Poznajemy warstwę fizyczną

Opowieść i mapa czujników w serwerowni Zielonej.

- Warstwa fizyczna: wszystko, czego nie widać w terminalu
- Serwerownia Zielonej: gdzie stoją czujniki i dokąd płyną alarmy

Warstwa fizyczna: wszystko, czego nie widać w terminalu

Poziom: podstawy **Dotyczy: serwerownia Zielonej w Pamiątkowie** **Czas: ~15 min**

Ta strona otwiera książkę o tym, co trzyma serwery przy życiu, a czego nie zobaczymy w żadnej konsoli: o prądzie, chłodzeniu, wodzie, dymie i drzwiach. Wyjaśniamy, dlaczego administrator musi to rozumieć, i pokazujemy, jak ułożona jest cała książka.

Skróty użyte na tej stronie (14)

Skrót	Co znaczy
BEA-RI	Bureau d'Enquêtes et d'Analyses sur les Risques Industriels: francuski organ badający przyczyny wypadków przemysłowych
DCIM	Data Center Infrastructure Management: dokumentacja tego, co fizycznie stoi w serwerowni, czyli szafy, urządzenia i okablowanie
ESP32	Tani mikrokontroler z Wi-Fi i Bluetooth firmy Espressif: malutki komputer, z którego budujemy własne czujniki sieciowe
IBM	International Business Machines: firma, w której laboratorium powstał model relacyjny i pierwszy działający silnik SQL
ISO	International Organization for Standardization: organizacja, która wydaje normy techniczne używane na całym świecie
IT	Information Technology: dział albo praca związana z komputerami i infrastrukturą firmy
MIT	MIT License: bardzo liberalna licencja wolnego oprogramowania, pozwala na dowolne użycie i modyfikację kodu
OSI	Open Systems Interconnection: siedmiowarstwowy model opisu komunikacji w sieci, w którym pierwsza warstwa to kable i sygnały
RFC	Request for Comments: oficjalny dokument opisujący standard internetowy, na przykład sposób działania danego protokołu; w ITIL także Request for Change, czyli wniosek o zmianę
SBG2	Strasbourg 2: nazwa jednego z budynków centrum danych OVHcloud w Strasburgu, który spłonął w 2021 roku
SNMP	Simple Network Management Protocol: protokół odczytu stanu urządzeń sieciowych
UPS	Uninterruptible Power Supply: zasilacz awaryjny, podtrzymuje zasilanie urządzeń na czas zaniku napięcia z sieci

Skrót	Co znaczy
Wi-Fi	Sieć bezprzewodowa: wygodna w biurze, ale w serwerowni dokłada kolejną możliwą przyczynę awarii
WMS	Warehouse Management System: system zarządzania magazynem

Skąd się wzięło

> **Pojęcie: warstwa fizyczna.** W modelu OSI, czyli w sposobie opisu komunikacji w sieci, pierwsza z siedmiu warstw: kable, złącza i sygnały elektryczne albo świetlne, którymi naprawdę płyną dane. W tej książce rozszerzamy to znaczenie na wszystko, co leży pod systemem operacyjnym: budynek, zasilanie, chłodzenie, okablowanie i czujniki, które tego pilnują.

Model OSI opublikowano w 1984 roku jako normę ISO 7498 [1]. Administrator zwykle pracuje wyżej, w systemie i sieci, a serwer nie wie, że w pokoju zrobiło się 45 °C, dopóki sam się nie wyłączy.

Wnętrze centrum danych z rzędami szaf serwerowych. Wszystko, co je zasila i chłodzi, jest warstwą

Wnętrze centrum danych z rzędami szaf serwerowych. Wszystko, co je zasila i chłodzi, jest warstwą fizyczną tej książki. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Trzy awarie, które to pokazały

Pierwsza jest najgłośniejsza. W nocy 10 marca 2021 roku w Strasburgu spłonęło centrum danych SBG2 firmy OVHcloud, zbudowane w 2016 roku na 30 tysięcy serwerów, a sąsiedni SBG1 został częściowo zniszczony [2]. Dane klientów i kopie zapasowe z tego samego budynku przepadły, a firma oszacowała straty na około 105 milionów euro [2].

Francuski organ badający wypadki przemysłowe, BEA-RI, w raporcie z czerwca 2022 roku nie wskazał jednej przyczyny. Zapisał, że czujniki wykryły nieprawidłową wilgotność przy falownikach w pomieszczeniu zasilania, około 23:15 i 0:30, przed pożarem, ale nie rozstrzygnął, czy to błąd pomiaru, czy prawdziwy skok. Wskazał też brak automatycznego gaszenia i drewniane podłogi o odporności ogniowej jednej godziny [3].

Druga awaria dotyczy chłodzenia. We wtorek 19 lipca 2022 roku w Wielkiej Brytanii zanotowano rekordowe 40,3 °C [4]. W jednym z centrów danych Google w Londynie jednocześnie zawiodło kilka

redundantnych systemów chłodzenia, więc inżynierowie wyłączyli część sprzętu, żeby go nie zniszczyć. Incydent objął ponad 20 usług i trwał od 19 lipca 06:33 do 20 lipca 21:20 czasu pacyficznego [5].

Trzecia awaria dotyczy zasilania awaryjnego. W sobotę 15 października 2022 roku w centrum danych SK C&C w Pangyo pod Seulem zapaliły się baterie litowo-jonowe, według doniesień w trzeciej kondygnacji podziemnej, a pożar ugaszono po około ośmiu godzinach [6]. Przestały działać usługi firmy Kakao, w tym komunikator KakaoTalk, a większość wróciła dopiero we wtorek 18 października [6]. Dostawca baterii, firma SK On, przekazał, że do chwili pożaru nie dostał żadnego alertu z systemu zarządzania bateriami [7].

We wszystkich trzech przypadkach zawiodło coś fizycznego, więc oprogramowanie i kopie nie miały nic do powiedzenia.

Od termometru do DCIM

> **Pojęcie: DCIM.** Oprogramowanie, które zbiera w jednym miejscu wiedzę o sprzęcie IT i o infrastrukturze budynku: temperaturze, prądzie, wilgotności, wolnych miejscach w szafach [8].

Przez długie lata wystarczał termometr na ścianie i obchód. W epoce komputerów IBM 360 chłodzenie wodne potrafiło zatrzymać maszynę po pęknięciu węża albo zaworu [9]. Przełom przyszedł z sieciami: w maju 1990 roku RFC 1157 opisał protokół SNMP do odpytywania urządzeń przez sieć [10], a w 2004 roku ukazał się Zabbix 1.0, darmowy system monitoringu [11].

W 2011 roku analitycy Gartnera przewidywali, że narzędzia klasy DCIM urosną z 1 procenta wdrożeń w 2010 roku do 60 procent w 2014 [8]. We wrześniu 2016 roku Espressif wypuścił ESP32, tani mikrokontroler z Wi-Fi i Bluetooth [12]. Od tej pory własny czujnik sieciowy zbuduje każdy, i tak zrobimy w stronach praktycznych.

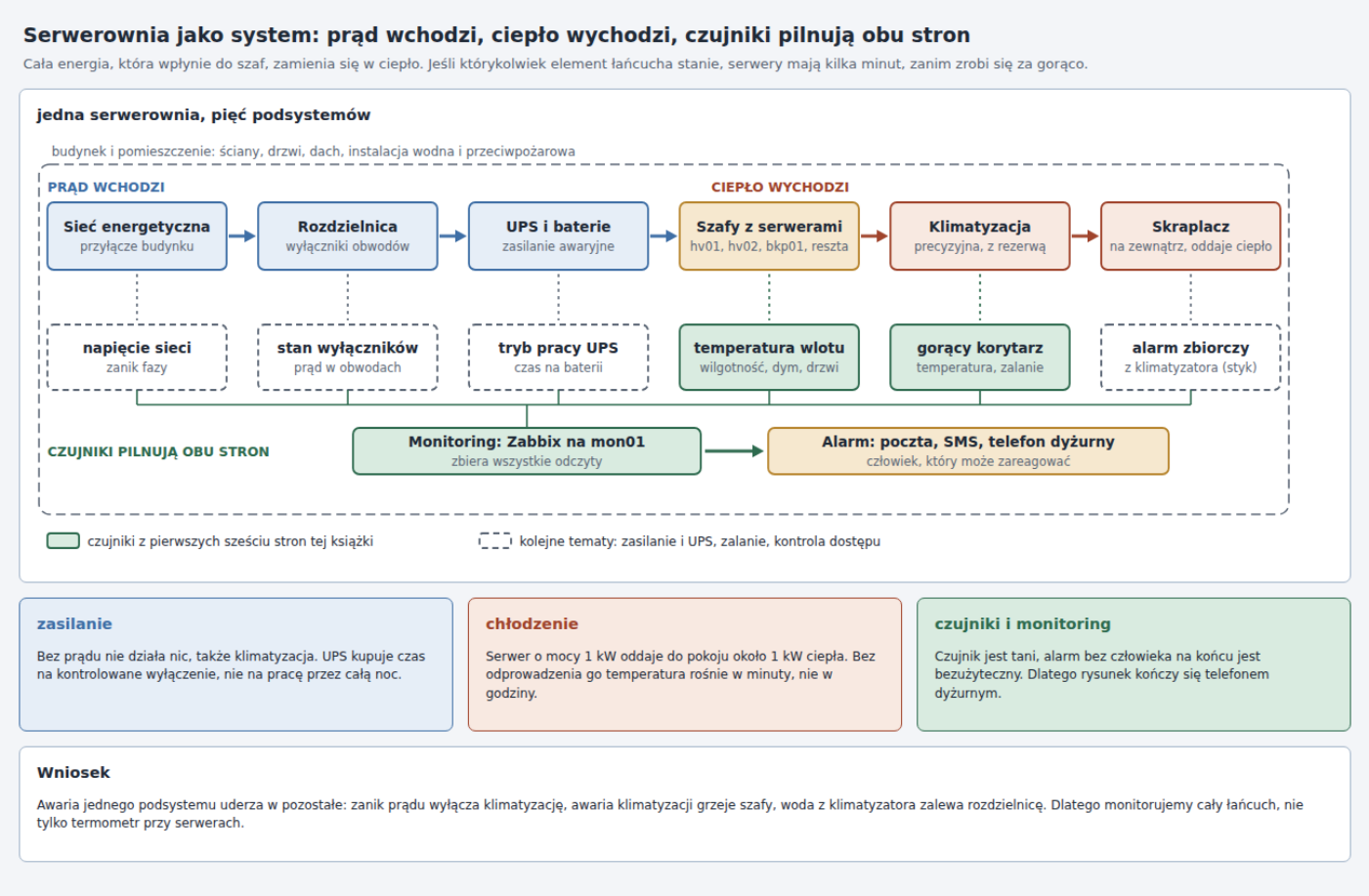
Jak to działa w jednym obrazku

> **Pojęcie: serwerownia.** Pomieszczenie zbudowane tak, żeby sprzęt IT miał stały prąd, stałą temperaturę i ograniczony dostęp. Jeśli zawiedzie jedno z trzech, reszta nie ma znaczenia.

> **Pojęcie: czujnik.** Urządzenie, które zamienia wielkość fizyczną, na przykład temperaturę, wilgotność albo obecność dymu, na sygnał elektryczny, który potrafi odczytać komputer.

> **Pojęcie: UPS.** Zasilacz awaryjny z baterią. Kupuje kilka do kilkunastu minut, żeby serwery zdążyły się wyłączyć po kolei, a nie w połowie zapisu.

Serwerownia to system, w którym prąd wchodzi, a ciepło wychodzi. Każdy wat pobrany przez serwery zamienia się w ciepło, więc zasilanie i chłodzenie to dwie strony jednej monety. Czujniki pilnują obu, a monitoring łączy ich odczyty z człowiekiem.



Rysunek 1. Serwerownia jako system: prąd wchodzi przez rozdzielnicę i UPS do szaf, ciepło wychodzi przez klimatyzację na zewnątrz, a czujniki w każdym ogniwie łańcucha raportują do monitoringu i do dyżurnego. Warto zauważyć, że pierwsze sześć stron książki obejmuje tylko część czujników. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Dlaczego Zielona

Z ŻYCIA WZIĘTE

Sobota w sierpniu, 2:40. W serwerowni w Pamiątkowie staje klimatyzator, wtedy jeszcze jedyny (drugi, B, dokupiono po tej nocy), bo zabezpieczenie wyłączyło go po krótkim zaniku

> napięcia, a na zewnątrz trwa upał. Nikt o tym nie wie: jedynym czujnikiem jest termometr z marketu, przyklejony do szafy. W poniedziałek o 6:05 Marek dzwoni ze Swarzędzia, że skanery nie widzą WMS. `ora01` wyłączył się sam po przegrzaniu, `hv02` ledwo odpowiada, a termometr na szafie pokazuje 48 °C.

Magazyn przepracował pół dnia na papierowych listach, a my do południa uruchamialiśmy sprzęt w kolejności, która nie zrobi krzywdy bazom. Pan Zbigniew zapytał, ile kosztuje czujnik, a ile jeden dzień przestoju magazynu. Odpowiedź załatwiła sprawę.

Zielona ma dość sprzętu, żeby awaria bolała, i za mało ludzi, żeby ktoś siedział w serwerowni po godzinach. W takiej firmie alarm musi znaleźć człowieka, zanim zrobi to poniedziałek.

Mapa tej książki

Sześć stron tematycznych idzie parami: teoria, czyli jak działa czujnik, i praktyka, czyli jak go wybrać, zamontować i zbudować.

Strona	Na jakie pytanie odpowiada
Termometry: rodzaje, zasada działania i zastosowania	Jak działają termopara, Pt100 i czujniki cyfrowe i który z nich nadaje się do pomiaru powietrza w szafie
Termometry w praktyce: wybór, montaż i własny czujnik (DIY)	Jak zbudować i skalibrować czujnik temperatury i wpiąć go w Zabbixa
Higrometry: rodzaje, zasada działania i zastosowania	Co naprawdę mierzy wilgotność względna i po co nam punkt rosy
Higrometry w praktyce: wybór, montaż i własny czujnik (DIY)	Jak zmierzyć wilgotność, nie oszukując się na wskazaniach
Czujniki dymu: rodzaje, zasada działania i zastosowania	Jak działa czujka optyczna, jonizacyjna i system zasysający
Czujniki dymu w praktyce: wybór, montaż i własny moduł (DIY)	Co możemy zbudować sami, a czego nie zastąpi certyfikowana instalacja

Najpierw czytamy Serwerownia Zielonej: gdzie stoją czujniki i dokąd płyną alarmy, czyli to, jak wygląda dziś nasza serwerownia. Kolejne tematy, które dopiszemy:

- zalanie: czujniki wody i miejsca, w których woda pojawia się najpierw,
- zasilanie i UPS: moc, czas na baterii, testy,
- kontrola dostępu: karty, kontaktrony, dziennik wejść,
- okablowanie: miedź, światłowód, porządek w szafach.

Powiązane: Serwerownia Zielonej: gdzie stoją czujniki i dokąd płyną alarmy

Źródła:

1. en.wikipedia.org/wiki/OSI_model: Model OSI i warstwa fizyczna
2. en.wikipedia.org/wiki/OVHcloud: OVHcloud, sekcja o pożarze w Strasburgu
3. DatacenterDynamics, „OVHcloud SBG2 fire report reveals water was detected near power inverters": datacenterdynamics.com
4. Free Press Journal, „Record-breaking UK heatwave shuts Google Cloud, Oracle data centre servers": freepressjournal.in
5. Google Cloud Service Health, incydent z 19 lipca 2022 w europe-west2: status.cloud.google.com
6. The Korea Times, „Kakao services nearly in full swing after fire", 18 października 2022: koreatimes.co.kr
7. Data Center Knowledge, „Data Center Fire Triggers Lithium-Ion Battery Doubts for South Korea", 24 października 2022: datacenterknowledge.com
8. Data Center Knowledge, „Understanding the Advent of DCIM", 11 sierpnia 2011: datacenterknowledge.com oraz en.wikipedia.org/wiki/Data_center_infrastructure_management
9. MIT Technology Review, „Fifty Years of Water Cooling", 2010: technologyreview.com
10. RFC 1157, A Simple Network Management Protocol (SNMP), maj 1990: rfc-editor.org
11. en.wikipedia.org/wiki/Zabbix: Zabbix, historia
12. en.wikipedia.org/wiki/ESP32: ESP32, data premiery 6 września 2016

Serwerownia Zielonej: gdzie stoją czujniki i dokąd płyną alarmy

Poziom: podstawy **Dotyczy: serwerownia w Pamiątkowie, Zabbix na mon01**

Czas: ~30 min

Ta strona pokazuje, jak wygląda i co mierzy serwerownia Zielonej: gdzie stoją czujniki, jakie mają progi i dokąd płyną ich alarmy. Teorię o samych czujnikach zostawiamy stronom tematycznym, tu składamy je w całość. Wracamy tu przy każdej rozbudowie, zmianie progów i przeglądzie.

Skróty użyte na tej stronie (22)

Skrót	Co znaczy
API	Application Programming Interface: sposób, w jaki programy rozmawiają ze sobą
ASD	Aspirating Smoke Detection: system zasysający, w którym wentylator zasysa powietrze rurą do bardzo czułego detektora dymu
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers: amerykańskie stowarzyszenie inżynierów, którego zalecenia opisują temperaturę i wilgotność w serwerowniach
ESP32	Tani mikrokontroler z Wi-Fi i Bluetooth firmy Espressif: malutki komputer, z którego budujemy własne czujniki sieciowe
ESPHome	Oprogramowanie, które zamienia ESP32 w gotowy czujnik sieciowy bez pisania kodu od zera, a odczyty udostępnia przez sieć
GSM	Global System for Mobile Communications: standard sieci komórkowej, z którego korzysta modem wysyłający SMS
HTTP	Hypertext Transfer Protocol: protokół stron WWW
IT	Information Technology: dział albo praca związana z komputerami i infrastrukturą firmy
JSON	JavaScript Object Notation: tekstowy format danych z klamrami i cudzysłowami
kVA	Kilowoltoampery: moc pozorna zasilacza UPS, określa, jaki sprzęt może on zasilić
kW	Kilowat: tysiąc watów, miara mocy; prawie cała moc pobrana przez serwery zamienia się w ciepło

Skrót	Co znaczy
MSWiA	Ministerstwo Spraw Wewnętrznych i Administracji: wydaje rozporządzenie o ochronie przeciwpożarowej budynków, w tym o gaśnicach i przeglądach
N+1	Układ z rezerwą: jedno urządzenie więcej, niż potrzeba, więc awaria jednego nie zatrzymuje całości
NUT	Network UPS Tools: zestaw programów na Linuksie, który odczytuje stan zasilacza UPS i wyłącza serwery, gdy baterie się kończą
PDU	Power Distribution Unit: listwa zasilająca w szafie rack, w droższych wersjach z gniazdami mierzonymi i wejściem na czujnik temperatury
PKN-CEN/TS	Polski Komitet Normalizacyjny, europejska specyfikacja techniczna: dokument opisujący, jak serwisować instalacje, na przykład pożarowe
PoE	Power over Ethernet: zasilanie urządzenia tym samym kablem sieciowym, którym płyną dane
REST	sposób budowania API przez zwykłe żądania HTTP (GET, POST) zamiast osobnego protokołu
SMS	Short Message Service: krótka wiadomość tekstowa na telefon, która dociera także bez internetu
SNMP	Simple Network Management Protocol: protokół odczytu stanu urządzeń sieciowych
UPS	Uninterruptible Power Supply: zasilacz awaryjny, podtrzymuje zasilanie urządzeń na czas zaniku napięcia z sieci
Wi-Fi	Sieć bezprzewodowa: wygodna w biurze, ale w serwerowni dokłada kolejną możliwą przyczynę awarii

Z życia wzięte

Z ŻYCIA WZIĘTE

Piątek, 16:05. Telefon dyżurny dzwoni Tomkowi, który jest w pracy drugi tydzień, a na ekranie widnieje „Z2: woda pod klimatyzacją B". W serwerowni pod pompką skroplin leży kałuża wielkości talerza, a woda płynie w stronę szafy R5. Tomek wyciera podłogę, dzwoni do serwisu i dowiaduje się, że pompka stanęła godzinę wcześniej. Do poniedziałku jednostka B pracuje z ręcznie opróżnianą tacą, a Tomek wie już, dlaczego piątek o 16:00 to najlepsza pora na awarie.

Serwerownia w skrócie

Pojęcie: precyzyjna klimatyzacja rzędowa. Klimatyzator zbudowany dla serwerowni, nie dla ludzi: stoi w rzędzie między szafami, pobiera gorące powietrze z tyłu i dmucha zimnym prosto na fronty szaf. Pilnuje przy tym wilgotności, a nie tylko temperatury.

Pojęcie: gorący i zimny korytarz. Serwery zasysają powietrze od frontu i wydmuchują je z tyłu. Dlatego fronty szaf zwracamy do jednego korytarza, zimnego, a tyły do drugiego, gorącego, i zamykamy ten gorący drzwiami na końcach, żeby ciepłe powietrze nie mieszało się z zimnym.

Serwerownia Zielonej to fikcyjne, ale realistyczne pomieszczenie na parterze centrali w Pamiątkowie: bez okien, 7,2 m na 5,4 m, z jednymi drzwiami. Stoją w niej dwa rzędy szaf ustawionych tyłem do siebie, a między nimi zamknięty gorący korytarz. Obciążenie sprzętem IT wynosi około 9 kW, a każda z dwóch klimatyzacji ma moc chłodniczą 15 kW, więc jedna wystarczy na całość (taką rezerwę nazywamy N+1).

Element	Jak jest u nas
Szafa R1	sieć: `fw01` (FortiGate 100F), przełączniki, panele krosowe
Szafa R2	`hv01` i `hv02`, klaster Hyper-V na S2D
Szafa R3	`bkp01`, serwer kopii zapasowych z półką dyskową
Szafa R4	`ora01` i `hana01`, serwery fizyczne poza klastrem
Szafa R5	pozostały sprzęt fizyczny i wolne miejsca
Szafa R6	pusta, z zaślepkami, zapas na rozbudowę
Chłodzenie	dwie klimatyzacje precyzyjne rzędowe, A i B, stojące w rzędach między szafami
Zasilanie	rozdzielnica przy ścianie zachodniej, UPS 20 kVA online (podwójna konwersja) z szafą baterii przy ścianie wschodniej, z UPS dwa tory A i B do listew PDU w każdej szafie, bez agregatu
Dostęp	jedne drzwi, czytnik kart z zewnątrz, kontaktron i dziennik wejść
Gaszenie	instalacja gazowa sterowana przez centralę ppoż., opisana osobno
Monitoring	`mon01` z Zabbixem, maszyna wirtualna na klastrze `hv01` i `hv02`

Przykładowa serwerownia, zdjęcie poglądowe. Serwerownia Zielonej jest mniejsza i ma dwa rzędy sz

Przykładowa serwerownia, zdjęcie poglądowe. Serwerownia Zielonej jest mniejsza i ma dwa rzędy szaf tyłem do siebie z zamkniętym gorącym korytarzem pośrodku. Źródło: Wikimedia

Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Zasilanie w skrócie

Prąd idzie z rozdzielnicy do UPS 20 kVA, a z UPS dwoma osobnymi obwodami, torem A i torem B, do dwóch listew PDU w każdej szafie. Serwery z dwoma zasilaczami mają jeden zasilacz w torze A i drugi w torze B, więc awaria jednej listwy albo jednego zabezpieczenia nie wyłącza sprzętu. Oba tory wychodzą jednak z tego samego UPS, a agregatu nie ma: przy dłuższym braku prądu NUT na `bkp01` po trzech minutach pracy na baterii wyłącza serwerownię w ustalonej kolejności. Stan UPS czyta przez SNMP także Zabbix na `mon01`, a styk „praca na baterii” trafia do `wej01`. Szczegóły opisuje księga Zasilanie, od strony Od przyłącza do zasilacza serwera: rozdzielnica, zabezpieczenia, tory A i B po Monitoring zasilania i łagodne wyłączanie: UPS, NUT, Zabbix.

Dlaczego bez podłogi technicznej

Wybraliśmy podłogę zwykłą, bez podniesionej, i uzasadniamy to trzema powodami. Pomieszczenie jest w istniejącym budynku, a wysokość 2,9 m nie pozwala odjąć 40 cm na przestrzeń pod podłogą. Chłodzenie rzędowe z zamkniętym gorącym korytarzem nie potrzebuje tej przestrzeni, bo zimne powietrze idzie prosto z klimatyzatora do frontów szaf. Pod podłogą zbierają się też woda, kurz i kable, a czujnik zalania musiałby pilnować całej powierzchni, nie dwóch punktów pod klimatyzatorami.

Cena tej decyzji jest realna: kable idą górą w korytach nad szafami, a rozbudowa wymaga trzymania się planu rzędów. Gdybyśmy budowali serwerownię od zera w nowym budynku, podłoga techniczna z klimatyzacją z góry (taką instalację zwykle widzimy w dużych centrach) byłaby poważnym kandydatem.

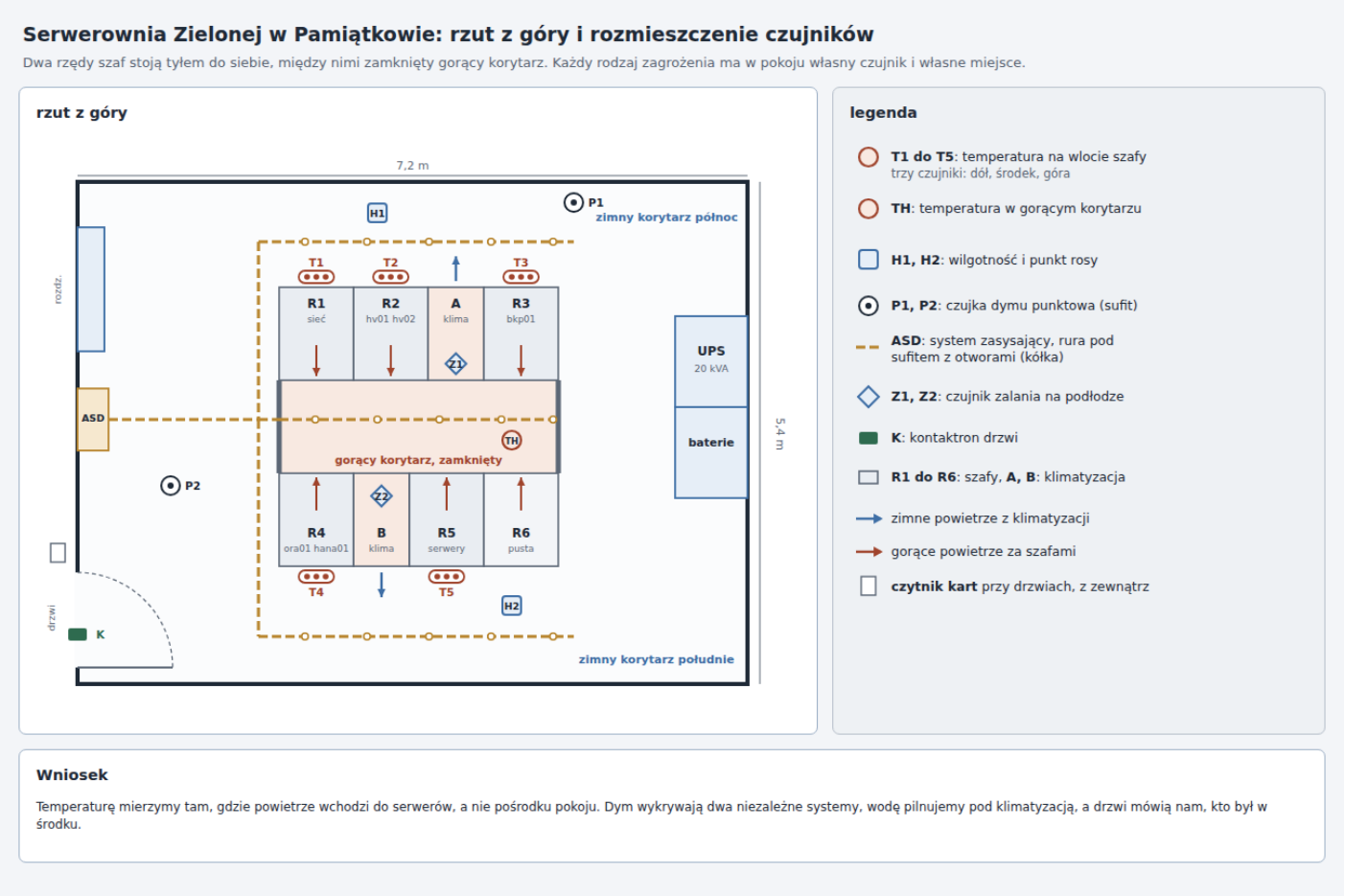
Gdzie stoją czujniki

> **Pojęcie: wlot szafy.** Strona szafy, od której serwery zasysają chłodne powietrze, czyli front. Temperatura wlotu mówi, co naprawdę dostaje sprzęt. Temperatura gdzie indziej mówi tylko, jak pracuje pokój.

> **Pojęcie: punkt rosy.** Temperatura, do której musi ostygnąć powietrze, żeby zaczęła się z niego wydzielać woda. Im jest bliższa temperaturze powietrza, tym łatwiej o kondensację na zimnych elementach. Szczegóły opisuje strona Higrometry: rodzaje, zasada działania i zastosowania.

> **Pojęcie: system zasysający.** Rura pod sufitem z małymi otworami, przez którą wentylator zasysa próbki powietrza do bardzo czułego detektora dymu. Wykrywa pożar na etapie, gdy dym jest jeszcze niewidoczny, i dlatego pasuje tam, gdzie powietrze stale się porusza. Jak działa, wyjaśnia strona Czujniki dymu: rodzaje, zasada działania i zastosowania.

Czujniki rozmieściliśmy według jednej zasady: mierzymy tam, gdzie powstaje szkoda, a nie tam, gdzie jest wygodnie. Temperaturę mierzymy na wlocie szaf, bo to powietrze zasysają serwery. Wodę łapiemy pod klimatyzacją, a dym pod sufitem, gdzie wędruje najwcześniej.



Rysunek 2. Rzut serwerowni z góry: dwa rzędy szaf R1 do R6 i klimatyzacje A i B wokół zamkniętego gorącego korytarza. Czujniki temperatury T1 do T5 stoją na frontach szaf po trzy na wysokościach dół, środek, góra, TH w gorącym korytarzu, H1 i H2 w zimnych korytarzach, a dym wykrywają dwie czujki punktowe P1, P2 i rura systemu zasysającego ASD. Warto zauważyć, że żaden czujnik nie stoi pośrodku pokoju, a Z1 i Z2 leżą pod klimatyzatorami, skąd woda wycieknie najpierw. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Trzy czujniki na wysokościach pokazują, czy gorące powietrze nie wraca nad szafę. Jeśli górny jest o kilka stopni cieplejszy od dolnego, coś miesza korytarze: brakuje zaślepki albo drzwi gorącego korytarza stoją otwarte. Szczegóły o samych termometrach znajdziemy na stronach Termometry: rodzaje, zasada działania i zastosowania i Termometry w praktyce: wybór, montaż i własny czujnik

(DIY).

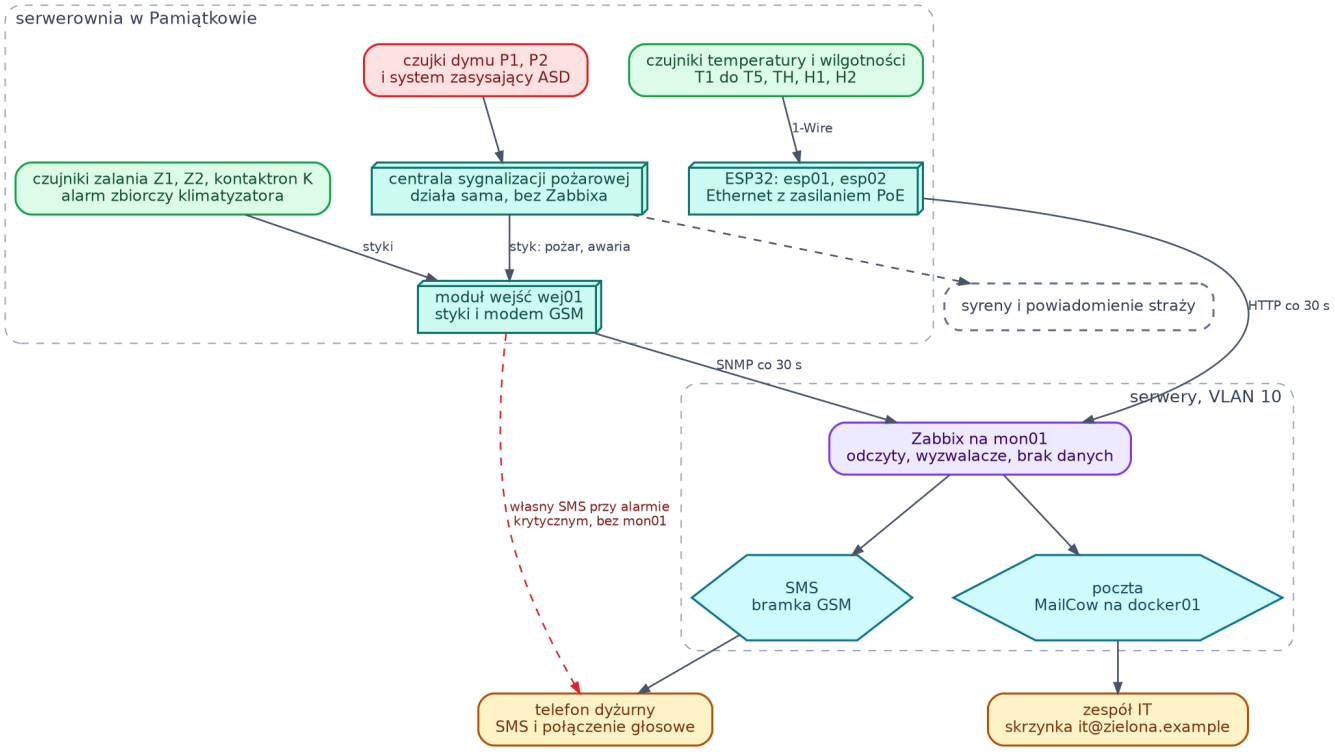
Znacznik	Gdzie	Co mierzy	Próg ostrzeżenia	Próg krytyczny	Kto dostaje alarm
T1 do T5	wloty szaf R1 do R5, po trzy na wysokościach dół, środek, góra	temperatura powietrza wchodzącego do serwerów	powyżej 27 °C albo poniżej 18 °C	powyżej 32 °C albo poniżej 15 °C	ostrzeżenie: poczta do zespołu IT, krytyczny: SMS i telefon dyżurny
T1 do T5	te same czujniki	tempo zmian temperatury	wzrost o ponad 3 °C w 15 minut	wzrost o ponad 5 °C w 15 minut	jak wyżej
TH	gorący korytarz, pod sufitem	temperatura powietrza za serwerami	powyżej 40 °C	powyżej 45 °C	jak wyżej
H1, H2	zimne korytarze, północny i południowy	wilgotność względna i punkt rosy	punkt rosy powyżej 15 °C albo poniżej minus 9 °C, wilgotność powyżej 70%	punkt rosy powyżej 17 °C albo poniżej minus 12 °C, wilgotność powyżej 80%	jak wyżej
P1, P2	sufit, czujki optyczne punktowe	dym	uszkodzenie albo zabrudzenie czujki	alarm pożarowy z centrali	ostrzeżenie: zespół IT, pożar: centrala, SMS i telefon dyżurny
ASD	rura pod sufitem nad korytarzami	dym na wczesnym etapie	poziom wstępny i ostrzegawczy (nazwy zależą od producenta)	poziom pożarowy	wstępny: poczta, ostrzegawczy: SMS, pożarowy: centrala, SMS i telefon dyżurny
Z1, Z2	podłoga pod klimatyzacjami A i B	woda	przerwana linia czujnika	wykryta woda	od razu SMS i telefon dyżurny
K	drzwi	otwarcie i zamknięcie	drzwi otwarte dłużej niż 5 minut	otwarcie między 20:00 a 6:00 albo w weekend bez zapowiedzi	poczta do zespołu IT, krytyczny: SMS do telefonu dyżurnego
Z3, Z4	tace skroplin pod klimatyzacjami A i B, moduł `esp05` (nasze ustalenie robocze)	woda	brak danych z `esp05` przez 5 minut	wykryta woda	od razu SMS i telefon dyżurny

Znacznik	Gdzie	Co mierzy	Próg ostrzeżenia	Próg krytyczny	Kto dostaje alarm
Z5	podłoga pod przejściem rury skroplin przez ścianę, moduł `esp05` (nasze ustalenie robocze)	woda	brak danych z `esp05` przez 5 minut	wykryta woda	od razu SMS i telefon dyżurny
KG	drzwi gorącego korytarza, moduł `esp06` (nasze ustalenie robocze)	otwarcie i zamknięcie	drzwi otwarte dłużej niż 15 minut	brak	poczta do zespołu IT
KS1 do KS5	tylne drzwi szaf R1 do R5, moduł `esp06` (nasze ustalenie robocze)	otwarcie i zamknięcie	drzwi otwarte dłużej niż 15 minut	brak	poczta do zespołu IT
P	czujka ruchu przy wejściu, moduł `esp06` (nasze ustalenie robocze)	ruch w sali	brak	ruch między 20:00 a 6:00 albo w weekend bez zapowiedzi	poczta do zespołu IT, krytyczny: SMS do telefonu dyżurnego
J1	zimny korytarz przy szafie R1, moduł `esp07` (nasze ustalenie robocze)	pył PM2.5	powyżej 15 µg/m³ w średniej z godziny	powyżej 50 µg/m³ w średniej z 15 minut	poczta do zespołu IT, bez SMS
J2	ten sam moduł `esp07` (nasze ustalenie robocze)	CO2	powyżej 1000 ppm w średniej z 10 minut	powyżej 1500 ppm w średniej z 10 minut	poczta do zespołu IT, bez SMS

Progi temperatury i wilgotności wynikają z zaleceń ASHRAE, a ich uzasadnienie opisujemy w dalszej części strony. Progi dla gorącego korytarza i tempa zmian to nasze własne ustalenia, a nie normy, i dlatego przy zmianie sprzętu je weryfikujemy.

Droga alarmu

Alarm jest łańcuchem czterech ogniw: czujnika, urządzenia zbierającego, Zabbixa i człowieka. Każde z nich może zawieść, więc dla najgroźniejszych zdarzeń budujemy drugą, krótszą drogę, która omija `mon01`.



Rysunek 3. Droga alarmu: czujniki temperatury i wilgotności trafiają do ESP32, styki zalania, drzwi, klimatyzatora i centrali pożarowej do modułu wejść, a stamtąd wszystko do Zabbixa na mon01, który wysyła pocztę i SMS. Przerywana czerwona linia pokazuje własny SMS modułu wejść, który dociera do telefonu dyżurnego, nawet gdy mon01 nie działa. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

> **Pojęcie: wyzwalacz.** Reguła w Zabbixie, która ocenia odczyty i decyduje, że coś jest problemem, na przykład „temperatura powyżej 27 °C przez 5 minut". Wyzwalacz ma ważność, od ostrzeżenia do katastrofy, a od ważności zależy, kto i jak szybko dostanie powiadomienie.

Urządzenia zbierające

Dwa moduły ESP32, `esp01` i `esp02`, odczytują czujniki temperatury i wilgotności i udostępniają je przez wbudowany serwer ESPHome. Odczyt dostajemy jako prosty plik JSON z polem `value` pod adresem w rodzaju `/sensor/NazwaCzujnika` [1], a Zabbix pyta o niego co 30 sekund pozycją typu HTTP agent. Moduły mają Ethernet i zasilanie PoE, a nie Wi-Fi, bo w serwerowni sieć bezprzewodowa to dodatkowa przyczyna awarii. Budowę takiego modułu opisują strony praktyczne.

Moduł wejść `wej01` zbiera styki: zalanie Z1 i Z2, kontaktron K, alarm zbiorczy klimatyzatora, stan centrali pożarowej i bezpotencjałowy styk UPS „praca na baterii”. Zabbix odpytuje go przez SNMP. Moduł ma też własny modem GSM, o którym piszemy niżej.

Centrala sygnalizacji pożarowej działa sama: włącza syreny i obsługuje gaszenie niezależnie od Zabbixa. Zabbix dostaje od niej tylko kopię stanu przez styk. Zasada jest jedna: alarm pożarowy nigdy nie może zależeć od monitoringu.

Zabbix i powiadomienia

Na `mon01` każdy odczyt trafia do pozycji, a pozycja do wyzwalacza z ważnością zgodną z tabelą czujników. Wyzwalacze mają histerezę: alarm temperatury zdejmujemy dopiero wtedy, gdy odczyt spadnie o 2 °C poniżej progu, żeby nie dostawać serii alarmów przy wartości kręcącej się wokół granicy. Każdy czujnik ma też wyzwalacz oparty na funkcji `nodata`, który zgłasza problem, gdy odczytów nie ma przez 5 minut [2]. Czujnik, który milczy, nie może wyglądać jak czujnik, który pokazuje wynik w normie.

Poziom	Kanał	Kto	Czas reakcji
Ostrzeżenie	poczta z MailCow na `docker01`	zespół IT	w dni robocze do 4 godzin
Krytyczny	SMS z bramki i telefon dyżurny	dyżurny administrator	potwierdzenie w 15 minut
Brak potwierdzenia	SMS do drugiego administratora, po kolejnych 15 minutach do pana Zbigniewa	drugi administrator, prezes	decyzja o wyłączeniu sprzętu
Pożar	centrala, syreny, numer 112	wszyscy w budynku	ewakuacja, a dopiero potem SMS

> Przy pożarze nie czekamy na SMS ani na nasz monitoring. Najpierw ewakuacja i wezwanie straży, a dopiero potem pytanie, co pokazał Zabbix.

Gdy mon01 milczy

`mon01` jest maszyną wirtualną na klastrze `hv01` i `hv02`, a poczta też stoi na tym klastrze. Jeśli awaria klimatyzacji wyłączy serwery, Zabbix i pocztę stracimy razem z nimi, i właśnie wtedy alarm jest najpotrzebniejszy. Dlatego `wej01` wysyła własny SMS przy czterech zdarzeniach: alarmie zbiorczym klimatyzatora, wykryciu wody, alarmie z centrali pożarowej i pracy UPS na baterii. Temperaturę widzi tylko Zabbix, a dzięki alarmowi zbiorczemu klimatyzatora i tak dowiadujemy się o jej przyczynie.

Skąd te progi

Progi temperatury i wilgotności opieramy na zaleceniach ASHRAE TC 9.9, czyli komitetu amerykańskiego stowarzyszenia inżynierów ogrzewnictwa, chłodnictwa i klimatyzacji. Dla sprzętu klasy A1, najściślejszej, wydanie piąte z 2021 roku podaje zalecany zakres 18 do 27 °C przy wlocie oraz punkt rosy od minus 9 do 15 °C przy wilgotności względnej do 70% [3]. Karta podaje przy tym też wariant 50%, a samo wydanie piąte zmieniło zalecany zakres wilgotności względnej na podstawie badań nad wpływem zanieczyszczeń gazowych na niezawodność sprzętu [4].

Wielkość	Zalecane przez ASHRAE	Dopuszczalne dla klasy A1	Nasz próg ostrzeżenia	Nasz próg krytyczny
Temperatura wlotu	18 do 27 °C	15 do 32 °C	poza 18 do 27 °C	poza 15 do 32 °C
Punkt rosy	minus 9 do 15 °C	minus 12 do 17 °C	poza minus 9 do 15 °C	poza minus 12 do 17 °C
Wilgotność względna	do 70%	8 do 80%	powyżej 70%	powyżej 80%
Tempo zmian temperatury	bez wartości zalecanej	do 5 °C w 15 minut dla sprzętu bez taśm	powyżej 3 °C w 15 minut	powyżej 5 °C w 15 minut

Ostrzeżenie ustawiamy na granicy zakresu zalecanego, a próg krytyczny na granicy zakresu dopuszczalnego. Ostrzeżenie mówi więc, że wychodzimy poza zalecenia, a próg krytyczny, że wychodzimy poza zakres, w którym producenci sprzętu testują swoje urządzenia. Dane o tempie zmian pochodzą z tej samej karty, która dopuszcza do 20 °C na godzinę i do 5 °C w dowolnym okresie 15 minut dla sprzętu bez napędów taśmowych [3].

Progi dla gorącego korytarza, 40 i 45 °C, nie wynikają z ASHRAE. Przy wlocie 25 °C i różnicy temperatur rzędu 12 do 15 °C na serwerach normalnie mamy w korytarzu około 37 do 40 °C, a stan powyżej 45 °C oznacza zwykle, że klimatyzacja nie nadąża albo że korytarz się rozszczelnił. Wartości te ustawiamy po kilku tygodniach obserwacji prawdziwego sprzętu.

Plan przeglądów

Czujnik, którego nikt nie sprawdza, po roku jest tylko dekoracją. Cykl dzienny, miesięczny, kwartalny i roczny przeglądów instalacji sygnalizacji pożarowej opisuje opracowanie PKN-CEN/TS 54-14, a tym samym rytmem układamy resztę czujników [5]. Wymagania wobec centrali, czujek i gaszenia sprawdzamy dodatkowo w instrukcjach producentów i u ubezpieczyciela, a poniższy plan to nasza praktyka wewnętrzna.

Kiedy	Co	Kto	Jak sprawdzamy
Co miesiąc	test powiadomień	zespół IT	wywołujemy testowy wyzwalacz i sprawdzamy, czy poczta, SMS i telefon dyżurny dostały alarm

Kiedy	Co	Kto	Jak sprawdzamy
Co miesiąc	przegląd wykresów	zespół IT	porównujemy czujniki dół, środek, góra, szukamy czujników z `nodata` i trendów wilgotności
Co miesiąc	test kontaktronu	zespół IT	otwieramy drzwi na ponad 5 minut i sprawdzamy alarm w Zabbixie
Co miesiąc	stan centrali pożarowej	zespół IT	sprawdzamy, że nie ma zgłoszonych awarii ani zabrudzonych czujek
Co kwartał	test czujek aerozolem	uprawniona firma serwisowa	firma wywołuje zadziałanie czujki w strefie, a my sprawdzamy, czy zdarzenie dotarło do Zabbixa
Co kwartał	test czujników zalania	zespół IT	zwilżamy ściereczką czujnik Z1 i Z2 i sprawdzamy SMS
Co kwartał	porównanie termometrów	zespół IT	trzymamy termometr wzorcowy obok czujnika, różnica powyżej 1 °C oznacza wymianę czujnika
Co rok	kalibracja termometrów i higrometrów	zespół IT	porównanie ze wzorcem według stron o termometrach i higrometrach
Co rok	przegląd instalacji pożarowej i systemu zasysającego	uprawniona firma serwisowa	pełny przegląd z kontrolą czujek, baterii i przepływu w rurze
Co rok	przegląd klimatyzacji	serwis producenta	filtry, pompki skroplin, czynnik chłodniczy, tace
Co rok	test rezerwy N+1	zespół IT i serwis	wyłączamy jedną klimatyzację w oknie serwisowym i patrzymy, czy druga utrzyma temperaturę
Co rok	próba alarmu o 3:00	zespół IT	testowy alarm krytyczny w nocy, sprawdzamy, czy telefon dyżurny odpowie i w jakim czasie

> Przed testem czujek aerozolem trzeba zablokować wyzwolenie gaszenia gazowego na centrali, a po teście przywrócić. Zapomnienie o tym kończy się wyrzuceniem gazu do pustego pokoju i kosztowną wymianą butli.

Częste błędy

Objaw	Przyczyna	Co robimy
Alarm temperatury nie dotarł w nocy	powiadomienie szło tylko pocztą z `docker01`, która stoi na tym samym klastrze	krytyczne alarmy kierujemy też SMS-em, a zdarzenia z klimatyzacji i wody ma własna droga z `wej01`
Czujnik pokazuje 22 °C, a serwery się grzeją	czujnik stoi pośrodku pokoju albo z tyłu szafy	mierzymy na wlocie, po trzy czujniki na szafę
Seria alarmów co kilka minut	brak histerezy, odczyt kręci się wokół progu	wyzwalacz zdejmujemy dopiero 2 °C poniżej progu
Czujnik wygląda na zdrowy, a jest martwy	brak wyzwalacza `nodata`	dodajemy wyzwalacz braku danych na każdą pozycję
Test aerozolem uruchomił gaszenie	nie zablokowano gaszenia na centrali	blokada przed testem wpisana do listy kontrolnej
Telefon dyżurny nie odebrał	wyciszony albo bez baterii po weekendzie	próba alarmu o 3:00 raz w roku i test powiadomień co miesiąc

□□ Ćwiczenia

1. Czujnik T2 u góry pokazuje 29 °C, w środku 24 °C, na dole 22 °C. Jaki alarm dostajemy i co sprawdzamy?

Odpowiedź

Dostajemy ostrzeżenie, bo górny czujnik przekroczył 27 °C. Różnica 7 °C między górą a dołem sugeruje, że gorące powietrze wraca nad szafę, więc sprawdzamy zaślepki w szafie R2 i to, czy drzwi gorącego korytarza są zamknięte.

1. Dlaczego czujniki zalania stoją pod klimatyzatorami, a nie przy drzwiach?

Odpowiedź

Woda w serwerowni pojawia się najpierw tam, gdzie jest skroplina, czyli pod klimatyzatorami: z tacy, pompki albo złączy. Czujnik pod klimatyzatorem daje alarm, zanim woda dojdzie do szaf, a przy drzwiach wykryłby ją za późno.

1. Awaria klimatyzacji wyłącza `hv01` i `hv02`, a z nimi `mon01`. Skąd mamy alarm i dlaczego jest to ważne?

Odpowiedź

Alarm dostajemy z `wej01`, który ma własny modem GSM i wysyła SMS przy alarmie zbiorczym klimatyzatora, wodzie i pożarze, niezależnie od Zabbixa i poczty. Gdyby alarm zależał od `mon01`, ucichłby razem z serwerami, czyli wtedy, gdy jest najbardziej potrzebny.

Powiązane: Warstwa fizyczna: wszystko, czego nie widać w terminalu · Termometry: rodzaje, zasada działania i zastosowania · Higrometry: rodzaje, zasada działania i zastosowania · Czujniki dymu: rodzaje, zasada działania i zastosowania · Jakość powietrza: rodzaje czujników, zasada działania i własny moduł (DIY)

Źródła:

1. ESPHome, „REST API", opis punktu końcowego `/sensor/<nazwa>` i pól `state` oraz `value`: esphome.io/web-api
2. Zabbix, dokumentacja wyrażeń wyzwalaczy i funkcji `nodata`: zabbix.com/documentation/4.4/en/manual/config/triggers/expression
3. ASHRAE, „Thermal Guidelines for Data Processing Environments", wydanie piąte (2021), karta referencyjna: ashrae.org
4. Upsite Technologies, „Major Changes to ASHRAE's 5th Edition of Thermal Guidelines, Part 1: Recommended Relative Humidity Range": upsite.com
5. Warta, „Wymagania prawne i normy dla Systemu Sygnalizacji Pożaru", opis przeglądów według rozporządzenia MSWiA z 7 czerwca 2010 r. i PKN-CEN/TS 54-14: warta.pl