



27.06.2025

Simulering og analyse av en bilvaskprosess ved hjelp av JaamSim

Prosjektrapport BUS 238 5stp



Sohaib Anjem og Rahim Elimkhanov

Handelshøyskolen NMBU

Innholdsfortegnelse

Innledning.....	2
Problemstilling og mål.....	2
Prosess og modellbeskrivelse	3
Analyse og resultater	5
Diskusjon.....	7
Anbefalte forbedringer og tiltak fremover	8
Bruk av AI	9
Vedlegg	9

Innledning

Køer og ventetid er vanlig i mange tjenester der kapasiteten er begrenset. Bilvask er et godt eksempel på en slik tjeneste. Spesielt i travle perioder på dagen eller i helgene kan etterspørselen være høyere enn hva kapasiteten kan håndtere. Det fører til lange køer, misfornøyde kunder og potensielt tap av inntekter for virksomheten. Vi har brukt dette som utgangspunkt til å simulere en bilvask for å analysere hvordan ventetid og kapasitet påvirker effektiviteten og kundene.

I denne prosessen skal vi analysere en bilvasktjeneste. Bilvasktjenesten inneholder en maskinvask og to selvbetjente selvvasker som blir påvirket av kø, ventetid, kapasitet, vedlikehold og tekniske feil. Vi analyserer prosessen for å redusere ventetid og hindre at kunder forlater køen, samtidig som vi utnytter ressursene mer effektivt. Det er grunnlaget for problemstillingen vår.

Problemstilling og mål

Problemstillingen er formulert slik:

Hvordan kan bilvaskeprosessen forbedres for å redusere ventetid, utnytte kapasiteten bedre og forhindre at kunder forlater køen uten å få tjenesten?

Målet med denne simuleringen er å se på hvilke strategier som reduserer tap av kunder og forbedrer bruken av ressurser. Vi vil også analysere noen nøkkelindikatorer (KPI-er) som lengde av køen, ventetid, ressursbruk og antallet kunder som enten går ut av køen eller får fullført vasken sin. Basert på simuleringen vil vi komme med videre anbefalinger i prosessen.

Prosess og modellbeskrivelse

Det starter med at en kunde (SimEntity) kommer til bilvasktjenesten. Det simuleres i modellen ved at vi har brukt en eksponentialfordeling til *EntityGenerator*.

Eksponentialfordeling ble brukt for å vise tiden mellom kundebesøk, siden kundene kommer tilfeldig. Hver kunde ankommer i gjennomsnitt hvert 5. minutt. Vi valgte eksponentialfordeling, fordi kundene kommer på forskjellige tidspunkt og det gir et mer realistisk bilde av virkeligheten.

Når en kunde kommer, må de velge mellom ulike typer vask. De har tilgjengelig en maskinvask og to selvvasker. Vi laget det ved hjelp av en *Branch* kalt for *Fordeler_Vasketype* som er koblet til en diskretfordeling. Diskretfordeling ble brukt, fordi det kan kun velges mellom maskinvask og selvvask. Sannsynligheten for kundene velger maskinvask er 40% sjanse og 30% for hver av de to selvvaskene. Fordelingen er basert på hva vi tror kundene velger, og vi antar at maskinvask er litt mer populær.

Hvis det valgte vaskealternativet er opptatt, stiller kunden seg i køen for den vasketypen han ønsker. Køene er representert i modellen som ulike *Queues* ved navn *Maskinvask_Kø*, *Selvask_1_Kø* og *Selvask_2_kø*. Vi har satt noen begrensninger på antall kunder i køene, og dersom grensen nås vil kundene avvise vasken. Køgrensen (Balking) for maskinvask er 5 og for selvvask er 3, vi har gjort dette for å se hva som skjer når det er begrenset plass og hvor mange som går fra køen.

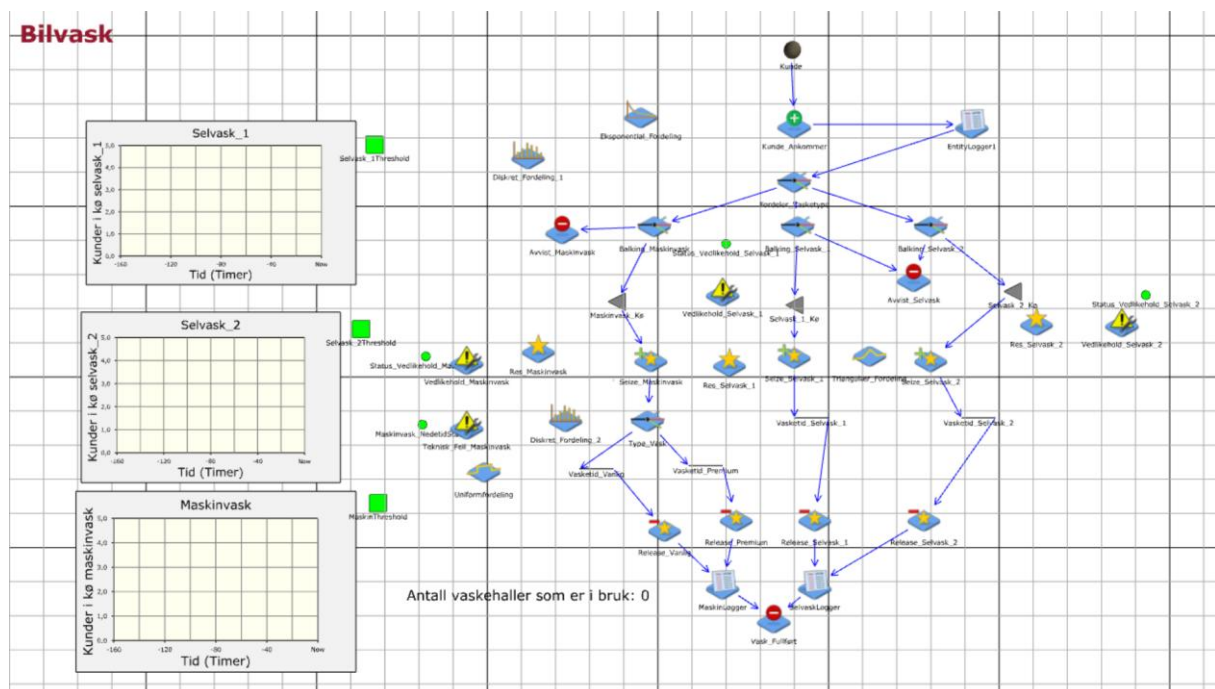
Gjennom hele prosessen bruker vi *Resource* elementer kalt *Res_Maskinvask*, *Res_Selvask_1* og *Res_Selvask_2*. De går gjennom hver sin *Seize* - blokk for å reservere ressurser før de blir frigitt ved hjelp av *Release*.

Når kunden får tilgang til vasken, så begynner vaskeprosessen, men vasketiden varierer. Hvis kunden ønsker en maskinvask, kan de velge mellom en vanlig eller premium vask. For valget mellom de ulike vaskene har vi brukt en diskretfordeling, der det er 70% sannsynlighet for at kunder velger den vanlige vasken og 30% for premium. For å modellere vasketiden har vi

brukt *EntityDelay*. En vanlig maskinvask fullføres på 10 minutter, mens premium tar 14 minutter. Om kunden i stedet velger selvvask, har vi brukt en triangulær fordeling til å estimere hvor lang tid det tar å vaske bilen. Vi valgte triangulær fordeling fordi den er enkel, realistisk og passer når vi har lite informasjon og mye variasjon. Minimumsverdien ble satt til 5 min, maksimumsverdien til 15 minutter og mest sannsynlig tid på 10 minutter. Dette er tidene vi tror kunden bruker på bilvasken og vasketidene er basert på egne erfaringer.

For å gjøre modellen mer realistisk har vi lagt til vedlikehold og feil på maskinen via *DowntimeEntity*. Maskinvasken kan en oppleve teknisk feil som varer 40 minutter når som helst i uken. Uniformfordeling ble brukt for teknisk feil på maskinvask, fordi feilen kan skje når som helst. Vedlikehold på maskinvasken utføres hvert 1440 minutter, første vedlikehold er etter 300 minutter og vedlikeholdet varer i 60 minutter. Selvvaskene har også behov for vedlikehold, men dette skjer til forskjellige tider og tar kortere tid.

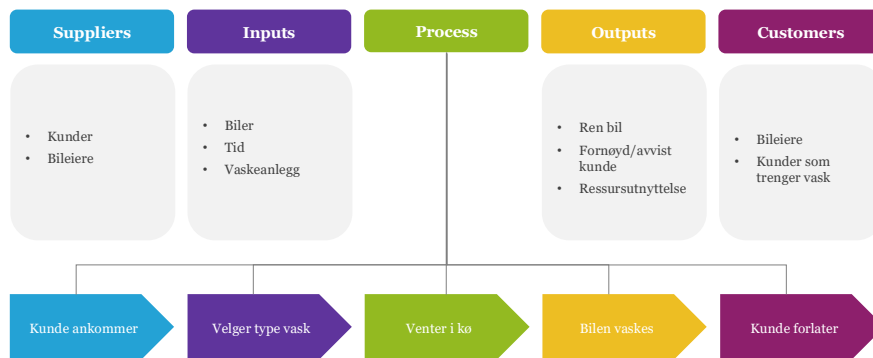
Når kunden er ferdig med vasken, forlater de systemet. Hvis kunden ikke fikk utført vasken, registreres det som enten *Avvist_Maskinvask* eller *Avvsit_Selvask*. Resultatene i modellen blir loggført gjennom *EntityLogger* og *PrintReport*.



Figur 1: JaamSim-modell av bilvasktjenesten

Under kan du se en SIPOC-modell som gir en oversikt over de viktigste prosessene i bilvasktjenesten fra det øyeblikket kundene kommer til de forlater tjenesten.

SIPOC-modell av bilvasktjenesten



Figur 2: SIPOC-modell av bilvasktjenesten

Analyse og resultater

For å utforske hvordan vi kan forbedre bilvaskprosessen når det gjelder ventetid, ressursbruk og kundetap ble det laget fem ulike scenarioer i Jaamsim. Hvert scenario har en stimulerings tid på 160 timer; en uke. I tillegg gjorde vi noen bestemte endringer for å analysere hvordan ulike faktorer påvirker resultatene. I tabellene under finner du både scenariooppsettet og simuleringsresultatene.

Ulike scenarioer

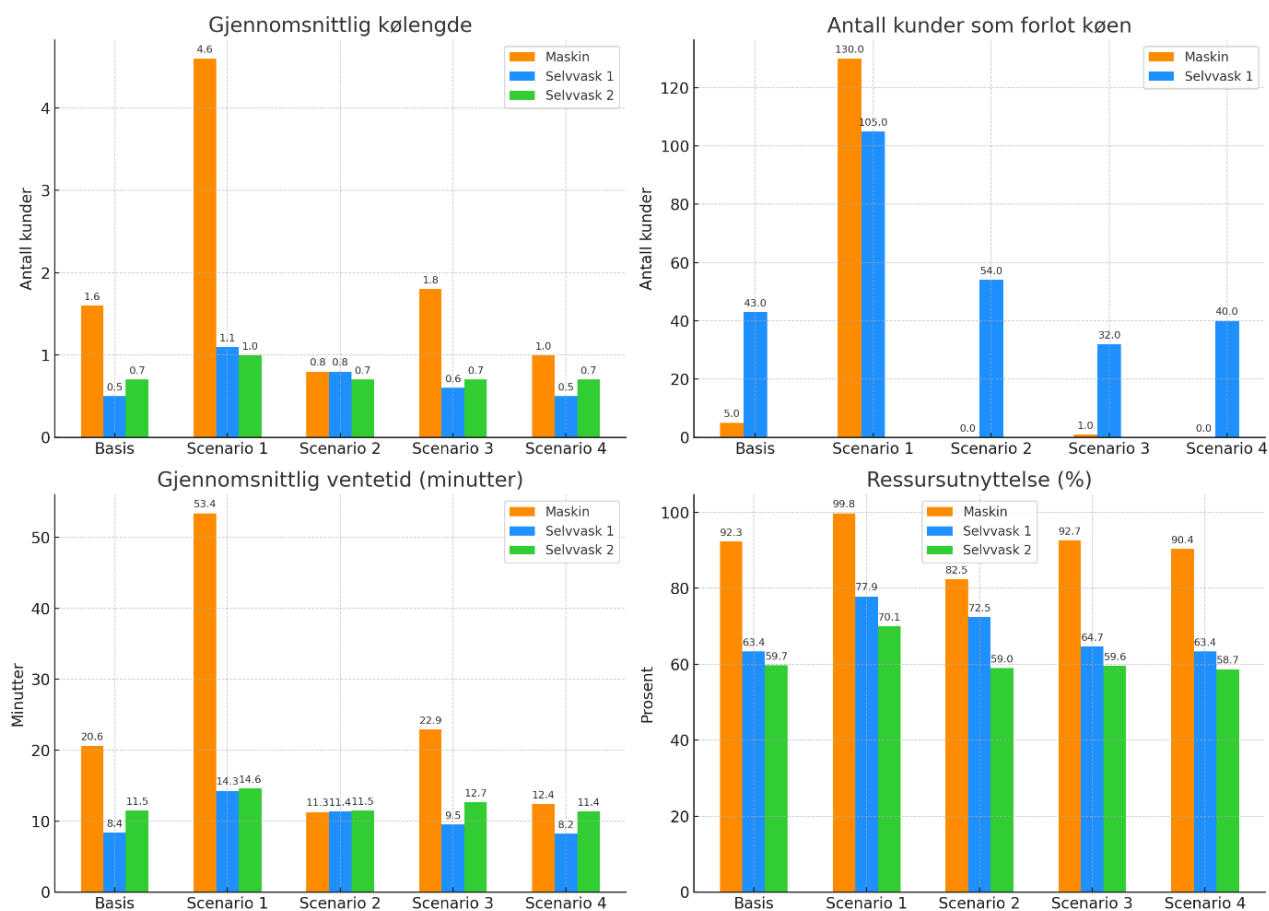
Scenario	Intervall for kundeankomst (GJ. Min)	Fordeling av (M / S1 / S2) (%)	Maks i kø	Vedlikeholds tid (Min)	Nedetid (feil, maskin) (Min)	Hva tester vi?
Basis	5	40 / 30 / 30	5 / 3 / 3	60 / 20 / 20	40	Standard ytelse
Scenario 1	4	40 / 30 / 30	5 / 3 / 3	60 / 20 / 20	40	Økt kundetraffikk
Scenario 2	5	35 / 35 / 30	5 / 3 / 3	60 / 20 / 20	40	Jevnere fordeling
Scenario 3	5	40 / 30 / 30	6 / 4 / 4	60 / 20 / 20	40	Høyere kø toleranse
Scenario 4	5	40 / 30 / 30	5 / 3 / 3	30 / 10 / 10	20	Raskere vedlikehold og mindre feil

Resultater

Scenario	Antall Kunder	Antall kunder som forlot uten vask (M/S)	Fullførte vasker	GJ. Ventetid (M / S1 / S2) (Min)	GJ. Kø (M / S1 / S2)	Andel tapte kunder (%)	Utnyttelse (M / S1 / S2) (%)
Basis	1953	5 / 43	1901	20.6 / 8.4 / 11.5	1.6 / 0.5 / 0.7	2.46	92.3 / 63.4 / 59.7
Scenario 1	2451	130 / 105	2209	53.4 / 14.3 / 14.6	4.6 / 1.1 / 1.0	9.59	99.8 / 77.9 / 70.1
Scenario 2	1953	0 / 54	1896	11.3 / 11.4 / 11.5	0.8 / 0.8 / 0.7	2.76	82.5 / 72.5 / 59
Scenario 3	1953	1 / 32	1916	22.9 / 9.5 / 12.7	1.8 / 0.6 / 0.7	1.69	92.7 / 64.7 / 59.6
Scenario 4	1953	0 / 40	1909	12.4 / 8.2 / 11.4	1.0 / 0.5 / 0.7	2.05	90.4 / 63.4 / 58.7

Notasjoner:

M = Maskinvask, S = Selvvask, S1 / S2 = Selvvask 1 og Selvvask 2, GJ. = Gjennomsnitt



Figur 3: Resultater vist i diagrammer

Diskusjon

I tabellen kan vi se at ventetiden er lengst i Scenario 1 for både maskinvask og selvvask, hvor kundene kommer raskere (hver fjerde minutt). Resultatene viser at økt trafikk uten mer kapasitet vil føre til lengre køer og ventetid. I Scenario 4, hvor tiden for vedlikehold og feil reduseres, ser vi en sterk forbedring med en ventetid som går ned til 12.4 minutter for maskinvasken. Ved å forkorte vedlikeholdstiden og redusere nedetiden i Scenario 4, blir maskinen tilgjengelig større deler av uken. Det bedrer flyten i systemet og reduserer ventetiden for kundene. Den jevnere fordelingen i Scenario 2 fører til en kortere ventetid i maskinvask, men det resulterer også i en økning i ventetiden for selvvask 1. Det viser viktigheten av å vurdere hele prosessen, ikke bare en del.

Ressursbruken for maskinvasken er nesten på 100% i Scenario 1, noe som også fører til lengre ventetider. Selv om ressursbruken er høy, oppstår det flaskehalser. Det viser at effektiv drift ikke handler bare om maks utnyttelse, men også om å fordele belastningen mer jevnt blant ressursene. I Scenario 2 observerer vi at ressursbruken er bedre fordelt mellom de ulike vaskene. Scenario 4 viser en god utnyttelse (90,4%) uten at det oppstår overbelastning. Høy aktivitet kan gi høy ressursbruk, men uten en jevn flyt vil det oppstå flaskehalser. Optimal utnyttelse handler om fornuftig fordeling av ressursene og ikke maks belastning.

Antall kunder som drar uten vask er størst i Scenario 1 (130 maskin og 105 selvvask), og det skyldes økt antall kunder. I Scenario 4, der vi reduserer tiden maskinene er ute av drift og vedlikeholdet, observerer vi et lite fall i antall tapte kunder (0 maskin og 40 selvvask), noe som betyr at tilgjengeligheten har en stor effekt på kundeopplevelsen. Når vaskeanleggene er lettere tilgjengelig, reduseres ventetiden, noe som fører til at færre kunder forlater tjenesten.

Anbefalte forbedringer og tiltak fremover

Basert på resultatene av de forskjellige scenarioene bør vi velge tiltak som forbedrer tilgjengeligheten. Scenario 4 viser at kortere vedlikeholdsperioder og redusert nedetid fører til både mindre ventetid og færre tapte kunder. For å oppnå dette må selskapet vurdere hvordan vedlikehold kan organiseres bedre, samt hvordan tekniske problemer kan reduseres, for eksempel ved å innføre forebyggende vedlikeholdsrutiner eller ved bruk av sensorer. En mer stabil drift vil gi en bedre flyt i systemet og økt kapasitet uten at det kreves store investeringer.

Et annet sentralt tiltak er å påvirke hvordan kundene velger mellom de ulike vaskealternativene. Scenario 2 viser at en mer balansert fordeling fører til bedre ressursutnyttelse og kortere ventetid. For å oppnå dette kan bedriften for eksempel gi rabatt på premium vask når det er lite trafikk eller utvikle en app der kundene kan sjekke ventetiden for de forskjellige vaskealternativene. Tiltak som disse kan bidra til en jevnere belastning og minimere risikoen for flaskehalser.

Hvis kundetrafikken fortsetter å øke i fremtiden, kan det være lurt å vurdere å utvide kapasiteten. Det kan være flere vaskeanlegg eller forbedringer. Men før investeringer gjennomføres, bør nye simuleringer blir utført basert på de nye tiltakene. Slik at bedriften kan ta gode beslutninger og sørge for at fremtidige løsninger er både kostnadseffektive og tilpasset kundenes behov.

Simuleringen viser hvordan man kan redusere ventetid, tapte kunder og forbedre ressursutnyttelse ved å gjøre noen endringer. Kortere vedlikehold og mindre teknisk nedetid gir bedre flyt. En jevnere fordeling av kundene mellom vaskealternativene fører også til mindre køer og bedre kapasitetsbruk generelt. Selv om endringene er små, gir de store forbedringer i effektivitet og kundeopplevelse.

Bruk av AI

AI (ChatGPT) ble brukt som et støtteverktøy i oppgaven. Det ble brukt til å drøfte ideer til problemstilling. Som vi videreutviklet til å forme problemstillingen. ChatGPT foreslo også navn på komponenter i Jaamsim og hvordan vi bør strukturere oppgaven. Til slutt brukte vi AI til å vise resultater fra simuleringen i diagrammer.

Vedlegg

Vedlegg: Bilvask – Jaamsim