

NILU : OR 59/93

NILU : OR 59/93
REFERANSE : O-93045
DATO : DESEMBER 1993
ISBN : 82-425-530-6

Tunggassmodellen INSGAS

**Programbeskrivelse og
brukerveiledning**

Sam-Erik Walker

Innhold

	Side
Sammendrag	3
1. Innledning	5
2. Menystruktur.....	6
3. Beskrivelse av inngangsdata.....	7
3.1. Beskrivelse av modellparametre del 1	7
3.2. Beskrivelse av modellparametre del 2.....	8
3.3. Beskrivelse av kjøreparametre	9
4. Eksempler på kjøring.....	10
4.1. Eksempel 1	10
4.2. Eksempel 2.....	12
5. Beskrivelse av resultatfilen.....	14
5.1. Resultatlinjer fra tunggassdelen av programmet.....	15
5.2. Resultatlinjer fra den passive spredningsdelen av programmet	15
6. Referanser	15
Vedlegg A: Beskrivelse av tunggassmodellen	17

Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har utviklet et program for beregning av spredning av tunge og kalde gasser i atmosfæren som følge av et tenkt kortvarig (instantant) utslipp (INSGAS).

Programmet er basert på en modell opprinnelig utviklet av Karl J. Eidsvik. Modellen beskriver horisontal og vertikal spredning av en tung og kald gassky som følge av tyngdekraftens innvirkning (fall av skyen), og som følge av temperaturøkning i gassen, forårsaket av oppvarming fra inntrengende luft.

Rapporten beskriver programmet og inngangsparametre som inngår i modellen. Eksempler på kjøring av programmet med resultater gis. De matematiske ligningene blir løst ved bruk av det matematiske subrutinebiblioteket NAG.

Programmet er interaktivt, slik at brukeren via en eller flere menyer kan spesifisere inngangsdata til modellen.

Programmet gir en mulighet for overgang til passiv spredning av gasskyen (Gaussisk spredning). Dette kan skje enten på et spesifisert tidspunkt, eller når den relative tetthetsforskjellen mellom gassen og luften er kommet under en gitt nedre grense. Teorien som brukes i den passive spredningsfasen er også beskrevet.

Tunggassmodellen INSGAS

Programbeskrivelse og brukerveiledning

1. Innledning

Programmet INSGAS er et program utviklet ved Norsk Institutt for Luftforskning (NILU) for beregning av spredning av tunge og kalde gasser i atmosfæren som følge av et tenkt kortvarig (instantant) utslipp.

Slike uhellsutslipp kan forekomme f.eks. i forbindelse med oppbevaring og lagring av forskjellige typer gasser til bruk i industriell virksomhet. Eksempler på slike gasser kan være klor, metan, propan, butan osv. Forekomst av denne typen gasser i atmosfæren kan selv i lave konsentrasjoner representere en fare for befolkningen i de områder som blir berørt. Programmet beregner konsentrasjonen i en slik gassky som funksjon av avstanden fra kilden og kan derfor benyttes til å anslå omfanget av eller faren knyttet til slike utslipp.

Programmet er basert på en teori utviklet av Karl J. Eidsvik (Eidsvik (1980)). Modellen beskriver horisontal og vertikal spredning av en tung og kald gassky som følge av tyngdekraftens innvirkning, og som følge av temperaturøkning i gassen ved oppvarming fra inntrengende luft fra siden og ovenfra, samt ved oppvarming fra bakken.

Programmet inneholder også en mulighet for overgang til passiv (inert) spredning av gasskyen. Dette kan skje enten på et spesifisert tidspunkt eller når den relative tetthetsforskjellen mellom gassen og luften er blitt tilstrekkelig liten. Den passive spredningsfasen er basert på vanlig Gaussisk spredning av gasskyen (Bøhler (1987)).

INSGAS er skrevet i standard Fortran 77. Programmet er laget som et interaktivt program slik at brukeren via en eller flere menyer kan spesifisere de nødvendige inngangsparametre til modellen. Løsning av ligningene i modellen skjer ved kall på rutiner i det matematiske subrutinebiblioteket NAG.

Kapittel 2 gir en beskrivelse av menystrukturen i programmet. Kapittel 3 inneholder en beskrivelse av alle inngangsparametre til modellen. Eksempler på kjøring av programmet med resultater er gitt i kapittel 4, mens kapittel 5 inneholder en nærmere beskrivelse av resultatdata fra programmet.

Vedlegg A gir en beskrivelse av de matematiske ligningene som inngår i tunggassmodellen og i den passive spredningsmodellen.

2. Menystruktur

Programmet startes ved å skrive

insgas

med små bokstaver og trykke RETURN. Deretter kommer programmets hovedmeny opp på skjermen.

Hovedmenyen består av tre undermenyer og et valg for start av modellberegningene.

1. Valg av modellparametre (del 1)
2. Valg av modellparametre (del 2)
3. Valg av kjøreparametre
4. Start av beregningene

En undermeny velges ved å taste det tilhørende tallet (1-3) og trykke RETURN. Start av modellberegningene utføres ved å taste 4 og trykke RETURN.

Fra en undermeny kommer man tilbake til hovedmenyen igjen ved å taste 0. Ved å taste 0 på hovedmenyen stopper programmet.

De to første undermenyene gir mulighet for å spesifisere forskjellige modellparametre. Da det er ganske mange slike parametre er disse splittet i to menyer. Valg av en parameter foretas ved å taste det tallet som står til venstre for parameteren på menyen. Deretter tastes selve parameterverdien inn.

Parametrene kan lagres på en spesifisert fil. Filnavnet må oppgis hver gang man går inn og ut av menyene. Default filnavn er en tom tekststreng dvs. ingen fil for lagring. Dersom et filnavn står i parentes blir dette valgt dersom man trykker RETURN.

En beskrivelse av modellparametrene er gitt i kapittel 3.

Den tredje undermenyen gir mulighet for å spesifisere forskjellige kjøreparametre. Disse adskiller seg fra modellparametrene ved at de mer styrer selve kjøringen av modellen. Et eksempel på en slik parameter kan være f.eks. simuleringstidens lengde. Parametrene som oppgis på denne menyen kan på tilsvarende måte som for modellparametrene lagres på en fil for senere å leses inn igjen.

En beskrivelse av kjøreparametrene er gitt i kapittel 3.

Etter eventuelt å ha valgt parameterverdier under undermenyene 1, 2 og 3 startes beregningene ved å taste 4. Det må da oppgis filnavn for:

- modellparametre
- kjøreparametre
- utskrift av resultatene

Etter å ha spesifisert navn på disse filene starter beregningene automatisk. Data leses inn fra de to førstnevnte filene og resultatene blir skrevet på resultatfilen.

3. Beskrivelse av inngangsdata

Inngangsdata til programmet består av modellparametre og kjøreparametre. Modellparametrene er nærmere beskrevet i avsnittene 3.1 og 3.2, mens kjøreparametrene er beskrevet i avsnitt 3.3.

3.1. Beskrivelse av modellparametre del 1

Følgende parametre gis verdier i delmeny 1 (i parentes angis navn på parameter som blir brukt av programmet samt eventuelt enhet):

1. Identifikasjon av kjøringen (maks. 14 tegn).

Dette er en tekststreng som kan brukes til å identifisere det som modellparametrene representerer. Tekststrengen blir skrevet ut på resultatfilen. Et eksempel på identifikasjon kan f.eks. være "Uhell Rafnes 1".

2. Massen til gassutslippet (MGAS i kg).

Dette er den totale mengden gass som slippes ut.

3. Molekylvekten til gassen (AMOLG).

Dette er molekylvekten til gassen, dvs. hvor mye et molekyl av gassen veier. F.eks. klor (Cl_2) har molekylvekt 70 (2×35) siden kloratomet har vekt 35.

4. Initielt forhold mellom høyde og radius til gasskyen (RATIO).

Gasskyen regnes hele tiden å ha form av en sylinder. Dette tallet oppgis som det initielle forholdstallet mellom høyde og radius i sylindere.

5. Initiell fraksjon av dråper i gasskyen (DELTA).

Dette er hvor stor brøkdel av gassen som er i dråpeform. Tallet kan variere mellom 0 og 1.

6. Latent varme i gassen (LG i J/kg).

Denne størrelsen behøver kun å oppgis dersom den initielle fraksjonen av dråper i gassen er større enn 0.

7. Vindhastigheten i 10 meters høyde (UA10 i m/s).

Dette er vindhastigheten i 10 meter over bakken. Den brukes i modellen til å beregne transporthastigheten til gasskyen.

8. Gasstemperaturen initielt (TMPG0 i K).

Dette er gassens initielle temperatur i Kelvin. Typisk er denne lavere enn den omkringliggende lufttemperaturen.

9. Lufttemperaturen (TMPA0 i K).

Parameteren angir lufttemperaturen i bakkenivå. Den er antatt å være konstant i det område der gasskyen beveger seg.

10. Luftens temperaturgradient (TMPGR i K/m).

Parameteren angir lufttemperaturens endring med høyden.

11. Luftens duggpunkts-temperatur (PMPDP i K).

Parameteren angir luftens duggpunkts-temperatur. Dette er den temperaturen luften må ha for at den relative fuktigheten skal bli 100% dvs. for at luften skal inneholde full metning av vanndamp.

3.2. Beskrivelse av modellparametre del 2

Følgende parametre kan det velges verdier for i delmeny 2:

12. Overflate ruhets koeffisient (Z_0 i m).

Dette er en koeffisient som beskriver området overflateruhet. Tabell 1 viser forskjellige verdier av z_0 for forskjellige typer underlag. Denne verdien vil i en beregning være avhengig av posisjonen for utslippet og den aktuelle vindretningen.

Tabell 1: *Representative verdier av z_0 som funksjon av underlaget (Randerson, 1984).*

Type av underlag	Z_0 (m)
Meget glatt (f.eks. is)	10^{-5}
Finkornet sand	10^{-4}
Gress (inntil 1 cm høyt)	10^{-3}
Gress (inntil 5 cm høyt)	0,01
Tynt gress inntil 50 cm høyt	0,05
Tykt gress inntil 50 cm høyt	0,10
Skogsområde	0,20
Byområde	1-3

Parametrene 13-18 er tekniske koeffisienter som inngår i Eidsviks modell. En god beskrivelse av disse er gitt i Eidsvik(1980). I programmet er det satt defaultverdier for disse parametrene på basis av Eidsviks artikkel. For alminnelig bruk av modellen skulle det ikke være nødvendig å endre disse verdiene.

13. Gravitasjonshastighets koeffisient (ALFA1).

Dette er parameteren α_1 i ligning 2 i Eidsvik(1980, pp. 770).

14. Termisk turbulens koeffisient (ALFA2).

Dette er parameteren α_2 i ligning 13 i Eidsvik(1980, pp. 772).

15. Mekanisk turbulens koeffisient (ALFA3).

Dette er parameteren α_3 i ligning 13 i Eidsvik(1980, pp. 772).

16. Vertikal inntrengningskoeffisient (ALFA4).

Dette er parameteren α_4 i ligning 10 i Eidsvik(1980, pp. 771).

17. Horisontal inntrengningskoeffisient (ALFA5).

Dette er parameteren α_5 i ligning 9 i Eidsvik(1980, pp. 771).

18. Nøytral inntrengningskoeffisient (ALFA6).

Dette er parameteren α_6 i ligning 12 i Eidsvik(1980, pp. 771).

19. Atmosfærisk stabilitetsklasse for passiv spredning (ISTAB).

Denne parameteren har kun betydning for beregningene i den passive spredningsdelen. Valgmulighetene er:

ISTAB = 1 for ustabile forhold.

ISTAB = 2 for nøytrale forhold.

ISTAB = 3 for stabile forhold.

20. Spredningsskjema for passiv spredning (ITYPE).

Denne parameteren har også kun betydning for beregningene i den passive spredningsdelen. Valgmulighetene er:

ITYPE = 1 for spredning over landdistrikt (eng. rural).

ITYPE = 2 for spredning over byområder (eng. urban).

ITYPE = 3 for spredning over åpen sjø (eng. sea).

3.3. Beskrivelse av kjøreparametre

Følgende parametre kan det velges verdier for i undermeny 3:

1. Maksimal simuleringstid (TMAX i s).

Dette er det antall sekunder fra utslippstidspunktet som man vil beregne for.

2. Tidsintervallene mellom utskriftlinjene i resultatfilen (TSTP i s).

Dette er tidsintervallet mellom utskriftstidspunktene i resultatfilen. Små verdier av denne parameteren vil gi mye utskrift, mens større verdier vil gi mindre utskrift.

3. Nøyaktighet av beregnet løsning (TOL).

Dette tallet representerer den relative numeriske nøyaktighet man ønsker beregningene med NAG-rutinene utført med. anbefalt verdi er lik default verdi 10^{-6} . Ved lavere verdi vil beregningene bli mer numerisk nøyaktige, men regnetiden vil øke. Høyere verdi vil gi lavere regnetid, men mindre nøyaktighet.

4. Valg av overgang til passiv spredning (IATM).

Velges denne parameter lik 0 betyr det at det ikke vil skje en overgang til passiv spredning av gasskyen.

Velges $IATM > 0$ betyr det at det vil skje en overgang til passiv spredning. Hvis $IATM$ settes lik 1 skjer en overgang til passiv spredning dersom den relative tetthetsforskjellen mellom gassen og luften kommer under en valgt nedre grense RLIM. Hvis $IATM$ settes lik 2 skjer overgangen til passiv spredning når simulerings tiden overskrider en valgt verdi TPAS.

5. Grense for relativ tetthetsforskjell mellom gass og luft for overgang til passiv spredning (RLIM).

Denne parameteren angir i % grensen for forholdet mellom tetthet i gassen og tetthet i luften for overgang til passiv spredning. F.eks. dersom $RLIM = 10$ så vil programmet gå over til passiv spredning av gasskyen når den relative tetthetsforskjellen mellom gassen og luften blir mindre enn 10%.

6. Tidspunkt for overgang til passiv spredning (TPAS).

Denne parameteren angir tidspunktet for overgang til passiv spredning. Dersom f.eks. $TPAS = 45$ så vil programmet gå over til passiv spredning etter 45 sekunder.

4. Eksempler på kjøring

4.1. Eksempel 1

I dette eksemplet antar vi at det slippes ut 10 kg klorgass (Cl_2) der 10% av gassen initielt er i dråpeform. Det initielle forholdet mellom høyde og radius i gasskyen er satt til 0,25. Gassens initielle temperatur er satt til 238 K som er kokepunktet for klorgass under standard temperatur og trykk. Vindhastigheten i 10 m o.b. er satt til 2 m/s og vi antar nøytrale spredningsforhold. Overgang til passiv spredning er aktivert og skjer ved 1% tetthetsforskjell mellom gassen og luften. Overflatens ruhet er satt til 0,1 som tilsvarer et relativt åpent og flatt landskap. Simulerings tidens lengde er satt til 600 sekunder med utskrift hvert 15. sekund.

Tre parametre finner vi ved å slå opp i kjemiske tabeller. Dette gjelder molekylvekten til klorgass som er 70, latent varme for klorgass som er 28,1 J/kg, samt kokepunktet til klorgass som er 238 K.

Resultatene av denne beregningen med INSGAS er vist under, sammen med de andre inngangsparametrene. Som vi kan se skjer overgangen til passiv spredning etter 141,4 sekunder. Konsentrasjon i gasskyen er da sunket til ca. $2 \cdot 10^4$ mg/m³. Avstanden fra utslippspunktet til fronten av gasskyen er ca. 31 m. Radius i gasskyen (sylinderen) har økt til ca. 37 m og temperaturen i gasskyen har steget til lufttemperaturen på 288 K.

I den passive spredningsfasen synker konsentrasjonen ytterligere og kommer til slutt ned i ca. 2,4 mg/m³ i en avstand av ca. 1 200 m fra utslippspunktet. Temperaturen synker som følge av at vi hele tiden beregner temperaturen i gasskyens høyde.

Under er vist utskrift av resultatfilen fra programmet med inngangsdata og beregningsresultater for eksempel 1. Innholdet av resultatfilen er nærmere beskrevet i kapittel 5.

```

REPORT FROM NILUs INSGAS VERS. 1.0
=====
Instantaneous Source
-----

```

ACCESSED FILES:

```

1. Model Data . . . . Input File Name =" klor.dat      *
2. Run Specifications Input File Name =" klor.spc      *
3. Report Data . . Output File Name =" klor.res       *

```

MODEL PARAMETERS:

```

1. Name of Gas Dispersion Model . . : *Uhell Klor      *
2. Mass of Released Gas (kg) . . . : MGAS = .10E+02
3. Molecular Weight of Gas . . . . : AMOLG = 70.00
4. Height/Radius of Gas Cylinder . . : RATIO = .25
5. Initial Fraction of Droplets . . : DELTA = .10
6. Lat Heat of Gas (DELTA>0) (J/kg) : LG = .28E+02
7. Wind Speed at 10 Meter (m/s) . . : UA10 = 2.00
8. Temperature of Gas Initially (K) : TMPG0 = 238.00
9. Temperature of Air (K) . . . . . : TMPA0 = 288.00
10. Temperature Gradient of Air (K/m): TMPGR = -.010
11. Dew Point Temperature of Air (K) : TMPDP = 283.00

12. Surface Roughness (m) . . . . . : Z0 = .10E+00
13. Gravitational Speed . Coefficient: ALFA1 = 1.30
14. Thermal . Turbulence Coefficient: ALFA2 = .70
15. Mechanical Turbulence Coefficient: ALFA3 = 1.30
16. Vertical Entrainment Coefficient: ALFA4 = 3.50
17. Horizontal Entrainment Coefficient: ALFA5 = .50
18. Neutral . Entrainment Coefficient: ALFA6 = .30

```

Passive Dispersion Parameters:

```

19. Atm Stabil Class (1=Un,2=No,3=St) + ISTAB = 2
20. Disp Schem (1=Rural,2=Urban,3=Sea): ITYPE = 1

```

RUN SPECIFICATIONS:

```

1. Maximum Model Run Time (s) . . . . : TMAX = 600.00
2. Timestep Between Lines in Report (s) : TSTP = 15.00
3. Accuracy of Computed Solution . . . : TOL = .10E-05

```

Passive Dispersion Specifications:

4. Conv to Passiv Atm Disp? (N=0;Y=1,2) IATM = 1
 No (IATM=0)
 Yes, at a rel density limit RLIM (IATM=1)
 Yes, at a specified time . TPAS (IATM=2)
 5. Relative Density Limit for Conv (%): RLIM = 1.00
 6. Time for Conv to Pas Atm Disp (s) : TPAS = 60.00

Time (s)	Distance (m)	Velocity (m/s)	Concentration (mg/m3)	(%)	Radius (m)	Height (m)	Temperature (K)
.0	1.53	1.48	.358E+07	.100E+03	1.53	.38	238.0
15.0	10.39	.32	.363E+06	.104E+02	11.45	.07	287.5
30.0	13.38	.23	.150E+06	.422E+01	16.58	.08	287.9
45.0	15.99	.18	.891E+05	.250E+01	20.54	.08	288.0
60.0	18.45	.15	.623E+05	.175E+01	23.88	.09	288.0
75.0	20.83	.13	.473E+05	.133E+01	26.82	.09	288.0
90.0	23.16	.11	.379E+05	.106E+01	29.47	.10	288.0
105.0	25.48	.10	.313E+05	.878E+00	31.91	.10	288.0
120.0	27.84	.10	.264E+05	.740E+00	34.18	.10	288.0
135.0	30.29	.10	.225E+05	.628E+00	36.31	.11	288.0
141.4	31.41	.10	.209E+05	.584E+00	37.18	.11	288.0

CONVERSION TO PASSIVE ATMOSPHERIC DISPERSION AT TIME 141.420

Time (s)	Distance (m)	Velocity (m/s)	Concentration (mg/m3)	(%)	Sigy (m)	Sigz (m)	Temperature (K)
141.4	31.41	.06	.202E+05	.566E+00	23.49	.11	288.0
150.0	31.89	.15	.161E+05	.450E+00	23.53	.14	288.0
165.0	35.05	.52	.679E+04	.190E+00	23.78	.33	288.0
180.0	51.47	1.11	.156E+04	.437E-01	25.05	1.30	288.0
195.0	91.03	1.55	.455E+03	.127E-01	28.11	3.53	288.0
210.0	137.57	1.78	.210E+03	.588E-02	31.70	6.01	287.9
225.0	180.11	1.91	.127E+03	.356E-02	34.96	8.16	287.9
240.0	219.87	2.00	.873E+02	.244E-02	38.00	10.07	287.9
255.0	258.93	2.07	.637E+02	.178E-02	40.98	11.87	287.9
270.0	298.15	2.13	.483E+02	.135E-02	43.96	13.61	287.9
285.0	337.78	2.18	.377E+02	.105E-02	46.95	15.30	287.8
300.0	377.83	2.23	.300E+02	.841E-03	49.97	16.94	287.8
315.0	418.29	2.27	.244E+02	.683E-03	53.01	18.54	287.8
330.0	459.12	2.30	.201E+02	.563E-03	56.06	20.10	287.8
345.0	500.30	2.33	.168E+02	.470E-03	59.13	21.63	287.8
360.0	541.78	2.36	.142E+02	.398E-03	62.20	23.11	287.8
375.0	583.56	2.39	.121E+02	.340E-03	65.29	24.57	287.8
390.0	625.60	2.41	.105E+02	.293E-03	68.39	25.99	287.7
405.0	667.89	2.44	.908E+01	.254E-03	71.49	27.38	287.7
420.0	710.41	2.46	.795E+01	.222E-03	74.60	28.74	287.7
435.0	753.15	2.48	.700E+01	.196E-03	77.71	30.07	287.7
450.0	796.09	2.50	.620E+01	.174E-03	80.83	31.37	287.7
465.0	839.22	2.51	.552E+01	.155E-03	83.95	32.65	287.7
480.0	882.54	2.53	.495E+01	.138E-03	87.06	33.90	287.7
495.0	926.03	2.55	.445E+01	.124E-03	90.18	35.13	287.6
510.0	969.69	2.56	.402E+01	.112E-03	93.30	36.34	287.6
525.0	1013.50	2.57	.364E+01	.102E-03	96.42	37.52	287.6
540.0	1057.46	2.59	.332E+01	.928E-04	99.54	38.68	287.6
555.0	1101.56	2.60	.303E+01	.847E-04	102.66	39.83	287.6
570.0	1145.80	2.61	.277E+01	.776E-04	105.77	40.96	287.6
585.0	1190.18	2.62	.255E+01	.713E-04	108.88	42.06	287.6
600.0	1234.68	2.64	.235E+01	.657E-04	111.99	43.15	287.6

4.2. Eksempel 2

I dette eksemplet antar vi at det slippes ut 1 000 kg metan (CH₄) der 30% av gassen initielt er i dråpeform. Det initielle forholdet mellom høyde og radius i gasskyen er satt til 0,25. Gassens initielle temperatur er satt til 109 K som er kokepunktet for metan under standard temperatur og trykk. Vindhastigheten i 10 m o.b. er satt til 2 m/s og vi antar nøytrale spredningsforhold. Overgang til

passiv spredning er aktivert og skjer ved 1% tetthetsforskjell mellom gassen og luften. Overflatens ruhet er satt til 0,1 som tilsvarer et relativt åpent og flatt landskap. Simuleringstidens lengde er satt til 600 sekunder med utskrift hvert 15. sekund.

Tre parametre finner vi ved å slå opp i kjemiske tabeller. Dette gjelder molekylvekten til metan som er 16, latent varme for metan som er 51,1 J/kg, samt kokepunktet til metan som er 109 K.

Resultatene av denne beregningen med INSGAS er vist under, sammen med de andre inngangsparametrene. Her skjer overgangen til passiv spredning etter bare ca. 9,2 sekunder. Konsentrasjon i gasskyen er da ca. $4 \cdot 10^5$ mg/m³ og avstanden fra utslippspunktet til fronten av gasskyen er ca. 33 m. Temperaturen i gassen er kommet opp i ca. 222 K.

I den passive spredningsfasen fortsetter konsentrasjonen å synke og kommer tilslutt ned i 140 mg/m³ i en avstand av ca. 1 600 m fra utslippet. Den effektive transporthastigheten til gasskyen er da kommet opp i ca. 2,7 m/s i den høyden gasskyen befinner seg.

```
REPORT FROM NILUS INSGAS VERS. 1.0
=====
Instantaneous Source
-----
```

ACCESSED FILES:

```
1. Model Data . . . . Input File Name =" metan.dat      *
2. Run Specifications Input File Name =" metan.spc      *
3. Report Data . . . Output File Name =" metan.res      *
```

MODEL PARAMETERS:

```
1. Name of Gas Dispersion Model . . : "Uhell Metan  *
2. Mass of Released Gas (kg) . . . : MGAS = .10E+04
3. Molecular Weight of Gas . . . . : AMOLG = 16.00
4. Height/Radius of Gas Cylinder . :  RATIO = .25
5. Initial Fraction of Droplets . . : DELTA = .30
6. Lat Heat of Gas (DELTA>0) (J/kg) : LG = .51E+02
7. Wind Speed at 10 Meter (m/s) . . : UA10 = 2.00
8. Temperature of Gas Initially (K) : TMPG0 = 109.00
9. Temperature of Air (K) . . . . . : TMPA0 = 288.00
10. Temperature Gradient of Air (K/m): TMPGR = -.010
11. Dew Point Temperature of Air (K) : TMPDP = 283.00

12. Surface Roughness (m) . . . . . : Z0 = .10E+00
13. Gravitational Speed . Coefficient: ALFA1 = 1.30
14. Thermal . Turbulence Coefficient: ALFA2 = .70
15. Mechanical Turbulence Coefficient: ALFA3 = 1.30
16. Vertical Entrainment Coefficient: ALFA4 = 3.50
17. Horizontal Entrainment Coefficient: ALFA5 = .50
18. Neutral . Entrainment Coefficient: ALFA6 = .30
```

Passive Dispersion Parameters:

```
19. Atm Stabil Class (1=Un,2=Ne,3=St) : ISTAB = 2
20. Disp Schem (1=Rural,2=Urban,3=Sea): ITYPE = 1
```

RUN SPECIFICATIONS:

```
1. Maximum Model Run Time (s) . . . : TMAX = 600.00
2. Timestep Between Lines in Report (s) TSTP = 15.00
3. Accuracy of Computed Solution . . : TOL = .10E-05
```

Passive Dispersion Specifications:

- 4. Conv to Passiv Atm Disp? (N=0;Y=1,2) IATM = 1
 No (IATM=0)
 Yes, at a rel density limit RLIM (IATM=1)
 Yes, at a specified time . TPAS (IATM=2)
- 5. Relative Density Limit for Conv (%): RLIM = 1.00
- 6. Time for Conv to Pas Atm Disp (s) : TPAS = 60.00

Time (s)	Distance (m)	Velocity (m/s)	Concentration (mg/m3)	Concentration (%)	Radius (m)	Height (m)	Temperature (K)
.0	8.94	2.65	.179E+07	.100E+03	8.94	2.23	109.0
9.2	33.48	1.20	.430E+06	.268E+02	22.72	1.43	222.4

CONVERSION TO PASSIVE ATMOSPHERIC DISPERSION AT TIME 9.169

Time (s)	Distance (m)	Velocity (m/s)	Concentration (mg/m3)	Concentration (%)	Sigy (m)	Sigz (m)	Temperature (K)
9.2	33.48	1.16	.429E+06	.267E+02	14.35	1.44	288.0
15.0	40.23	1.26	.314E+06	.196E+02	14.88	1.83	288.0
30.0	59.77	1.47	.161E+06	.100E+02	16.41	2.93	288.0
45.0	86.05	1.64	.852E+05	.530E+01	18.47	4.37	288.0
60.0	116.88	1.78	.486E+05	.303E+01	20.88	6.00	287.9
75.0	150.55	1.89	.299E+05	.186E+01	23.50	7.71	287.9
90.0	186.01	1.97	.195E+05	.122E+01	26.25	9.44	287.9
105.0	222.73	2.05	.135E+05	.839E+00	29.09	11.16	287.9
120.0	260.41	2.11	.966E+04	.602E+00	31.99	12.85	287.9
135.0	298.85	2.16	.717E+04	.447E+00	34.94	14.52	287.9
150.0	337.94	2.21	.547E+04	.341E+00	37.93	16.15	287.8
165.0	377.57	2.25	.427E+04	.266E+00	40.95	17.74	287.8
180.0	417.69	2.29	.340E+04	.212E+00	43.99	19.30	287.8
195.0	458.23	2.32	.276E+04	.172E+00	47.06	20.83	287.8
210.0	499.15	2.35	.226E+04	.141E+00	50.14	22.32	287.8
225.0	540.41	2.38	.189E+04	.117E+00	53.23	23.78	287.8
240.0	581.99	2.40	.159E+04	.989E-01	56.34	25.21	287.7
255.0	623.86	2.42	.135E+04	.841E-01	59.46	26.61	287.7
270.0	665.99	2.45	.116E+04	.722E-01	62.58	27.97	287.7
285.0	708.37	2.47	.100E+04	.625E-01	65.72	29.31	287.7
300.0	750.98	2.49	.875E+03	.545E-01	68.85	30.62	287.7
315.0	793.80	2.50	.768E+03	.478E-01	71.99	31.91	287.7
330.0	836.82	2.52	.679E+03	.423E-01	75.14	33.17	287.7
345.0	880.03	2.54	.603E+03	.375E-01	78.28	34.41	287.7
360.0	923.43	2.55	.538E+03	.335E-01	81.43	35.62	287.6
375.0	966.99	2.57	.483E+03	.301E-01	84.57	36.82	287.6
390.0	1010.72	2.58	.435E+03	.271E-01	87.72	37.99	287.6
405.0	1054.60	2.59	.393E+03	.245E-01	90.86	39.14	287.6
420.0	1098.63	2.61	.357E+03	.222E-01	94.01	40.28	287.6
435.0	1142.80	2.62	.325E+03	.203E-01	97.15	41.39	287.6
450.0	1187.11	2.63	.297E+03	.185E-01	100.29	42.49	287.6
465.0	1231.54	2.64	.273E+03	.170E-01	103.42	43.57	287.6
480.0	1276.10	2.65	.251E+03	.156E-01	106.56	44.64	287.6
495.0	1320.79	2.66	.231E+03	.144E-01	109.69	45.69	287.5
510.0	1365.59	2.67	.214E+03	.133E-01	112.81	46.72	287.5
525.0	1410.50	2.68	.198E+03	.123E-01	115.94	47.74	287.5
540.0	1455.52	2.69	.184E+03	.115E-01	119.05	48.75	287.5
555.0	1500.65	2.70	.171E+03	.107E-01	122.17	49.74	287.5
570.0	1545.87	2.71	.160E+03	.994E-02	125.28	50.72	287.5
585.0	1591.20	2.71	.149E+03	.929E-02	128.38	51.69	287.5
600.0	1636.63	2.72	.140E+03	.870E-02	131.48	52.64	287.5

5. Beskrivelse av resultatfilen

Resultatene fra programmet blir skrevet på fil.

Resultatfilen inneholder alle de inngangsparametre brukeren har valgt for kjøringen. Dette er gjort for at resultatfilen skal kunne lagres som en fullstendig dokumentasjon av beregningen med alle de inngangsdata som er brukt. I tillegg inneholder resultatfilen en eller flere såkalte resultatlinjer der variabelverdiene er skrevet ut. Slike linjer skrives ut både fra tunggassdelen og fra den passive spredningsdelen.

5.1. Resultatlinjer fra tunggassdelen av programmet

Hver resultatlinje består av følgende variabelverdier:

- Simuleringstidspunktet i sekunder
- Avstanden til gasskyens (sylinderens) front
- Hastigheten som gasskyen beveger seg med
- Konsentrasjonen av gass i skyen
- Relativ tetthetsforskjell i % mellom gassen og luften
- Gasskyens (sylinderens) radius
- Gasskyens (sylinderens) høyde
- Gassens temperatur

Simuleringstidspunktet er antall sekunder fra tidspunktet for utslipp av gassen. Avstanden til gasskyens front er viktig for å vurdere faren ved gassutslippet f.eks. hvor langt gasskyen har kommet før konsentrasjonen er kommet under gitte grenser. Gasskyens radius og høyde kan da brukes for å angi den romlige utstrekningen som skyen har.

5.2. Resultatlinjer fra den passive spredningsdelen av programmet

Hver resultatlinje består av følgende data:

- Simuleringstidspunktet i sekunder
- Avstanden til gasskyens front
- Hastigheten som gasskyen beveger seg med
- Konsentrasjonen av gass i skyen
- Relativ tetthetsforskjell i % mellom gassen og luften
- Gasskyens sigma-y verdi (Gaussisk fordeling)
- Gasskyens sigma-z verdi (Gaussisk fordeling)
- Gassens temperatur

Alle variable har her samme fortolkning som i utskriften fra tunggassdelen av programmet. Den eneste forskjellen er at gasssylinderens høyde og radius er byttet ut med gasskyens (plumens) σ_y (sigma-y) og σ_z (sigma-z) verdier for å beskrive gasskyens romlige utstrekning.

I tillegg gis tidspunktet for overgang til passiv spredning i sekunder.

6. Referanser

- Bøhler, T. (1987) Users Guide for the Gaussian type dispersion models CONCX and CONDEP. Lillestrøm (NILU TR 8/87).
- Eidsvik, K.J. (1980) A model for heavy gas dispersion in the atmosphere. *Atmos. Environ.* 14, 769-777.
- Gifford, F.A. (1968) An Outline of Theories of Diffusion in the Lower Layers of the Atmosphere. In: *Meteorology and Atomic Energy 1968*. Ed. by D.H. Slade. Springfield, Va. U.S. Atomic Energy Commission. pp. 65-116.
- NAG (1991) The NAG Fortran Library, Mark 15. Oxford, The Numerical Algorithms Group Limited.
- Randerson, D. (1984) Atmospheric science and power production. Prepared for US Dept. of Energy. Oak Ridge, TE. (DOE/TIC-27601).
- Raynor, G.S., Brown R.M. and Sethu Raman, S. (1978) A comparison of diffusion from a small island and an undisturbed ocean site. *J. Appl. Meteorol.*, 17, 129-139.

Vedlegg A

Beskrivelse av tunggassmodellen

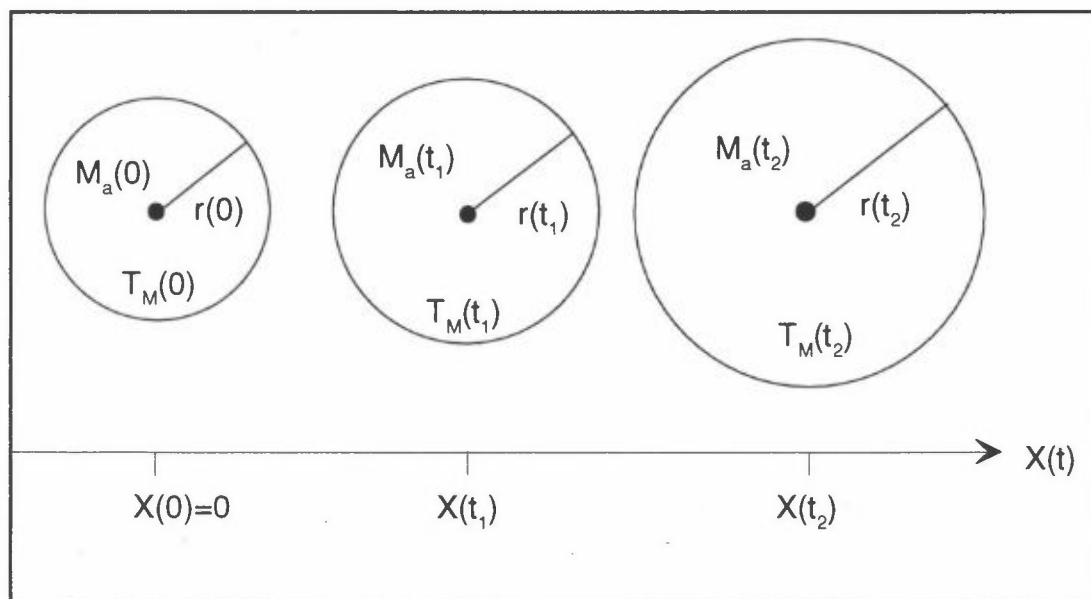
Beskrivelse av tunggassmodellen

For en grundig gjennomgang av de utledninger og vurderinger som ligger til grunn for ligningene i modellen henvises til Eidsvik(1980).

I modellen antas gasskyen hele tiden å ha form som en sylinder. Dette er vist i figur 1, der vi tenker oss gassylindere sett ovenfra. Ved utslippstidspunktet $t = 0$ har gassylindere initielle verdier av høyde og radius og befinner seg med sentrum i origo ($x = 0$). Samtidig tenker vi oss at vinden blåser langs x -aksen mot høyre på figuren. Gassylindere vil da bevege seg med vinden i samme retning. Ettersom gassen er tung vil høyden i sylindere avta raskt samtidig som radius i sylindere vil øke. Dette er skissert på figuren ved de andre sirklene som er inntegnet langs aksen.

Etter en viss tid vil høyden nå en minste verdi for så å begynne å øke igjen på grunn av inntrengende luft og oppvarming av gassen. Radius i gassylindere vil hele tiden øke.

Temperaturen i gasskyen vil gradvis øke opp mot lufttemperaturen på grunn av oppvarming fra inntrengende luft fra siden og ovenfra, samt ved oppvarming fra bakken. Konsentrasjonen av gass i sylindere vil samtidig reduseres som følge av den inntrengte luftmengden.



Figur 1: Gassylindere geometri som funksjon av tiden.

I tunggassmodellen defineres og løses et system bestående av fire ordinære differensialligninger med fire fundamentale variable y_1, \dots, y_4 .

De fire fundamentale variable er:

$$\begin{aligned} y_1(t) = M_a(t) &= \text{massen av inntrengt luft i gasskyen ved tiden } t \\ y_2(t) = r(t) &= \text{radius til gasskyen (sylinderen) ved tiden } t \\ y_3(t) = T_M(t) &= \text{temperaturen i gass/luft blandingen ved tiden } t \\ y_4(t) = x(t) &= \text{avstanden til sentrum av gasskyen ved tiden } t \end{aligned}$$

Disse er inntegnet i figur 1.

Systemet kan skrives

$$y'_k(t) = f_k(y_1(t), y_2(t), y_3(t), y_4(t)) \quad k = 1, \dots, 4$$

der $y'_k(t)$ spesifiserer den deriverte verdien av y_k på tiden t , og $f_k(t)$ er bestemte ikke-lineære funksjoner av y 'ene for $k = 1, \dots, 4$. Funksjonene f_k er indirekte beskrevet i avsnitt A.4. Tiden regnes i modellen som antall sekunder fra starttidspunktet for utslippet av gassen.

Matematiske og fysiske konstanter i modellen er beskrevet i avsnitt A.1. De parametre brukeren selv kan spesifisere er beskrevet i avsnitt A.2. Initiering av variablene i tunggassmodellen er gitt i avsnitt A.3, mens selve modelligningene er gitt i avsnitt A.4. Kriteriet for overgang til passiv spredning, initiering av variablene for passiv spredning, samt modelligningene for passiv spredning er gitt i avsnittene A.5-A.8.

A.1 Matematiske og fysiske konstanter

Følgende matematiske og fysiske konstanter inngår i modellen

AMOLA	= 28,966	= molekylvekten til luft
g	= 9,81 m/s ²	= tyngdekraftens aksellerasjon
κ	= 0,4	= von Karmans konstant
L_w	= 2,5 · 10 ⁶ J/(kg·K)	= latent varme i vanndamp
π	= 3,14	= den matematiske pi
R	= 8314,3 J/(mol·K)	= den universelle gasskonstanten

A.2 Brukerdefinerte størrelser

Følgende parametre inngår i modellen for spredning og spesifiseres av brukeren via menyer i programmet:

M_g	= MGAS	= utslippsmengde av gassen (kg)
AMOLG	= AMOLG	= molekylvekten til gassen
RATIO	= RATIO	= initielt forhold mellom høyde og radius av gasskyen
DELTA	= DELTA	= fraksjon av dråper i gasskyen
L_g	= LG	= latent varme i gassen (J/kg)
U_{a10}	= UA10	= vindhastigheten i 10 m høyde (m/s)
T_{g0}	= TMPG0	= initiell temperatur i gassen (K)
T_{a0}	= TMPA0	= lufttemperatur i bakkenivå (K)
dT/dz	= TMPGR	= vertikal temperaturgradient (K/m)
T_{dp}	= TMPDP	= luftens duggpunktstemperatur
z_0	= Z0	= koeffisient for overflatens ruhet
α_1	= ALFA1	= tyngdekraftens hastighets koeffisient
α_2	= ALFA2	= termisk turbulens koeffisient
α_3	= ALFA3	= mekanisk turbulens koeffisient
α_4	= ALFA4	= vertikal inntrengnings koeffisient
α_5	= ALFA5	= horisontal inntrengnings koeffisient
α_6	= ALFA6	= nøytral inntrengnings koeffisient
ISTAB	= ISTAB	= atmosfærisk stabilitetsklasse
ITYPE	= ITYPE	= passivt spredningsskjema

Disse parametrene endres ikke av beregningene i programmet.

A.3 Initiering av tunggassmodellen

Modellen initieres ved tiden $t=0$ ved at følgende variable blir beregnet:

1. Beregn lufttettheten

$$\rho_a = (1,29 \cdot 273,15) / T_{a0}$$

der T_{a0} er lufttemperaturen i bakkenivå.

2. Beregn gasstettheten

$$\rho_s = \rho_a \cdot \frac{AMOLG}{AMOLA} \cdot \frac{T_{a0}}{T_{g0}}$$

der $AMOLA$ og $AMOLG$ er molekylvekten for luft og gass respektivt, og T_{g0} er initiell gasstemperatur.

3. Beregn gasskonstantene for luft og gass respektivt

$$R_a = R/AMOLA$$

$$R_g = R/AMOLG$$

der R er den universelle gasskonstanten.

4. Beregn gasskonstanten for vanndamp

$$R_w = R_a/0,62$$

5. Beregn blandingsforholdet for vanndamp

$$\chi_w = 3,7 \cdot 10^{-3} \cdot \exp\left(\left(L_w / R_w\right) \cdot \left(\frac{1}{273} - \frac{1}{T_{dp}}\right)\right)$$

der L_w er latent varme i vanndamp og T_{dp} er duggpunktstemperaturen.

6. Beregn spesifikk varme for luft og gass respektivt

$$C_{pa} = \frac{7}{2} \cdot R_a$$

$$C_{pg} = \frac{7}{2} \cdot R_g$$

7. Beregn "drag"-koeffisienten til overflaten

$$C_f = 0,32 / (\ln(2/z_0))^2$$

der z_0 er overflatens ruhetskoeffisient.

8. Beregn Stanton-tallet

$$STANT = 0,5 \cdot C_f$$

9. Beregn friksjonshastigheten

$$u_* = \kappa \cdot U_{a10} / \ln(10/z_0)$$

der κ er von Karmans konstant og U_{a10} er vindhastigheten i 10 m høyde.

10. Beregn lufttrykket (= blandingstrykket)

$$P = \rho_a \cdot R_a \cdot T_{a0}$$

11. Beregn den initielt inntrengte luftmasse som er nødvendig for å fordampe alle dråpene

$$y_1(0) = M_a(0) = DELTA \cdot M_g \cdot L_g / (C_{pa} \cdot (T_{a0} - T_{g0}) + L_w \cdot \chi_w)$$

der *DELTA* er fraksjon av dråper i gasskyen, L_g latent varme i gassen og C_{pa} luftens spesifikke varmekapasitet.

12. Beregn initiell gasskonstant for blandingen

$$R_M = (M_g \cdot R_g + M_a \cdot R_a) / (M_g + M_a)$$

13. Beregn initiell spesifikk varmekapasitet i blandingen

$$C_{pM} = (M_g \cdot C_{pg} + M_a \cdot C_{pa}) / (M_g + M_a)$$

14. Beregn initiell temperatur i blandingen

$$y_3(0) = T_M(0) = (M_g \cdot C_{pg} \cdot T_{g0} + M_a \cdot C_{pa} \cdot T_{a0}) / (C_{pM} \cdot (M_g + M_a))$$

15. Beregn initiell tetthet for blandingen

$$\rho_M = P / (R_M \cdot T_M)$$

16. Beregn initielt volum for blandingen

$$V_M = (M_g + M_a) / \rho_M$$

17. Beregn initiell radius til gasskyen

$$y_2(0) = r(0) = (V_M / (\pi \cdot RATIO))^{1/3}$$

der *RATIO* er en brukerdefinert parameter som gir forholdet mellom høyde og radius til gasskyen initielt.

18. Beregn initiell høyde av gasskyen

$$h = RATIO \cdot r(0)$$

19. Beregn vindhastigheten i høyde h

$$u_a = (u_* / \kappa) \cdot \ln(h / z_0)$$

20. Beregn initiell fronthastighet til gasskyen som skyldes tyngdekraften

$$u_{g0} = \alpha_1 \cdot \sqrt{g \cdot h \cdot \frac{\Delta \rho}{\rho}}$$

der α_1 er en brukerdefinert konstant, g er tyngdekraftens aksellerasjon, og

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} = \max\left(\frac{\rho_M - \rho_a}{\rho_M}, 0\right)$$

betegner den relative tetthetsforskjellen mellom gass/luft-blandingen og luften.

21. Beregn initiell avstand til sentrum av gasskyen

$$y_4(0) = x(0) = 0.$$

Disse beregningene gir initielle verdier for de fire fundamentale størrelsene y_1 , y_2 , y_3 , og y_4 ved tiden $t = 0$.

A.4 Spredningsberegninger tunggassmodellen

Denne delen av programmet beregner tidsderiverte verdier av de fire fundamentale størrelsene i modellen $y_1(t)$, $y_2(t)$, $y_3(t)$ og $y_4(t)$ ved tiden t i henhold til følgende algoritme:

1. Beregn gasskonstanten for blandingen

$$R_M = (M_g \cdot R_g + M_a(t) \cdot R_a) / (M_g + M_a(t)).$$

2. Beregn spesifikk varmekapasitet for blandingen

$$C_{pM} = (M_g \cdot C_{pg} + M_a(t) \cdot C_{pa}) / (M_g + M_a(t)).$$

3. Beregn tettheten i blandingen

$$\rho_M = P / (R_M \cdot T_M(t)).$$

4. Beregn blandingsvolumet

$$V_M = (M_g + M_a(t)) / \rho_M.$$

5. Beregn gasskyens høyde

$$h = V_M / \pi r(t)^2.$$

6. Beregn vindhastigheten i høyde h

$$y_4' = u_a = \frac{u_*}{\kappa} \cdot \ln(h/z_0).$$

7. Beregn lufttemperaturen i høyde h

$$T_a = T_{a0} + \frac{\partial T}{\partial z} \cdot h.$$

8. Beregn lufttettheten i høyde h

$$\rho_a = 1,29 \cdot \left(\frac{273,15}{T_a}\right).$$

9. Beregn lufttrykket i høyde h

$$P = \rho_a \cdot R_a \cdot T_a.$$

10. Beregn fronthastigheten til gasskyen som skyldes tyngdekraften

$$y_2' = u_g = \alpha_1 \cdot \sqrt{g \cdot h \cdot \frac{\Delta\rho}{\rho}}.$$

der $\frac{\Delta\rho}{\rho} = \max\left(\frac{\rho_M - \rho_a}{\rho_M}, 0\right)$

11. Beregn fristrømhastigheten

$$U = \sqrt{u_a^2 + \left(\frac{2}{3}u_g\right)^2}.$$

12. Beregn varmeoverføringen fra overflaten

$$\theta w_0 = \max(STANT \cdot U \cdot (T_{a0} - T_M(t)), 0).$$

13. Beregn den konvektive inntrengningshastigheten

$$w_T = (\theta w_0 \cdot g \cdot h / T_M(t))^{1/3}.$$

14. Beregn den mekaniske inntrengningshastigheten

$$w_M = \sqrt{STANT} \cdot U.$$

15. Beregn den kombinerte inntrengningseffekten

$$w = \sqrt{(\alpha_2 \cdot w_T)^2 + (\alpha_3 \cdot w_M)^2}.$$

Hvis $w < 10^{-6}$ settes $w = 10^{-6}$.

16. Beregn Richardson tallet

$$R_i = \frac{\Delta\rho}{\rho} \cdot g \cdot h / w^2.$$

17. Beregn Zeeman-Tennekes inntrengningshastighet

$$\frac{dh_d}{dt} = \alpha_4 / \left[\frac{\alpha_4}{\alpha_6} + R_i \right] \cdot w.$$

18. Beregn perifer inntrengningshastighet

$$\frac{dr_d}{dt} = \alpha_5 \cdot u_g^2 / u_{g0}.$$

Hvis $u_{g0} = 0$ settes $\frac{dr_d}{dt} = 0$.

19. Beregn raten for inntrengning av luft

$$y_1' = \frac{dM_a}{dt} = \pi \rho_a^2 r(t)^2 \cdot D_1.$$

der $D_1 = \frac{dh_d}{dt} + 2h \cdot \frac{dr_d}{dt} / r(t)$

20. Beregn varmeoverføringen på toppen av gasskyen

$$\theta w_h = -F_1 \cdot F_2 \cdot D_1$$

der

$$F_1 = A_1 + A_2$$

$$F_2 = \rho_a \cdot C_{pa} / (\rho_M \cdot C_{pM})$$

$$A_1 = T_a - T_M(t)$$

$$A_2 = L_w \cdot \chi_w / C_{pa}$$

Hvis $T_M(t) > T_{dp}$ settes $A_2 = 0$.

21. Beregn temperatur-raten for blandingen

$$y_3' = \frac{dT_M}{dt} = \frac{\theta_{w_0} - \theta_{w_h}}{h}$$

22. Beregn vekt- og volum-konsentrasjonen av gassen i blandingen

$$C_{VEKT} = M_g / \pi r(t)^2 h$$

$$C_{VOLUM} = 100 \cdot \frac{M_g / \rho_g}{M_g / \rho_g + M_a / \rho_a}$$

Disse beregningene gjennomføres for hvert tidsskritt inntil total simuleringstid er nådd, eller det skjer en overgang til passiv spredning.

A.5 Overgang til passiv spredning

Modellen inneholder en overgang til passiv (Gaussisk) spredning av gasskyen. Dette vil skje enten på et spesifisert tidspunkt, eller når den relative tetthetsforskjellen mellom gassen og luften er kommet under en brukerspesifisert nedre grense.

I det sistnevnte tilfelle skjer overgangen når

$$100 \cdot ((\rho_M - \rho_a) / \rho_a) < R_{LIM}$$

der ρ_M er tettheten i blandingen, ρ_a er tettheten for luft og R_{LIM} er en spesifisert relativ tetthetsforskjell i %.

Når den relative tetthetsforskjellen blir liten (f.eks. under 10%) eller når avstanden fra utslippspunktet blir stor (f.eks. flere km fra kilden) vil en passiv spredningsmodell (Gaussisk modell) være bedre egnet til å beskrive den videre spredning og fortynning av gassen.

A.6 Initierting av passiv spredning

Initieringen skjer i henhold til følgende algoritme:

1. Beregn vindpotensfaktoren

$$r_v = r_n \text{ (ISTAB)}$$

der r_n er en funksjon av stabilitetsklassen ISTAB. Verdier for r_n er gitt i tabell A1.

Tabell A1: Vindpotensfaktoren r_n som funksjon av stabilitetsklassen ISTAB.

Stabilitetsklasse	ISTAB	r_n
Ustabil	1	0,20
Nøytral	2	0,28
Stabil	3	0,42

2. Beregn initialverdi for vertikal spredningsparameter.

$$\sigma_{z0} = h$$

der h er høyden av gassylinderen.

3. Beregn vindhastigheten i høyde h

$$u_D = \left(\frac{u_*}{\kappa}\right) \ln(h_D / z_0)$$

$$h_D = h = \sigma_{z0}$$

der u_* er friksjonshastigheten, κ er Von Karmans konstant og z_0 er overflatens ruhet.

4. Beregn initialverdi for horisontale spredningsparametre.

$$\sigma_{y0} = \sqrt{M_g / (C_{VEKT} \cdot \sqrt{2} \cdot \pi^{3/2} \cdot \sigma_{z0})}$$

$$\sigma_{x0} = \sigma_{y0}$$

der M_g er massen av gassen og C_{VEKT} er vektkonsentrasjonen av gass i blandingen.

5. Beregn avstander til virtuelle kilder for en gitt stabilitetsklasse og spredningsskjema

$$x_{y0} = \sigma_y^{-1}(\sigma_{y0}); \quad x_{z0} = \sigma_z^{-1}(\sigma_{z0})$$

der $\sigma_y(x)$ og $\sigma_z(x)$ er to funksjoner som gir σ_y og σ_z som funksjon av avstanden fra en gitt kilde avhengig av stabilitetsklassen ISTAB og spredningsskjema ITYPE. Disse funksjonene er definert i avsnitt A.8. I uttrykket over brukes de inverse til disse funksjonene.

Virtuell kilde er her en tenkt kilde plassert slik at den Gaussiske spredningsformen fra denne kilden overstemmer best mulig med den romlige utstrekningen gassylinderen har fra tunggassdelen av programmet.

6. Beregn virtuell utslippsintensitet i prosent

$$Q = C_{VOLUM} \cdot \sqrt{2} \cdot \pi^{3/2} \cdot \sigma_{x0} \cdot \sigma_{y0} \cdot \sigma_{z0}$$

der C_{VOLUM} er volumkonsentrasjonen i gasskyen. Det virtuelle utslippet blir her definert slik at konsentrasjonen midt i plumen i bakkenivå stemmer overens med den beregnede konsentrasjonen i gassylinderen fra tunggassdelen av programmet.

A.7 Spredningsberegninger passiv spredning

Beregningene skjer i henhold til følgende algoritme:

1. Beregn avstander fra virtuelle kilder

$$x_y = x_{y0} + u_D \cdot (t - t_{PAS})$$

$$x_z = x_{z0} + u_D \cdot (t - t_{PAS})$$

der t er tiden og t_{PAS} er tidspunktet for overgang til passiv spredning.

2. Beregn spredningsparametre

$$\sigma_y = \sigma_y(x_y)$$

$$\sigma_z = \sigma_z(x_z)$$

der $\sigma_y(x)$ og $\sigma_z(x)$ er to funksjoner som gir σ_y og σ_z som funksjon av avstanden fra en kilde avhengig av stabilitetsklassen ISTAB og spredningsskjema ITYPE. Disse funksjonene er definert i avsnitt A.8.

3. Beregn vindhastigheten i høyde h

$$u_D = \left(\frac{u_*}{\kappa}\right) \ln(h_D / z_0)$$

$$h_D = h = \sigma_{z0}$$

der u_* er friksjonshastigheten, κ er Von Karman's konstant og z_0 er overflatens ruhet.

4. Beregn lufttemperaturen i høyde h_D

$$T_a = T_{a0} + \frac{\partial T}{\partial z} \cdot h_D$$

der T_{a0} er lufttemperaturen i bakkenivå og $\partial T / \partial z$ vertikal temperatur-gradient.

5. Beregn avstanden fra den virkelige kilden.

$$x_{DIST} = DISTFR + x_t$$

der DISTFR er avstanden til fronten av gasskyen ved overgang til passiv spredning og x_t er den strekningen plumen har beveget seg i den passive spredningsfasen.

6. Beregn vekt- og volum-konsentrasjonen i senterlinjen til plumen i bakkenivå.

$$C_{VEKT} = M_g / (\sqrt{2}\pi^{3/2} \sigma_x \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z)$$

$$C_{VOLUM} = Q / (\sqrt{2}\pi^{3/2} \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z)$$

der Q betegner virtuell utslippsintensitet.

Disse beregningene utføres for hver tidsskritt inntil maksimal simuleringstid er oppnådd.

A.8 Definisjon av funksjonene $\sigma_y(x)$ og $\sigma_z(x)$.

Funksjonene $\sigma_y(x)$ og $\sigma_z(x)$ er i tillegg til avstanden x også avhengig av stabilitetsklassen ISTAB og spredningsskjema-parameteren ITYPE.

Hvis ITYPE = 1 beregnes $\sigma_y(x)$ og $\sigma_z(x)$ i henhold til Briggs formel for landdistrikt, Gifford(1968). Hvis ITYPE = 2 beregnes de i henhold til Briggs formel for byområder, Gifford(1968). Hvis ITYPE = 3 beregnes $\sigma_y(x)$ og $\sigma_z(x)$ i henhold til Raynors formel for spredning over sjø, Raynor(1978).

ISTAB = 1 svarer til ustabile forhold (Pasquill kategori A-C), ISTAB = 2 svarer til nøytrale forhold (Pasquill kategori D), mens ISTAB = 3 svarer til stabile forhold (Pasquill kategori E-F).

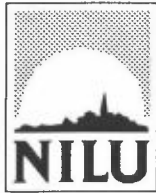
Formlene for $\sigma_y(x)$ og $\sigma_z(x)$ er gitt i tabellene A2 og A3. I tabellen betyr * multiplikasjon og ** eksponering.

Tabell A2: σ_y som funksjon av spredningsforhold ITYPE, stabilitetsklasse ISTAB og avstand x.

ITYPE	ISTAB	$\sigma_y(x)$
1	1	$0.160 * x * ((1. + (0.0001 * x)) ** (-0.5))$
1	2	$0.080 * x * ((1. + (0.0001 * x)) ** (-0.5))$
1	3	$0.040 * x * ((1. + (0.0001 * x)) ** (-0.5))$
2	1	$0.320 * x * ((1. + (0.0004 * x)) ** (-0.5))$
2	2	$0.160 * x * ((1. + (0.0004 * x)) ** (-0.5))$
2	3	$0.110 * x * ((1. + (0.0004 * x)) ** (-0.5))$
3	1	$0.012 * (x ** 1.190)$
3	2	$0.058 * (x ** 0.877)$
3	3	$0.127 * (x ** 0.783)$

Tabell A3: σ_z som funksjon av spredningsforhold ITYPE, stabilitetsklasse ISTAB og avstand x .

ITYPE	ISTAB	$\sigma_z(x)$
1	1	$0.120 \cdot x$
1	2	$0.060 \cdot x \cdot ((1. + (0.00150 \cdot x))^{**(-0.5)})$
1	3	$0.016 \cdot x \cdot ((1. + (0.00030 \cdot x))^{**(-1.0)})$
2	1	$0.240 \cdot x \cdot ((1. + (0.00100 \cdot x))^{**(+0.5)})$
2	2	$0.140 \cdot x \cdot ((1. + (0.00030 \cdot x))^{**(-0.5)})$
2	3	$0.080 \cdot x \cdot ((1. + (0.00015 \cdot x))^{**(-0.5)})$
3	1	$0.253 \cdot (x^{**0.637})$
3	2	$0.531 \cdot (x^{**0.418})$
3	3	$0.167 \cdot (x^{**0.578})$



Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Norwegian Institute for Air Research
Postboks 64, N-2001 Lillestrøm

RAPPORTTYPE OPPDRAGRAPPORT	RAPPORT NR. OR 59/93	ISBN-82-425-0530-6	
DATO 5.1. 1994	ANSV. SIGN. <i>Alvland</i>	ANT. SIDER 31	PRIS NOK 60,-
TITTEL Tunggassmodellen INSGAS Programbeskrivelse og brukerveiledning		PROSJEKTLEDER Sam-Erik Walker	
		NILU PROSJEKT NR. O-93045	
FORFATTER(E) Sam-Erik Walker		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. 93/26/9-1-SBo 003.32	
OPPDRAKSGIVER Statens forurensningstilsyn Kontrollseksjonen i Nedre Telemark Statens Hus 3708 SKIEN			
STIKKORD Dataprogram	Spredningsberegninger	Tunge gasser	
REFERAT NILUs program INSGAS er et program for beregning av spredning av tunge og kalde gasser i atmosfæren som følge av et tenkt kortvarig (instantant) utslipp. Programmet er basert på en teori opprinnelig utviklet av Karl J. Eidsvik. Programmet inneholder også en overgang til passiv spredning av gasskyen (Gaussisk spredning). Rapporten gir en beskrivelse av programmet og de inngangsparametre som inngår i modellen. I tillegg gis eksempler på kjøring av programmet med resultater. De matematiske ligningene som inngår i modellen er også beskrevet.			
TITLE The heavy gas dispersion model INSGAS Description of program and Users Guide			
ABSTRACT NILUs program INSGAS is a computer program for calculation of the dispersion of heavy and cold gas clouds in the atmosphere due to a conceived instantaneous release. The program is based on a theory originally developed by Karl J. Eidsvik. The program also contains a conversion to passive dispersion of the gas cloud (Gaussian dispersion). The report gives a description of the program and the input parameters of the model. In addition examples of model runs with results are given. The mathematical equations of the model are also described.			

* Kategorier: A Åpen - kan bestilles fra NILU
 B Begrenset distribusjon
 C Kan ikke utleveres