

4 >> 1





VIDEN > EKSEMPELBYGGERI > FORMIDLING

Målet med initiativet Boligbyggeri fra 4 til 1 planet er at skabe bæredygtige nye boliger med respekt for de ressourcer, vi har til rådighed på vores planet. Initiativet vil i alle dele af processen aktivere bygherrer, arkitekter, ingeniører, entreprenører, forskere og ideudviklere med det absolutte fælles mål at reducere byggeriets CO2-aftryk.

VIDEN > BEST PRACTICE

Som en del af initiativets videns spor, arbejder **BUILD** med et webbaseret **LCA-værktøj** og en **publikation**





BUILD RAPPORT

Boligbyggeri fra 4 til 1 planet: Best Practice Cases

Publikationen udarbejdes af BUILD og Artelia

Resultater for best practice byggerierne skal betragtes som foreløbige indtil publikationen er publiceret.

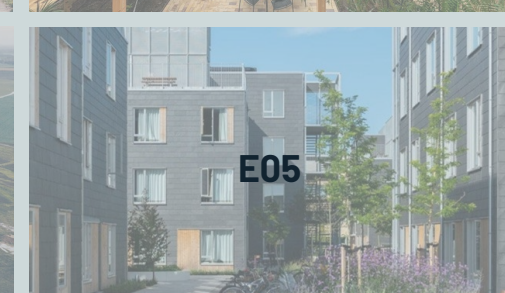
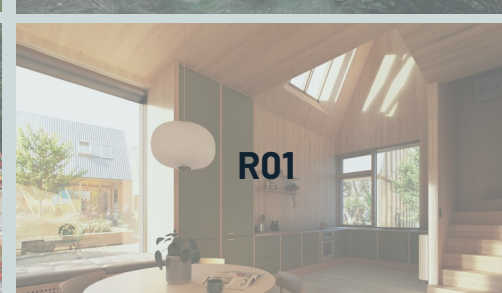
De følgende resultater vises primært i:
kg CO₂-ækv. / m² / år

Rapporten vil også inkludere andre resultatvisninger som f.eks. kg CO₂-ækv. / person / år

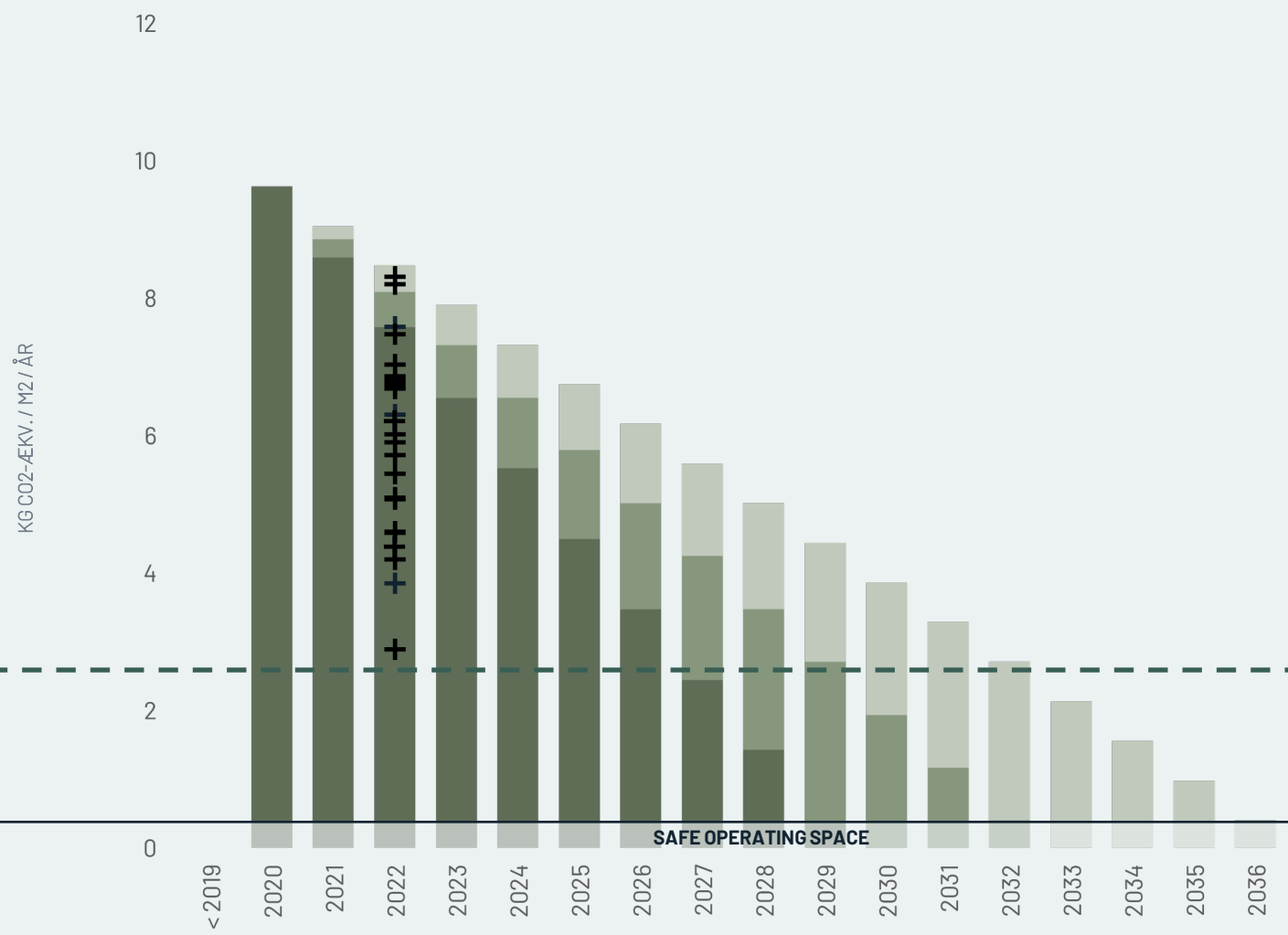
Publikationen indeholder:

Grundige analyser af > **20** best practice cases
Refleksioner over > **5** pixie cases

4 til 1 planets målsætning > **2,5** kg CO₂-ækv. pr. m²

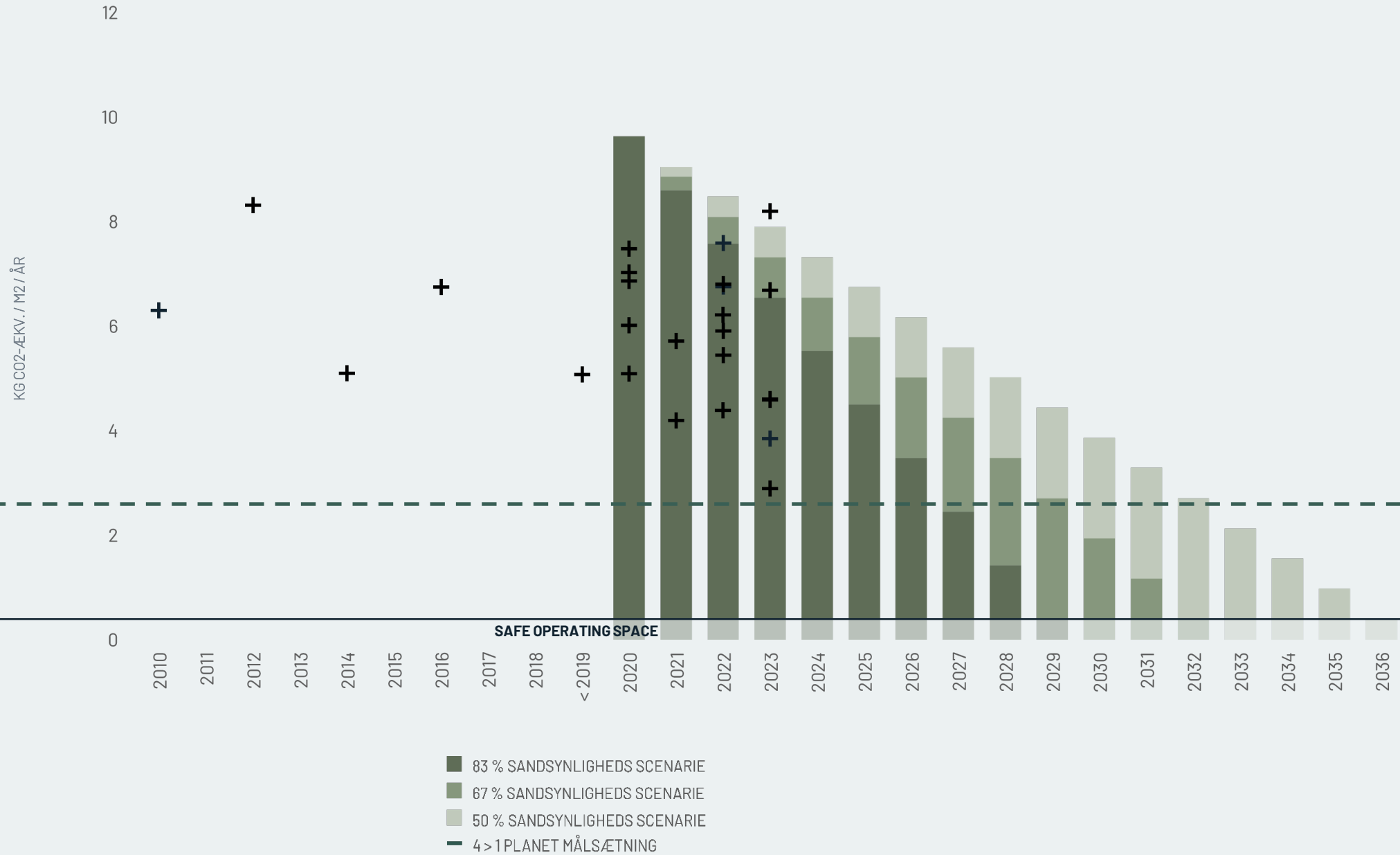


REDUCTION ROADMAP: START ÅR 2022



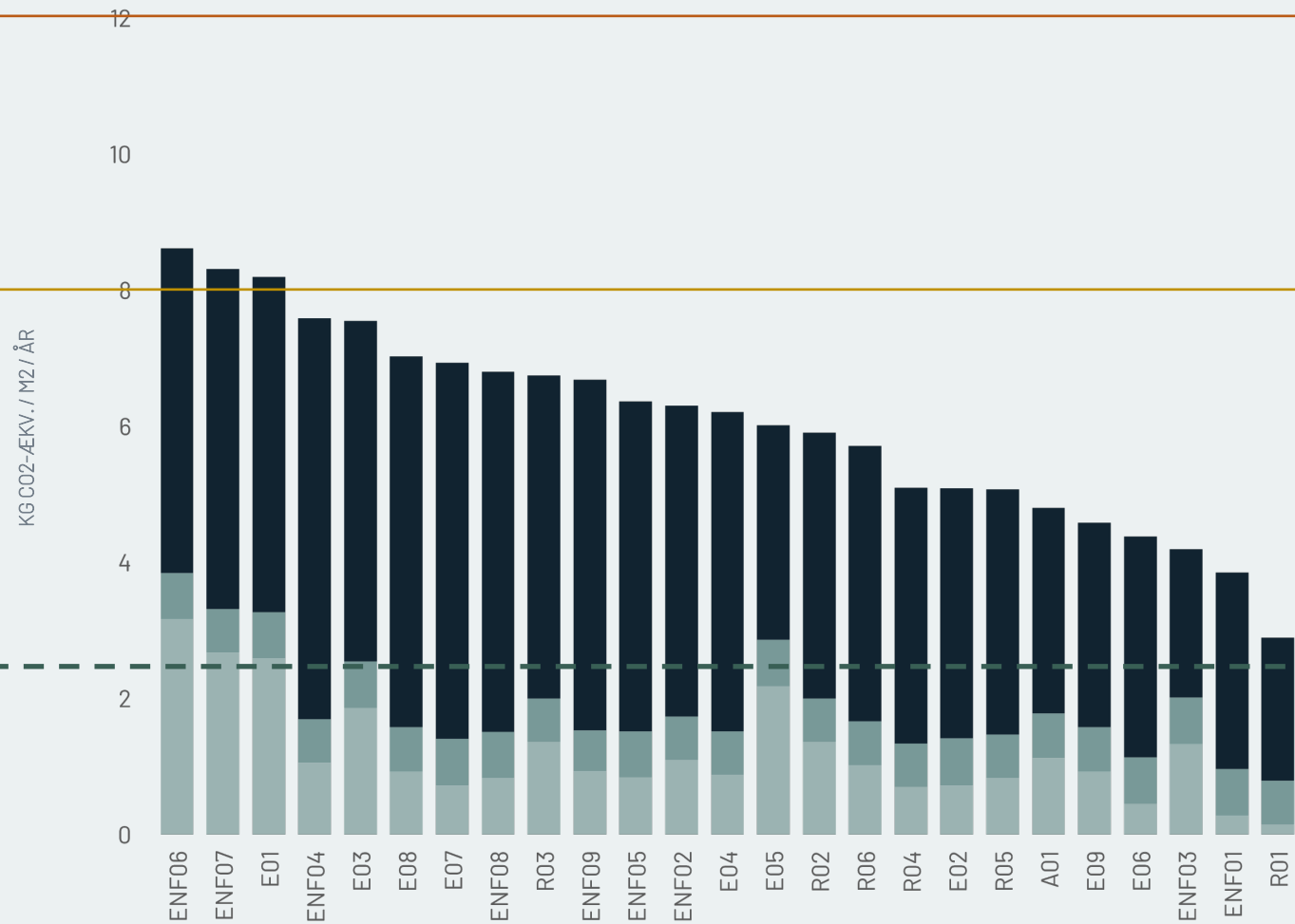
- 83 % SANDSYNLIGHEDS SCENARIO
- 67 % SANDSYNLIGHEDS SCENARIO
- 50 % SANDSYNLIGHEDS SCENARIO
- 4 > 1 PLANET MÅLSÆTNING

REDUCTION ROADMAP: FAKTISKT OPFØRELSESÅR



BEST PRACTICE CASES

7 ENFAMILIEHUSE, 6 RÆKKEHUSE, 5 ETAGEBOLIGER + ET FÆLLESHUS



MATERIALER (4 > 1)

4 > 1 PLANET MÅLSÆTNING

GRÆNSEVÆRDI I BR 2023

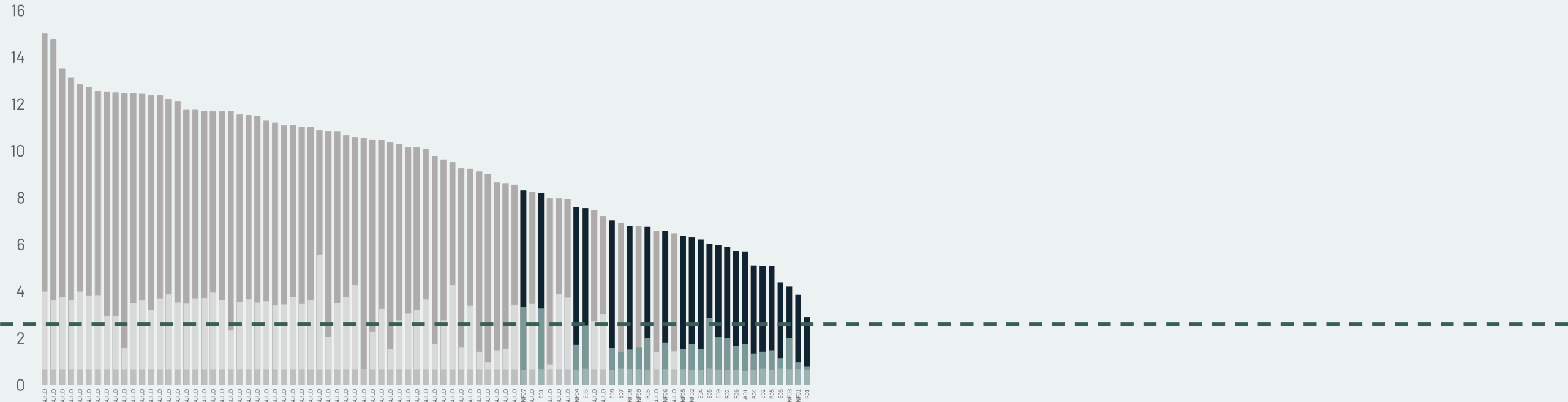
DRIFT (4 > 1)

TEKNISKE INSTALLATIONER

GRÆNSEVÆRDI I FRIVILLIG CO₂ KLASSE

BOLIG

KG CO2-ÆKV. / M2 / ÅR



- MATERIALER (BUILD)
- DRIFT (BUILD)
- TEKNISKE INSTALLATIONER
- MATERIALER (4 > 1)
- DRIFT (4 > 1)
- 4 > 1 PLANET MÅLSÆTNING

ENFAMILIEHUSE

KG CO2-ÆKV. / M2 / ÅR



- MATERIALER (BUILD)
- DRIFT (BUILD)
- TEKNISKE INSTALLATIONER
- MATERIALER (4 > 1)
- DRIFT (4 > 1)
- 4 > 1 PLANET MÅLSÆTNING

RÆKKEHUSE

KG CO2-ÆKV. / M2 / ÅR



- MATERIALER (BUILD)
- DRIFT (BUILD)
- TEKNISKE INSTALLATIONER
- MATERIALER (4 > 1)
- DRIFT (4 > 1)
- 4 > 1 PLANET MÅLSÆTNING

ETAGEBOLIGER

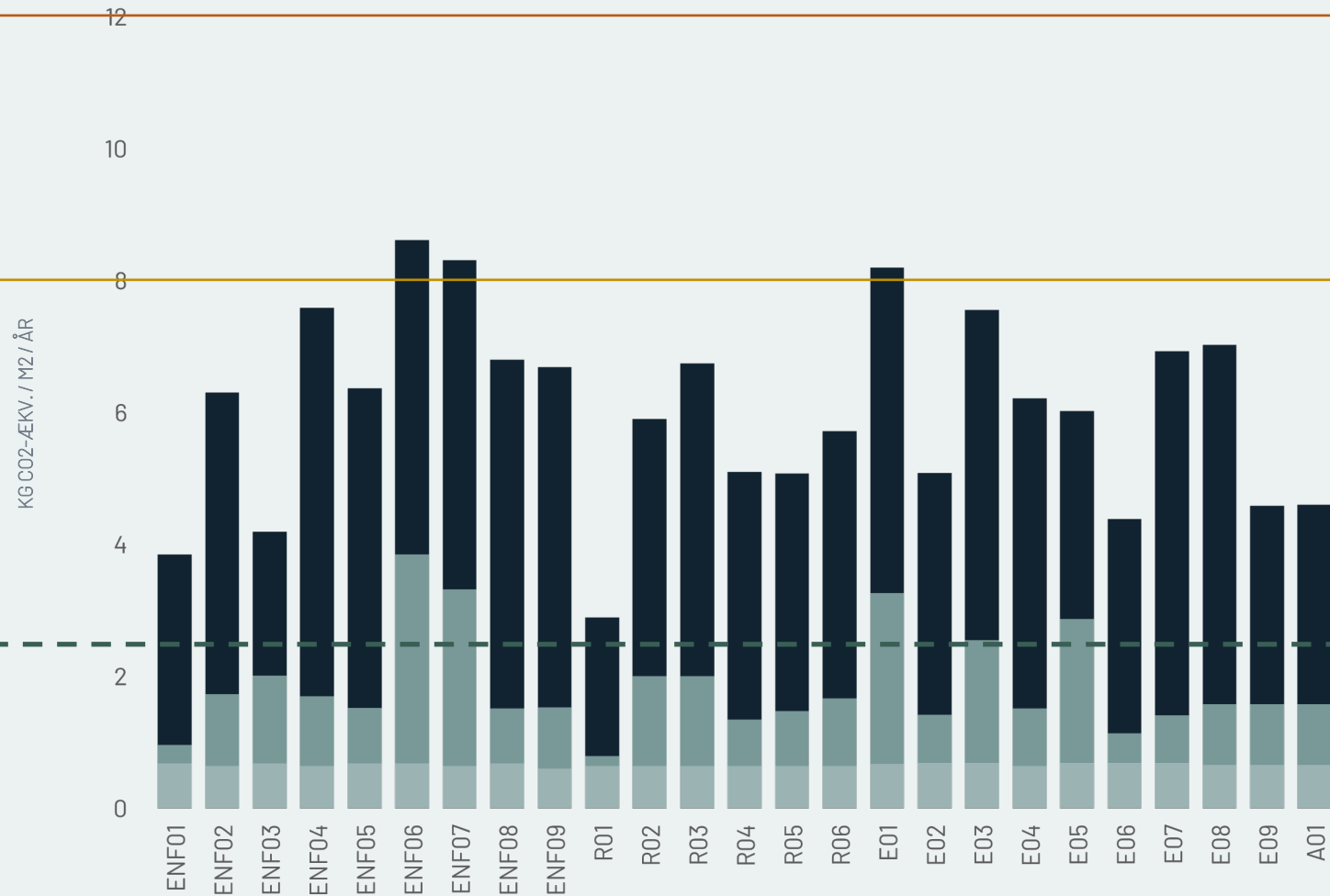
KG CO₂-ÆKV. / M² / ÅR



- MATERIALER (BUILD)
- DRIFT (BUILD)
- TEKNISKE INSTALLATIONER
- MATERIALER (4 > 1)
- DRIFT (4 > 1)
- 4 > 1 PLANET MÅLSÆTNING

BEST PRACTICE CASES

9 ENFAMILIEHUSE, 6 RÆKKEHUSE, 9 ETAGEBOLIGER + ET FÆLLESHUS



MATERIALER (4 > 1)

4 > 1 PLANET MÅLSÆTNING

GRÆNSEVÆRDI I BR 2023

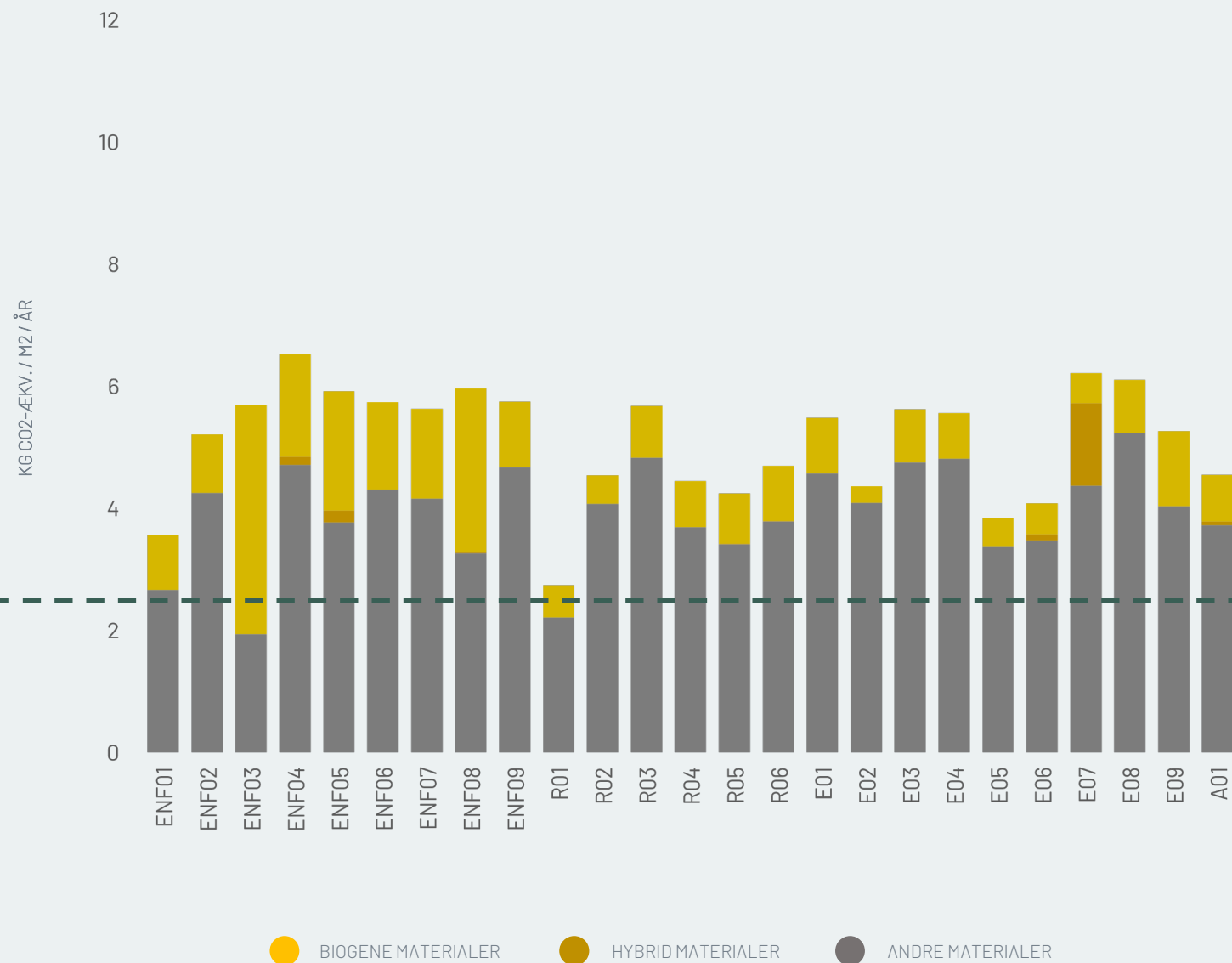
DRIFT (4 > 1)

TEKNISKE INSTALLATIONER

GRÆNSEVÆRDI I FRIVILLIG CO₂ KLASSE

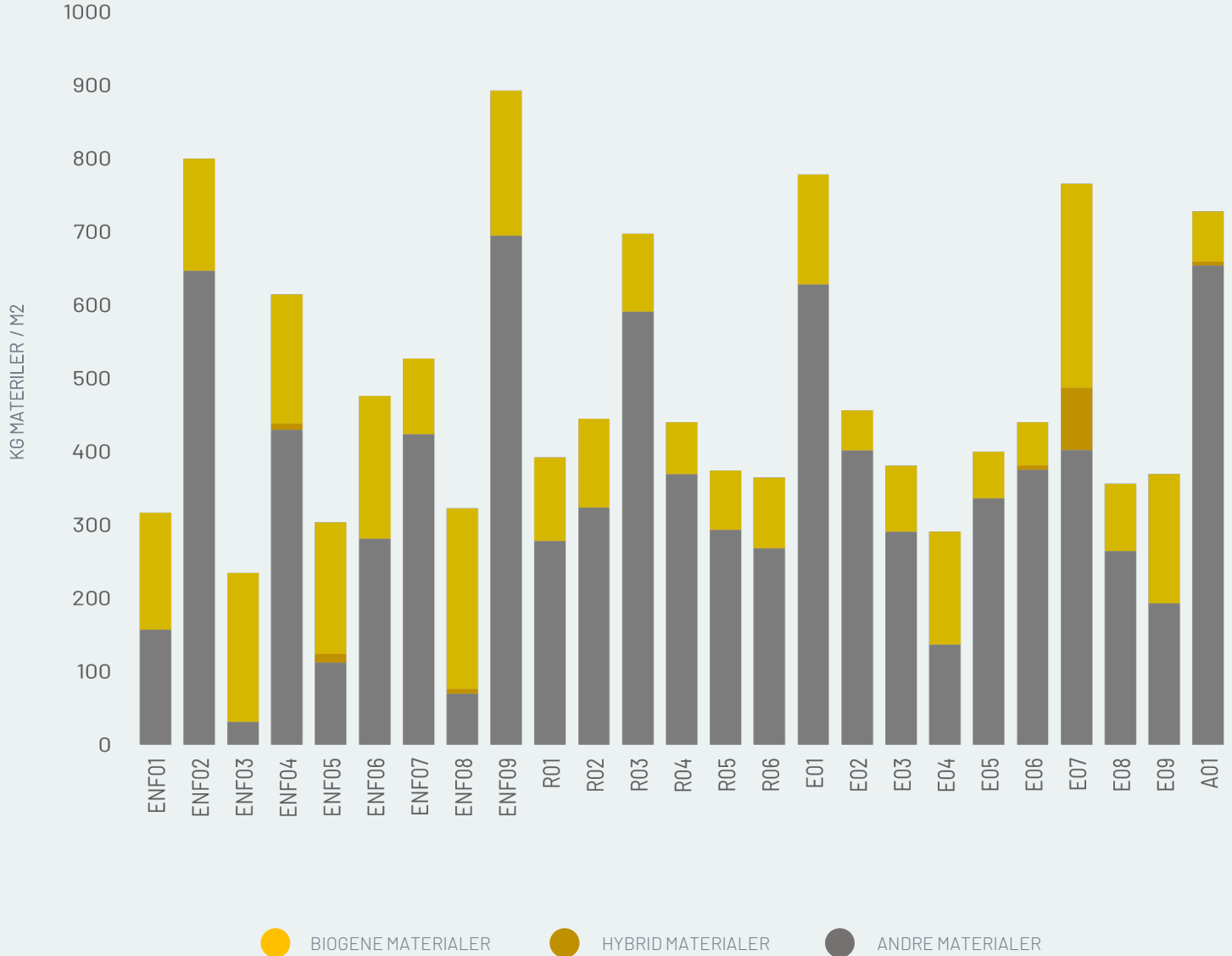
BEST PRACTICE CASES

UDLEDNING FRA BIOGENE-, HYBRID- OG ANDRE MATERIALER OVER BYGNINGENS LIVSCYKLUS



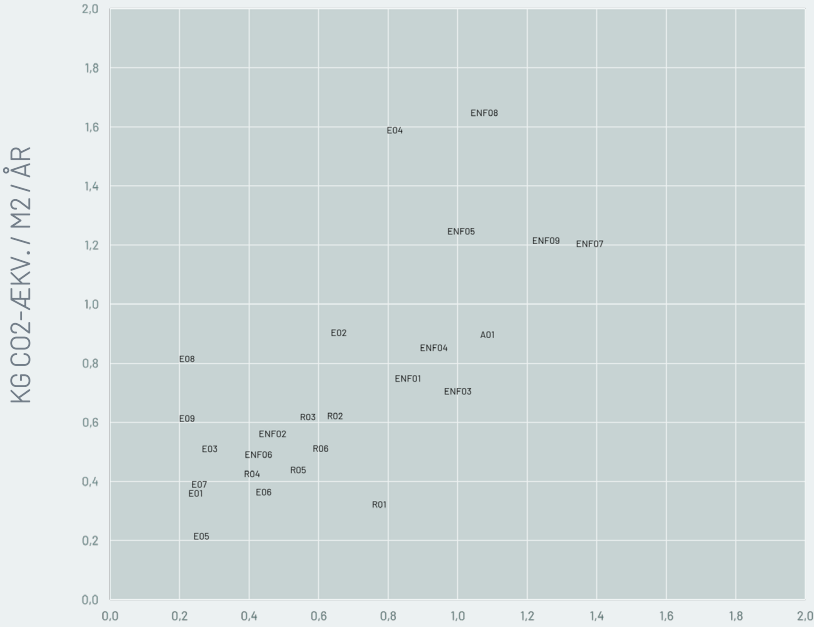
BEST PRACTICE CASES

BIOGENE MATERIALERS MASSE PER M2

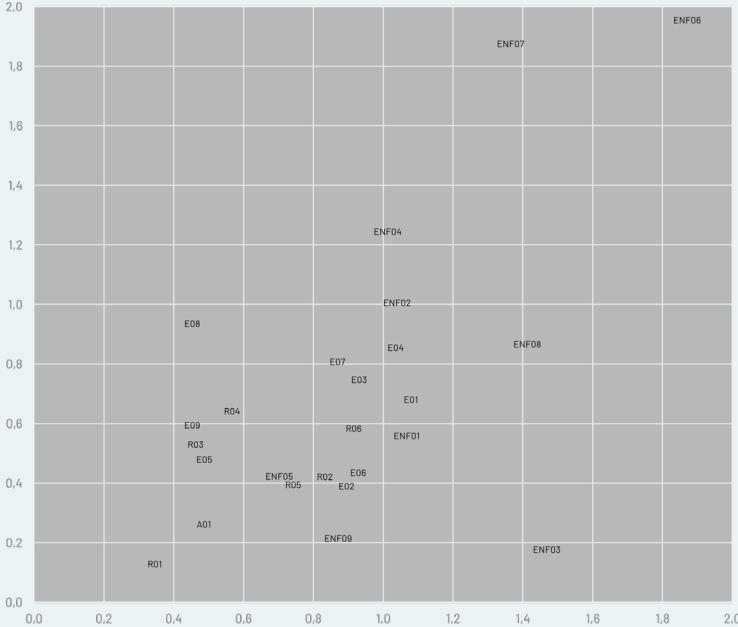


BEST PRACTICE CASES RATIO

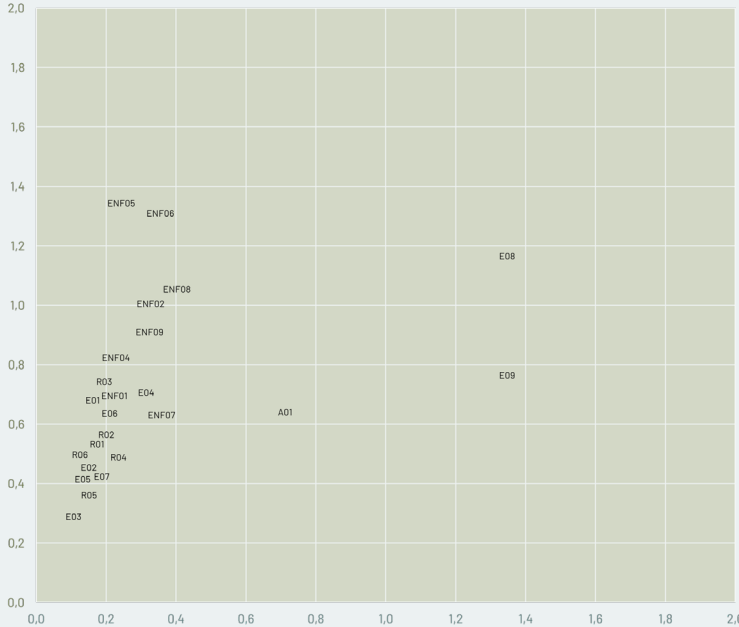
TAG



YDERVÆG



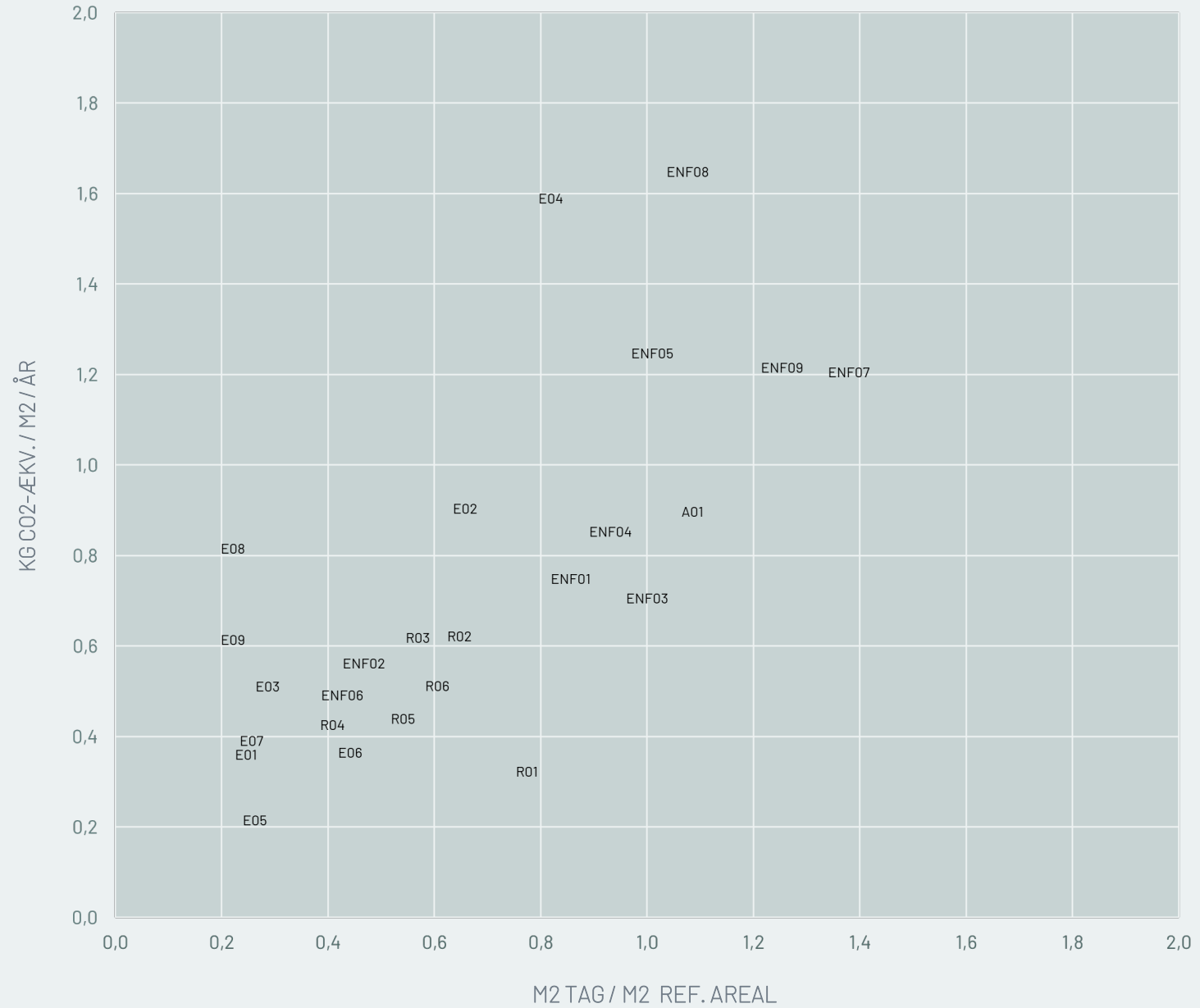
VINDUE



M2 BYGNINGSDEL / M2 REF. AREAL

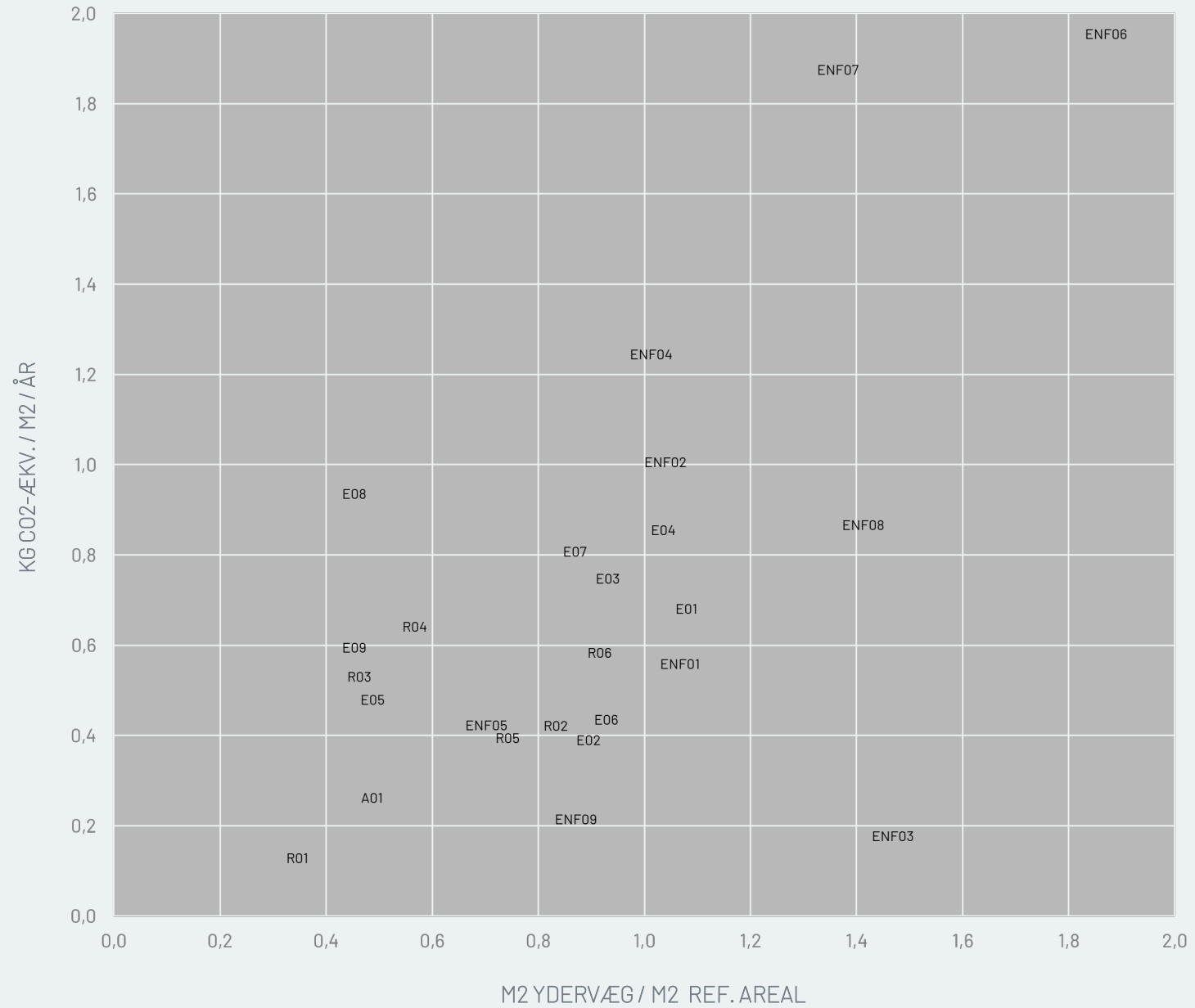
BEST PRACTICE CASES

RATIO: TAG



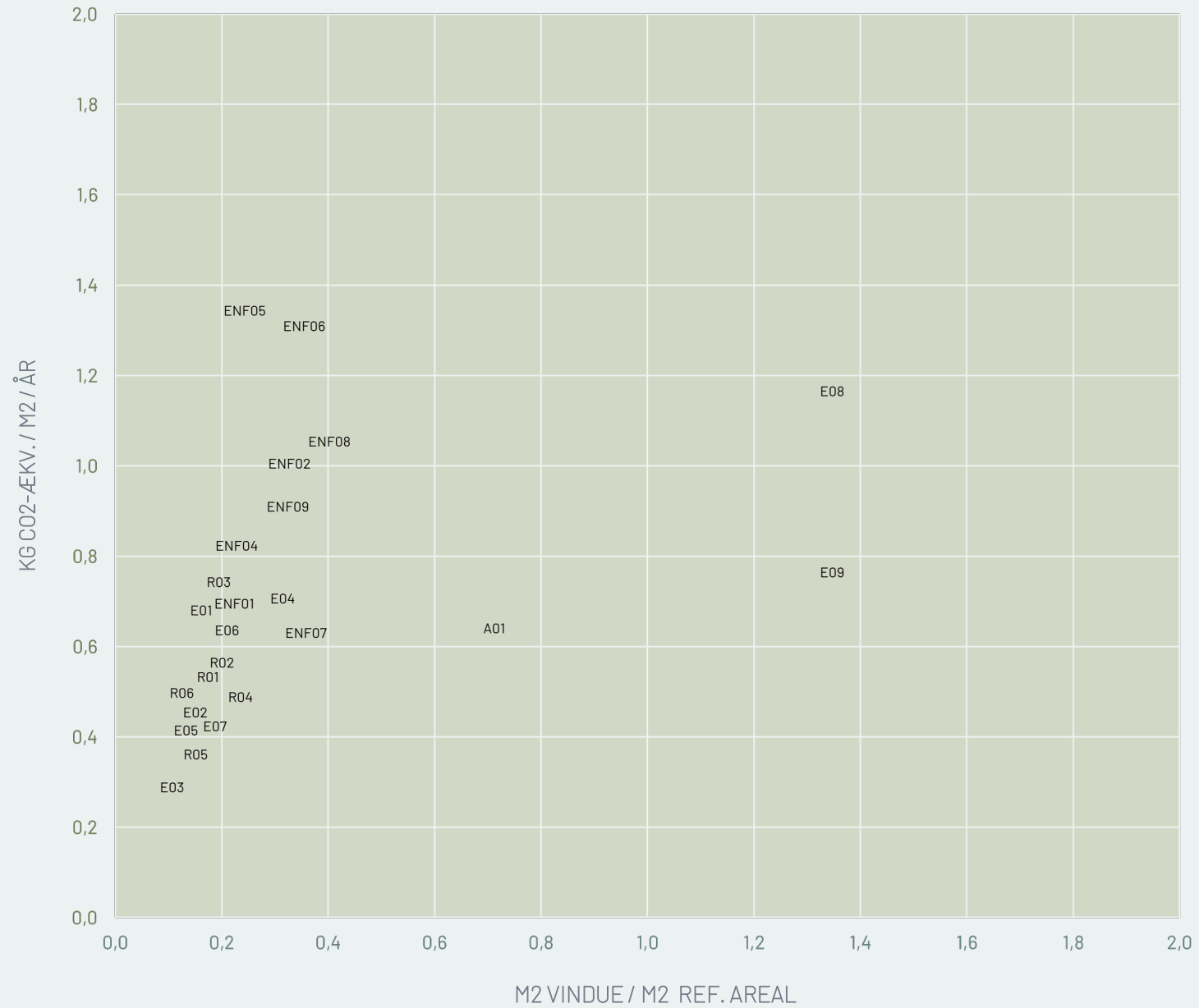
BEST PRACTICE CASES

RATIO: YDERVÆG

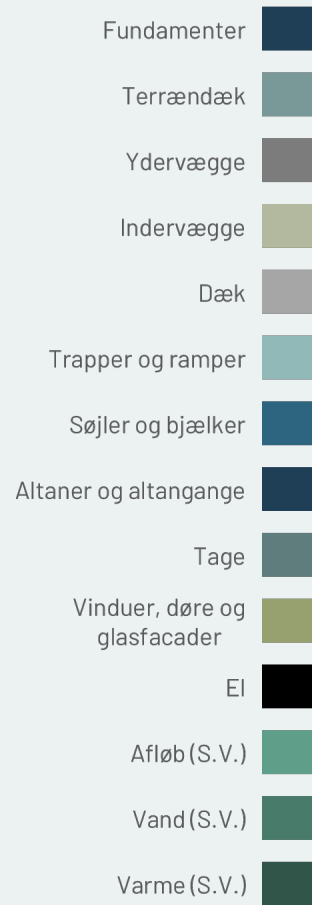


BEST PRACTICE CASES

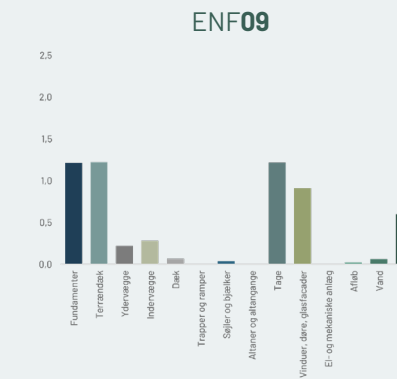
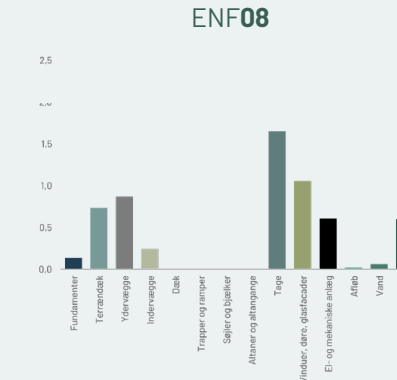
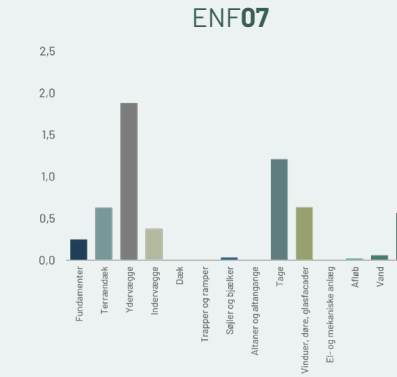
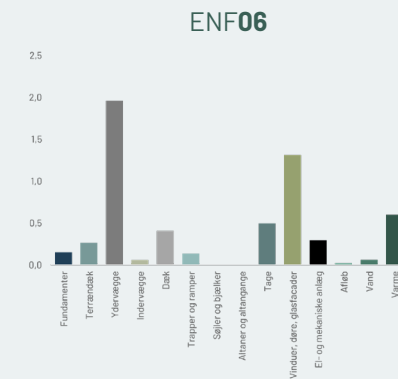
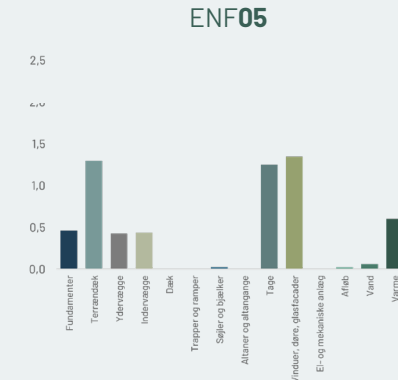
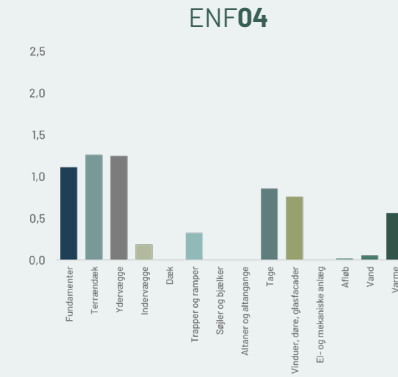
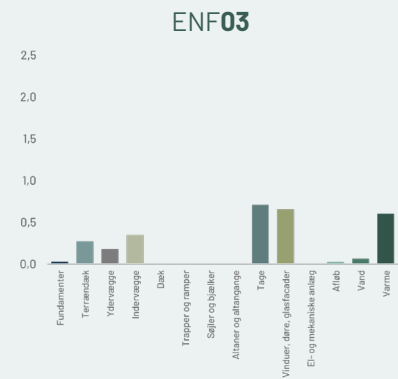
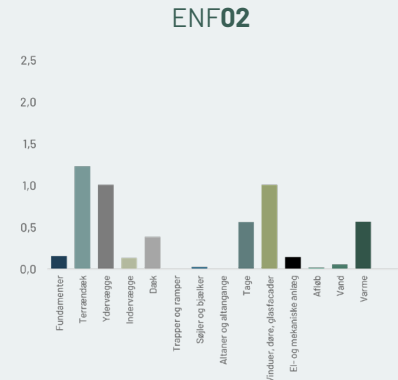
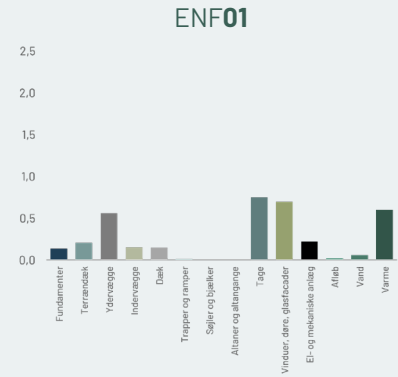
RATIO: VINDUE / GLASFACADE
















HOTSPOT: ENFAMILIEHUSE



KG CO2-EKV. / M2 / ÅR



ENFAMILIEHUSE

Fundamenter	
Terrændæk	
Ydervægge	
Indervægge	
Dæk	
Trapper og ramper	
Søjler og bjælker	
Altaner og altangange	
Tage	
Vinduer, døre og glasfacader	
EI	
Afløb (S.V.)	
Vand (S.V.)	
Varme (S.V.)	

ENF01



ENF04



ENF07



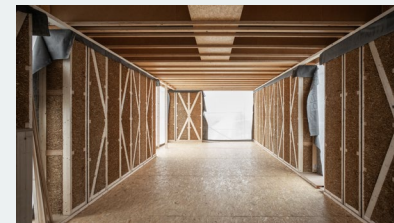
ENF02



ENF05



ENF08



ENF03



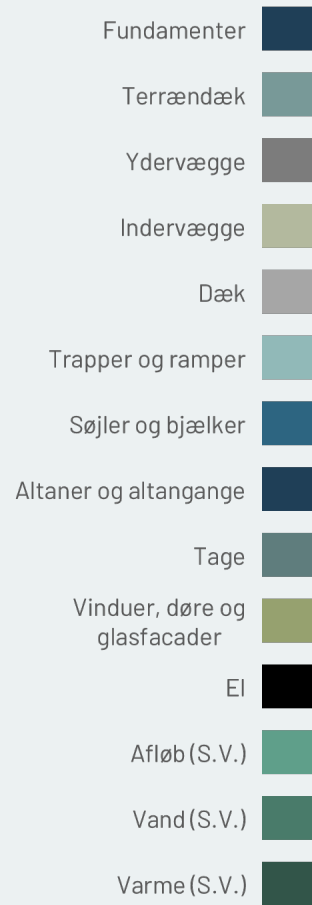
ENF06



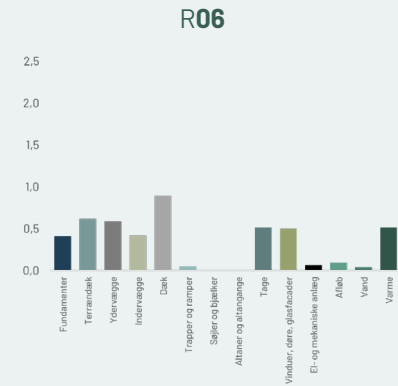
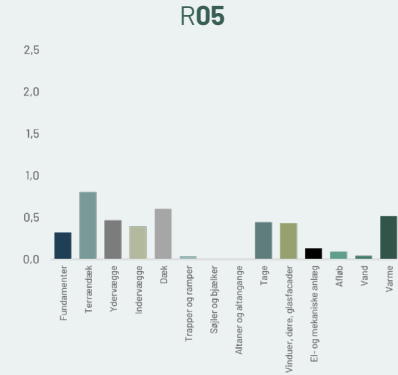
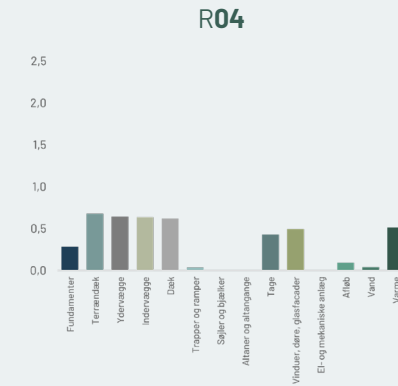
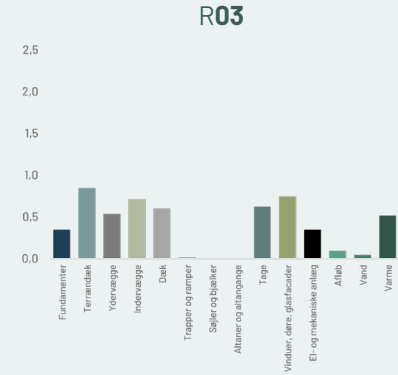
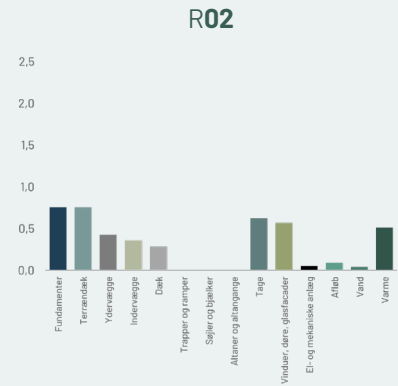
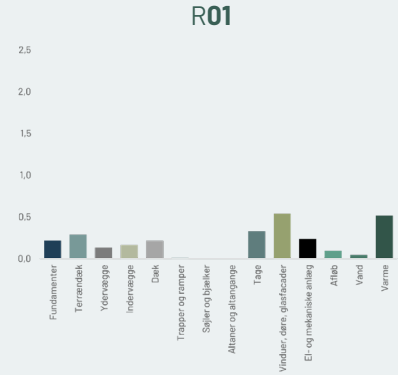
ENF09










HOTSPOT: RÆKKEHUSE



KG CO2-ÆKV. / M2 / ÅR



RÆKKEHUSE

Fundamenter	
Terrændæk	
Ydervægge	
Indervægge	
Dæk	
Trapper og ramper	
Søjler og bjælker	
Altaner og altangange	
Tage	
Vinduer, døre og glasfacader	
EI	
Afløb (S.V.)	
Vand (S.V.)	
Varme (S.V.)	

R01



R03



R05



R02



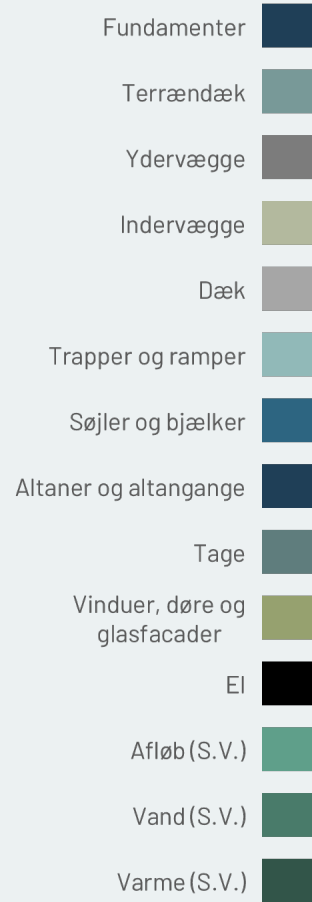
R04



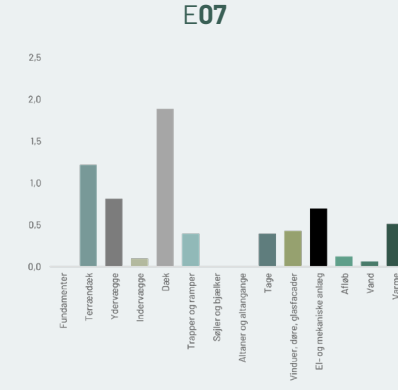
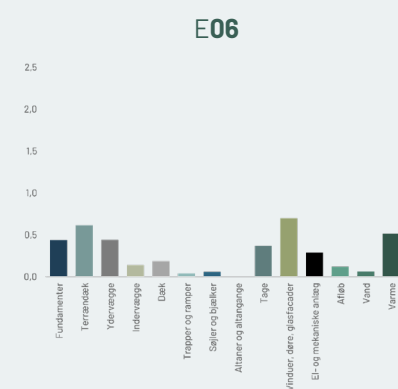
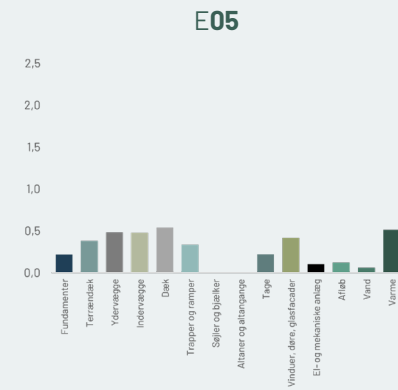
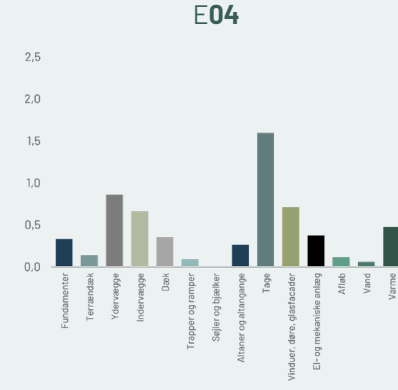
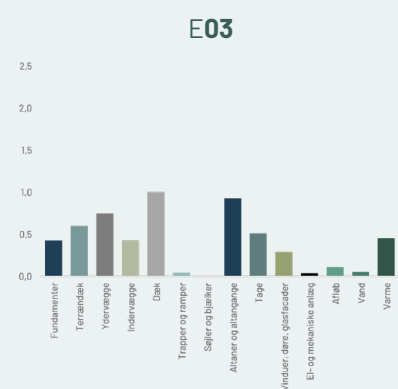
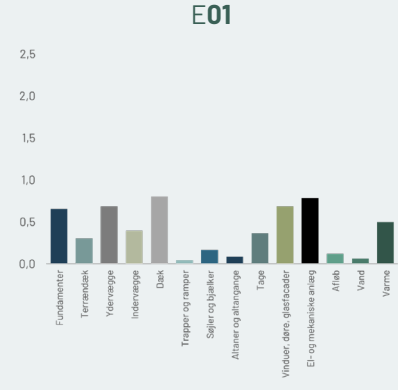
R06

















HOTSPOT: ETAGEBOLIGER



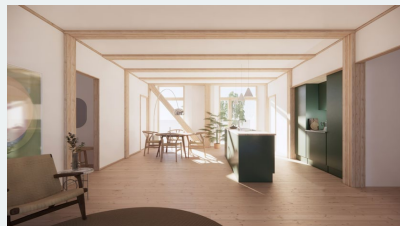
KG CO₂-ÆKV. / M² / ÅR



ETAGEBOLIGER

Fundamenter	
Terrændæk	
Ydervægge	
Indervægge	
Dæk	
Trapper og ramper	
Søjler og bjælker	
Altaner og altangange	
Tage	
Vinduer, døre og glasfacader	
EI	
Afløb (S.V.)	
Vand (S.V.)	
Varme (S.V.)	

E01



E04



E07



E02



E05



E08



E03



E06



E09



FUNDAMENT

Skruefundament
(ENF: 01, 03, 04, 05, 06, 07, 08)

Stribefundament under betonkælder (ENF02)

Linjefundament i beton og letklinkerblokke,
isoleret med EPS (ENF09)

TERRÆNDÆK

Lette trækasletter, isolerede med papiruld (ENF01)

Armeret betondæk, isoleret med EPS
(ENF: 02, 09)

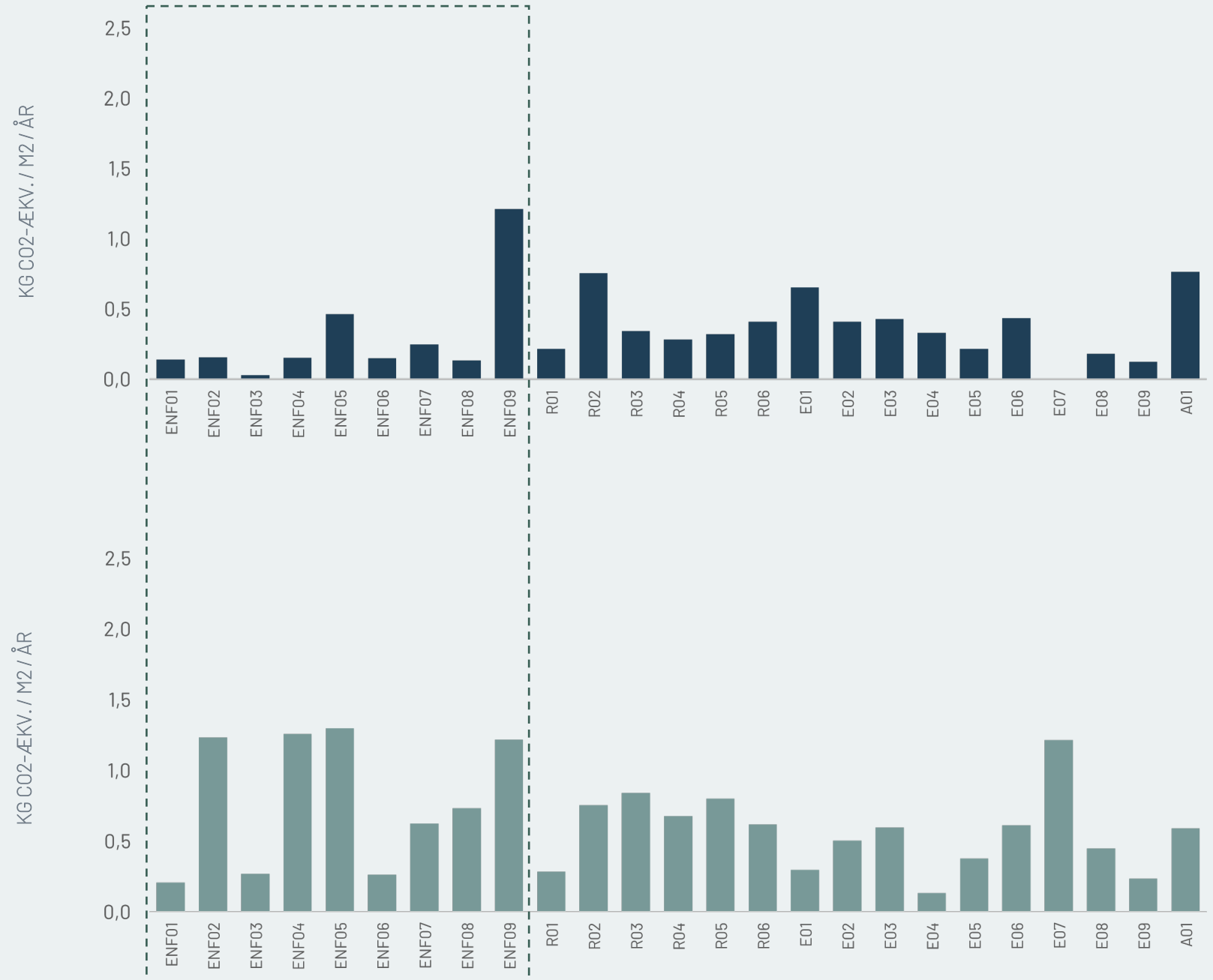
Træskeletkonstruktion
A) isoleret med træfiberisolering og ålegræs (ENF03)
B) isoleret med genbrugsflamingo (ENF07)

Træelement med indblæst træfiberisolering (ENF04)

Trækasletter isoleret med træfiber (ENF05)

Stålkonstruktion med træfiber og papiruldsisolering
(ENF06)

ENFAMILIEHUSE



FUNDAMENT

Stribefundament i beton og letklinkerblokke (R:01, 05, 06)

Pæle- og stribefundament i armeret beton hhv. letklinkerblokke, isoleret med PIR-skum (R02)

Punktfundament af beton med bjælker i stål (R03)

Linje- og pælefundament i beton, isoleret med EPS og celleglasisolering (R04)

TERRÆNDÆK

Armeret betondæk med CO2-reduceret cement, isoleret med stenuld (R01)

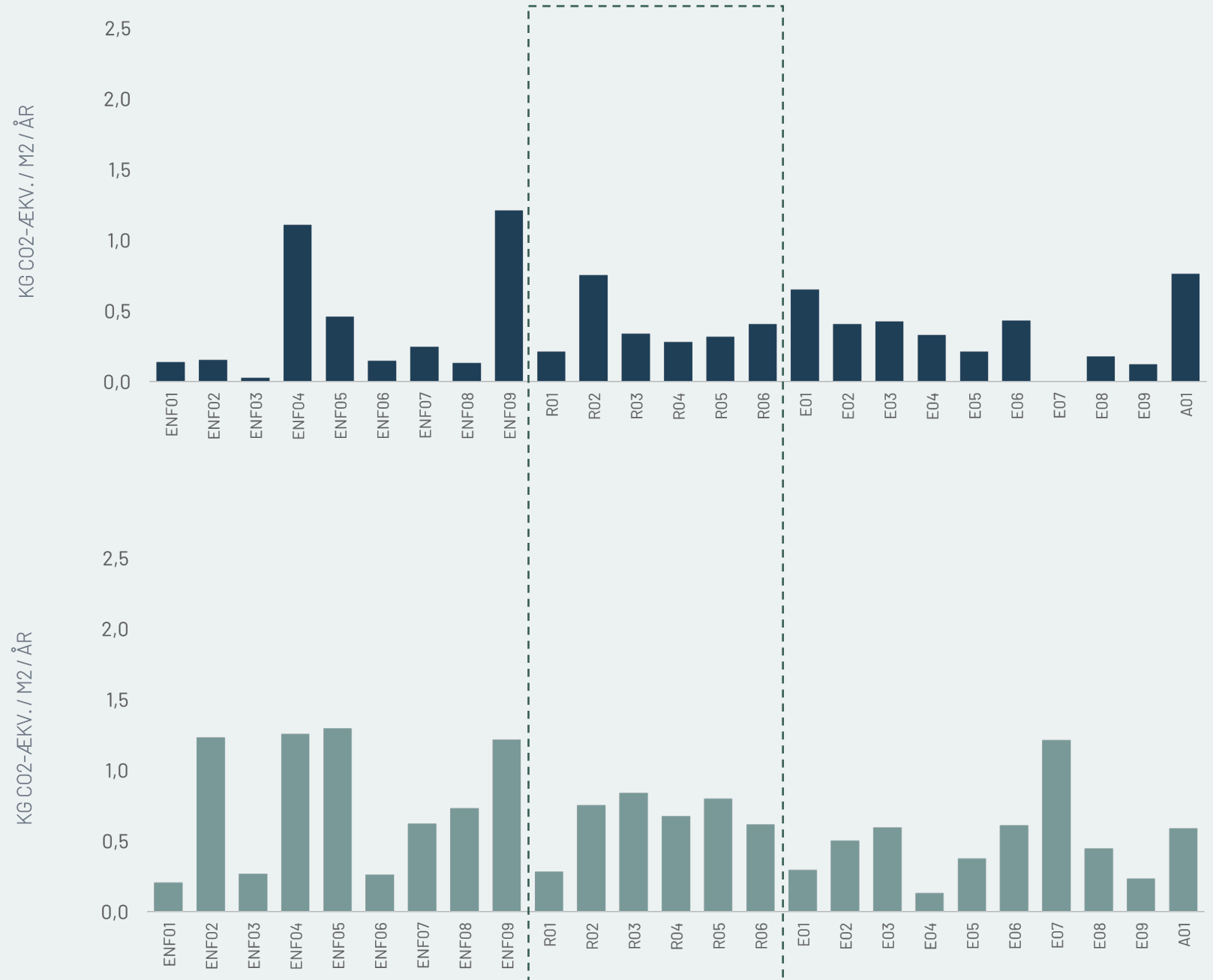
Betondæk med EPS (R02)

Elementer med limtræsbjælker og trykfast krydsfinér, isoleret med mineraluld (R03)

Træboks, isolerede med mineraluld og EPS (R04)

Træramme, isoleret med papiruld og et underliggende lag EPS (R05, R06)

RÆKKEHUSE



FUNDAMENT

Pælefundering og fundamentplade af armeret beton (E01)

Beton, letklinkerblokke og EPS (E02)

Rand og stribefundament i beton, isoleret med EPS (E03)

Linjefundament i beton (E04)

Beton med PIR-isolering (E05)

Letklinkerblokke med EPS (E06)

Skruefundament (E:08, 09)

TERRÆNDÆK

Betondæk med EPS (E: 01, 02, 05)

Trækonstruktion, isoleret med mineraluld og EPS, beklædt med fibercement (E03)

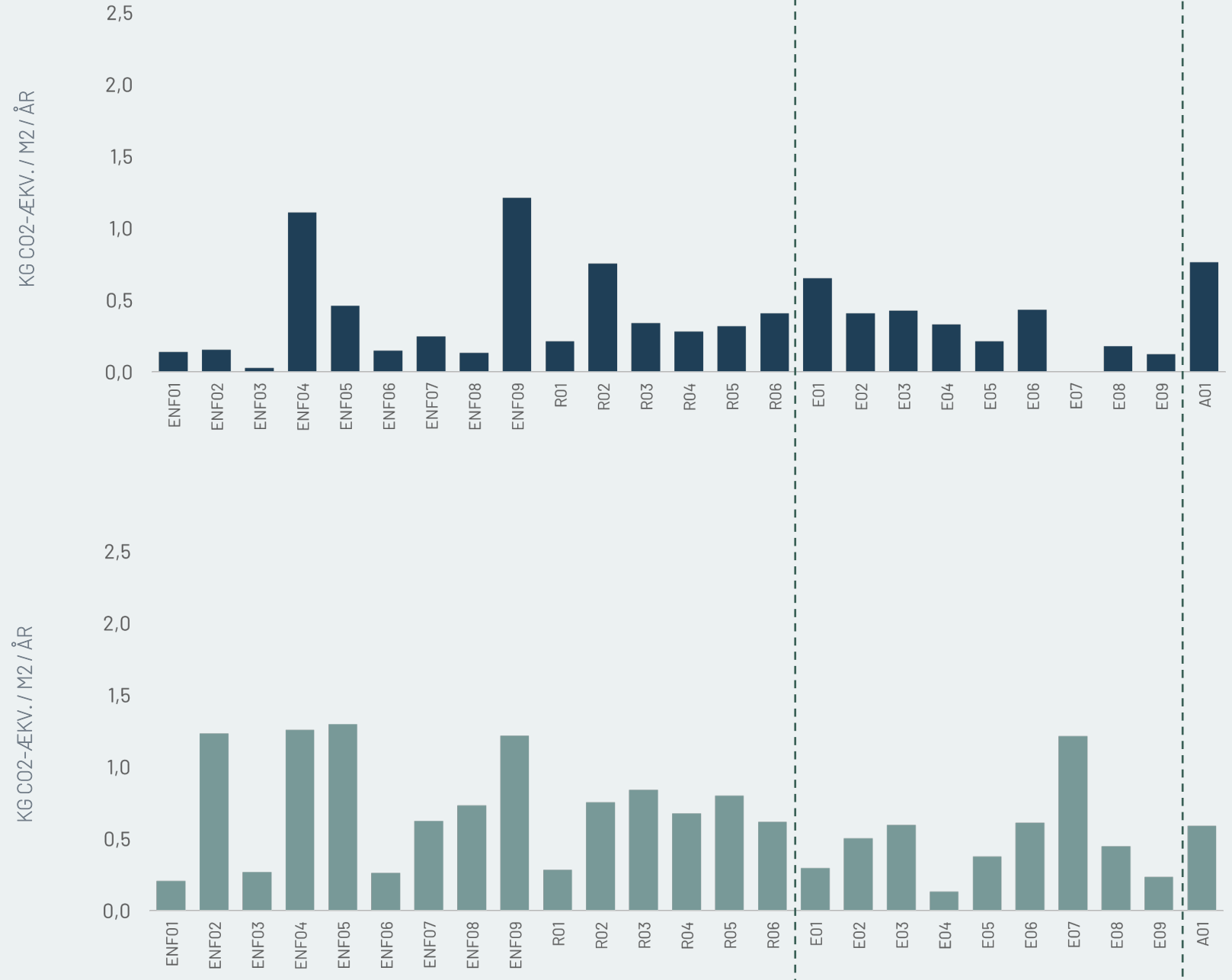
Træmoduler, isolerede med mineraluld (E04)

Beton- og trækonstruktion, isoleret med EPS (E06)

Pladefundament af armeret beton med overflade af stampet ler (E07)

Trækassetter, isolerede med mineraluld (E:08, 09)

ETAGEBOLIGER



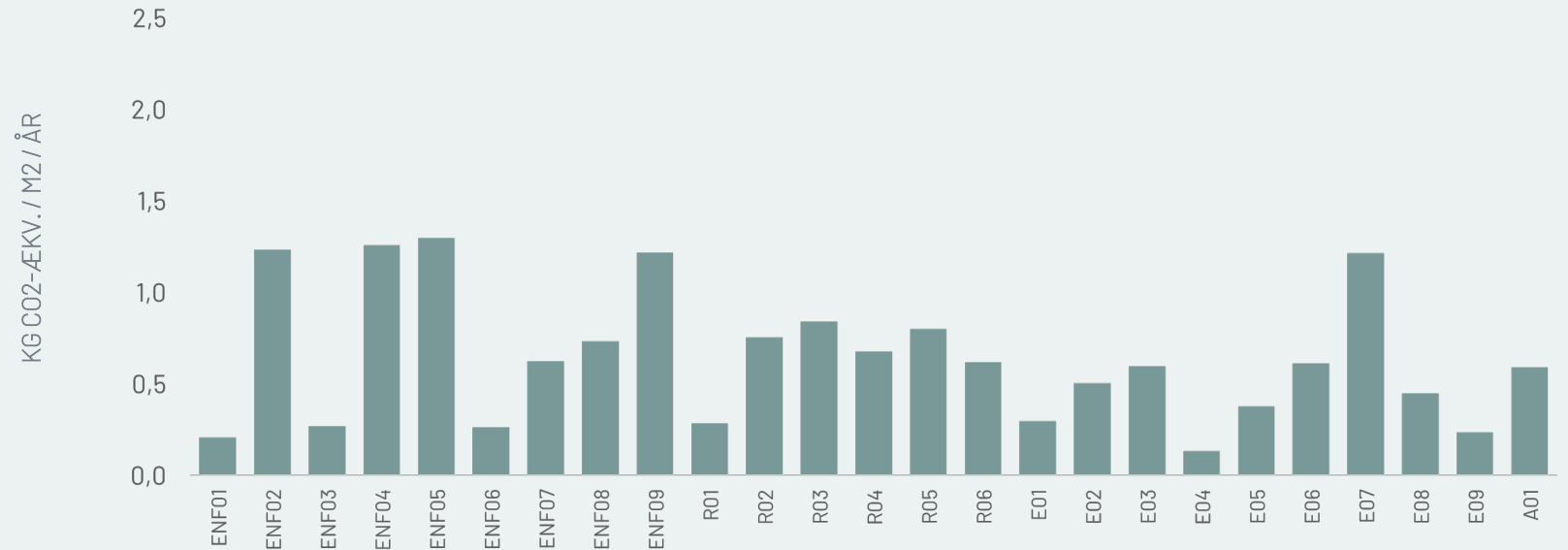
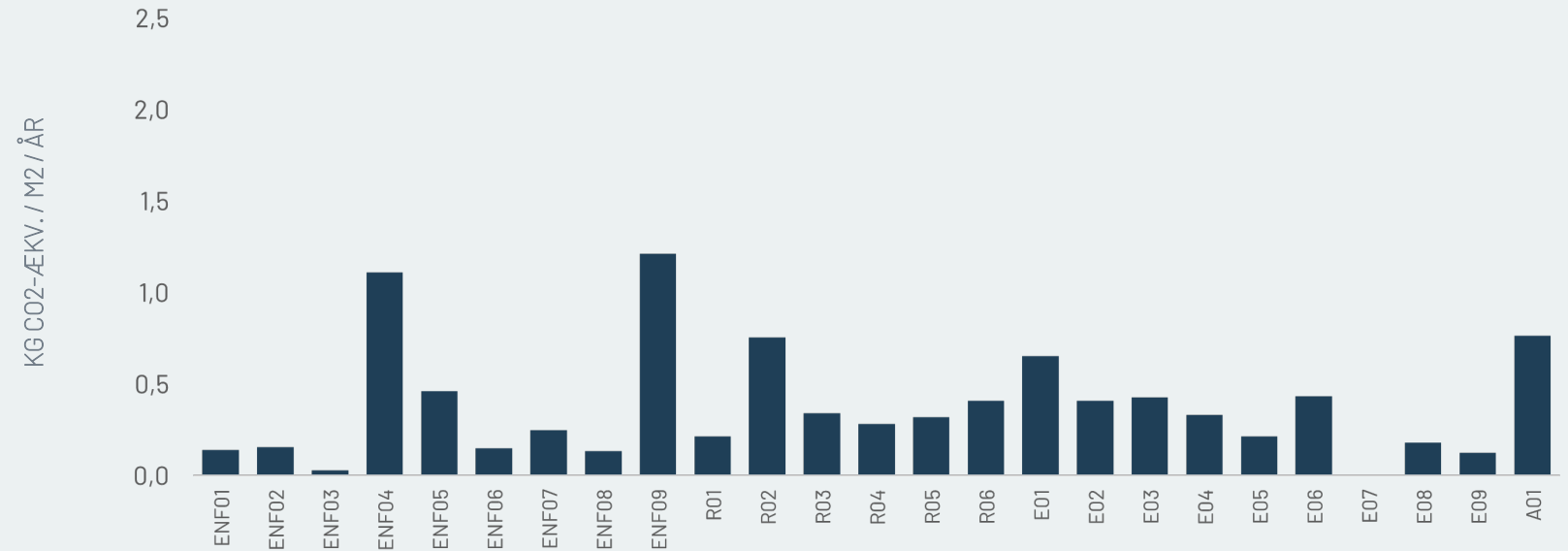
FUNDAMENT

- Skruefundamentet er vedtaget som fundament i enfamiliehuskategorien
- Huse der ikke er prototyper – tenderer at vælge andre typer fundament, dette kan indikere en barriere for eksempelvis bygherre
- Betonfundament og letklinkerblokke er den hyppigst forekommende løsning blandt rækkehusene og etageboligerne

TERRÆNDÆK

- Terrændæk udførte som trækonstruktioner er hyppigt forekommende i casesamlingen – på tværs af typologierne
- Isoleringsmaterialerne varierer fra ålegræs, træfiber, papiruld, mineraluld og EPS – med en tendens til at blive "mindre biogene" i det større byggeri – især enfamiliehus i samlingen arbejder med biogene isoleringsmaterialer i terrændækket

OPSUMMERING: 25 BEST PRACTICE CASES



YDERVÆGGE

Facadekassetter og bærende konstruktioner i lim-træ, isoleret med papir- og træfiberisolering (ENF01)

Konstruktionstræ og CLT og isoleret med papir- og træfiberisolering (ENF02)

Træskeletvægge med ålegræsisolering (ENF03)

Boksmøbler i træ med træfiberisolering (ENF04)

Træskeletvægge med træfiberisolering (ENF:05, 09)

Træ- og stålkonstruktion med papir- og træfiberisolering, facadebeklædning i tegl, træ og kork (ENF06)

Skeletkonstruktioner i træ og genbrug fra stål-containere, isoleret med papiruld (ENF07)

Facadebeklædning i træ (ENF:01, 02, 03, 04, 05)

INDERVÆGGE

Træskeletvægge, isoleret med træfiber - beklædt med krydsfiner og fibergips (ENF:01, 09)

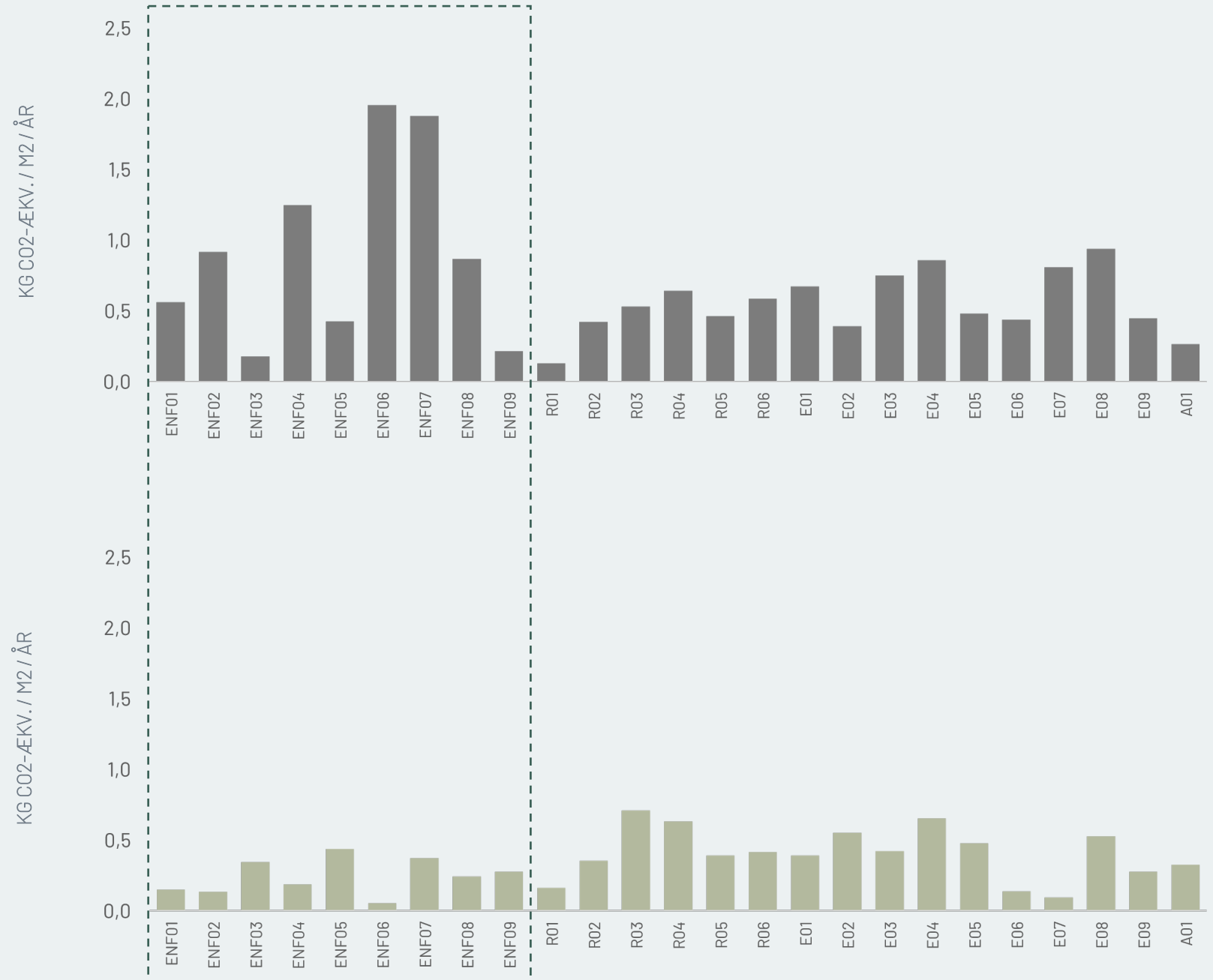
Træskeletvægge med papirisolering - beklædt med gips (ENF02)

Træskeletvægge med ålegræsisolering - beklædt med krydsfiner (ENF03)

Træskeletvægge med træfiberisolering - beklædt med gips (ENF: 04, 05, 06)

Skeletkonstruktioner i træ og genbrug fra stål-containere, isoleret med papiruld (ENF07)

ENFAMILIEHUSE



YDERVÆGGE

Facadekassetter og bærende konstruktioner i limtræ, isoleret med papir- og mineraluldsisolering (R01)

Træelementer i CLT, isoleret med glasuldsisolering (R02)

Træbokselementer, isoleret med mineraluld (R03)

Træbokselementer, isoleret med mineraluld og facadebeklædning i skifer og cedertræ (R04)

Træbokselementer, isoleret med papir - og mineraluld (R: 05, 06)

Facadebeklædning i træ (R: 01, 02, 03, 05, 06)

INDERVÆGGE

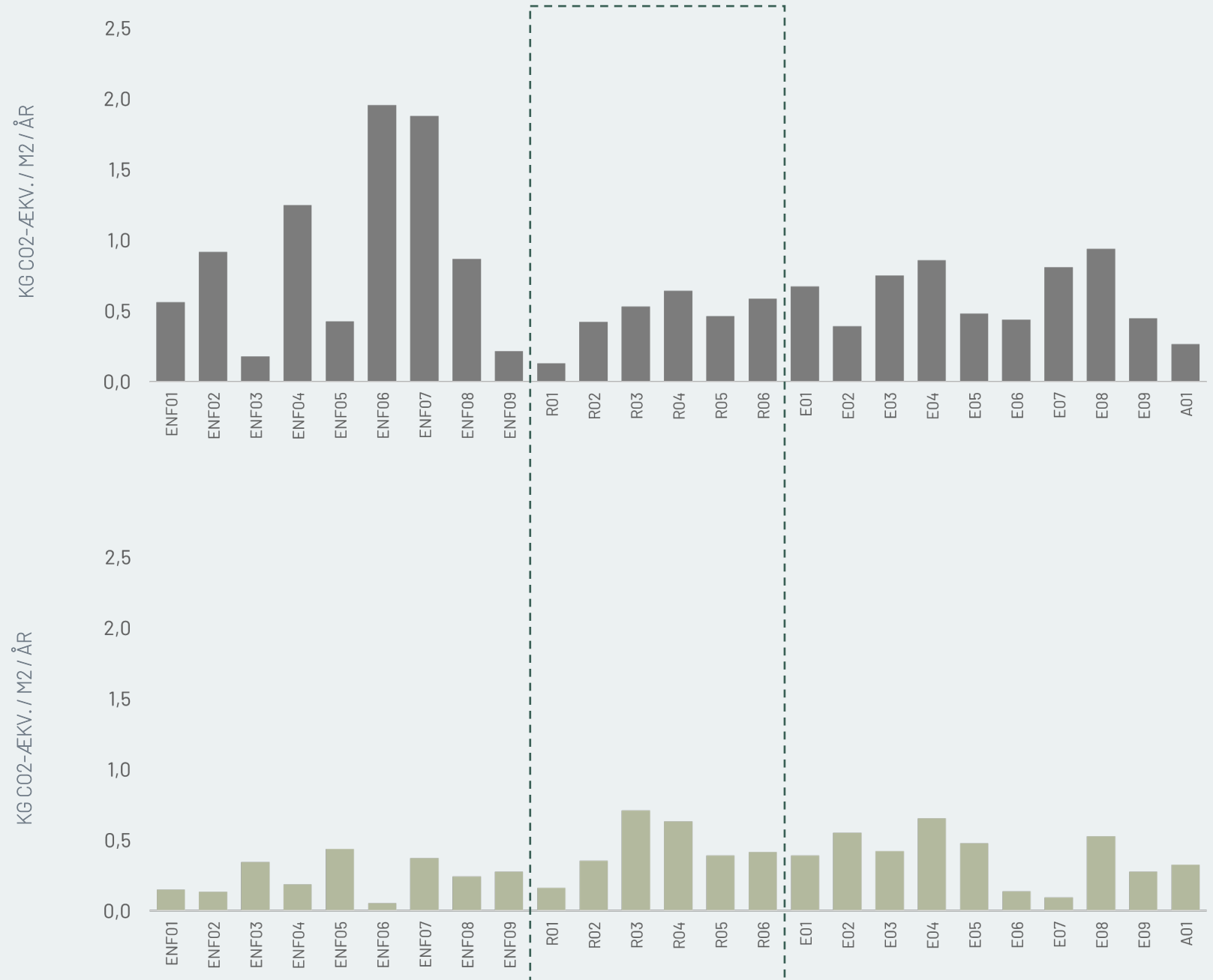
CLT hhv. træskeletvægge isoleret med mineraluld - beklædt med gips (R01)

CLT-vægge isoleret med mineraluld - beklædt med gips (R02)

Træbokselementer isoleret med mineraluld (R:03, 04)

Træbokselementer og træskeletvægge, isoleret med papir - og mineraluld - beklædt med gips (R: 05, 06)

RÆKKEHUSE



YDERVÆGGE

Bærende konstruktioner i CLT, limtræ og stål, lette træskeletvægge - isoleret med træfiber og mineraluld (E01)

Bærende og lette ydervægge som trækonstruktioner, isoleret med mineraluld og beklædt med fibergips og træ (E02)

Træbokselement isoleret med:

- A) mineraluld - beklædt med skifer og træ (E03)
- B) glasuld - beklædt med skifer og træ (E06)
- C) mineraluld - beklædt med træ (E08)
- D) træfiber - beklædt med træ (E09)

Boksmodul i træ, isoleret med mineraluld

- A) beklædt med sortmalet træ (E04)
- B) beklædt med skifer (E05)

Limtræssøjler og CLT - udvendigt isoleret med hørfiber og stampet med ler (E07)

INDERVÆGGE

Bærende konstruktioner i CLT, limtræ og stål, lette træskeletvægge - isoleret med træfiber og mineraluld, beklædt med fibergips (E01)

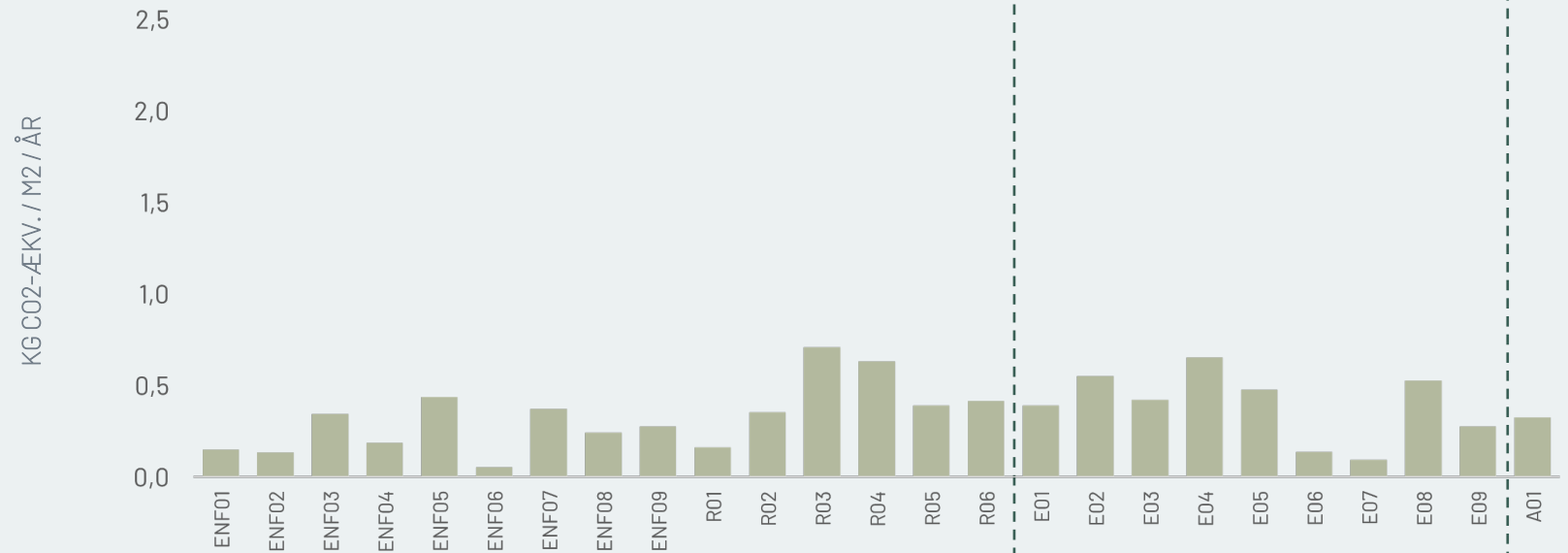
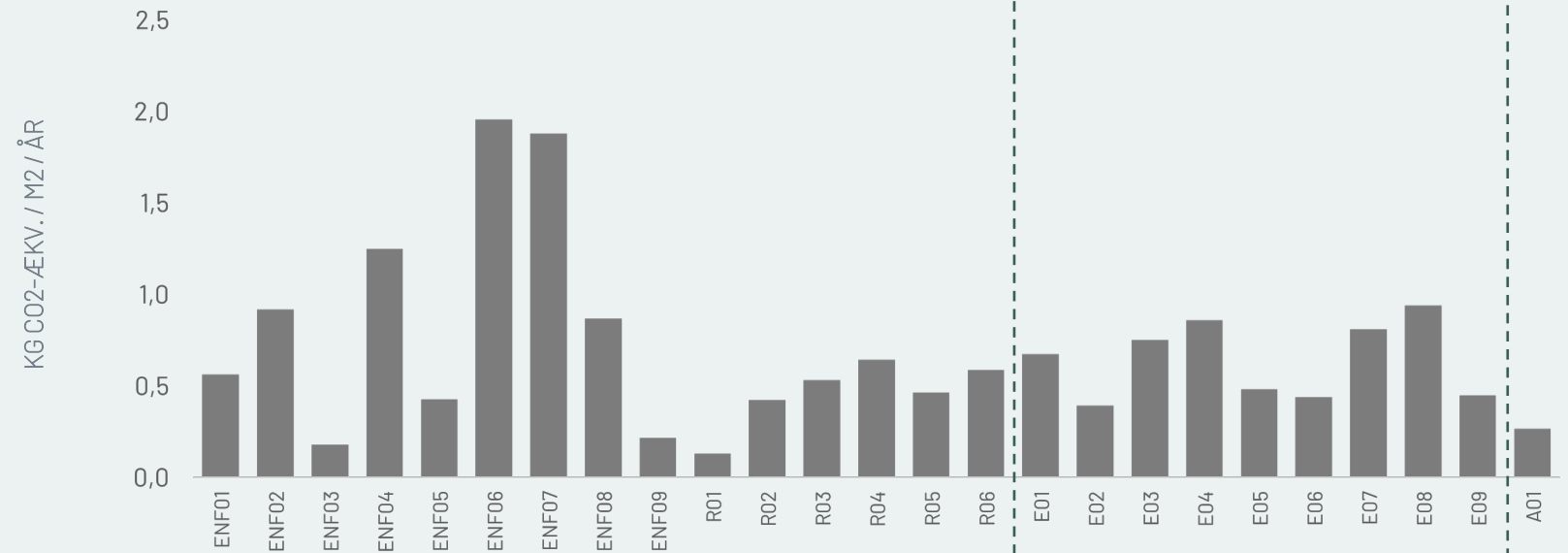
Porebetonvægge hhv. træskeletvægge med mineraluldsisolering - beklædt med brandgips (E02)

Rammekonstruktioner i træ med cementspånplader og mineraluldsisolering - beklædt med brandgips (E03)

Bokselement med bærende konstruktioner i træ, isoleret med mineraluld og beklædt med: A) gips og træ (E04) B) gips (E: 05, 08, 09) (09 med træfiberisolering)

Træskeletvægge med OSB, isoleret med glasuld - beklædt med gips (E06)

ETAGEBOLIGER



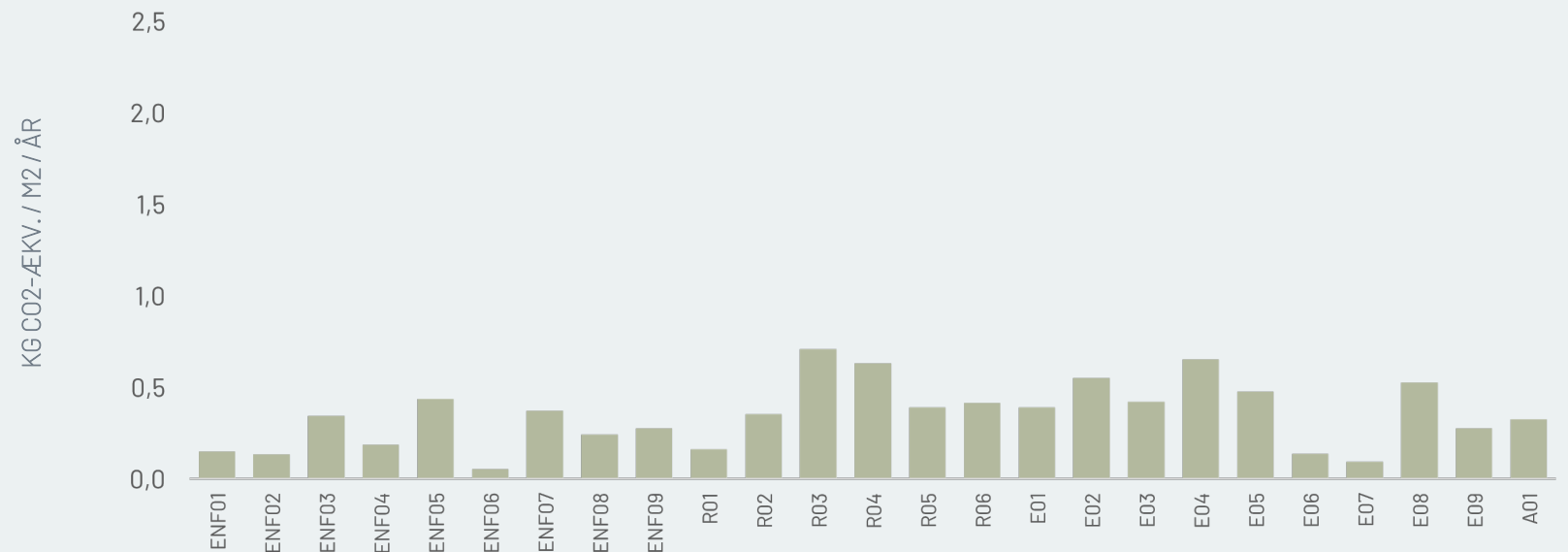
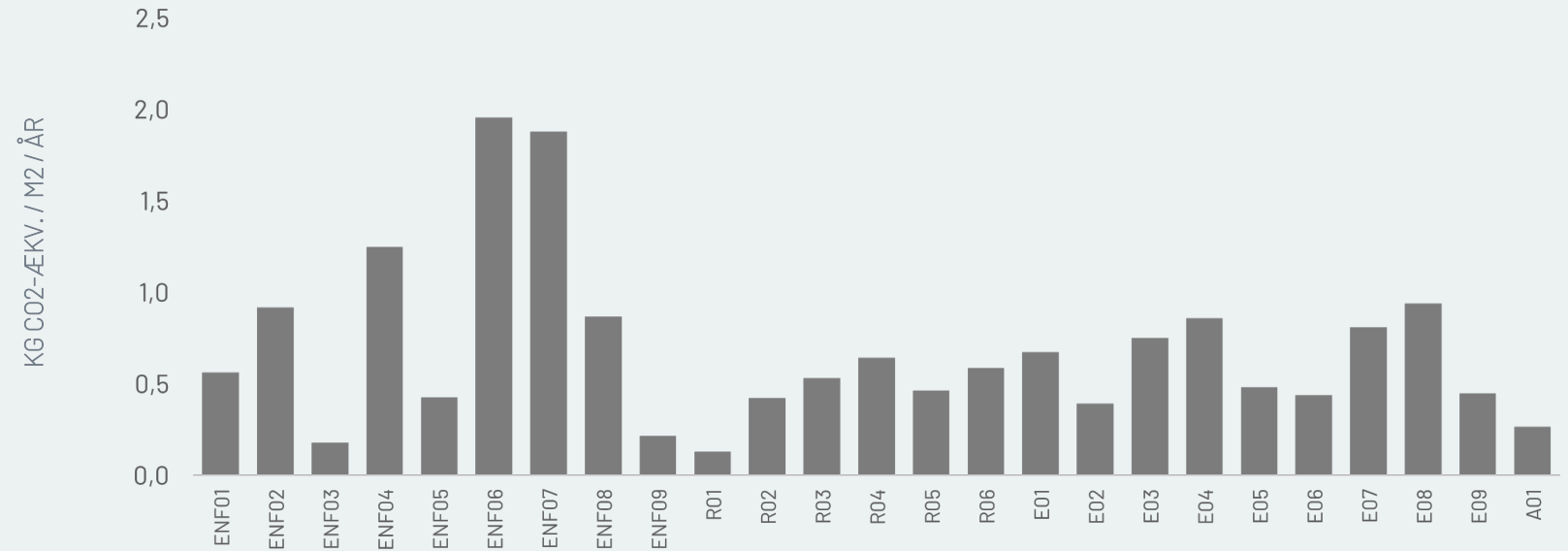
YDERVÆGGE

- Træskeletvægge forekommer hyppigt i casesamlingen, både som yder – og indervæg
- Isoleringsmaterialet i skeletvæggene er ofte biobaseret, vi ser særligt hyppigt at der bliver brugt papir – og træfiberisolering
- I de større byggerier ses meget præfabrikerede elementer og moduler, ofte i træ, med mineraluld som isolerende materiale
- Træ og skifer er den foretrukne beklædning

INDERVÆGGE

- Træskeletvægge er den dominerende indervægskonstruktion i enfamiliehus, oftest med biobaserede isoleringsmaterialer
- Træskeletvægge og CLT-vægge er den dominerende indervægskonstruktion i række-huse, blandet brug af biobaserede og mineralske isoleringsmaterialer
- Mineraluld og gips bruges som oftest ved adskillelser (vand- og lodrette skel)
- Få forekomster af beton, dog en væsentlig forekomst af cementbaserede spånplader

OPSUMMERING: 25 BEST PRACTICE CASES



DÆK

Ribbedæk i konstruktionstræ, med trinlydsdug og krydsfinér (ENF01)

CLT-dæk med papir- og træfiberisolering (ENF02)

Terrændækket er dækket

A) gulv er inkluderet (ENF: 03, 04, 05, 07, 08)

B) trægulv og terrasse (ENF09)

Træ og stålkonstruktion med spånplader og træfiberisolering (ENF06)

TAG

Kassettekonstruktion i træ, isoleret med papiruld - beklædt med zinkmagnesium hhv. tagpap (ENF01)

Trækonstruktion, isoleret med papiruld, beklædt med integrerede solceller (medregnes i "el- og mekaniske anlæg") (ENF02)

Træskeletkonstruktion, isoleret med ålegræs (ENF03)

Trækonstruktion med træfiberisolering (ENF: 04, 05, 09)

Træ og stålkonstruktion med spånplader og papiruldisolering (ENF06)

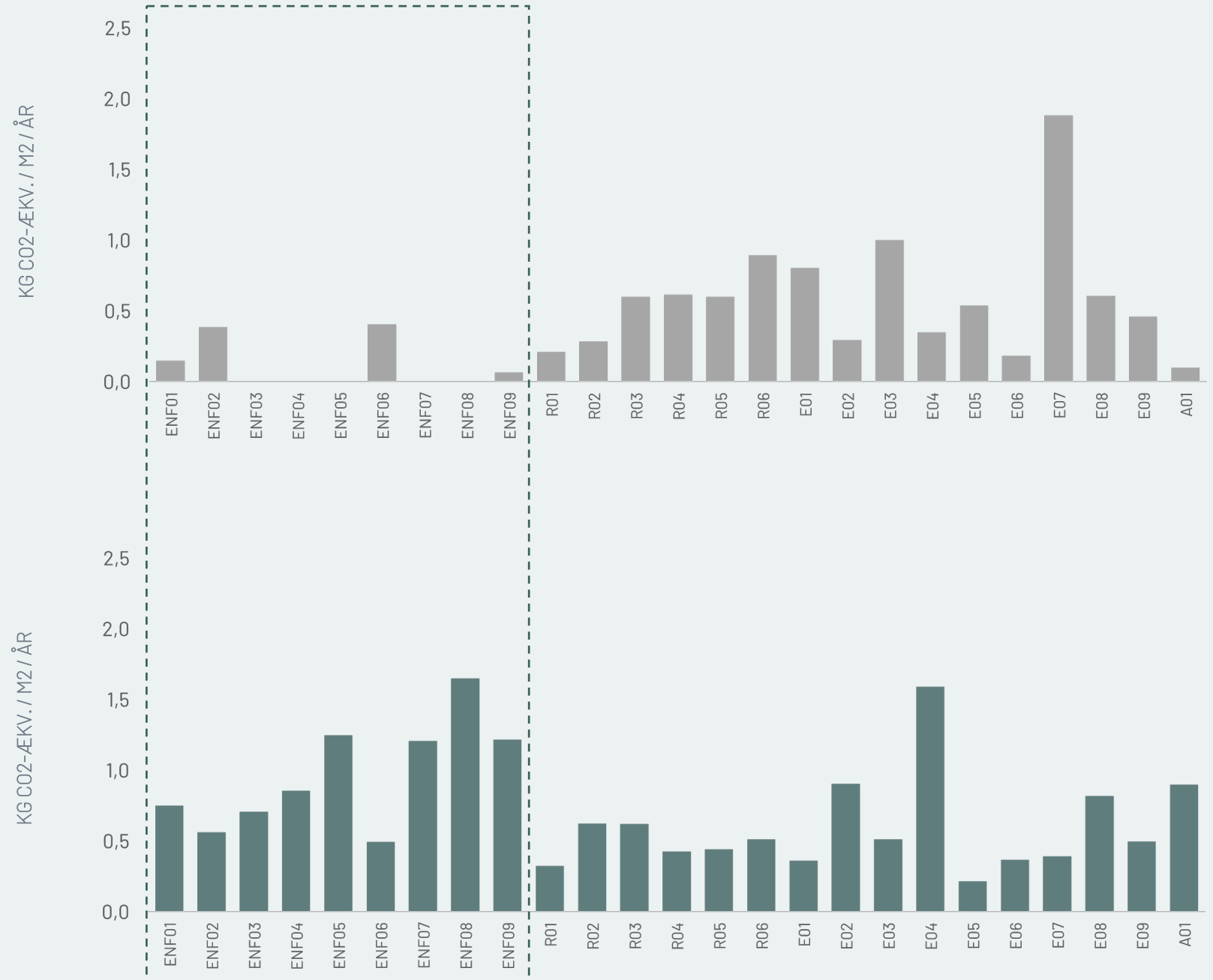
Træskeletkonstruktion med genbrug fra stålcontainere - isoleret med papiruld (ENF07)

Tagpap (ENF: 03)

Sedumtag (ENF: 04, 09)

Stålpåse (ENF: 05, 06 (genbrug))

ENFAMILIEHUSE



DÆK

Ribbedæk i konstruktionstræ, med trinlydsdug og krydsfinér (R01)

CLT-dæk (R02)

Trækonstruktioner med mineraluldsisolering, med lydlægte i tillæg til lydfilt (R03)

Træbokse med mineraluldsisolering og brandgips-Plader (R04)

Bærende trærammer med hulrum og cementspånplader - isolerede med papiruld (R:05, 06)

TAG

Kassettekonstruktion i træ, isoleret med papiruld og beklædt med skifer hhv. tagpap (R01)

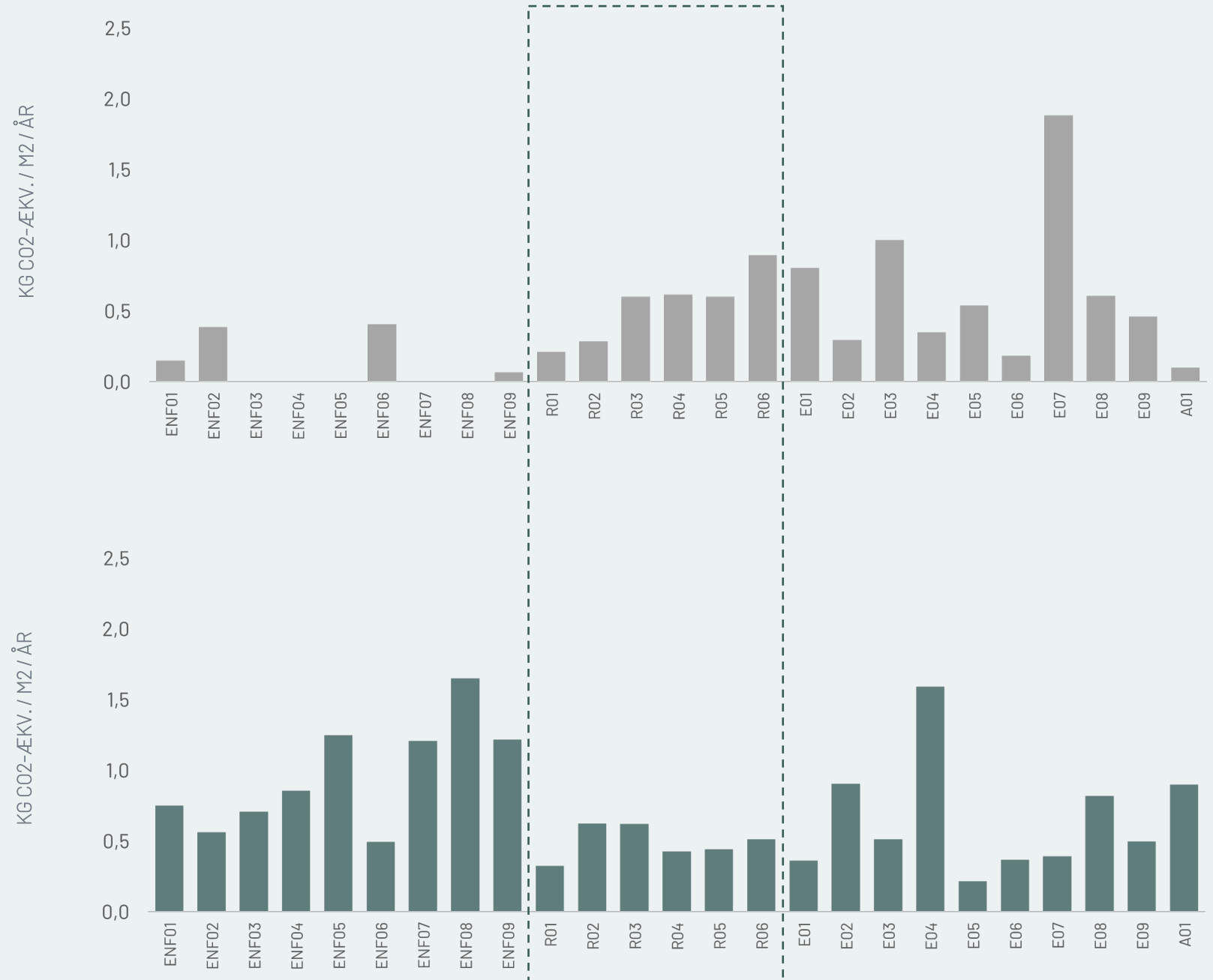
Træskeletkonstruktion med krydsfinér - isoleret med mineraluld og beklædt med tagpap (R02)

Limtræskonstruktion med mineraluldsisolering, med sedumtag hhv. tagpapsbeklædning (R03)

Træbokse, isoleret med mineraluld, beklædt med tagpap og forsynet med tagudhæng (R04)

Bærende trærammer med hulrum - isolerede med papiruld, beklædt med tagpap (R:05, 06)

RÆKKEHUSE



DÆK

Ribbedæk med CLT og limtræ - isolerede med papiruld (E01)

Trækonstruktion hhv. stål- og betonkonstruktion - isoleret med mineraluld, beklædt med brandgips (E02)

Rammekonstruktioner i træ med cementspånplader, mineraluldsisolering og brandgips (E03)

Boksmodul i træ, isoleret med :

A) mineraluld (E:04, 05)

B) med lod- og vandret stenuld (brandstop)(E05)

C) glasuld (E06)

Konstruktion med træbetonplader og hørisolering (E07)

Trækassette med spånplade - isoleret med mineraluld (E08) hhv. træfiber (E09)

TAG

Bjælke- og spær konstruktion i træ med OSB-plader og fiber-gips - isoleret med mineraluld. Beklædt med stålplader (E01)

Gitterspærskonstruktion i træ med tagudhæng, mineraluldsisolering og sedumtag (E02)

Limtræskonstruktion med ventileret hulrum og brandgips - isoleret med trykfast mineraluld. Sedumtag hhv. tagpaps-beklædning (E03)

Limtræskonstruktion, beklædt med klar polycarbonat (E04)

Boksmodul i træ, isoleret med:

A) mineraluld, beklædt med tagpap (E:04, 05)

B) dele af tag udført som tagterrasse (E05)

C) glasuld, beklædt med tagpap (E06)

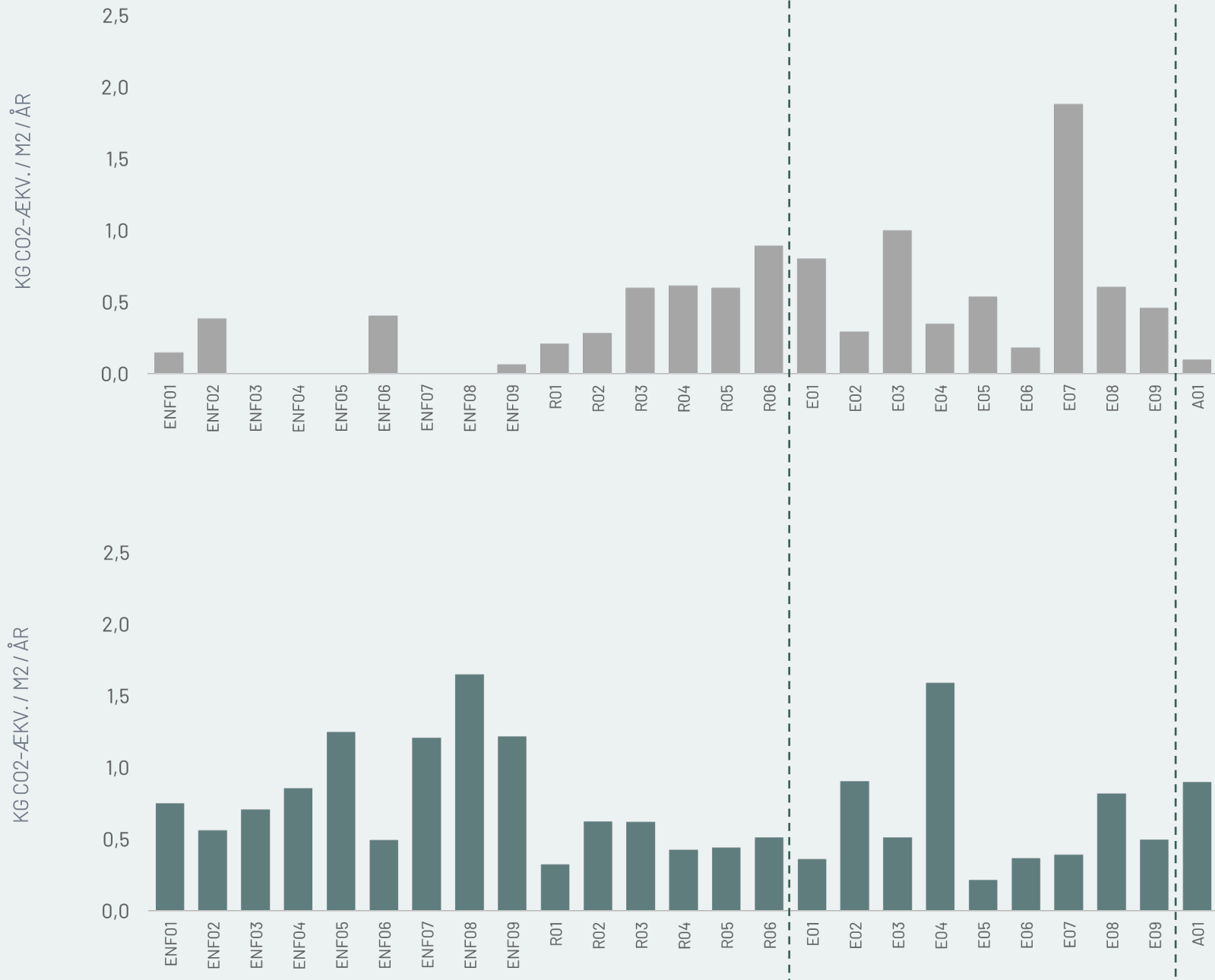
CLT-konstruktion, udvendigt isoleret med hørfiber, stampet ler - beklædt med tegl (E07)

I-bjælker, krydsfiner og beklædt med tagpap - isoleret med:

A) mineraluld (E08)

B) træfiberisolering (E09)

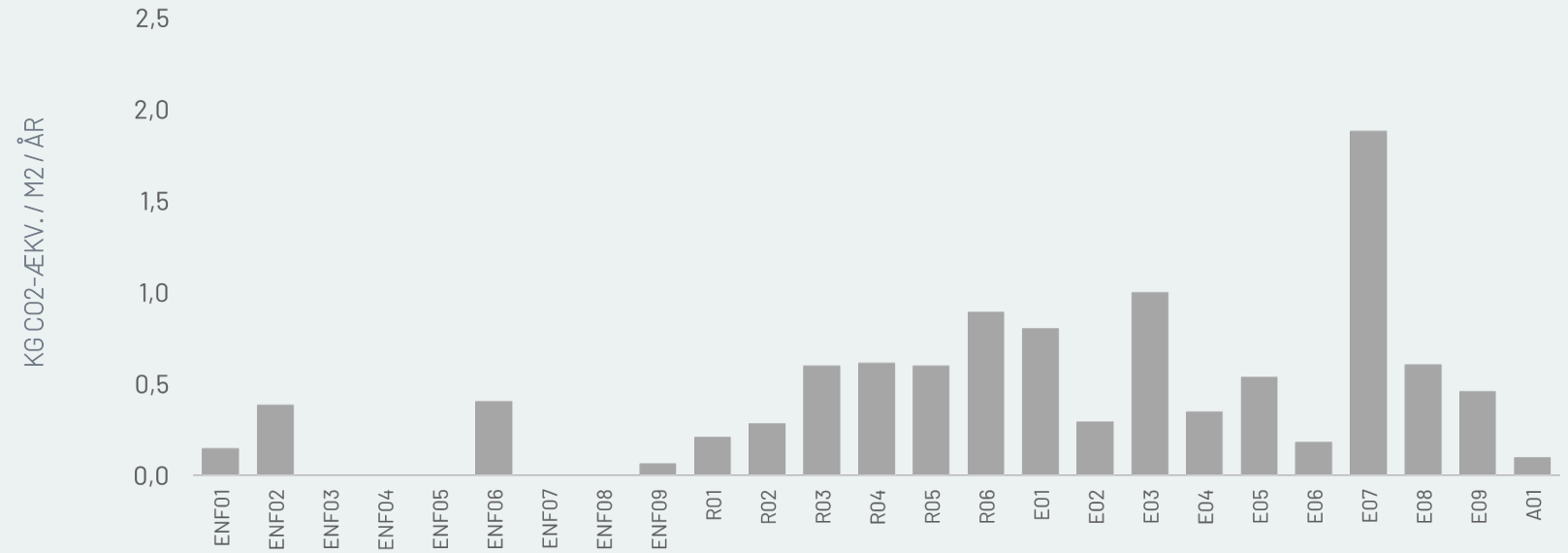
ETAGEBOLIGER



DÆK

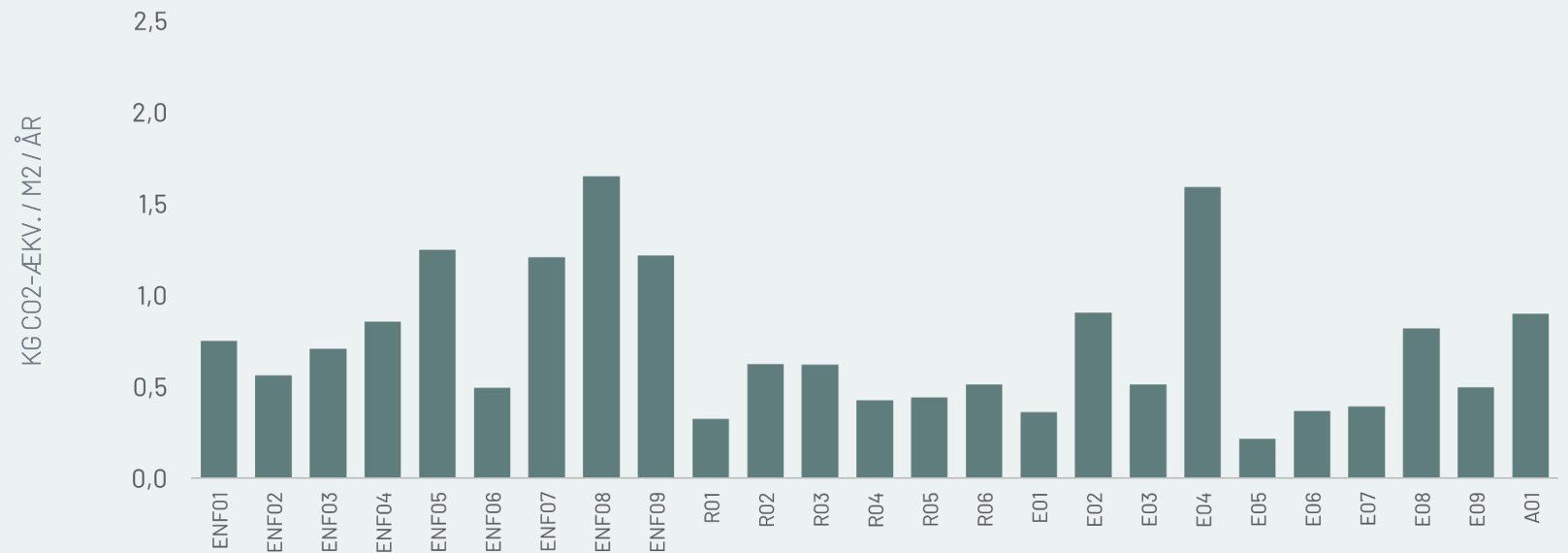
- Innovative løsninger omkring etageadskillelser i samlingen, trækonstruktioner med træfiber, lyddug, hulrum
- En del hybridkonstruktioner men ingen rene betondæk
- Mange boksmulbyggerier i casesamlingen, disse adskilles ofte af lag med mineralske isoleringsmaterialer

OPSUMMERING: 25 BEST PRACTICE CASES



TAG

- Ofte samme konstruktionsprincipper som i det resterende hus, det arbejdes en del med diffusionsåbne konstruktioner
- Casesamlingen foretrækker tagpap som beklædning men der forekommer også en del stål samt et par sedumtag
- Mange cases har solceller på taget





Den 23. maj udkommer:

BUILD RAPPORT

Boligbyggeri fra 4 til 1 planet: Best Practice Cases

Publikationen udarbejdes af BUILD og Artelia

Denne rapport er en del af initiativets videns spor som indsamler, analyserer og formidler viden om eksisterende **best practice byggeri** for at sikre at indsatsen står på et velfunderet vidensgrundlag og gør brug af de bedst mulige værktøjer.

En række beregningsforudsætninger er vedtaget for samtlige cases for at sikre sammenlignelighed. Heriblandt standardværdier for installationer for boliger, strømlinet brug af branche data og visse specifikke data. Samtlige forudsætninger vil beskrives nærmere i rapporten.

Publikationen indeholder:

Grundige analyser af > **20** best practice cases
Refleksioner over > **5** pixie cases

4 til 1 planets målsætning > **2,5** kg CO₂ - ækv. pr. m²

4 >> 1





Den 16. maj udkommer:

BUILD RAPPORT Klimapåvirkning fra: 45 Træbyggerier

Denne rapport har fokus på potentialet for brug af biobaserede materialer i byggeriet. Rapporten undersøger en række træbyggerier ift. deres potentiale til at reducere bygningers klimapåvirkning sammen med de praktiske udfordringer der har været ved at bruge træ i byggeriet.

Publikationen er støttet af Realdania og Villumfonden.

Publikationen indeholder:

Analyser af > **45 træbyggerier**
Overlap m. 4 >1 > B.P.C. > **5 cases**