



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

JAGG2025

Opdatering af indeluftmodul

Miljøprojekt, nr. 2312

Juni 2026

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Tage V. Bote, COWI A/S

Bjarke Hoffmark, COWI A/S

Grafik og illustrationer:

Tage V. Bote, COWI A/S

ISBN: 978-87-7564-108-6

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter indenfor miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

1.	Forord	4
2.	Koncept for JAGG2025	6
2.1	Baggrund og formål	7
2.2	Overordnet beskrivelse af ændringer fra JAGG 2.1 til JAGG2025	7
3.	Generelle funktionaliteter i JAGG2025	10
3.1	Navigering i JAGG	10
3.2	Indtastning af data	11
3.3	Indtastning af decimaler	12
3.4	Valglister	12
3.4.1	Standard jordtyper eller egen liste	13
3.4.2	Standard stofliste og egen stofliste	15
3.5	Bemærkningsfelter	17
3.6	Sletning af data	18
3.7	Valg af betydende cifre i udskrifter	19
4.	Ændringer for indeluft – terrændæk	21
4.1	Revnestyret armering	21
4.1.1	Opdateret formelapparat, kvadratrodsformlen	25
4.1.2	Revnedannelse i et revnestyret betondæk	29
4.2	Eksponeringsklasser	33
4.3	Ukendt betondæk	35
4.4	Alarmer og advarsler	35
4.5	Beregning af indeluftbidrag for bygninger med betondæk	36
4.5.1	Indtastning af jordlag	36
4.5.2	Indtastning af oplysninger om bygningsdata	39
4.5.3	Forureningsdata	40
4.6	Beregninger med vinylchlorid	41
4.7	Beregninger med oliekomponenter	42
5.	Krybekældermodulet	43
5.1	Ændringer for indeluft – krybekælder	43
5.2	Konceptuel model for beregning med krybekældermodulet	44
5.3	Beregninger for bygninger med krybekælder	45
5.3.1	Indtastning af jordlag	45
5.3.2	Indtastning af oplysninger om bygningsdata	47
5.3.3	Forureningsdata	49
5.3.4	Beregning af indeluftbidrag til krybekælder og indeluft	50
6.	Ordliste vedr. betontermer	51
7.	Referencer	52

1. Forord

Projektet er samfinansieret under Miljøstyrelsens Teknologiuudviklingsprogram og Region Hovedstaden, Center for Regional Udvikling med COWI som kontraktholder. Opdatering af indeluftmodulet i JAGG er gennemført som et flerfaset projekt med opstart i 2021.

Denne vejledning omhandler kun opdateringer af JAGG relateret til beregning af påvirkninger af indeluften. Vejledningen kræver et vist forudgående kendskab til JAGG. For yderligere baggrundsinformation og anvendelsen af øvrige moduler i JAGG, kan der med fordel læses yderligere i Miljøprojekt nr. 1880, Manual for program til risikovurdering – JAGG 2.1, september 2016 /1/.

Formålet med opdateringen af JAGG's indeluftmodul er at forbedre, opdatere og fremtidssikre beregningsgrundlaget for betonforhold i JAGG ift. bestemmelse af revner i en revnestyret betondæk konstruktion, når der foretages beregningsmæssig risikovurdering over for indeluften. Da betondæk konstruktionen anvendes på forurenede grunde som del af en løsning til håndtering af en indeluft risiko, er der afledt heraf særligt fokus på den revnestyrede konstruktion.

I projektet er der indledningsvist afholdt en workshop med interessant inddragelse, hvis input er medtaget i det videre projekt.

Projektet har været tilknyttet en følgegruppe og endeligt er der foretaget afprøvning af en række aktører.

Workshop-deltagere bestod af:

- Maria Hag, Region Hovedstaden
- Pernille Holm, Region Hovedstaden
- Mads Georg Møller, Region Hovedstaden
- Arne Rokkjær, Region Hovedstaden
- Lars Frimodt Pedersen, Region Syddanmark
- Per Løll, DMR A/S
- Jes Holm, GEO
- Thomas Larsen, WSP
- Anders G. Christensen, Niras
- Iben Langballe, Rambøll
- Tage V. Bote, COWI A/S
- Bjarke Hoffmark, COWI A/S

Følgegruppe bestod af:

- Maria Hag, Region Hovedstaden
- Pernille Holm, Region Hovedstaden
- Mads Georg Møller, Region Hovedstaden
- Lars Frimodt Pedersen, Region Syddanmark
- Per Løll, DMR A/S

Faglig specialist input vedr. JAGG og beregningsmetodik er foretaget af:

- Morten Kjærsgaard, DGE A/S
- Thomas Larsen, WSP
- Mads Georg Møller, Region Hovedstaden
- Per Løll, DMR A/S
- Lars Baltzer Overgaard, Artelia A/S

- Rasmus Haugaard, Artelia A/S

Faglig specialist input og validering vedr. betontechnik er foretaget af:

- Jens Mejer Frederiksen, COWI A/S
- Fedja Arifovic, COWI A/S
- Bent Feddersen, Rambøll

Programmering af JAGG2025 er foretaget af:

- Lukasz Wolszczak, COWI A/S
- Tage V. Bote, COWI A/S

Afprøvning er foretaget af:

- Thomas Larsen, WSP
- Kristine Bräuner Nielsen, Niras
- Charlotte Juhl Søegaard, Norconsult A/S
- Sebastian Andersen, Norconsult A/S
- Iben Langballe, Rambøll
- Anne-Marie Nielsen Weber, Rambøll
- Rasmus N. Nielsen, DGE
- Per Løll, DMR A/S
- Lars Frimodt Pedersen, Region Syddanmark
- Flere sagsbehandlere hos Region Hovedstaden

”I jernarmeret beton kan styrkebalancen imellem beton og armering konceptuelt betragtes som et tovtrækkeri, hvor armering og beton kæmper om at være stærkest/stivest”.

”Jo tykkere betondæk, jo større styrke af betonen og dermed jo større revnedannelse hvis ikke en tilsvarende stærk armering indbygges”.

”Beregningerne i de tidligere versioner af JAGG har derved givet jord- og grundvandsbranchen en (falsk) konceptuel forståelse af, at et tykkere/stærkere betondæk giver en bedre beskyttelse mod indsviining af jordgasser end et tyndere dæk...”

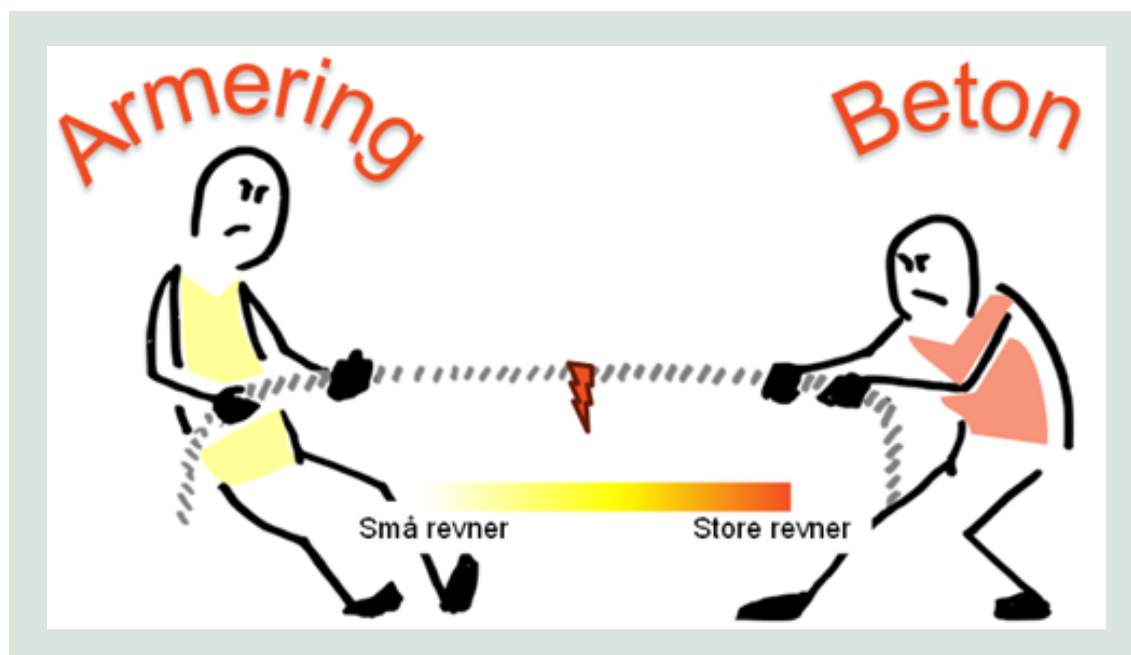
2. Koncept for JAGG2025

Når der skal risikovurderes på transport af en jord- eller grundvandsforurening og dennes bidrag til indeluften via et betondæk, skal der være særligt fokus på revnedannelsen i betondækket.

Under hærdningen af et betonemne opstår der spændinger i betonen, som gør at betonemnerne svinder (bliver lidt mindre), når cementen hærdner og betonen tørrer. Det giver anledning til en revnedannelse. Beton er tæt imellem revnerne, men lufttransporten igennem revnerne stiger eksponentielt med revnevidden. Et betondæk er således mere lufttæt hvis det har flere små revner end nogle få store. Hvis der ønskes en relativt tæt betonkonstruktion, så skal revnedannelsen i betonen altså styres ved, at revnevidden styres af armeringen således at disse er tilpas små. For at opnå tæthed af en jernarmeret betonkonstruktion (beton med indstøbte stålstænger), så skal styrken af de modsatte "kræfter" af beton og armering være i en balance. I kontekst af indeluftrisiko/-sikring afgøres den tilstræbte tæthed af økonomi og behovet for beskyttelse mod indtrængning.

I jernarmeret beton kan styrkebalancen imellem beton og armering konceptuelt betragtes som et tovtrækkeri, hvor armering og beton kæmper om at være stærkest/stivest idet følgende gør sig gældende:

- Styrken af betonen øger kræfterne i betonemnet og øger dermed revnedannelsen. Uden armering vil svindet medføre dannelse af få men store revner.
- Stivheden af armeringen styrer bevægelserne fra svind af betonemnet og fordeler dermed revnedannelsen ud til små revner.
- Jo tykkere betondæk, jo større styrke af betonen og dermed jo større revnedannelse hvis ikke en tilsvarende stærk armering indbygges.



FIGUR 2.1. Tovtrækkeriet mellem beton og armering – hvem er stærkest?

Indeluftmodulet i tidligere udgaver af JAGG foretager ikke beregninger der inddrager revnedannelsens afhængighed af styrkeforholdet imellem beton og armering. Dette giver sig til udtryk i væsentligt mindre beregnede revnevidder, særligt ved tykkere betondæk, end konstruktionen faktisk vil give anledning til. Beregningerne i de tidligere versioner af JAGG har derved givet jord- og grundvandsbranchen en (falsk) konceptuel forståelse af, at et tykkere/stærkere betondæk giver en bedre beskyttelse mod indsvingning af jordgasser end et tyndere dæk, hvilket jf. tovrækningsanalogien ikke nødvendigvis er korrekt. Tykkere betondæk vil kun give anledning til tættere beton hvis armeringen styrkemæssigt "kan følge med".

2.1 Baggrund og formål

JAGG2.1 blev frigivet i 2016 /1/ med mindre ændringer til JAGG2.1 i 2022 og der er siden opnået nye brancheerfaringer og erkendelser. Afledt heraf er der foretaget opdateringer af JAGG, primært relateret til beregning af påvirkninger af indeluften.

Formålet med opdateringen af formelapparatet i JAGG er derfor at sikre retvisende beregninger af revnedannelsen i betondækket og deraf bestemmelsen af indsvingningen af poreluft til indeluften.

2.2 Overordnet beskrivelse af ændringer fra JAGG 2.1 til JAGG2025

Opdateringen af JAGG2.1 til JAGG2025 har udelukkende omfattet beregninger under fagmodulet 'indeluft – terrændæk' og i mindre omfang 'indeluft – krybekælder'. Der er desuden foretaget mindre rettelser i form af enheder for poreluft og grundvand i alle enkeltstofmodulets undermoduler (fugacitet, grundvand, vertikaltransport, udeluft og indeluft). Opdateringen har ikke omfattet tilsvarende tilretninger i oliemodulet.

Opdateringerne i JAGG2025 er sammenfattet i nedenstående TABEL 2.1.

TABEL 2.1. Oversigt over ændringer fra JAGG 2.1 til JAGG2025 (fortsættes næste side).

Parameter	Modul	Bemærkning
Enheder	Alle fagmoduler i enkeltstofmodulet	Ved indtastning af koncentrationer, visning (indtastningsarkene) og ved udskrift af beregnede koncentrationer (udskriftsarkene) er: Vandkoncentrationer ændret fra mg/l til µg/l og luftkoncentrationer er ændret fra mg/m ³ til µg/m ³ . Alle beregninger i JAGG (dataark og beregningsark) udføres dog fortsat i de oprindelige enheder
Betydende cifre	Enkeltstoffer Indeluft-terrændæk Indeluft-krybekælder	JAGG 2.1 åbnede mulighed for at der i udskriftarket kan angives med hvor mange betydende cifre resultatet ønskes angivet. De parametre hvor antallet af betydende cifre kan styres, er på udskriftarket i JAGG2025 angivet med lysegule bokse.
Alarmer	Indeluft-terrændæk Indeluft-krybekælder	Med indførelse af nye parametre er der også indført nye alarmer. Nogle af de nye alarmer bevirker at beregningerne ikke kan føres til ende, da indtastede data ligger uden for det beregningsmæssige gyldighedsområde. Andre alarmer er blot en påmindelse om, at den indtastede værdi eller kombinationen af de indtastede værdier kan give anledning til unormale forhold. I nogle af disse tilfælde, skal der argumenteres for valget i et relateret bemærkningsfelt, førend beregningen fortsætter.
Beregninger af revner i betondæk	Indeluft-terrændæk	JAGG 2.1's formler til beregning af revnedannelsen i betondæk er erstattet af beregninger afledt af kvadratrodsformlen (betonnormen DS/EN 1992-1-1 DK NA:2021).

Differenstryk over terrændækket	Indeluft-terrændæk	I JAGG 2.1 anvendes en standardværdi for trykforskel over terrændækket på 5 Pa. På baggrund af erfaringer fra udførte undersøgelser er standardværdien for trykforskellen i JAGG2025 reduceret til 2 Pa.
Luftskifte i beboelsesrum	Indeluft-terrændæk	I JAGG 2.1 anvendes en standardværdi for luftskiftet på $0,3 \text{ h}^{-1} = 8,33 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$. I JAGG2025 er der taget udgangspunkt i bygningsreglementet regler for ventilation. For nyopførte bygninger giver dette et luftskifte på $0,48 \text{ h}^{-1} = 1,33 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$, ved en rumhøjde på 2,3 m. For bygninger med ukendt betondæk (typisk eksisterende byggeri) anvendes fortsat et luftskiftet på $0,3 \text{ h}^{-1} = 8,33 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ (det samme luftskifte som i JAGG 2.1).
	Indeluft-krybekælder	Da bygninger med krybekælder oftest forekommer for eksisterende byggeri, er standard luftskiftet for bygninger med krybekælder sat til $0,3 \text{ h}^{-1} = 8,33 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$.
X-og y-retning	Indeluft-terrændæk	Armering udlægges normalt med armeringsjernene vinkelret på hinanden. For at give mulighed for, at der kan anvendes forskellig armering i de to retninger, er der i JAGG2025 indført begrebet x-retningen (terrændækkets bredde) og y-retningen (terrændækkets længde).
Lagtykkelse	Indeluft-terrændæk Indeluft-krybekælder	I JAGG2025 er der givet mulighed for, at tykkelsen af jordlagene mellem målepunktet og undersiden af terrændækket enten kan indtastes som dybden til laggrænserne (Jordlag - Dybde til) angivet i meter under gulv, eller som tykkelsen af laget (Lagtykkelse) angivet i meter.
Membran og krybekælder gulv	Indeluft-krybekælder	I JAGG2025 er: <ul style="list-style-type: none"> Muligheden for at indtaste en membran under gulvet i krybekælderen fjernet. Muligheden for at indtaste forskellige betontyper for gulvet i krybekælderen (armeret beton 20, uarmeret beton 10 og klaplag) er fjernet og erstattet af en enkelt type kældergulv af beton, der har en standardværdi for gulvtykkelsen på 20 mm.
Reduktionsfaktor		I JAGG2025 er der for indeluft-terrændæk og indeluft krybekælder indført to nye parametre: Reduktionsfaktor (RF) og dæmpningsfaktor (DF). Reduktionsfaktoren (RF) udtrykker, i begge indeluftmoduler forholdet imellem koncentrationen i poreluftpunktet (C_L) og koncentrationen i indeluften (C_i):
	Indeluft-terrændæk	I indeluft-terrændæk medtager RF både reduktionen i jorden og over terrændækket.
	Indeluft-krybekælder	I indeluft-krybekælder medtager RF reduktionen i jorden, opblanding i krybekælderen og reduktionen over etageadskillelsen mellem krybekælder og indeluft. Reduktionsfaktoren fremgår på de respektive udskriftsider.

Dæmpningsfaktor	I JAGG2025 er der for indeluft-terrændæk og indeluft krybekælder indført to nye parametre: Reduktionsfaktor (RF) og dæmpningsfaktor (DF).
	Dæmpningsfaktor (DF)
Indeluft-terrændæk	DF udtrykker forholdet imellem koncentrationen i punktet under terrændæk (C_p) og koncentrationen i indeluften (C_i), dvs. koncentrationsreduktionen hen over betondækket.
Indeluft-krybekælder	Indeluft-krybekælder angiver DF dæmpningen over etageadskillelsen mellem krybekælder og indeluft. DF udtrykker forholdet imellem koncentrationen i krybekælderens (C_{kr}) og koncentrationen i indeluften (C_i). I tidligere udgaver af JAGG blev dæmpningsfaktoren DF i indeluft-krybekælder kaldt reduktionsfaktor RF_{kr} .
	Dæmpningsfaktoren fremgår af de respektive udskriftsider.

3. Generelle funktionaliteter i JAGG2025

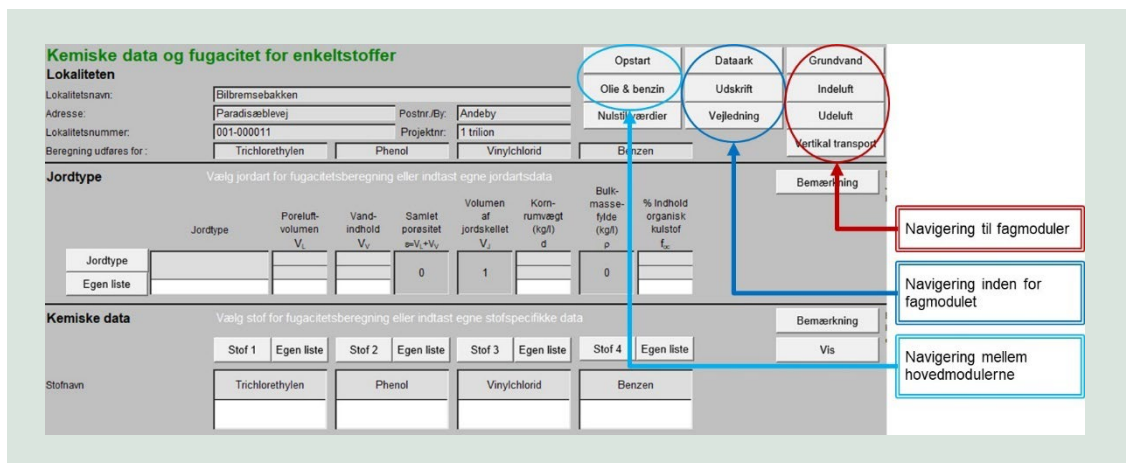
3.1 Navigering i JAGG

Arkitekturen i JAGG2025 er ligesom i JAGG2.1 opbygget af to hovedmoduler; "enkeltstoffer" hvor der kan regnes på op til fire forskellige enkeltkomponenter og "oliemodul" hvor der kan foretages beregninger for olie- eller benzinblandinger fra en given jordprøve. De to hovedmoduler er opdelt i en række fagmoduler: Fugacitet, grundvand, indeluft, udeluft og vertikal transport. Hvert fagmodul består af:

- Et indtastningsark hvor brugeren indtaster/vælger de data som beregningen skal foretages med og ser resultaterne af de udførte beregninger.
- Et udskrift ark, hvor alle inputdata og alle resultater af beregningerne fremgår i A4 format.
- Et dataark, der er bindeleddet mellem alle andre ark bl.a. indtastningsark og beregningsark.
- Et beregningsark hvor alle beregninger foretages og hvor eventuelle alarmer genereres.
- Et vejledningsark, der giver en kort introduktion til det konkrete fagmodul, og overordnet beskriver særlige forhold.

I lighed med de foregående versioner af JAGG er brugerfladen tænkt, så det udelukkende er de ark, som anvendes af brugeren, der er synlige, mens de øvrige ark ligger gemt.

For at styre om arkene er synlige eller skjulte, foregår navigeringen mellem arkene ved hjælp af knapper. I alle indtastningsark er der i øverste højre del af skærbilledet en række knapper til navigering. Knapperne er opdelt i tre kategorier som vist i FIGUR 3.1:



FIGUR 3.1. Eksempel på placering af navigeringsknapper.

- Yderst til højre er knapper til navigering mellem de forskellige fagmoduler.
- I midten er knapper til navigering inden for det pågældende modul, dvs. til data- og beregningsark, til udskrifts ark og til vejledningen.
- Til venstre er knapperne til navigering til hovedmodulerne dvs. opstartsmodul og fugacitetsmodulerne for hhv. enkeltstoffer og olie & benzin.

Navigering ved hjælp af knapperne vil sikre, at det kun er de ark, som brugeren ønsker at arbejde med som er åbne. Når man navigerer inden for det samme modul forbliver indtastningsarket åbent. Hvis man navigerer til andre moduler lukkes automatisk alle åbne ark fra det modul man navigerer væk fra. Det kan derfor ikke anbefales, at brugeren navigerer mellem arkene på anden vis end ved at anvende knapperne.

3.2 Indtastning af data

Indtastningsarkene indeholder tre typer af celler, hvide, lysegrå og mørkere grå.

De lysegrå felter er felter som er tilknyttet en valgliste (se afsnit 3.4). Disse udfyldes automatisk med standardværdier når der vælges en værdi i valglisten, f.eks. molmasse og CAS-nummer.

Standardværdierne er godkendt af Miljøstyrelsen og publiceret i vejledninger og arbejdsrapporter relateret til JAGG.

Kemiske data		Vælg stof for fugacitetsberegning eller indtast egne stofs specifikke data							
		Stof 1	Egen liste	Stof 2	Egen liste	Stof 3	Egen liste	Stof 4	Egen liste
Stofnavn		Vinylchlorid		Phenol		Trichlorethylen		Benzen	
CAS-nummer		CAS 75-01-4		CAS 108-95-2		CAS 79-01-6		CAS 71-43-2	
Molmasse	m	62,5		94,1		131,39		78,1	g/mol
Damptryk	p	397300,7		46.66283		9199,243		12638,96	Pa
Vandopløselighed	S	8800		82800		1280		1790	mg/l

FIGUR 3.2. Eksempel på standardværdier som fremkommer ved valg af stof i liste.

De mørkere grå felter, er systemberegnete værdier. Det vil sige resultater eller mellemresultater af de beregninger som gennemføres i JAGG.

Kemiske data		Vælg stof for fugacitetsberegning eller indtast egne stofs specifikke data							
		Stof 1	Egen liste	Stof 2	Egen liste	Stof 3	Egen liste	Stof 4	Egen liste
Stofnavn		Vinylchlorid		Phenol		Trichlorethylen		Benzen	
$M_{L,max}$		3.006.729		532		146.356		119.525	mg/m ³ jordvol.
$M_{V,max}$		1.320.000		12.420.000		192.000		268.500	mg/m ³ jordvol.
$M_{L,max}$		89.720		575.491		88.638		61.896	mg/m ³ jordvol.
Mættede damptryk, $C_{L,max}$		10.022.430		1.772		487.852		398.415	mg/m ³
Maksimal fordeling, luft	f_l	0,681		0,000		0,343		0,266	
Maksimal fordeling, vand	f_v	0,299		0,956		0,450		0,597	
Maksimal fordeling, jord	f_j	0,020		0,044		0,208		0,138	

FIGUR 3.3. Eksempel på systemberegnete værdier.

De hvide felter er indtastningsfelter, hvor brugeren kan indtaste målte eller estimerede værdier i stedet for standardværdierne eller de beregnede værdier. Hvis der både findes en værdi i et gråt felt og et tilhørende hvidt felt, så foretages de videre beregninger med værdien i det hvide felt.

Beregning: Indeluft

Stoffluxgennem beton	J	3,34E-08	1,25E-08	2,73E-08	
Poreluftkonc. under gulv	C _p	2,56293223	4,316339924		

FIGUR 3.4. Eksempel på beregning hvor brugerværdien i det hvide indtastningsfelt ($1,25 \cdot 10^{-8}$) indgår i de videre beregninger i stedet for den af JAGG beregnede værdi ($3,34 \cdot 10^{-8}$).

I udskriftarkene markeres bruger indtastede værdier med **Fed** skrifttype, mens standard værdier og beregnede værdier angives med normal skrifttype.

Forureningskomponent		Vinylchlorid	Phenol
Poreluftskoncentration	C _L	10	10
Ikkemålt værdi anvendt		Nej	Nej
Baggrundskoncentration	C ₀		
Diffusionskoefficient luft	DL	1,04E-5	8,47E-6
Stofflux gennem beton	J	3,34E-8	2,73E-8

FIGUR 3.5. Eksempel på brugerværdi markeret med fed skrifttype i udskriftsark.

3.3 Indtastning af decimaler

Hvis Excel-opsætning er dansk og decimal angives med et komma, vil et tal som indtastes med punktum ikke opfattes korrekt og beregningen vil udføres med en fejl. For indtastningsfelter under enkeltstoffer vises en advarsel hvis decimal indtastes med punktum i stedet for komma.

A: Beregnet koncentration		Rumtype/anvendelse	
Længde af kildeområde	Y	22	m
Bredde af kildeområde	X	15.5	m Tjek decimal
		Loftshøjde	L _h 2,3 m
		Luftskifte	L _s 1,3E-04 0.0001 s ⁻¹

FIGUR 3.6. To eksempler på advarsler om forkert indtastede værdier.

Hvis Excel er opsat i et sprog hvor decimal angives med et punktum, vil et tal som indtastes med komma blive markeret med en advarsel.

3.4 Valglister

I JAGG findes to typer af valglister.

Den ene type indeholder valglister med de af Miljøstyrelsen godkendte listeværdier. Disse valglistes er låst og brugeren må ikke ændre eller tilføje data til disse valglistes.

Den anden type valglistes er brugerdefinerede valglistes, hvor brugeren har mulighed for at tilføje, ændre og slette i valglistens indhold.

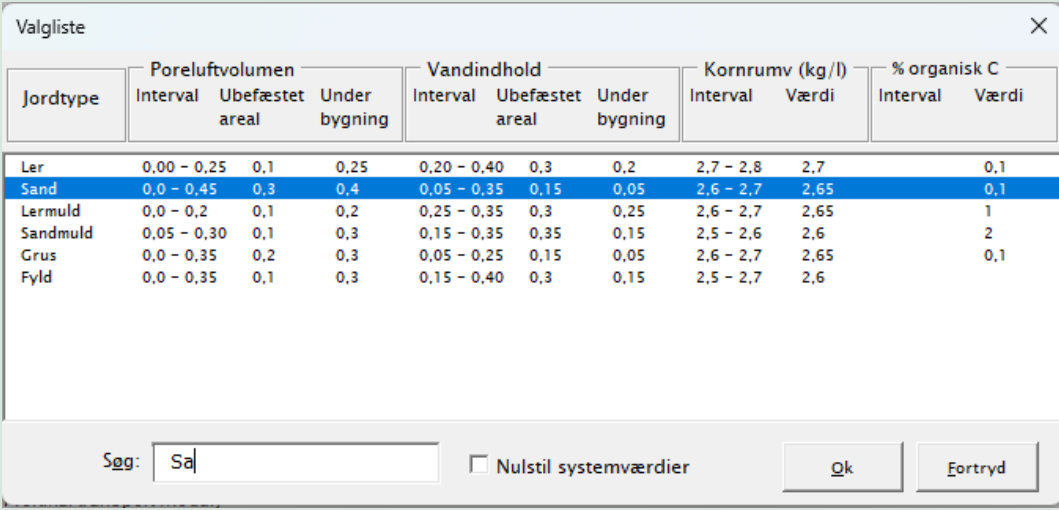
I det følgende gives eksempler på sådanne valglistes.

3.4.1 Standard jordtyper eller egen liste

I mange af modulerne skal man indtaste en jordtype. Jordtyperne ligger som valglister og man kan enten vælge en standardjordtype fra listen eller oprette eller hente egenskaber fra egen liste.

Standardjordtyper

Klikker man på knappen **[Jordtype]** kommer nedenstående indtastningsboks frem, med en liste over standardjordtyperne.



The screenshot shows a dialog box titled 'Valgliste' with a close button (X) in the top right corner. It contains a table with columns for soil types and their properties. The table has 11 columns: 'Jordtype', 'Poreluftvolumen' (Interval, Ubefæstet areal, Under bygning), 'Vandindhold' (Interval, Ubefæstet areal, Under bygning), 'Kornrumv (kg/l)' (Interval, Værdi), and '% organisk C' (Interval, Værdi). The rows are: Ler, Sand (highlighted), Lermuld, Sandmuld, Grus, and Fyld. At the bottom, there is a search field with 'Sø' entered, a checkbox for 'Nulstil systemværdier', and 'OK' and 'Fortryd' buttons.

Jordtype	Poreluftvolumen			Vandindhold			Kornrumv (kg/l)		% organisk C	
	Interval	Ubefæstet areal	Under bygning	Interval	Ubefæstet areal	Under bygning	Interval	Værdi	Interval	Værdi
Ler	0,00 - 0,25	0,1	0,25	0,20 - 0,40	0,3	0,2	2,7 - 2,8	2,7		0,1
Sand	0,0 - 0,45	0,3	0,4	0,05 - 0,35	0,15	0,05	2,6 - 2,7	2,65		0,1
Lermuld	0,0 - 0,2	0,1	0,2	0,25 - 0,35	0,3	0,25	2,6 - 2,7	2,65		1
Sandmuld	0,05 - 0,30	0,1	0,3	0,15 - 0,35	0,35	0,15	2,5 - 2,6	2,6		2
Grus	0,0 - 0,35	0,2	0,3	0,05 - 0,25	0,15	0,05	2,6 - 2,7	2,65		0,1
Fyld	0,0 - 0,35	0,1	0,3	0,15 - 0,40	0,3	0,15	2,5 - 2,7	2,6		

FIGUR 3.7. Valgliste for standardjordtyperne.

Man kan enten vælge jordtype med musen, eller man kan søge i listen ved at skrive hele eller dele af jordtypens navn. Skrives f.eks. "S" vælges den første linje der starter med disse bogstaver som er "Sand". Ønskes en værdi længere nede på listen er det nødvendigt at skrive en længere del af ordet f.eks. "Sandm, hvorefter linjen Sandmuld vælges.

Data overføres til indtastningsarkets lysegrå felter ved at dobbeltklikke med musen, eller ved at vælge med enkelt museklik og trykke **[OK]**.

Hvis der klikkes **[Fortryd]**, lukkes indtastningsboksen uden at der overføres data til indtastningsarket.

Ved at sætte flueben i feltet **Nulstil systemværdier** og herefter klikke **[OK]** fjernes de data som tidligere er overført til indtastningsarket. Det er således muligt at nulstille enkelttrækker i indtastningsarkene uden at skulle nulstille hele arket.

Jordtype Vælg jordart for fugacitetsberegning eller indtast egne jordartsdata

Jordtype	Poreluftvolumen V_L	Vandindhold V_V	Samlet porøsitet $\rho = V_L + V_V$	Volumen af jordskellet V_J	Kornrumvægt (kg/l) d	Bulkmassefylde (kg/l) ρ	% Indhold organisk kulstof f_{oc}
Jordtype	Sand	0,0 - 0,45	0,05 - 0,35	0,45	2,6 - 2,7	1,4575	0,1
Egen liste		0,3	0,15		2,65		

Søg: Nulstil systemværdier

FIGUR 3.8. Eksempel på nulstilling af systemværdier.

Egen liste

Klikker man på knappen **[Egen liste]** kommer følgende indtastningsboks frem, med en liste over de jordtyper som brugeren selv har oprettet. Øvrige funktioner er som for valglisten tilknyttet standard jordtyperne.

Egen liste X

Jordtype	Poreluftvolumen		Vandindhold		Kornrumvægt (kg/l)	Organisk C %	Indsat af (initialer)	Dato
	Ubefæstet areal	Under bygning	Ubefæstet areal	Under bygning				
Eksempel-grus	0,3	0,35	0,1	0,05	2,65	0,01	TVB	20-11-2025

Tilføj jordtype Søg: Nulstil indtastede værdier

Fjern jordtype Ændr jordtype

FIGUR 3.9. Eksempel på egen liste.

Jordtype Vælg jordart for fugacitetsberegning eller indtast egne jordartsdata

Jordtype	Poreluftvolumen V_L	Vandindhold V_V	Samlet porøsitet $\rho = V_L + V_V$	Volumen af jordskellet V_J	Kornrumvægt (kg/l) d	Bulkmassefylde (kg/l) ρ	% Indhold organisk kulstof f_{oc}
Jordtype			0,4	0,6		1,59	
Egen liste	Eksempel-grus	0,3	0,1		2,65		0,01

FIGUR 3.10. Eksempel på valg af egen jordtype.

Der kan oprettes nye jordtyper i egen liste ved at klikke på **[Tilføj jordtype]** (se FIGUR 3.9), hvorefter følgende indtastningsformular kommer frem.

FIGUR 3.11. Eksempel på tilføjelse af ny jordtype.

Når de ønskede data er indtastet klikkes [OK] og der vil være oprettet en ny række i *Egen liste*. Hvis der i stedet klikkes [Exit] lukkes indtastningsformularen uden at der overføres data til *Egen Liste*.

Hvis man i *Egen liste* vælger en jordtype og klikker [**Ændr jordtype**] så åbnes indtastningsformularen med værdierne for den pågældende jordtype. Det er nu muligt at rette, tilføje og slette værdier.

Det er ligeledes muligt at slette en jordtype i *Egen liste* ved at vælge jordtypen og klikke [**Fjern jordtype**].

Bemærk!

Hvis man i indtastningsboksen *Egen liste* klikker på [**Fortryd**], så lukkes indtastningsboksen uden at der overføres data til indtastningsarket. Knappen [**Fortryd**] har *ingen* indflydelse på eventuelle ændringer man har foretaget til listen inden man kikkede på fortryd knappen.

3.4.2 Standard stofliste og egen stofliste

Stoflisten er en anden af de lister som brugeren af JAGG kan anvende.

Standard stofliste

Standard stoflisten anvendes kun i modulet Enkeltstoffer. Listen kaldes frem ved at klikke på en af knapperne [**Stof x**].

Forureningskomponent	Gruppe	CAS-nummer	Grundv.kvalit. kriterie (µg/l)	Afdamp. kriterie (mg/m3)	Jordkval. kriterie (mg/kg)
cyanid, total	Cyanider	CN-- , CAS 57-12-5	50		500
cyanider, syreflygtige	Cyanider	CHN, CAS 74-90-8		0,06	10
1,1,1-Trichlorethan	Klorede alifater	CAS 71-55-6	1	0,5	200
1,1-Dichlorethan	Klorede alifater	CAS 75-34-3	1		
1,1-Dichlorethylen	Klorede alifater	CAS 75-35-4	1	0,01	5
1,2 - dichlorethan	Klorede alifater	CAS 107-06-2	1	0,0001	1
Chlorethan	Klorede alifater	CAS 75-00-3	1		
Chlormethan	Klorede alifater	CAS 74-87-3	1		
cis-1,2-Dichlorethylen	Klorede alifater	CAS 156-59-2	1	0,4	85
Dichlormethan	Klorede alifater	CAS 75-09-2	1	0,0006	8
Tetrachlorethylen	Klorede alifater	CAS 127-18-4	1	0,006	5

Sorter e. stofnavn Søg: tetrach Nulstil systemværdier Ok Fortryd

Sorter e. gruppe

FIGUR 3.12. Valgliste tilknyttet standard stofdatabase.

Funktionaliteten i listen er den samme som for listen "Standard jordtype" dog med følgende tilføjelser:

- Ved at klikke på "Sorter e. stofnavn" sorteres stofferne i alfabetisk orden.
- Ved at klikke på "Sorter e. gruppe" sorteres stofferne i henhold til en kemisk gruppe, f.eks. monoaromatiske kulbrinter.

Forureningskomponent	Gruppe	CAS-nummer	Grundv.kvalit. kriterie (µg/l)	Afdamp. kriterie (mg/m3)	Jordkval. kriterie (mg/kg)
Chlormethan	Klorede alifater	CAS 74-87-3	1		
cis-1,2-Dichlorethylen	Klorede alifater	CAS 156-59-2	1	0,4	85
Dichlormethan	Klorede alifater	CAS 75-09-2	1	0,0006	8
Tetrachlorethylen	Klorede alifater	CAS 127-18-4	1	0,006	5
Tetrachlormethan	Klorede alifater	CAS 56-23-5	1	0,005	5
trans-1,2-Dichlorethylen	Klorede alifater	CAS 156-60-5	1	0,4	85
Trichlorethylen	Klorede alifater	CAS 79-01-6	1	0,001	5
Trichlormethan (Chloroform)	Klorede alifater	CAS 67-66-3		0,02	50
Vinylchlorid	Klorede alifater	CAS 75-01-4	0,2	0,00004	0,4
1,2,3-Trimethylbenzen	Monoaromat. Kulbr.	CAS 526-73-8	1	0,03	
1,2,4-Trimethylbenzen	Monoaromat. Kulbr.	CAS 95-63-6	1	0,03	

Sorter e. stofnavn Søg: tetrach Nulstil systemværdier Ok Fortryd

Sorter e. gruppe

FIGUR 3.13. Eksempel på sortering i stoffliste efter gruppe.

Egen stofliste

Forureningskomponent	Gruppe	CAS-nummer	Grundv.kvalit. kriterie (µg/l)	Afdamp. kriterie (mg/m ³)	Jordkval. kriterie (mg/kg)	Indsat af (initialer):	Dato:
Freon 113	Klorfluorkulbrinte	76-13-1	1	109		JAF -MST	6/6/2014
Freon 11	Klorfluorkulbrinte	75-69-4	15000	570		JAF -MST	6/6/2014
Freon 12	Klorfluorkulbrinte	75-71-8	10000	14		JAF -MST	6/6/2014

Buttons: Sorter e. stofnavn, Tilføj nyt stof, Søg: [input], Nulstil indtastede værdier, Ok, Fortryd, Sorter e. gruppe, Fjern eget stof, Ændr eget stof

FIGUR 3.14. Valgliste tilknyttet egen stofdatabase.

Listen *Egen stofliste* har samme funktionaliteter som listen *Egen jordtype*. Det er desuden muligt at tilføje, redigere og slette poster i listen.

Det er ikke nødvendigt at udfylde alle felter for et stof. For at beregningerne kan gennemføres i JAGG, skal visse værdier dog være indtastet afhængigt af hvilke beregninger, der skal gennemføres. Værdierne kan enten indtastes i *Egen stofliste* eller manuelt i de hvide felter i indtastningsarket.

Tilføj nyt stof

Stamdata
Indsat af (Initialer): JAF -MST
Dato: 06-06-2014
Stofnavn: Freon 12
CASnummer: 75-71-8
Gruppe: Klorfluorkulbrinte

Kvalitetskriterier
Grundvands-kvalitetskrit. (µg/l): 10000
Afdampningskrit. (mg/m³): 14
Jordkvalitetskrit. (mg/kg ts):

Nedbrydningskonstanter (dag⁻¹)
1. ordens grundvand anaerobe forhold:
1. ordens grundvand aerobe forhold:
1. ordens umættet zone anaerobe forhold:
1. ordens umættet zone aerobe forhold:
1. ordens poreluft aerobe forhold:

Kemiske parametre
Molvægt: 120.91
Damptryk (Pa): 642390
Vandopløselighed (mg/l): 1300
Log Kow fordelingskoefficient: 2.05
Koc: 19.59
Henrys konstant (dimensionsløs): 0.37
Diffusionskoefficient i luft (m²/s): 0.00000747
Diffusionskoefficient i vand (m²/s): 0.00000000747
Vindhastighed (m/s): 0.1

Kemiske data Vælg stof for fugacitet

	Stof 1	Egen liste
Stofnavn		Kryptonit
CAS-nummer		Nr. 999
Molmasse	m	1200
Damptryk	p	10.000
Vandopløselighed	S	0,1
Henry's konstant	K _H	1,00E-12
Log oktanol/vand ford. koef. log K _{ow}		4,5
Koc	K _{oc}	100
Grundvandskvalitetskriterie, GV		
Afdampningskriterie, luft		
Jordkvalitetskriterie		
Diffusionskoefficient i luft	D _L	
Diffusionskoefficient i vand	D _W	
Vindhastighed		
1. ordens nedbrydn. grundvand anaerobe forhold		
1. ordens nedbrydn. grundvand aerobe forhold		

Buttons: Ok, Ejt

FIGUR 3.15. Eksempel inputformular til nye stoffer i egen stofdatabase og på udfyldning af hvide felter for manuel indtastning.

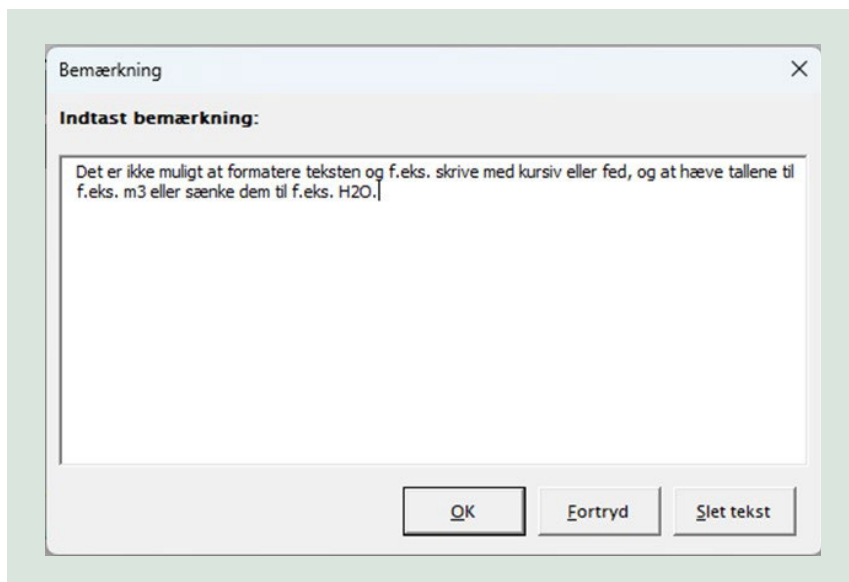
3.5 Bemærkningsfelter

Hvert indtastningsark er opdelt i områder. For eksempel er indtastningsarket "Enkeltstoffer" inddelt i "Jordtype", "Kemiske data" og "Fugacitet". Til hvert område er knyttet en knap

[Bemærkning], som anvendes hvis man vil tilføje bemærkninger til de benyttede data.

Hvis der ikke er tilknyttet bemærkninger, er knappen mørkeblå og hvis der er tilknyttet bemærkninger er knappen lyseblå.

Når der klikkes på knappen **[Bemærkning]** åbnes en indtastningsboks.

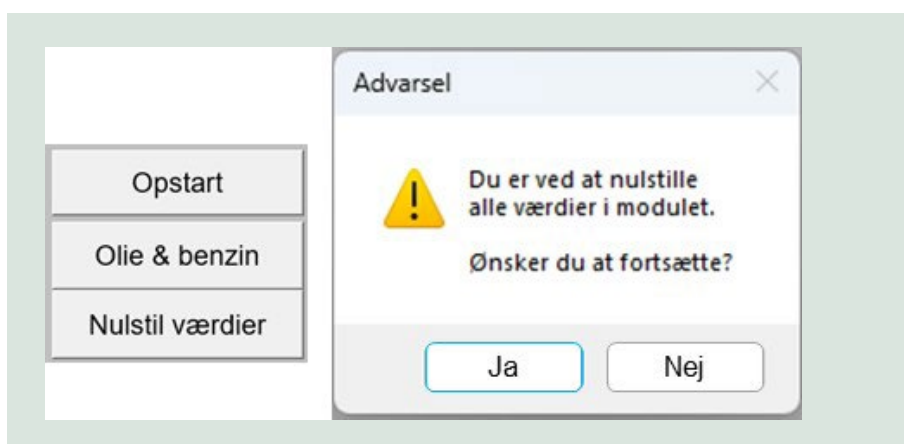


FIGUR 3.16. Eksempel på indtastningsboks for bemærkninger.

I bemærkningsfeltet kan der indtastes op til 500 tegn. Det er ikke muligt at formatere teksten. Hvis der klikkes **[OK]** gemmes teksten og indtastningsboksen lukkes. Hvis der klikkes **[Fortryd]** lukkes indtastningsboksen uden at de indtastede bemærkninger gemmes. Hvis der klikkes **[Slet tekst]** nulstilles indtastningsboksen. Der skal herefter klikkes **[OK]** for at teksten gemmes eller **[Fortryd]** for at teksten er slettet.

3.6 Sletning af data

På alle indtastningsark tilknyttet et fagmodul er der i toppen af arket en rød knap **[Nulstil værdier]**. Formålet med knappen er at nulstille indtastningsarket, hvilket betyder at alle indtastede data i arket slettes; både værdier for valglister og egne indtastede værdier. Hvis man klikker på **[Nulstil værdier]** kommer der derfor en Advarsel:



FIGUR 3.17. Eksempel på nulstilling af alle værdier i indtastningsark.

Hvis man klikker [**Ja**] starter makroen med at slette alle data i arket, og hvis man klikker [**Nej**] startes makroen ikke.

Data kan også slettes manuelt. Er data indlæst fra en valgliste åbnes valglisten, der sættes flueben i feltet Nulstil systemværdier og herefter klikkes [**OK**] som beskrevet i afsnit 3.4.

I de hvide felter kan data slettes manuelt. Tekst i bemærkningsfelter slettes ved at åbne bemærkningsfeltet, klikke på knappen [**Slet tekst**] og herefter klikke på [**OK**], eller ved at benytte [**Nulstil værdier**].

3.7 Valg af betydende cifre i udskrifter

Beregningerne kan ofte føre til meget små eller meget store værdier afhængig af kildekonzentrationen. Da dette kan være uhensigtsmæssigt, er der på udskriftssiderne mulighed for at justere antallet af betydende cifre. Indtastningsfelt for betydende cifre er vist som et lysegult felt på udskriftsiden, ligesom de felter hvor antallet af betydende cifre kan ændres også er markeret med lysegult. Der skiftes til 'videnskabelig notation' når resultaterne bliver så små, at de ikke vil kunne vises i felterne. Eksempler fremgår af FIGUR 3.18 og FIGUR 3.19.

Jordparametre		Indtastede data angives med fed		Kapillarbrydende lag	
<i>Kommentar</i>	nej	Membran	Jord type	Grus	
Membran type			mm Tykkelse	1,0E-10	m
Tykkelse			Materialekonstant	0,1408	
Materialekonstant					

FIGUR 3.18. Eksempel på et lille tal (tykkelse af det kapillarbrydende lag) skrevet med videnskabelig notation på udskriftsiden.

Stoffer

Kommentar stoffer

Målepunkt

Dato

Forureningskomponent

Poreluftskoncentration
Ikkemålt værdi anvendt
Diffusionskoefficient luft
Stofflux gennem beton
Poreluft koncentration u. gulv
Diffusivt bidrag til indeluft
Totalbidrag til indeluft
Afdampningskriterie
Overskridelse af kriteriet
Anvendt brugerdata
Reduktionsfaktor PL => IL
Dæmpningsfaktor over
betondækket

Angiv antal betydende cifre
Kommentar beregning ja nej

	Vinylchlorid	Phenol	Trichlorethylen	Benzen	
C_L	40	18,19378225	890	12,5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Nej	Nej	Nej	Nej	
DL	1,04E-5	8,47E-6	7,17E-6	9,3E-6	m^2/s
J	1,23E-7 1,25E-8	4,54E-8	1,88E-6	3,43E-8	$\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{s}$
C_p	3	8	300	6	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
C_{di}	0,002	0,003	0,1	0,002	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
C_i	0,04	0,08	4	0,06	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	0,04	20	1	0,13	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Nej	Nej	3,732939204	Nej	
	Ja, se bemærkning	Nej	Nej	Nej	
RF	1073	216	238	204	gange
DF	92	93	93	92	gange

Da der foretages beregning for vinylchlorid, skal det i bemærkningsfeltet:

Stoffer

Kommentar stoffer

Målepunkt

Dato

Forureningskomponent

Poreluftskoncentration
Ikkemålt værdi anvendt
Diffusionskoefficient luft
Stofflux gennem beton
Poreluft koncentration u. gulv
Diffusivt bidrag til indeluft
Totalbidrag til indeluft
Afdampningskriterie
Overskridelse af kriteriet
Anvendt brugerdata
Reduktionsfaktor PL => IL
Dæmpningsfaktor over
betondækket

Angiv antal betydende cifre
Kommentar beregning ja nej

	Vinylchlorid	Phenol	Trichlorethylen	Benzen	
C_L	40	18,19378225	890	12,5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Nej	Nej	Nej	Nej	
DL	1,04E-5	8,47E-6	7,17E-6	9,3E-6	m^2/s
J	1,23E-7 1,25E-8	4,54E-8	1,88E-6	3,43E-8	$\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{s}$
C_p	3,43	7,83	348	5,66	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
C_{di}	0,00153	0,00285	0,107	0,00226	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
C_i	0,0373	0,0844	3,73	0,0612	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	0,04	20	1	0,13	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Nej	Nej	3,732939204	Nej	
	Ja, se bemærkning	Nej	Nej	Nej	
RF	1073	216	238	204	gange
DF	92	93	93	92	gange

Da der foretages beregning for vinylchlorid, skal det i bemærkningsfeltet:

Stoffer

Kommentar stoffer

Målepunkt

Dato

Forureningskomponent

Poreluftskoncentration
Ikkemålt værdi anvendt
Diffusionskoefficient luft
Stofflux gennem beton
Poreluft koncentration u. gulv
Diffusivt bidrag til indeluft
Totalbidrag til indeluft
Afdampningskriterie
Overskridelse af kriteriet
Anvendt brugerdata
Reduktionsfaktor PL => IL
Dæmpningsfaktor over
betondækket

Angiv antal betydende cifre
Kommentar beregning ja nej

	Vinylchlorid	Phenol	Trichlorethylen	Benzen	
C_L	40	18,19378225	890	12,5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Nej	Nej	Nej	Nej	
DL	1,04E-5	8,47E-6	7,17E-6	9,3E-6	m^2/s
J	1,23E-7 1,25E-8	4,54E-8	1,88E-6	3,43E-8	$\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{s}$
C_p	3,4309	7,8283	348,13	5,6554	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
C_{di}	0,0015339	0,0028526	0,10737	0,002262	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
C_i	0,037265	0,084379	3,7329	0,061159	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	0,04	20	1	0,13	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Nej	Nej	3,732939204	Nej	
	Ja, se bemærkning	Nej	Nej	Nej	
RF	1073	216	238	204	gange
DF	92	93	93	92	gange

Da der foretages beregning for vinylchlorid, skal det i bemærkningsfeltet:

FIGUR 3.19. Eksempel med henholdsvis ét, tre og fem betydende cifre. Screenshot fra udskriftsiden til fagmodul indeluft-terrændæk.

4. Ændringer for indeluft – terrændæk

4.1 Revnestyret armering

Et centralt punkt i opdateringen af JAGG2025 er beregningen af revner i betondæk, der tager udgangspunkt i en såkaldt revnestyret konstruktion. Revnestyret betondæk har armering udlagt på en måde, så revnerne udvikler sig ved bestemte spændinger og steder. Den revnestyrende armering, som typisk er stål i form af stænger eller net, forhindrer ikke dannelsen af revner fuldstændigt, men sikrer en forudsigelig revneudvikling, som holder revnerne små og jævnt fordelt i betondækket.

Revnedannelsen i betondæk beregnes i JAGG2025 med et formelgrundlag der er afledt af kvadratrodsformlen (betonnormen DS/EN 1992-1-1 DK NA:2021). Ved anvendelse af kvadratrodsformlen er der beregningsmæssige forudsætninger der skal være overholdt:

1. Afstanden mellem armeringsjernene - Δb

Afstanden mellem armeringsjernene, målt fra centrum til centrum (Δb) må ikke være større end 14 gange diameteren af armeringsjernet (d_a) se FIGUR 4.1. For eksempel må afstanden mellem armeringsjernene for Y10 mm (diameter 10 mm) armeringsstænger derfor maksimalt være 140 mm. Dette betyder også, at standard rionet med armeringsdiametre på 5 mm, 6 mm og 8 mm ofte ikke kan anvendes i revnestyrede konstruktioner, da maskevidden i nettene er for stor (typisk 100, 150 eller 200 mm). Populært sagt anvendes disse armeringstyper alene til at binde gulvvarmeslanger fast på.

Af ovenstående eksempler er det kun rionet med en armeringsdiameter på 8 mm og en maskevidde på 100 mm, som opfylder kravet om en maskevidde der er mindre end 14 gange armeringsjernenes diameter.

2. Dæklagstykkelsen - h_d

Dæklagstykkelsen (h_d) er afstanden fra oversiden af betondækket til oversiden af armeringen. Dæklagstykkelsen skal være større eller lig minimums-dæklagstykkelsen, se FIGUR 4.1. Minimums-dæklagstykkelsen vil afhænge af betonens eksponeringsklasse (se afsnit 4.2).

Afstanden fra bunden af betondækket til undersiden af det nederste armeringsjern skal være mindre end minimums-dæklagstykkelsen, se FIGUR 4.1.

Et armeringslag består af armeringsjern i x-retningen og armeringsjern der ligger vinkelret herpå (y-retningen). I JAGG2025 angives dæklagstykkelsen til overkant af armeringsjernene i x-retningen (bredden af betondækket). Samtidig skal man aktivt vælge, om armeringsjernene i x retningen ligger øverst (dvs. om jernene i x-retningen ligger oven på jernene i y-retningen), hvormed JAGG kan beregne dæklagstykkelsen i y-retningen.

Hvis armeringsjernene i x-retningen ligger øverst så bliver dæklagstykkelsen i y-retningen:

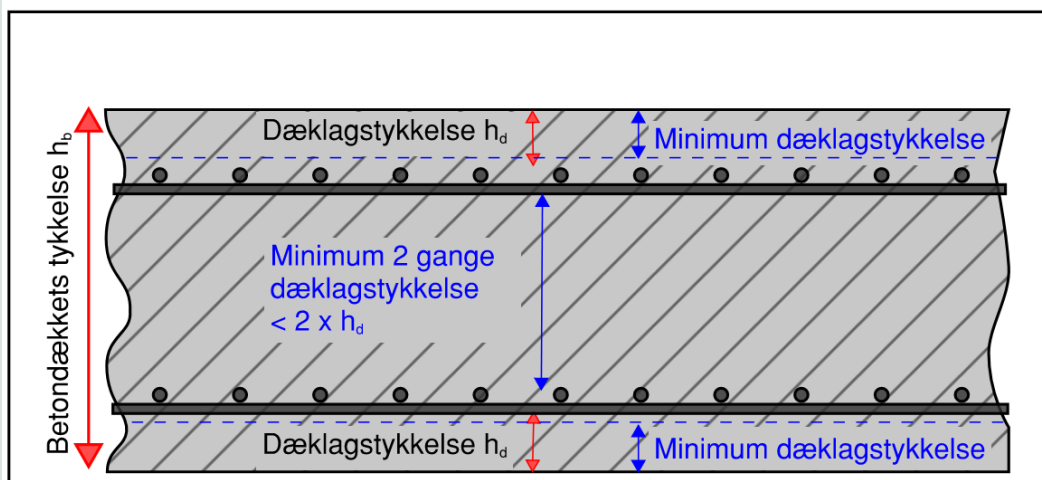
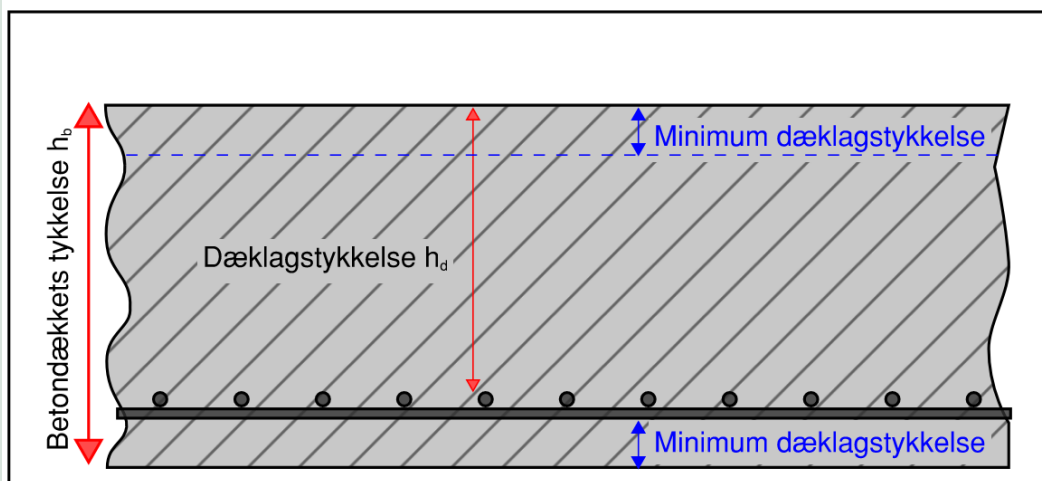
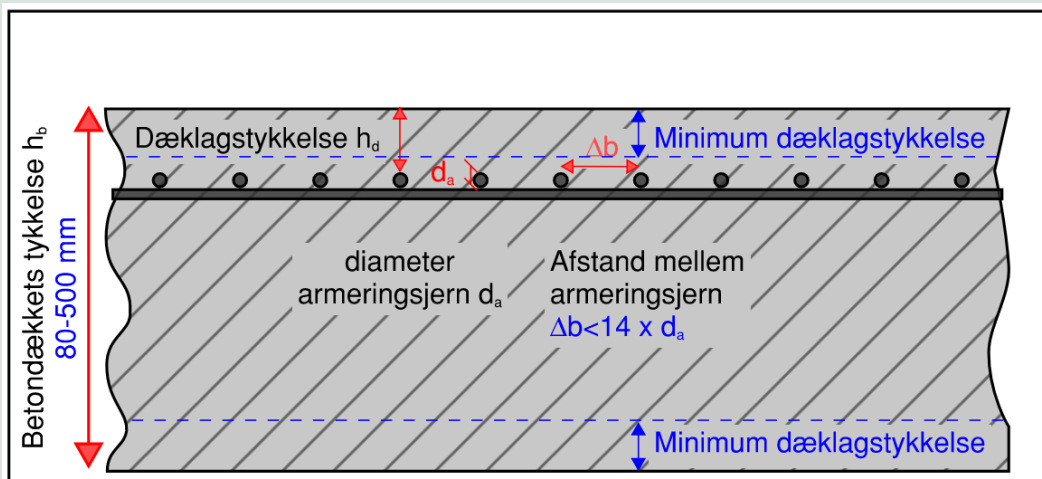
$$h_{d-y} = h_{d-x} + d_{a-x}$$

Hvor h_{d-y} er dæklagstykkelsen i y-retningen, h_{d-x} er dæklagstykkelsen i x-retning og d_{a-x} er diameteren af armeringsjernene i x-retning.

Hvis armeringsjernene i x-retningen ligger nederst så bliver dæklagstykkelsen i y-retningen:

$$h_{d-y} = h_{d-x} - d_{a-y}$$

Hvor d_{a-y} er diameteren af armeringsjernene i y-retning.



FIGUR 4.1. Illustration i begrænsningerne for armering og dæklagstykkelse i et revnestyret betondæk.

Med indførelsen af det revnestyrede betondæk er der i JAGG2025 indført en række supplerende begrænsninger i forholdet mellem betondæk og armering.

3. Flere lag armering

I JAGG2025 er indført mulighed for at betondækket kan bestå af flere lag armering (et armeringslag består af armeringsjern i både x-retning og y-retning).

I JAGG2025 er det dog kun muligt at angive armeringsdiameter d_a og afstand mellem armeringsjernene Δb for det øverste lag. De øvrige lag tildeles samme armering.

Som beskrevet ovenfor giver JAGG mulighed for at indtaste dæklagstykkelsen h_d til oversiden af armeringsjernene i x-retningen i det øverste armeringslag, men JAGG giver ikke mulighed for at angive dybden til øvrige armeringslag derunder. Ved 2 eller flere armeringslag placeres nederste armeringslag (fra bund af betondækket til underkant af nederste armeringslag) med samme dæklagstykkelse som det øverst armeringslag (se FIGUR 4.1), mens eventuelle armeringslag herudover, fordeles jævnt mellem det øverste og det nederste armeringslag.

I JAGG2025 er indført en begrænsning på hvor mange lag armering der kan anvendes for et given betondæk. Hvis der anvendes mere end et lag armeringsjern, skal afstanden mellem armeringslagene være minimum 2 gange dæklagstykkelsen h_b , se FIGUR 4.1.

4. Tykkelsen af betondækket - h_b

JAGG2025 har et beregningsmæssigt gyldighedsområde for tykkelsen af betondækket fra 80 mm til 500 mm. I JAGG2025 kan der ikke gennemføres beregninger for terrændæk tyndere end 80 mm eller tykkere end 500 mm.

Den nedre grænse for betondækkets tykkelse på 80 mm er sat ud fra en betragtning om, hvor tyndt et armeret betondæk der kan støbes, med de praktiske begrænsninger og nødvendige tolerancer, der er og skal være.

Den typiske dæktykkelse for nyopførte enfamiliehuse og rækkehuse er i størrelsesordenen 100-120 mm og lidt større hvis der er gulvvarme, op til 150 mm for kældergulve i beboelsesejendomme og op til 200-300 mm for parkeringskældre.

Da cementens hydratisering afgiver varme, har tykkelsen af betondækket betydning for temperaturstigningen under hærdeprocessen. Jo tykkere betonpladen er, jo større varme afgivelse. Varmedvikling kan føre til indre spændinger på grund af termisk udvidelse og sammentrækning, som kan resultere i revner, især når der samtidig er revnestyrende armering, der begrænser fri bevægelse. Hvis disse forhold ikke tages i betragtning, kan revnerne blive store og kompromittere dækkets funktion og holdbarhed.

For bundplader/terrændæk med en tykkelse op til 300 mm er varmedviklingen under hærdeprocessen normalt ikke et problem, da varmetransport til omgivelserne er så effektiv, at risikoen for skadelig varmedvikling er minimal. For dæktykkelser op til 300 mm er det derfor normalt ikke nødvendigt at tage særskilt hensyn til varmeafgivelsen.

Som en tommelfingerregel bør der ved dæktykkelser større end 300 mm tages højde for varmedviklingen ved at planlægge og udføre specielle foranstaltninger for at styre temperaturudviklingen, hvilket bl.a. kan omfatte valg af cementtype, brug af pozzolaner og brug af køling af betonen under hærdeningen. Der er forholdsvis enkle tiltag der skal til for at kontrollere hærdeprocessen ved dæktykkelser der er større end 300 mm og mindre end 500 mm, men der skal fortsat tages højde herfor. Der er derfor i JAGG2025 indført en alarmgrænse hvis dæktykkelsen overstiger 300 mm. For dæktykkelser mellem 300 mm og 500 mm kan JAGG2025 kun gennemføre indeluftberegningerne såfremt der i bemærkningsfeltet i JAGG2025 gives en argumentation for, hvordan der tages højde for varmedviklingen under hærdeprocessen.

Ved dækykkelser større end 500 mm bliver der mere kompliceret at kontrollere hærdeprocessen så der fortsat sikres en hærdeproces der er i overensstemmelse med de forudsatte revnestyrende egenskaber for konstruktionen. Af denne grund er der i JAGG2025 fastsat en øvre grænse for gyldighedsområde, svarende til 500 mm. Den øvre grænse for dækykkelsen på 500 mm er sat som en maksimal tykkelse, der samtidig vil favne de fleste almindelige konstruktioner. Relativt solide betondæk på mere end 500 mm tykkelse anvendes oftest i industrielle eller tekniske konstruktioner, men ikke for almindelige bolig- og kontorbyggerier, som typisk vil have væsentligt tyndere betondæk.

Ved sammenstøbning med tidligere støbte konstruktioner (herunder støbeskel i bundplader/terrændæk) skal man også tage højde for problemstillingen iht. udførelsesstandard, dvs. DS/EN 13760 og DS 2427. Som en tommelfingerregel bør man tage højde for varmeafgivelsen ved støbeskel længere end 5 m. I JAGG2025 indgår længden af støbeskel ikke i beregningsgrundlaget og JAGG2025 har derfor ikke indbygget alarmer for længden af støbeskel.

5. Den maksimale revnevidde - w_{max}

Med afsæt i, at en konstruktion ikke er revnestyret ved revnevidder større end 0,4 mm, er der i JAGG2025 anvendt et beregningsmæssigt gyldighedsområde for den karakteristiske revnevidde på op til 0,4 mm.

Den maksimale revnevidde for revnestyrede betondæk afhænger af faktorer som dækkets anvendelse, eksponeringsklasse, armeringstype og krav i gældende normer og standarder. I Danmark fastsættes disse krav typisk efter Eurocode 2 (DS/EN 1992-1-1) og de danske nationale annekser, hvor anbefalinger til maksimal revnevidde, tager udgangspunkt i at sikre betondækkets holdbarhed og funktionalitet. Typiske grænser for maksimal revnevidde i revnestyrede betondæk er:

- For eksponeringsklasser med risiko for korrosion, f.eks. XC og XD, anbefales en maksimal revnevidde på ca. 0,2 mm.
- For mindre kritiske forhold og indendørs konstruktioner kan man tillade revnevidder op til f.eks. 0,3 mm eller 0,4 mm afhængigt af krav.

Da JAGG typisk er gældende for indendørs dæk, der er placeret i umættet zone (ikke står under vand) er der i JAGG2025 valgt at anvende et beregningsmæssigt gyldighedsområde for revneviddens på op til 0,4 mm.

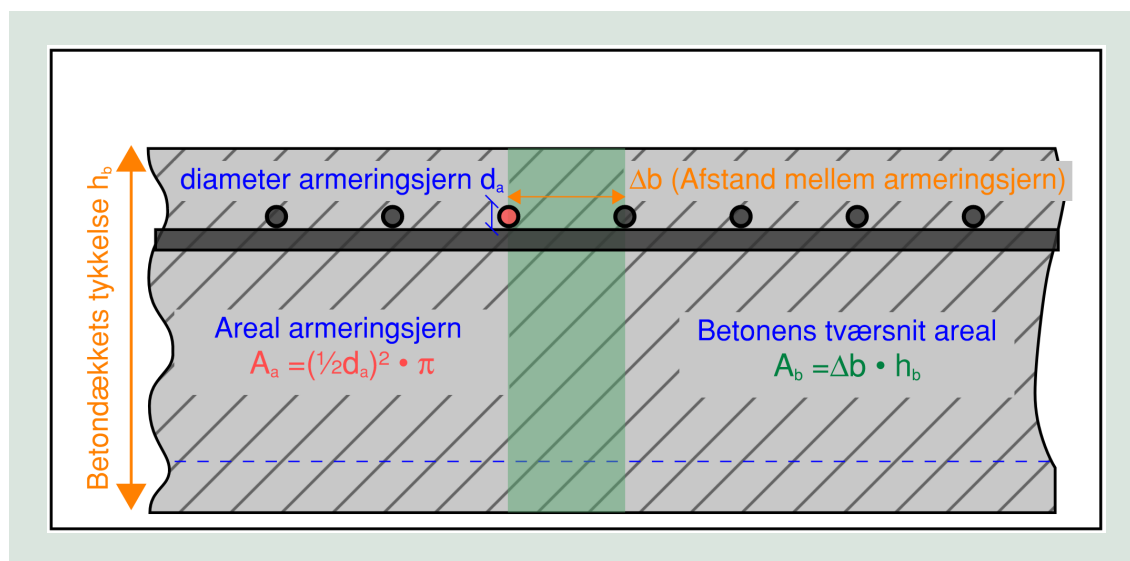
6. Armeringsprocent

Armeringsprocenten er et udtryk for hvor meget jern/armering der indgår i konstruktionen. Typisk ligger armeringsprocenten for normalt anvendte terrændæk i boligbyggeri på mellem 0,2 og 0,4 % som anses som tilstrækkeligt med hensyn til styrke og revnestyring.

For terrændæk vil armeringsprocenter på mellem 0,4% og 0,8% oftest anvendes i specielle tilfælde, hvor der stilles særlige krav til terrændækket. For terrændæk til beboelser vil armeringsprocenter over 0,8% derfor typisk være overdimensioneret. I JAGG2025 er der derfor indført en alarmgrænse hvis armeringsprocenten overstiger 0,8%.

Ved meget høje armeringsprocenter er der risiko for overarmering, som bl.a. kan føre til betonbrud. Det kan i nogle situationer være byggeteknisk og konstruktionsmæssigt forsvarligt at benytte armeringsprocenter op til 2%, men der vil i niveauer over dette være risiko for betonbrud. Der er derfor i JAGG2025 fastsat et beregningsmæssigt gyldighedsområde for armeringsprocenten på op til 2%. For armeringsprocenter mellem 0,8% og 2% kan JAGG2025 kun gennemføre indeluftberegningerne såfremt der i bemærkningsfeltet i JAGG2025 gives en argumentation for hvorfor der ønskes anvendt så høj en

armeringsprocent. Der kan ikke gennemføres indeluftberegninger i JAGG2025 for terrændæk med en armeringsprocent større end 2%.



FIGUR 4.2. Illustration af armeringsprocent, svarende til arealet af armeringsjernet (den røde prik) divideret med betontværsnitsarealet (det grønne areal).

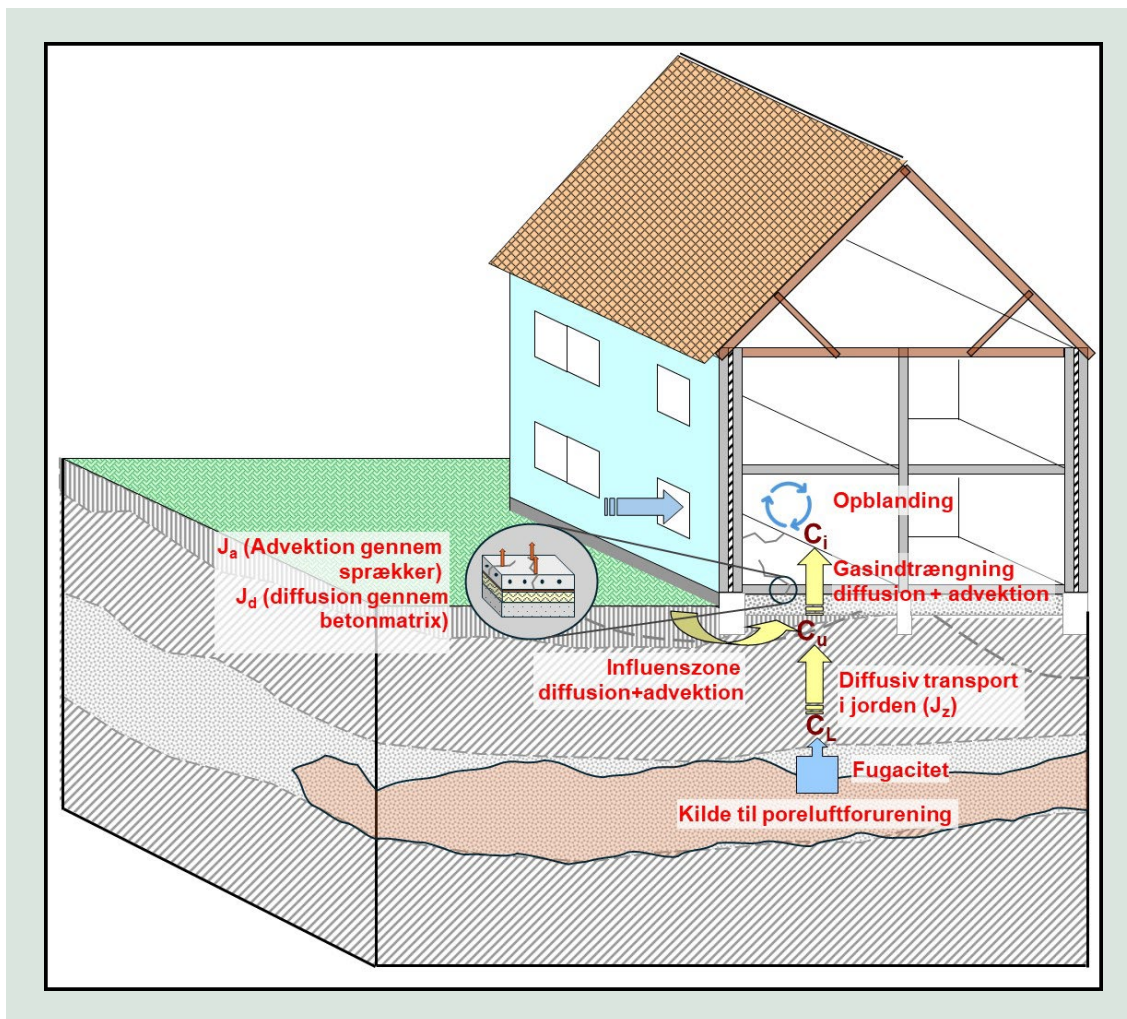
4.1.1 Opdateret formelapparat, kvadratrodsformlen

Helt overordnet følger JAGG2025 beregningen af indeluft-bidraget den samme skabelon som de tidligere udgaver af JAGG, blot er beregningerne af revnerne i betondækket blevet mere omfattende og foretager bl.a. to sæt af beregninger, én i x-retningen og én i y-retningen (for x og y stående vinkelret på hinanden).

I FIGUR 4.4 er givet en grafisk sammenfatning af de elementer og beregninger som gennemføres i JAGG2025 til beregningen af indeluft-bidraget og heraf afledte reduktionsfaktorer.

- I trin 1, 2 og 3 foretages beregning af den karakteristiske revnevidde. Beregninger foretages efter betonnormen, Eurocode 2 (DS/EN 1992-1-1) og de danske nationale annekser populært kaldet Kvadratrodsformlen (se afsnit 4.1). Det skal understreges, at JAGG kun medtager de gennemgående revner. Revner der kun går delvist gennem betondækket indgår ikke i beregningerne.
- I trin 1 og 2 beregnes betonpladens samlede svind.
- I trin 3 beregnes revnernes forventede karakteristiske revnevidde.
- I trin 4 bestemmes:
 - a) antallet af revner, ved at dividere det samlede svind med revnernes vidde.
 - b) den gennemsnitlige revneafstand, ved at dele betonpladens længde i den pågældende retning med antallet af revner.
 - c) revnernes samlede længde og højde. Beregningerne foretages efter samme formler og antagelser som i tidligere udgaver af JAGG, dog både i x- og y-retningen. Altså:
 - Revnernes samlede længde beregnes ud fra antallet af revner og en antagelse om at revnerne går fra kant til kant af betonpladen.

- Revnens højde antages at være den samme som betonpladens tykkelse.
- I trin 5 beregnes det samlede bidrag til indeluften. Beregningerne foretages efter samme formler og antagelser som i tidligere udgaver af JAGG:
 - a) Ud fra revnens højde, vidde (bredde) og længde, samt en trykdifferens mellem poreluft og indeluft, kan der med Cubic Law beregnes et luftflow gennem revnerne Q_b og dermed en advektiv forureningsflux J_a (luftflow * poreluftskoncentration under terrændækket C_p).
 - b) Ud fra betonpladens tykkelse, det pågældende stofs diffusionskoefficient og koncentrationsforskellen mellem poreluftskoncentration under terrændækket C_p og koncentration i indeluften C_i beregnes den diffusive forureningsflux J_d gennem betonpladen.
 - c) Ud fra jordlagenes tykkelse, sammensætning og koncentrationsforskellen mellem poreluftskoncentration i et målepunkt under terrændækket C_L og koncentration under terrændækket C_p samt det pågældende stofs diffusionskoefficient, beregnes den diffusive forureningsflux gennem jorden J_z (illustreret i FIGUR 4.3).
 - d) Med oplysninger om luftflowet gennem bygningen og arealet af bygningens fodaftryk samt ved en antagelse om, at der er ligevægt mellem de tre fluxe (den advektive over terrændækket J_a , den diffusive over terrændækket J_d og den diffusive gennem jorden J_z) kan koncentration under terrændækket C_p og det totale bidrag til indeluften C_i beregnes (illustreret i FIGUR 4.3).



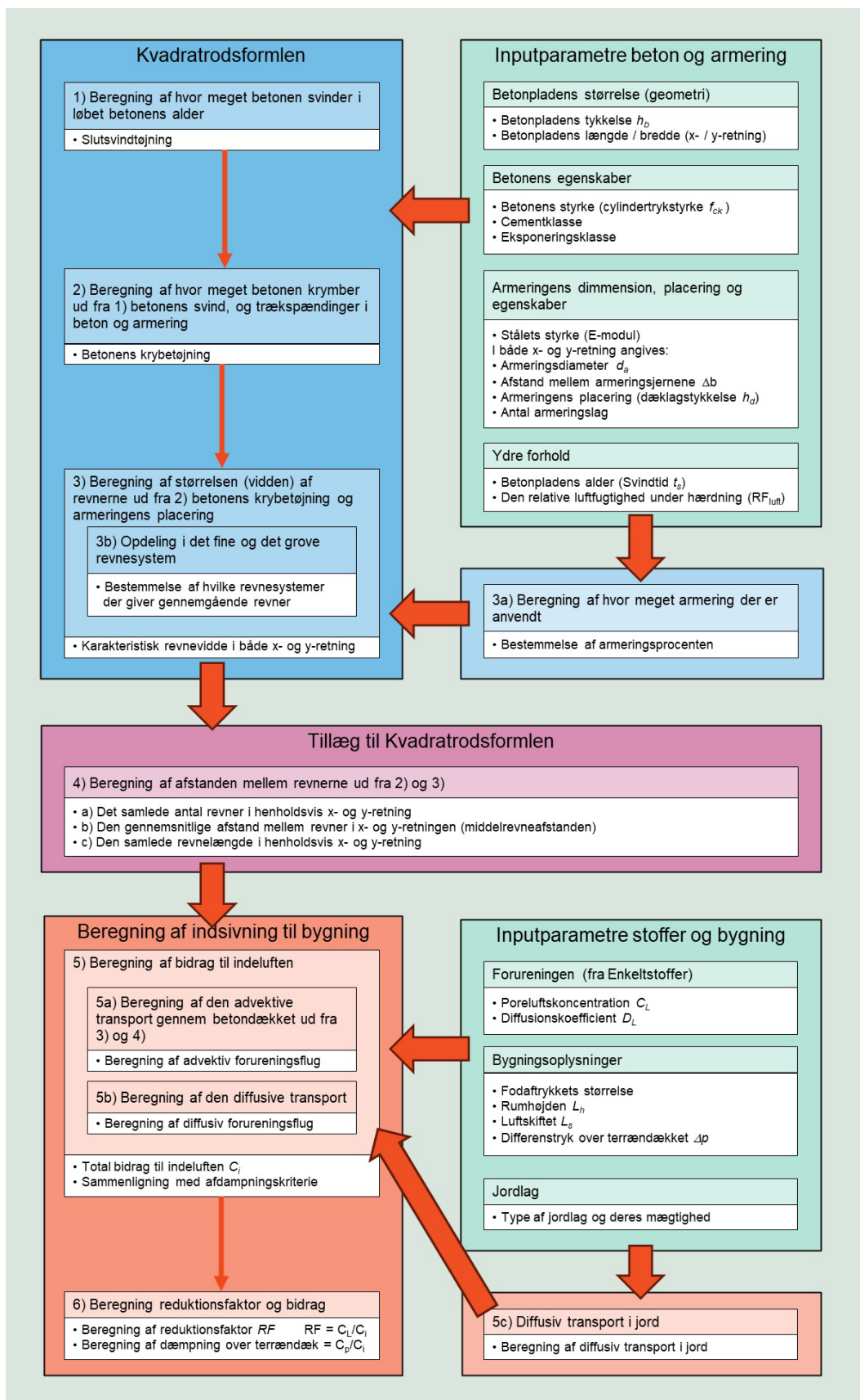
FIGUR 4.3. Konceptuel model af JAGG's beregningen af afdampning af VOC'er til indeluften, idet den diffusive flux i jorden (J_z) sættes lig den advective (J_a) og den diffusive flux (J_d) over betondækket.

- I trin 6 foretages beregning af reduktionsfaktoren og dæmpningsfaktoren (se afsnit 2.2). Beregningerne er indført med JAGG2025 og fremgår ikke af tidligere udgaver af JAGG.

a) Reduktionsfaktoren (RF) er forholdet imellem koncentrationen i poreluftpunktet (C_L) og koncentrationen i indeluften (C_i).

b) Dæmpningsfaktoren (DF) er forholdet imellem poreluftkoncentrationen under betondækket (C_p) og indeluften (C_i).

I beregningsarkene *Concrete_crack_calk* og *Beregning_Indeluft* er der for alle beregninger givet henvisninger til de formler der er benyttet i regnearkene. I *Beregning_Indeluft* er henvisningerne til Miljøstyrelsens vejledning nr. 7 1998 Oprydning på forurenede lokaliteter – Appendikser og i *Concrete_crack_calk* er henvisningerne til Eurocode 2 (DS/EN 1992-1-1) og de danske nationale annekser.



FIGUR 4.4. Processen for inputdata og de samlede indeluft-beregninger i JAGG2025. Inputparametre er angivet med lysegrøn boks. De fleste inputparametre i den lysegrønne boks "Inputparametre beton og armering" fremkommer som standard ved valg af betontype i valglisten 'Betontype'.

	Forkortelse	Enhed	Indtastede	Beregning	
Betonens svind					
Autogent svind					
Svindets afhængighed af tid $\beta_{as}(t) = 1 - e^{-(0,2 \cdot t)}$				1,00	(3.13) = $1 - e^{-(0,2 \cdot \text{Betonens alder i døgn} (\geq 28 \text{ døgn}))}$
Svindtøjning: $\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \cdot 2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6}$				0,0038%	(3.11) = $0,0025 \cdot (\text{Karakteristisk cylindetrykstyrke } f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6}$
Udtærringssvind					
Koefficienter, for cementtypen N				4,00	(B.12)
				0,12	(B.12)
Koefficient: β_{RH}				1,22	(B.12) = $1,55 \cdot (1 - (\text{Luftens relative fugtighed } RFL_{\text{Luft}}/100)^2) = 1,55 \cdot (1 - (0,85)^2) = 1,55 \cdot (1 - 0,7225) = 1,55 \cdot 0,2775 = 0,4301$
Basisvindtøjning $\varepsilon_{cs,0}$				0,0459%	(B.11) = $0,85 \cdot ((220 + 110 \cdot 0,00) \cdot \exp(-0,00 \cdot 0/10)) \cdot 10^{-6} \cdot 0,00$
Teoretisk dimensionsmål h_0				200	3.1.4 (5) = $2 \cdot A_c / u = 2 \cdot hb = 2 \cdot \text{Betonplade (terændæk)}$
Faktoren for dimension k_0				0,85	3.1.4 (5)
Tidskoefficient β_{ds}				1,00	(3.10) = $(0,28) / ((0,28) + 0,04 \cdot \sqrt{(200^3)})$
Udtærringssvindtøjning over tid ε_{cs}				0,0389%	(3.9) = $1,00 \cdot 0,85 \cdot 0,0459\%$
Slutsvindtøjning $\varepsilon_{cs} + \varepsilon_{ca}$				0,0426%	= $0,0389\% + 0,0038\%$
Betonens krybning relateret til trækspændingen i betonen					
α_1				1,04	(B.8c) = $(35/33)^{0,7}$
α_2				1,01	(B.8c) = $(35/33)^{0,2}$
Virkning af RH på det teoretiske krybetal ϕ_{RH}				1,68	(B.3a og b) = $1 + (1 - 60/100) / (0,1200^{1/3})$
Virkning af betonstyrke på det teoretiske krybetal $\beta(f_{cm})$				2,92	(B.4) = $16,8 / \sqrt{33}$
Korrektion af betonens alder for cementtypen ($t_{01} = 28$ døgn)					
α (f. cementklasse)			0,0		(B.9) = Cementklasse N \rightarrow alpha
Betonalders t_0			28		(B.9) = $28 \cdot (9 / (2 + 28^{1,2}) + 1)^{0,0}$
Virkning af betonens alder på det teoretiske krybetal $b(t_0)$					
				0,49	= $1 / (0,1 + 28^{0,2})$
Slutkrybetal				2,41	(B.2) = $1,7 \cdot 2,9 \cdot 0,5$
Betonens E-modul (E _{cm})		GPa		31,48	Tablet 3.1 = $22 \cdot ((25 + 8) / 10)^{0,3}$
Betonens E-modul (E _{c,lang})		GPa		9,24	= $31,48 / (1 + 2,41)$
Betonens krybetøjning $\varepsilon_{ck} = f_{tk} / E_{c,lang}$				0,0086%	= $0,79 / (9,24 \cdot 10^3)$

FIGUR 4.6. Eksempel på beregning af betonpladens svind og krybning.

Beregning af revnevidde og gennemsnitlig revneafstand

Nederst i beregningsarket beregnes den karakteristiske revnevidde og den gennemsnitlige revneafstand.

	Forkortelse	Enhed	Indtastede	Beregning	
Revnedannelse i beton					
<i>Det fine revnesystem</i>					
Armeringsprocent i x-retning				1,450%	
Armeringsprocent i y-retning				0,992%	
Forventet karakteristisk revnevidde i x-retning		mm		0,027	(7.100 NA)
Forventet karakteristisk revnevidde i y-retning		mm		0,057	(7.100 NA)
<i>Det grove revnesystem</i>					
Armeringsprocent i x-retning				0,377%	
Armeringsprocent i y-retning				0,377%	
Forventet karakteristisk revnevidde i x-retning		mm		0,199	(7.100 NA)
Forventet karakteristisk revnevidde i y-retning		mm		0,199	(7.100 NA)
Samlet effektiv slutteøjning $\varepsilon_{cs} + \varepsilon_{cs} + \varepsilon_{ck}$					
				0,0341%	= $0,0426\% - 0,0086\%$
<i>Revneafstande i x-retning</i>					
Den totale sammentrækning over $L_x = 10,0$ m:		mm		3,41	= $\Delta L_x = 0,0341\% \cdot 10,0 \cdot 10^3$
Forventet karakteristisk revnevidde for $\rho = 1,450\%$		mm		0,199	
Forventet total antal revner				17,2	= $3,407 / 0,199$
Middelrevneafstand		mm		583,0	= $10,0 / 17,2 \cdot 1000$
<i>Revneafstande i y-retning</i>					
Den totale sammentrækning over $L_y = 5,0$ m:		mm		1,70	= $\Delta L_y = 0,0341\% \cdot 5,0 \cdot 10^3$
Forventet karakteristisk revnevidde for $\rho = 0,377\%$		mm		0,199	
Forventet total antal revner				8,6	= $1,704 / 0,199$
Middelrevneafstand		mm		583,0	= $5,0 / 8,6 \cdot 1000$

FIGUR 4.7. Eksempel på beregning af den karakteristiske revnevidde og den gennemsnitlige revneafstand. I arket henvises til anvendte formler i DS/EN 1992-1-1. Formlerne vises med de værdier der konkret indgår i beregningen.

Det fine og det grove revnesystem

Ved revneberegningerne opdeles revnerne i det såkaldte fine og det grove revnesystem. JAGG medtager kun de revner der er gennemgående.

Det grove revnesystem er gennemgående uanset hvor armeringen ligger i betontværsnittet, mens armeringens placering i betonemnet er bestemmende for om det fine revnesystem også er gennemgående.

Hvis armeringen ligger i toppen som vist i FIGUR 4.9 A) er det kun det grove revnesystem der er gennemgående. Armeringen ligger i toppen hvis: $h_b \geq 2 \cdot h_d + h_a$ hvor h_b er tykkelsen af betondækket, h_d er dæklagstykkelsen og h_a er armeringsjernenes diameter.

Når armeringen ligger cirka midt i betondækket, kan der opstå en situation hvor de nederste armeringsjern (y-retningen) ligger så dybt, at det fine revnesystem er gennemgående i den ene retning, mens de øverste armeringsjern (x-retningen) stadig ligger i toppen af betondækket. Hermed bliver det grove revnesystem gældende i den anden retning. Dette er illustreret i FIGUR 4.9 B).

Hvis armeringen ligger dybere vil det fine revnesystem være gennemgående og antallet af revner vil øges som vist i FIGUR 4.9 C), og dermed vil strømmingen af luft gennem betondækket også øges mens dæmpningsfaktoren (DF) over terrændækket bliver mindre.

Afhængig af armeringens placering, er det således muligt at opnå tre forskellige antal revnedannelser og dermed tre forskellige dæmpningsfaktorer over betondækket. Dæklagstykkelsen er derfor en vigtig parameter at have fokus på.

Hvis der anvendes to eller flere lag af armering, så regnes der udelukkende med det grove revnesystem som illustreret i FIGUR 4.9 D).

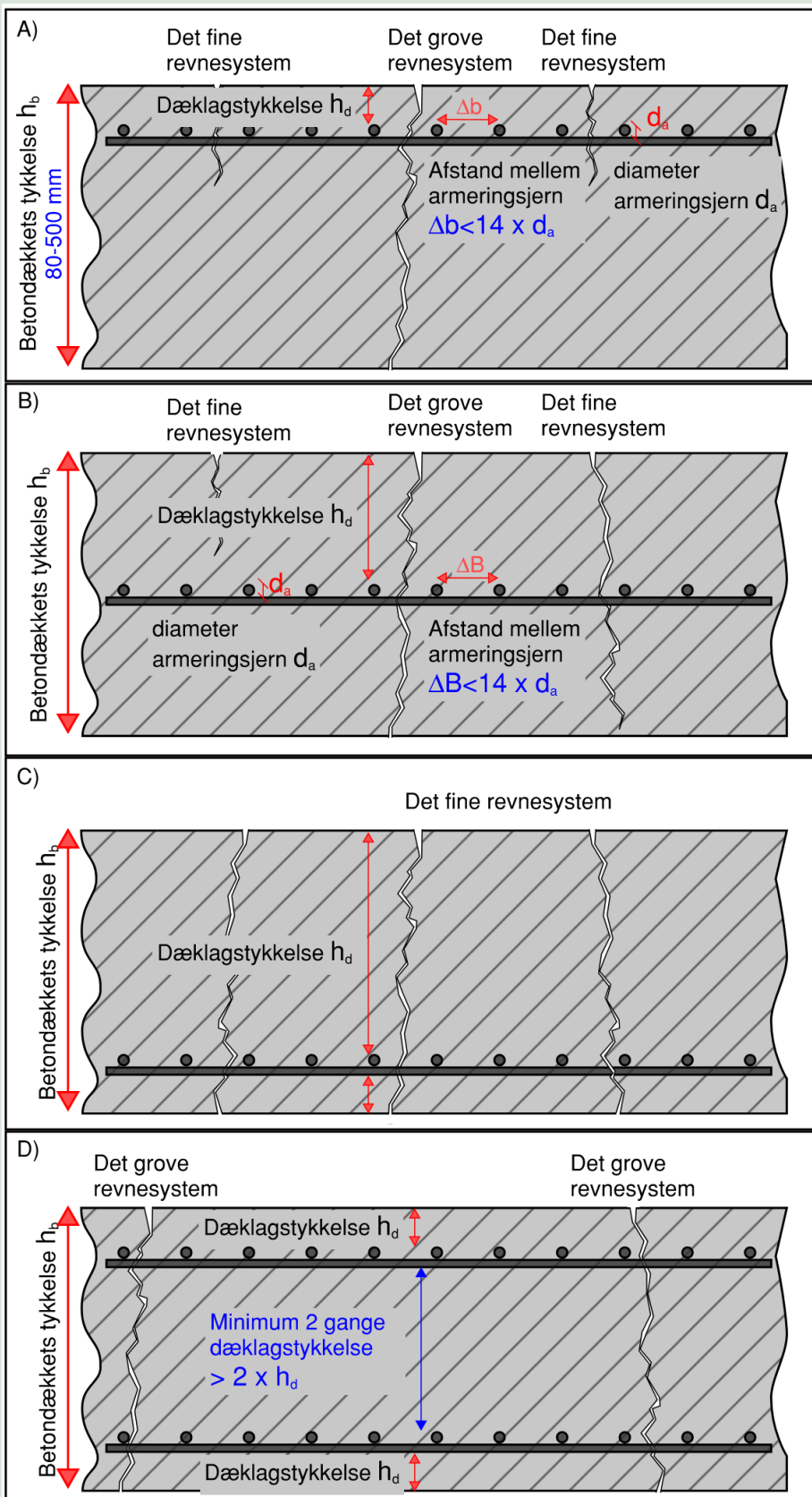
I JAGG2025 er antallet af armeringslag begrænset af at afstanden mellem armeringsjernene skal være mindst to gange dæklagstykkelsen. Der regnes desuden med at alle armeringslag har samme tykkelse armering og samme afstand mellem armeringsjernene.

Den totale revnelængde og den samlede volumenstrøm af luft gennem revnerne

Beregningen af den totale revnelængde og volumenstrømmen (luftstrømmen) gennem revnerne foregår i beregningsarket *Beregning_indeluft* (jf. FIGUR 4.8). I dette regneark henviser beregningsformlerne til /3/. Beregningerne i JAGG2025 foregår efter samme formler som i tidligere udgaver af JAGG.

	Forkortelse	Enhed	Indtastede	Beregning	
Revnedannelse i beton					
<i>Det fine revnesystem</i>					
Armeringsprocent i x-retning			1,450%		
Armeringsprocent i y-retning			0,992%		
Forventet karakteristisk revnevidde i x-retning		mm	0,027	(7.100 NA)	
Forventet karakteristisk revnevidde i y-retning		mm	0,057	(7.100 NA)	
<i>Det grove revnesystem</i>					
Armeringsprocent i x-retning			0,377%		
Armeringsprocent i y-retning			0,377%		
Forventet karakteristisk revnevidde i x-retning		mm	0,199	(7.100 NA)	
Forventet karakteristisk revnevidde i y-retning		mm	0,199	(7.100 NA)	
Samlet effektiv slutøjning $\epsilon_{cs} + \epsilon_{cs} \cdot \epsilon_{ck}$			0,0341%		= 0,0426% - 0,0086%
<i>Revneafstande i x-retning</i>					
Den totale sammentrækning over $L \cdot x = 10,0$ m:		mm	3,41		= $\Delta L_x = 0,0341\% \cdot 10,0 \cdot 10^3$
Forventet karakteristisk revnevidde for $\rho = 1,450\%$		mm	0,199		
Forventet total antal revner			17,2		= $3,407 / 0,199$
Middelrevneafstand		mm	583,0		= $10,0 / 17,2 - 1000$
<i>Revneafstande i y-retning</i>					
Den totale sammentrækning over $L \cdot y = 5,0$ m:		mm	1,70		= $\Delta L_y = 0,0341\% \cdot 5,0 \cdot 10^3$
Forventet karakteristisk revnevidde for $\rho = 0,377\%$		mm	0,199		
Forventet total antal revner			8,6		= $1,704 / 0,199$
Middelrevneafstand		mm	583,0		= $5,0 / 8,6 - 1000$

FIGUR 4.8. Eksempel på beregning af samlet revnelængde og luftflux gennem betondækket, der foretages i beregningsarket *Beregning_indeluft*.



FIGUR 4.9. Illustration af forskellig placering af armeringen A) i toppen, B) i midten og C) i bunden. I D) er der to lag armering, som placeres i samme afstand fra betondækkets top og bund.

4.2 Eksponeringsklasser

Betons eksponeringsklasser beskriver de miljømæssige forhold, som beton kan udsættes for, f.eks. fugt, kemisk påvirkning eller frost. Formålet er at sikre, at betonens sammensætning og beskyttelse matcher det belastningsmiljø, den skal fungere i. Anvendelsen af eksponeringsklasser sikrer korrekt dimensionering, holdbarhed og minimerer risiko for korrosion af armering og forringelse af betonens funktion.

Af TABEL 4.1 fremgår oversigt og sammenfatning for anvendelse af eksponeringsklasser. Af TABEL 4.2 fremgår eksempler på anvendelse af eksponeringsklasserne.

TABEL 4.1. Inddeling i eksponeringsklasser efter DS/EN206.

Benævnelse af klasse	Beskrivelse af miljøet jf. DS/EN 206
<i>Ingen risiko for korrosion eller påvirkning (armeret og uarmeret beton)</i>	
X0	For beton med armering eller indstøbt metal: Meget tørt
	For beton uden armering eller indstøbt metal: Alle eksponeringer undtagen, hvor frost-tø, afslidning eller kemisk påvirkning kan forekomme.
<i>XC Risiko for korrosion forårsaget af karbonatisering (armeret beton)</i>	
<i>På steder, hvor beton med armering eller andet indstøbt metal udsættes for luft og fugt, skal eksponeringen klassificeres som følger:</i>	
XC1	Tørt eller permanent vådt
XC2	Vådt, sjældent tørt
XC3	Cyklisk vådt og tørt
<i>XD Risiko for korrosion forårsaget af klorid fra andet end havvand (armeret beton)</i>	
<i>På steder, hvor beton med armering eller andet indstøbt metal udsættes for kontakt med vand, der indeholder chlorid, herunder tøsalt, fra andet end havvand, skal eksponeringen klassificeres som følger:</i>	
XD1	Moderat fugtighed
XD2	Vådt, sjældent tørt
XD3	Cyklisk vådt og tørt
<i>XS Risiko for korrosion forårsaget af klorid fra havvand (armeret beton)</i>	
<i>På steder, hvor beton med armering eller andet indstøbt metal udsættes for kontakt med chlorid fra havvand eller luftbåret salt fra havvand, skal eksponeringen klassificeres som følger:</i>	
XS1	Udsat for luftbåret salt, men ikke i direkte kontakt med havvand
XS2	Permanent under vand
XS3	Tidevand, sprøjt og sprøjtezoner
<i>XF Frost-tø påvirkning med eller uden tøsalt (armeret beton)</i>	
<i>På steder hvor beton udsættes for kraftig påvirkning af frost-tø cykler, imens betonen er våd, skal eksponeringen klassificeres som følger:</i>	
XF1	Moderat vandmætning, uden tøsalt
XF2	Moderat vandmætning, med tøsalt
XF3	Høj vandmætning, uden tøsalt
XF4	Høj vandmætning, med tøsalt eller havvand
<i>XA Kemisk påvirkning (armeret beton)</i>	
<i>På steder, hvor beton udsættes for kemiske påvirkninger fra jord og grundvand (i denne kontekst menes jord- og grundvandskemi og ikke "traditionel" jord- og grundvandsforurening), skal eksponeringen klassificeres som følger:</i>	
AX1	Let aggressivt kemisk miljø
AX2	Moderat aggressivt kemisk miljø
AX3	Stærkt aggressivt kemisk miljø

I TABEL 4.2 er fremhævet hvilke eksponeringsklasser der er relevante ift. dækkonstruktioner, herunder relevansen i forhold til de eksponerede miljøer. Eksemplerne er fremhævet med **fed**-skrift.

TABEL 4.2. Eksempler på anvendelse af de forskellige eksponeringsklasser (fortsættes næste side).

	Ingen risiko for korrosion eller påvirkning X0	Risiko for korrosion forårsaget af karbonatisering XC	Risiko for korrosion forårsaget af klorid fra andet end havvand XD	Risiko for korrosion forårsaget af klorid fra havvand XS
Passiv miljøpåvirkning				
Beton uden armering eller indstøbt metal (Uarmet beton)	X0	-	-	-
Beton med armering i meget tørt miljø, fx i opvarmede rum	X0	-	-	-
Beton med armering indendørs med lav luftfugtighed, f.eks.: - konstruktioner i ikke opvarmede rum, - eller terrændæk på isolering	-	XC1	-	-
Jorrdækkede fundamenter permanent i jord uden strømmende vand, hvor bæreevnen er eftervist uden brug af armering	-	XC1	-	-
Moderat miljøpåvirkning				
Konstruktioner i ferskvand (fx vandtanke)	-	XC2	-	-
- Funderingspæle - Elevatorgruber , udvendige overflader - Installationskanaler og ingeniørgange , udvendige overflader - Jorrdækkede fundamenter, hvor bæreevnen er eftervist med brug af armering - Bundplader , udvendige overflader	-	XC2	-	-
Installationskanaler og ingeniørgange , indvendige overflader udsat for moderat eller høj luftfugtighed	-	XC3	-	-
Udvendige bjælker med konstruktiv beskyttet overside	-	XC3	-	-
- Konstruktioner udsat for vandpåvirkning (fx vaskehaller) - Udvendige vægge, facader, søjler, trapper, dæk og bjælker - Altanbrystninger, -plader, -gange og -konsoller - Fundamenter og kælderydervægge delvist over terræn	-	XC4	-	-
Støttemure		XC4	-	-

	Ingen risiko for korrosion eller påvirkning X0	Risiko for korrosion forårsaget af karbonatisering XC	Risiko for korrosion forårsaget af klorid fra andet end havvand XD	Risiko for korrosion forårsaget af klorid fra havvand XS
Aggressiv miljøpåvirkning				
- Udvendige trapper med begrænset tørsaltning og trafik - Lodrette konstruktionsdele i parkeringsanlæg	-	XC4	XD1	-
- Støttemure i umiddelbar nærhed af tørsaltede arealer - Fundamenter og kælderydervægge delvist over terræn i umiddelbar nærhed af tørsaltede arealer	-	XC4	XD1	-
- Altanplader (altaner til en enkelt bolig, hvor der er begrænset adgang)	-	XC4	XD1	-
Konstruktioner i havneområder og nær kysten udsat for luftbåret salt fra havvand	-	XC4	-	XS1
Jorddækkede konstruktioner i havne eller kystnære områder med grundvand med Kloridindhold svarende til havvandet	-	XC2	-	XS2
Udvendige dæk og bjælker	-	XC4	-	-
Ekstra aggressiv miljøpåvirkning				
Svømmebassiner	-	XC2	XD2	-
- Altangange og altankonsoller - Udvendige trapper med tørsaltning - Parkeringsdæk	-	XC4	XD3	-

4.3 Ukendt betondæk

Til beregning af indeluftbidrag hvor betondæk konstruktionen er ukendt, kan betontypen 'Ukendt betondæk' i JAGG2025 anvendes. 'Ukendt betondæk' er tænkt som en brobygger imellem JAGG2025 og JAGG 2.1 samt de erfaringsbaserede reduktionsfaktorer inkl. videnshullet for benzen og vinylchlorid /2/.

Betontypen kan anvendes, når der er tale om armerede betondæk med dæktykkelser på mellem 80-120 mm. Specifikke oplysninger om armeringen eller betonkvalitet kan være ukendte (og kan ikke indtastes). Ukendt betondæk kan kun anvendes for armerede konstruktioner.

4.4 Alarmer og advarsler

I JAGG2025 er der for indeluftmodulet indført en række alarmer der skal hjælpe brugeren med at sikre, at de data der indtastes, er valide. Alarmerne kan inddeles i tre kategorier:

1. Alarmer der fortæller brugeren, at der er indtastet 'ulovlige' værdier. Det kan f.eks. være at der i et tal er indtastet et punktum i stedet for et komma. For at beregningen kan gennemføres skal værdien rettes så alarmen forsvinder.

2. Alarmer der fortæller brugeren at beregningen er på kanten af hvad JAGG kan/bør anvendes til. For at beregningen kan gennemføres skal brugeren i et tilhørende bemærkningsfelt fagligt begrunde hvorfor de pågældende data kan anvendes i beregningen. Disse alarmer fremkommer i forbindelse med betondæk med meget kraftig armering (armeringsprocenter mellem >0,8 og 2%), tykke betondæk (300-500 mm) og i forbindelse med risikovurdering for vinylchlorid (er der tale om en fladepåvirkning eller bidrag via f.eks. afløbsinstallationen? Se også afsnit 4.6).
3. Alarmer der fortæller brugeren at beregningen er uden for det beregningsmæssige gyldighedsområde for JAGG. Beregningen vil ikke kunne gennemføres. Alarmerne forekommer typisk i forbindelse med kombinationer af armering og beton, som f.eks. giver meget store eller små revnevidder eller ved armeringsprocenter højere end 2%.

I nogle tilfælde hvor den værdi, som alarmer skal tjekke, ikke kan beregnes og f.eks. har værdien "#VALUE!" så fejler alarmer og giver værdien "#####". En alarm med værdien "#####" er således udtryk for en fejl eller mangel et andet sted i regnearket end der hvor alarmer opstår. Ved denne type alarm er det derfor nødvendigt at tjekke om alle nødvendige felter er udfyldt. I FIGUR 4.10 er givet et sådant eksempel.

Rumtype/anvendelse				i x-retning (bredde)	i y-retning (længde)	Gyldighedsområde	
Loftshøjde	L_h	2,3	m	Revnevidde	w	0,199	< 0,40 mm
Luftskifte	L_s	1,3E-04	s ⁻¹	Gennemsnitlig Revneafstand	I_w	583	#VALUE!
Gulvbredde (x-retning)	l_b	10	m	Total revnelængde	I_{tot}	0	#VALUE!
Gulvlængde (y-retning)	l_l		m	Vol. strøm gennem beton	Q_b	#VALUE!	m ² /s
Trykforskel over betondæk	ΔP	2	Pa	Vol. strøm gennem beton pr. m	Q_b	#VALUE!	m ² /(s · m ²)

FIGUR 4.10. Eksempel på alarm af typen ##### markeret i den røde ring. Som det kan ses med de røde firkanter, er der flere felter med værdien #VALUE!, men fejlen skyldes at der mangler en værdi i feltet markeret med den blå firkant.

4.5 Beregning af indeluftbidrag for bygninger med betondæk

Efter indtastning af lokalitetsdata på opstartssiden og forureningsdata i fugacitetsmodulet, vælges beregningssituation for bygninger med et betondæk (enten kælderdek eller terrændæk), hvorefter der kan foretages en beregning af poreluftbidraget til indeluften.

4.5.1 Indtastning af jordlag

Den umættede zone som forureningen skal afdampe igennem skal indledningsvis beskrives. Der skal indtastes jordlag for den del af den umættede zone, der er mellem målepunktet og undersiden af terrændækket. Der kan indtastes data for op til 4 forskellige jordlag, et eventuelt kapillarbrydende lag og en eventuel membran/dampspærre.

For hvert lag vælges typen som standardtyper ved at klikke på knappen **[Membran]**, **[Kapillarbrydende lag]** eller **[Jordtype]**. Alternativt kan der vælges lag fra **[Egen Liste]**, eller der kan manuelt indtastes værdier i de hvide felter. Knappen med det kapillarbrydende lag henviser til samme valgliste som knapperne for jordlag. Forskellen ligger i, at for jordlag anvendes værdierne for vandindhold og poreluftvolumen fra "Ubefæstede areal", mens værdierne for kapillarbrydende lag hentes fra "Under bygning" (se FIGUR 3.7 – der viser valgliste for jordlag).

Influenszone og membran		Indtast data for evt. membran og kapillarbrydende lag og for jordlag mellem prøvetagningspunktet og bygningen.							Bemærkning
Jordtype/Membran		Lag-tykkelse (m)	Poreluft-volumen V_L	Vand-indhold V_V	Samlet porøsitet $\epsilon = V_L + V_V$	Volumen af jordskellet V_J	Materiale-konstant		
Membran	Dampspærre	0,15					$7E-5-8.8E-5$		
Egen liste							$8.8E-05$		
Kapillarbrydende lag	Grus		0,0 - 0,35	0,05 - 0,25					
Egen liste		0,25	0,3	0,05	0,35	0,65	0,1408		

Jordparametre		Indtast data for evt. jordlag mellem prøvetagningspunktet og bygningen, ved at indtast enten laggrænse (m under gulv) eller lagtykkelse af jordlagene.							Bemærkning
Jordtype		Jordlag Dybde fra m u. gulv	Jordlag Dybde til m u. gulv	Lag-tykkelse (m)					
Jordtype	Lermuld	0,25015	1,00015	0,75	0,0 - 0,2	0,25 - 0,35	0,4	0,6	0,0079
Egen liste				0,75	0,1	0,3			
Jordtype	Sand	1,00015	3,00015	2	0,0 - 0,45	0,05 - 0,35	0,45	0,55	0,1095
Egen liste				2	0,3	0,15			
Jordtype							0	1	0,0000
Egen liste									
Jordtype							0	1	0,0000
Egen liste									

Samlede lagtykkelse	3,00015	m	Samlet materialekonstant K_w	0,0086
---------------------	---------	---	--------------------------------	--------

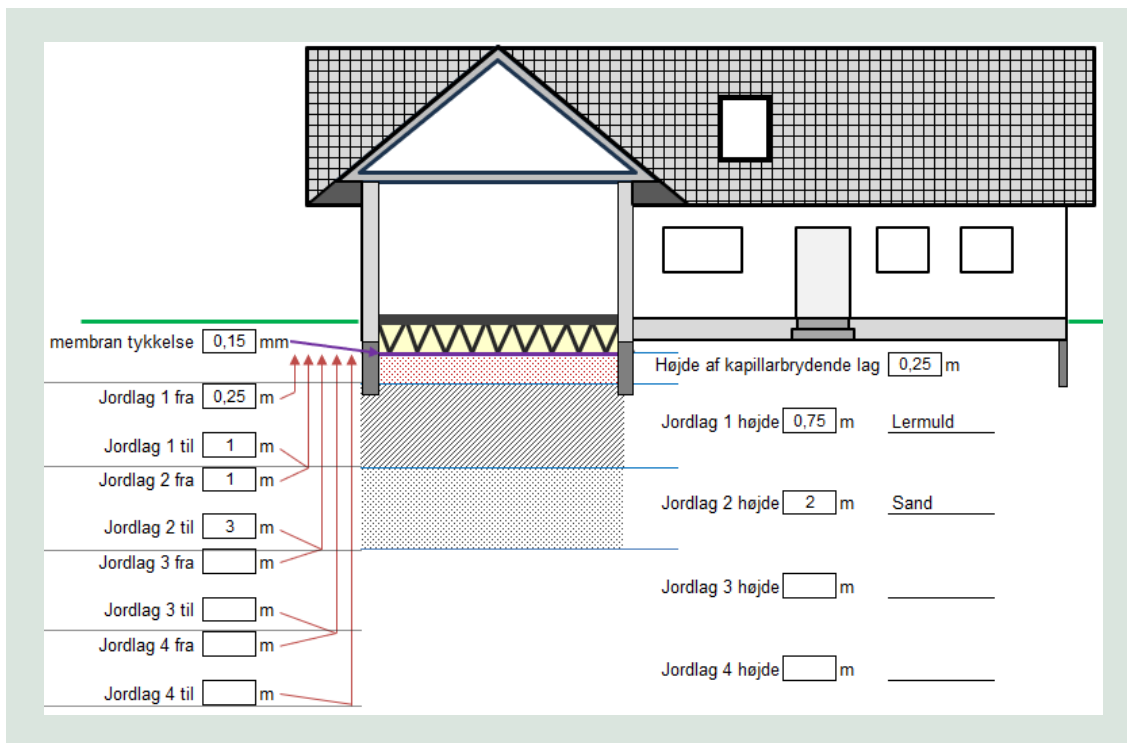
FIGUR 4.11. Eksempel på input data for jordlag og kapillarbrydende lag i fagmodul indeluft-terrændæk.

For membran og kapillarbrydende lag indtastes tykkelsen i henholdsvis mm og meter.

I JAGG2025 er det muligt at indtaste tykkelsen af jordlagene mellem målepunktet og undersiden af terrændækket enten som:

- Dybden til laggrænserne (Jordlag - Dybde til) der angives i meter under gulv, som vist i FIGUR 4.11 med jordlaget med lermuld der går fra 0,0015 til 0,75 m u. gulv. JAGG beregner selv tykkelsen af jordlaget til 0,74985 m.
- Eller som tykkelsen af laget (Lagtykkelse) angivet i meter, som vist i FIGUR 4.11. med jordlaget med sand der er 2 m tykt. JAGG beregner selv at jordlaget går fra 0,75 til 2,75 m u. gulv.

Indtastningen af lagtykkelserne illustreres tilsvarende i den interaktive figur som fremgår af FIGUR 4.12.



FIGUR 4.12. Eksempel på interaktiv figur der illustrerer de indtastede lagtykkelser.

Hvis der indtastes en dybdeangivelse (tykkelse af jordlaget eller en dybde til) men ikke vælges en jordtype, så giver systemet en fejlmeddelelse om at jordtypen mangler jævnfør den tredje jordtype på FIGUR 4.13. Der kommer ligeledes en fejlmeddelelse hvis der vælges en jordtype, men ikke gives en dybdeangivelse, jævnfør nederste linje i FIGUR 4.13.

Influenszone og membran		Indtast data for evt. membran og kapillarbrydende lag og for jordlag mellem prøvetagningspunktet og bygningen.						Bemærkning	Bema Kapill:
Jordtype/Membran	Lag-tykkelse (m)	Poreluft-volumen V_L	Vand-indhold V_V	Samlet porøsitet $\varepsilon = V_L + V_V$	Volumen af jordskellet V_J	Materiale-konstant			
Membran	Dampspærre	0,15				7E-5-8,8E-5			
Egen liste						8,8E-05			
Kapillarbrydende lag	Grus	0,25	0,0 - 0,35	0,05 - 0,25	0,35	0,65	0,1408		
Egen liste			0,3	0,05					
Jordparametre		Indtast data for evt. jordlag mellem prøvetagningspunktet og bygningen, ved at indtast enten laggrænse (m under gulv) eller lagtykkelse af jordlagene						Bemærkning	Bema Jordla porel:
Jordtype	Jordlag Dybde fra m u. gulv	Jordlag Dybde til m u. gulv	Lag-tykkelse (m)	V_L	V_V	ε	V_J	Materiale-konstant	
Jordtype	Lermuld	0,25015	1,00015	0,75	0,0 - 0,2	0,25 - 0,35	0,4	0,6	0,0079
Egen liste			0,75		0,1	0,3			
Jordtype	Sand	1,00015	3,00015	2	0,0 - 0,45	0,05 - 0,35	0,45	0,55	0,1095
Egen liste			2		0,3	0,15			
Jordtype							0	1	0,0000
Egen liste			0,2						FEJL! Jordtype mangler
Jordtype	Ler	3,00015	0	-3,00015	0,00 - 0,25	0,20 - 0,40	0,4	0,6	0,0079
Egen liste					0,1	0,3			Der mangler indtastning af jordlagstykkelse, eller den nedre laggrænse af jordlaget
Samlede lagtykkelser		0		m		Samlet materialekonstant K_{wv}		-0,0038	
FEJL! Der er jordlag med negativ højde									

FIGUR 4.13. Eksempel på input alarmer ved fejl/mangler i indtastningen af jordlag og kapillarbrydende lag i fagmodul indeluft-terrændæk.

Bemærkningsfelterne kan anvendes til en beskrivelse af de valgte inputdata.

4.5.2 Indtastning af oplysninger om bygningsdata

Terrændæk

Indledningsvis vælges en betontype. Betontypen vælges ud fra en valgliste med 18 eksponeringsstyper samt et "Ukendt betondæk" (se FIGUR 4.14) eller ved at vælge en betontype fra "Egen liste". Ved valg af en given betontype vil der for en række parametre blive givet default-værdier samt gyldighedsområder (tilladte værdier for det relevante parameter). I modsætning til tidligere udgaver af JAGG er der i JAGG2025 en række bygningsdata, som det er særligt vigtigt at brugeren forholder sig aktivt til. Disse parametre er fremhævet ved en blå understregning i indtastningsarket, jf. FIGUR 4.15.

Eksponeringsklasse	Cementklasse	alfa_ds1	alfa_ds2	alfa	f_ck [MPa]	f_ck_min [MPa]	f_ck_max [MPa]	hb [mm]	hb_min [mm]	hb_max [mm]	X_top	d_ax [mm]	DELTAB-x [mm]	Min-dæklagsstyk hd-min [mm]	d_ay [mm]	DELTAB-y [mm]	Antal armer n_arm	Ec [GPa]
X0	N	4	0.12	0	25	10	45	100	80	500	Ja	6	75	10	6	75	1	30
XA1	N	4	0.12	0	30	20	45	100	80	500	Ja	8	100	20	8	100	1	33
XA2	R	6	0.11	1	35	30	45	120	80	500	Ja	10	125	30	10	125	1	34
XA3	S	3	0.13	-1	40	40	45	200	80	500	Ja	8	100	40	8	100	2	35
XC1	N	4	0.12	0	25	10	45	100	80	500	Ja	6	75	10	6	75	1	30
XC2	N	4	0.12	0	30	20	45	100	80	500	Ja	8	100	20	8	100	1	33
XC3	N	4	0.12	0	30	20	45	100	80	500	Ja	8	100	30	8	100	1	33
XC4	N	4	0.12	0	30	20	45	100	80	500	Ja	8	100	20	8	100	1	33
XD1	R	6	0.11	1	35	30	45	120	80	500	Ja	10	125	30	10	125	1	34
XD2	S	3	0.13	-1	40	40	45	200	80	500	Ja	8	100	40	8	100	2	35
XD3	S	3	0.13	-1	40	40	45	200	80	500	Ja	8	100	40	8	100	2	35
XF1	N	4	0.12	0	30	20	45	100	80	500	Ja	8	100	20	8	100	1	33
XF2	R	6	0.11	1	35	30	45	120	80	500	Ja	10	125	30	10	125	1	34
XF3	R	6	0.11	1	35	30	45	120	80	500	Ja	10	125	30	10	125	1	34
XF4	S	3	0.13	-1	40	40	45	200	80	500	Ja	8	100	40	8	100	2	35
XS1	R	6	0.11	1	35	30	45	120	80	500	Ja	10	125	30	10	125	1	34
XS2	R	6	0.11	1	35	30	45	120	80	500	Ja	10	125	30	10	125	1	34
XS3	S	3	0.13	-1	40	40	45	200	80	500	Ja	8	100	40	8	100	2	35
Ukendt betondæk	N	3	0.12	0	13	10	25	80	80	120	Ja	4	46	10	4	46	1	27

FIGUR 4.14. Valgliste for Betontype med 18 eksponeringsklasser og et "Ukendt betondæk".

Terrændæk Vælg type af terrændæk og suppler med egen data

Ved gennemførelsen af beregningerne er det vigtigt at forholde sig aktivt til de parametre som er understregt med blå:

Betontype

Eksponeringsklasse

Eksponeringsklasse iht. DS 206

Cementklasse Gyldighedsområde

Betondækkets tykkelse h_b mm

Karat. cylindertrykstyrke f_{ck} MPa

Relativ luftfugtighed RF_{luft} %

Swindtid t_s døgn

Elasticitetskoef. Beton E_b MPa

Materialekonst. for beton N_b

Det er specielt vigtigt at forholde sig

Armering

Armeringsdiameter d_s mm

Afstand mellem armering: Δb mm

Dæklagstykkelse h_d mm **#VALUE!** der mangler at blive indtastet dæklagstykkelse

Ligger x-armeringen øverst? ja/nej

Antal armeringsnet n_{arm} stk. Gyldighedsområde

Armeringsprocent A_{rpr} %

Elasticitetskoef. Stål E_s MPa

Dynamisk viskositet af luft μ kg/(m * s)

FIGUR 4.15. Eksempel på inputdata for terrændæk. Parametrene med blå understregning kræver særlig opmærksomhed.

Bygningsdata

Bygningsdata er opdelt i "indtastede bygningsdata" og "beregneede bygningsdata". Under bygningsdata indtastes oplysninger om det eller de rum som risikovurderingen foretages i forhold til, herunder anvendelse, højde, bredde og længde samt luftskifte og trykforskel over terrændækket.

Under beregnede data gives beregnede oplysninger om revnedannelse i terrændækket og volumenstrømmen igennem terrændækket. Hvis disse parametre er målt i felten, er det muligt at indtaste dem i de hvide felter.

Bygningsdata	Indtast bygnings data	Beregneede bygningsdata	Anvend beregnede bygningsdata, eller indtast målte data	Bemærkning	Bemærkninger: Bygningsdata f.eks. Luftskifte og trykforskel Beregneede revnevidder og -længder Luftstrøm gennem betondækket		
Rumtype/anvendelse							
Lofthøjde	L_h	2,3 m	Revnevidde	w	0,199	0,199	< 0,40 mm
Luftskifte	L_s	1,3E-04 s ⁻¹	Gennemsnitlig Revneafstand	l_w	583	583	mm
Gulvbredde (x-retning)	l_b	10 m	Total revnelængde	l_{tot}	81	76	m
Gulvlængde (y-retning)	l_l	5 m	Vol. strøm gennem beton	Q_b	0,000114		m ³ /s
Trykforskel over betondæk	ΔP	2 Pa	Vol. strøm gennem beton pr. m	Q_b	2,27E-06		m ³ /(s · m ²)

FIGUR 4.16. Eksempel på input for bygningsdata (hvide felter) og beregnede bygningsdata (mørkegrå felter).

Bemærkningsfeltet kan anvendes til at beskrive/begrunde de valgte inputdata.

4.5.3 Forureningsdata

Forureningsdata, f.eks. poreluftkoncentrationer, overføres fra fugacitetsmodulet (Enkeltstoffer) til indeluftmodulet.

I dataark for enkeltstoffer defineres for hvert målepunkt, hvilke endelige koncentrationer, der anvendes i de efterfølgende beregninger. Hvis der er målt en poreluftkoncentration, anvendes denne, ellers anvendes en poreluftkoncentration beregnet fra en vandprøve, eller som sidste mulighed en poreluftkoncentration beregnet fra en jordprøve.

I eksemplet i FIGUR 4.17 anvendes en overført beregnet koncentration for VC på 45,5 µg/m³ ud fra en grundvandsprøve B7 med et indhold af VC på 0,04 µg/l. For phenol regnes med en egen indtastet værdi på 200 µg/m³ og der anvendes målte koncentrationer fra poreluftpunkt PL2 på henholdsvis 890 µg TCE/m³ og 12,5 µg benzen/m³. Regnearket viser ofte værdier med flere decimaler, mens det som vist i FIGUR 3.19 er muligt at kontrollere antallet af betydende cifre i udskriften.

Forurening		Data for forureningen er overført fra fugacitetsmodulet				Bemærkning	
Stofnavn		Trichlorethylen	Phenol	Vinylchlorid	Benzen		
Målepunkt							
Dato							
Poreluftkoncentration	C _L	890	18,19378225	45,55649849	12,5	µg/m ³	
Test af andre værdier			200			µg/m ³	
Diffusionskoefficient i luft	D _L	7,17E-06	8,47E-06	1,04E-05	9,30E-06	m ² /s	
Beregning: Indeluft							
Stoffluxgennem beton	J	6,99E-07	1,80E-08	1,86E-07	5,19E-08	1,27E-08	mg/(s · m ²)
Poreluftconc. under gulv	C _p	7,61885198	56,31300578	14,63440172	3,74177313		µg/m ³
Diffusivt bidrag til indeluft	C _{di}	0,003535496	0,030875857	0,009844318	0,00225182		µg/m ³
Totalt bidrag til indeluft	C _i	0,058193188	0,43486571	0,114831607	0,029095323		µg/m ³
Afdampningskriterie		1	20	0,04	0,13		µg/m ³
Overskridelse af kriteriet		Nej	Nej	2,870790173	Nej		gange
Anvendt Brugerdata		Ja, se bemærkning	Ja, se bemærkning	Nej	Nej		
Reduktionsfaktor (fra poreluftpunkt til indeluft)	RF	15294	42	397	430		Gange
Dæmpning over betondæk		131	129	127	129		Gange

FIGUR 4.17. Eksempel på forureningsdata overført fra fugacitetsmodulet samt indtastning af en anden poreluftkoncentration (lilla markering) og en målt forureningsflux gennem beton-gulvet (rød markering).

Baggrundskoncentration og test af andre værdier

Det beregnede bidrag til indeluften vises, så snart der er indtastet data for jordlagene og bygningsoplysninger, idet koncentrationerne automatisk hentes fra fugacitetsmodulet.

Der er mulighed for at afprøve andre poreluftkoncentrationer f.eks. 200 mg/m³ (markeret med lilla i figuren ovenfor) beregningen foretages med en indtastet værdi i stedet for værdien fra fugacitetsmodulet.

I begge tilfælde vises det med rødt, at brugerdata er anvendt og brugeren bør indtaste en bemærkning i bemærkningsfeltet.

Hvis der er foretaget målinger af stoffluxen igennem betonen f.eks. med foliemetoden, er der mulighed for at medtage resultatet af fluxmålingerne i beregningerne med terrændæk (markeret med rødt i FIGUR 4.17).

4.6 Beregninger med vinylchlorid

JAGG2025 og tidligere versioner heraf kan alene benyttes som risikovurderingsværktøj hvis indsviningen af VOC'er til bygningen sker som en fladepåvirkning via betondækket til indeluften. Bidrag fra aktive spredningsveje som fra f.eks. kloak indgår ikke i beregningen. Specielt for Vinylchlorid (VC) har denne begrænsning betydning, idet VC bl.a. potentielt kan dannes i spildevandsystemet og dermed i endnu højere grad kan påvirke indeluften via faldstammer og vandlåse.

For beregninger med VC i indeluftmodulet og krybekældermodulet, skal det derfor i JAGG2025 via 'Bemærkningsfunktionen' bekræftes, at JAGG-beregningen foretages for en VC-fladeforurening. Samtidig skal det beskrives hvordan bidrag (hvis relevant) fra direkte spredningsveje er inddraget i risikovurderingen. Hvis forholdene ikke adresseres i 'bemærkningsfeltet', så vil den efterfølgende beregning ikke blive gennemført, se tilsvarende afsnit 4.4 vedr. alarmer.

4.7 Beregninger med oliekomponenter

Der ikke foretaget ændringer i beregningsmodulet for oliekomponenter og deraf fasefordelingen af de respektive oliekomponenter.

Der er i JAGG2025 kun foretaget ændringer i Olie-modulets fagmoduler for indeluft terrændæk og indeluft-krybekælder tilsvarende de ændringer, der er afledt af det opdaterede beregningsgrundlag for en revnestyret betondæk konstruktion. Disse forhold er behandlet i kapitel 4 og de layoutmæssige rettelser i krybekældermodulet er behandlet i kapitel 5.

5. Krybekældermodulet

5.1 Ændringer for indeluft – krybekælder

Opdateringen af krybekældermodulet fra JAGG2.1 til JAGG2025 er forholdsvis begrænset og omfatter følgende (se uddybning i det efterfølgende):

1. Muligheden for at anvende membran under/i kældergulvet er fjernet.
2. For gulvet i krybekælder indeholder JAGG2025 kun mulighed for at vælge én type betondæk; alternativt vælges ikke beton, svarende til at gulvet i krybekælder er jord.
3. Ændring af layout af indtastningsarket, for bedre at understøtte brugerens forståelse for hvilke data som kan/skal indtastes.
4. Indførelse af begrebet reduktionsfaktor som er forholdet mellem koncentrationen i poreluften ved målepunktet og indeluften (reduktion i jorden, opblanding i krybekælder og reduktionen over etageadskillelsen mellem krybekælder og indeluft).
5. Indførelse af begrebet dæmpningsfaktor som er forholdet mellem koncentrationen i krybekælderluften og indeluften. I tidligere udgaver af JAGG blev dæmpningsfaktoren benævnt reduktionsfaktor.

1. Membran under/i kældergulve

Muligheden for at medregne en eventuel plast membran ved indsivningen til krybekælder er fjernet. Dette er ændret, da de typisk anvendte membraner i forbindelse med opbygning af en krybekælder konstruktion er en diffusionsåben, vandtæt membran, der lægges på et plant underlag, før klaplagnet (isolering og gulvbeklædning) anlægges; ikke at forveksle med den "dampspærre" som er indbygget i JAGGs indeluftmodul. I JAGG 2.1 var der mulighed for at anvende en forholdsvis diffusionstæt membran under krybekælder, som i kombination med en bagvedliggende forkert beregningstilgang, dermed resulterede i en ikke korrekt stor dæmpning.

2. Betondæk

I JAGG's krybekældermodul regnes der udelukkende på den diffusive transport mellem poreluftforureningen og luften i krybekælder. Da diffusion gennem et betondæk ikke er afhængig af revnedannelsen i betonen, men udelukkende af betondækkets tykkelse, er det valgt kun at medtage én type betondæk i valglisten.

3. Ændringer i layoutet af indtastningsarket

Der er to væsentlige ændringer i indtastningsarket.

- Som for terrændækket, er det muligt enten at indtaste en jordlagstykkelse eller at indtaste dybden til laggrænserne, se afsnit 5.3.1.
- Til hjælp for forståelsen af indtastningen af lagtykkelser, er der opstillet en interaktiv figur der illustrerer de indtastede værdier, se afsnit 5.3.2.

4. Reduktionsfaktor (RF)

I lighed med indeluft-terrændæk modulet er der i krybekældermodulet tilføjet en beregning af reduktionsfaktoren (RF) for forholdet imellem koncentrationen i poreluftmålepunktet og indeluften. RF er poreluftskoncentrationen (C_L) divideret med indeluftkoncentrationen (C_i). $RF = C_L / C_i$

5. Dæmpningsfaktor (DF)

Begrebet "dæmpningsfaktor (DF)" er indført i JAGG2025 til at beskrive forholdet mellem luftkoncentrationen i krybekælder (C_{kr}) og indeluften (C_i). $DF = C_{kr} / C_i$

5.2 Konceptuel model for beregning med krybekældermodul

Som i tidligere versioner af JAGG tager beregninger i krybekældermodul udgangspunkt i følgende konceptuelle tolkning:

- Spredning i jorden:
Forureningsspredning fra forureningskilden i jorden (C_L) til indeluften i krybekælderens (C_{kr}) sker udelukkende som diffusiv transport, idet det antages, at der ikke er et undertryk i krybekælderens i forhold til udeluften. Den diffusive beregning medtager jordlagene mellem forureningskilden samt eventuelt betongulv i krybekælderens.

Ved diffusionsberegningen antages det at koncentrationen i krybekælderens er \ll end koncentrationen ved kilden. Ved diffusionsberegningen antages koncentrationen derfor at være $= 0 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

- Spredning i krybekælderens
Forureningens indtrængning i krybekælderens regnes som total opblanding i den del af krybekælderens der indgår i beregningen. Den mængde forurening der siver ind i krybekælderens (J_z) opblandes i den luftmængde der løber gennem krybekælderens (Q_{kr}).

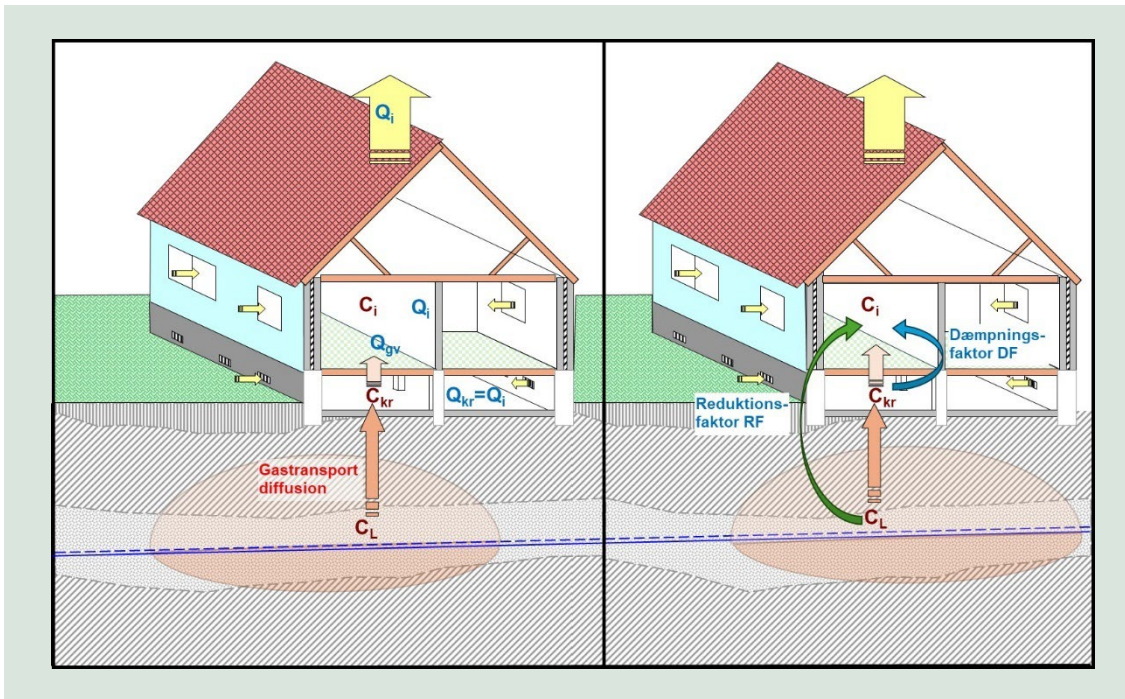
Som udgangspunkt sættes luftflowet gennem krybekælderens til det samme som luftflowet i indeluften. Hvis der ønskes et andet luftflow for krybekælderens, kan dette ændres ved at indtaste et andet luftskiftet end det beregnede som beskrevet i afsnit 5.3.2.

Koncentrationen i krybekælderens (C_{kr}) beregnes som forureningsfluxen ind i kælderens (J_z) divideret med luftflowet gennem kælderens (Q_{kr}): $C_{kr} = J_z / Q_{kr}$

- Luftflow over etageadskillelsen
Ud fra typen af etageadskillelsen angives en dæmpningsfaktor over etageadskillelsen (DF).

Hvis luftflowet over etageadskillelsen er bestemt, kan det målte luftflow indtastes, hvilket naturligvis vil ændre dæmpningsfaktoren. Der er to begrænsninger for luftflowet over etageadskillelsen 1) det kan ikke blive større end luftflowet i krybekælderens, da der i givet fald ikke vil være luftskifte nok i krybekælderens til at give den pågældende luftmængde, og 2) luftflowet over etageadskillelsen kan ikke blive større end luftflowet i indeluften.

- Påvirkningen af indeluften
Indeluftbidraget beregnes ud fra luftkoncentrationen i krybekælderens og dæmpningsfaktoren over etageadskillelsen. $C_i = C_{kr} / DF$.



FIGUR 5.1. Konceptuelle betragtninger i forhold til beregning der udføres med fagmodul et krybekælder.

Som udgangspunkt anbefales det at beregninger med krybekældermodul foretages for den samlede bygning (samlede bygningsareal) som er beliggende over krybekælderen. Man kan foretage beregningerne for enkelte rum, men denne tilgang anbefales ikke.

5.3 Beregninger for bygninger med krybekælder

Efter indtastning af lokalitetsdata på opstartssiden og forureningsdata i fugacitetsmodul, kan der foretages en beregning af konsekvenserne for indeluften.

Efterfølgende skal man derpå vælge beregningssituationen for bygninger med krybekælder.

5.3.1 Indtastning af jordlag

Den umættede zone, som forureningen skal afdampe igennem, skal indledningsvis beskrives. Beregningsmæssigt, medtaget et eventuelt krybekældergulv i beton som var det et jordlag imellem forureningen og krybekælderen.

Der kan indtastes oplysninger for op til 4 forskellige jordlag.

For hvert lag vælges typen som standardtyper ved at klikke på knappen [**Krybekældergulv**], eller [**Jordtype**]. Alternativt kan der vælges lag fra [**Egen Liste**], eller der kan manuelt indtastes værdier i de hvide felter.

Anvendelse af standardliste, vedligeholdelse af egen liste, bemærkningsfelt og nulstilling er beskrevet i kapitel 3.

Beregning af indeluftkoncentration i bygning med krybekælder

Lokalitetens navn:

Adresse: Postnr./By:

Lokalitetens nummer: Projektnr.:

For terrændæk/kælder: benyt knap til højre

Beregning udføres for:

Enkeltstoffer	Dataark	Grundvand
Overfør værdier	Udskrift	Udeluft
Nulstil værdier	Vejledning	Vertikal transport
Terrændæk		

Ventileret krybekælder

Jordparametre og gulv i krybekælder Indtast data om krybekælderens gulv og om jordlag
 Beregning af indsvævning til krybekælder medtager kun diffusion. Der regnes således ikke på trykforskel mellem poreluft og krybekælder.

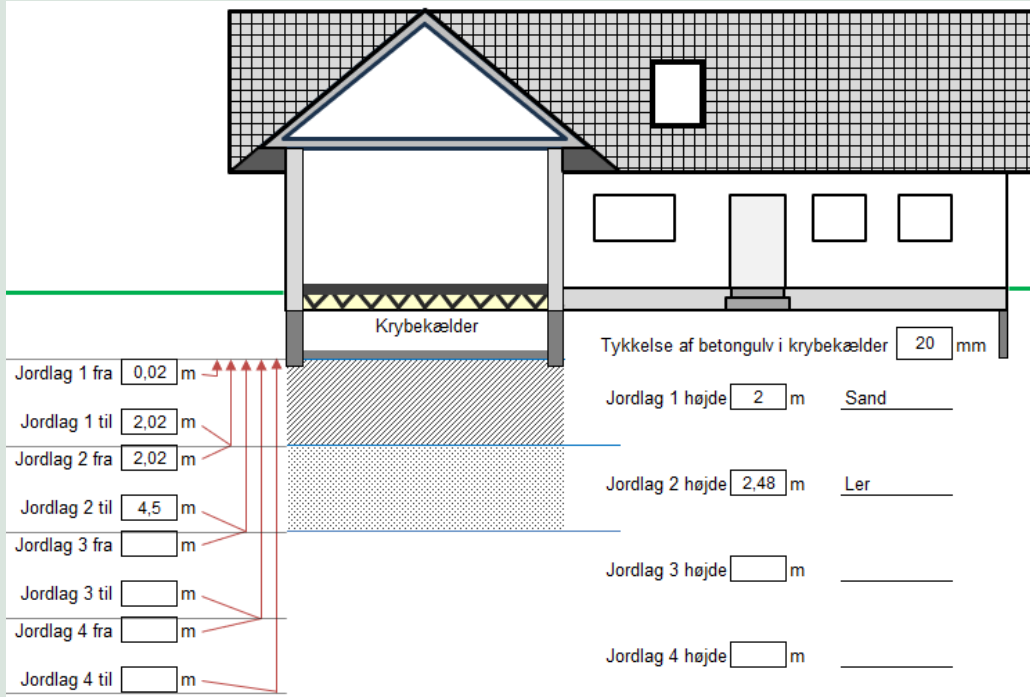
Krybekældergulv		Gulvtype			Gulvtykkelse (mm)		Materialekonstant		
<input type="text" value="Egen liste"/>	<input type="text" value="Krybekældergulv af beton"/>	<input type="text" value="Sand"/>	<input type="text" value="Lermuld"/>	<input type="text" value="0,02"/>	<input type="text" value="2,02"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="0,002"/>		
Jordtype		Jordlag Dybde fra (m u.gulv)	Jordlag Dybde til (m u.gulv)	Lagtykkelse (m)	Poreluftvolumen V_L	Vandindhold V_V	Samlet porøsitet $\approx V_L + V_V$	Volumen af jordskellet V_J	Materialekonstant
Jordtype					0,0 - 0,45	0,05 - 0,35			
Egen liste					0,3	0,15	0,45	0,55	0,1095
Jordtype					0,0 - 0,2	0,25 - 0,35			
Egen liste					0,1	0,3	0,4	0,6	0,0079
Jordtype									
Egen liste							0	1	0,0000
Jordtype									
Egen liste							0	1	0,0000
Samlede lagtykkelse				<input type="text" value="4,5"/>	m		Samlet materialekonstant K_w		<input type="text" value="0,002924"/>

Bemærkning

FIGUR 5.2. Eksempel på input data til indeluft beregning med krybekælder.

For krybekældergulvet indtastes tykkelsen i mm. For jordlagene indtastes dybden som jordlaget går til. Dybden angives i enten meter under gulvet eller som en lagtykkelse. Tykkelsen af de individuelle lag vises automatisk, som f.eks. vist ovenfor, hvor sandlaget fortsætter til 2,0 m u. gulv under et 20 mm krybekældergulv. Tykkelsen af sandlaget er 2,0 m, herunder er et lerlag med en tykkelse på 2,5 m ned til målepunktet. Den samlede lagtykkelse er 4,5 m. Indtastningen af lagtykkelserne illustreres tilsvarende i den interaktive figur som fremgår af FIGUR 5.3.

Beregningsmæssigt er der indlagt en minimumsgrænse i den samlede lagtykkelse på 0,1 m, inkl. et evt. betongulv. For meget små lagtykkelser, så vil der opstå en beregningsmæssig (men fysisk urealistisk) situation hvor koncentrationen i krybekælderens bliver højere end i poreluften. For at undgå dette, er begrænsningen med en minimum lagtykkelse på 0,1 m indført.



FIGUR 5.3. Eksempel på interaktiv figur der illustrerer de indtastede lagtykkelser.

Hvis der ikke vælges en jordtype eller der indtastes en fejl ved dybdeangivelse ses fejlmeddelelser som f.eks. illustreret i FIGUR 5.4.

Ventileret krybekælder

Jordparametre og gulv i krybekælder Indtast data om krybekælderens gulv og om jordlag

Beregning af indsvingning til krybekælder medtager kun diffusion. Der regnes således ikke på trykforskel mellem poreluft og krybekælder.

Bemærkning

Gulvtype		Gulvtykkelse (mm)		Materialekonstant							
Krybekældergulv	Krybekældergulv af beton	20		0,002							
Egen liste											
Jordtype	Jordlag Dybde fra (m u. gulv)	Jordlag Dybde til (m u. gulv)	Lagtykkelse (m)	Poreluftvolumen V_L	Vandindhold V_V	Samlet porøsitet $\approx V_L + V_V$	Volumen af jordskellet V_J	Materialekonstant			
Jordtype			2			0	1	0,0000	Fejl! Jordtype mangler		
Egen liste			2								
Jordtype	Ler	2,02	0	-2,02	0,00 - 0,25 0,1	0,20 - 0,40 0,3		0,4	0,6	0,0079	Der mangler indtastning af jordlagstykkelse, eller den nedre laggrænse af jordlaget
Egen liste											
Jordtype			0					0	1	0,0000	
Egen liste											
Jordtype			0					0	1	0,0000	
Egen liste											
Samlede lagtykkelse skal være >0,1		Samlede lagtykkelse		0 m		FEJL!! Der er jordlag med negativ højde		Samlet materialekonstant K_w		-0,004107	

FIGUR 5.4. Eksempel på fejlmeddelelse i forbindelse med krybekældermodulet.

Bemærkningsfelterne kan anvendes til en beskrivelse af de valgte inputdata.

5.3.2 Indtastning af oplysninger om bygningsdata

Bygningsdata

Bygningsdata indeholder oplysninger om det/de rum der er over krybekælderens og dermed om det eller de rum som risikovurderingen foretages i forhold til, herunder anvendelse, højde, bredde, længde samt luftskifte. Det anbefales at risikovurderingen foretages samlet for de rum

der ligger over en krybekælder eller et krybekælderafsnit. Bygningsdataene anvendes til at beregne det samlede luftflow gennem rummene, der udgør fortyndingen i indeluften ved beregningen af indeluftkoncentrationen.

Bygningsdata		Indtast data om stueetagen		Bemærkning	Data for krybekælder		
Rumtype/anvendelse							
Loftshøjde	L_h	2,3	m	Bemærk at ved nybyggeri skal luftskiftet eventuelt ændres.	Loftshøjde	$L_{h,kr}$	
Gulvbredde	l_b	5	m		Gulvbredde	$L_{b,kr}$	5
Gulvlængde	l_l	5	m		Gulvlængde	$l_{l,kr}$	5
Luftskifte	L_s	8,33E-05	s^{-1}		Luftskifte	$L_{s,kr}$	
Luft strøm i stueetage	Q_{inde}	0,004792	m^3/s		Luft strøm i krybekælder	Q_{kr}	0,004792

FIGUR 5.5. Eksempel på input data for beboelses rum over krybekælder.

Bemærkningsfeltet kan anvendes til en beskrivelse af de valgte inputdata.

Krybekælder

Data for krybekælder indeholder oplysninger om krybekælderen herunder etageadskillelsen mellem krybekælder og opholdsrum, højde, bredde og længde samt eventuelt luftskifte. Værdierne anvendes til at beregne det samlede luftflow i krybekælderen.

Som det fremgår af alarmen nedenfor, så skal højden af krybekælderen (loftshøjden) indtastes.

Bredde og længde sættes automatisk til de samme værdier som under bygningsdata, men kan tilsvarende indtastes manuelt. Hvis der indtastes værdier, hvormed krybekælderen udgør et større areal end værdierne fra bygningsdata, så fremkommer der en alarm som vist i FIGUR 5.6. Alarmen angiver, at gulvbredden/gulvlængden i krybekælderen ikke må være større end i stueetagen.

Luftflowet gennem krybekælderen (Q_{kr}) sættes lig luftflowet gennem stueplan (Q_{inde}). Ud fra luftflowet og krybekælderen's volumen (højde, bredde og længde) udregnes luftskiftet. Det er muligt at indtaste et andet luftskifte, hvormed luftflowet gennem krybekælderen (Q_{kr}) ændres.

Data for krybekælder		Indtast data om krybekælderen		Bemærkning
Loftshøjde	$L_{h,kr}$		m	Der mangler indtastning af højde af krybekælder
Gulvbredde	$L_{b,kr}$	5	6	Gulvbredden i krybekælderen må ikke være større end gulvbredden i stueetagen.
Gulvlængde	$l_{l,kr}$	5		
Luftskifte	$L_{s,kr}$		s^{-1}	
	Q_{kr}	0,004792	m^3/s	

FIGUR 5.6. Eksempel på input data og fejlmeddelelse i forbindelse med krybekældermodul.

Der er flere forskellige kombinationer af data som kan have indflydelse på luftflowet over etageadskillelsen mellem kælder og indeluft (nummereringer er angivet med rød cirkel i FIGUR 5.7):

Man kan vælge at anvende en dæmpningsfaktor (DF) over etageadskillelsen. Ud fra denne og luftskiftet i indeluften beregnes det nødvendige luftflow over etageadskillelsen (Q_{gv}).

1. Der vælges en etageadskillelse fra valglisten ("træ med indskud" eller "betondæk") hvilket giver en dæmpningsfaktor (DF) på henholdsvis 1 eller 10.
2. Der kan manuelt indtastes en dæmpningsfaktor (DF). Hvis der indtastes en dæmpningsfaktor der er mindre end 1, vil der komme en advarsel i det luftflowet over etageadskillelsen (Q_{gv}) bliver større end luftflowet i indeluften (Q_{inde}).

Man kan tilsvarende vælge at indtaste luftflowet over etageadskillelsen (Q_{gv}) og ud fra dette beregne dæmpningsfaktoren (DF).

3. Det samlede luftflow gennem etageadskillelsen mellem krybekælder og stueetage (Q_{gv}) kan indtastes. Hvis det indtastede luftflow er større end det samlede luftflow i stueetagen (Q_{inde}) gives en advarsel. Der gives ligeledes en advarsel hvis det indtastede luftflow er større end det samlede luftflow i krybekælderen (Q_{kr}).

FIGUR 5.7. Eksempel på input data for beregning af bidraget fra krybekælder til indeluft.

Bemærk! Hvis det er valgt at anvende en dæmpningsfaktor (DF), så bliver den beregnede dæmpningsfaktor ④ det samme som den valgte ①, se FIGUR 5.8. Hvis der er indtastet et eget valgt luftskifte for krybekælderen ⑤, der er lavere end det luftskifte som er nødvendigt for den valgte dæmpningsfaktor ①, så ændres den beregnede dæmpningsfaktor ④. Den beregnede dæmpningsfaktor ④ vil være den der anvendes til beregning af indeluftkoncentrationen (C_i).

FIGUR 5.8. Eksempel på hvordan dæmpningsfaktoren kan ændres ved et lavere luftskifte i krybekælderen.

5.3.3 Forureningsdata

Indtastning af forureningsdata foregår på samme måde, hvad enten der gennemføres beregning ift. terrændæk eller krybekælder. Se afsnit 4.5.3.

5.3.4 Beregning af indeluftbidrag til krybekælder og indeluft

Som i de øvrige fagmoduler er det muligt at teste andre kildestyrkekonzentrationer ved, at indtaste en værdi under "test af andre værdier", se eksemplet for PCE (tetrachlorethylen) i FIGUR 5.9.

Hvis der er foretaget målinger af luftkoncentrationen i krybekælderen, er der mulighed for at indtaste og foretage beregningerne med de målte koncentrationer, se eksemplet for TCE (trichlorethylen) i FIGUR 5.9.

Forurening		Data for forureningen er overført fra fugacitetsmodulet			
Stofnavn		Tetrachlorethylen	Trichlorethylen	cis-1,2-Dichlorethylen	
Målepunkt					
Dato					
Poreluftskoncentration	C_L	6000	1000	100000	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Test af andre værdier		100			$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Diffusionskoefficient i luft	D_L	6,38E-06	7,17E-06	8,35E-06	m^2/s
Beregning: Indeluft					
Luft konc. i krybekælder	$C_{k\text{-bereg}}$	2,796581816	31,41795574	3657,695703	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	$C_{k\text{-målt}}$		62		$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Totalt bidrag til indeluft	C_i	0,729543082	16,17391304	954,1814878	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Afdampningskriterie		6	1	400	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Overskridelse af kriteriet		Nej	16,17391304	2,38545372	gange
Anvendt Brugerdata		Nej	Ja, se bemærkning	Nej	Nej
Reduktionsfaktor	RF	137	62	105	#VALUE!
(fra poreluftpunkt til indeluft)					Gange
Dæmpning til krybekælder		36	16	27	#VALUE!
(fra poreluftpunkt til krybekælder)					Gange

FIGUR 5.9. Eksempel på beregning af bidrag til krybekælder og indeluft med beregnede eller egne indtastede værdier.

6. Ordliste vedr. betontermer

TABEL 6.1. Ordliste vedr. betontermer.

Ord	Fork.	Beskrivelse
Armeringsprocent	(Arpr)	Udtryk for hvor meget jern/armering der indgår i konstruktionen.
Autogent svind		Svind der optræder ved konstant temperatur, uden at der udveksles stof med omgivelserne. Angives i procent.
Cementklassen		Cementklassen refererer til cementens styrke, der angives i styrkeklasser som f.eks. CEM 32,5, CEM 42,5 og CEM 52,5, hvor CEM 32,5 er den svageste og CEM 52,5 er den stærkeste.
Dæklagstykkelse	(h_d)	Udtryk for afstand fra overside af betondækket og indtil placering af øverste armeringsnet (hvor dybt er den øverste del af armeringen placeret "nede" i betondækket)
Eksponeringsklasse		En opdeling af betontyper der følger de Europæiske standarder for beton. Den gamle danske inddeling i fire miljøklasser (Passiv, Moderat, Aggressiv og Ekstra aggressiv) erstattes af 18 eksponeringsklasser iht. DS206.
Elasticitets koefficient		Karakteristisk cylindertrykstyrke bruges til dimensionering og kvalitetskontrol i byggeri og sikrer, at materialet opfylder de krævede styrkekriterier.
Beton og Stål	(E_b) (E_s)	I JAGG beregningerne indgår elasticitets koefficient for både beton (E_b) og for armeringen/stål (E_s)
Krybning		Når et betonlegeme påføres en kraft, vil der ske en momentan deformation, men med tiden vil denne deformation vokse, selv ved uændret last. Dette kaldes krybning. Det betyder f.eks., at en betonbjælke påvirket af sin egenvægt med tiden vil kunne få en større nedbøjning. Betonens krybetøjning (= tidsafhængig tøjning) angives i procent.
Kvadratrodsformlen		Populært navn for beregninger udført efter betonstandarden DS/EN 1992-1-1 til beregning af betonens svind og revnevidder.
Karakteristisk cylindertrykstyrke	(f_{ck})	Udtryk for betonens styrke. Ved byggeri anvendes den karakteristiske cylindertrykstyrke til dimensionering og kvalitetskontrol og sikrer, at materialet opfylder de krævede styrkekriterier. Angives i MPa.
Revnesystemer		
Fine revnesystem		Som <u>udgangspunkt</u> er det fine revnesystem relateret til revner i betonoverfladerne (top og/eller bund), hvor de ikke optræder som gennemgående revner i betonkonstruktionen.
Grove revnesystem		Det grove revnesystem er relateret til revner i betonkonstruktionen, der er gennemgående fra over- til undersiden af betondækket.
Svind		Reduktion af enten længde eller volumen af et materiale, som følge af ændringer i fugtindholdet eller kemiske ændringer. Betonens svind angives i procent. Svind kan bl.a. optræde som udtørringssvind relateret til mængden af cement (cementklassen).
Svindtid	(t_s)	Den tidsperiode som svindet foregår over. Svindtiden angives i døgn.
Tøjning		Et begreb i mekanik der beskriver et materiales relative forlængelse (deformation) som følge af en påtrykt mekanisk spænding.

7. Referencer

- /1/ Manual for program til risikovurdering – JAGG 2.1. Miljøprojekt nr. 1880. September 2016.
- /2/ Erfaringsbaserede reduktionsfaktorer for poreluftbidrag til indeluften når der er in-situ støbt betondæk – Erfaringer fra 161 danske lokaliteter. Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer. Teknik og Administration, Nr. 1 2023.
- /3/ Vejledning nr. 7. Oprydning på forurenede lokaliteter – Appendikser. Miljøstyrelsen, 1998.

JAGG2025 – Opdatering af indeluftmodul

Formålet med opdateringen af JAGG's indeluftmodul er at forbedre, opdatere og fremtidssikre beregningsgrundlaget for betonforhold i JAGG ift. bestemmelse af revner i en revnes-tyret betondæk konstruktion, når der foretages beregningsmæssig risikovurdering over for indeluften.

Når der skal risikovurderes på transport af en jord- eller grundvandsforurening og dennes bidrag til indeluften via et betondæk, skal der være særligt fokus på revnedannelsen i betondækket.

Under hærdningen af et betonemne opstår der spændinger i betonen, som gør at betonemnerne svinder (bliver lidt mindre), når cementen hærdner og betonen tørrer. Det giver anledning til en revnedannelse. Beton er tæt imellem revnerne, men lufttransporten igennem revnerne stiger eksponentielt med revnevidden. Et betondæk er således mere lufttæt hvis det har flere små revner end nogle få store. Hvis der ønskes en relativ tæt betonkonstruktion, så skal revnedannelsen i betonen altså styres ved, at revnevidden styres af armeringen således at disse er tilpas små. For at opnå tæthed af en jernarmeret betonkonstruktion (beton med indstøbte stålstænger), så skal styrken af de modsatrettede "kræfter" af beton og armering være i en balance. I kontekst af indeluftrisiko/-sikring afgøres den tilstræbte tæthed af økonomi og behovet for beskyttelse mod indtrængning.

I jernarmeret beton kan styrkebalancen imellem beton og armering konceptuelt betragtes som et tovtrækkeri, hvor armering og beton kæmper om at være stærkest/stives.

Formålet med opdateringen af formelapparatet i JAGG er derfor at sikre retvisende beregninger af revnedannelsen i betondækket og deraf bestemmelsen af indsivningen af poreluft til indeluften.

JAGG2025 er udarbejdet af COWI A/S.



Miljøstyrelsen
Lerchesgade 35
5000 Odense C

www.mst.dk