



Publikation 3

Nøgletal



Forfattere: Jacob D. Buhl, Artelia A/S
Mathilde S. Nilsson, Artelia A/S

Bidrager: David L. R. Eltang, Aarhus Kommune, Børn og Unge
Rune S. Andersen, Aarhus Kommune, Teknik og Miljø
Jimmy S. Larsen, Aarhus Kommune, Sundhed og Omsorg

Kontrolleret af: Louise Ø. Pedersen, Artelia A/S

Godkendt af: Steffen E. Maagaard, Artelia A/S

Layout: RAIN CREATIVE

Formål: Projektets formål er at opsamle erfaringer og generere viden til fremtidens mere klima-bevidste daginstitutionsudbud. Projektet er støttet af den filantropiske forening Realdania, som en del af puljen 'Sammen om bæredygtigt byggeri'. Det anbefales at læse Publikation 1 – Introduktion og sammenfatning først.

1. Indledning

Nærværende publikation undersøger og sammenligner klimaaftrykket for en række udvalgte daginstitutioner i Aarhus Kommune for at finde tendenser og potentialer.

Selvom de fleste daginstitutioner er under 1000 m² og dermed ikke skal efterleve klimakravet i BR18 på 12 kg CO₂-ækv./m²/år er daginstitutioner som bygningstypologi er særligt interessante, fordi denne typologi ofte er udfordret i forhold til: skærpede brandkrav, stort klimaskærmsareal ift. etageareal, mange indervægge, høje luftmængder og renhedskrav. Alle er elementer, som typisk giver anledning til et højere klimaaftryk, men hvordan kan klimaaftrykket minimeres igennem valg af byggesystemer og specifikke produkter? Dette er et af de spørgsmål som nærværende publikation stiller skarp på.

Analyserne tager primært udgangspunkt i tre nye daginstitutioner, som alle er tilmeldt den frivillige bæredygtigheds-klasse. I publikationen vil daginstitutionerne blive omtalt på baggrund af deres adresser; hhv. "Mallinggårdsvej", "Lokesvej" og "Højriisgårdsvej". Et samlet overblik over de tre daginstitutioner fremgår af Tabel 1, mens konstruktionsopbygninger fremgår af Tabel 2. For tegningsmateriale henvises der til afsnit 11 Bilag 3: Case-overblik. Til sammenligningsgrundlag er de tre ældre daginstitutioner Frijsenborgvej, Tronkærgårdsvej og Grenåvej inddraget som benchmark byggerier. Den anvendte LCA-metode gennemgås i publikation 1.

Tabel 1.

Overblik over de tre daginstitutionsbyster, som danner baggrund for den tværgående klimaanalyse.



	Mallinggårdvej 4, Malling	Høiriisgårdvej 2, Brabrand	Lokesvej 22, Åbyhøj
Daginstitution	4 grupper 2 børnehavegrupper á 20 børn og 2 vuggestuegrupper á 12 børn.	4 grupper 2 børnehavegrupper á 20 børn og 2 vuggestuegrupper á 12 børn.	6 grupper 3 børnehavegrupper á 20 børn og 3 vuggestuegrupper á 12 børn.
Økonomisk ramme / Entrepriseform	14 mio. kr. ekskl. moms Fagentreprise	14 mio. kr. ekskl. moms Fagentreprise	21 mio. kr. ekskl. moms Fagentreprise
Rådgivning	Totalrådgivning Rubow Arkitekter/ Vognsen	Totalrådgivning Kjaer & Richter/ Viggo Madsen	Totalrådgivning Nordic Office of Architectur/ Vognsen
Entrepriseform	Fagentreprise	-	-
Nybyg / renovering	Nybyg	Nybyg/renovering	Nybyg
Antal etager	1 etage	1 etage	2 etage
Referenceareal / opvarmet etageareal	631 m ² / 622 m ²	709 m ² / 630 m ²	924 m ² / 913 m ²
Varmeforsyning	Fjernvarme	Fjernvarme	Fjernvarme
Konstruktioner	Let	Let	Tung

	Mallinggårdvej 4, Malling	Høiriisgårdvej 2, Brabrand	Lokesvej 22, Åbyhøj
Vinduer og døre [m ² /m ² etageareal]	0,17	0,20	0,18
Ydervæg [m ² /m ² etageareal]	0,63	0,72	0,74
Terrændæk [m ² /m ² etageareal]	0,87	0,87	0,45
Tag [m ² /m ² etageareal]	1,12	1,17	0,45
Projektstade (projektmaterialer er låst til udarbejdelse af publikationerne)	As Built	Udbud	Dispositionsforslag
Øvrige kommentarer	Der ligger allerede én institution på grunden. Den nye afdeling skal bygges særskilt på den nordlige del af grunden.	Er tilmeldt den frivillige bæredygtighedsklasse. Foruden kravene i FBK er ambitionen at den færdige bygning kan overholde 8,5 kg CO ₂ -ævk./m ² /år (A1-A3, B4, B6 og C3-C4). Derudover stilles der krav til, at minimum 20 % (volumen) af materialeressourcerne fra den eksisterende bygningsmasse på grunden skal indgå i det færdige projekt. Lokalplan forskriver tegl som facadebeklædning.	Er tilmeldt den frivillige bæredygtighedsklasse. Projektet har været gennem en besparelsesrunde, hvilket sendt projektet tilbage til dispositionsforlaget.
Tegningsmateriale	Afsnit 11.1 Mallinggårdvej	Afsnit 11.3 Høiriisgårdvej	Afsnit 11.2 Lokesvej

Tabel 2.

Konstruktionsoverblik for de tre daginstitutionsbygninger, som danner baggrund for den tværgående klimaanalyse.

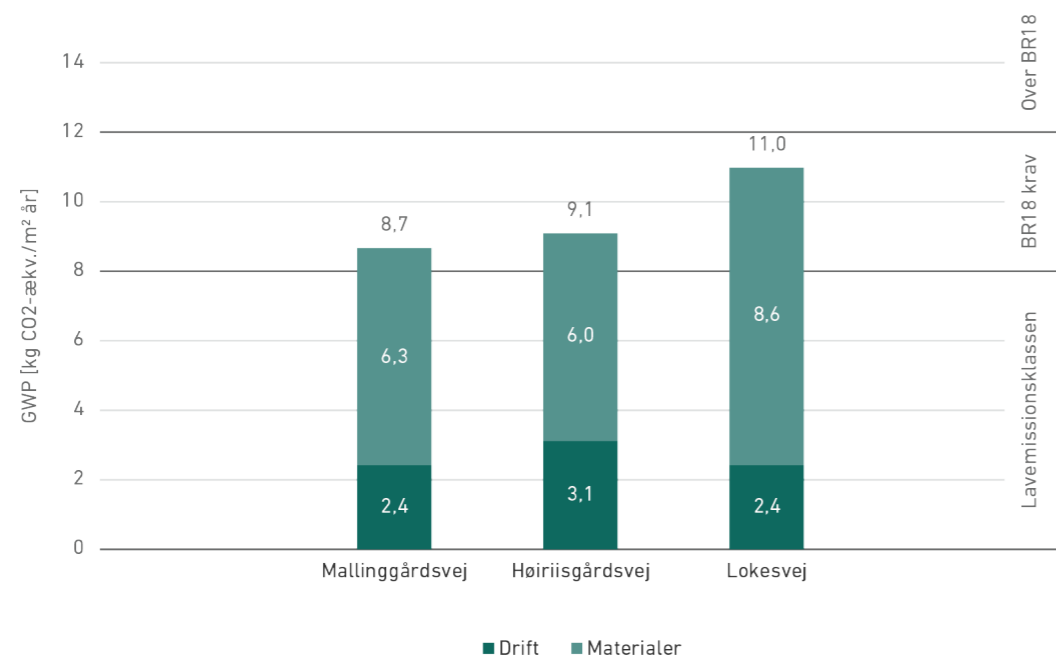
	Mallinggårdsvej 4, Malling	Høiriisgårdsvej 2, Brabrand	Lokesvej 22, Åbyhøj
Altaner og altangange	-	-	Betonelement + stål
Dæk	-	-	2,5 mm linoleum 2 mm korkment 25 mm gulvgips 120 mm strøeropbygning 180 mm huldæk Loft: Nedstroppet skinnesystem m. Ecophon eller træbetonplade m. pålimet mineraluld
El- og mekaniske anlæg	-	-	Elevator
Fundamenter	Sokkel: Letklinkerblokke + EPS Stribefundament i beton	Sokkel: Letklinkerblokke + EPS Stribefundament i beton	Sokkel: Letklinkerblokke + EPS Stribefundament i beton
Indervægge	Træ- og stålskelet med mineraluld og fibergips	Træskelet med mineraluld og fibergips og porebetonvægge	150 mm betonvæg Træskelet med mineraluld og gipsplader
Installationer	Central ventilation Radiatorer og gulvvarme	Central ventilation Radiatorer og gulvvarme	Standardværdier fra BR18
Søjler og bjælker	Trækonstruktioner	Limtræ	Stålbjælker

	Mallinggårdsvej 4, Malling	Høiriisgårdsvej 2, Brabrand	Lokesvej 22, Åbyhøj
Tage	Tagpap, tagbrædder 145x45 mm gitterspær 450 mm løs mineraluld Dampspærre 22x95 mm forskalling 15+18mm fibergips Loft: Nedstroppet skinnesystem m. lydloft eller træbetonplade m. pålimet mineraluld	2 lag tagpap 22 mm krydsfiner Saksespær 400 mm mineraluld Dampspærre 45 mm forskalling med mineraluld 12,5+15 mm brandgips	Tagpap 350 mm EPS 50 mm trykfast mineraluld 220 mm huldæk
Terrændæk	Gulv: linoleum/vinyl 100 mm beton 400 mm EPS S80 50 mm radonplade	Gulv: linoleum/vinyl/ klinker 100/120 mm beton 400 mm EPS	Gulv: linoleum 100 mm beton 400 mm EPS S80 50 mm radonplade
Trapper og ramper	-	-	Ståltrapper (udvendigt) Betontrappe (indvendigt)
Udendørs areal	Skur, udeværksted og overdækning	Skurer og belægning	Belægning
Vinduer, døre, glasfacader	3 lags-ruder m. ramme/ kram i træ/alu	3 lags-ruder m. ramme/ kram i træ/alu	3 lags-ruder m. ramme/ kram i træ/alu
Ydervægge	8mm naturskifer på afstandslister 9mm vindspærre 45x45+45x295 træskelet med mineraluld Dampærre 45x95 træskelet med mineraluld 15mm fibergips	Skærmtegl 2 x 38mm afstandslister 8mm vindspærre 45x95 træskelet med mineraluld 145 mineraluld 45x95 træskelet med mineraluld Dampærre 45mm afstandsliste med mineraluld 15+18mm fibergips	108 mm teglsten 250 mm mineraluld 150 mm betonvæg



Figur 1.

Sammenligning af klimaftrykket (Materialer (A1-A3, B4, C3-C4) og drift (B6) på bygningsniveau for de tre nye daginstitutioner.



I Figur 1 vises klimaftrykket for de tre nye daginstitutioner, hvor alle er under BR18-kravet, selvom det ikke er et lovkrav pga. deres størrelse. I ydelsesbeskrivelsen står der for Høiriisgårdsvej, at bygningen skal overholde 8,5 kg CO₂-ækv./m²/år (A1-A3, B4, B6 og C3-C4). Dette krav er på nuværende projektstade ikke overholdt, men ved valg af de rette produkter vurderes det muligt at komme ned på 8,5 kg CO₂-ækv./m²/år. Dette er undersøgt nærmere i afsnit 3.

Det bemærkes, at klimaftrykket fra materialerne (A1-A3, B4, C3 og C4) på Lokesvej er betydeligt højere end for Mallinggårdsvej og Høiriisgårdsvej. Dette skyldes valg af tunge materialer på Lokesvej, som angivet i Tabel 2, mens Mallinggårdsvej og Høiriisgårdsvej primært har lette materialer. Hvis Lokesvej kun var 1 etage og anvendte samme tunge materialer, så ville klimaftrykker forventeligt have været endnu højere, hvilket understreger vigtigheden af byggesystemet og materialevalget i forhold til CO₂-aftrykket.

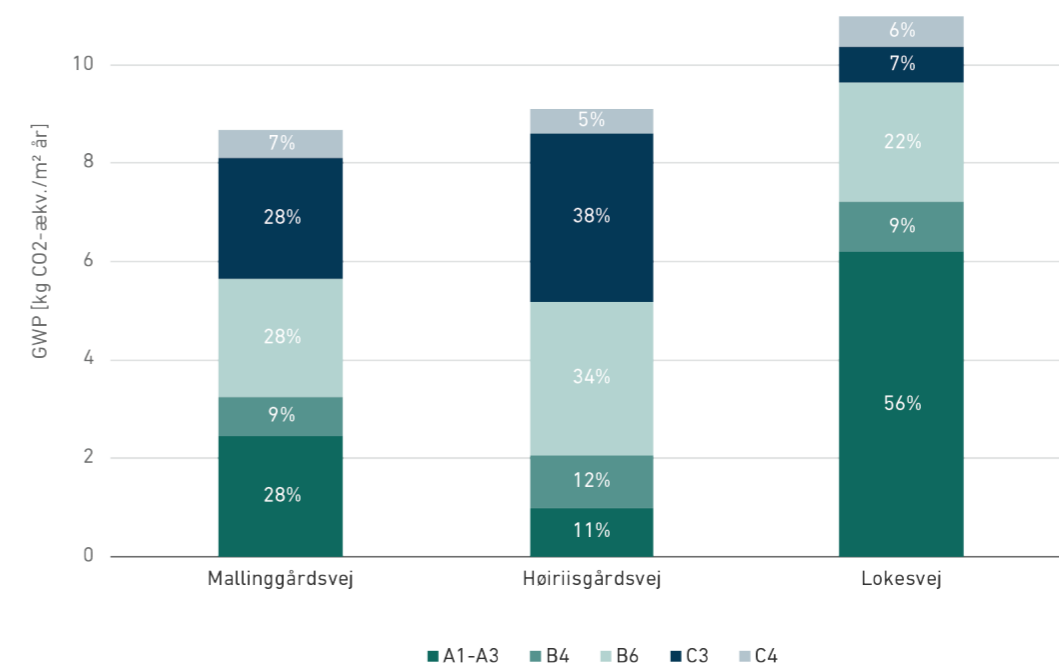
Det bemærkes også, at driftsaftrykket for Høiriisgårdsvej skiller sig ud fra de to

øvrige institutioner, hvilket skyldes et højere energiforbrug fra den eksisterende del af bebyggelsen, som også indgår i projektet. Høiriisgårdsvej er dog udfordret ift. energirammen, som ikke kan overholdes uden solceller iht. ingeniøren, men bygherre ønskede ikke oprindeligt solceller. Høiriisgårdsvej er i udbud og den endelige beslutning er ikke truffet endnu. I nedenstående tal er der ikke medtaget solceller. Hvis solceller bliver en del af projektet senere hen, vil det være meget produktspecifikt om de bidrager positivt eller negativt i det samlede klimaftryk.

Figur 2 viser en sammenligning af klimaftrykket på modulniveau, hvor Høiriisgårdsvej skiller sig ud ved at have en signifikant lavere CO₂-udledning i A1-A3 sammenlignet med Lokesvej, hvor 56 % af CO₂-udledning sker i produktfasen (år 0). Høiriisgårdsvej laver dermed en forskydning af CO₂-udledningen, hvor størstedelen først sker efter endt levetid. Denne forskydning af CO₂-udledningen minimerer CO₂ til atmosfæren her og nu, hvilket er hensigtsmæssigt i et klimaperspektiv. Herudover bemærkes det, at udskiftninger (B4) er lidt højere for Høiriisgårdsvej, fordi restlevetiden på nogle

Figur 2.

Sammenligning af klimaftrykket på faseniveau for de tre nye daginstitutioner.



af de bibeholdte materialer i det eksisterende byggeri hæver udskiftningsgraden.

Figur 3 visualiserer en sammenligning af klimaaftrykket på bygningsdelsniveau, hvor forskellen på at bygge i 1 eller 2 etager tydeligt kan observeres. Eksempelvis er klimaaftrykket for terrændæk og fundamenter på Lokesvej væsentligt reduceret, hvilket skyldes klimabelastningen fordeles udover flere kvadratmeter – se nøgletal i Tabel 1. Klimaaftrykket på kvadratmeter bygningsdel for f.eks. terrændækket er dog næsten ens, da opbygningen er næsten identisk – se Tabel 2.

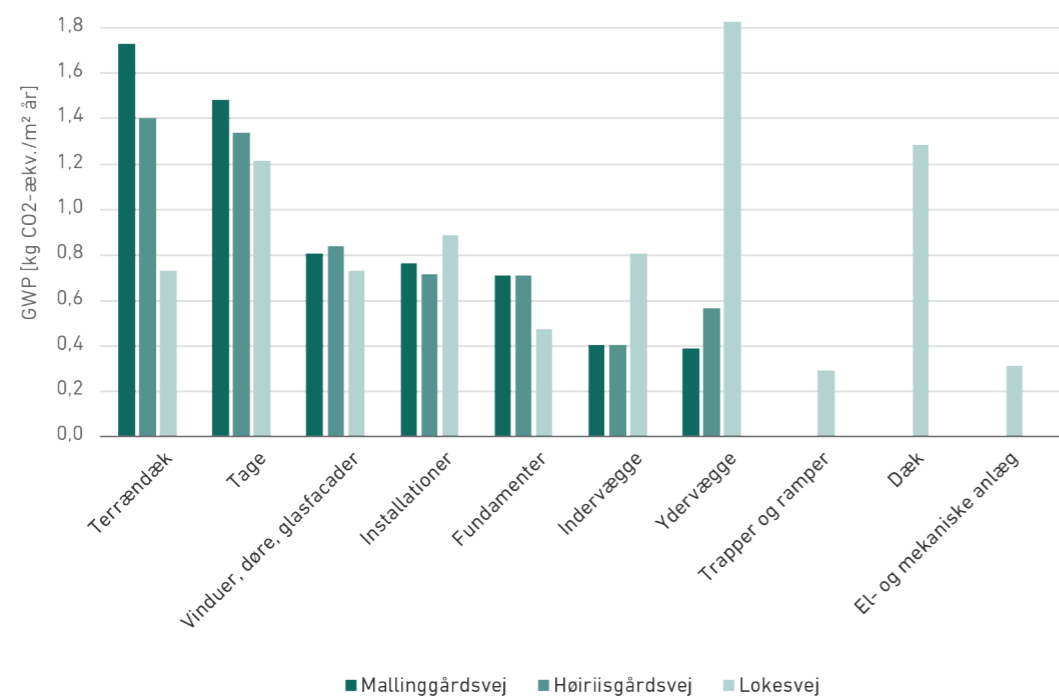
Forskellen ses dog ikke for taget, fordi den tunge konstruktionsopbygning for Lokesvej har et betydeligt højere CO₂-aftryk pr. m² konstruktion i forhold til Mallinggårdsvej og Høiriisgårdsvej. På bygningsniveau kan samme tendens derfor ikke observeres. For indervægge og ydervægge har Lokesvej et signifikant højere CO₂-aftryk grundet tunge materialevalg, som beskrevet i Tabel 2. Kategorien El- og mekaniske anlæg dækker f.eks. over elevatorer, mens installationer i dette tilfælde dækker over afløb, vand,

varme samt ventilation og køl. Det bemærkes, at klimaaftrykket fra installationerne ligger tæt op ad hinanden både ved specifik opgørelse på Mallinggårdsvej og Høiriisgårdsvej, og ved anvendelse af BR18 standardværdier på Lokesvej (fordi projektet ikke er længere). Lokesvej er dog lidt højere, hvilket er forventeligt da standardværdierne er udarbejdet konservativt.

Konstruktionsopbygningerne på Mallinggårdsvej og Høiriisgårdsvej ligner hinanden i høj grad, hvilket også afspejler sig i klimaaftrykket på bygningsdelsniveau i Figur 3. Den største forskel kan observeres for terrændækket, hvilket skyldes, at Mallinggårdsvej bruger lidt mere vinylgulv og mere isolering end Høiriisgårdsvej.

Figur 3.

Sammenligning af klimaaftrykket på bygningsdelsniveau for de tre nye daginstitutioner.



I næste afsnit undersøges potentialerne ved at vælge produktspecifikke materialer på 10 af de mest CO₂-tunge byggevarer for hver enkelt institution. Produktvariationsanalysen er afgrænset til nogle udvalgte produkter. Der findes andre på markedet, men nogle af de mest gængse er fremhævet.

Derudover er der tale om 1:1 variationer, således der er ikke set på alternative materialer. Herudover sker der hele tiden opdatering af EPD-data, som potentielt vil kunne medvirke til yderligere reduktioner.



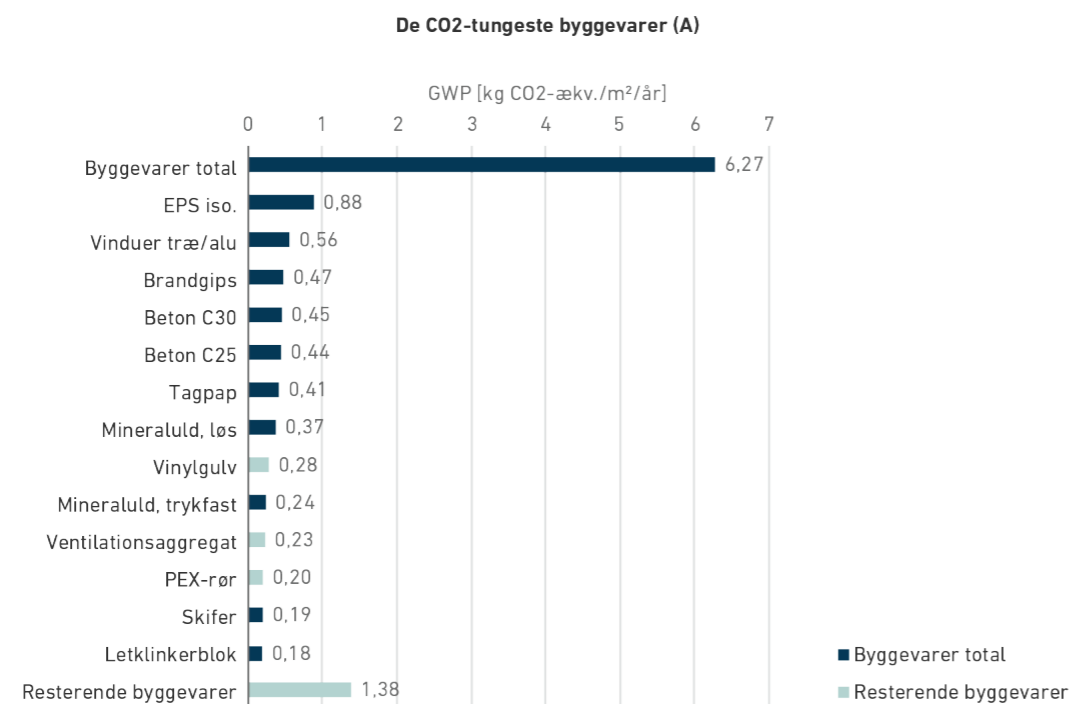
2. Mallinggårdsvej

For at undersøge CO₂-besparelspotentialet ved valg af specifikke materialer, er 10 af de mest CO₂-tunge byggevarer sammenlignet med andre lignende produkter for at illustrere variationen, og samtidigt potentialet ved valg af specifikke produkter. Mallinggårdsvej er færdigopført og i den forbindelse er der oplyst EPD'er på udvalgte materialer, hvilket også fremgår af Figur 4. Valg af de mest klimavenlige produkter fra

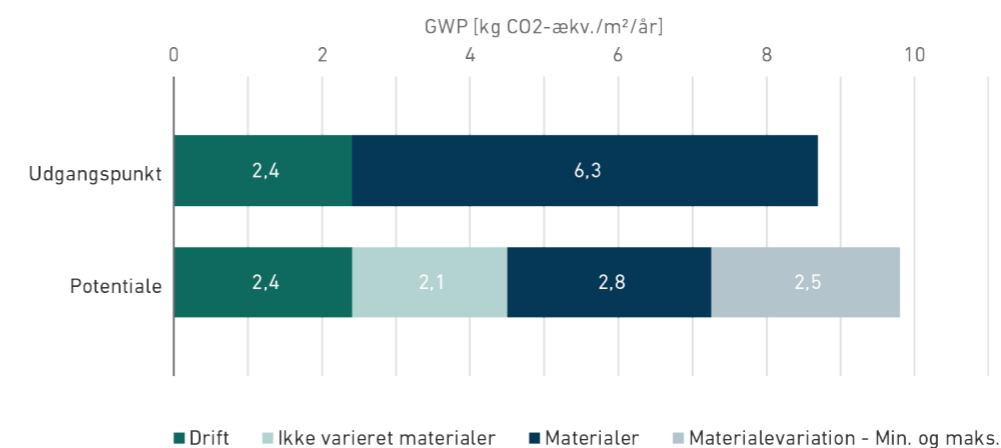
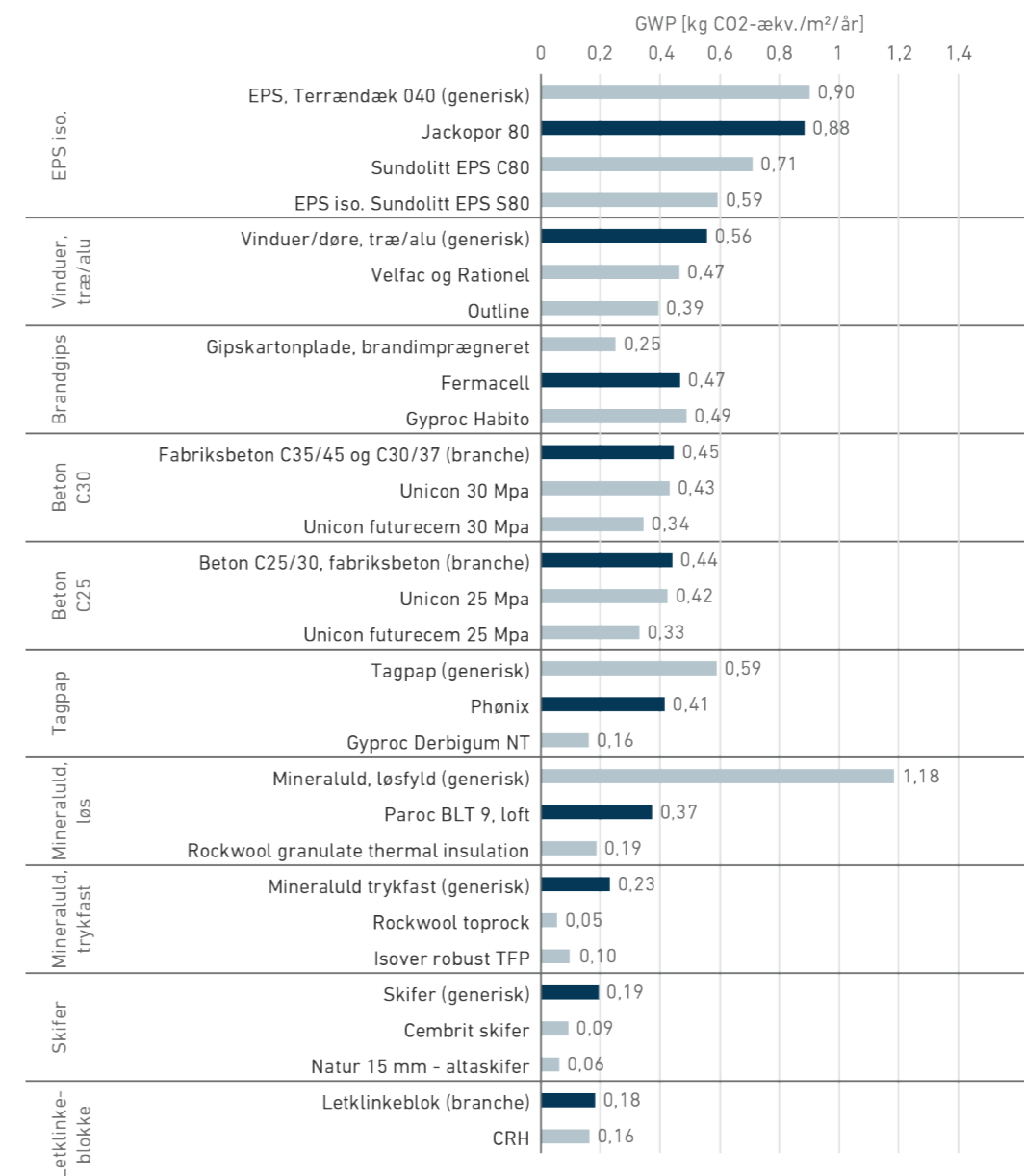
produktvariationsanalysen kan reducere klimaaftrykket med 1,5 kg CO₂-ækv./m²/år for materialerne (A1-A3, B4, C3-C4). Valg af de mest CO₂-udledende produkter vil derimod øge klimaaftrykket med 1 kg CO₂-ækv./m²/år. Dette illustrerer vigtigheden i valg af specifikke materialer, hvor Mallinggårdsvej vil kunne komme ned på et samlet CO₂-aftryk på 7,2 kg CO₂-ækv./m²/år uden at ændre byggeprincippet.

Figur 4.

CO₂-besparelspotentiale ved valg af produktspecifikke materialer for Mallinggårdsvej. I delfigur A (øverste til venstre) er de byggevarer, som der laves variation på markeret med mørke blå. De øvrige byggevarer laves der ikke variation på. I delfigur B vises materialevariationen og nederst vises en opsummering af potentialeanalysen.



Produktvariation for CO₂-tunge byggevarer (B)



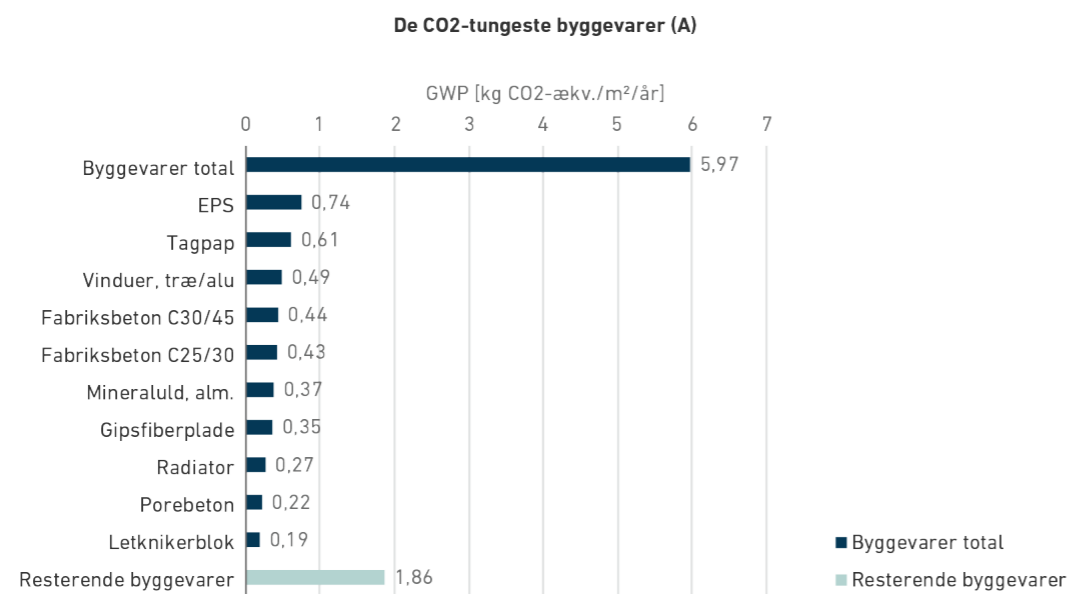
3. Høiriisgårdsvej

Høiriisgårdsvej befinder sig i udbudsfasen og har kun præciseret ét produktspecifikt materiale i projektet, hvilket er for skærmteglen. For de øvrige materialer er der anvendt generisk miljødata eller branche EPD'er i LCA'en. Produktvariationen for de 10 CO2-tungeste byggevarer viser, ligesom for Mallinggårdsvej, et betydeligt CO2-besparelsespotentiale ved valg af specifikke produkter. Høiriisgårdsvej vil potentielt kunne

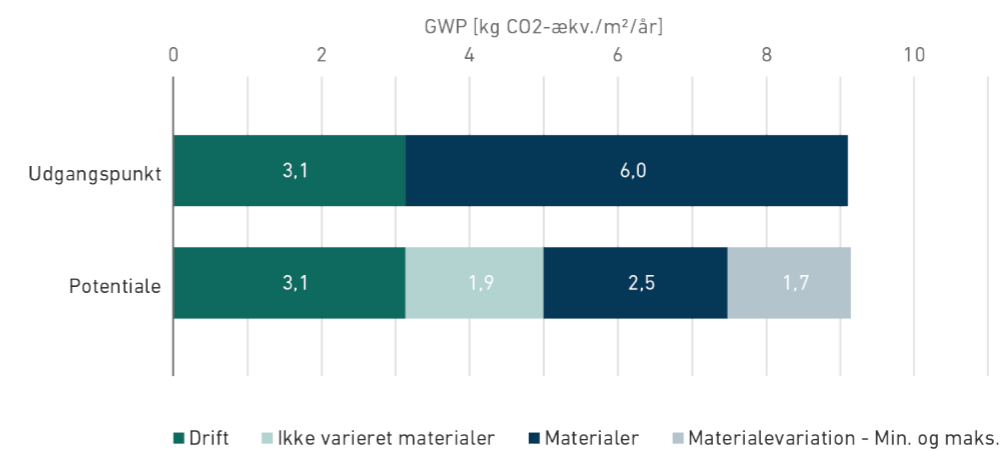
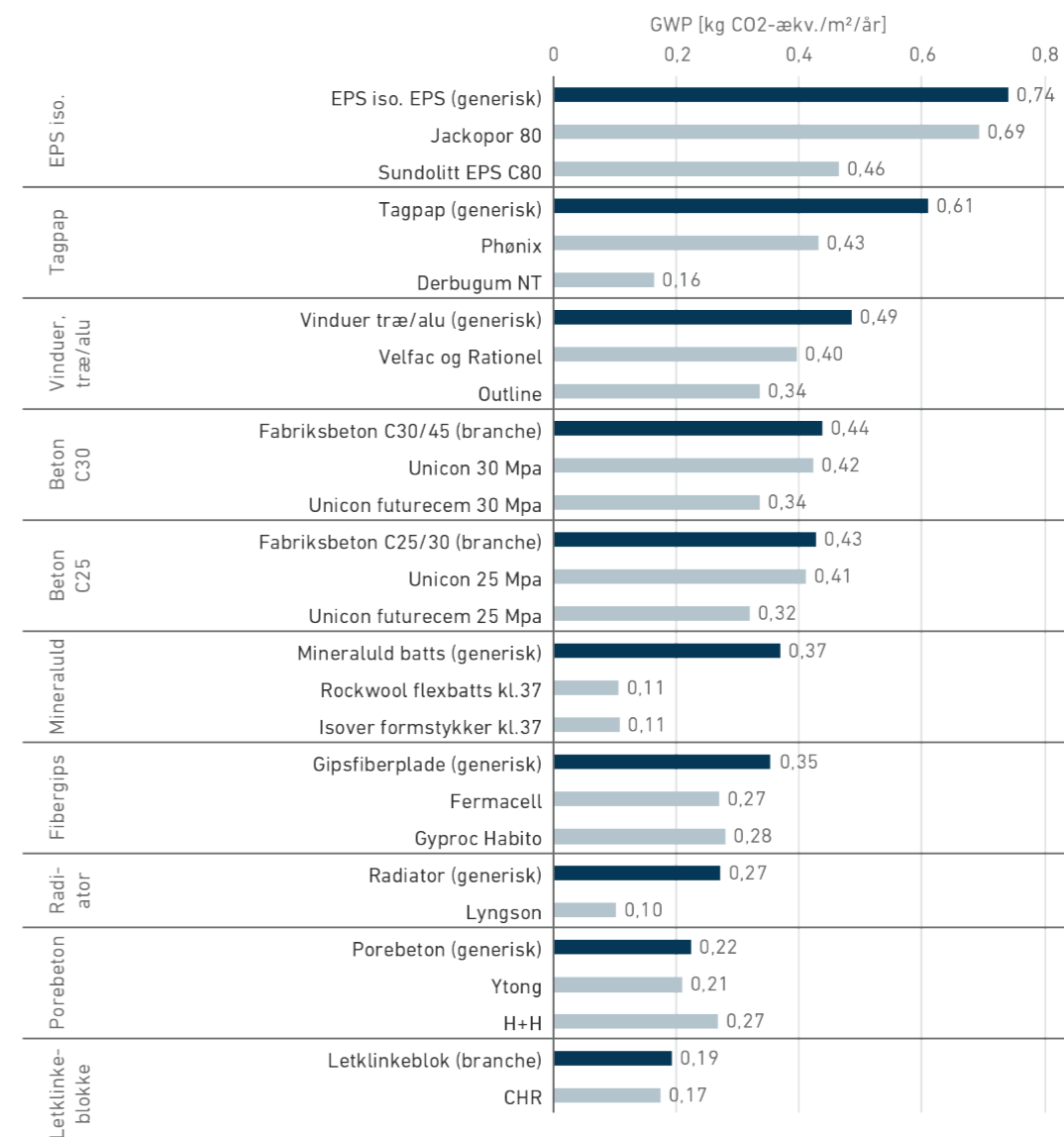
komme ned på 7,4 kg CO2-ækv./m²/år i CO2-aftryk og dermed opfylde målet på 8,5 kg CO2-ækv./m²/år i ydelsesbeskrivelsen.

Figur 5.

CO2-besparelsespotentiale ved valg af produktspecifikke materialer for Høiriisgårdsvej. I delfigur A (øverste til venstre) er de byggevarer, som der laves variation på markeret med mørke blå. De øvrige byggevarer laves der ikke variation på. I delfigur B vises materialevariationen og nederst vises en opsummering af potentialeanalysen.



Produktvariation for CO2-tunge byggevarer (B)



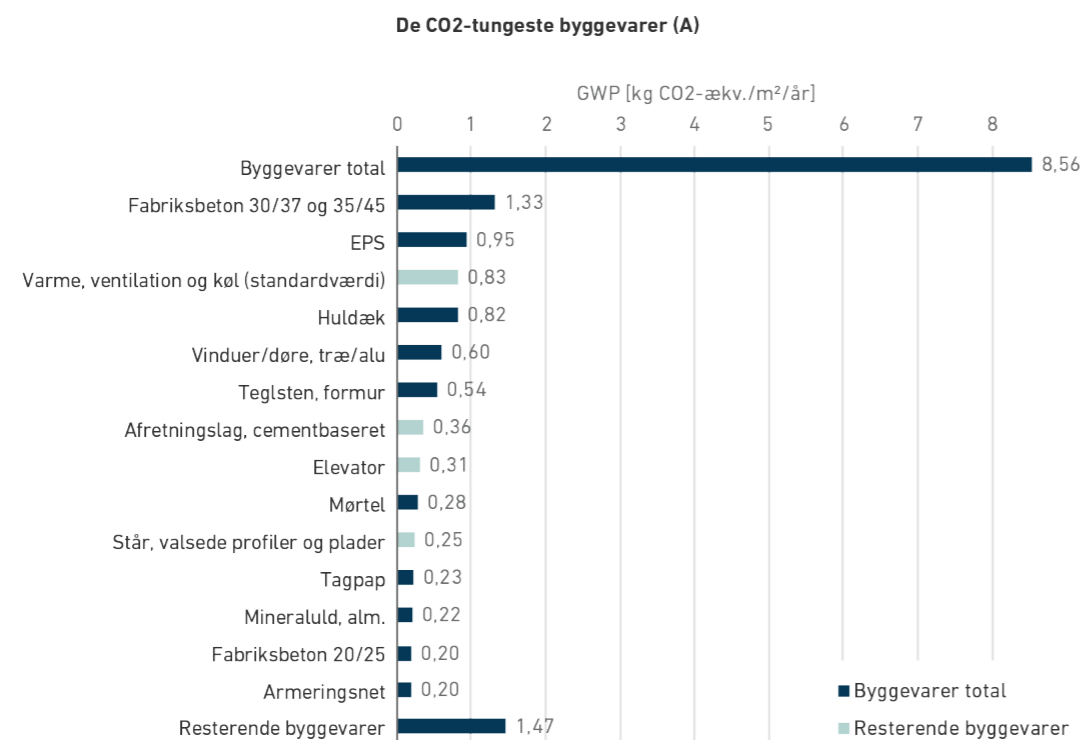
3. Lokesvej

Lokesvej befinder sig i projektforslagsfasen og der er ikke valgt nogle produktspecifikke materialer. CO₂-aftrykket for materialerne bygger derfor på generisk miljødata eller branche EPD'er. Lokesvej har generelt det højeste CO₂-aftryk for materialerne, men samtidig også det største CO₂-mæssige besparelspotentiale på 1,8 kg CO₂-ækv./m²/år. Det samlede CO₂-aftryk vil ved valg af mere klimavenlige produkter kunne komme

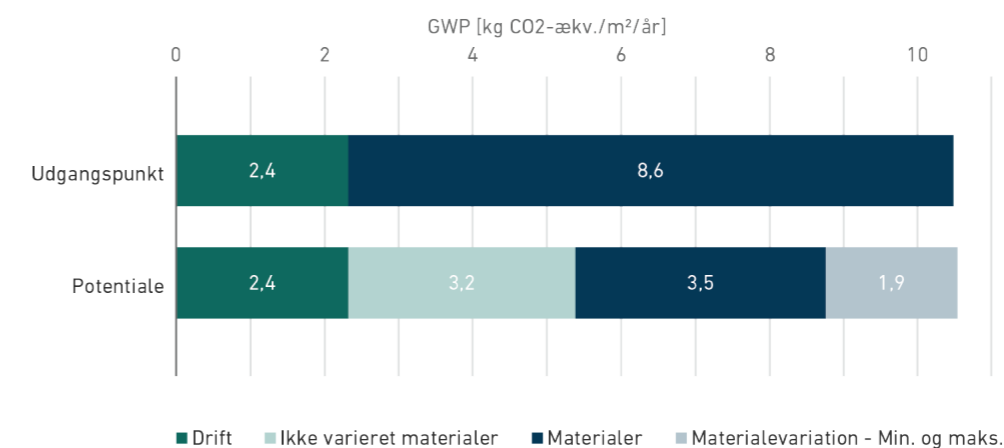
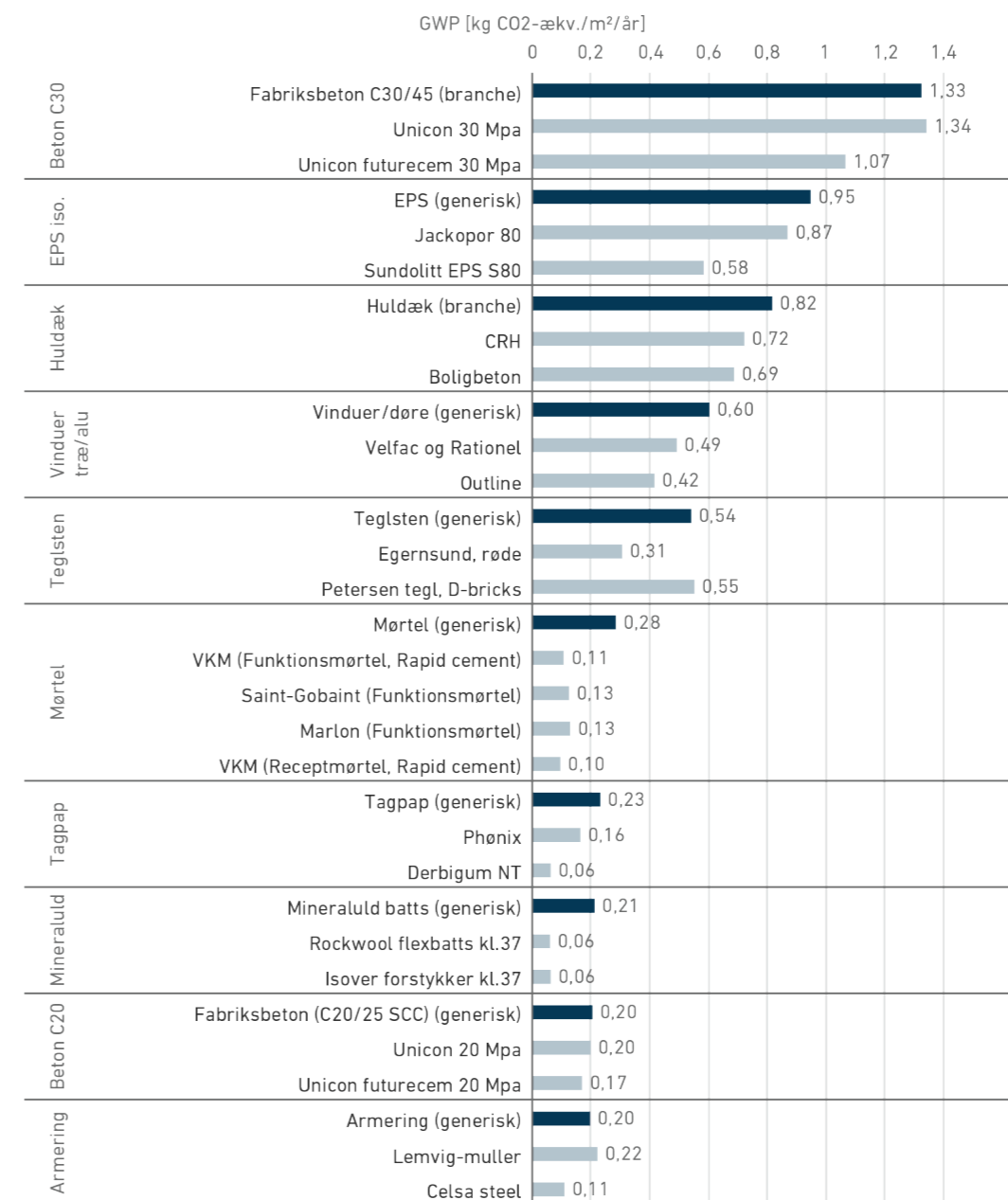
ned på 9,2 kg CO₂-ækv./m²/år, hvilket stadig er ca. 2 kg CO₂-ækv./m²/år højere end både Mallinggårdsvej og Høiriisgårdsvej. Dette understreger, at hvis CO₂-aftrykket virkelig skal minimeres kræver det både fokus på byggesystemerne og de specifikke materialevalg.

Figur 6.

CO₂-besparelspotentiale ved valg af produktspecifikke materialer for Lokesvej. I delfigur A (øverste til venstre) er de byggevarer, som der laves variation på markeret med mørke blå. De øvrige byggevarer laves der ikke variation på. I delfigur B vises materialevariationen og nederst vises en opsummering af potentialeanalysen.



Produktvariation for CO₂-tunge byggevarer (B)





5. Benchmark-byggerier

De tre daginstitutioner byggerier Mallinggårdsvej, Lokesvej og Høiriisgårdsvej ligger i størrelsesordenen 8,7 til 11,0 kg CO₂-ækv./m²/år og med et gennemsnit på 9,6 kg CO₂-ækv./m²/år. Sammenlignet med at bygge til bygningsreglementets grænseværdi på 12,0 kg CO₂-ækv./m²/år er klimabelastningen 2,4 kg CO₂-ækv./m²/år under grænseværdien i gennemsnit. Men hvordan performer gængs praksis indenfor daginstitutioner i et klimamæssigt perspektiv og hvilken klimareduktion er der reelt opnået for de tre nye daginstitutioner?

Der er fremskaffet projektmateriale fra tre eksisterende daginstitutioner, som er inddraget som benchmark-byggerier. De skal dermed afspejle, hvordan der hidtil

er bygget daginstitutioner i Aarhus Kommune og derigennem synliggøre størrelsesordenen på den klimareduktion, som reelt er opnået i de tre nye daginstitutioner. Tabel 3 viser et overblik over de tre benchmark-byggerier, som er inddraget i analysen. For tegningsmateriale henvises der til afsnit 7.

Energiforbruget for de tre benchmark-byggerier er baseret på energiramme data, som er hentet gennem baggrundsdata til energimærket på portalen Energy10.dk. Klimapåvirkningen fra driften regnes over en 50-årig referenceperiode med fremskrevne emissionsfaktorer fra BR18. Ibrugtagingsåret har en naturlig indvirkning på klimaaftrykket fra driften, da

energimixet hele tiden ændrer sig. For sammenlignelighed med de øvrige nye daginstitutioner projekter regnes driften fra 2022 og 50 år frem.

På baggrund af projektmateriale er der udarbejdet en LCA-beregning for hver af

de tre benchmark-byggerier under samme metodik og forudsætninger, som Mallinggårdsvej, Lokesvej og Høiriisgårdsvej.

I Tabel 4 gennemgås konstruktionsopbygninger for benchmark-byggerierne for at få en forståelse af byggesystemerne.





Tabel 3.

Overblik over
benchmark-byggerier.

	Frijsenborgvej 9-13, Risskov	Tronkærgårdsvej 1, Skødstrup	Grenåvej 770, Skødstrup
Økonomisk ramme	27,5 mio. kr. ekskl. moms	20 mio. kr. ekskl. moms	-
Nybyg / renovering	Nybyg + eksisterende bygning	Nybyg	Nybyg
Rådgivning	Totalrådgivning Johansen og Rasmussen	Totalrådgivning Mangor & Nagel	Sahl/LB Consult
Entrepriseform	Fagentreprise	Fagentreprise	Totalentreprise Raunstrup
Antal etager	1 etage (+ område med eksisterende kælder)	1 etage	2 etager (inkl. udendørs rampe)
Referenceareal / opvarmet etageareal	1247 m ² / 1224 m ² eksklusiv eksisterende bygning/kælder	625 m ² / 625 m ²	812 m ² / 812 m ²
Konstruktioner	Tung/let	Tung	Tung
Nuværende projektstade	As built (2019)	As built (2017)	As built (2012)
Øvrige kommentarer	Eksisterende bygning/kælder er ikke med i LCA'en pga. manglende oplysninger.	-	Lavenergidaginstitution
Tegningsmateriale	Afsnit 11.4 Frijsenborgvej	Afsnit 11.6 Tronkærgårdsvej	Afsnit 11.5 Grenåvej

Tabel 4.

Konstruktionsopbygninger for benchmark-byggerier.

	Frijsenborgvej 9-13, Risskov	Tronkærgårdsvej 1, Skødstrup	Grenåvej 770, Skødstrup
Altaner og altangange	-	-	-
Dæk	-	-	Gulv: linoleum/vinyl 140 mm slidlag Lyddug 220 mm huldæk
El- og mekaniske anlæg	-	-	Solceller Elevator
Fundamenter	Sokkel: Letklinkerblokke + EPS Stribefundament i beton	Sokkel: Letklinkerblokke + EPS Stribefundament i beton	Sokkel: Letklinkerblokke + EPS Stribe- og punkt-fundament i beton
Indervægge	100/150 mm letbeton 145 mm træskelet m. stenuldsisolering, beklædt med fibergips	150/100 mm letklinkebeton 2x13mm gips med 150 mm stålskelet og mineraluld	150 mm letbeton 150 mm beton 150 mm porebeton Stålskelet med 12mm OSB plade
Installationer	Radiator og gulvvarme Central ventilation	Radiator og gulvvarme Central ventilation	Gulvvarme Central ventilation
Søjler og bjælker	Limtræsbjælker	-	Stålkonstruktioner
Tage	Tagpap, tagbrædder 495/450 mm spær m. 445 mm stenuldsisolering kl. 34 Dampspærre 45 mm forskalling m. stenuldsisolering kl. 34 Loft: Nedstroppet skinnesystem m. Ecophon eller træbetonplade m. pålimet mineraluld	Tagpap 410 mm trykfast isolering 200 mm ståltrapezplader 25 mm stålprofiler 15 mm brandgips Dampspærre 15 mm brandgips	Tagpap 500 mm trykfast isolering 220 mm huldæk Betonfliser Tagpap 450 mm trykfast isolering 220 mm huldæk

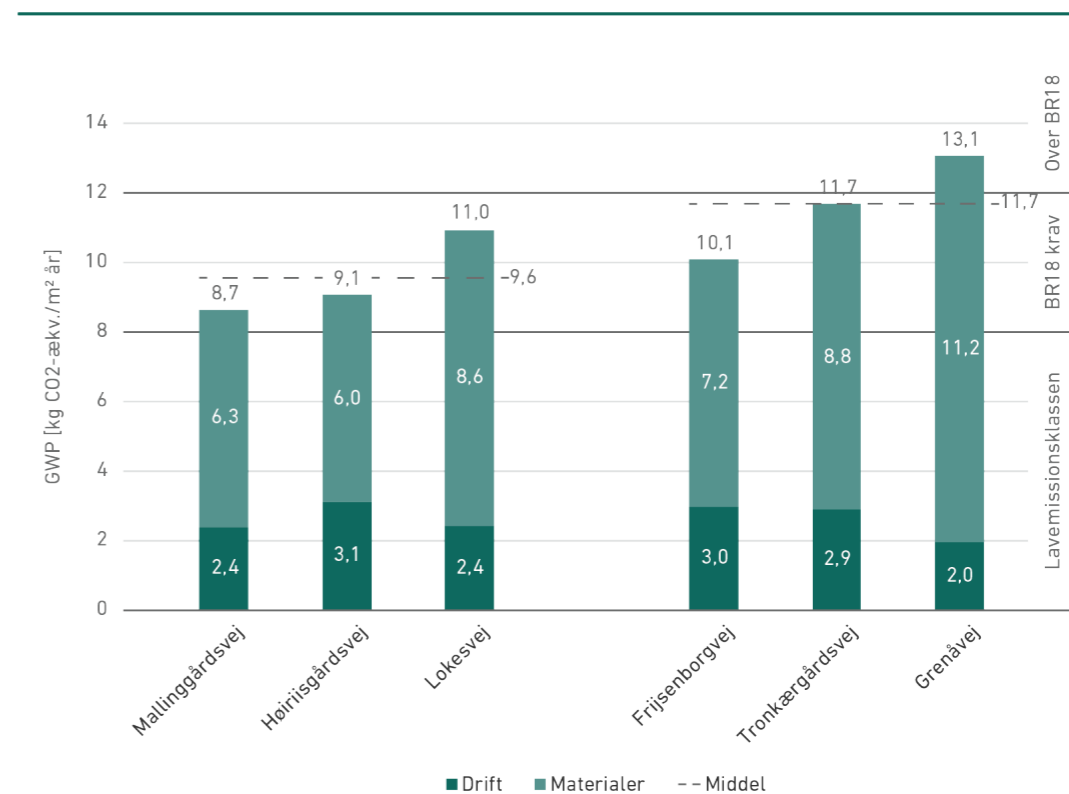
	Frijsenborgvej 9-13, Risskov	Tronkærgårdsvej 1, Skødstrup	Grenåvej 770, Skødstrup
Terrændæk	Gulv: linoleum/perginol 100 mm beton 350 mm EPS C80 50 mm radonplade	Gulv: linoleum/vinyl 150 mm beton 400 mm EPS kl.38 100 mm letklinkenødder	Gulv: linoleum/vinyl 120 mm beton 500 mm EPS kl.37
Trapper og ramper	-	-	Stål- og trætæppe
Vinduer, døre, glasfacader	Træ/alu vinduer	Træ/alu vinduer	Træ/alu vinduer Ovenlyskonstruktion
Ydervægge	Tung 543 mm: 108 mm mursten 315 mm isolering kl. 34 120 mm letbeton Let 565/595 mm: Trælister, facadeplade, hatteprofil 9 mm vindspærreplade 95+295 mm træskelet m. stenuldsisolering kl. 34 120/150 mm letbeton	108mm facadetegl 250 mm mineraluld kl. 34 150 mm letklinkebeton	Facadetegl Alu-ophæng Vindspærre 2x45x145 mm reglar med mineraluld 120 mm beton/letbeton



I Figur 7 er klimaaftrykket for de tre nye daginstitutioner (Mallinggårdsvej, Høiriisgårdsvej og Lokesvej) sammenlignet med de tre lidt ældre benchmark daginstitutioner (Frijsenborgvej, Tronkærgårdsvej og Grenåvej).

Generelt er benchmark daginstitutionerne opbygget af tunge materialer, hvilket sætter sit præg på klimaaftrykket fra materialer. I gennemsnit er det samlede CO₂-aftryk ca. 2 kg CO₂-ækv./m²/år højere for benchmark-institutionerne end de nyere daginstitutioner, hvor særligt Mallinggårdsvej og Høiriisgårdsvej presser gennemsnittet ned. Grenåvej skiller sig ud med et lavt driftsaftryk, men et meget højt materialeaftryk. Driften skyldes, at institutionen er i lavenergiklassen, hvilke til gengæld har kostet nogle ekstra materialer, eksempelvis solceller,

ekstra isolering m.m. Det høje materialeaftryk for Grenåvej undersøges nærmere i næste afsnit.



Figur 7.

Sammenligning af klimaftrykket (A1-A3, B4, B6 og C3-C4) på bygningsniveau for de tre nye daginstitutioner og de tre benchmark-byggerier.

Institution	Antal etager	Referenceareal	Byggeprincip	Fase	Miljødata
Mallinggårdsvej	1 etage	631 m ²	Let	As built	Generisk+EPD
Høiriisgårdsvej	1 etage	709 m ²	Let	Udbud	Generisk
Lokesvej	2 etage	924 m ²	Tung	Disp./projekt	Generisk
Frijsenborgvej	1 etage	1.247 m ²	Tung/Let	As built	Generisk
Tronkærgårdsvej	1 etage	625 m ²	Tung	As built	Generisk
Grenåvej	2 etage	812 m ²	Tung	As built	Generisk

Figur 8 viser spredningen og middelværdierne for bygningsdelenes CO₂-aftryk for både de nye og ældre daginstitutioner. Denne visualiseringsform er særligt interessant i forhold til at identificere besparelsespotentialer, hvor kategorier med generelt høje CO₂-aftryk og med stor spredning ofte kan optimeres. For nogle af kategorierne skyldes spredningen dog den geometriske udformning på byggerierne, hvor nogle af daginstitutionerne er bygget i 2 etager. Ved at bygge i flere plan får bygningsdele såsom tag, fundament og terrændæk typisk en mindre betydning i klimaregnskabet, idet det opgøres pr. m² referenceareal.

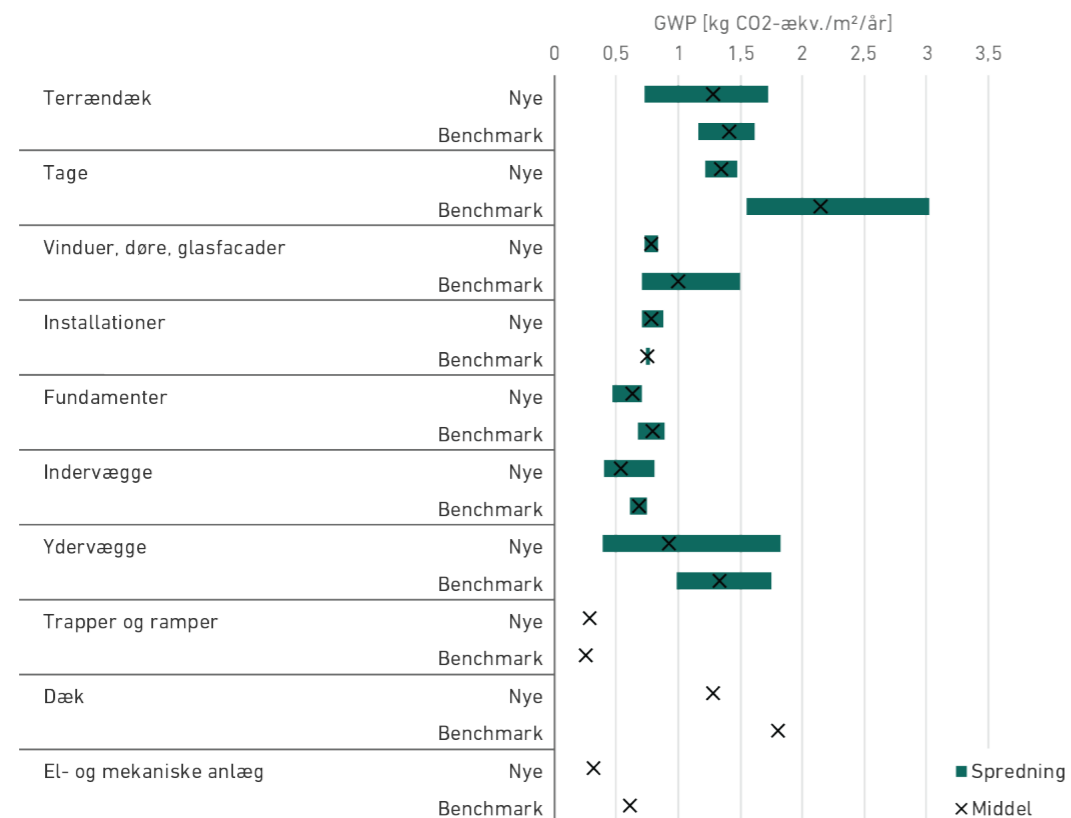
For kategorien tage skiller én case sig særligt ud, hvilket er Tronkærgårdsvej. Tagopbygningen med ståltrapezplader og trykfast isolering på en 1 etagers bygning får CO₂-aftrykket til at differentiere sig væsentligt fra de øvrige. Det bemærkes også, at Grenåvej i vindueskategorien adskiller sig

betydeligt fra de øvrige, hvilket skyldes en kombination af et højt vinduesareal i klimaskærmen ift. etagearealet og benyttelse af et stort ovenlysparti i aluminium. Grenåvejs meget høje materialeaftryk skyldes særligt dæk- og tagopbygning samt elevator og ovenlyspartiet. I stedet for at sammenligne bygningsdele på bygningsniveau kan man også sammenligne på konstruktionsniveau, og dermed gøre sammenligningen uafhængig af bygningsgeometrien. I publikationerne bliver begge metoder anvendt.

Figur 8 viser at fremtidigt daginstitutionsbggeri særligt bør fokusere på konstruktionsopbygning og materialevalg i kategorierne terrændæk, tage og ydervægge, da disse rummer et betydeligt CO₂-besparelsespotentiale.

Figur 8.

Sammenligning af bygningsdelenes CO₂-aftryk på bygningsniveau for de nye institutioner (Mallinggårdsvej, Lokesvej og Høiriisgårdsvej) og de ældre benchmark institutioner (Frijsenborgvej, Tronkærgårdsvej og Grenåvej).



Figur 9.

Performance gap mellem dokumenteret og reel klimabelastning fra byggeriet.



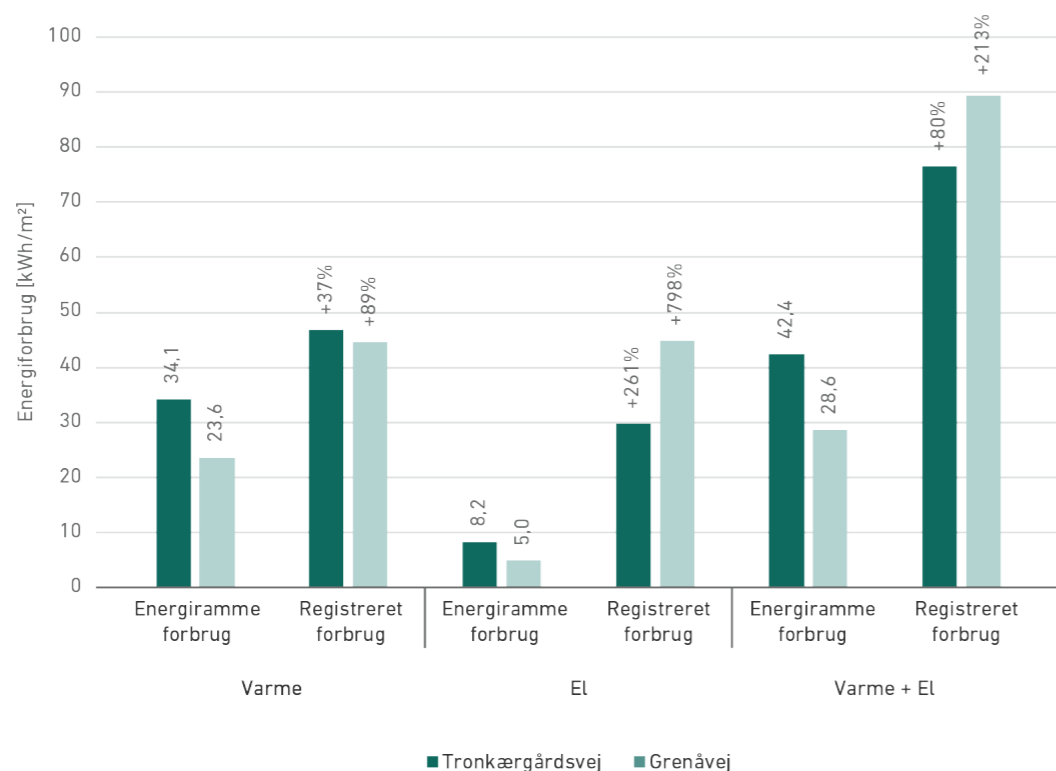
6. Performance gap - Målt energiforbrug

Dokumentationsniveauet for en bygnings-LCA er afgrænset (se Publikation 1 - Introduktion og sammenfatning) og afspejler derfor ikke den reelle CO₂-udledning. Afgrænsningen går både på hvilke faser og byggevarer, der er inkluderet i beregningen, men også forskellen mellem det teoretiske energiforbrug til bygningsdrift sammenlignet med det reelle energiforbrug.

Der er således et "performance gap" mellem den dokumenterede og reelle klimabelastning fra byggeriet – se visualisering i Figur 9.

Figur10.

Sammenligning af beregnet og målt energiforbrug for Tronkærgårdsvej og Grenåvej.



For Tronkærgårdsvej og Grenåvej har det været muligt at indhente data for det målte energiforbrug til kvantificering af det performance gap, som driften forårsager. Der er indhentet data for el i perioden 2018 til 2021 og for varme i perioden 2021/2022. For at gøre det målte energiforbrug til varme sammenligneligt, er rumopvarmningsforbruget graddagekorrigeret i forhold til et normalår med graddage fra DMI [4]. Graddage er et udtryk for omfanget af varmebehov for et bestemt år og afhænger af vejret det pågældende år. Forholdet mellem rum- og brugsvandsopvarmningen kunne ikke separeres på målniveau, hvorfor der er lavet en opdeling ved at betragte varmekonsumet i sommerperioden (eksklusive sommerferien), hvor rumopvarmningen forventes at være ubetydeligt.

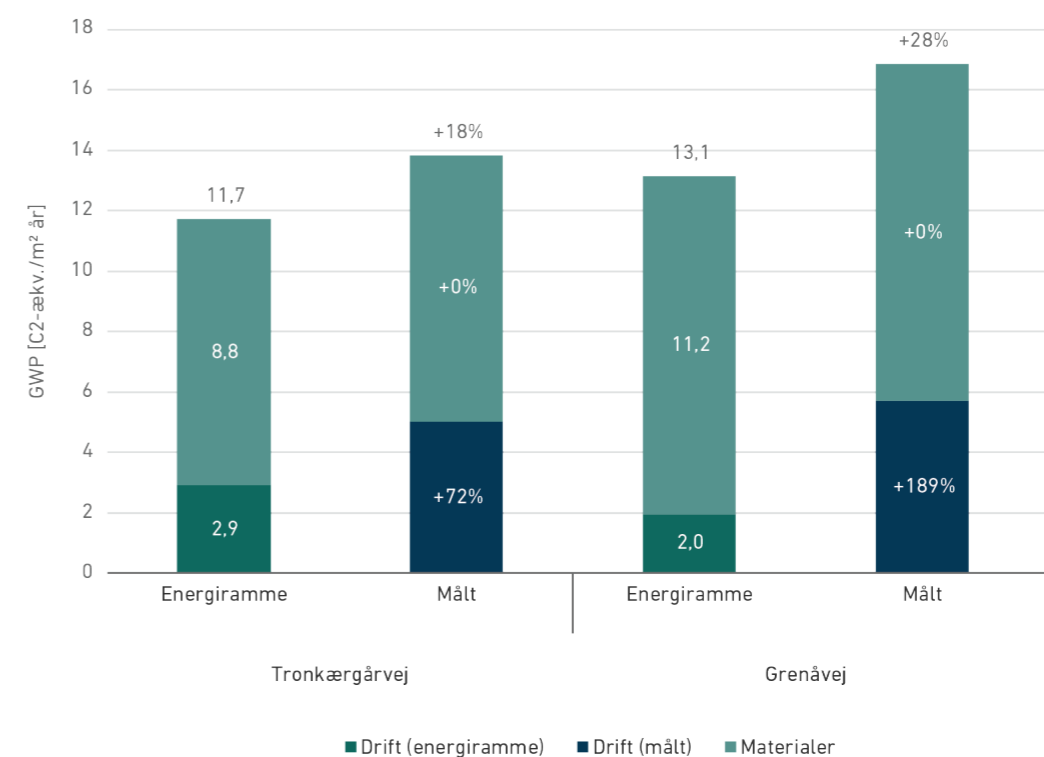
Figur 10 viser signifikante forskelle mellem beregnet og målt energiforbrug, særligt i forhold til elforbruget. Dette skyldes blandt andet, at energirammen ikke betragter

forbruget fra apparater såsom køleskabe, fryserne, osv. Forskellen mellem beregnet og målt energiforbrug er et kendt fænomen og kan til dels forklares gennem rebound-effekten, hvor optimering af energirammen ikke altid giver en faktisk besparelse, hvor brugerne veksler besparelsen til øget komfort. Det bemærkes, at det samlede målte energiforbrug for Grenåvej, er højere end Tronkærgårdsvej, selvom energirammen dikterer det modsatte. Dette understreger brugerens indvirkning på energiforbruget.

I Figur 11 er konsekvensen ved at anvende målt energiforbrug undersøgt i forhold til klimaaftrykket, hvor driftsaftrykket for Tronkærgårdsvej stiger med 72 %, mens det på Grenåvej stiger med 189 %. Resultaterne understreger det betydelige performance gap mellem den nuværende klimadokumentation jf. BR18 og det faktiske klimaaftryk. Der bør således rettes fokus på optimering af klimapåvirkning fra den reelle drift fremadrettet.

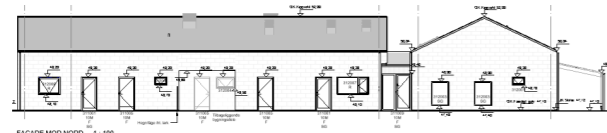
Figur11.

Sammenligning af beregnet og målt energiforbrug i forhold til CO₂-aftrykket for Tronkærgårdsvej og Grenåvej.



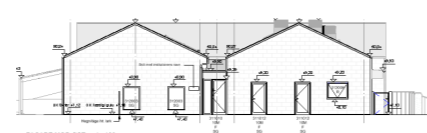
7. Tegningsmateriale

7.1. Mallinggårdsvej



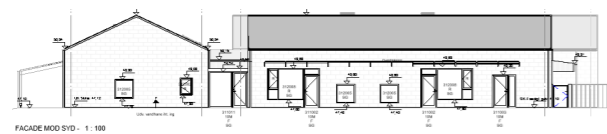
FACADE MOD NORD - 1:100

Facade nord



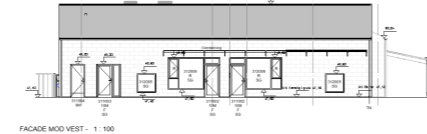
FACADE MOD ØST - 1:100

Facade øst



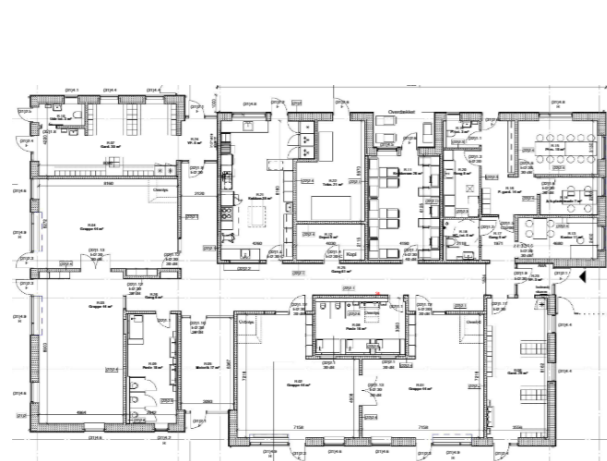
FACADE MOD SYD - 1:100

Facade syd

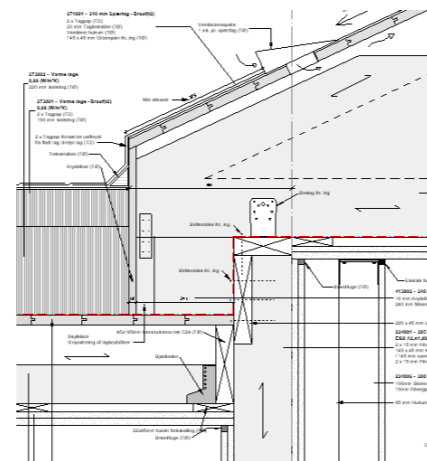


FACADE MOD VEST - 1:100

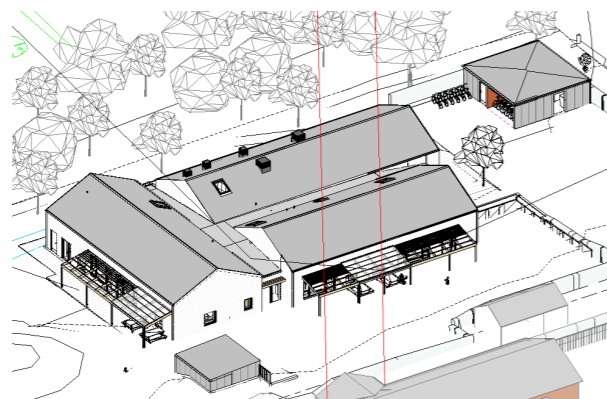
Facade vest



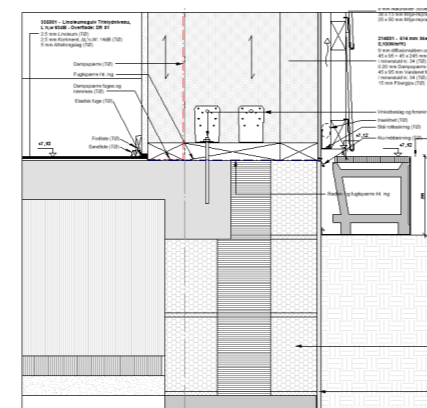
Plantegning, stueetage



Detalje, tagfod mod fladt tag



3D visualisering



Detalje sokkel

Tegninger og visualiseringer er udført af Rubow Arkitekter.



Længdesnit



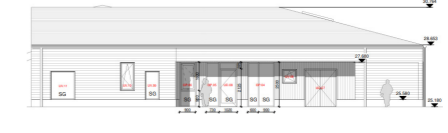
Tværsnit

7.2. Høiriisgårdsvej



Facade NORD med skalm

Facade nord



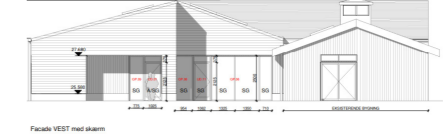
Facade ØST med skalm

Facade vest



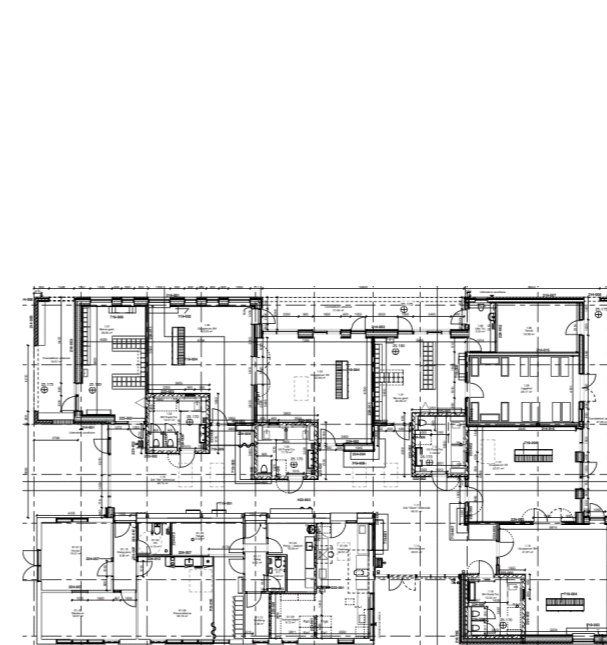
Facade Syd

Facade syd

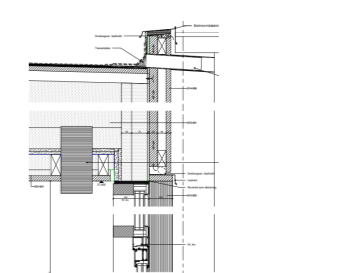


Facade VEST med skalm

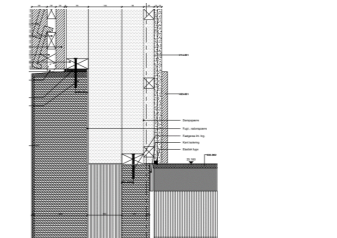
Facade vest



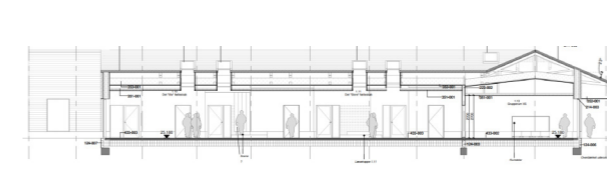
Plantegning, stueetage



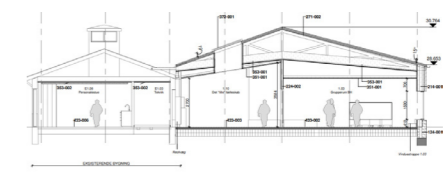
Detalje, glasparti og tagkant mellem nye og eksisterende bygning



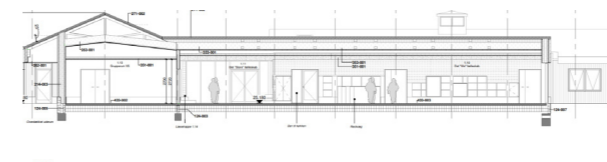
Detalje, sokkel ved ydervæg med skærmtegl



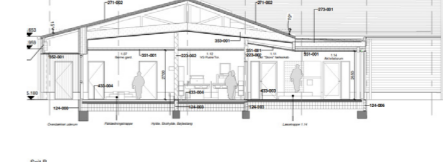
Snit C



Snit A



Snit D



Snit B

Tegninger og visualiseringer er udført af Kjaer & Richter.

7.3 Lokesvej



FACADE MOD NORDØST 1 : 100

Facade nordøst



FACADE MOD SYDØST 1 : 100

Facade sydøst



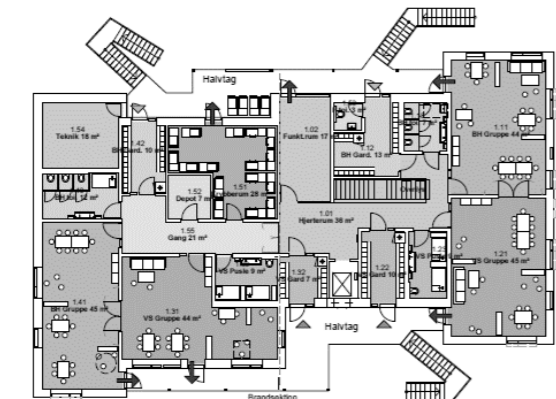
FACADE MOD NORDVEST 1 : 100

Facade nordvest

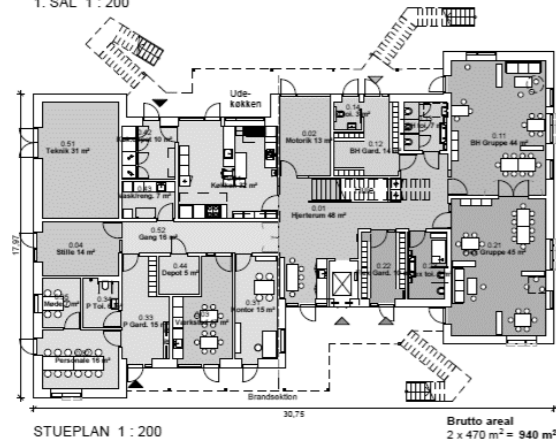


FACADE MOD SYDØST 1 : 100

Facade sydøst



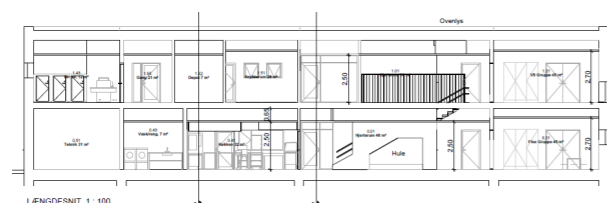
1. SAL 1 : 200



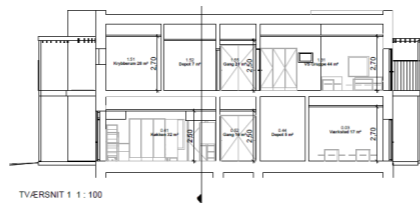
Plantegninger



Tegninger og visualiseringer er udført af Nordic Office of Architecture.



Længdesnit

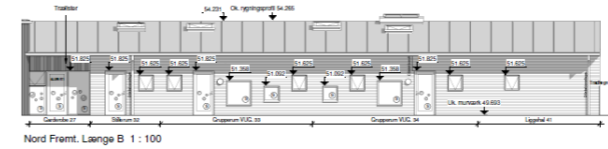


Tværsnit

7.4 Frijsenborgvej



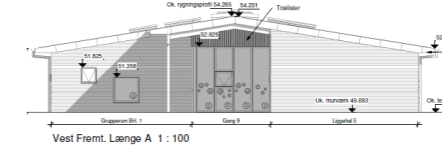
Facade nord, længe A (sammenlignelig med facade syd, længe B)



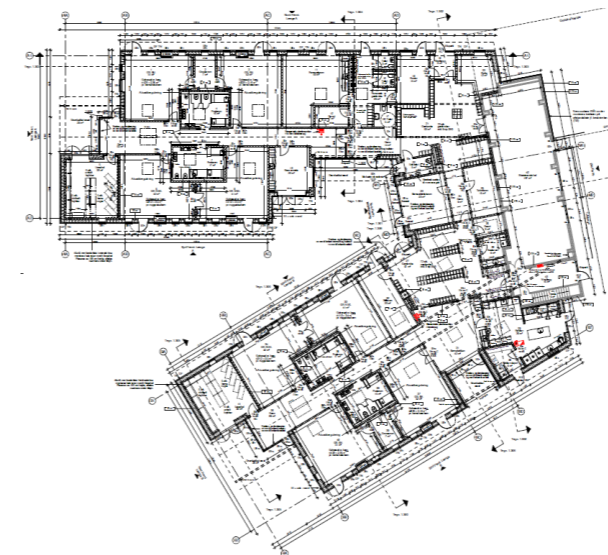
Facade nord, længe B (sammenlignelig med facade syd, længe A)



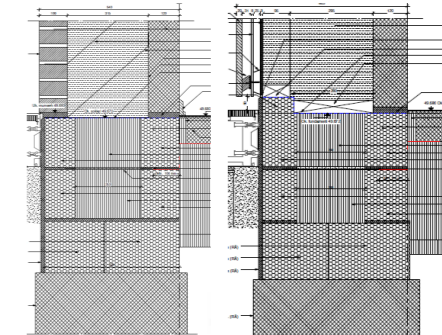
Facade øst



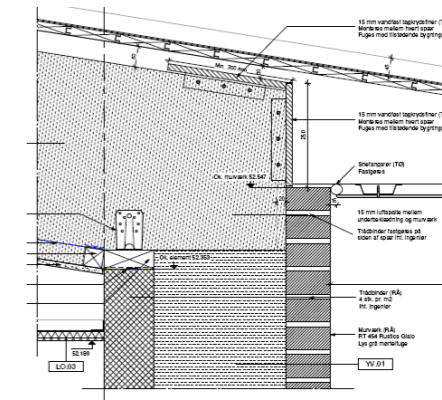
Facade vest, længe A (sammenlignelig med facade vest, længe B)



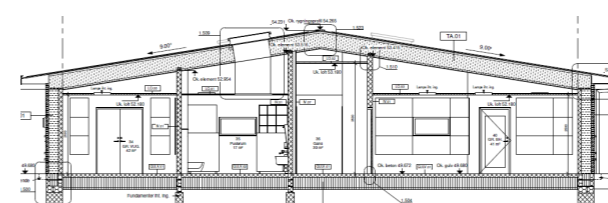
Plantegning, stueetage



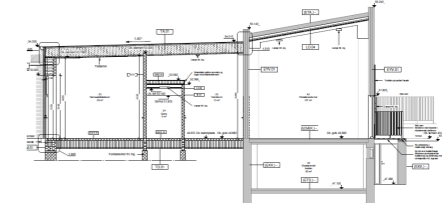
Detalje, sokkel ved hhv. tung og let ydervæg



Detalje, tagfod



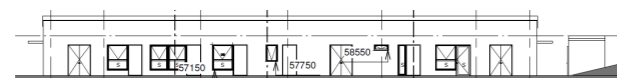
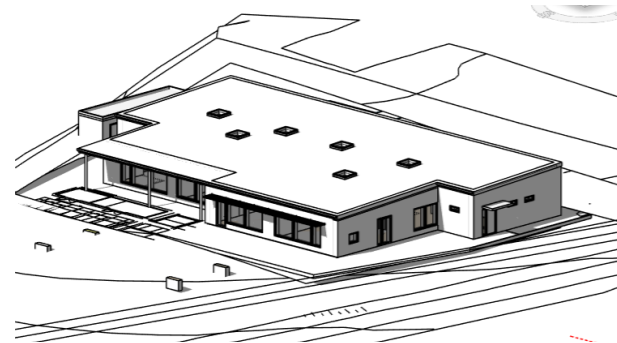
Længdesnit



Snit, midterbygning

Tegninger og visualiseringer er udført af Johansen og Rasmussen.

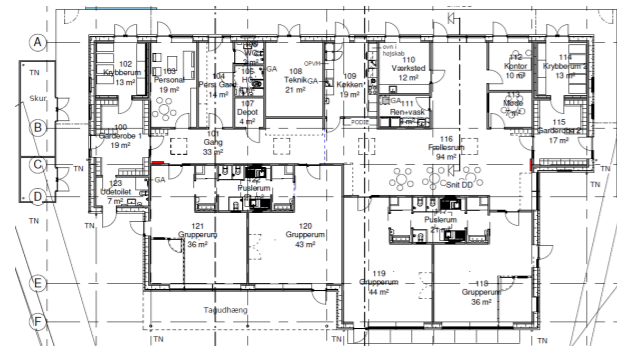
7.5 Tronkærgårdsvej



Facade nord



Facade syd



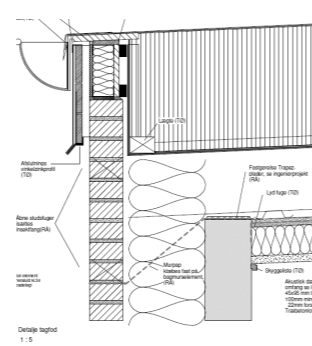
Plantegning, stueetage



Facade vest



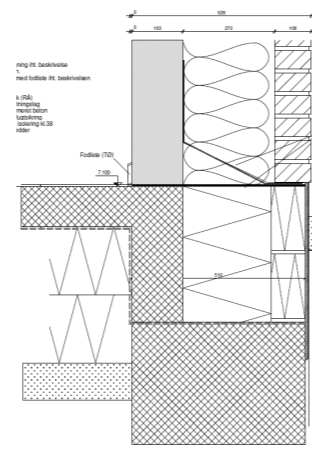
Facade øst



Detalje, tagfod



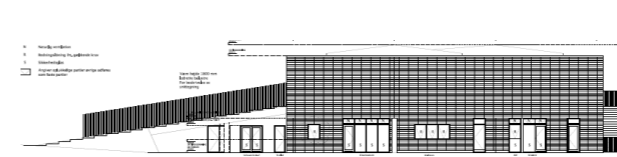
Snit



Detalje, sokkel

Tegninger og visualiseringer er udført af Mangor & Nagel.

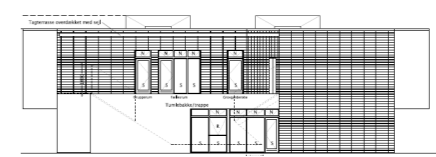
7.6 Grenåvej



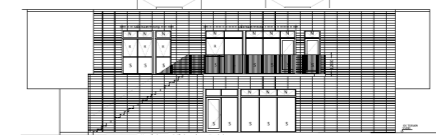
Facade vest



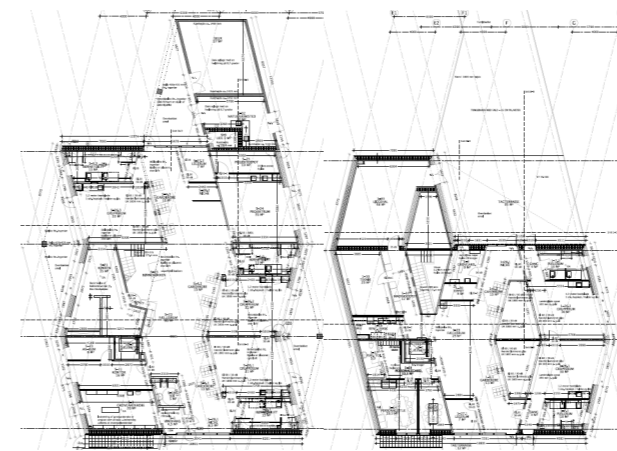
Facade øst



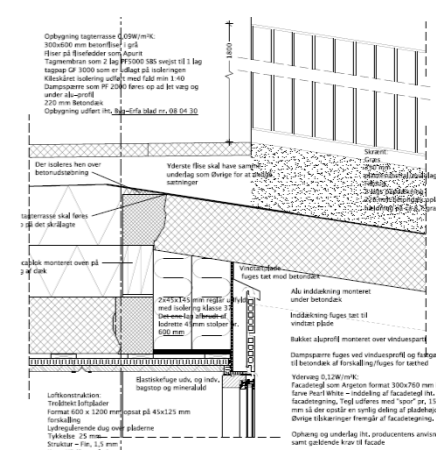
Facade nord



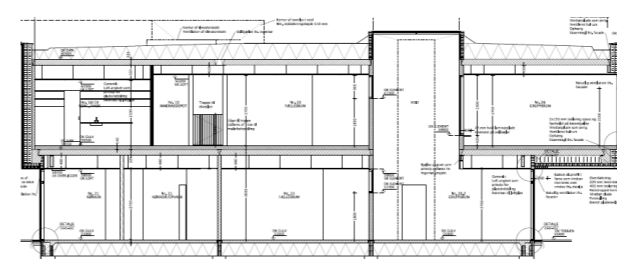
Facade syd



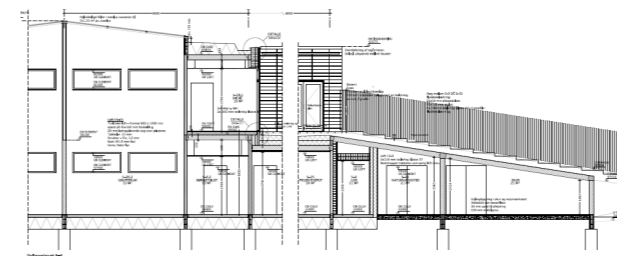
Plantegning, stueetage og 1. sal



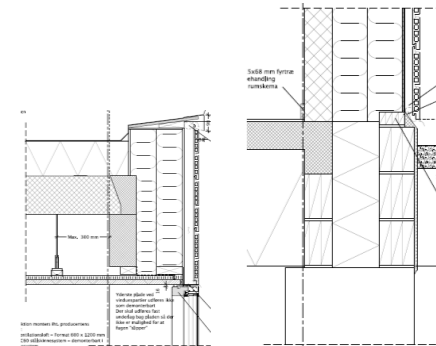
Detalje, tagfod



Tværsnit



Dellængdesnit



Detalje, tag/facade og sokkel

Tegninger og visualiseringer er udført af Sahl.