5-50 range)

2h to calculate all rosters

Too big to handle by commercial solver

IT Architecture

- 2h computing time
 - **1500x2h = 3000h corehours (!!!)**
- AWS EC2 cloud
 - c5.18xlarge instance
 - 72 cores, 144GB
- Cost per one computation
 - 21 instances to compute all rosters
 - \$128.52 (485.63 PLN)



(Nurse/~~Real~~Life) Rostering Problem

What is your task?



- **Customer:** I would like to improve roster generation process in our hospital.
- **F33 sales:** OK. Can you elaborate more on the problem?
 - *Description you got is gathered by our sales team.*
- **F33 sales (to you):** For tomorrow please :)
 - Are there any risks?
 - What is the schedule?
 - What is architecture?
 - What team and what workload?

What was given by sales team?



W szpitalu pracuje N pielęgniarek. Pielęgniarki pracują w systemie zmianowym - maksymalnie jedną zmianę dziennie. W trosce o zdrowie kadry nie może zdarzyć się sytuacja, w której pielęgniarka będzie pracować na zmianie nocnej i porannej pod rząd. Dodatkowo, pielęgniarki mają osobiste preferencje dotyczące zmian oraz towarzystwa.

Należy ustalić grafik w sposób, który pozwoli na obsadzenie wszystkich zmian odpowiednią liczbą pielęgniarek, bezwzględnie zachowując ograniczenia wynikające z zasad oraz spełniając jak najwięcej preferencji pielęgniarek.

Your task is to do fast POC to validate the problem is tractable.

Schedule of work

Tasks and deadlines



2021-05-04	2021-05-11	2021-05-18	2021-05-25	2021-06-01	2021-06-08?
Kick off Agenda Context description Communication Timeline	Formal problem description Minimum Formal problem description Optimum AMPL version of the problem formulation	First working version Minimum Working version for basic formulation Optimum Working version for intermediate formulation	Improving solution Minimum Working version for basic formulation Optimum Working version for intermediate or advanced formulation	Improving solution Minimum Working version for basic formulation Optimum Working version for intermediate or advanced formulation	Improving solution Minimum Working version for basic formulation Optimum Working version for intermediate or advanced formulation

Success measure



- Minimum
 - We can run your code on our data for variant [V1](#)
- Optimum
 - We can run your code on our data for variant [V2](#) or [V3](#)
- Best :)
 - We keep right to select the best solution

Contacts (on-demand)



- Wit Jakuczun
 - wit@fourteen33.com
- Maria Naklicka
 - mnaklicka@fourteen33.com

Literature



[Applications of optimization with Xpress-MP \(PDF\) - must read](#)

[AMPL Example files](#)

[NEOS Solvers](#)

[Model Building in Mathematical Programming](#)

[recommendation = optimization\(prediction\) - my slides with extra information](#)

What are your
questions?



Variants for you



V1 - basic variant



1. Pielęgniarka ma prawo wziąć wolne na dowolny dzień (i dowolnie dużo tego wolnego) i pracodawca nie może jej tego zabronić.
2. Pielęgniarki mogą zgłaszać preferencje co do towarzystwa na zmianie - zarówno z kim **nie chcą** być na zmianie jak i to, z kim **chcą** pracować.

V2 - intermediate variant



1. Pielęgniarka ma prawo wziąć wolne na dowolny dzień (i dowolnie dużo tego wolnego) i pracodawca nie może jej tego zabronić.
2. Pielęgniarki mogą zgłaszać preferencje co do towarzystwa na zmianie - zarówno z kim **nie chcą** być na zmianie jak i to, z kim **chcą** pracować.
3. Jedna pielęgniarka nie może mieć więcej niż 6 nocnych zmian w tygodniu.
4. Pielęgniarki mogą zgłaszać preferencje odnośnie dnia tygodnia i zmiany, kiedy chciałyby lub nie chciały pracować.
5. Każda pielęgniarka ma pewną liczbę godzin do przepracowania.
6. Liczba zaplanowanych weekendów powinna być możliwie równo rozłożona pomiędzy pielęgniarki.

V3 - advanced (full) variant



1. Pielęgniarka ma prawo wziąć wolne na dowolny dzień (i dowolnie dużo tego wolnego) i pracodawca nie może jej tego zabronić.
2. Pielęgniarki mogą zgłaszać preferencje co do towarzystwa na zmianie - zarówno z kim **nie chcą** być na zmianie jak i to, z kim **chcą** pracować.
3. Jedna pielęgniarka nie może mieć więcej niż 6 nocnych zmian w tygodniu.
4. Pielęgniarki mogą zgłaszać preferencje odnośnie dnia tygodnia i zmiany, kiedy chciałyby lub nie chciały pracować.
5. Każda pielęgniarka ma pewną liczbę godzin do przepracowania.
6. Liczba zaplanowanych weekendów powinna być możliwie równo rozłożona pomiędzy pielęgniarki.
7. Każda pielęgniarka raz w tygodniu musi mieć wolne 24h.