



EC 135 - NLA Bergen

Sikkerhets- og Risikoanalyse Kurs UiB

2006

Semesteroppgave

**Tema for oppgaven:
Analyse av planlagt helikopterplattform
på Haukeland sykehusområde**

Gruppe: Reidun Helle, Lene Merete Hovi, Siv Wergeland og Terje Sørensen

INNHOOLD

INNLEDENDE FASE	3
1. INNLEDNING	3
METODE	3
2. BESKRIVELSE AV ANALYSEOBJEKT	4
<i>Illustrasjon 2. Grovkisse av analyseobjekt</i>	4
<i>Plattformen</i>	4
<i>Om geografi og klimatiske forhold:</i>	5
<i>Om byggetekniske spesifikasjoner:</i>	5
<i>Om helikopteret</i>	5
<i>Om støy i analyseobjektet:</i>	5
<i>Illustrasjon 4. Kartet viser beregnede støyutbredelser (Kildeakustikk)</i>	6
<i>Planlagte barrierer og beredskapsplaner</i>	6
Lys og mørke:	6
Brannslukking / beredskap:	6
3. FAREIDENTIFIKASJON	7
Noen vesentlige forutsetninger:	7
Ekstremvær:	8
<i>Tabell 1 fareidentifikasjon:</i>	8
<i>Illustrasjon 5: Risikomatrise</i>	9
4. ESTIMERING AV SANNSYNLIGHET	10
Forklaring til hendelsestre	10
Konklusjon av enkelthendelser fra treet:	10
HENDELSESTRE	11
5. BEREGNING AV KONSEKVENS	12
Havari med påfølgende eksplosjon av drivstofftank/BLEVE	12
Brannball / BLEVE	12
Stråling frå brannball:	12
Jet fire:	13
<i>Tabell 2. for strålingsnivå iht. flammelengden fra en jet brann:</i>	14
<i>Tabell 3. Verdier på strålingsnivå: (tabell fra forelesningsnotater)</i>	14
Oppsummering og beskrivelse av slutthendelser:	15
<i>Tabell 4. oppsummering konsekvensberegninger</i>	15
AVSLUTTENDE FASE	16
6. VURDERING AV RISIKO OPP MOT BESLUTNING OG AKSEPTKRITERIER	16
Akseptkriterier for flysikkerhet:	16
Akseptkriterier for støy	16
Akseptkriterier for avvikshåndtering:	17
7. RISIKOREDUSERENDE TILTAK	17
8. KONKLUSJON	20
9. KILDER	21

INNLEDENDE FASE

1. INNLEDNING

Denne rapporten viser en risikoanalyse av en planlagt helikopterlandingsplass på Haukeland Universitetssykehus. Sykehusets prosjektkontor har søkt om, og fått konsesjon av Luftfartstilsynet til å etablere en helikopterlandingsplass på området. Konsesjonen for helikopterlandingsplassen vil i første omgang gjelde 400 flybevegelser pr. år. I dag lander all luftambulansetransport til sykehuset på Grønneviksøren, en baseplass ved sørenden av Store Lungegårdsvann. Pasienter må da omlastes fra helikopter til ambulansebil og videre til Haukeland Universitetssykehus. Hovedmålet med helikopterlandingsplass på sykehuset, er å sikre de mest kritiske skadde og syke pasientene rask og effektiv tilgang til akuttmottaket, uten tidkrevende og uheldig omlastning slik det er i dag.

Illustrasjon. Planlagt plattform Haukeland US.



Denne oppgaven omhandler en sikkerhets- og risikoanalyse av de hendelsene, knyttet til helikopterlandingsplassen, som kan medføre høyest risiko for skade på mennesker og materiell. Miljørisiko er ikke analysert. Analysen er begrenset til landing og innflygning over selve sykehusområdet.

Resultatene fra risikoanalysen skal kunne stilles til rådighet for Haukeland Universitetssykehus sin videre planlegging av plattformen. Hovedmålet med analysen for vår (gruppens) del, er å identifisere de mest risikofylte aktivitetene og farene. Deretter vil vi anslå og vurdere akseptkriterier og komme med forslag til risikoreducerende tiltak.

Metode

Luftfartstilsynet har utgitt en veileder om risikoanalyser og foreslår følgende metode:

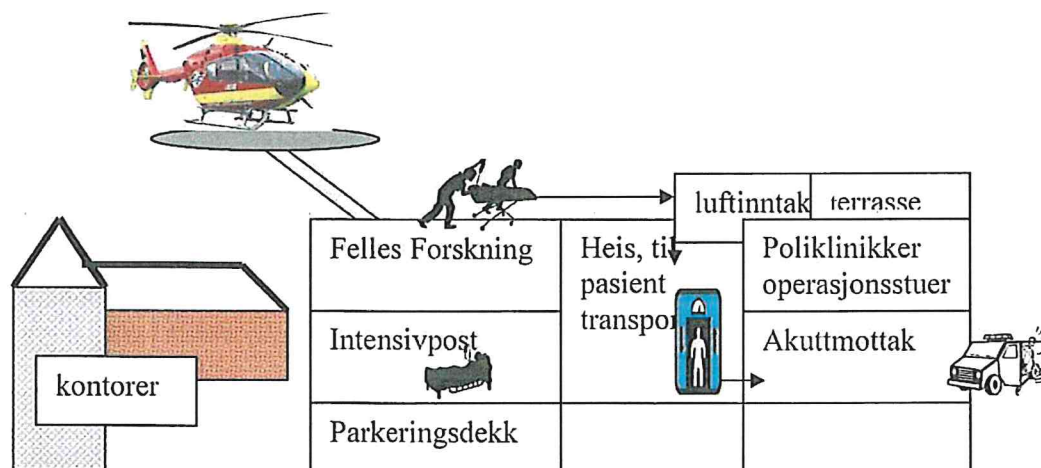
Innledende fase			
Planlegging/igangsetting	Systembeskrivelse		Fareidentifikasjon
Analyserende fase			
Konsekvensanalyse	Årsaksanalyse	Risikoanalyse	Følsomhetsvurdering
Avsluttende fase			
Risikoevaluering mot beslutningskriterier	Tiltak		Dokumentasjon

Vi har benyttet en tilnærmet metodikk. I innledende fase beskrev vi analyseobjektet (helidekket, helikopteret, værforhold og bygningsmessige faktorer), vi innhenter data og gjennomfører en

fareidentifikasjon. I analyserende fase har vi gjort en sannsynlighet og konsekvensberegning av utvalgte hendelser. Vi får et estimat av risikobildet knyttet til helikopterlandingsplassen. I avsluttende fase gir vi en beskrivelse av mulige akseptkriterier for helikopterlandingsplassen og vurderer vår estimerte risiko opp mot denne. Deretter foreslår vi enkelte risikoreducerende tiltak

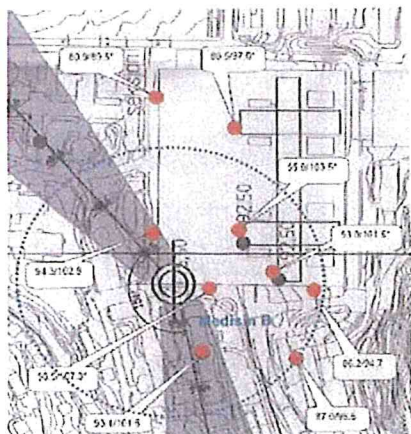
2. BESKRIVELSE AV ANALYSEOBJEKT

Illustrasjon 2. Grovskisse av analyseobjekt



Plattformen

Helikopterlandingsplassen er planlagt som et fullautomatisk heli-dekk av aluminium m/stålfagverk som bærekonstruksjon. Landingsplassen er planlagt mot sydvest, med tilknytning til taket over 2. etasje på Sentralblokken, Haukeland Universitetssykehus. Fra denne plattformen skal bære transporteres via heis ned til 1. etasje og gjennom korridor mot Akuttmottak og skadestue. Plattformens dimensjon får den diameter som forskriftene krever, sannsynligvis 26,1 m i tillegg til et ca. 1,5 m. bredt, horisontalt kantsikringsnett. Se (ille 1) Høyde: ca. 3,5 m. over 2. etasjes takplan. Plattformen skal kunne tåle en vekt på minst 14 tonn nyttelast.



Flykorridorens nordvestlige retning er ubebodd. I sydlig retning går flyflatens korridor relativt høyt over eksisterende bebygde områder. Plassen vil i snitt bare få 1 helikopterlanding (= 2 bevegelser) pr. døgn. Av trafikken vil minst 95 % være med lite helikopter, f. eks. nåværende EC 135 fra Norsk Luftambulans (NLA), og høyst 5 % med middels stort helikopter, f. eks. S92.

Den planlagte helikopterlandingsplassen er valgt som vist i et område hvor den antas å bli til minst mulig sjenanse for naboer.

Om geografi og klimatiske forhold:

Sykehuset på Haukeland ligger tett innpå fjellfoten til vel 600 meter høye Ulriken, og utnyttelsesgraden av tomten er meget konsentrert. Mange store bygninger i 5-6 etasjers høyde, ligger tett i noenlunde vinkelrette mønstre innenfor et større geografisk område. Derfor finnes ingen muligheter for landingsplass på bakkeplan. Man frykter turbulens som vil oppstå når helikopteret kommer i vindskyggen av en bygning.

Om byggetekniske spesifikasjoner:

Belegget på taket består av flere lag tekking av tjæreholdig papp. Sentralblokken med sengerom som ligger mest eksponert for støy, ble bygget og tatt i bruk siste halvdel av 1980-årene. Bygningen er bygget av tunge konstruksjoner, hvor bæring utgjøres av søyler, dragere og etasjeskillere i betong. Noen av ytterveggene er kledd utvendig med vertikale betongelementer, men store deler av fasaden er ikke spesielt bygget for skjerming mot støy. Materialet i vinduskarmer er aluminium og to-lags termoglass er nyttet som vinduer. I fasaden, over vinduene er det montert horisontale elementer som kombinert sol / regnskjerm. Disse vil i praksis også ha en støybeskyttende funksjon.

Luftinntaket til deler av Sentralblokkens ventilasjonsanlegg ligger ca.50 meter nord for den foreslåtte landingsplattform. De vanligste vindretninger i Bergensområdet er sydvestlig eller nordvestlig. Samme retninger vil de anbefalte flykorridorer kreve. Derved oppnås at stillestående luft foran ristene ikke suges inn i systemet. Ved stillestående luft vil det være små sjanser for at fuel lukt i sterk konsentrasjon vil kunne bre seg horisontalt i mer en 50 meters radius.

Om helikopteret

Fakta om EC 135

2 stk gassturbiner. Pratt og Whitney a 562 hk
 Fabrikant: Eurocopter Deutschland
 Største lengde (rotor i gang): 12,6 meter
 Rotordiameter: 10,2 m
 Høyde: 3,51 meter
 Gjennomsnittlig marsjfart: 235 km/t

4 rotorblad av komposittmateriale.

Maksimal løfteevne: 2835 kg

Lasteevne: ca 965 kg

Besetning: flyger, redningsmann og lege

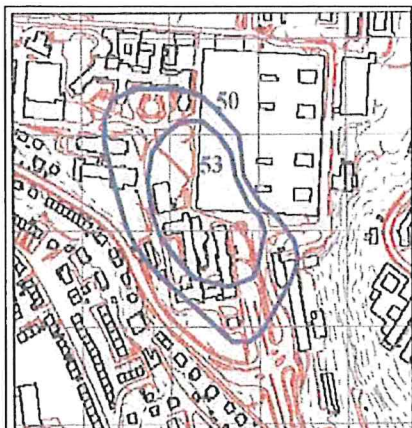
Båreplasser 1-2

Drivstofftyper JET A 1 (parafin)

Drivstoffbruk per time: 250 l

Om støy i analyseobjektet:

Støy er en generell faktor som må regnes med fordi støy påvirker miljøet for både mennesker og dyr. Ikke minst vil sykehusets egne ansatte, pasienter, pasientrom og pleiearealer måtte skjermes så godt som mulig mot unødig støy. Kilde akustikk AS har utarbeidet støysonegrenser og koter for døgnekvivalent støynivå.



Koter for døgnekvivalent støynivå

$L_{\text{ekv}, 24 \text{ h}} = 50$ og 53 dBA
helikopterlandingsplass ved Haukeland.

Døgnekvivalent støynivå ligner på EFN, men legger ikke ekstra vekt på støyen om kvelden og nattetid. Med aktuell trafikk-fordeling er EFN 5 dB høyere enn døgnekvivalent nivå.

Dersom støyen hadde vært over
 $L_{\text{ekv}, 24 \text{ h}} = 61$ dBA ved boliger i nabolskapet, kunne anleggseier etter Grenseverdiforskriften blitt ansvarlig for å isolere disse boligene.

Illustrasjon 4. Kartet viser beregnede støyutbredelser (Kildeakustikk)
Aktuelt helikopter EC 135

Planlagte barrierer og beredskapsplaner

Sykehuset er ikke kommet så langt i sine planer rundt personellsituasjonen ennå at detaljer er lagt rundt barrierer og beredskapsplaner, men vi kan forutsette en del viktige faktorer. Av hensyn til sikkerhet for mennesker, må området i ca. 50 meters avstand til plattformen være avstengt for andre enn autorisert vekterpersonell. Disse bør også ha en beredskapsfunksjon mht. mottak, brann og kontroll mot sabotasje. Vekterpersonellet ved Haukeland sykehus har per i dag en røykdykkerenhet.

Lys og mørke:

Betjening i dagslys leder sjelden til problemer av noe slag. Plattformdekket belyses med fjernstyrt tenning av Xenon landingslys. Disse kan tennes og slokkes fra selve helikopteret. Annen belysning ligger i forskriftenes krav til markeringslys og til merking av oppstikkende hinder (tårn og piper) med evigvarende røde markeringslys. Likeså kanter på høye bygg som måtte befinne seg nært innpå flyflatene. Det vil være belysning mot rampe og overbygning mot heis til mottakstårnet.

Brannsløkking / beredskap:

Det planlegges håndholdte pulver- og CO_2 slokkere strategisk plassert i samleskap. I tillegg skal installeres skumanlegg og skumkanon på et gunstig, lett tilgjengelig punkt rundt sirkelen av plattformen. Denne slokkestasjonen skal ha tilkomst og må kunne betjenes av vaktpersonell uavhengig av luftambulansens bevegelser og personell. I praksis vil sykehusets døgnbemannede vekterpersonell kunne betjene slik beredskap om den skulle være ønskelig.

Under ambulanseoppdrag vil helikopteret stå i kontakt med AMK-sentralen på sykehuset over radio eller VHF-samband, slik at beredskapen kan skjerpes når ankomst meldes.

Selve plattformen produseres med såkalt "selvslokkende overflate", hvor dekket utføres med en mengde små drenshuller tett i tett. Så lenge dekket ikke er skadet, vil en eventuell fuel lekkasje som ikke antenner på helidekket, straks drenere til et lukket rørsystem og ledes bort fra undersiden av dekket til en lukket tank

3. FAREIDENTIFIKASJON

En viktig del av en risikoanalyse er fareidentifikasjon, eller kartlegging av potensiell risiko. For at kartleggingen skal utgjøre en god basis for det videre arbeidet med risikoanalysen, må det gjennomføres på en systematisk måte (Terje Aven). Vi har valgt en metode for grovanalyse i vårt kartleggingsarbeid. Prosjektgruppen var først på befaring på taket hvor den planlagte helikopterlandingsplassen skal bygges. Deretter gjennomførte vi søk på internett, vi søkte blant annet i ulykkestatistikker, risikoanalyser for sammenlignbare anlegg, besøkte eksisterende helikopterterminal, og gjennomførte så en idédugnad. Alle farene ble systematisert og satt inn i skjema som er gjengitt i tabell 1 nedenfor. Deretter plottet vi de ulike farene inn i en risikomatrise (illu. 5) Fra risikomatrisen valgte vi ut en hendelse med høy risiko til den videre analysen.

Den største feilkilden i denne grovanalysen er at vi har valgt å ikke ta hensyn til organisatoriske forhold og såkalt "menneskelig svikt". Dette er en viktig del av en risikoanalyse. Spesielt ved vurdering av en helikopterlandingsplass, hvor mye avhenger av pilotens vurderingsevne. I denne oppgaven vil det bli for omfattende å ta slike forhold med i betraktning.

Helikoptertrafikk til og fra plattform lokalisert i et sykehusområde, vil medføre en potensiell risiko for mennesker, materiell og miljø. Dette kan medføre en serie hendelser; som krasj mot bygning, splintret girkasse, løsrevne rotorblad som farer i alle retninger, og kanskje en følgebrann som startes med antennelse av fuel. I tillegg vil mindre ulemper i form av støy, lukt, forstyrrelser og sterk vind fra rotorbladene gi ubehag for pasienter, ansatte, og andre som måtte oppholde seg på området.

I tabell 1 på neste side gir vi en gjengivelse av farlige forhold knyttet til helikopterlandingsplassen. Det kan være en hendelse, fysiske forhold eller situasjoner som representerer en fare som kan resultere i personskader og skade på eiendom og utstyr. Vi vurderer ikke skade på miljø i vår analyse. I selve grovanalysen har vi også tatt med tenkte årsaker til de ulike fysiske hendelsene. Videre har vi gitt en beskrivelse av tenkte hovedeffekter (konsekvenser) av de ulike situasjonene, dette for å beskrive omfanget av de ulike farene. Senere i rapporten vil vi beregne sannsynlighet og konsekvens for noen av disse farene. Siden dette er en fareidentifikasjon av et planlagt objekt så er listen ikke utømmende. Vi har ingen erfaringsdata fra akkurat dette helidekket og baserer oss på statistikker og tall fra sammenlignbare plattformer og ulykkestatistikker.

Noen vesentlige forutsetninger:

Det planlagte landingspunktet ligger så langt fra sengepostene som mulig, men likevel nært nok til å sikre en lett fremkommelighet mellom plattform og skadestue. En høy, frittstående og åpen konstruksjon vil antas å lede luftstrømmer under og gjennom plattformen uten at det oppstår luftobstruksjon og turbulens som vil kunne innvirke på helikopterets stabilitet under inn- og utflyving. Samtidig ligger plattformen såpass langt fra Ulriken fjellmassiv, at fare for fallvinder er minimale. Luftfartstilsynet har tidligere vært kritisk til plassering av landingspunkt nært fjellet pga. faren for fallvinder.

Ekstremvær:

og vanskelige værforhold (kraftig vind, dårlig sikt kraftig regn og/eller thunderstorms) vil komplisere både flyoperative forhold så vel som pasientforflytning og transport under åpen himmel (på bære mellom helikopter og heis). Flyging under slike forhold ikke er aktuelt. Man vil under slike forhold foretrekke å ta pasienten til sentrumsbasen for omlasting og transport i ambulansebil til sykehuset. I tåke og snøtykke vil helikopteret uansett bli stående på bakken. Ekstreme forhold er derfor ikke vurdert i fareidentifikasjonen og videre analyse

Tabell 1 fareidentifikasjon:

	Fare	Årsaker	Hovedeffekter	Planlagte tiltak og mulige barrierer
1	fuel lekkasje	Dårlig vedlikehold feildimensjonering	<ul style="list-style-type: none"> • Utslipp • Antenning / brann 	helidekkets beskaffenhet
2	Motorsvikt	Manglende vedlikehold. Tretthetsbrudd i girkasse. Svikt i drivstoff tilførsel. Andre årsaker	Styrt <ul style="list-style-type: none"> • Treffe sykehusbygning eller plattform • Brann / eksplosjon • Totalødeleggelse av rotor og helikopter • Tap av liv 	I hht. Beredskapsplan, samt helidekkets beskaffenhet. Håndslukkere Skumkanon på plattform Vekterpersonell som beredskap
3	Ekstreme værforhold	Turbulens ved kraftige vindkast.		Flyging ikke aktuelt
4	Løsrivelse av helikopter deler	Manglende vedlikehold materialtrethet	<ul style="list-style-type: none"> • Materiell ødeleggelse • Alvorlig personskade • Mulig tap av liv 	Generelt vedlikehold I hht. beredskapsplan
5	Eksosgasser inn i ventilasjonssystem	Avgivelse av noe uforbrent fuel. Vindretning og styrke	<ul style="list-style-type: none"> • Lukt sprer seg til operasjonsstuer, rom og fellesområder 	Fysisk avskjerming av luftinntaket
6	Antennelse av tak	Fuel lekkasje etter styrt mot bygning. Manglende vedlikehold	<ul style="list-style-type: none"> • brann og brannspredning 	Taket dekkes med ikke brennbar beskyttelse. Brannberedskap
7	Fall fra helikopterdekk	Uoppmerksomhet ved legitimt arbeid på dekket. Budd på sikkerhetsrutiner	<ul style="list-style-type: none"> • Alvorlig personskade • Mulig tap av liv 	Plattformen har sikringsnett som skal hindre fall
8	"Running rotor"	Ikke fulgt rutiner	<ul style="list-style-type: none"> • død • hørselsskade 	Rutiner er utarbeidet for running rotor. EC 135 har innbygget halerotor
9	Plattform faller sammen	Konstruksjonssvikt Overbelastning feildimensjonering	<ul style="list-style-type: none"> • store materielle skader 	Plattformdekk merket med tillatt landingsvekt. Mottakskontroll
10	Psykisk	Ubehag ved å føle at man ikke har kontroll med hva som foregår. Sjenanse av støy	<ul style="list-style-type: none"> • psykiske lidelser • Traumer 	Informasjon om Redningsarbeidet Begrense oppholdstid for bakkekontakt
11	Sabotasje	Terrorhandling.	<ul style="list-style-type: none"> • Store materielle skader • Alvorlig personskade • Omtale 	Avgrensning av atkomst til plattform. I hht. Beredskapsplan for HUS
12	Støy til ansatte, pasienter og naboer	Normalstøy fra helikopter. Særlig nattflyving vil sjenere mest pga. at bakgrunns- støy er minimal. Intensitet avhengig også av klimatiske forhold	Manglende inform./ kunnskap Overskridelse av helse- og arbeidstilsynets grenser for akseptabel støy	Holde tilstrekkelig avstand til bebyggelse og skjerme pasientrom med fysiske tiltak (støysolere og lydglass vinduer)
13	Kommunikasjons – svikt pilot / navigatør	Uoppmerksomhet Menneskelig faktor	<ul style="list-style-type: none"> • Kan føre til feilnavigasjon 	Skjerpe rutiner ved flyving i dårlig sikt

I denne rapporten ønsket vi å velge ut en eller to hendelser ut fra vår fareidentifikasjon som vi skulle gjøre mer omfattende konsekvens og sannsynlighetsberegninger på. For å velge ut de hendelsene med antatt høyest risiko så vi det som hensiktsmessig å benytte en risikomatrix for å vurdere faremomentene opp mot hverandre. En slik risikobetraktning kan bidra til å avklare behov og prioritering for risiko- eller konsekvensreducerende tiltak

I matrisen(ill5)under har vi plottet farene fra fareidentifikasjonen inn i en risikomatrix. En risikomatrix benyttes for å vurdere/anslå risiko ved å plote sannsynligheten for en uønsket hendelse langs en akse og graden av konsekvens langs den andre aksene. Risikoen uttrykkes ved sannsynligheten for og konsekvensene av de uønskede hendelsene (farene). Vi har selv definert sannsynlighets og konsekvensaksene. I vår matrise er sannsynlighetsaksen antall ganger faren mest sannsynlig inntreffer over et definert tidsrom. Sannsynligheten kunne vært gjengitt som antall hendelser per flytime. På konsekvensaksen sier vi noe om hva de ulike farene vil kunne medføre i form av personskader, dødsfall og skader på utstyr og eiendom Som en kan se av figuren vurderer vi konsekvens for menneske og materiell under ett. Dette kan være litt misvisende men for de fleste av "våre farer" er konsekvensomfanget for materiell og menneske relativt sammenfallende.

Illustrasjon 5: Risikomatrix

sannsynlighet	Ofte En gang pr måned eller mer	12, 10				
	Sannsynlig 1 gang pr år	3	1, 5			
	Lite sannsynlig en gang per 10 år			4,6	2,13	
	Usannsynlig En gang pr 100 år				11,7,8,	
	Svært usannsynlig 1 gang pr 1000 år					9
	Konsekvens	Ufarlig Ikke skade på personer/ ingen skade på utstyr	En viss fare Små person skader/ små skader på utstyr	Farlig Større personska der/ betydelig skade på utstyr	Kritisk Kan resultere i død/stor skade på utstyr	Katastrofalt Kan resultere i mange døde/ store deler virksomheten ødelagt

Som følge av fareidentifikasjonen og tilhørende risikomatrix ser vi at kommunikasjon og motorsvikt er de farene/forholdene som gir høyest risiko. Siden vi har valgt å ikke gå inn på organisatoriske forhold og menneskelig "svikt" valgte vi derfor å konsentrere oss om forholdene rundt motorsvikt i den videre analysen. I de neste kapitlene skal vi ved utarbeidelse av hendelsestre estimere sannsynligheten for effektene som kan oppstå og vurdere om de planlagte tiltakene og barrierene er tilfredsstillende nok til at opprettelsen av helikopterlandingsplassen kan forsvares

ANALYSERENDE FASE

4. ESTIMERING AV SANNSYNLIGHET

Fareidentifikasjonen vår viste at den faren som er forbundet med høyest risiko er motorsvikt

Vi har derfor konstruert et hendelsestre (illustrasjon 6, neste side) som på en systematisk måte identifiserer hendelseskjedene som følger av mulig motorsvikt. Verst tenkelig ulykkes og risikoscenario er motorsvikt og havari på eller i nært ved en av sykehusets bygninger.

Vi har estimert sannsynlighet for motorsvikt til $1.00E-04$. Det vil si en hendelse per 10000 flytime. Av 400 flybevegelser gis $400/2 = 200$ landinger /år à 1,5 times varighet. Dette gir 300 timer opphold på/ved plattformen/år. Dermed skulle vi ha en sjelden estimert frekvens på styrt; $10.000: 300 = 33.33$.

Motorsvikt pr.33 år, som igjen er fordelt med 10 % av den mer alvorlige typen, mens 90 % er relativt kontrollert ved motorbortfall på én motor ... eller lignende.

Forklaring til hendelsestre

Topphendelsen i vårt hendelsestre er motorsvikt. Utgangsscenarioer: er 10 % ukontrollert styrt, eller 90 % kontrollert styrt, definert ved landing med én motor, eller ved autorotasjon. Autorotasjon : etter motorstopp fortsetter rotorbladene å rotere fritt. Denne rotasjonen opprettholdes en liten stund slik at det er mulig å lande helikopteret).

Sjansene for å treffe en liten plattform på det store sykehusområdet er relativt liten ved akutt svikt. Den tette bygningsmassen vil derimot være mer i faresonen for treff enn en styrt mot bakken mellom bygningene. Fordelingsfaktorer (sannsynligheter) for hendelser fremgår av påførte verdier i treet. Vurderinger vi selv har gjort i forhold til kunnskap om terreng og den aktuelle situasjonen. En aktuell styrt hvor maskinen treffer bygning antas, i verste fall, å medføre både splintring av rotorblad og fuel lekkasje som kan føre til både brann, eksplosjon og tap av liv.

Vi har ikke gått inn på muligheten av et scenario hvor maskinen kan slå hull gjennom betongdekket og falle brennende til underliggende etasje.

Konklusjon av enkelthendelser fra treet:

De ulike slutthendelsene i hendelsestreet er svært alvorlige, og svært mange av situasjonene vil kunne føre til store materielle ødeleggelser og tap av liv. Bygnings- og persontettheten i området vil være årsaken til dette. Samtidig er faren for selve den ukontrollerte styrten estimert som liten (10 %) i forhold til en kontrollert styrt. Størst sjanse for motorsvikt vil være med én motor hvor man kan foreta en kontrollert landing, eller en mer ukontrollert autorotasjon.

Hendelsestre

HENDELSESTRE (ill. 5)

Motorsvikt / styrt / nedslag / mekanisk følge / 2 ulike scenarier / skade på / brann / følgeskade / eksplosjon
ell. flash fire

	Frekvens	Scenario	fatalitets rate	antall eksp. mennesker	PLL bidrag
rotorblad skader 0,25 Intensivpost	1,80E -05	alvorlig hendelse	0,2	20	1,20E -05
andre lokaler 0,75	5,40E -05	alvorlig hendelse	0,3	30	4,86E -05
treffer bygn 0,8	1,80E -05	ufarlig hendelse	0	0	0
treff:plattform 0,2					
auto 0,9 rotasjon					
fuel 0,4 Brann slukkes	1,68E -06	alvorlig hendelse	0,2	40	2,16E -05
utenfor 0,7 plattform	3,528E -07	ekspl med konsekvenser for mennesker og bygn	0,2	70	4,94E -06
stvt 0,6 mot bygn	3,528E -07	flash fire med like konsekvs. som over	0,2	100	7,06E -06
større brann 0,4 tilløp					
fuel 0,6 antenner	1,0584E -06	kontrollert område	0	50	0
brennbar 0,7 takflate	7,56E -07	kontrollert område	0	15	0
brannsikert 0,3 område					
ukontrollert 0,1 styrt	1,80E -06	plattform tåler krasj	0,1	5	9,00E -06
treffer plattform 0,3	4,00E -06	mindre f. hendelse	0,2	10	8,00E -06
stvt mot terreng 0,4	1,00E -04	Kontroll			
				PLL	1,112E -04

5. BEREGNING AV KONSEKVENNS

Vi har valgt beregning av BLEVE og FLASH-brann fordi disse gir størst antall eksponerte mennesker.

Havari med påfølgende eksplosjon av drivstofftank/BLEVE

Ukontrollert havari med helikopteret på deler av bygning/tak på Haukeland, som resulterer i en eksplosjon/BLEVE med påfølgende høgt strålingsnivå. En eksplosjon av denne typen kan oppstå når det havarete helikopteret blir liggende i flammer og drivstofftanken ryker når Jet A1 væsken blir oppvarmet til sitt kokepunkt, som ligger mellom 150 og 290 grader Celsius. Når denne væsken koker dannes det damp som øker trykket og dette resulterer i en kraftig eksplosjon av tanken og alt innholdet blir spontant frigjort i en BLEVE.

Jet A1 er et kerosin petroleumsprodukt, produsert ved destillasjon av råolje. Det er en kompleks blanding av hydrokarboner med karbontall hovedsaklig fra C₉-C₁₆.

Helikopteret bruker drivstoff av typen Jet A1, når begge tankene, hovedtank og reservetank, rommer disse til sammen 700 liter drivstoff. Dette er tilsvarende 560 kilo drivstoff masser, i følge HMS-databladet. Helikopteret bruker ca. 193 kilo drivstoff pr. flytime. Det er lite sannsynlig at helikopteret har helt full tank med landing med pasient på Haukeland. Derfor antar vi at tanken inneholder 400 kilo drivstoff ved et havari på Haukeland.

Brannball / BLEVE

Størrelsen på en brannball er gitt ved:

$$D = 5,8 M^{0,333}$$

$$T = 0,45 M^{0,333} \text{ ved } M < 37.000 \text{ kg.}$$

$$\text{Brannball diameter} = 5,8 * 400 \text{ kg}^{0,33} = \underline{\underline{42,65 \text{ meter}}}$$

$$\text{Tid (varighet på brannballen): } 0,45 * 400^{0,333} = \underline{\underline{3,3 \text{ sek.}}}$$

Stråling frå brannball:

Overflatestråling frå en brannball ligger mellom 150-300kW/m².

Forenkla View Factor (mengde som når mottaker) er gitt ved: $F = (D/2R)^2$

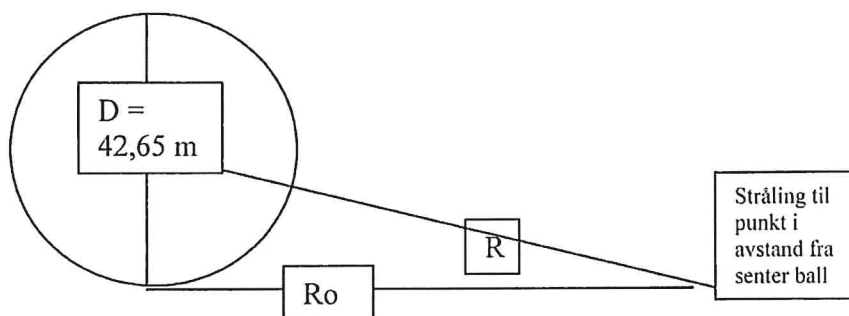
q = overflate stråling frå brannball – 300 kw/m²

$T(\tau)$ er den strålingen som når objektet og som ikke blir absorbert av vanndamp, denne angis i prosent. $T(\tau)$ er gitt ved:

$$T(\tau) = 1,389 - 0,135 \log_{10} P_w R$$

$P_w = 1628$ Pascal trykk.

Mottatt stråling ved gitt radius (Q) = $q * t * f$

**Scenario 1:**

A: Ved et havari av helikopteret på taket ved (punkt B), vil det være 10 meter til betongveggen mot sengeavdelinga.

B: Dersom havariet skjer på dagtid kan det være folk på terrassen utenfor kantinen, som er vel 50 meter fra plattformrampen.

Avstand til brannball er gitt ved:

$$R^2 = R_o^2 + (D/2)^2$$

$$R = \text{Kvadratrot av } R_o^2 + (D/2)^2 = 10^2 + (42,65/2)^2 = 25,86$$

$$F = (D/2R)^2$$

A: Strålingsintensiteten utside betongvegg pasientavdeling er:

$$R = \text{Kvadratrot av } R_o (10)^2 + (D/2 (42,65/2))^2 = \mathbf{23,55 \text{ meter}}$$

$$F = (42,65/2 * 23,55)^2 = \mathbf{0,82 \%}$$

$$T (\text{tau}) = 1,389 - 0,135 \log_{10} P_w R$$

$$T = 1,389 - 0,135 \log_{10} * 1628 \text{ Pa} * 23,55 = \mathbf{0,77 \%}$$

$$\text{Mottatt stråling gitt ved } - Q = q * t * F$$

$$\mathbf{Q = 300 \text{ kW} * 0,77 * 0,82 = \underline{189,42 \text{ Kw/m}^2}}$$

B: Strålingsintensitet på kantine terrassen:

$$R = \text{Kvadratrot av } R_o (50)^2 + (D/2 (42,65/2))^2 = \mathbf{54,35 \text{ meter}}$$

$$F = (42,65/2 * 54,35)^2 = \mathbf{0,154 \%}$$

$$T = 1,389 - 0,135 \log_{10} * 1628 \text{ Pa} * 54,35 = \mathbf{0,72 \%}$$

$$\mathbf{Q = 300 \text{ kW} * 0,72 * 0,154 = \underline{33,26 \text{ Kw/m}^2}}$$

Scenario 2: Havari med fuel lekkasje og påfølgende antennelse med Jet brann

Jet fire:

Antar utslippsrate av 400 kg. Fuel Jet A1 med mengde 1,5 kg pr.sek.

$$L_{\text{jet}} = 18,5 U^{0,41}$$

D_{jet} = diameteren på flamme lengde i meter. = $0,29 \times \sqrt{L_{jet} \times X}$

X = Avstand fra utslippspunktet(m), her antatt å være 5 meter.

L_{jet} = lengden på jet-brann/flamme lengden

U = Utslippsrate i Kg/sek.

$L_{jet} = 18,5 \times 1,5^{0,41} = 10,03$ meter

$D_{jet} = 0,29 \times \sqrt{10,03 \times 5} = 1,21$ meter

Tabell 2. for strålingsnivå iht. flammelengden fra en jet brann:

Strålingsnivå (kw/m ²)	Avstand til strålingsnivå (ifht.) Flammelengde)
37,5	1,2
12,5	1,45
5,0	1,75

Termisk stråling sin effekt på mennesker avhenger av eksponeringstid og størrelsen på den termiske stråling. I tillegg er det individuelle variasjoner i tålegrensen i forhold til brannskader. En BLEVE vil være over på få sekunder, mens en Jet bann varer gjerne til fuelen er tømt/brent. Beregningene viser at mennesker som er 10 meter fra brannballen vil omkomme umiddelbart med et strålingsnivå på 189 kw/m². Dersom avstanden er 50 meter, der det i vårt tilfelle mest sannsynlig kan oppholde seg folk, kan de overleve dersom rømming skjer etter få sekunder. For helikopterpersonalet vil disse scenarioene få fatale konsekvenser.

Tabell 3. Verdier på strålingsnivå: (tabell fra forelesningsnotater)

Strålingsnivå (kw/m ²)	Effekt på personell
37,5	Umiddelbar død inntreffer
10 - 37,5	Rømming må skje innen noen få sekunder, 2. grads forbrenning
5 - 10	Smertegrense nådd innen 4 sek. For 10 kw/m ² . Rømningsveier er forringet men personer i området kan greie å komme seg ut av sonen dersom de greier det innen 30 sek.
5	Grense hvor rømming skal være mulig

AVSLUTTENDE FASE

6. VURDERING AV RISIKO OPP MOT BESLUTNING OG AKSEPTKRITERIER

Vi har nå beskrevet hvilke uønskete hendelser som kan skje ved oppstart av en helikopterlandingsplass og hvilke virkning disse uønskete hendelsene, da spesielt motorsvikt, kan ha på personer som oppholder seg på sykehuset og sykehusets eiendom. Resultatene fra risikoanalysen må vurderes opp mot sykehusets og luftambulansens kriterier for akseptabel risiko. Dersom risikoen for en aktivitet er større enn det virksomheten aksepter bør denne håndteres. Akseptkriterier bør settes opp i forkant av en risikoanalyse. Det er ikke gjort i dette arbeidet da vi hadde lite kunnskap om risiko forbundet med helikopterflyging. Akseptkriteriene skal være et hjelpemiddel for å holde risikoen under kontroll. Det er viktig å merke seg at bruk av akseptkriterier ikke betyr at man aksepterer ulykker. Enhver ulykke og luftfartshendelse er uønsket. Nedenfor har vi satt opp noen tenkte akseptkriterium/flysikkerhetsmål som vi antar at Haukeland Universitetssykehus kunne laget i forkant av risikoanalysen, og vurdert våre resultater opp mot dette.

Akseptkriterier for flysikkerhet:

Helikoptervirksomhet til og fra Haukeland Universitetssykehus skal drives på en slik måte at vi unngår luftfartsulykker som medfører alvorlig skade på materiell, miljø eller mennesker. Motorsvikt i tilknytning til helikoptertransport til og fra Haukeland skal ikke forekomme oftere enn en gang per 50 år. Ingen enkeltfeil eller utstyr skal alene kunne resultere i fare og ulykkesituasjoner som truer helse miljø eller materielle verdier.

I hendelsestreet i forrige kapittelet estimerte vi at motorsvikt i forbindelse med inn- utflyving kan fremkalle to scenarier: Helikopteret lander kontrollert ved hjelp av autorotasjon eller at helikopteret krasjlander (ukontrollert styrt). Ut fra estimatet at en av disse hendelsene vil inntreffe en gang hvert 10000 flytime vil en motorsvikt etter våre beregninger forekomme hvert 33 år. En motorsvikt som fører til styrt har en 10 ganger så lav sannsynlighet. Selv om motorsvikt med styrt og alvorlige slutthendelser forekommer meget sjeldent har vi beregnet en sannsynlighet for motorsvikt som er høyere enn akseptkriteriene, rikoreduserende tiltak mot motorsvikt må derfor settes i verk for å tilfredsstille akseptkriteriet.

Akseptkriterier for støy

Alle krav gitt av planmyndighetene, helsemyndighetene og arbeidstilsynet vedrørende akseptabel støy skal til enhver tid overholdes. Pasienter skal ikke vekkes av støy fra helikopter. Ansatte skal ikke utsettes for mer en 2 peakverdier på max 80 dB i løpet av en arbeidsdag. Ingen lokaler på sykehuset skal ha en døgnekvivalent bakgrunnstøy på mer enn 30 dB grunnet helikoptertrafikk. Kontorer og andre arbeidslokaler skal ikke motta en bakgrunnstøy grunnet helikoptertrafikk på mer enn 40 dB(A) over en 8 timers dag

Kilde akustikk sine beregninger viser at enkelte pasientrom vil få en døgnekvivalent støy på 50 dB altså over akseptkriteriet. Risikoreduserende tiltak i form av støydempende tiltak på enkelte av pasientrommene må iverksettes før flyging iverksettes.

Oppsummering og beskrivelse av slutthendelser:

Tabell 4. oppsummering konsekvensberegninger

Slutthendelse	Beskrivelse	Temperatur Brann- Betongvegger	Mulig eskalering
Bleve med 42,65 diameter brannball, med overflatestråling mellom 150 -300 kW/m ² og varighet på 3,3 sekunder	Treffer taket på 3 etasje vest for plattformen utenfor kantineområdet. Eksplosjonen medfører prosjektiler av rotorblad og helikopterdeler. Total ødeleggelse av helikopteret og fatale utfall for menneskene om bord.	Taktekkingen består av tjæreholdig papp som ved høy temperatur er brannfarlig. Veggene er av betongelement, og antas å tåle denne form for eksplosjon. Vindu i 3 etasje og oppover kan bli ødelagt pga. trykket.	Kan medføre følgebrann i deler av sykehuset. Sekundær eksplosjonsfarer lite sannsynlig, parkeringsanlegg skjermet i underetasje. Andre eksplosiver som oksygen tank er i betryggende avstand.
Jet brann med 10 meter flammelengde med fuel utslipp på 1,5 kg. Pr. sekund.	Flammelengde som dersom går i retning av sengeavdeling treffer betongvegg og ødelegger vinduer. Helikopteret i brann.	Høy temperatur på områder der flammen brenner.	Kan medføre følgebrann i deler av sykehuset. Sekundær eksplosjonsfarer lite sannsynlig. Andre eksplosiver, som oksygen tank er i betryggende avstand. Brann i helikopteret kan medføre BLEVE.

Akseptkriterier for avvikshåndtering:

Alle avvik i helikopter, i pasienttransport, på helikopter dekk og andre forhold knyttet til helikopterlandingsplassen skal rapporteres til plattformansvarlig. Avvik skal rapporteres og håndteres umiddelbart.

Et viktig arbeid i flysikkerhetsarbeidet er å rapportere alle avvik, store og små. Siden vi ikke har vurdert organisatoriske og menneskelige forhold i vår risikoanalyse så kan vi ikke vurdere våre resultater opp mot dette kriteriet.

7. RISIKOREDUSERENDE TILTAK

Et viktig resultat av en risikoanalyse er at det kartlegges hvor det er nødvendig med risikoreduserende tiltak, herunder operative, vedlikeholdsmessige, bemanningsmessige og opplæringsmessige forutsetninger. Risikoreduserende tiltak beskriver handling som reduserer sannsynligheten for at hendelser inntreffer, og begrenser konsekvensene dersom noe inntreffer. I kapittelet over så vi at vi har for høy risiko for motorsvikt i forhold til de satte akseptkriteriene. I tillegg ser det ut til at beregnet støy ligger for høyt for noen av akseptkriteriene for støy. Vi anbefaler derfor risikoreduserende tiltak for disse to faktorene. I tillegg er det noen faktorer som vi ikke har gått nøye inn på i denne analysen som vi synes det bør iverksettes risikoreduserende tiltak for. Disse risikoreduserende tiltakene er gitt i tabell 5 under.

Når risikoreduserende tiltak er implementert, vil en eventuell restrisiko for de mulige uønskede hendelsene utgjøre de nød- og ulykkessituasjoner som Haukeland Universitetssykehus er forberedt på å håndtere gjennom sine beredskapsplaner. Sykehuset må utarbeide beredskapsplaner etter gjeldende regelverk, og sørge for at disse godkjennes av Luftfartstilsynet innen plattformen tas i bruk. Planene bør beskrive organisering og ressurser som kan mobiliseres til forskjellige funksjoner og tider på døgnet, (for eksempel kl. 08-16, 16-24 og 24-08) Tiltak som iverksettes skal også bekjentgjøres for impliserte parter, og gjelder fasene: varsling, redning, bekjempelse etter hendelse, og normalisering.

Planene bør inneholde: 1) administrativ del: kompetanse, opplæring, trening og øvelser.
2) operativ del: sjekklister, kommandolinjer, aksjonsplaner og Ansvarsforhold

Tabell5 Risikoreduserende tiltak

	Foreslått tiltak	Ønsket Effekt
Motorsvikt	Gode og hyppige vedlikeholdsrutiner. Rutiner for og opplæring til flyoperatørene om kontroll med sprekker i rotorblad. Vedlikehold i følge fabrikkens manual og anbefalinger. Økt avviksrapportering. Hyppigere service	Tretthetsbrudd og feil oppdages tidlig Holde maskinen i topp stand til enhver tid. Unngå eksentrisk feil ved rotor. Redusere / fjerne risiko for tretthetsbrudd i girkasse og svikt i drivstofftilførsel.
Støy	Etterisolering og skifte av en del vinduer til trelags støyabsorbenter.	Akseptkriteriene for døgnekvivalentstøynivå vil tilfredsstilles. Støy fra helikopter vil være lite til sjananse for pasienter og personell som arbeider ved sykehuset.)
Brannvern	Opplæring av vaktpersonell: Tilgjengelig plasserte brannslukkere Skumkanon. Opplæring også av kommunens brannvern.	Eventuelle branntilløp oppdages og slukkes raskt. Ingen eskalering. Personellet skal kunne bruke utstyret i tilfelle av hendelse.
Fuel lukt	Inntaksluften bør skjermes mot horisontale luftbevegelser ved å bygge arealet inn som en vertikal sjakt;	Fjerne uønsket lukt til ventilasjonssystemet. Redusering av psykisk belastning til pasienter og ansatte.
Kommunikasjons-svikt Pilot-navigatør	Teamtrening, standardisering av kommunikasjon slik at denne ikke er avhengig av personer	Eliminere menneskelig svikt Sikrer at navigatør og pilot holder tett kontakt om retninger og høyde, hindringer som luft- og brospenn
Belysning	Belysning må kunne slukkes/tennes manuelt fra AMK sentral	Øke sikkerhet på nattetid for gjestehelikoptere som ber om landingstillatekse. Hindre
Vindfelt/løse gjenstander	Bygninger og gjenstander innenfor operasjonsområdet må dimensjoneres for vindkraften, og festes mekanisk. Eksempelvis må deler av skifertaket på et nærliggende bygg vurderes å spikres fast.	Sikre området, hindre små personskader

Utfyllende informasjon til tabellen:

Vindfelt / løse gjenstander:

Det er vindfelt under helikopteret tilsvarende orkans styrke. Bygninger og gjenstander innenfor operasjonsområdet må dimensjoneres for vindkraften, og festes mekanisk. Eksempelvis må deler av skifertaket på et nærliggende bygg vurderes å spikres fast.

Luftinntak til søndre deler av Sentralblokken:

Vi kjenner alle til den karakteristiske fuel-lukten av Jet A1 drivstoff fra flymotorer som brer seg på vanlige flyplasser. Dette vil også gjelde helikopteret mens det står i venteposisjon på plattformen.

8. KONKLUSJON

Vi har i denne oppgaven vurdert og analysert risikoforhold rundt den planlagte nye helikopterplattformen til Haukeland Universitetssykehus. Store deler av analysemetodene har vi bygget på Luftfartstilsynets veileder. Den anbefaler og etterspør risikoanalyser som dokumentasjon og beslutningsunderlag i forbindelse med godkjenning og aktørenes oppfølging. Meningen er at man tenker helhetlig slik at uønskede hendelser og tilstander kan avdekkes i tide til å avverge dem. Luftfartstilsynet definerer slik tankegang som "proaktivitet" som har til hensikt å avdekke situasjoner før de blir alvorlige eller inntreffer.

Vi har tatt utgangspunkt i de verst tenkelige scenarioene ved en motorsvikt ved sykehuset med påfølgende styrt og brannutvikling.

Sannsynligheten for at dette verst tenkelige skal skje er heldigvis liten. Vi har estimert denne risikoen til å kunne skje 1 gang pr. 10.000 flytimer, og da er det likevel 90 % sannsynlig at det er mulig å foreta en kontrollert styrt som i beste fall bare gir mindre materielle skader og ingen eller liten personskade.

Vi har i oppgaven identifisert flere farer og ulemper for både ansatte og pasienter på sykehuset. Vi har i den forbindelse foreslått risikoreduserende tiltak for å bedre disse forholdene, som støyplager og eksos i ventilasjonsanlegg. I tillegg ser vi det som nødvendig med en del konsekvensreduserende sikkerhetstiltak som opplæring av intern brannberedskap, nødvendig utstyr til dette og en del branntekniske utbedringer som betongheller på taket.

Beliggenhet, tekniske forutsetninger og flyoperative forhold er så optimale som de kan få blitt for den foreslåtte lokalisering. Det som gjenstår er utarbeidelse av beredskapsplaner og organisasjonsmessige grep som kan sikre en effektiv og sikker drift av den nye helikopterplattformen til sykehuset. Det er en klar oppfatning blant både sykehusledelsen og Luftambulansen at en helikopterplattform på sykehuset sitt område sannsynligvis vil redde flere liv i løpet av et år i forhold til dagens praksis med luftambulansepasienter. Denne nytten må sees opp mot de ulemper og risiko en slik plattform vil innebære.

Det er etter vår vurdering en akseptabel risiko forbunden med den nye helikopterplattformen, når man vurderer nytten denne vil ha for pasientbehandlingen opp mot våre estimerte risiki med en helikopterplattform.

Ca. 50 meter nord for plattformens planlagte plassering, finner vi luftinntaket for Sentralblokkens vestre områder plassert i veggrist paneler (bredde x høyde = ca. 10 x 2,7 meter.) Systemet henter friskluften gjennom de vertikale inntaksristene. Denne inntaksluften vil bli skjermet mot horisontale luftbevegelser ved å bygge arealet inn som en vertikal sjakt; $b \times l \times h = \text{ca. } 1,2 \times 10 \times 3,5$ meter. Derimot, vil sterk vind kunne ta med seg meget uttynnet fuel gass mot inntaket, men forhåpentlig passere over eller rundt skjermen, og bli til beskjeden sjenanse.

Brannvern

Det tjæreholdige takbelegget på eksisterende takflater under og rundt plattformdeler som krager inn over takflaten, foreslås dekket av tunge støpesheller som beskyttelse mot brann og slitasje.

Det tjæreholdige takbelegget på eksisterende takflater under og rundt plattformdeler som krager inn over takflaten, foreslås dekket av tunge støpesheller som beskyttelse mot brann og slitasje.

Utforming av redningsplan og beredskapsplaner

Beredskapsplan utarbeides for vekterpersonnellets utvidete oppgaver. Vurdere styrking av stab, lønns- og arbeidsvilkår, risiko og turnusplaner.

Bemerk: skal ikke være behov for beredskap ved hver landing.

9. Kilder:

I oppgaven har vi nyttet opplysninger og fakta fra disse kildene:

Luftfartstilsynets veiledning for gjennomføring av risikoanalyser

Kilde akustikk lydberegninger

Bjørn Aven – læreboka (Pålitelighet og risikoanalyser – diverse teorier)

Norsk Luftambulans, teknikk: fremtidens helikopter

Prosjektkontoret (HUS) egne forarbeider til konsesjonssøknad

Sintef: Vurdering av flysikkerhetsmessige effekter av geografisk nærhet mellom aktørene

NS 8175 : lydforhold i bygninger

Sintef: overordna ROS analyse for samferdselssektoren

Petroleumstilsynet: Rapport etter to feillandinger. Feillanding og nesten feillanding på Ringhorne

Luftfartstilsynet: Ulykkes- og hendelsesstatistikk i norsk sivil luftfart

Luftfartstilsynet: Flysikkerhetsutviklingen i norsk sivil luftfart

