



Webinar venerdì 12 aprile 2024

Tecniche tradizionali ed innovative di protezione sismica delle costruzioni

IL RISCHIO SISMICO

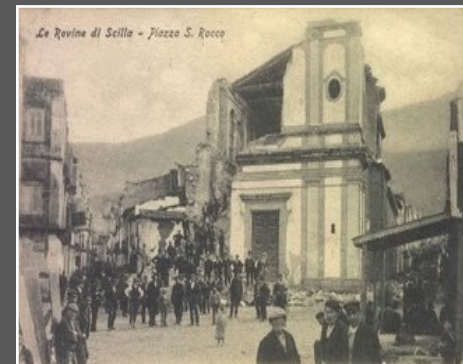
Argomenti: Valutazione della vulnerabilità sismica su grande scala. Rischio sismico a scala territoriale (comunale o regionale). Metodologie speditive per la valutazione del rischio sismico: metodologie qualitative osservazionali e metodi quantitativi.

prof. **Giulio ZUCCARO**

Università degli Studi di Napoli "Federico II"
Centro di Ricerca PLINIVS- LUPT
Via Toledo, 402 – 80134 – Napoli



zuccaro@unina.it



1.IL RISCHIO SISMICO

IL RISCHIO SISMICO

$$\text{Rischio} = (\text{Pericolosità}) \times (\text{Esposizione}) \times (\text{Vulnerabilità})$$

PERICOLOSITÀ (O HAZARD)

PROBABILITÀ CHE IN UNA CERTA AREA ED IN UN CERTO PERIODO DI TEMPO SI VERIFICHINO UN EVENTO SISMICO DI DETERMINATE CARATTERISTICHE;

ESPOSIZIONE

ESTENSIONE, QUANTITÀ E QUALITÀ DEI DIVERSI ELEMENTI A RISCHIO CHE COMPONGONO LA REALTÀ TERRITORIALE (POPOLAZIONE INSEDIATA, EDIFICI, SISTEMI DI INFRASTRUTTURE, ECC.), LE CUI CONDIZIONI E/O IL CUI FUNZIONAMENTO POSSONO ESSERE DANNEGGIATI, ALTERATI O DISTRUTTI DA UN CERTO EVENTO SISMICO;

VULNERABILITÀ

PROBABILITÀ CHE UN ELEMENTO A RISCHIO DI ASSEGNATA TIPOLOGIA RAGGIUNGA UN PREDEFINITO LIVELLO DI DANNO PER EFFETTO DI UN EVENTO SISMICO DI ASSEGNATA INTENSITÀ

MISURA DELLA PERDITA O DELLA RIDUZIONE DI EFFICIENZA A SVOLGERE LE FUNZIONI CHE NORMALMENTE VENGONO ESPLICATE A REGIME.

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale



ANALISI DI RISCHIO E DI SCENARIO

$$\text{Rischio} = (\text{Pericolosità}) \times (\text{Esposizione}) \times (\text{Vulnerabilità})$$



STUDIO DI **PERICOLOSITÀ**
IN TERMINI PROBABILISTICI



VALUTAZIONE DI RISCHIO
PROBABILISTICA



ANALISI DI
RISCHIO

STUDIO DI **PERICOLOSITÀ**
SU BASE DETERMINISTICA
scegliendo uno o più eventi
significativi tra quelli occorsi o
simulando con modelli teorico-
numerici l'evoluzione del fenomeno



VALUTAZIONE DI RISCHIO
A SEGUITO DI UNO
SPECIFICO EVENTO



ANALISI DI
SCENARIO

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

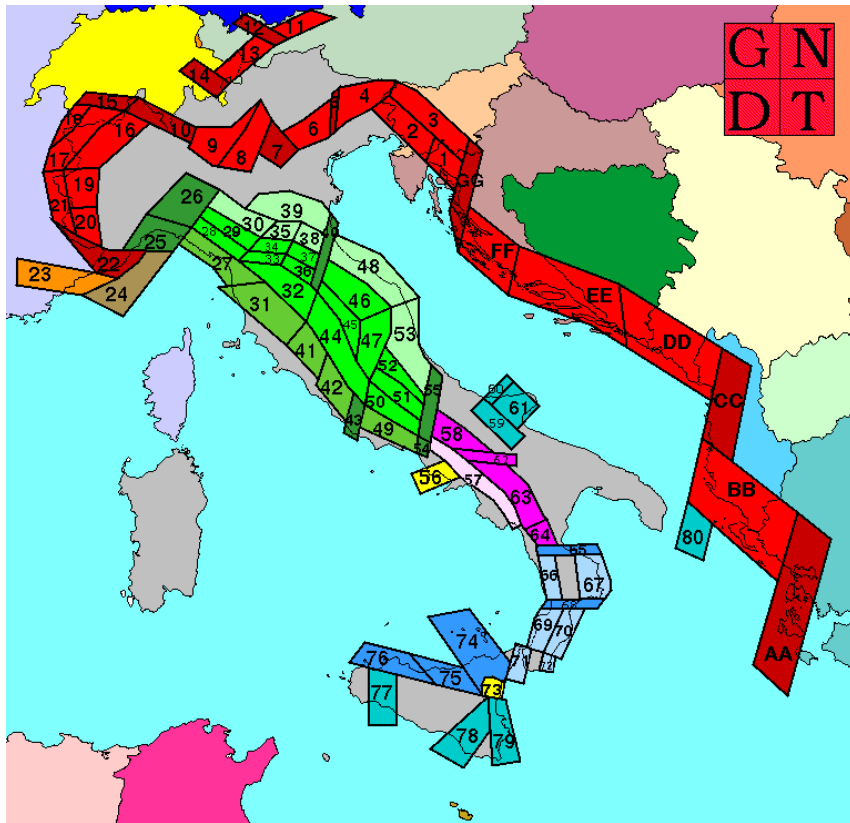
- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

PERICOLOSITÀ

Zonazione sismogenetica (GNDT)



- 80 zone con comportamento geodinamico e meccanismi di rottura omogenei.
- Ogni punto all'interno della medesima zona ha la stessa probabilità che si verifichi un terremoto di data intensità.

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

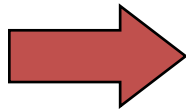
- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

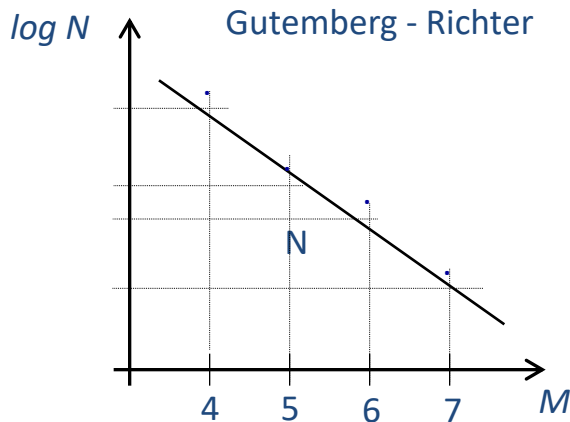
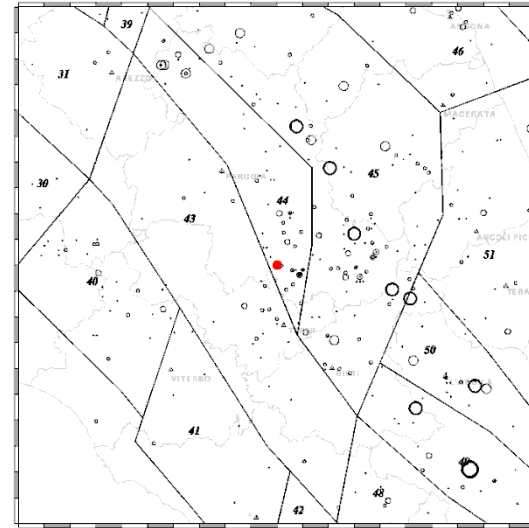
- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

PERICOLOSITÀ

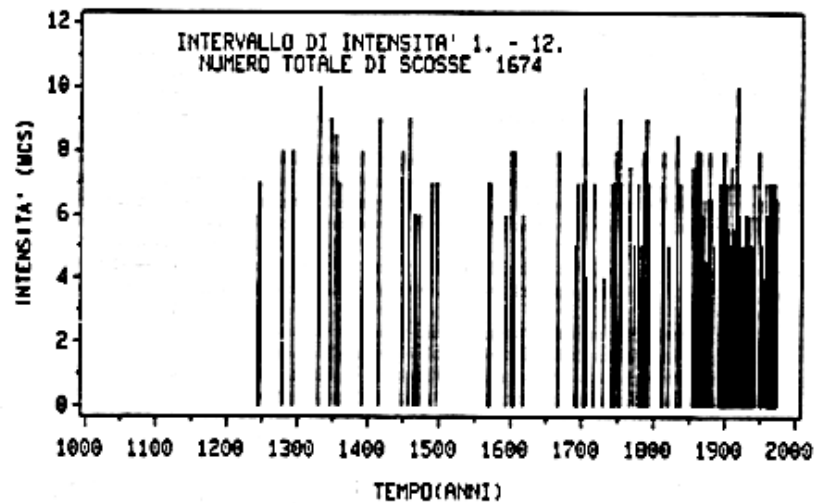
CATALOGO



DISTRIBUZIONE
SPAZIO-
TEMPORALE
DEGLI EVENTI
PER CIASCUNA
ZONA
SISMOGENETICA



$$\log N(M) = \alpha - \beta M$$



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

PERICOLOSITÀ

LE SCALE DI MISURA DELL'INTENSITÀ MACROSISMICA

- De Rossi (1873)
- De Rossi - Forel (1883)
- Mercalli (1897)
- Mercalli (1902)
- Mercalli Cancani Sieberg (1930)
- Mercalli Modificata (1931)
- Medvedev Sponheur Karnik (1964)
- Medvedev Sponheur Karnik (1981)
- European Macroseismic Scale (1992)

I non percepito

II-V percezione crescente, reazioni di paura, caduta di oggetti, senza danni

VI-VII danni lievi

VIII-XI crolli e distruzione di una percentuale crescente di edifici

XII storicamente mai raggiunto

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

Il quadro osservazionale dei testimoni umani costituisce l'unico dato sperimentale sul processo di interazione tra il terremoto e il territorio, quello che permette di classificare significativamente la risposta sismica locale. Nessuno strumento a tutt'oggi è in grado di produrre un tale contesto informativo (Postpischl, 1985)

PERICOLOSITÀ

SCALA MSK-64 (MEDVEDEV-SPONHEUR-KARNIK)

TIPI DI EDIFICI

Struttura A: costruzione in pietrame naturale, costruzioni rurali, case di adobe e case con argilla o limo

Struttura B: costruzioni in mattoni comuni, in grossi blocchi o in prefabbricati, muratura con telai di legname, costruzioni in pietra squadrata.

Struttura C: costruzioni armate, strutture in legno ben fatte

CLASSIFICAZIONE DEI DANNI

- Lievi danni:** esili crepe negli intonaci, caduta di piccoli pezzi d'intonaco.
- Moderati danni:** piccole lesioni nei muri, caduta di grandi pezzi di intonaco, tegole, lesioni ai comignoli, caduta di parti di comignoli.
- Forti danni:** lesioni ampie e profonde dei muri, caduta di comignoli.
- Distruzioni:** aperture nei muri, possono crollare parti di edifici, crollano muri interni.
- Danni totali** degli edifici.

TERMINI DI VALUTAZIONE:

POCHI: 5%; MOLTI: 50%; LA MAGGIOR PARTE: 75%.

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

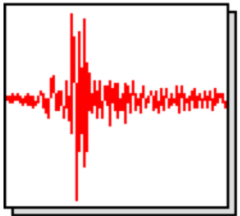
PERICOLOSITÀ

INTENSITÀ - MAGNITUDO

INTENSITÀ, misura la grandezza di un terremoto attraverso gli effetti sull'uomo, sulle costruzioni, sull'ambiente



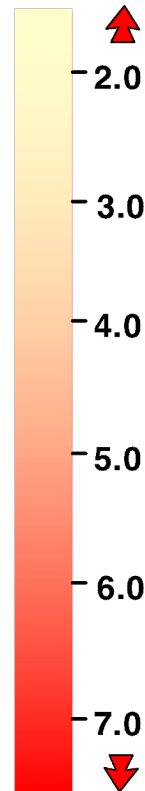
MAGNITUDO, misura la forza di un terremoto attraverso le registrazioni degli strumenti (sismogrammi)



scala Mercalli

I	non percepito
II	percezione crescente, reazioni di paura, caduta di oggetti, senza danni
III	
IV	
V	
VI	danni lievi
VII	crolli e distruzione di una percentuale crescente di edifici
VIII	
IX	
X	
XI	
XII	storicamente mai raggiunto

scala Richter



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità**
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

La magnitudo equivale alla potenza con la quale trasmette una emittente radio, l'intensità equivale alla forza del segnale ricevuto presso una radio ricevente a qualsiasi distanza ed in qualsiasi luogo (Richter).

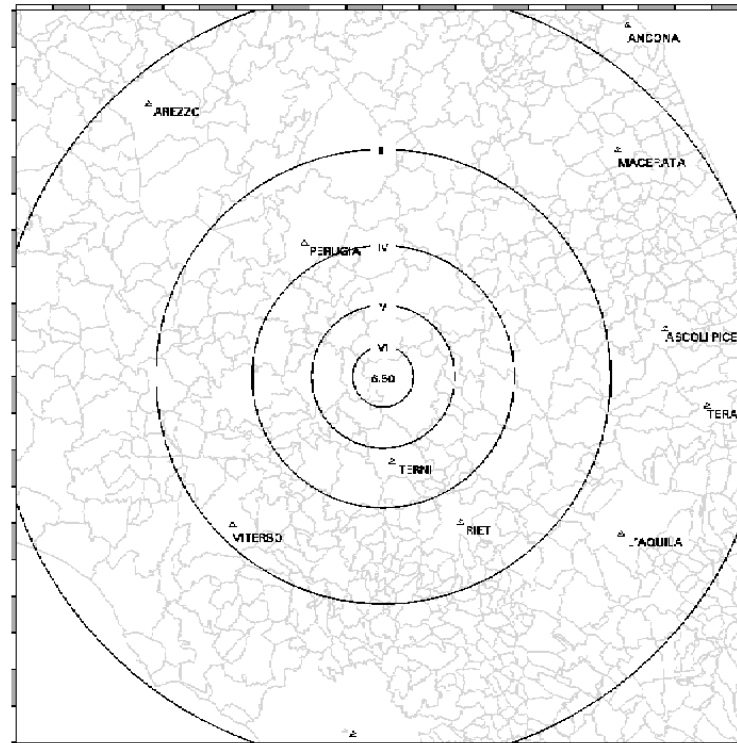
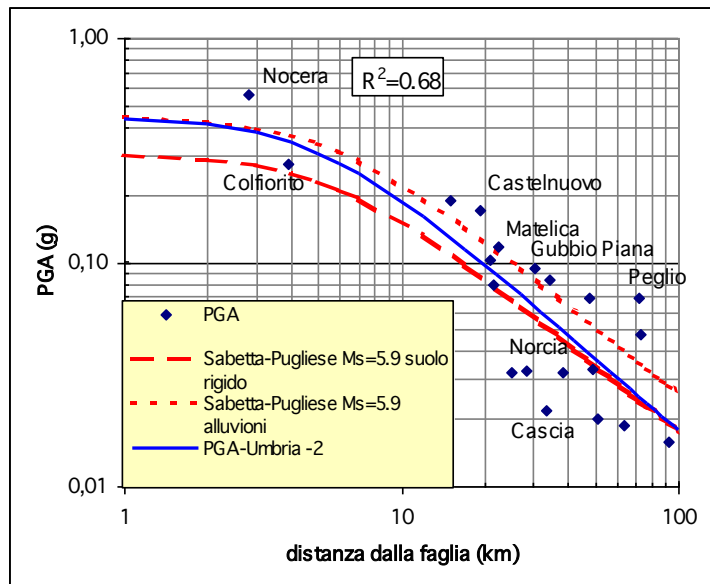
PERICOLOSITÀ

ATTENUAZIONE

Variation of the effects of the earthquake with the distance from the epicenter

Formula di Blake

$$I_0 - I_s = a \log (\sqrt{1+R^2/h^2})$$



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

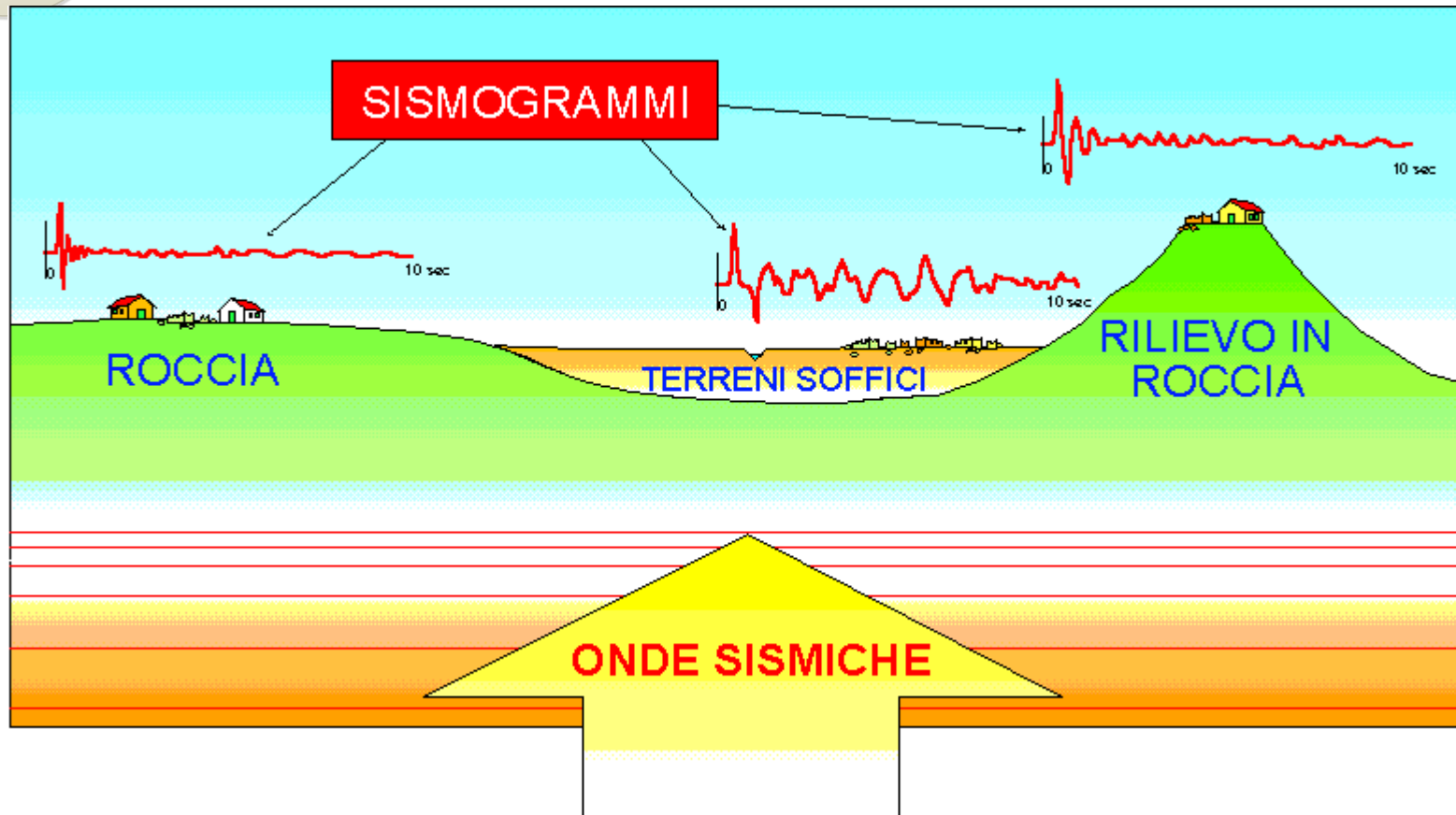
2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

EFFETTI DI SITO



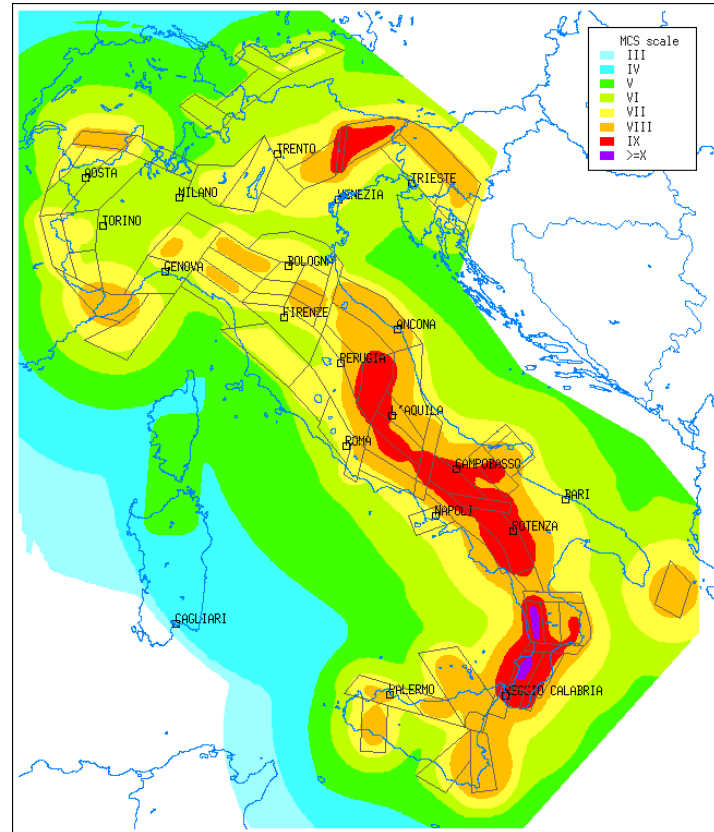
PERICOLOSITÀ

PARAMETRI DESCRITTIVI DEL MOTO DEL SUOLO

INTENSITÀ (I)

utile per descrivere gli effetti socio-economici di un terremoto e per la costruzione degli scenari di danno (Protezione Civile)

Intensità macrosismica che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni, ovvero che si verifica mediamente ogni 475 anni (periodo di ritorno).



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- **Pericolosità**
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

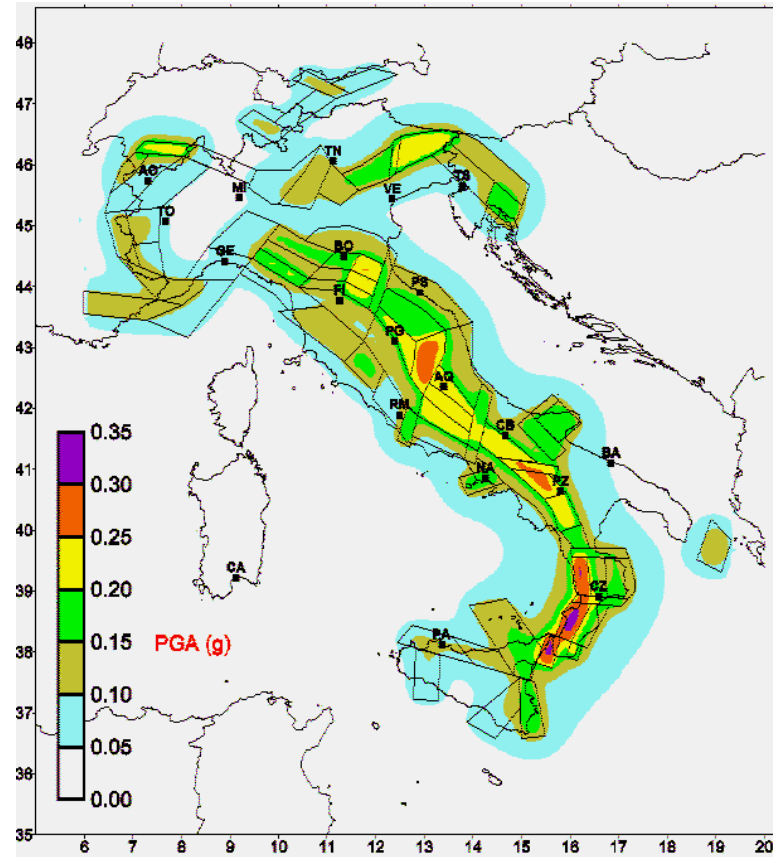
PERICOLOSITÀ

PARAMETRI DESCRITTIVI DEL MOTO DEL SUOLO

ACCELERAZIONE DI PICCO (PGA)

utile per fini ingegneristici, descrive il comportamento delle strutture.

Accelerazione di picco (PGA) che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni, ovvero che si verifica mediamente ogni 475 anni (periodo di ritorno).



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

ESPOSIZIONE

QUANTITÀ E QUALITÀ DEGLI ELEMENTI ESPOSTI A RISCHIO

- NUMERO DEGLI EDIFICI PRESENTI
- NUMERO DI PERSONE COINVOLTE E LORO CAPACITÀ DI REAZIONE
- QUANTITÀ E FUNZIONI DEL SISTEMA PRODUTTIVO
- QUANTITÀ E FUNZIONI DEL PATRIMONIO EDILIZIO PUBBLICO - EDIFICI STRATEGICI
- QUANTITÀ E FUNZIONI DELLE INFRASTRUTTURE
- QUANTITÀ E QUALITÀ DEI BENI CULTURALI PRESENTI



VITE UMANE



EDIFICI



INFRASTRUTTURE

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

ESPOSIZIONE

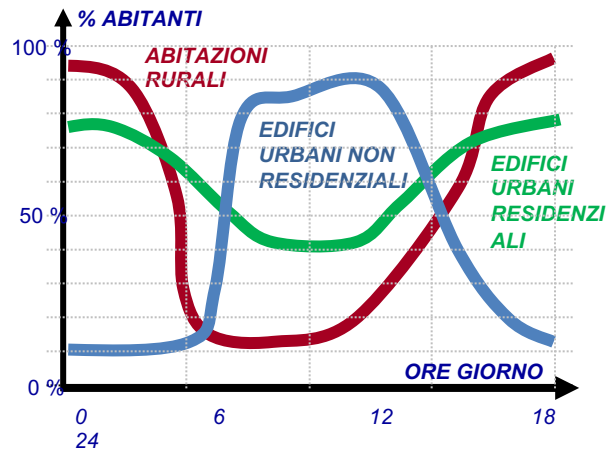
VITE UMANE

$$\% \text{ MORTI} = k_{SV} = \sum_{j=0}^5 ND_L \times N_{\text{indoor}} \times Q_{Vj}$$

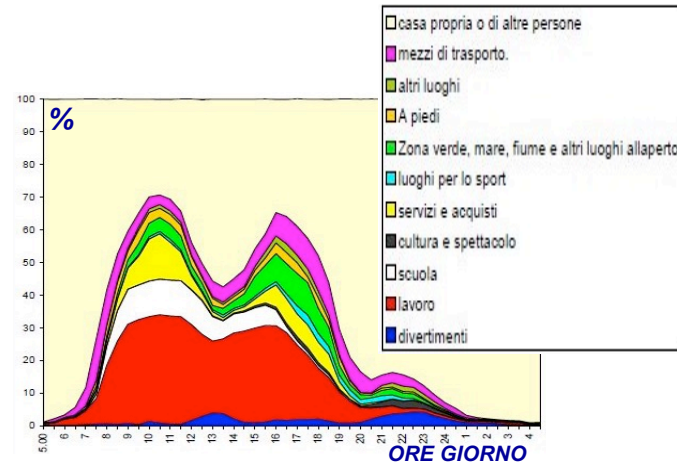
$$\% \text{ FERITI} = k_{SF} = \sum_{j=0}^5 ND_L \times N_{\text{indoor}} \times Q_{Fj}$$

ND_L = % di edifici con danno DL;

N_{indoor} = % di occupanti al momento dell'evento



	D_L	0	1	2	3	4	5	
(morti)	Q_{Vj}	[0	0	0	0	0.03	0.14]	Muratura
	Q_{Fj}	[0	0	0	0	0.06	0.28]	c.a.
(feriti)	Q_{Fj}	[0	0	0	0	0.12	0.56]	Muratura
	Q_{Fj}	[0	0	0	0	0.10	0.42]	c.a.



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

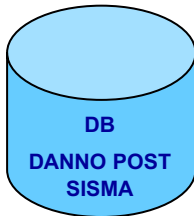
3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

ESPOSIZIONE

EDIFICI → INVENTARIO

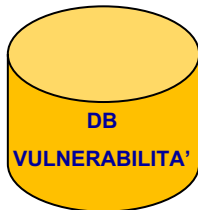
DATI RILEVATI DAL CENTRO PLINIVS



CAMPAGNE DI RILEVAMENTO POST-SISMA

(circa 170.000 edifici, in circa 500 comuni)

- caratteristiche tipologiche
- descrizione del danno rilevato



CAMPAGNE DI RILEVAMENTO

“IN TEMPO DI PACE” PER INVENTARIO

(circa 95.000 edifici, in circa 250 comuni)

- caratteristiche tipologiche

DATI ISTAT



ISTAT CENSIMENTO 2001 - DATI UFFICIALI AGGREGATI

- informazioni generali su edifici e popolazione
- dati non disaggregabili
- per sezione censuaria



ISTAT CENS. 2001 – DATI DISAGGR. A SCALA REGIONALE

- dati di maggiore dettaglio su edifici e popolazione
- dati disaggregati per tipo di informazione
- a scala regionale



ISTAT CENSIMENTO 2001 – DATI DISAGGREGATI PER SEZIONE CENSUARIA (per un campione di Comuni)

- dati di maggiore dettaglio su edifici e popolazione
- dati disaggregati per tipo di informazione
- per sezione censuaria

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ


- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici


3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

ESPOSIZIONE

SCHEDA AEDES


Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile

 CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME
 

SCHEDA DI 1° LIVELLO DI RILEVAMENTO DANNO, PRONTO INTERVENTO E AGIBILITÀ PER EDIFICI ORDINARI NELL'EMERGENZA POST-SISMICA
(AeDES 06/2008) Codice Richiesta _____

SEZIONE 1 Identificazione edificio

Provincia: _____ Squadra | _____ | Scheda n. | _____ | Data | _____ | _____ | _____ |
 Comune: _____
 Frazione/Località: _____
 (denominazione Istat)

IDENTIFICATIVO SOPRALLUOGO _____ giorno mese anno
 IDENTIFICATIVO EDIFICIO Istat Reg. Istat Prov. Istat Comune N° aggregato N° edificio
 _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
 Cod. di Località Istat _____ Tipo carta _____
 Sez. di censimento Istat _____ N° carta _____
Dati Catastali Foglio _____ Allegato _____
 Particelle _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |

1 via _____
 2 corso _____ Num. Civico _____
 3 vicolo _____
 4 piazza _____
 5 altro (Indicare: contrada, località, traversa, salita, etc.) _____
 Coordinate geografiche E _____ Fuso _____
 (ED50 - UTM fuso N _____) Posizione edificio 1 Isolato 2 Interno 3 D'estremità 4 D'angolo
 Denominazione edificio o proprietario _____ Codice Uso _____

Fotocopia dell'aggregato strutturale con identificazione dell'edificio

SEZIONE 2 Descrizione edificio

Dati metrici

N° Piani totali con interrati	Altezza media di piano [m]	Superficie media di piano [m ²]			Età	Uso	N° unità d'uso	Utilizzazione	Occupanti		
		A	I	L					100	10	1
1 <input type="radio"/> 0 2 <input type="radio"/> 1	1 <input type="radio"/> ≤ 2.50	A <input type="radio"/> ≤ 50	I <input type="radio"/> 400 ÷ 500	1 <input type="checkbox"/> ≤ 1919	A <input type="checkbox"/> Abitativo	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A <input type="radio"/> > 65%	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 0			
2 <input type="radio"/> 10 3 <input type="radio"/> 11	2 <input type="radio"/> 2.50 ÷ 3.50	B <input type="radio"/> 50 ÷ 70	L <input type="radio"/> 500 ÷ 650	2 <input type="checkbox"/> 19 ÷ 45	B <input type="checkbox"/> Produttivo	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	B <input type="radio"/> 30 ÷ 65%	<input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 2			
3 <input type="radio"/> 11 4 <input type="radio"/> 12	3 <input type="radio"/> 3.50 ÷ 5.0	C <input type="radio"/> 70 ÷ 100	M <input type="radio"/> 650 ÷ 900	3 <input type="checkbox"/> 46 ÷ 61	C <input type="checkbox"/> Commercio	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	C <input type="radio"/> < 30%	<input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 4			
4 <input type="radio"/> 12 5 <input type="radio"/> 13	4 <input type="radio"/> > 5.0	D <input type="radio"/> 100 ÷ 130	N <input type="radio"/> 900 ÷ 1200	4 <input type="checkbox"/> 62 ÷ 71	D <input type="checkbox"/> Uffici	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	D <input type="radio"/> Non utilizz.	<input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 5			
5 <input type="radio"/> 13 6 <input type="radio"/> 14	E <input type="radio"/> 130 ÷ 170	O <input type="radio"/> 1200 ÷ 1600		5 <input type="checkbox"/> 72 ÷ 81	E <input type="checkbox"/> Serv. Pub.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	E <input type="radio"/> In costruz.	<input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 6			
6 <input type="radio"/> 14 7 <input type="radio"/> 15	F <input type="radio"/> 170 ÷ 230	P <input type="radio"/> 1600 ÷ 2200		6 <input type="checkbox"/> 82 ÷ 91	F <input type="checkbox"/> Deposito	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	F <input type="radio"/> Non finito	<input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 7			
7 <input type="radio"/> 15 8 <input type="radio"/> 16	G <input type="radio"/> 230 ÷ 300	Q <input type="radio"/> 2200 ÷ 3000		7 <input type="checkbox"/> 92 ÷ 01	G <input type="checkbox"/> Strategico	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	G <input type="radio"/> Abbandon.	<input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 8			
8 <input type="radio"/> 16	H <input type="radio"/> 300 ÷ 400	R <input type="radio"/> > 3000		8 <input type="checkbox"/> ≥ 2002	H <input type="checkbox"/> Turis-ricet.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Proprietà A <input type="radio"/> Pubblica B <input type="radio"/> Privata	<input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 9			

Altre strutture

Telai in c.a.
 Paredi in c. a.
 Telai in acciaio

REGOLARITA' Non regolare Regolare
 1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981

ESPOSIZIONE

SCHEDA PLINIVS

Scheda di I livello per la valutazione speditiva della vulnerabilità sismica e vulcanica

N° SEZIONE	DENOMINAZIONE SEZIONE	DATI
1	IDENTIFICAZIONE	Numero progressivo dell'aggregato Numero dell'edificio nell'aggregato
2	INFORMAZIONI GENERALI	Tipo Destinazione Uso Esposizione
3	CONDIZIONI	Età Stato di conservazione della struttura Tipologia delle finiture
4	CARATTERISTICHE DESCRITTIVE	Numero di piani Numero di appartamenti Interrati Interrati occupati Altezza del primo piano Altezza minima Altezza massima Recinzione Orientamento Posizione
5	CARATTERISTICHE STRUTTURALI	Tipologia principale Strutture verticali prevalenti Strutture orizzontali prevalenti Geometria della copertura Struttura della copertura Spessore dei muri Spessore delle tamponature Tipologia delle tamponature
6	APERTURE	Percentuale di aperture in facciata Numero di finestre piccole Numero di finestre medie Numero di finestre grandi Materiale delle finestre piccole Materiale delle finestre medie Materiale delle finestre grandi Protezione delle finestre piccole Protezione delle finestre medie Protezione delle finestre grandi Condizioni delle aperture
7	INTERVENTI	Tipo di intervento Età dell'intervento
8	REGOLARITÀ	Regolarità in pianta Regolarità in elevazione Distribuzione delle tamponature in pianta Distribuzione delle tamponature in altezza Tipo di struttura (telai mono o pluridirez., ecc.) Piano soffice Elementi tozzi

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

ESPOSIZIONE

SCHEDA CARTIS

La scheda di primo livello CARTIS è finalizzata al rilevamento delle **tipologie edilizie prevalenti di zone comunali o sub-comunali**, dette **COMPARTI**, caratterizzate da omogeneità del tessuto edilizio ordinario per età di primo impianto e/o tecniche costruttive.

La scheda **CARTIS** si riferisce ai soli edifici ordinari.
Sono escluse dalla caratterizzazione tipologie riconducibili a beni monumentali (edifici religiosi, palazzi storici, ecc.) o a strutture strategiche (ospedali, scuole, caserme, prefetture, sedi di Protezione Civile, ecc.).



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

ESPOSIZIONE

SCHEMA CARTIS



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Rete dei Laboratori Universitari
di Ingegneria Sismica

CARTIS 2014

SCHEDA DI 1° LIVELLO PER LA CARATTERIZZAZIONE TIPOLOGICO-STRUTTURALE
DEI COMPARTI URBANI COSTITUITI DA EDIFICI ORDINARI

SEZIONE 0: Identificazione Comune e Comparti

PARTE A

DATA / /

a. DATI DI LOCALIZZAZIONE Regione: _____ Codice ISTAT
Provincia: _____ Codice ISTAT
Comune: _____ Codice ISTAT
Municipalità/ Frazione/ Località (denominazione ISTAT) _____

0 8

b. DATI GENERALI COMUNE Numero totale residenti del Comune Piano Particolareggiato
Anno di prima classificazione sismica Centro Storico
Anno di adozione Piano Regolatore Generale SI NO

Numero totale abitazioni
Dato ISTAT Dato rilevato

Numero totale edifici
Dato ISTAT Dato rilevato

c. NUMERO ZONE OMOGENEE (COMPARTI)

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

ESPOSIZIONE

SCHEDA CARTIS

SEZIONE 0: Identificazione Comune e Comparti

PARTE A

DATA / /

c. NUMERO ZONE OMOGENEE (COMPARTI)

d. DATI IDENTIFICATIVI
UNITÀ DI RICERCA
(UR) RELUIS

Codice UR:

Referente: _____

Ente di appartenenza: _____

Qualifica: _____

Titolo di studio: _____

Indirizzo: _____

Mail: _____

Tel. ufficio: _____ Cell.: _____

e. DATI
IDENTIFICATIVI
TECNICO
INTERVISTATO

Nominativo: _____

Ente di appartenenza: _____

Qualifica: _____

Titolo di studio: _____

Indirizzo: _____

Mail: _____

Tel. ufficio: _____ Cell.: _____

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

ESPOSIZIONE

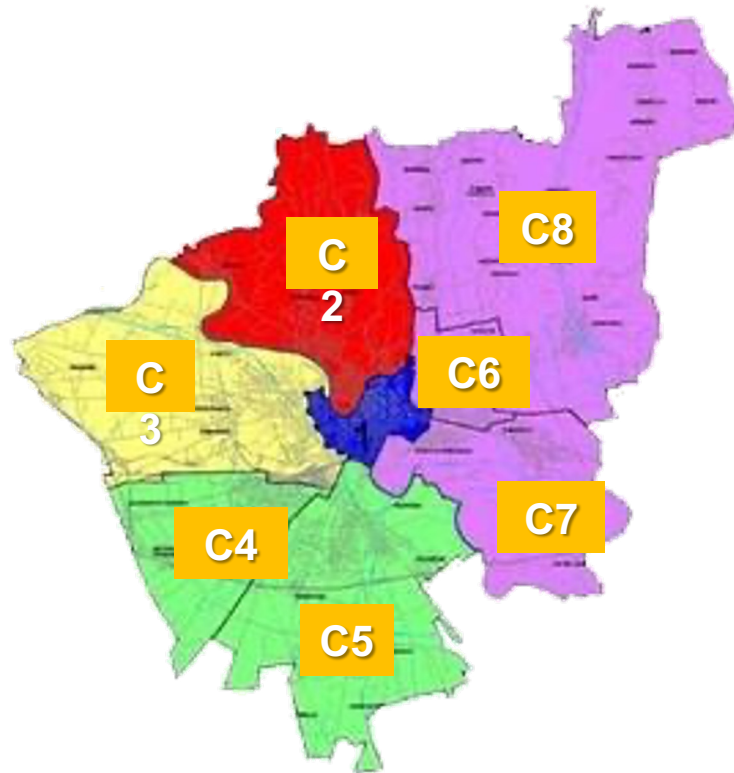
SCHEMA CARTIS

SEZIONE 0: Identificazione Comune e Comparti

PARTE A

DATA / /

f. PLANIMETRIA DEL CENTRO URBANO CON PERIMETRAZIONE DEI COMPARTI E NUMERAZIONE DEGLI STESSI



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

ESPOSIZIONE

SCHEDA CARTIS

SEZIONE 0: Identificazione Comune e Comparti

PARTE B

ELENCO COMPARTI

a. Codice	b. Denominazione Comparto	c. Epoca di Costruzione	d. Residenti [N°]	e. Edifici e Superficie Coperta		f. Abitazioni [N°]	g. Tipologie presenti nel comparto								h. Affidabilità Informazione						
				[N°]	[mq]		MUR 1	MUR 2	MUR 3	MUR 4	CAR 1	CAR 2	CAR 3	CAR 4	Bassa	Media	Alta				
C1	Centro storico I zona espansione	↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑																			
C2																					
C3																					
C4																					
C5																					
C6																					
C7																					
C8																					
C9																					
C10																					
C11																					
C12																					

TIPOLOGIE PREVALENTI DEL COMPARTO:
 La scheda prevede che, per ciascun comparto, si individuino le distribuzioni percentuali di **non più di 4 tipologie di muratura** (denominate MUR 1, MUR 2, MUR 3 e MUR 4) e **4 tipologie in cemento armato** (denominate CAR 1, CAR 2, CAR 3 e CAR 4).
 La **somma** delle distribuzioni percentuali delle tipologie individuate può essere anche **diversa dal 100%**, qualora nel comparto fossero presenti tipologie con distribuzione non superiore al 5%.
 Sebbene sia data la possibilità di individuare sino ad 8 tipologie per comparto, **si suggerisce di contenere il numero di tipologie** allo scopo di non vanificare l'obiettivo di caratterizzare un comparto territoriale.

EPOCA DI COSTRUZIONE:

- secolo (centro storico o primo insediamento)
- decade (area di espansione).

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- **Esposizione**
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

ESPOSIZIONE

SCHEDA CARTIS

SEZIONE 1: Identificazione Tipologia

a. CODICE TIPOLOGIA

<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MUR 1	MUR 2	MUR 3	MUR 4	CAR 1	CAR 2	CAR 3	CAR 4

b. CODICE IDENTIFICATIVO DELLA TIPOLOGIA NEL COMPARTO (IDT)

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/> G1	<input type="text"/> MUR 1
Codice ISTAT Regione	Codice ISTAT Provincia	Codice ISTAT Comune	Codice Comparto	Codice Tipologia

c. POSIZIONE TIPOLOGIA NEL CONTESTO URBANO	ISOLATA IN AGGREGATO	IN AGGREGATO	
		<input type="text"/> %	
	<input type="text"/> %	<i>In adiacenza</i> (strutture staticamente indipendenti)	<i>In connessione</i> (strutture interagenti)
		<input type="text"/> %	<input type="text"/> %

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

ESPOSIZIONE

EDIFICI → INVENTARIO

CLASSI DI VULNERABILITA'

Vertical structures	Horizontal structures				
	Poor rigidity	Poor technology	Medium rigidity	Medium high rigidity	High rigidity
	Vaults and/or wooden floor (without ties)	"SAP" floor	Vaults and/or wooden floor (without ties)	Iron beam floor	Reinforced concrete floor
Weak masonry	A _s	A _s	A _s	A _s	A _s
Rubble masonry neglected (lavic stone, not squared tuff, etc.)	A _s	A _s	B _s	B _s	B _s
Medium quality Rubble masonry maintained (lavic stone, not squared tuff, etc.)	A _s	A _s	B _s	B _s	C _s
Good masonry Squared masonry (lavic stone, tuff etc.)	A _s	A _s	B _s	B _s	C _s
Framed structures (R.C. or steel)	–	B _s	–	–	D _s

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

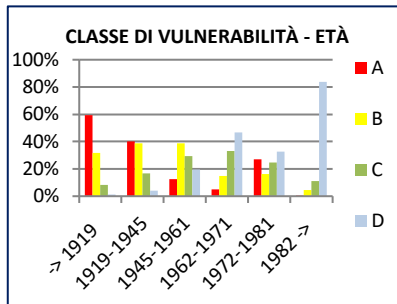
3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

ESPOSIZIONE

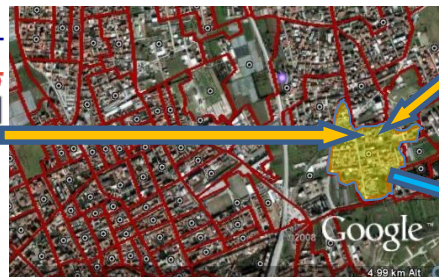
EDIFICI → DETERMINAZIONE DELLE DISTRIBUZIONI DELLE CLASSI TIPOLOGICHE

- I. **INDIVIDUAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DESCRITTIVE DELL'EDIFICIO E DEL COMUNE DI APPARTENENZA PRESENTI SIA NEI DB DI RILIEVO CHE IN QUELLI ISTAT (NUMERO PIANI, ETÀ, TIPOLOGIA, CLASSE DEMOGRAFICA, ETC.).**
- II. **ANALISI STATISTICA DELLE CORRELAZIONI FRA LE CARATTERISTICHE INDIVIDUATE E LE CLASSI DI VULNERABILITÀ DEGLI EDIFICI RILEVATI.**
- III. **APPLICAZIONE DELLE CORRELAZIONI INDIVIDUATE AI DATI ISTAT E STIMA DELLE DISTRIBUZIONI DI VULNERABILITÀ PER I SINGOLI COMUNI.**
- IV. **VERIFICA DELLE DISTRIBUZIONI STIMATE NELLE ZONE (CELLA, SEZIONE CENSUARIA O COMUNE) PER LE QUALI È DISPONIBILE UN DATO RILEVATO CON BUONA PERCENTUALE DI COMPLETEZZA E CALIBRAZIONE DELLA PROCEDURA.**
- V. **APPLICAZIONE A SCALA REGIONALE/NAZIONALE DELLE PROCEDURE CALIBRATE SUI COMUNI SCELTI E STIMA DELLE DISTRIBUZIONI DELLE CLASSI TIPOLOGICHE .**



DATI ISTAT

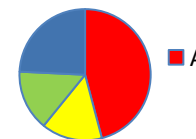
Censimenti
2011



DATI RILEVATI SUL CAMPO



DISTRIBUZIONI DI VULNERABILITÀ PER COMUNE O SEZIONE CENSUARIA



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

VULNERABILITA'

DEFINIZIONI GENERALI

LA **VULNERABILITÀ SISMICA DI UN "OGGETTO"** È UN SUO CARATTERE COMPORTAMENTALE DESCRITTO ATTRAVERSO UNA LEGGE CAUSA - EFFETTO IN CUI LA CAUSA È IL TERREMOTO E L'EFFETTO È IL DANNO (Sandi, 1986).

EDIFICI



Per **VULNERABILITÀ SISMICA DI UN EDIFICIO** si intende la sua propensione a subire un **danno (D)** dovuto ad una **sollecitazione sismica (A)**.

Essa è misurata dal **DANNO** (effetto) che la costruzione subisce a fronte di un evento sismico avente una data intensità.

Quantificare la vulnerabilità sismica di un edificio significa istituire una relazione tra:

- ◆ parametro rappresentativo del moto del suolo, **A**
- ◆ parametro rappresentativo del danno, **D**

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

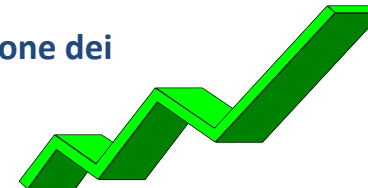
3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

VULNERABILITA'

METODI DI VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ

- **Sperimentazioni in campo o in laboratorio**
 - ◆ Fattibilità su singoli edifici
- **Simulazioni numeriche del comportamento della struttura**
 - ◆ Edificio come organismo unico, di cui si ha approfondita conoscenza della struttura e dei materiali che la compongono
 - ◆ Ingente impiego di risorse, fattibilità su singoli edifici
- **Elaborazione statistica dei dati rilevati**
 - ◆ Edificio come membro di una classe tipologica, definita in funzione dei materiali, della tecnica costruttiva, etc.
 - ◆ Utilizzata su aree urbane
- **Studio di fattori di vulnerabilità → Indice di vulnerabilità**
 - ◆ Edificio come organismo la cui vulnerabilità può essere descritta attraverso sintomi (organizzazione sistema resistente, resistenza globale, degrado, etc.)
 - ◆ Giudizio esperto



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

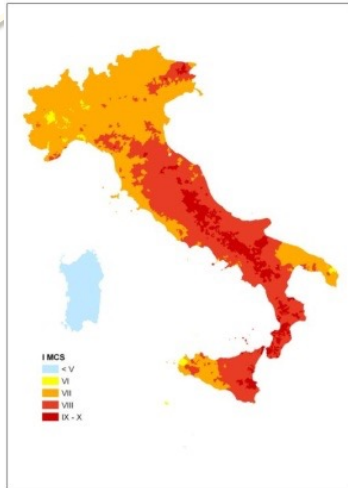
- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

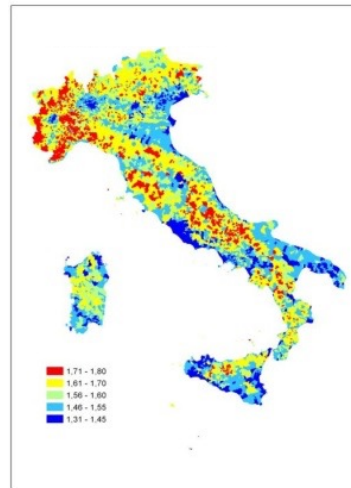
- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

ANALISI DI RISCHIO E DI SCENARIO

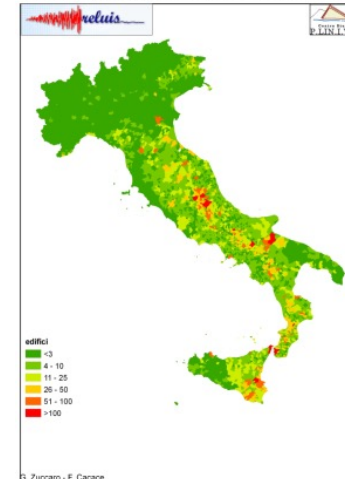
ANALISI DI RISCHIO A SCALA NAZIONALE PER COMUNE



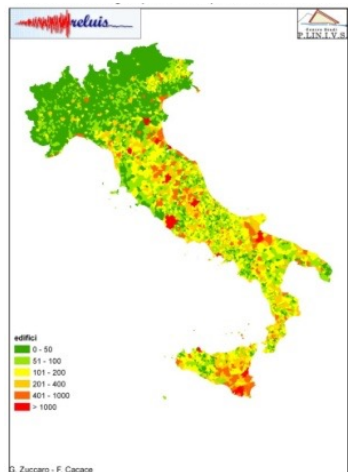
INTENSITA' MCS ATTESA



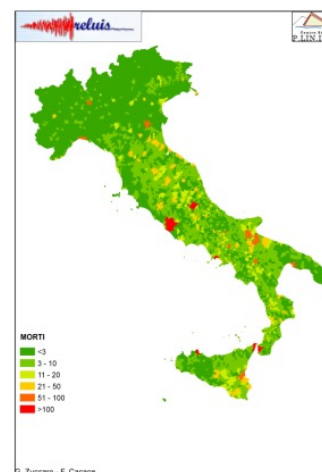
INDICE DI VULNERABILITA' COMUNALE



NUMERO DI EDIFICI COLLASSATI PER COMUNE



NUMERO DI EDIFICI INAGIBILI PER COMUNE



NUMERO ATTESO DI VITTIME PER COMUNE

(PROBABILITA' DEL 10% IN 50 ANNI)

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

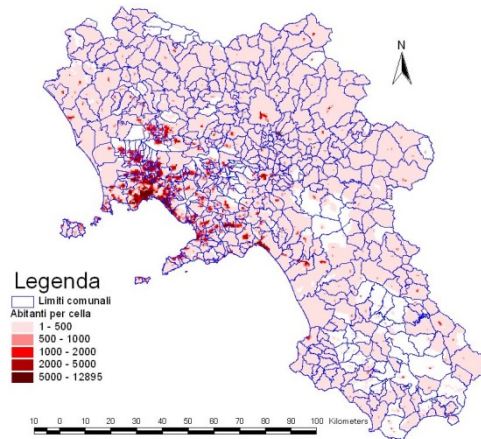
3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su unaiglia territoriale

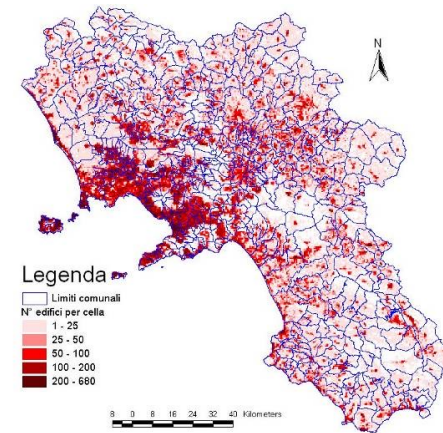
ANALISI DI RISCHIO E DI SCENARIO

ANALISI DI **SCENARIO** A **SCALA REGIONALE** PER **COMUNE**

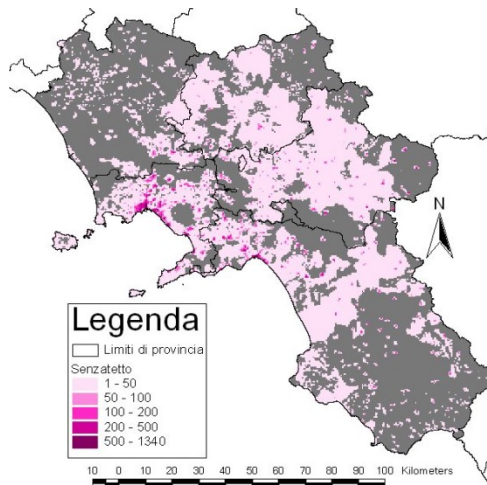
NUMERO DI ABITANTI PER CELLA



NUMERO DI EDIFICI PER CELLA



FUNZIONAMENTO MODELLO SU GRIGLIA PER SISMA IRPINIA 1980



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

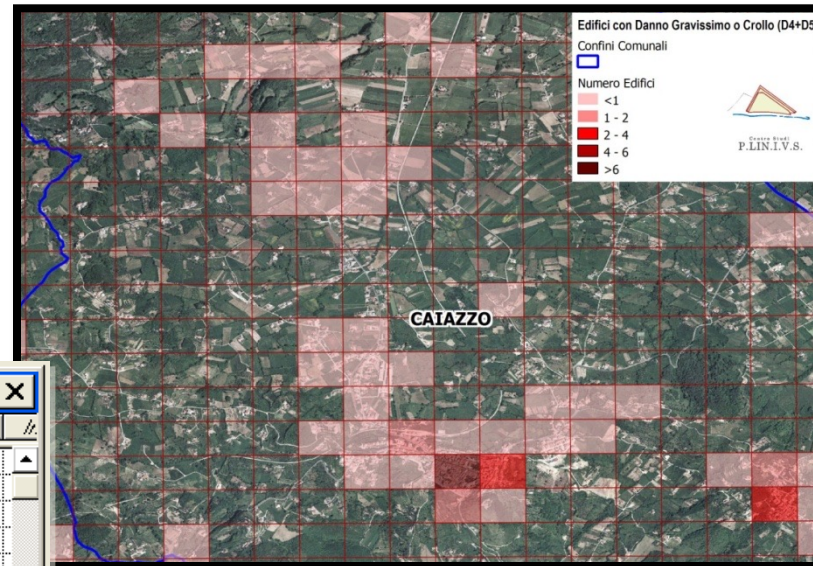
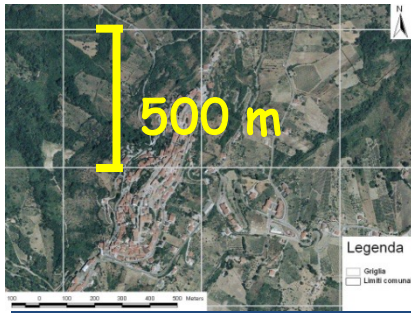
- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

ANALISI DI RISCHIO E DI SCENARIO

ANALISI DI **SCENARIO** A **SCALA TERRITORIALE** PER **GRIGLIA**

DISCRETIZZAZIONE DEL TERRITORIO IN CELLE DI OPPORTUNA DIMENSIONE

- GRIGLIA A MAGLIE QUADRATE DI LATO 500m
- SUPERFICIE CELLA DI 25000mq
- CELLA = UNITÀ ELEMENTARE DI ANALISI
- AD OGNI CELLA È ASSOCIATO UN CODICE NUMERICO, FUNZIONE DEI NUMERI DI RIGA E COLONNA DI APPARTENENZA



Shape	Codice	Riga	Colonna	It.
Polygon	00100093	10	93	
Polygon	00100094	10	94	
Polygon	00100095	10	95	
Polygon	00110093	11	93	
Polygon	00110094	11	94	
Polygon	00110095	11	95	
Polygon	00110096	11	96	
Polygon	00110102	11	102	
Polygon	00110103	11	103	
Polygon	00110107	11	107	

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale



Lezione 8

**METODOLOGIE SPEDITIVE DI ANALISI DI
VULNERABILITÀ STRUTTURALE DI EDIFICI E
AGGREGATI IN MURATURA.**

2. LA VULNERABILITÀ

CLASSIFICAZIONE

VULNERABILITA' SISMICA

PROPENSIONE DI PERSONE, MANUFATTI, ATTIVITÀ O BENI A SUBIRE DANNI O MODIFICAZIONI PER EFFETTO DI UN TERREMOTO.

MISURA DELLA PERDITA O DELLA RIDUZIONE DI EFFICIENZA A SVOLGERE LE FUNZIONI CHE NORMALMENTE VENGONO ESPLICATE A REGIME.

• VULNERABILITA' DIRETTA

Propensione di un singolo elemento, semplice o complesso, a subire danni o collasso a seguito di una scossa sismica (vulnerabilità diretta di un **edificio** o di un **viadotto**).

• VULNERABILITA' INDOTTA

Effetti della crisi dell'organizzazione del territorio provocati dal collasso di uno o più elementi che lo costituiscono (ad esempio, la **crisi del sistema di mobilità** indotta dall'impraticabilità di una strada).

• VULNERABILITA' DIFFERITA

Effetti che si manifestano nelle fasi successive dell'evento sismico tali da modificare, se non addirittura stravolgere, le abitudini ed il comportamento delle popolazioni insediate (ad esempio, si pensi al **disagio prodotto dall'utilizzazione temporanea di alloggi di emergenza** (tendopoli, container, scuole, ecc.) oppure alla riduzione della base occupazionale per via del **collasso degli stabilimenti industriali**).

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale



METODI DI VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA'

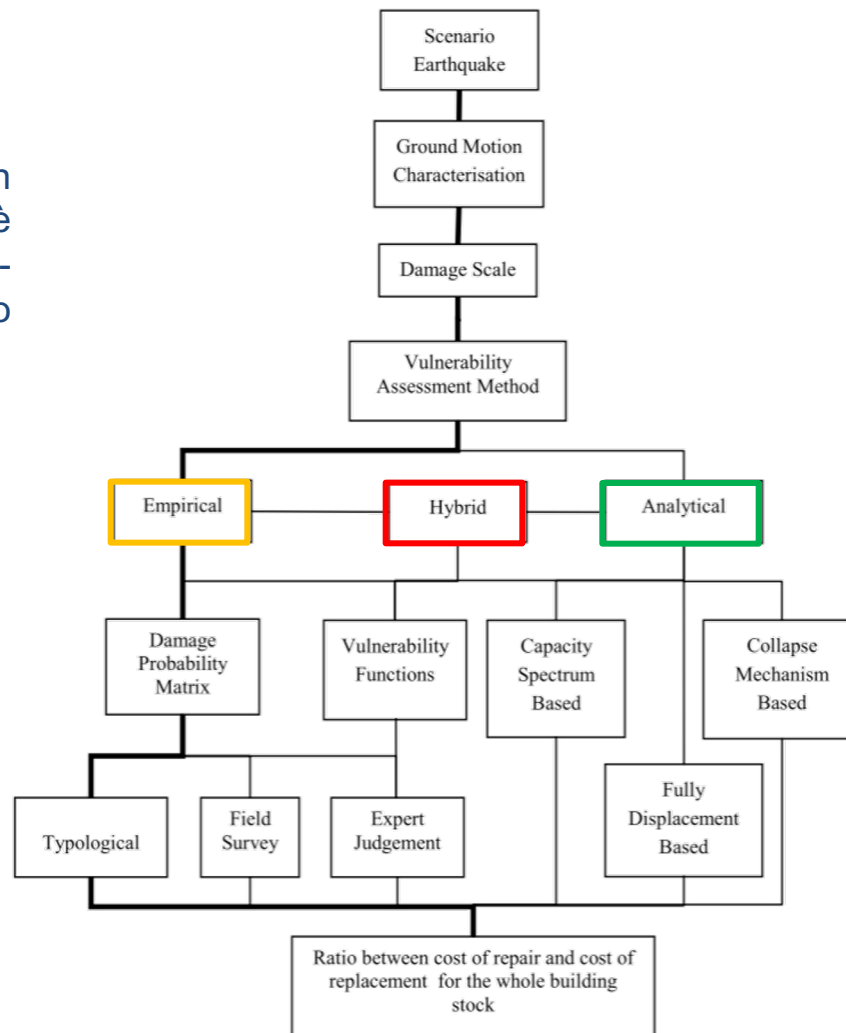
La vulnerabilità sismica (**V**) di un edificio di assegnata tipologia (**T**) è definita attraverso la legge causa-effetto, in cui la causa è il terremoto (**H**) e l'effetto è il danno (**D**).

Sono quindi necessari tre parametri per valutare la vulnerabilità **V**: **T**, **H** e **D**.



I METODI DI VALUTAZIONE della vulnerabilità sono:

1. METODI EMPIRICI
2. METODI ANALITICI
3. METODI IBRIDI



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI DI VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA'

1. METODI EMPIRICI (o osservazionali)

• METODI TIPOLOGICI

- ✓ Identificazione dell'edificio di un numero più o meno grande di **fattori di vulnerabilità**, consistenti in elementi tipologici, morfologici, dimensionali, materiali;
- ✓ definizione di **classi di edifici** caratterizzate da indicatori tipologici o funzionali;
- ✓ associazione ad ogni classe di una **curva di vulnerabilità** o **una matrice di probabilità di danno**, ottenute attraverso l'elaborazione statistica dei danni causati dai terremoti passati agli edifici (**analisi a posteriori**).

• METODI SEMEIOTICI

- ✓ Attribuzione ad ogni edificio di un **indice di vulnerabilità** (determinato sulla base di indicatori interpretati come sintomi di una idoneità a sopportare i terremoti, ad esempio l'efficienza dei collegamenti, la resistenza dei materiali, la regolarità morfologica);
- ✓ associazione di una curva di vulnerabilità o matrice di probabilità di danno ad ogni valore dell'indice di vulnerabilità.

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

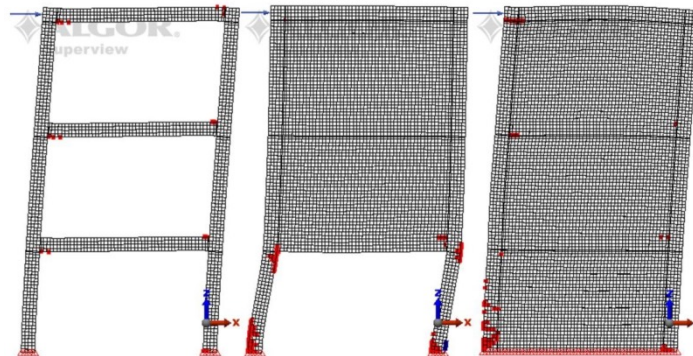
- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI DI VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA'

2. METODI ANALITICI

Le previsioni del **DANNO** sono formulate in base a **calcoli analitici** della risposta sismica dell'edificio e dello stato tensionale e deformativo che le corrisponde.

La misura dell'**AZIONE SISMICA** è espressa dall'accelerazione massima al suolo o da analoghe grandezze utilizzabili come input per tecniche numeriche mentre la misura del danno è quantificata da variabili meccaniche.



3. METODI IBRIDI

Il risultato è costituito da **MATRICI PROBABILITÀ DI DANNO E/O FUNZIONI DI VULNERABILITÀ IBRIDE** che combinano i dati statistici relativi a danni osservati a seguito di terremoti con i dati statistici relativi ai danni valutati attraverso analisi meccaniche su modelli matematici di edifici suddivisi per tipologia edilizia.

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI EMPIRICI

Principali **METODI EMPIRICI** per la VALUTAZIONE della vulnerabilità sismica:

1. DAMAGE PROBABILITY MATRICES (DPM)

Esse esprimono in maniera discreta la **Probabilità** che si verifichi un Danno (**D**) di livello **j** a seguito di un terremoto di Intensità **i**:

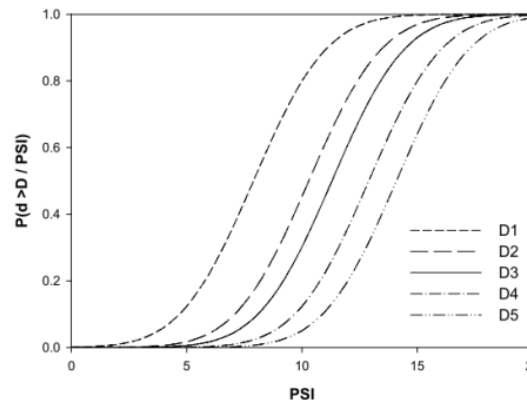
$$P [D = j | i]$$

2. VULNERABILITY FUNCTIONS

Funzioni continue che esprimono la probabilità di superamento di un certo livello di Danno (**D**) per effetto di un terremoto di assegnata intensità **i**.

Table 1: Format of the Damage Probability Matrix Proposed by Whitman et al. (1973)

Damage State	Structural Damage	Non-structural Damage	Damage Ratio (%)	Intensity of Earthquake				
				V	VI	VII	VIII	IX
0	None	None	0-0.05	10.4	-	-	-	-
1	None	Minor	0.05-0.3	16.4	0.5	-	-	-
2	None	Localised	0.3-1.25	40.0	22.5	-	-	-
3	Not noticeable	Widespread	1.25-3.5	20.0	30.0	2.7	-	-
4	Minor	Substantial	3.5-4.5	13.2	47.1	92.3	58.8	14.7
5	Substantial	Extensive	7.5-20	-	0.2	5.0	41.2	83.0
6	Major	Nearly total	20-65	-	-	-	-	2.3
7	Building condemned		100	-	-	-	-	-
8	Collapse		100	-	-	-	-	-



Vulnerability curves produced by Spence et al. (1992) for bare moment-resisting frames using the parameterless scale of intensity (PSI); D1 to D5 relate to damage states in the MSK scale

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione

• Metodi Empirici

- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI EMPIRICI

SCALE DI DANNO

Le DPM e le CURVE DI VULNERABILITA' sono generate **per categoria di edifici** ed **esprimono la probabilità che si verifichi un certo livello di danno per ogni intensità sismica.**

In linea teorica, quindi, esse possono essere costruite facendo riferimento ad una **generica scala di danno**, sia essa espressa in termini di costi (ad esempio come rapporto del costo di riparazione sul costo di ricostruzione), sia in termini fenomenologici, cioè in base ad una stima qualitativa del diverso grado di danno che gli edifici possono subire - così come scandito, ad esempio, dai 6 livelli di danno della **scala MSK**.

<i>Danno</i>	<i>Descrizione</i>
0	Nessun danno
1	Danno lieve: sottili fessure e caduta di piccole parti dell'intonaco
2	Danno medio: piccole fessure nelle pareti, caduta di porzioni consistenti di intonaco, fessure nei camini parte dei quali cadono
3	Danno forte: formazione di ampie fessure nei muri, caduta dei camini
4	Distruzione: distacchi fra le pareti, possibile collasso di porzioni di edifici, parti di edificio separate si sconnettono, collasso di pareti interne
5	Danno totale: collasso totale dell'edificio

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- **Metodi Empirici**
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI EMPIRICI

SCALE DI DANNO

European Macroseismic Scale 1998 (EMS '98)



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI EMPIRICI

SCALE DI DANNO CLASSIFICAZIONE ADOTTATA NELLA EMS '98

Differenziazione delle strutture per
CLASSI DI VULNERABILITA'

Type of Structure	Vulnerability Class					
	A	B	C	D	E	F
MASONRY	rubble stone, fieldstone	●				
	adobe (earth brick)	●	—			
	simple stone		●			
	massive stone			●		
	unreinforced, with manufactured stone units		●	—		
	unreinforced, with RC floors			●		
	reinforced or confined				●	—
REINFORCED CONCRETE (RC)	frame without earthquake-resistant design (ERD)			●		
	frame with moderate level of ERD				●	
	frame with high level of ERD					●
	walls without ERD			●		
	walls with moderate level of ERD				●	
	walls with high level of ERD					●
STEEL					●	
WOOD				●		

● most likely vulnerability class; — probable range;
- - - - - range of less probable, exceptional cases

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI EMPIRICI

SCALE DI DANNO



Grade 1: Negligible to slight damage (no structural damage, slight non-structural damage)

Hair-line cracks in very few walls.
Fall of small pieces of plaster only
Fall of loose stones from upper parts of
buildings in very few cases



Grade 2: Moderate damage (slight structural damage, moderate non-structural damage)

Cracks in many walls.
Fall of fairly large pieces of plaster
Partial collapse of chimney



Grade 3: Substantial to heavy damage (moderate structural damage, heavy non-structural damage)

Large extensive cracks in most walls
Roof tiles detach. Chimney fracture at the
roof line; failure of individual
non-structural elements (partition, glaze walls)



Grade 4: Very heavy damage (heavy structural damage, very heavy non-structural damage)

Serious failure of walls; partial structural
failure of roofs and floors.



Grade 5: Destruction (very heavy structural damage)

Total or near total collapse

Classificazione
del danno agli
edifici in
muratura in base
alla EMS 98

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

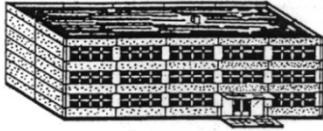
- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI EMPIRICI

SCALE DI DANNO



Grade 1: Negligible to slight damage (no structural damage, slight non-structural damage)

Fine cracks in plaster over frame members or in walls at the base. Fine cracks in partition and infills.



Grade 2: Moderate damage (slight structural damage, moderate non-structural damage)

Cracks in columns and beams of frames and in structural walls.
Cracks in partition and infill walls; fall of brittle cladding and plaster.
Falling mortar from the joints of wall panels.



Grade 3: Substantial to heavy damage (moderate structural damage, heavy non-structural damage)

Cracks in columns and beam column joints of frames at the base and at joints of coupled walls.
Spalling of concrete cover, buckling of reinforced rods.
Large cracks in partition and infill walls, failure of individual infill panels.



Grade 4: Very heavy damage (heavy structural damage, very heavy non-structural damage)

Large cracks in structural elements with compression failure of concrete and fracture of rebars; bond failure of beam reinforced bars; tilting of columns.
Collapse of a few columns or of a single upper floor.



Grade 5: Destruction (very heavy structural damage)

Collapse of ground floor or parts (e.g. wings) of buildings.

Classificazione
del danno agli
edifici in
cemento armato
in base alla
EMS 98

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
X						East Kazakhstan 1990 / Saisan			X		
TYPE OF STRUCTURE						Adobe masonry					



Comment:

The large and extensive cracks in most walls suggest damage of grade **3** .

Figure 5 - 1

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
	X					Montenegro, Yugoslavia 1979				X	
TYPE OF STRUCTURE						Simple stone masonry					



Comment:

Parts of the bearing walls have failed, causing partial collapse of the roof and floor slabs. This is heavy structural damage and therefore damage grade **4**.


CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
	X					North Peloponissos, Greece 1995 / Aegion				X	
TYPE OF STRUCTURE						Field stone masonry					



Comment:

The serious failure of walls in this example is indicative of damage grade **4**. The vulnerability is affected by the poor quality of mortar and the non-effectiveness of the concrete elements in the construction.

Figure 5 - 4


CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
X						Carpathia 1986 / Moldava, Leovo				X	
TYPE OF STRUCTURE						Adobe masonry					
											
<p>Comment: The loss of connection between external walls and the partial failure at the bottom of the left corner suggests damage of grade 4 (serious failure of walls).</p> <p>The right part of the building seems to be without serious damage and is obviously of a better stage of repair. A final classification should consider the reasons for this difference..</p>											
										Figure 5 - 2	

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
						Correggio, Italy 1996 / Bagnolo (Reggio Emilia)		X			
TYPE OF STRUCTURE						Unreinforced masonry					



Comment:

Looking at the exterior walls one can see many cracks in the brick infill, indicating damage of grade **2**. One should also inspect inside the building in order to confirm this assessment of the damage grade.

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
X						Campania-Basilicata, Italy 1980 / Balvano					X
TYPE OF STRUCTURE							Field stone masonry (in very weak mortar)				
											
<p>Comment: The floor slabs have failed and so have most of the walls. This is very heavy structural damage and damage grade 5.</p>											
							Figure 5 - 5				

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
X						Tadjikistan 1985 / Kairakkoum				X	
TYPE OF STRUCTURE						Adobe masonry					



Comment:

This example shows serious failure of walls, considered to be damage of grade **4** .

Figure 5 - 3

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
						Friuli, Italy 1976 / Gemona (Udine)			X		
TYPE OF STRUCTURE						Unreinforced masonry					



Comment:

There are large diagonal cracks in most walls, but they are not so severe and the walls have not failed. In this case the damage is grade **3** .



Note: The difference in the classification of damage grade with respect to the subsequent figure.

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
						Friuli, Italy 1976				X	
						Braulins (Udine)					
TYPE OF STRUCTURE						Unreinforced masonry, with RC floors					



Comment:

The large diagonal cracks in the walls, and the partial loss of connection between the external walls indicate heavy structural damage. This is damage of grade **4** .

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
						Grison, Switzerland 1991 / Vaz		X			
TYPE OF STRUCTURE						Simple stone masonry					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>											
<p>Comment: The long crack in this wall is large enough to constitute slight structural damage. The damage should be considered to be of grade 2 .</p>											
										Figure 5 - 5	

EMS '98

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
	X					Montenegro, Yugoslavia 1979			X		
TYPE OF STRUCTURE						Simple stone masonry					



Comment:

The central wall element at the top which failed is a gable wall and not bearing the roof. This is therefore non-structural damage, and should be classified as heavy non-structural damage, which is damage grade **3**.

Figure 5 - 5

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
						NW-Bohemia - Vogtland 1985, Czech Rep / Skalná		X			
TYPE OF STRUCTURE						Unreinforced masonry					



Comment:

Although no structural damage is visible from outside the building, inside it can be seen that cracks have occurred in slot-wall joints, which is slight structural damage. Fairly large pieces of plaster have fallen from the exterior and plaster has also fallen from interior walls. The damage is grade **2**.

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
						Roermond, The Netherlands 1992 / Heinsberg		X			
TYPE OF STRUCTURE						Unreinforced masonry					
											
<p>Comment:</p> <p>Several chimneys have been damaged and tiles on the roof have been shifted. Large and extensive cracks in most walls were not observed, and therefore the damage is to be assessed as grade 2.</p> <p><i>Note:</i> The chimney on the left of the picture was broken due to the differential shaking behaviour of the two adjoining buildings. Parts of the broken chimney hit the roof and dislodged tiles; this damage to the tiles is therefore a secondary effect and not caused directly by the earthquake shaking.</p>											
						Figure 5 - 10					

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
						Swabian Alb 1978, Germany / Albstadt		X			
TYPE OF STRUCTURE							Unreinforced masonry				



Comment:

Many vertical cracks have appeared as a result of drift between walls. This is slight structural damage and the damage grade is **2**

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
						Great Hanshin, Japan 1995 / Kobe				X	
TYPE OF STRUCTURE						Timber structure					



Comment:

The building on the left has suffered heavy damage to the joints of the building frame. The damage should be assessed as grade **4**.

Note: Due to the weakness of the stiffening system at the ground floor (a soft storey) the whole building has drifted to the right. Lateral support was provided by the building next door, so that in this case the collapse of the building is not total, and. A good illustration of the effect that can be played by the position of a building relative to other buildings.

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
		X				North Peloponnissos, Greece 1995 / Aegion			X		
TYPE OF STRUCTURE						Unreinforced masonry, with RC floor					



Comment:

The cracks in the exterior wall are large and extensive, but not all of them penetrate the whole thickness of the wall. This is moderate structural damage and damage of grade **3**.

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE Mexico City 1985	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
			X						X		
TYPE OF STRUCTURE						RC frame					



Comment:

This RC building has suffered cracks in columns and infill walls with detachment of pieces of plaster; in some cases there is partial failure of the brick infills. The structural damage (to the columns) is moderate, and the non-structural damage (to the infills) is heavy, making the damage grade **3**.

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
			X			Irpinia-Basilicata, Italy 1987 / Sant' Angelo dei Lombardi				X	
TYPE OF STRUCTURE							RC frame				



Comment:


Many exterior infill was failed entirely, which is very heavy non-structural damage. In some cases there is heavy damage to the beam-column joints. This is damage of grade **4**


CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
						North Pelopponissos, Greece 1995 / Aegion					X
TYPE OF STRUCTURE							RC frame				



Comment:

The whole ground floor has collapsed completely. In such cases the damage grade is **5** .

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE Mexico City 1985	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
			X						X		
TYPE OF STRUCTURE						RC frame					
											
<p>Comment: This building has suffered partial collapse of the upper part. Although single upper storeys have failed, no part of the building has collapsed completely to ground level, so the damage is only grade 4.</p>											
						Figure 5 - 20					

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
						North Pelopponissos, Greece 1995 / Aegion					X
TYPE OF STRUCTURE						RC frame					
											
<p>Comment: The middle part of this building has collapsed completely, making the damage of grade 5</p>											
<p>Figure 5 - 19</p>											

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
						Great Hanshin, Japan 1995 / Kobe					X
TYPE OF STRUCTURE							RC walls				



Comment:

The ground floor has collapsed completely; this is damage of grade **5** .

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE Spitak, Armenia 1988 / Leninakan	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
	X										
TYPE OF STRUCTURE						RC frame					



Comment:

This is obviously very heavy structural damage and near-total collapse, and therefore damage grade. **5**


Note: This RC frame structure incorporating a certain level of earthquake resistant design was adversely affected by the insufficient coupling between beams and columns. This building type is a typical example where one should assign a low vulnerability class, in this case **B**, which represents an exceptionally low class for this type of structure.

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
						Great Hanshin, Japan 1995 / Kobe			X		
TYPE OF STRUCTURE						RC walls					



Comment:

This building has suffered moderate structural damage over its full height. The cracks are concentrated in the weak short column elements of the outer facade. The integrity of the whole building has not been impaired. The damage grade is assessed as **3**.

CLASS OF VULNERABILITY						EARTHQUAKE / SITE	GRADE OF DAMAGE				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
						Great Hanshin, Japan 1995 / Kobe				X	
TYPE OF STRUCTURE						Steel frame					
											
<p>Comment: One of the upper storeys of this building has collapsed, and there is lateral flexure of columns; this is heavy structural damage. Some of the heavy curtain walls failed due to the failure of connections. This would be assessed as grade 4 damage</p>											
										Figure 5 - 24	

METODI EMPIRICI

DPM

Il formato generale di una DPM è quello mostrato in tabella.

Ogni elemento della matrice rappresenta la probabilità condizionata che si verifichi il livello di danno D data l'intensità i e la classe tipologica T , ed è esprimibile sinteticamente nel seguente modo $P[D|I,T]$.

Formato generale di una DPM per edifici di una CLASSE T

<i>Intensità</i>	<i>Livello di Danno</i>					
	0	1	...	D_k	...	$D_{k_{max}}$
VI	...%	...%	...%	...%	...%	...%
...	...%	...%	...%	...%	...%	...%
I	...%	...%	...%	$p[D_k I,T]$...%	...%
...	...%	...%	...%	...%	...%	...%
I_{max}	...%	...%	...%	...%	...%	...%

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI EMPIRICI

DPM in base alla MSK 76

La **scala MSK 76** (Medvedev, 1977) rappresenta la prima forma, sia pur incompleta, di matrice di probabilità di danno, generata per le tre categorie di costruzioni in essa individuate.

Nella scala, in particolare, è proposta la prima distinzione degli edifici secondo **tre classi di vulnerabilità**, individuate **in base al materiale costruttivo**.

Sono definite tre tipologie:

- **tipo A**: costruzioni in pietrame;
- **tipo B**: costruzioni in mattoni;
- **tipo C**: costruzioni in cemento armato.

(vulnerabilità decrescente nel passaggio dalla classe A alla C).

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI EMPIRICI

DPM in base alla MSK 76

Le intensità macrosismiche della scala sono attribuite in base alla percentuale danneggiata di edifici di ogni categoria e del livello di danni da essi subito. Raggruppando la quantità di edifici danneggiati in tre intervalli percentuali, calcolati sul totale degli edifici appartenenti a ciascuna classe, e corrispondenti rispettivamente a Pochi Edifici (circa il 5%), Molti Edifici (circa il 50%) e la Maggior Parte degli Edifici (circa il 75%), quindi, la scala è scandita così come descritto in **tabella**:

<i>Intensità MSK</i>	<i>CLASSE A</i>	<i>CLASSE B</i>	<i>CLASSE C</i>
V	5% danno 1	-	-
VI	5% danno 2 50% danno 1	5% danno 1	-
VII	5% danno 4 50% danno 3	50% danno 2 5% danno 3	50% danno 1 5% danno 2
VIII	5% danno 5 50% danno 4	5% danno 4 50% danno 3	5% danno 3 50% danno 2
IX	50% danno 5,4	5% danno 5 50% danno 4	5% danno 4 50% danno 3
X	75% danno 5	50% danno 5	5% danno 5 50% danno 4

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- **Metodi Empirici**
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale



METODI EMPIRICI

DPM in base alla MSK 76

Vantaggi della scala MSK:

- non è legata ad una specifica realtà territoriale, essendo la classificazione tipologica del tutto generale;
- immediatezza del risultato

Svantaggi della scala MSK:

- le classi tipologiche in essa individuate non tengono conto delle più moderne tecnologie costruttive (costruzioni in acciaio etc.);
- i criteri di attribuzione alle tre classi, basati esclusivamente sul materiale di costruzione, appaiono troppo grossolani;
- le percentuali edilizie danneggiate fornite dai tre intervalli di danneggiamento previsti sono troppo approssimate;
- la descrizione della scala non è completa, in quanto essa non è articolata su tutti i livelli di danno per le varie intensità.

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale



METODI EMPIRICI

DPM e GNDT

L'approccio **GNDT di livello I** è basato su DPM.

Le DPM usate dal GNDT sono state ricavate dal trattamento statistico dei dati di danno raccolti dopo il terremoto dell'Irpinia '80 (41 comuni danneggiati)

DPM sono state sviluppate per:

- 12 livelli d'intensità dalla scala MSK
- 3 tipologie edilizie
- 6 livelli di danno

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- **Metodi Empirici**
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI EMPIRICI

DPM BRAGA-DOLCE-LIBERATORE ('82-'85) usate in GNDT I

Sono costruite sulla base dati delle schede di rilevamento dei danni di 41 comuni danneggiati dal **terremoto dell'Irpinia del 1980**.

Esse costituiscono un aggiornamento e completamento della scala di intensità macrosismica MSK: si utilizzano, infatti, gli stessi 12 livelli di intensità previsti nella scala MSK e le stesse **tre categorie di edifici (ridefinite, però, in modo più completo)**; la scala di danno, ancora, è scandita negli stessi 6 livelli previsti dalla scala MSK

CLASSE A						
<i>Intensità</i>	<i>Livello di Danno</i>					
	0	1	2	3	4	5
VI	0.188	0.373	0.296	0.117	0.023	0.002
VII	0.064	0.234	0.344	0.252	0.092	0.014
VIII	0.002	0.020	0.108	0.287	0.381	0.202
IX	0.0	0.001	0.017	0.111	0.372	0.498
X	0.0	0.0	0.002	0.030	0.234	0.734

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- **Metodi Empirici**
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI EMPIRICI

DPM- GNDT

CLASSE B						
<i>Intensità</i>	<i>Livello di Danno</i>					
	0	1	2	3	4	5
VI	0.36	0.408	0.185	0.042	0.005	0.0
VII	0.188	0.373	0.296	0.117	0.023	0.002
VIII	0.031	0.155	0.312	0.313	0.157	0.032
IX	0.002	0.022	0.114	0.293	0.376	0.193
X	0.0	0.001	0.017	0.111	0.372	0.498

CLASSE C						
<i>Intensità</i>	<i>Livello di Danno</i>					
	0	1	2	3	4	5
VI	0.715	0.248	0.035	0.002	0.0	0.0
VII	0.401	0.402	0.161	0.032	0.003	0.0
VIII	0.131	0.329	0.330	0.165	0.041	0.004
IX	0.050	0.206	0.337	0.276	0.113	0.018
X	0.005	0.049	0.181	0.336	0.312	0.116

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale



METODI EMPIRICI

DPM- GNDT

Le **tipologie edilizie sono ridefinite** tenendo conto di tutte le possibili combinazioni di elementi strutturali (presenti all'epoca del rilievo nel territorio Irpino) e della loro influenza sulla resistenza sismica degli edifici.

Si è riscontrata, in particolare, la **maggiore influenza sulla resistenza degli edifici della tipologia di orizzontamenti e del tipo di strutture verticali.**

Questi due 'fattori strutturali' si possono presentare, a loro volta, con diverse caratteristiche strutturali (solai in legno, in c.a. etc.; muratura in pietrame non squadrato, in mattoni etc.) e la loro varia combinazione dà luogo, complessivamente, a **13 tipologie edilizie.**

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- **Metodi Empirici**
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI EMPIRICI

DPM- GNDT

Identificazione tipologie edilizie

Strutture orizzontali	Strutture verticali			
	Muratura in pietrame non squadrato	Muratura in pietrame sbozzato	Muratura in mattoni o blocchi	Cemento armato
Volte	1	5	9	\
Solai in legno	2	6	10	\
Solai con putrelle	3	7	11	\
Solai in c.a.	4	8	12	13

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- **Metodi Empirici**
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI EMPIRICI

DPM- GNDT

Tali 13 tipologie edilizie sono state riaggregate nelle tre classi di vulnerabilità A B e C imponendo la massima verosimiglianza fra le matrici DPM generate per ciascuna di esse e le matrici generate per le tipologie corrispondenti alle classi A B e C della scala MSK.

Strutture orizzontali	Strutture verticali			
	Muratura in pietrame non squadrato	Muratura in pietrame sbozzato	Muratura in mattoni o blocchi	Cemento armato
Volte	A	A	A	\
Solai in legno	A	A	C	\
Solai con putrelle	B	B	C	\
Solai in c.a.	C	C	C	C

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- **Metodi Empirici**
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI EMPIRICI

DPM- GNDT

Le DPM sono molto utili se utilizzate per la determinazione della vulnerabilità di una classe di edifici in base alla sola individuazione della relativa classe di appartenenza. Esse si rivelano, quindi, come un valido supporto per l'esecuzione di indagini di rischio a scala territoriale in quanto consentono, in tempi relativamente brevi, di tracciare una stima quantitativa delle entità dei danni che si profilano per uno scenario sismico ipotizzato (cioè per date intensità macrosismiche). Questo è, in sostanza, il metodo adottato dal GNDT con le schede di vulnerabilità di I livello

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

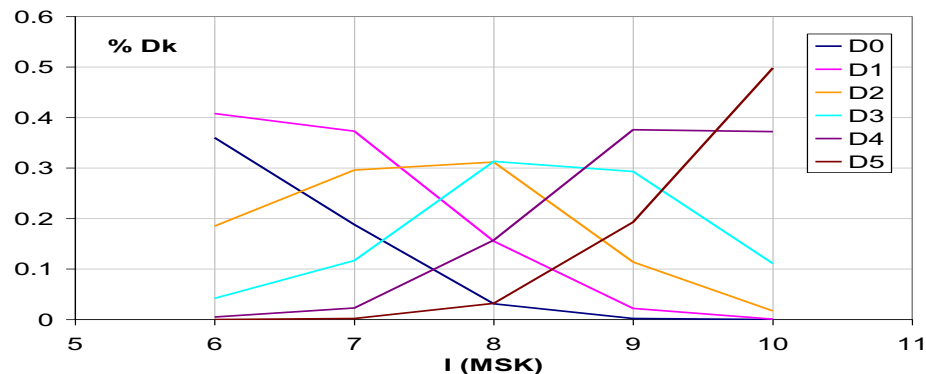
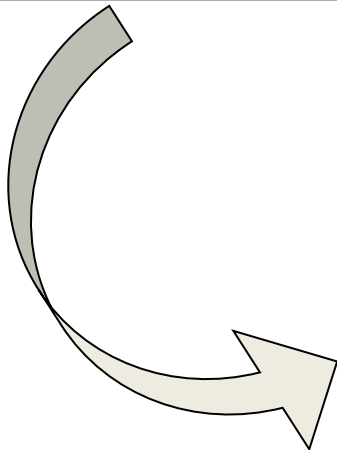
3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI EMPIRICI

DPM come curve di danno medio atteso

CLASSE B						
Intensità	Livello di Danno					
	0	1	2	3	4	5
VI	0.36	0.408	0.185	0.042	0.005	0.0
VII	0.188	0.373	0.296	0.117	0.023	0.002
VIII	0.031	0.155	0.312	0.313	0.157	0.032
IX	0.002	0.022	0.114	0.293	0.376	0.193
X	0.0	0.001	0.017	0.111	0.372	0.498



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

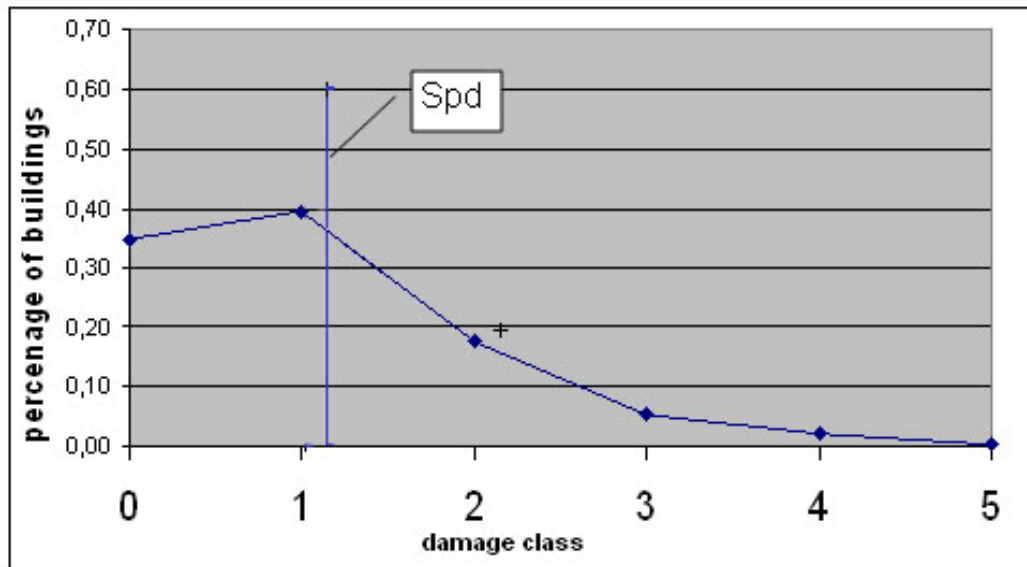
- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI EMPIRICI

DPM come curve di danno medio atteso (Zuccaro et al. 2001, 2014)

Nella forma attuale le DPM rappresentano, per ogni classe, la distribuzione percentuale del danno in corrispondenza di sismi di diverse intensità

Al fine di rappresentare sinteticamente un unico valore di danno si può introdurre un **DANNO MEDIO**



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale



Lezione 8

**METODOLOGIE SPEDITIVE DI ANALISI DI
VULNERABILITÀ STRUTTURALE DI EDIFICI E
AGGREGATI IN MURATURA.**

IL METODO SAVE

(Zuccaro 2001, 2014)

VULNERABILITA' DEGLI EDIFICI ORDINARI

Assegnazione delle classi di vulnerabilità

La Scala E.M.S. assegna le classi di vulnerabilità prevalentemente in base alla struttura verticale, indicando degli intervalli di incertezza talvolta anche piuttosto ampi.

L'incertezza espressa "dall'intervallo probabile" di assegnazione è tale da avere una pesante influenza sulle analisi di rischio e di scenario. Occorre pertanto considerare altre caratteristiche strutturali che si ritiene possano migliorare o peggiorare l'assegnazione baricentrica a classi di vulnerabilità effettuata sulle caratteristiche verticali delle strutture così come previsto dalla EMS.

Type of Structure	Vulnerability Class					
	A	B	C	D	E	F
MASONRY	rubble stone, fieldstone	●				
	adobe (earth brick)	●	—			
	simple stone		●			
	massive stone			●	—	
	unreinforced, with manufactured stone units		●	—		
	unreinforced, with RC floors reinforced or confined			●	—	
REINFORCED CONCRETE (RC)	frame without earthquake-resistant design (ERD)			●	—	
	frame with moderate level of ERD				●	—
	frame with high level of ERD					●
	walls without ERD		●	—		
	walls with moderate level of ERD			●	—	
	walls with high level of ERD				●	—
STEEL				●	—	
WOOD				●	—	

● most likely vulnerability class; — probable range;range of less probable, exceptional cases

DB EDIFICI DANNEGGIATI IN EVENTI SISMICI PASSATI

IRPINIA 1980

(scheda Irpinia '80)

ABRUZZO 1984

(scheda Abruzzo '84)

PARMA 1983

(scheda GNDT – GNDT 9/86)

SICILIA 1990

MARCHE 1997

(scheda AeDes 9/97)

POLLINO 1998

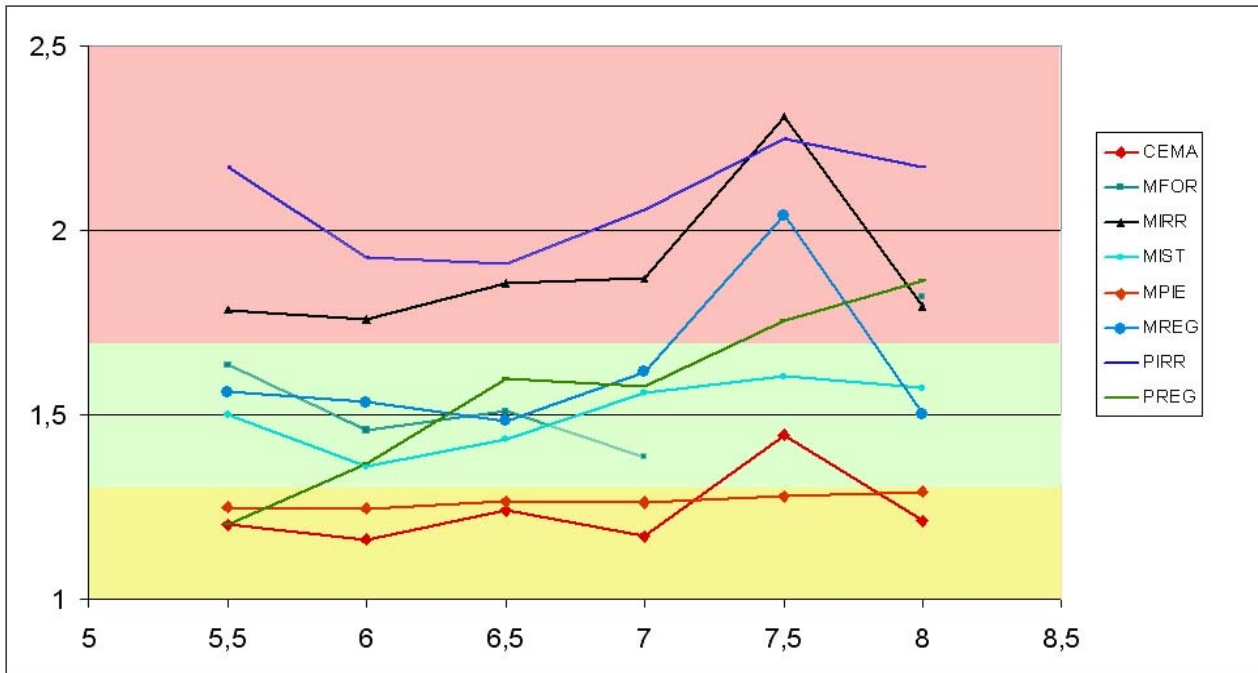
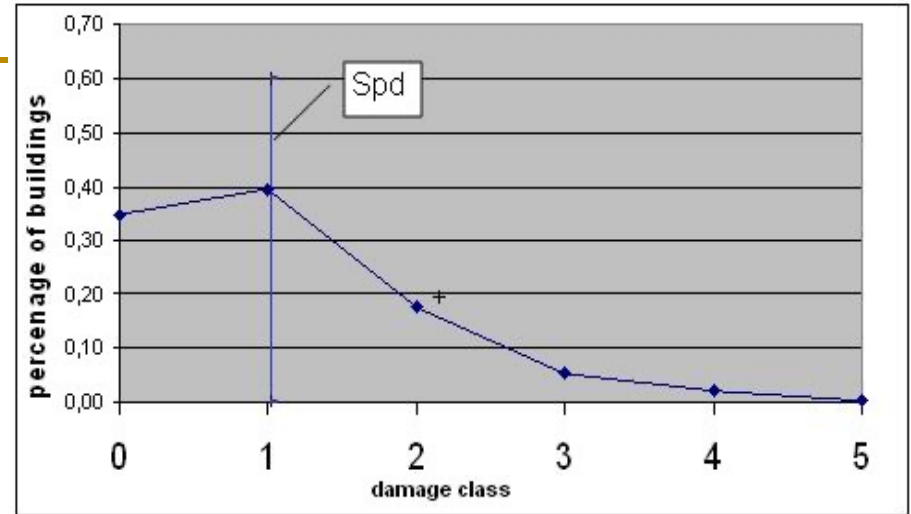
MOLISE-PUGLIA 2002 (scheda AeDes5/2000)

ETNA 2002

DB
DANNO
Centro
PLINIVS

PARAMETRO SINTETICO DI DANNO Spd

Per effettuare agevolmente il confronto sintetico fra diverse distribuzioni di danno si è reso necessario definire un valore che esprima in maniera sintetica il danneggiamento complessivo descritto dalla distribuzione di danno. Questo valore, che si è definito come **Indice Sintetico di Danno medio (SPD)** si è individuato come l'ascissa baricentrica della distribuzione di danno

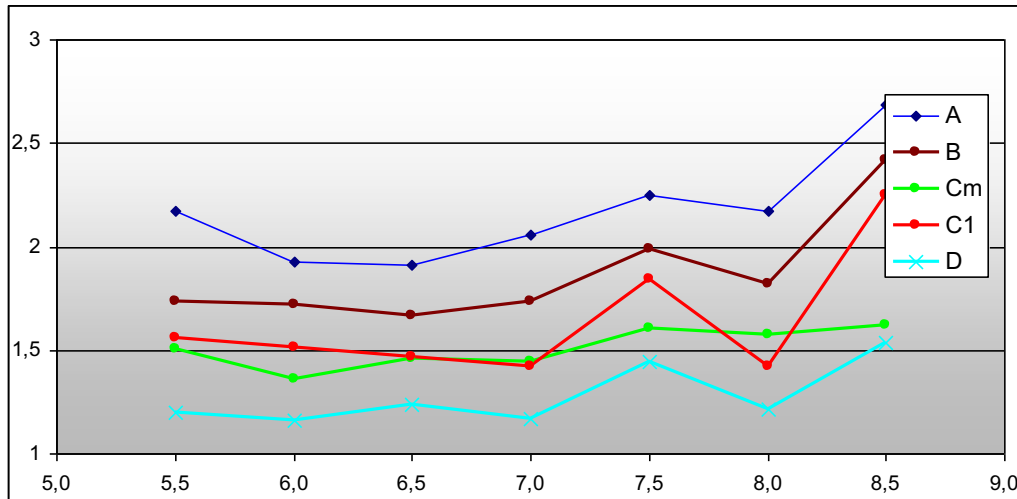


A	PIETRAME	MURATURA IRREGOLARE
B	PIETRAME QUADRATO	MURATURA REGOLARE
C1	MATTONI PIENI	
Cm	MISTA	
D	C.A.	ACCIAIO

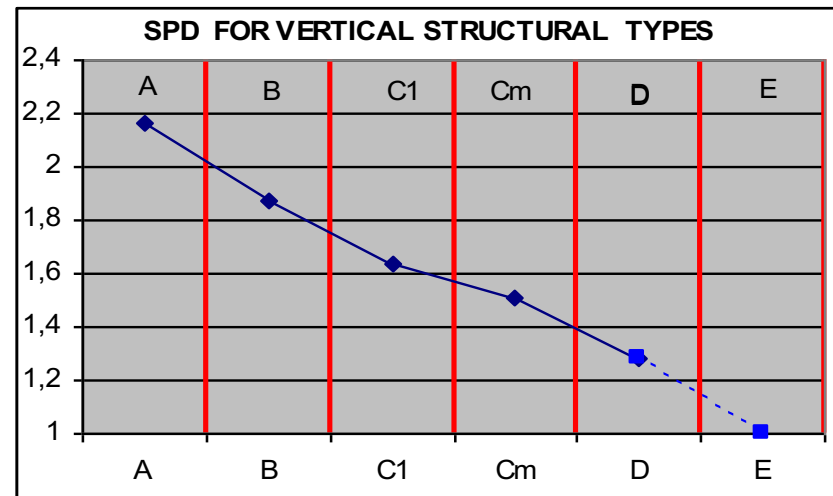
SPD E CLASSI DI VULNERABILITÀ

Il valore di Spd può essere interpretato come parametro espressivo della vulnerabilità media se calcolato per un prefissato intervallo di intensità (ad es. VI-IX) oppure come rappresentativo della vulnerabilità media di una classe tipologica rispetto ad una assegnata intensità

Spd medio delle classi di struttura verticale ai diversi livelli di intensità



Classi tipologiche e variazione del valore medio di Spd



A	B	C	D	E
-	2.0	1.7	1.4	1.1
2.0	1.7	1.4	1.1	-

Caratteristiche che influenzano l'assegnazione

Si individuano le caratteristiche che possono migliorare o peggiorare l'assegnazione baricentrica a classi di vulnerabilità effettuata sulle caratteristiche verticali delle strutture così come previsto dalla EMS

tipologico-strutturali

- PS1 tipologia orizzontale
- PS2 tipologia copertura
- PS3 tetto spingente
- PS4 presenza di colonne isolate in edifici in muratura
- PS5 presenza di catene orizzontali
- PS6 strutture miste

geometriche e di sito

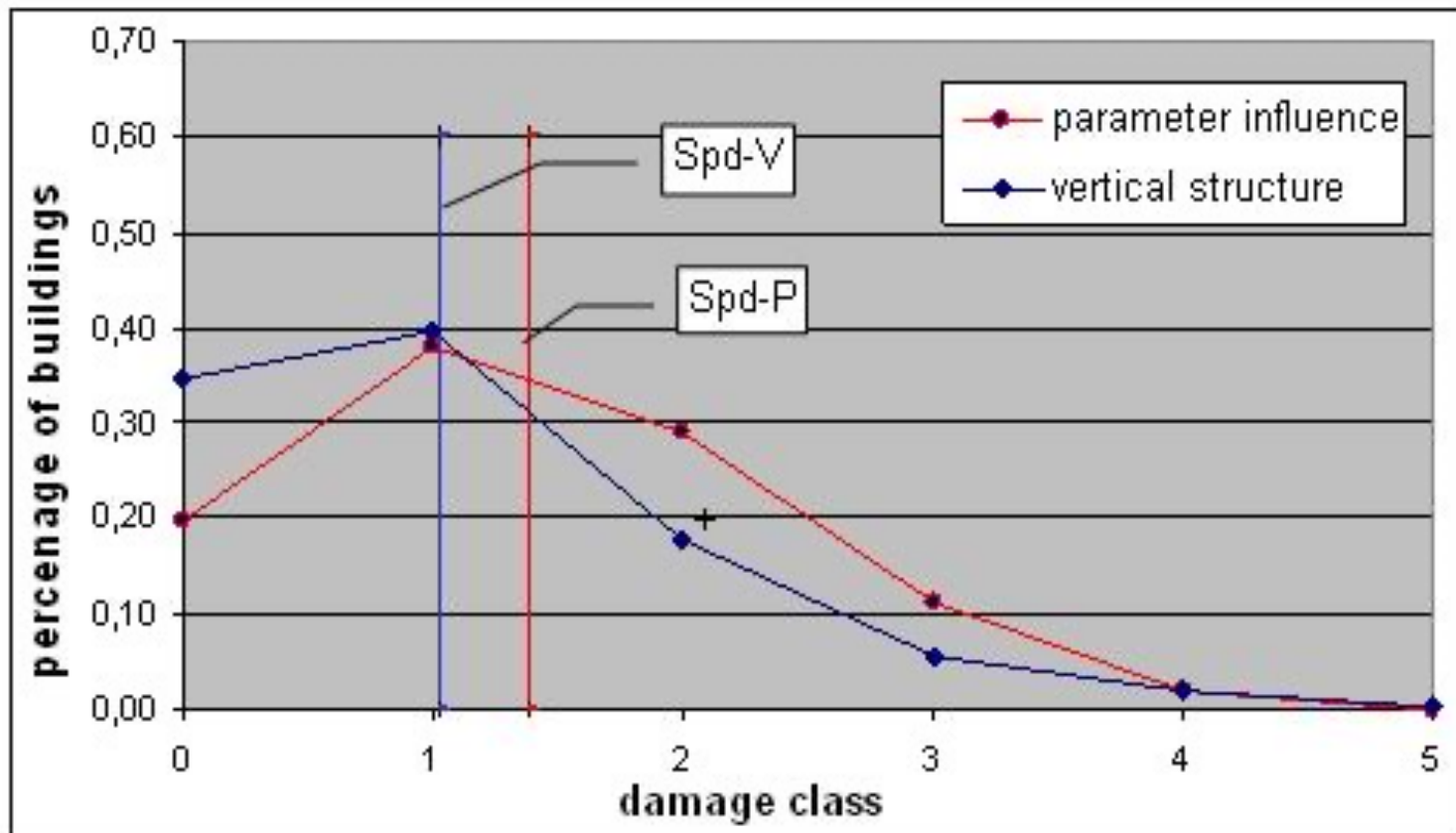
- PG1 numero di piani, massima altezza
- PG2 regolarità in elevazione e/o in pianta
- PG3 regolarità delle tamponature esterne
- PG4 posizione dell'edificio (isolato, terminale, accorpato tra due edifici)
- PG5 topografia del sito

altre

- PE1 età di costruzione
- PE2 danno preesistente
- PE3 anno di classificazione sismica del comune

INFLUENZA DELLE CARATTERISTICHE TIPOLOGICHE

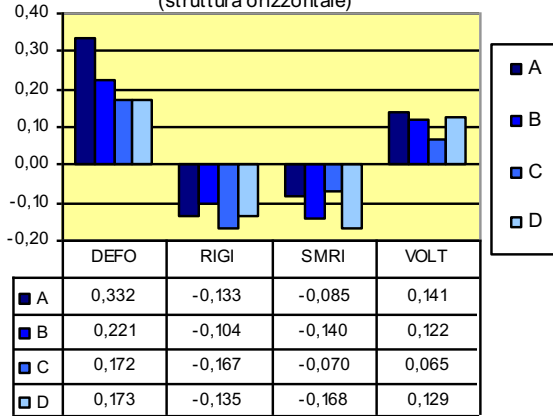
Si può confrontare il comportamento di due insiemi di edifici raggruppati secondo la presenza o meno di una data caratteristica tipologica.



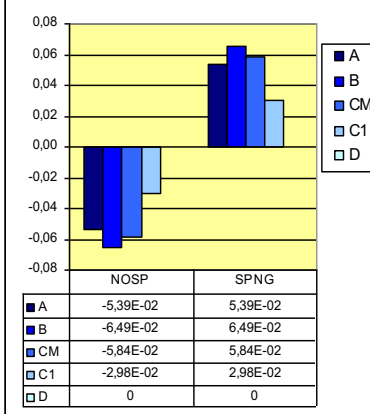
La variazione del parametro Spd esprime l'influenza della caratteristica in esame sul comportamento dell'edificio

VULNERABILITA' DEGLI EDIFICI ORDINARI

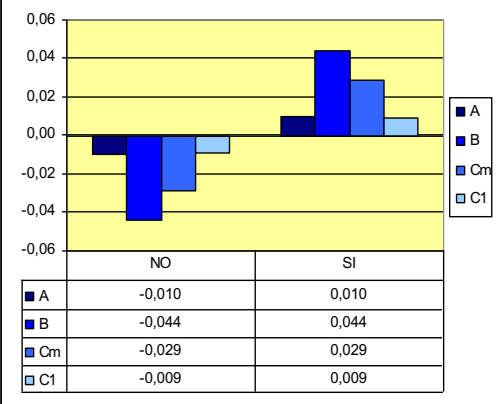
INFLUENZA DEL PARAMETRO PS1
(struttura orizzontale)



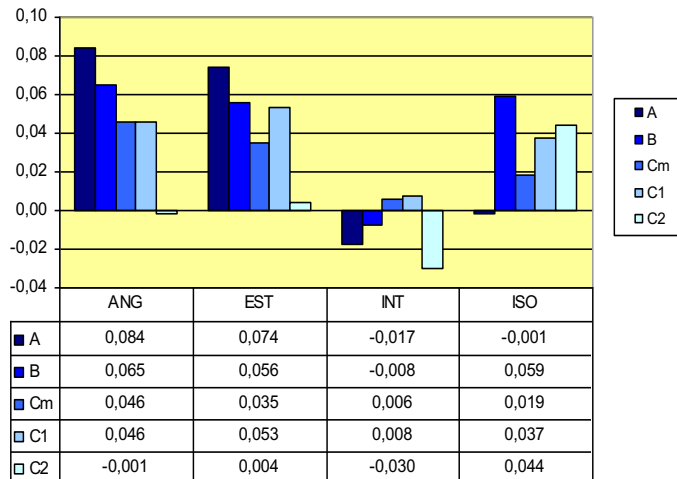
INFLUENZA DEL PARAMETRO PS3
(tetto spingente)



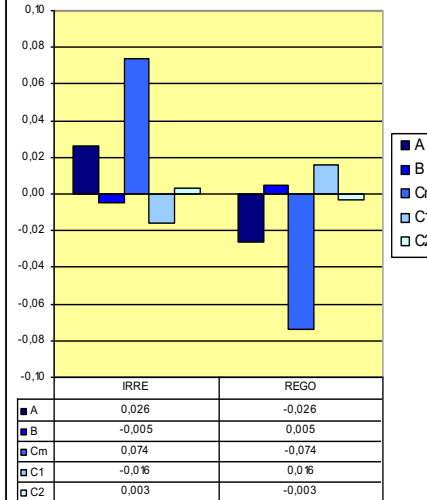
INFLUENZA DEL PARAMETRO PS3
(presenza di pilastri isolati in edifici di muratura)



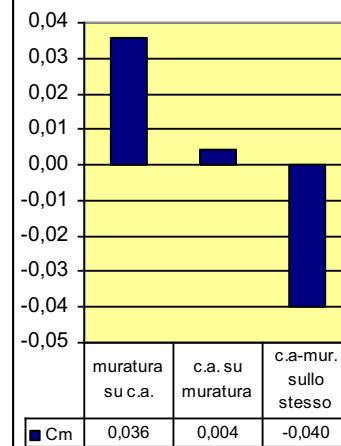
INFLUENZA DEL PARAMETRO PG5
(isolato, d'angolo, inserito in una schiera o un blocco)



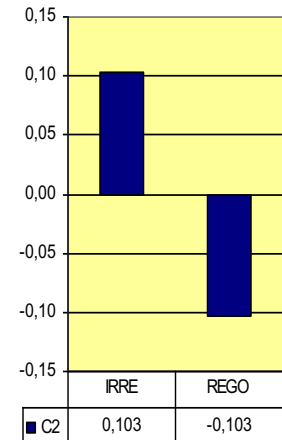
INFLUENZA DEL PARAMETRO PG2
(regolarità in pianta e/o in alzata)



INFLUENZA DEL PARAMETRO PS5
(tipologia delle strutture miste muratura-c.a.)



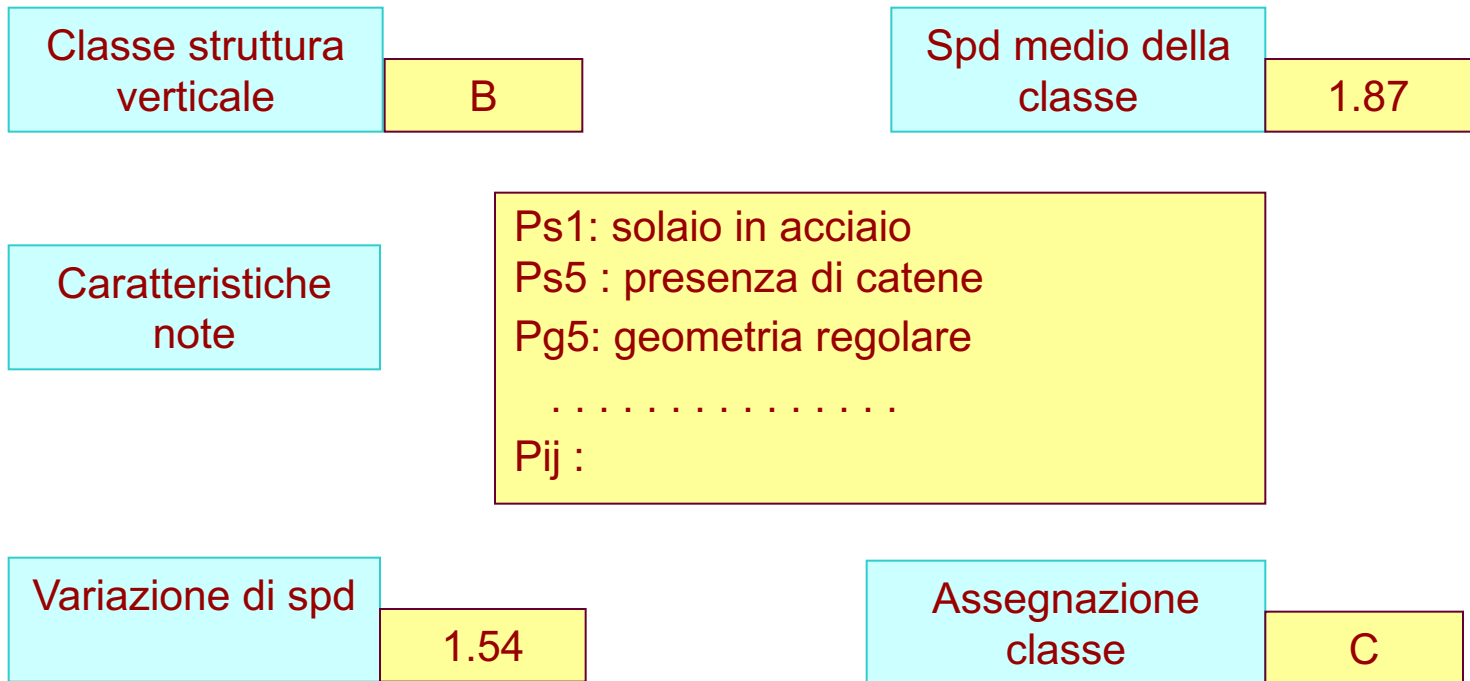
INFLUENZA DEL PARAMETRO PG4
(regolarità delle tamponature nelle strutture in c.a.)



VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA'

La vulnerabilità dell'edificio si valuta considerando il contributo (migliorativo o peggiorativo) delle caratteristiche note.

A	B	C	D	E
-	2.0	1.7	1.4	1.1
2.0	1.7	1.4	1.1	-



La procedura è applicabile indipendentemente dal numero di parametri noti

Correlazioni fra i parametri

Va considerato che non tutti i parametri possono considerarsi indipendenti, per cui la valutazione finale della vulnerabilità non può essere la semplice somma dei punteggi dei vari parametri.

Considerando tutte le possibili combinazioni fra i parametri dipendenti, si analizzano nel DB tutti i casi in cui le coppie di parametri dipendenti compaiono contemporaneamente, costruendo così una matrice di non correlazione il cui generico elementi C_{ij} esprime il contributo complessivo di una coppia di parametri contemporaneamente presenti.



		STR COP		STR ORIZ				ETA					NPIAN				
		LEGGERA	PESANTE	DEFO	SEMIRIGI	RIGI	VOLT	VO-SOL	< 1919	1919-1946	1946-1961	1961-1971	1971-1981	1981 >	1-2	3-4	5-6
NPIAN	1-2	0,4096	0,8469	0,7517	0,8111	0,8179	0,9264	0,9995	0,7444	0,8764	0,8118	0,9239	0,9405	0,9993			
	3-4	0,8482	0,9146	0,9061	0,9164	0,9344	0,9565	0,9982	0,8985	0,9633	0,9196	0,9678	0,9812	0,9981			
	5-6	0,9962	0,9884	0,9978	0,9893	0,9983	0,9977	0,9999	0,9978	0,9980	0,9903	0,9961	0,9985	0,9990			
	7-8	0,9998	0,9964	0,9999	0,9968	0,9999	0,9999	1,0000	0,9998	0,9998	0,9972	0,9991	0,9998	0,9997			
ETA	-> 1919	0,6444	0,9676	0,8386	0,9755	0,8845	0,9343	0,9989									
	1919-1945	0,8568	0,9768	0,9476	0,9682	0,9357	0,9864	0,9989									
	1945-1961	0,8535	0,8944	0,9652	0,8359	0,9310	0,9921	0,9994									
	1962-1971	0,9626	0,9303	0,9903	0,9101	0,9910	0,9974	1,0000									
	1972-1981	0,9351	0,9830	0,9717	0,9786	0,9797	0,9930	1,0000									
	1982 ->	0,9997	0,9956	0,9999	0,9962	0,9999	1,0000	1,0000									
STR ORIZ	DEFO	0,6599	0,9793														
	SEMIRIGI	0,8415	0,7493														
	RIGI	0,6340	0,9420														
	VOLT	0,8623	0,9743														
	VO-SOL	0,9972	0,9993														
STR COP	LEGGERA			SYM				SYM					SYM				
	PESANTE																

ASSEGNAZIONE CLASSE DI VULNERABILITA'

La variazione di Spd risulta dalla relazione:

$$SPD_{EMS} = SPD_{v_{EMS}} \left(1 + \sum_{s=1}^n q_s + \frac{\sum_{j=1}^{m-1} (p_j + p_{j+1}) c_{i,j+1} + (p_m + p_1) c_{m,1}}{m-1} \right)$$

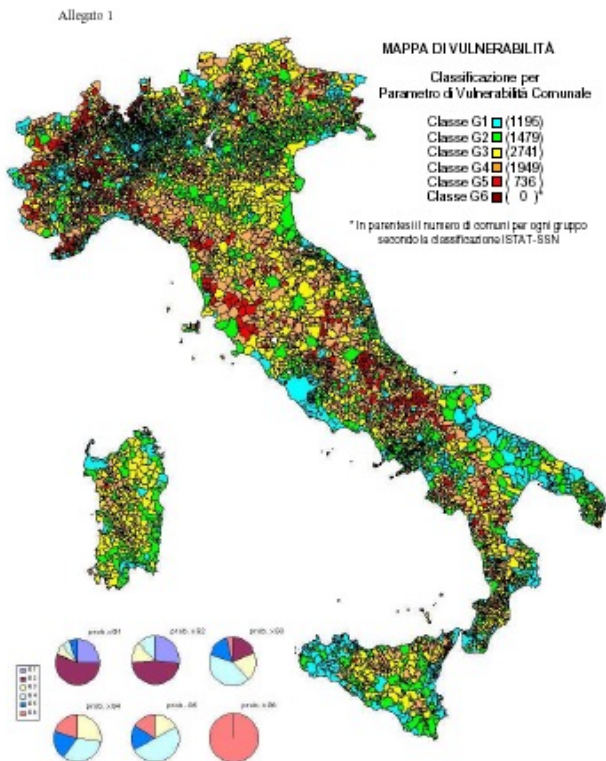
dove q = parametro indipendente
 p = parametro dipendente
 n = numero di parametri indipendenti
 m = numero di parametri dipendenti

in base al valore di Spd si
assegna la classe di
vulnerabilità

A	B	C	D	E
-	2.0	1.7	1.4	1.1
2.0	1.7	1.4	1.1	-

METODI EMPIRICI

Riconoscimento per tipologie



Classificazione dei comuni secondo la classe di vulnerabilità prevalente dell'edificato

Zuccaro et al. 2001

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI EMPIRICI

DPM come curve di danno medio atteso

Ai fini della rappresentazione delle curve di vulnerabilità in forma continua conviene definire il danno medio in una scala 0-1.

Vari autori (Dolce, Zuccaro, Giovinazzi) propongono di esprimere il danno medio d come parametro di una legge binomiale in grado di descrivere l'andamento probabilistico delle DPM.

$$p_k = \frac{5!}{k!(5-k)!} d^k (1-d)^{5-k}$$

➤ k livello di danno nella scala di danno

➤ d danno medio per ogni classe e per ogni intensità sismica

Scegliendo , per ogni classe ed intensità sismica, un opportuno valore di d si riesce a ricavare per ciascun livello di danno k la relativa probabilità p_k che tale danno si verifichi; in altre parole si descrive in maniera continua la DPM .

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

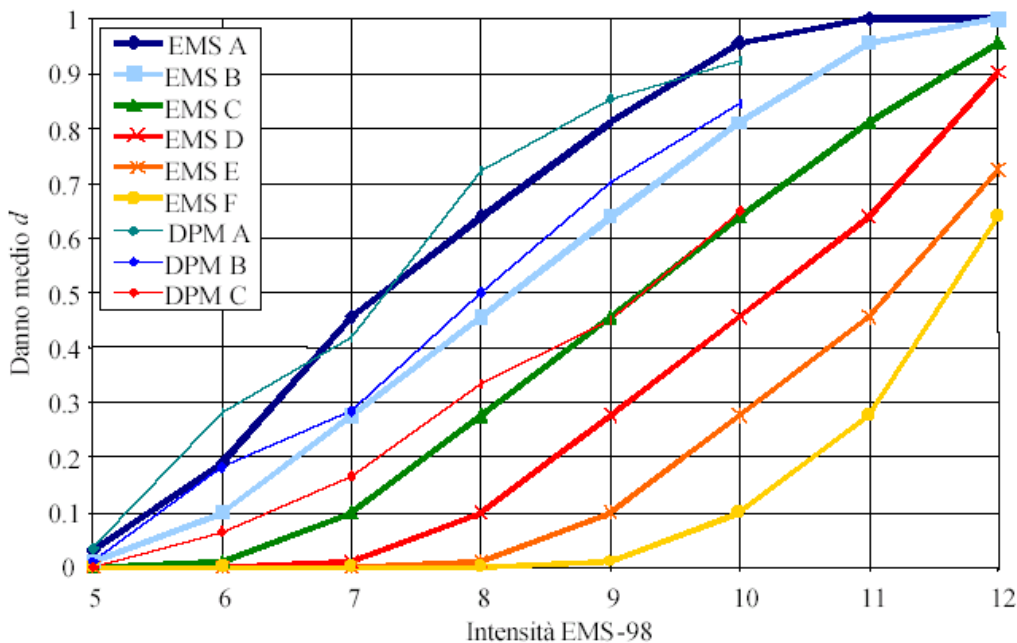
- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI EMPIRICI

DPM come curve di danno medio atteso

Curve di vulnerabilità secondo EMS98 e secondo le DPM Irpinia 80

Danno medio d in funzione dell'intensità sismica, per ciascuna classe di edifici



(Giovinazzi e Lagomarsino 2001)

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI EMPIRICI

Verso le analisi di II livello ...

Le analisi di vulnerabilità descritte sono utili su larga scala quando si vogliono analizzare grand' popolazioni di edifici

➔ **Scala territoriale e nazionale**

Quando si vuole analizzare un insieme di edifici distribuito sul territorio in modo sparso, insieme non tanto numeroso da essere trattato come una popolazione statistica, ma troppo numeroso per un'analisi puntuale deterministica (es. edifici pubblici e/o strategici), può essere preferibile ricorrere ad un'analisi cosiddetta di II livello

➔ **Studio di fattori di vulnerabilità**

Problema
dell'inventario
del patrimonio
edilizio

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- **Metodi Empirici**
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI MECCANICI

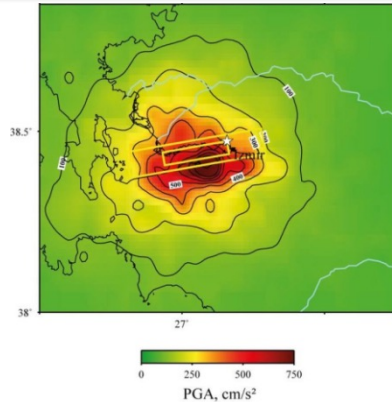
VULNERABILITÀ SISMICA= comportamento degli edifici sotto l'effetto di terremoti descritti dalla funzione causa (**TERREMOTI, E**)- effetto (**DANNO, D**):

$$D = f(E, V)$$

NEI METODI MECCANICI PER LA VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ :

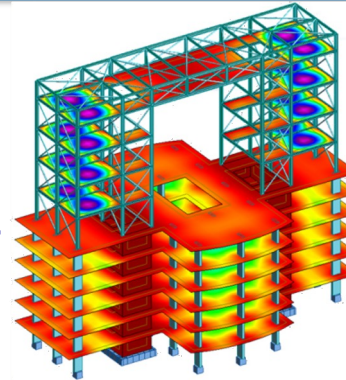
AZIONE SISMICA, E:

PGA



DANNO, D :

ANALISI COMPUTAZIONALI che valutano la risposta **tensione-deformazione** della struttura sotto l'effetto dell'azione sismica.



VULNERABILITÀ SISMICA

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI MECCANICI

1. CURVE DI VULNERABILITÀ DERIVATE ANALITICAMENTE E DPM

(Singhal and Kiremidjian, 1996, 1998; Masi 2003; Rossetto and Elnashai, 2003, 2005; Dumova and Jovanovska, 2004).

2. METODI IBRIDI

(Kappos et al., 1995, 1998; Barbat et al., 1996).

3. METODI BASATI SUI MECCANISMI DI COLLASSO

(Bernardini et al., 1990; D’Ayala and Speranza, 2002; Cosenza et al., 2005).

4. METODI BASATI SULLO SPETTRO DI CAPACITÀ

(Whitman et al., 1997; FEMA, 1999, 2001, 2003; ATC, 1996; Kircher et al., 1997;).

5. METODI BASATI SUL “FULLY DISPLACEMENT”

(Calvi, 1999; Spence et al., 2003; Pinho et al., 2002; Crowley et al., 2004, 2006; Restrepo-Vélez and Magenes, 2004; Restrepo-Vélez, 2005; Modena et al., 2005;).

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

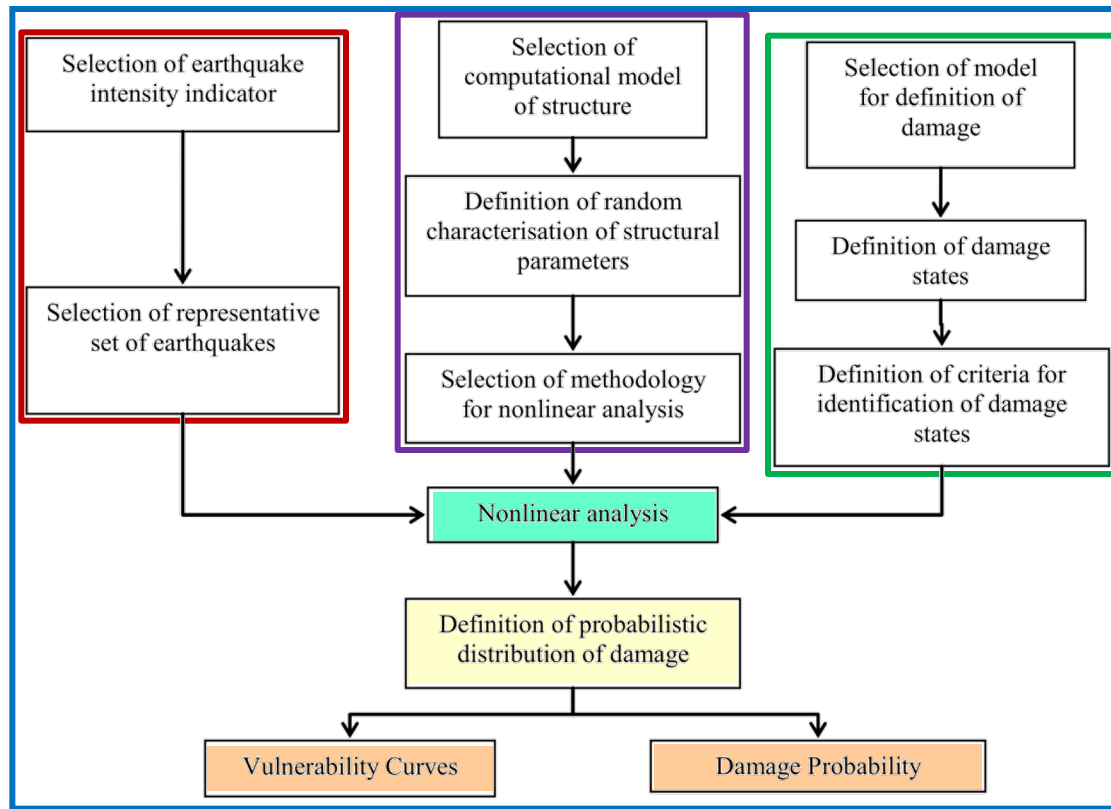
3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI MECCANICI

1. CURVE DI VULNERABILITÀ ANALITICHE E DPM

COMPONENTI DI CALCOLO



(Calvi et al., 2006)

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI MECCANICI

2. METODI IBRIDI

Nei metodi ibridi, le **CURVE DI VULNERABILITÀ ANALITICHE** sono usate da supporto alle DPM empiriche e le curve di vulnerabilità che si basano su dati di danno osservato.

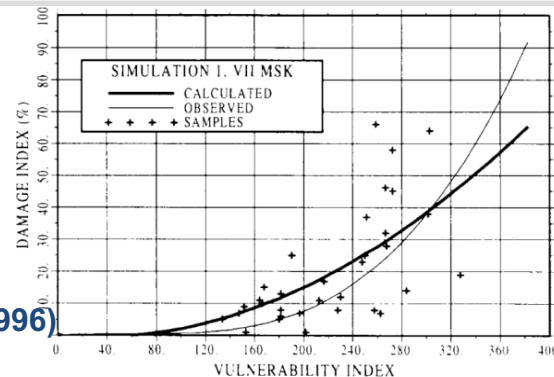
PRINCIPALI VANTAGGI:

- I modelli ibridi sono utili quando c'è mancanza di dati per un certo livello di intensità sismica dell'area geografica presa in considerazione.
- Essi permettono la calibrazione del modello analitico da effettuare.
- L'uso di danni osservati riduce lo sforzo computazionale necessario a produrre un set completo di curve di vulnerabilità analitica delle DPM.

PRINCIPALI SVANTAGGI:

- Difficoltà nella calibrazione dei risultati analitici, visto che le due curve di vulnerabilità (analitiche ed empiriche) includono diverse fonti di incertezza e non sono direttamente comparabili. comparable.

(Barbat et al., 1996)



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI MECCANICI

3. METODI BASATI SUI MECCANISMI DI COLLASSO

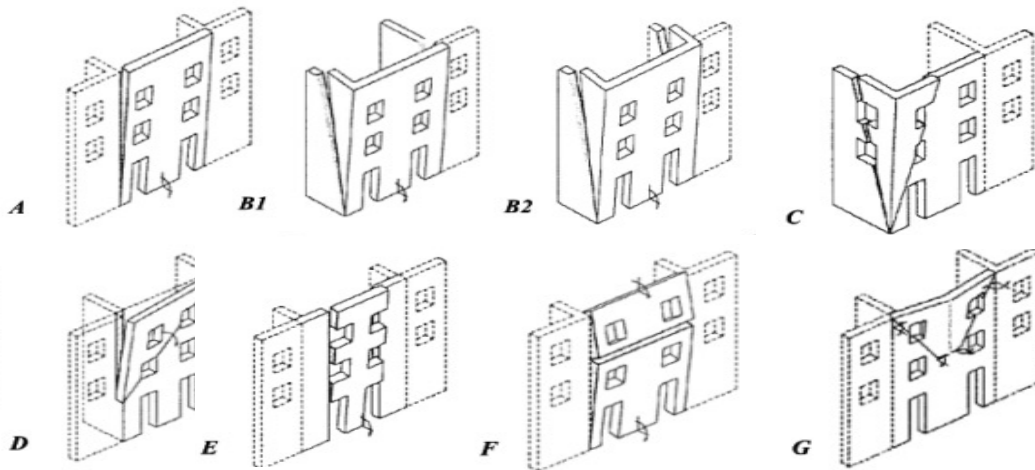
I metodi basati sui Meccanismi di Collasso utilizzano moltiplicatori di collasso calcolati analizzando i possibili meccanismi (danno).

Metodo FaMIVE (D'Ayala and Speranza, 2002)

EDIFICI STORICI E CENTRI URBANI

IL PIÙ PROBABILE MECCANISMO DI COLLASSO È RICERCATO PER DANNI NEL PIANO E FUORI DAL PIANO CALCOLANDO IL FATTORE DI CARICO O MOLTIPLICATORE DI COLLASSO ATTRAVERSO UNA PROCEDURA STATICA EQUIVALENTE.

POSSIBILI MECCANISMO DI COLLASSO FUORI DAL PIANO ASSUNTI



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI MECCANICI

3. METODI BASATI SUI MECCANISMI DI COLLASSO

MEDEA

Zuccaro, Papa, 2001



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

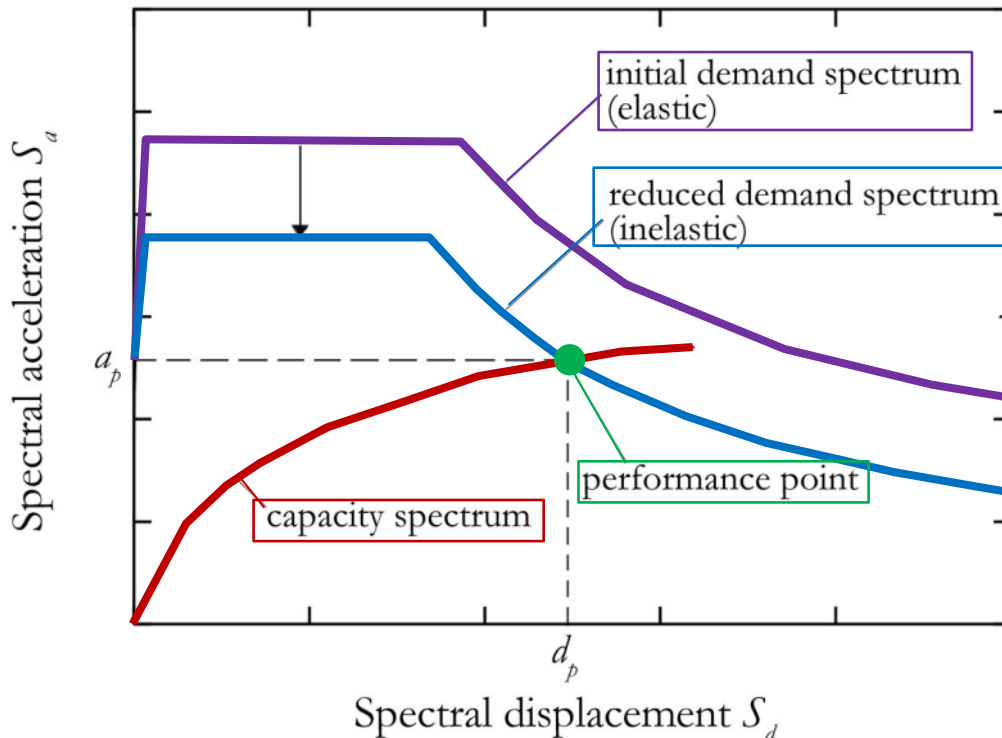
METODI MECCANICI

4. METODI BASATI SULLO SPETTRO DI CAPACITÀ

METODO HAZUS

La valutazione della vulnerabilità si basa sul metodo di **SPETTRO DI CAPACITÀ** dell' **ATC-40** (ATC, 1996).

La prestazione di un tipo di edificio in un particolare scenario di terremoto (o PESH) è ricercata dall'intersezione di uno **SPETTRO DI ACCELERAZIONE**, che rappresenta il moto del suolo, e una **SPETTRO DI CAPACITÀ** (curva pushover), che rappresenta lo spostamento orizzontale della struttura sotto il carico laterale crescente.



La domanda iniziale di spettro (elastico) si riduce sia per smorzamento che per effetti di durata.

La capacità di spettro è stata sviluppata per ciascuna classe tipologica utilizzando modelli di edifici progettati per i diversi livelli di progetto negli Stati Uniti.

Il PUNTO di PERFORMANCE ottenuto dalla media di questi edifici fornisce l'input di spostamento delle curve di vulnerabilità agli stati limite per dare la probabilità di essere in una determinata fascia di danno.

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

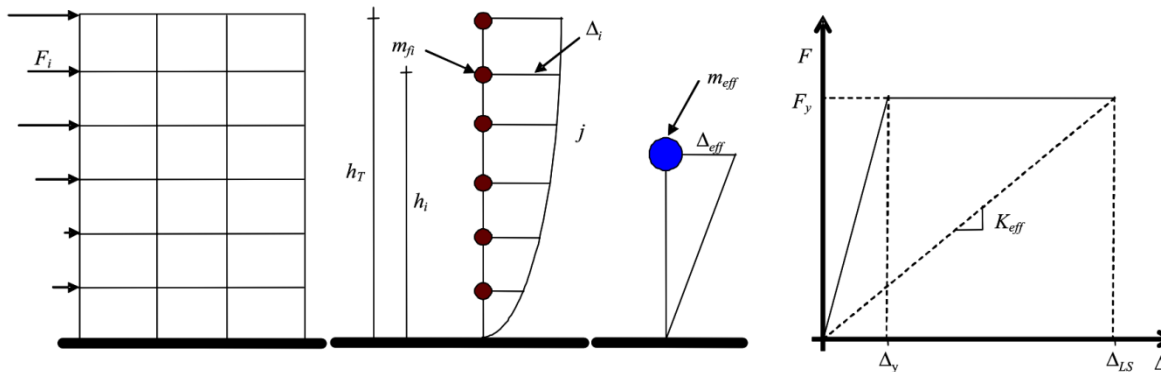
METODI MECCANICI

5. METODI BASATI SUL “FULLY DISPLACEMENT”

DISPLACEMENT-BASED VULNERABILITY ASSESSMENT (Calvi, 1999)

PROCEDURA:

- Utilizza i principi del **DIRECT DISPLACEMENT-BASED DESIGN METHOD** (Priestley, 2003);
- Utilizza i modelli strutturali a più gradi di libertà (**multi-degree-of-freedom MDOF**) come un sistema ad un solo grado di libertà (**a single DOF system**);



- Rappresenta differenti profili di dislocamento a seconda del meccanismo di rottura o il profilo di dislocamento in uno stato limite indicato;
- utilizza le proprietà geometriche e materiali delle strutture all'interno di una classe di edifici.

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

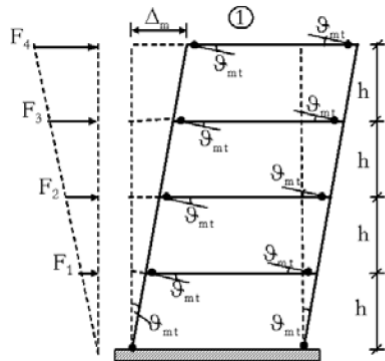
- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

METODI MECCANICI

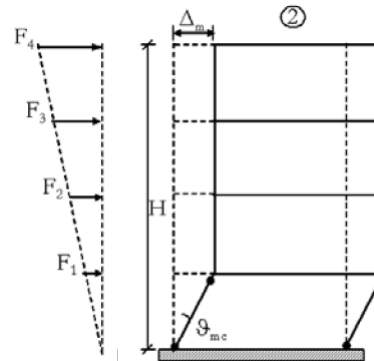
5. METODI BASATI SUL "FULLY DISPLACEMENT"

DISPLACEMENT-BASED VULNERABILITY ASSESSMENT (Calvi, 1999)

TELAI IN CEMENTO ARMATO:



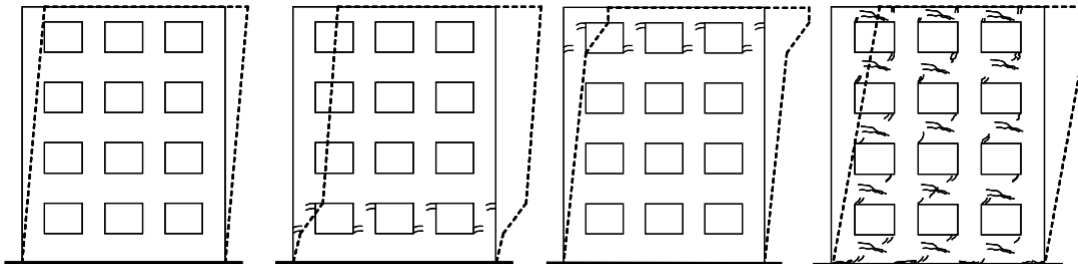
MECCANISMO GLOBALE



MECCANISMO DI PIANO SOFFICE

• Plastic Hinges

STRUTTURE IN MURATURA:



MECCANISMI DI COLLASSO NEL PIANO PER DIFFERENTI STATI LIMITE.

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

Lezione 8

**METODOLOGIE SPEDITIVE DI ANALISI DI
VULNERABILITÀ STRUTTURALE DI EDIFICI E
AGGREGATI IN MURATURA.**

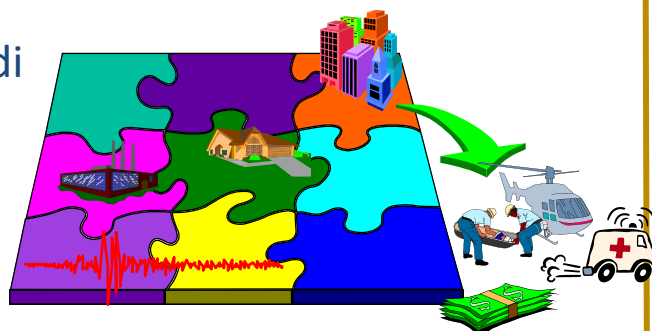
3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

PIANIFICAZIONE E GESTIONE DELL'EMERGENZA

SCENARI E PIANIFICAZIONE

PER PIANIFICARE IN AREE A RISCHIO OCCORRE...

1. Comprendere al meglio i fattori che influenzano la risposta delle strutture e della popolazione ai fenomeni pericolosi potenzialmente presenti nella regione.
2. Prevedere **SCENARI** credibili a **SCALA TERRITORIALE E/O URBANA** con riferimento all'azione dei singoli fenomeni pericolosi.
3. Evidenziare le criticità emergenti sul territorio per:
 - ➔ pianificare in tempo di pace
 - ➔ suggerire ed attuare misure di mitigazione
 - ➔ gestire in emergenza



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

PIANIFICAZIONE E GESTIONE DELL'EMERGENZA

STRUMENTI NECESSARI

Sistema GIS

- Sistema cartografico di base di riferimento
- Dati territoriali collegati

Censimento di risorse e mezzi

- Risorse: uomini, mezzi e materiali
- Elementi Esposti a rischio: edifici, popolazione, infrastrutture, beni culturali, etc.

Raccolta organizzata dei dati necessari a delle efficaci previsioni di rischio e di scenario

- Analisi della pericolosità locale
- Censimento della Vulnerabilità degli oggetti esposti
- Dati per la valutazione del danno strutturale ed economico

SCENARI E PIANIFICAZIONE

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

PIANIFICAZIONE E GESTIONE DELL'EMERGENZA

SCENARI E PIANIFICAZIONE

- **Suddivisione del territorio in aree elementari di analisi (TERRITORIO COMUNALE o CELLA della griglia).**
- **Valutazione, per ogni area elementare, delle caratteristiche di VULNERABILITÀ ed ESPOSIZIONE.**
- **In funzione della localizzazione epicentrale e della magnitudo ipotizzate, calcolo della propagazione dell'intensità sul territorio e determinazione dell'intensità in ogni area elementare.**
- **Stima delle distribuzioni del danneggiamento in ogni area elementare.**
- **Stima delle "Casualties" in ogni area elementare.**
- **Elaborazione delle mappe tematiche di riepilogo dello scenario.**

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

DESCRIZIONE DEL MODELLO

DATI DI INPUT

A - CARATTERISTICHE DELL'EVENTO SISMICO (PERICOLOSITA')

- Localizzazione dell'epicentro.
- Magnitudo.
- Profondità.
- In alternativa Mappe di Scuotimento (Shake Map).

B - DATI DI ESPOSIZIONE

- Numero e distribuzione degli elementi a rischio (edifici, popolazione, reti etc) nelle classi tipologiche.

C - DATI DI VULNERABILITA'

- Curve di Vulnerabilità per ciascuna Classe di Vulnerabilità

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO A SCALA COMUNALE

SEISMIC. Modulo SCENARI di Danno Sismico a scala Comunale

Centro Studi PLINIVS – LUPT Università degli Studi di Napoli Federico II

File ?

Caratterizzazione Evento Tabelle DataBase

ID Evento

Evento
Data 19 - 03 - 2007 Ora 02 01 54

Comunicazione
Data 19 - 03 - 2007 Ora 02 01 54

Fonte

Coordinate Epicentro
G P S G P S
LAT 40 53 52 LONG 15 11 20
X 2535850 Y 4527326

Magnitudo
M 5,8 I 8,41

Profondità
 Km

Modulo SCENARI di Danno Sismico a scala Comunale

Modello di Gestione dell'Emergenza CAESAR

Centro Studi PLINIVS LUPT Università degli Studi di Napoli Federico II

Caratterizzazione evento sismico per calcolo scenario di danno

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO A SCALA COMUNALE

Regione Campania

Settore Programmazione Interventi di Protezione Civile sul Territorio
Caratteristiche Evento Sismico - Del 20/10/2006 alle ore 10.56.44

TABELLA RIEPILOGATIVA	
Epicentro Evento	Longitudine: 15° 11' 20" Latitudine: 40° 53' 52"
Data e Ora Evento	20/10/2006 10.56.44
Comune Epicentrale	SANT'ANGELO DEI LOMBARDI
Profondità	0 Km
Magnitudo Ms	5,8
Fonte	caso 4 - 2°
Data e Ora Comunicazione	20/10/2006 10.56.44
Data e Ora Elaborazione	20/10/2006 12.55.20

L'applicazione produce un report in stampa con tutti i dati dello scenario risultato della modellazione dell'evento

Regione Campania

Settore Programmazione Interventi di Protezione Civile sul Territorio
Caratteristiche Evento Sismico - Mappa Epicentrale

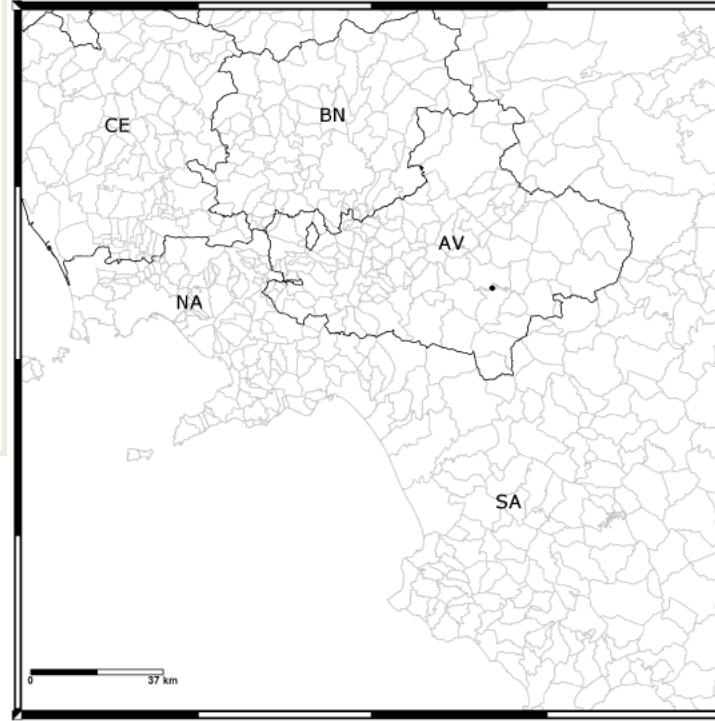


TABELLA RIEPILOGATIVA		
Longitudine	Latitudine	Magnitudo Ms
15° 11' 20"	40° 53' 52"	5,8
Comune Epicentrale	SANT'ANGELO DEI LOMBARDI	

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

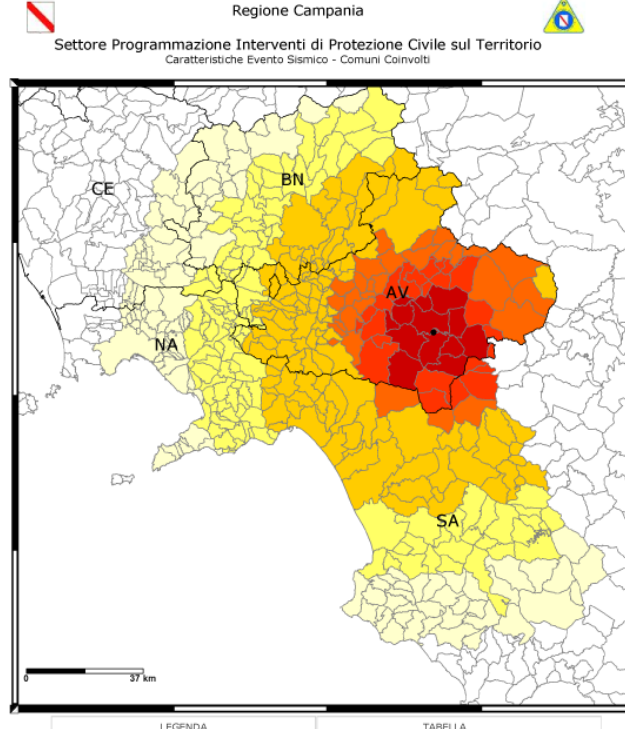
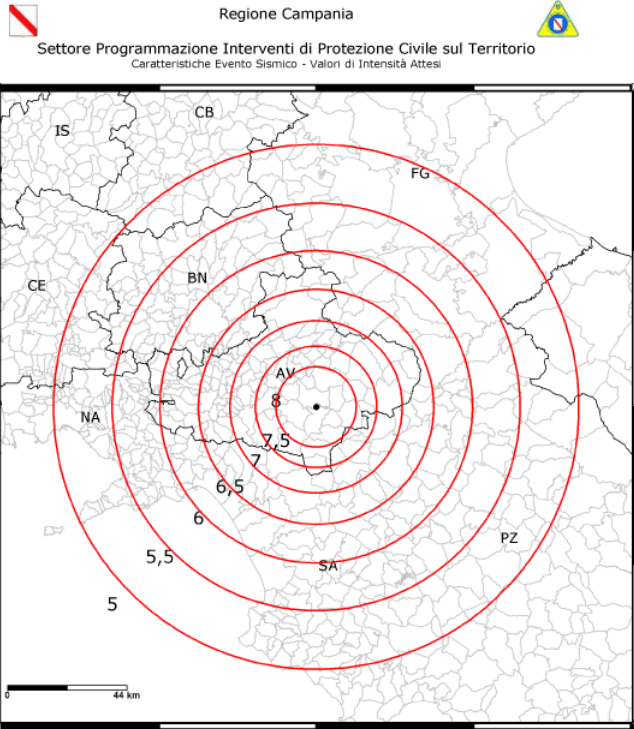
- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO A SCALA COMUNALE

Report Scenario Evento



LEGENDA	TABELLA	
	Intensità	Distanza (Km)
LIMITI PROVINCIALI		
LIMITI COMUNALI		
ISOSISTE		
	8	12,4
	7,5	18,7
	7	26,6
	6,5	36,3
	6	48,2
	5,5	62,9
	5	81,1

LEGENDA	TABELLA	
INTENSITA' MEDIA NEI COMUNI COINVOLTI	Intensità	Num. Comuni
Minore di 5	(5 - 6)	252
5-5,5	(6 - 7)	120
5,5-6	(7 - 8)	52
6-6,5	(Maggiore di 8)	13
6,5-7	TOTALE COMUNI COINVOLTI	437
7-7,5		
7,5-8		
Maggiore di 8		

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

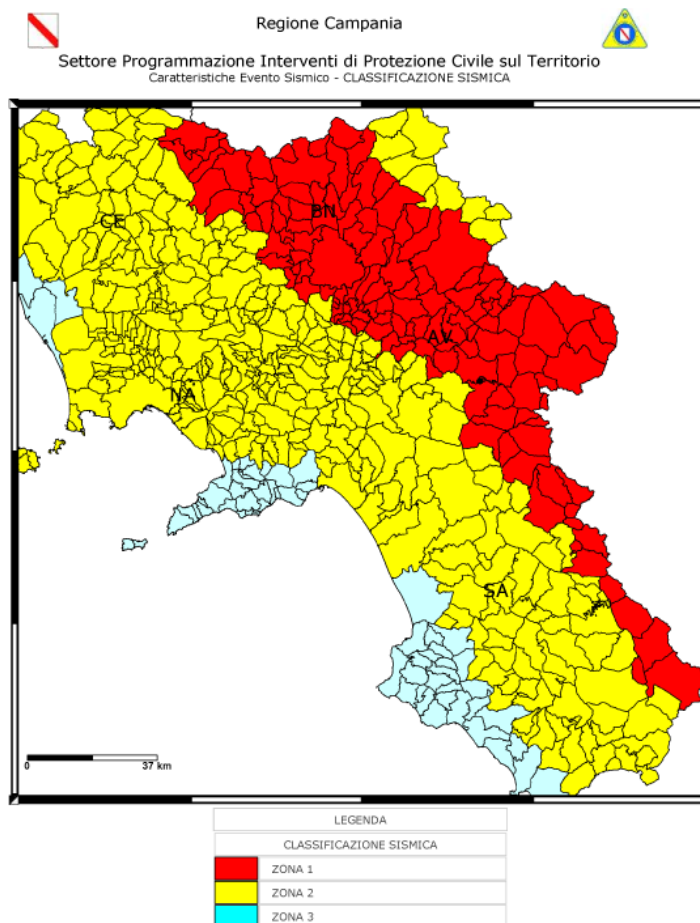
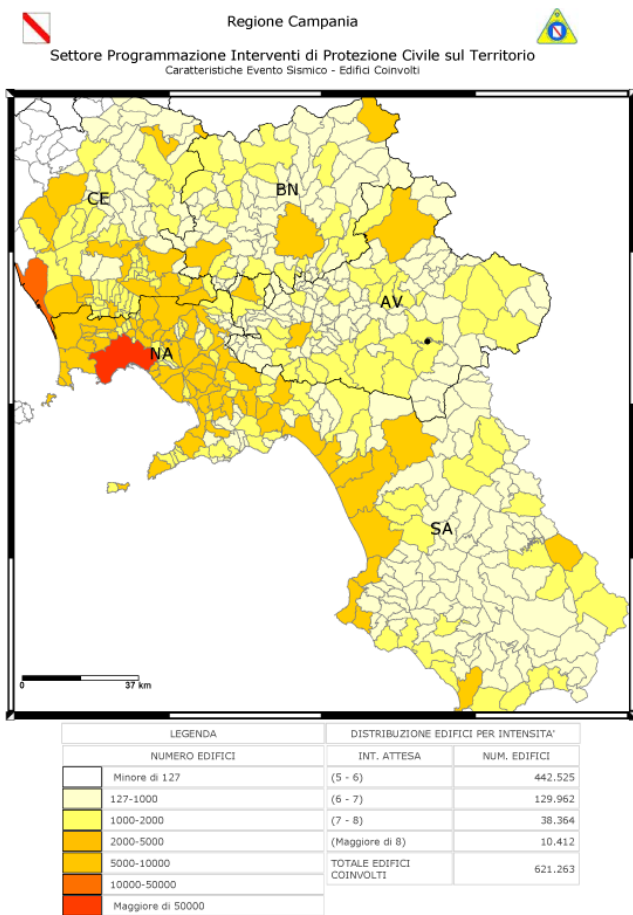
- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO A SCALA COMUNALE

Report Scenario Evento



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

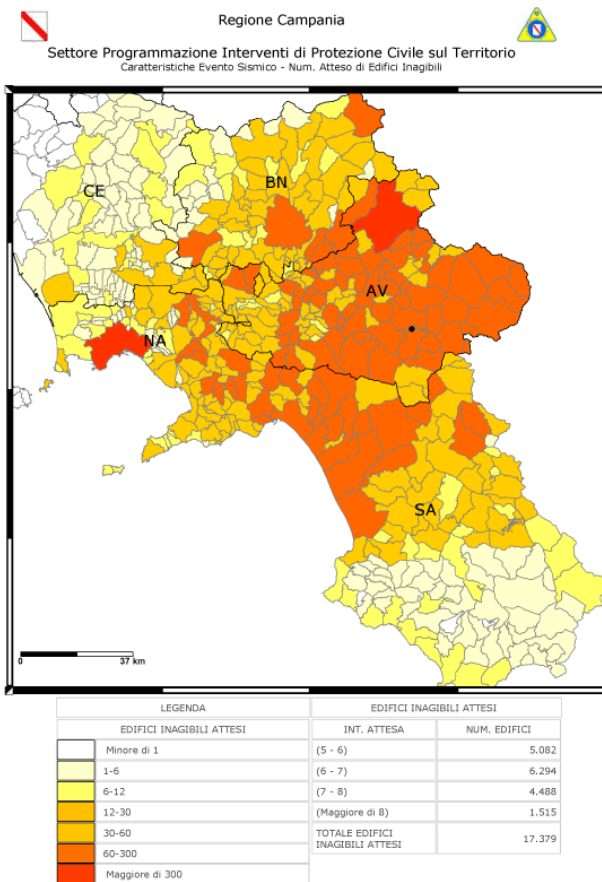
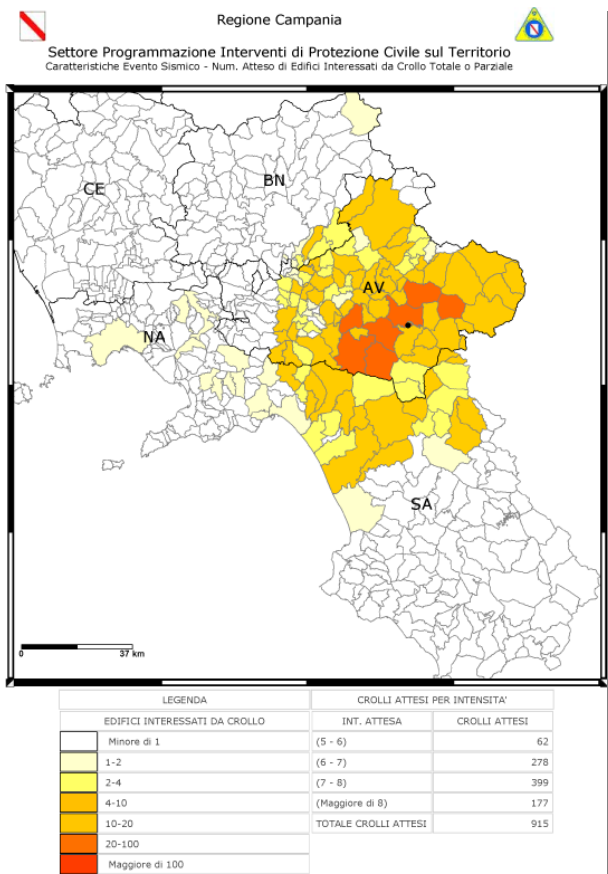
- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO A SCALA COMUNALE

Report Scenario Evento



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

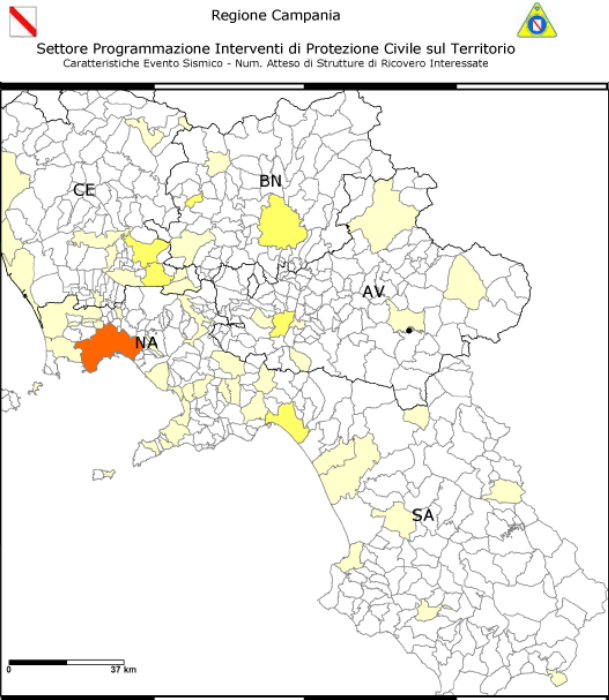
- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello

• Modello a scala comunale

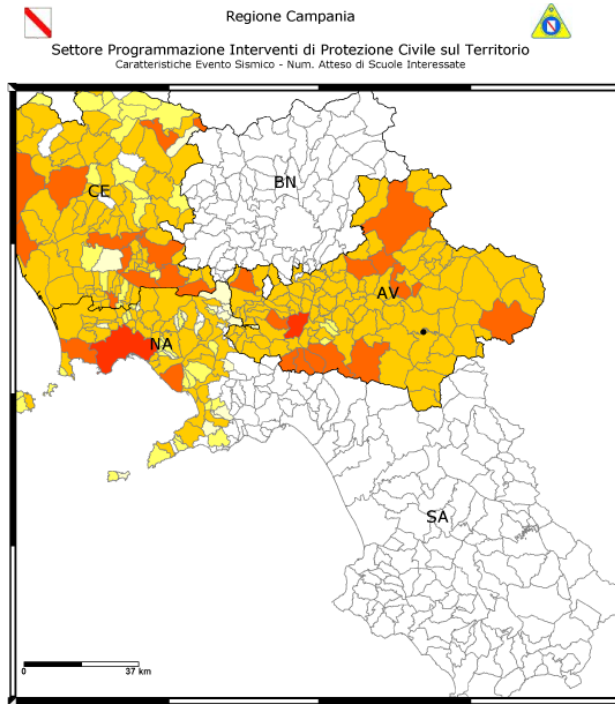
• Modello su una griglia territoriale

MODELLO A SCALA COMUNALE

Report Scenario Evento



LEGENDA		NUM. STUTTURE SANITARIE	
STRUTTURE SANITARIE		INT. ATTESA	NUM. STRUTTURE DI RICOVERO
Minore di 1		(5 - 6)	63
1-2		(6 - 7)	15
2-4		(7 - 8)	2
4-10		(Maggiore di 8)	1
10-20		TOTALE STRUTTURE SANITARIE	81
20-100			
Maggiore di 100			



LEGENDA		NUM. SCUOLE	
SCUOLE		INT. ATTESA	NUM. SCUOLE
Minore di 1		(5 - 6)	1.008
1-2		(6 - 7)	806
2-4		(7 - 8)	460
4-10		(Maggiore di 8)	140
10-20		TOTALE SCUOLE	2.414
20-100			
Maggiore di 100			

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello

• Modello a scala comunale

• Modello su una griglia territoriale

MODELLO A SCALA COMUNALE

VANTAGGI

- Fornisce utili indicazioni sul danno atteso in caso di evento sismico.
- La stima del danno atteso consente di dimensionare in modo ottimale gli interventi di Protezione Civile sul territorio.
- Gli scenari elaborati possono inoltre essere utili, in fase di pianificazione territoriale, per meglio distribuire le risorse destinate al consolidamento degli edifici ed alla mitigazione del rischio sismico.

LIMITI

- Disomogeneità nella dimensione delle aree elementari rende i risultati difficilmente interpretabili.
- Nell'ambito di un Comune si possono trovare zone con esposizione (e quindi danno) molto diverse.
- I risultati trovati forniscono un riepilogo del danno per Comune, ma non sono sufficienti a definire correttamente la distribuzione dei danni sul territorio.

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE

Per superare i limiti del **MODELLO A SCALA COMUNALE**, si adotta un modello che suddivide il territorio mediante una **GRIGLIA A MAGLIE REGOLARI**.

CARATTERISTICHE DELLA GRIGLIA UTILIZZATA

- Griglia con maglie quadrate di lato pari a 500m.
- Superficie di ogni cella pari a 25000mq.
- **CELLA= UNITA' MINIMA DI ANALISI**



Sovrapposizione griglia a territorio regionale

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

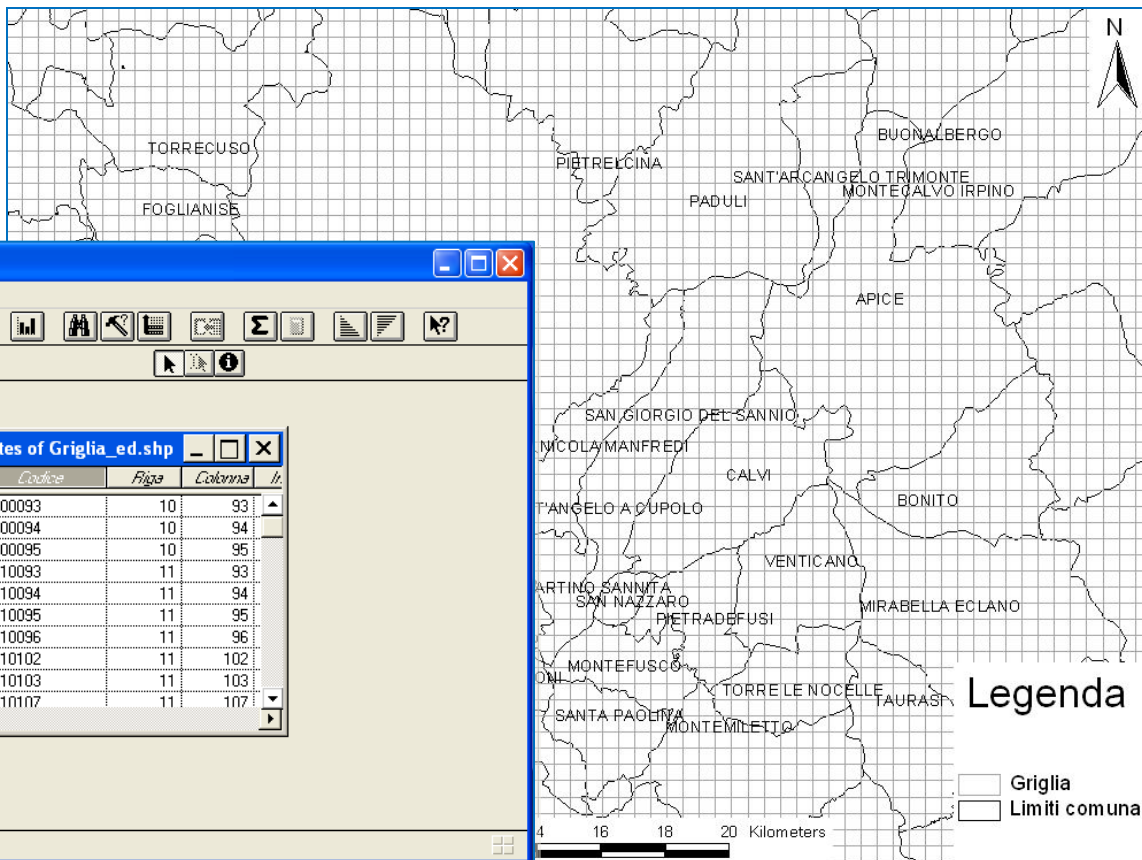
- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale

- **Modello su una griglia territoriale**

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE

CARATTERISTICHE DELLA GRIGLIA

Ad ogni cella della griglia è associato un codice numerico, funzione del numero di riga e di colonna di appartenenza.



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

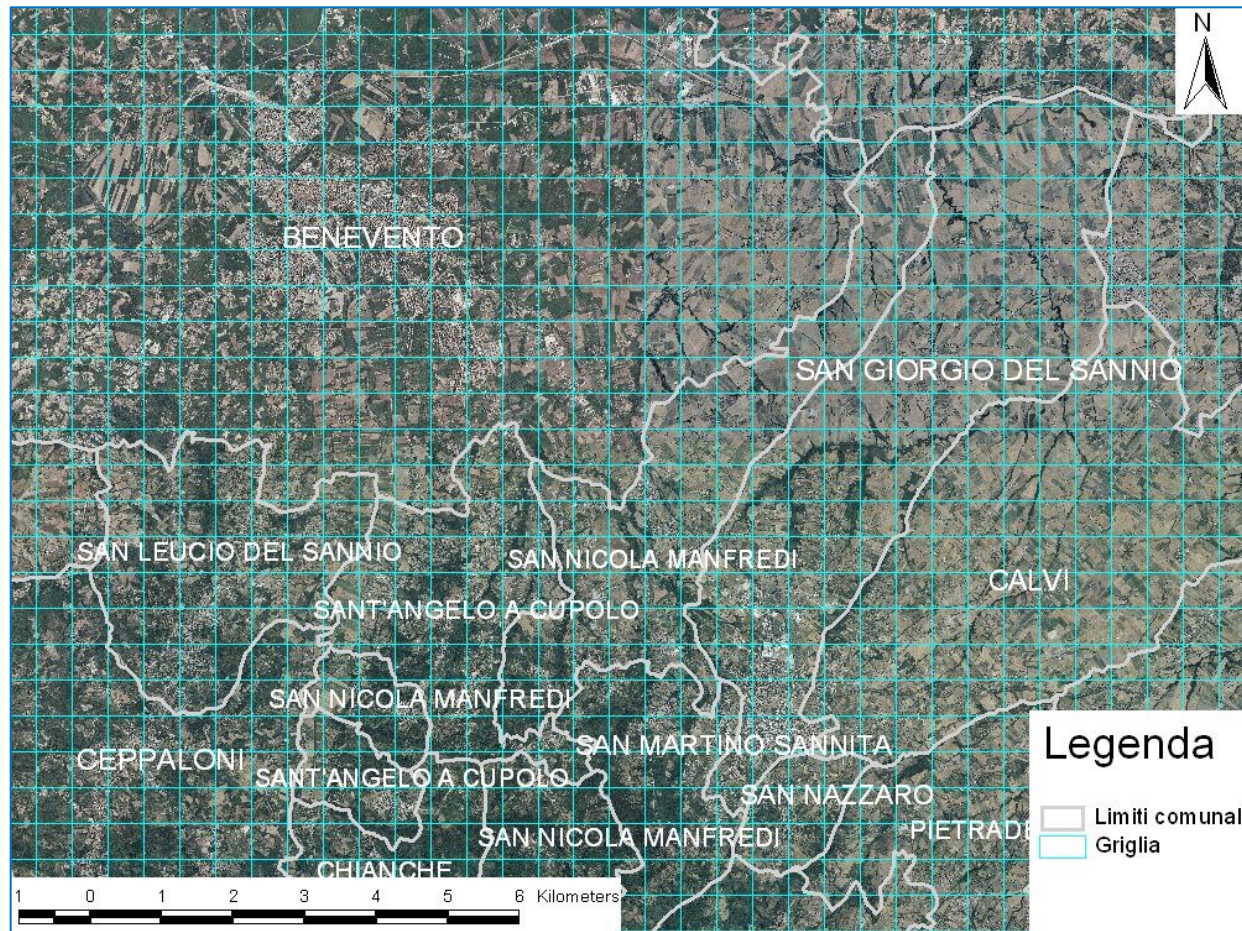
3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE

CARATTERISTICHE DELLA GRIGLIA

Dettaglio griglia sovrapposta a territorio regionale ed ortofoto



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

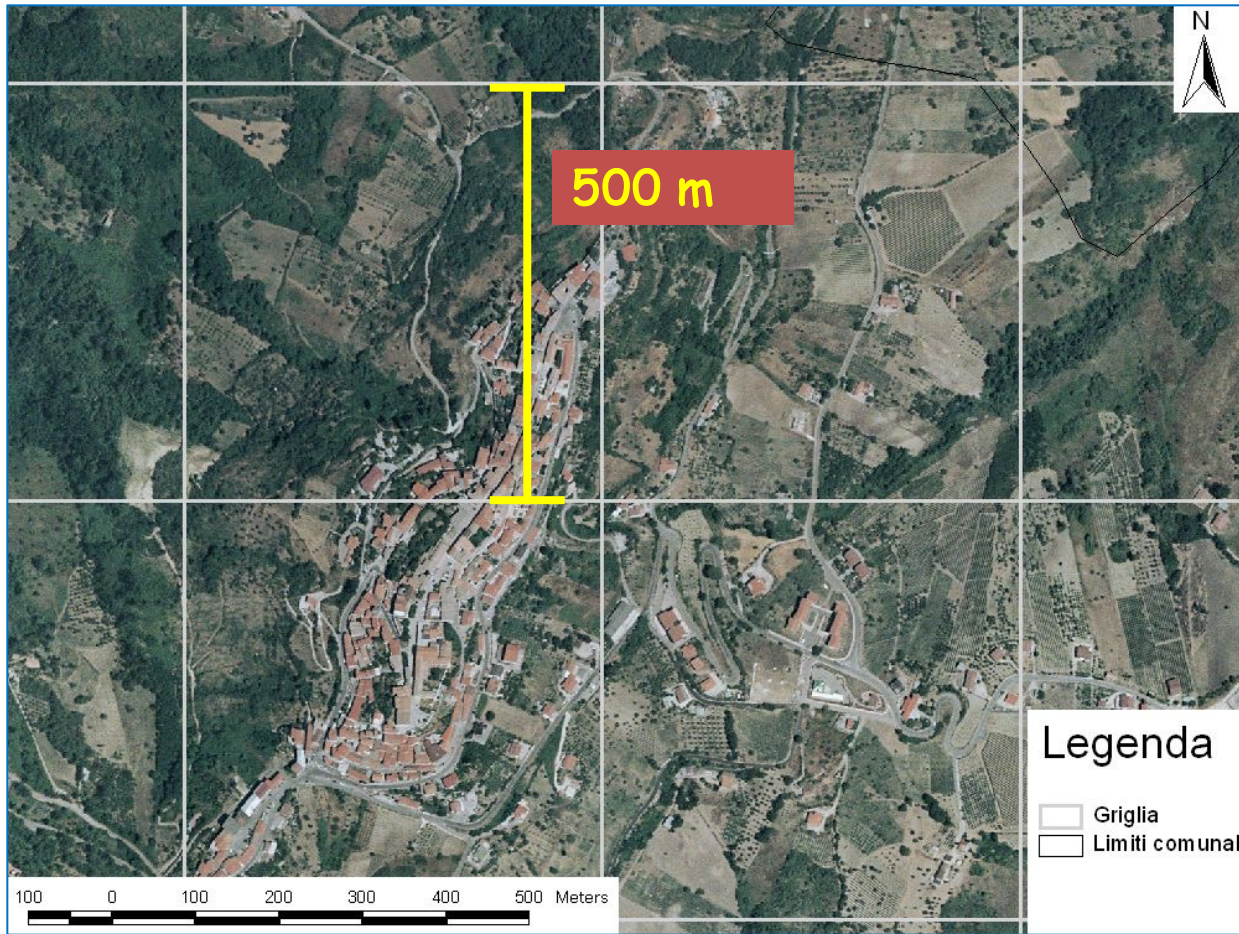
- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale

- Modello su una griglia territoriale

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE

CARATTERISTICHE DELLA GRIGLIA

Dettaglio griglia sovrapposta a territorio regionale ed ortofoto



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

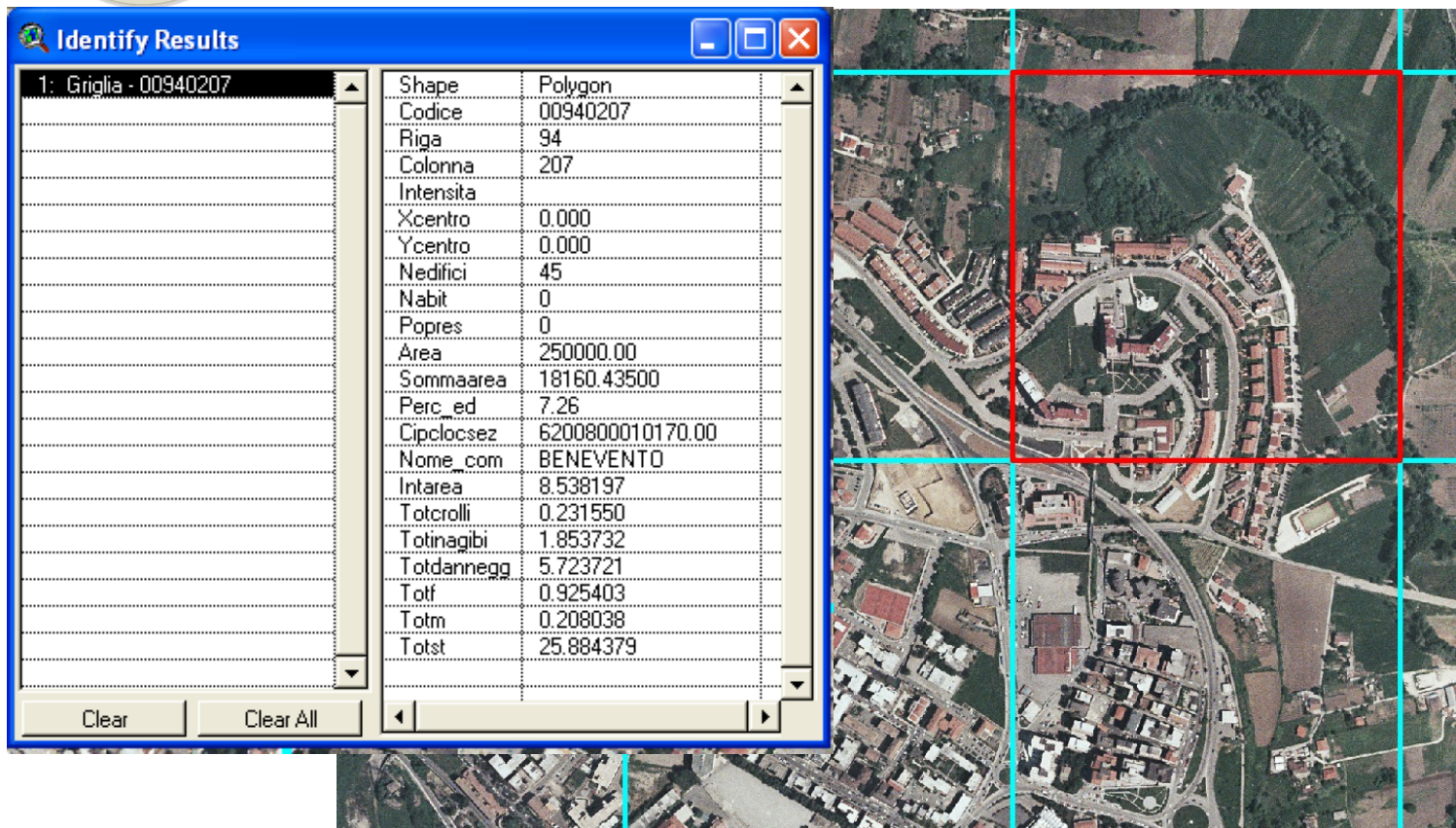
- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE

CARATTERISTICHE DELLA GRIGLIA



Property	Value
Shape	Polygon
Codice	00940207
Riga	94
Colonna	207
Intensita	
Xcentro	0.000
Ycentro	0.000
Nedifici	45
Nabit	0
Popres	0
Area	250000.00
Sommaarea	18160.43500
Perc ed	7.26
Cipclosez	6200800010170.00
Nome_com	BENEVENTO
Intarea	8.538197
Totcrolli	0.231550
Totinagibi	1.853732
Totdannegg	5.723721
Totf	0.925403
Totm	0.208038
Totst	25.884379

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE

REGIONE CAMPANIA

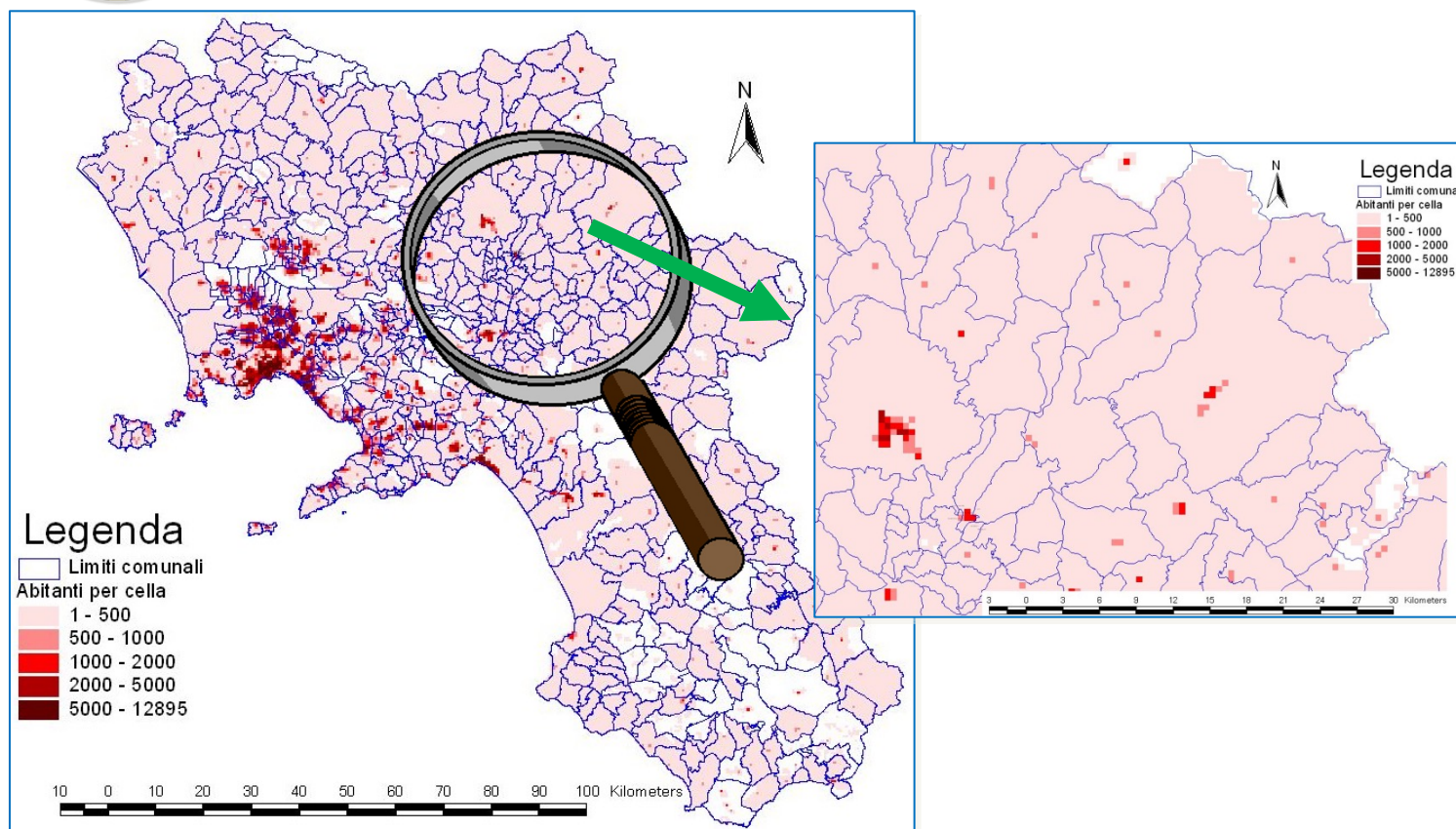
- Tutti i dati ed informazioni relativi alla **REGIONE CAMPANIA** sono elaborati in base alla griglia utilizzata.
- Numero di Edifici e di Abitanti sono riportati dalle Sezioni Censuarie alla cella di appartenenza con operazioni cartografiche di intersezione e di calcolo.



1. **IL RISCHIO SISMICO**
 - Definizione di rischio
 - Pericolosità
 - Esposizione
 - Vulnerabilità
 - Analisi di Rischio e di Scenario
2. **LA VULNERABILITÀ**
 - Classificazione
 - Metodi di valutazione
 - Metodi Empirici
 - Metodi Meccanici
3. **VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO**
 - Pianificazione e gestione dell'emergenza
 - Descrizione del modello
 - Modello a scala comunale
 - Modello su una griglia territoriale

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE

NUMERO DI ABITANTI PER CELLA



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

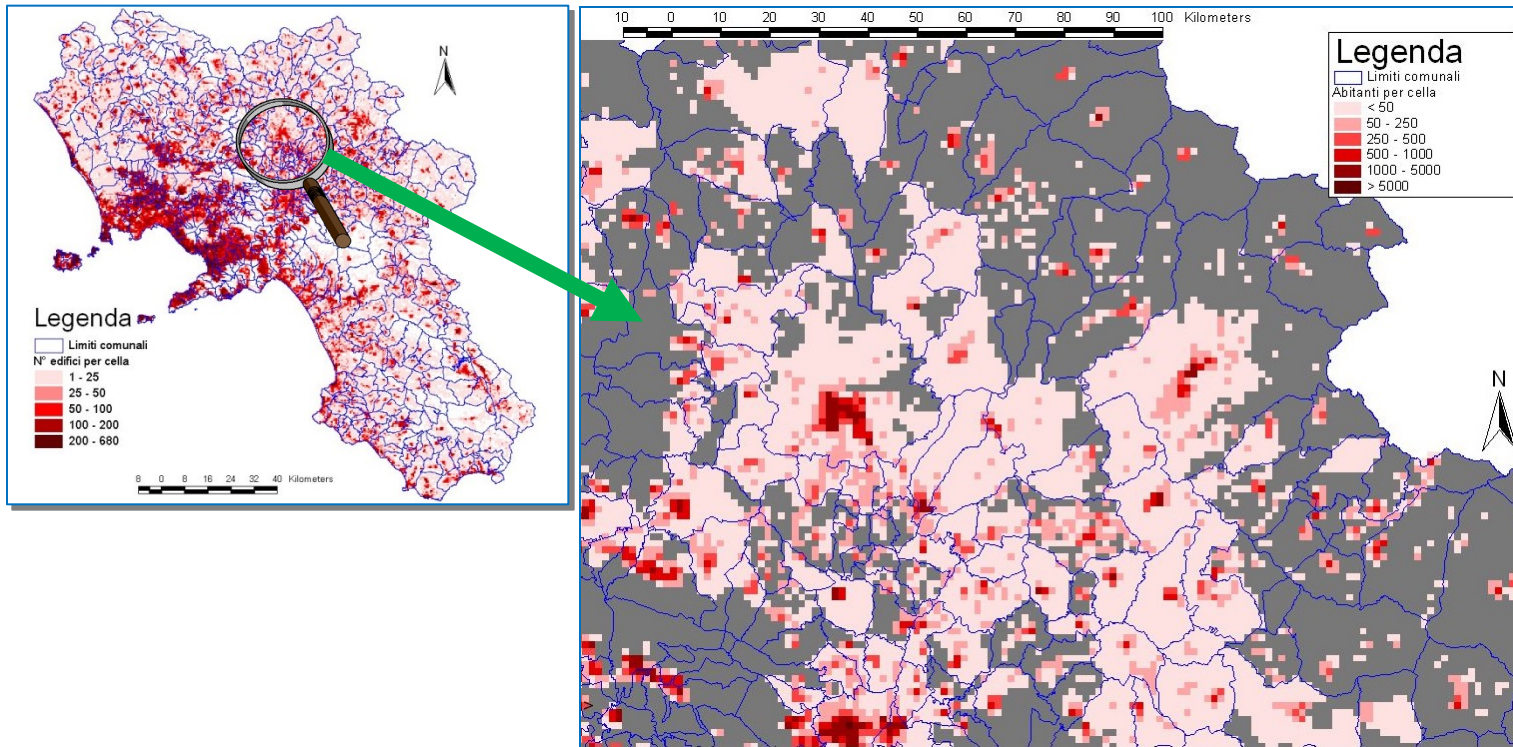
- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE

NUMERO DI EDIFICI PER CELLA



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

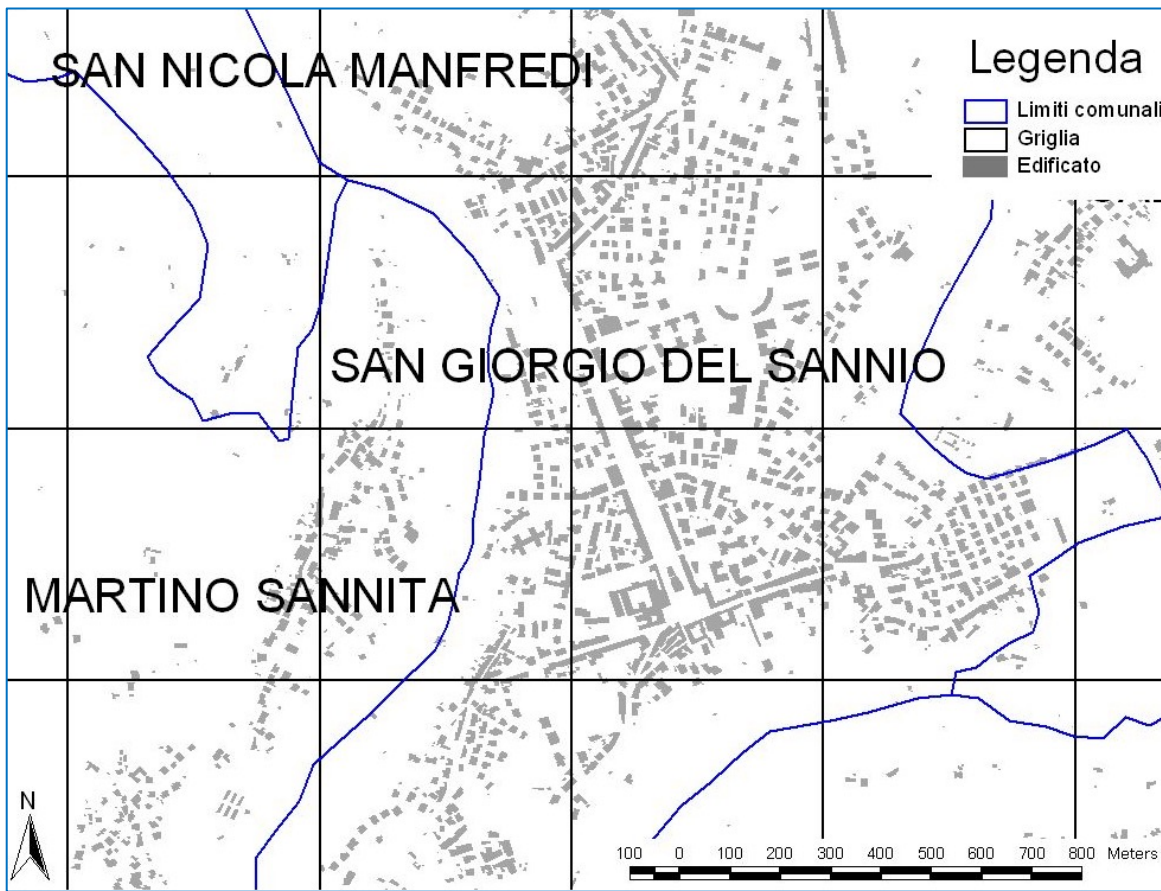
3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE

DATI GIS (edifici con destinazione d'uso rilevante)

Nell'ambito dell'edificato regionale vengono individuati gli edifici con destinazioni d'uso rilevanti, ad esempio scuole, ospedali, chiese, stabilimenti industriali ecc.



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

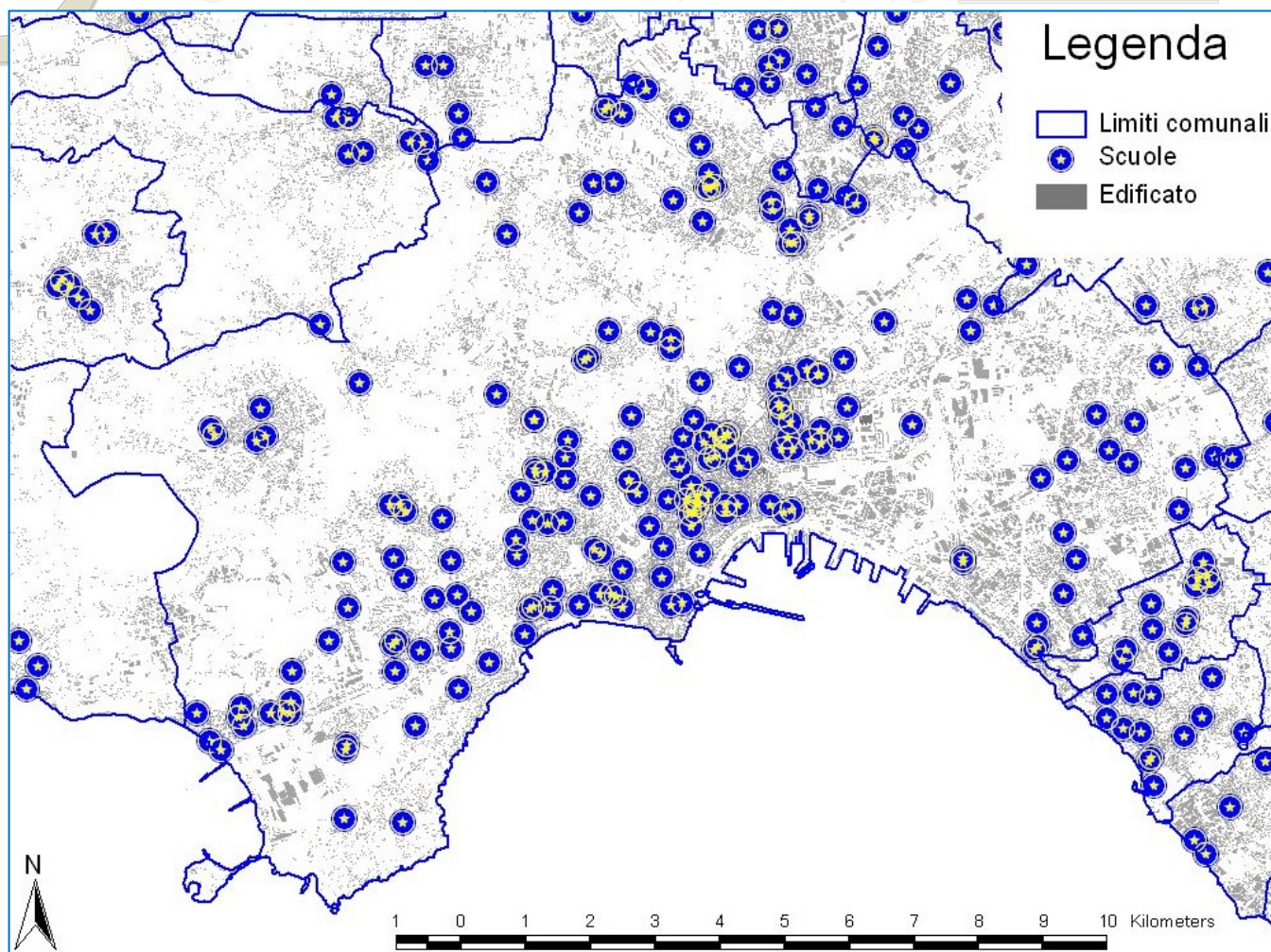
3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE

DATI GIS (scuole)

Vengono individuati e localizzati, ad esempio, gli edifici scolastici.



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

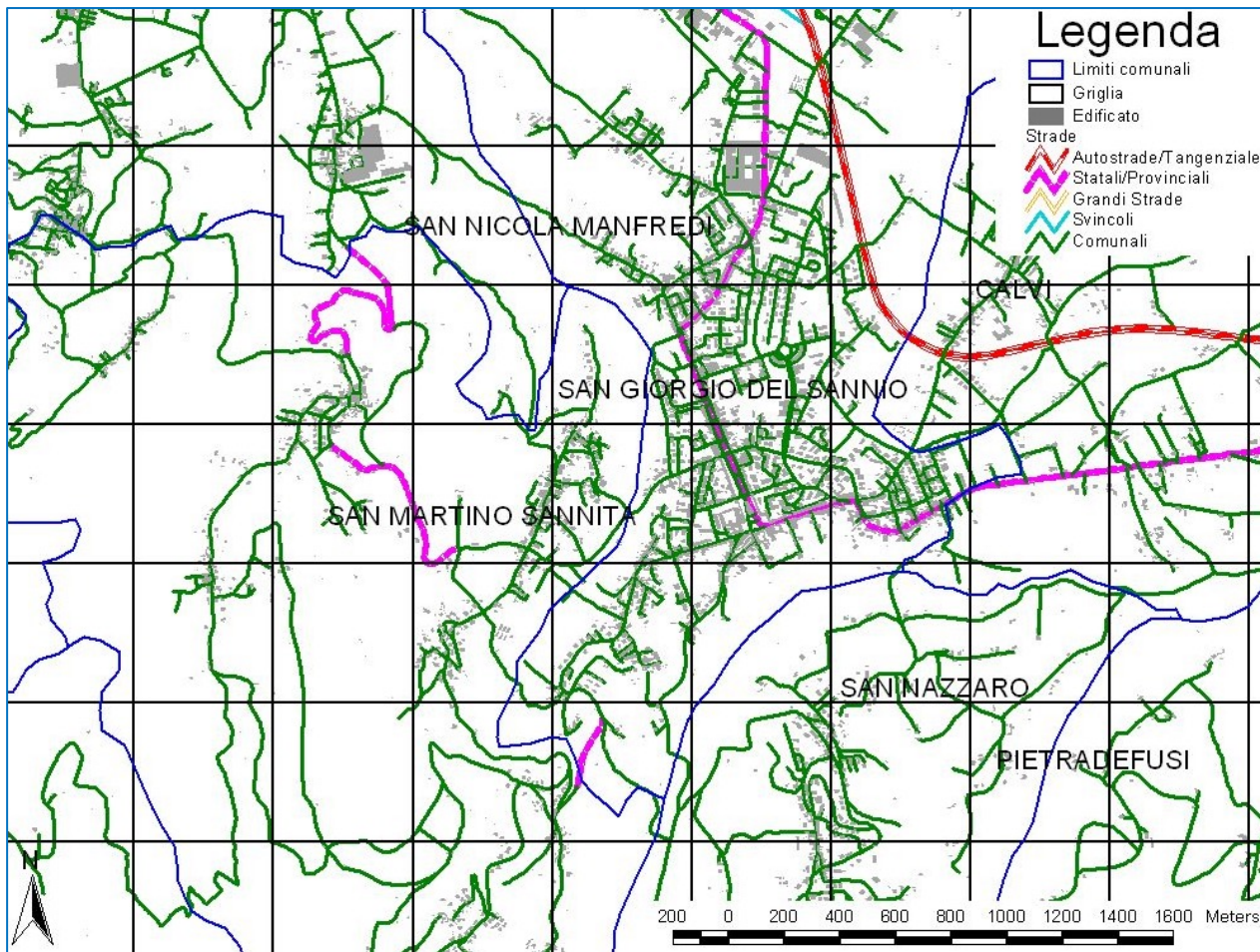
3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE

DATI GIS (strade)

Si individuano inoltre i rami stradali, classificandoli per importanza



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

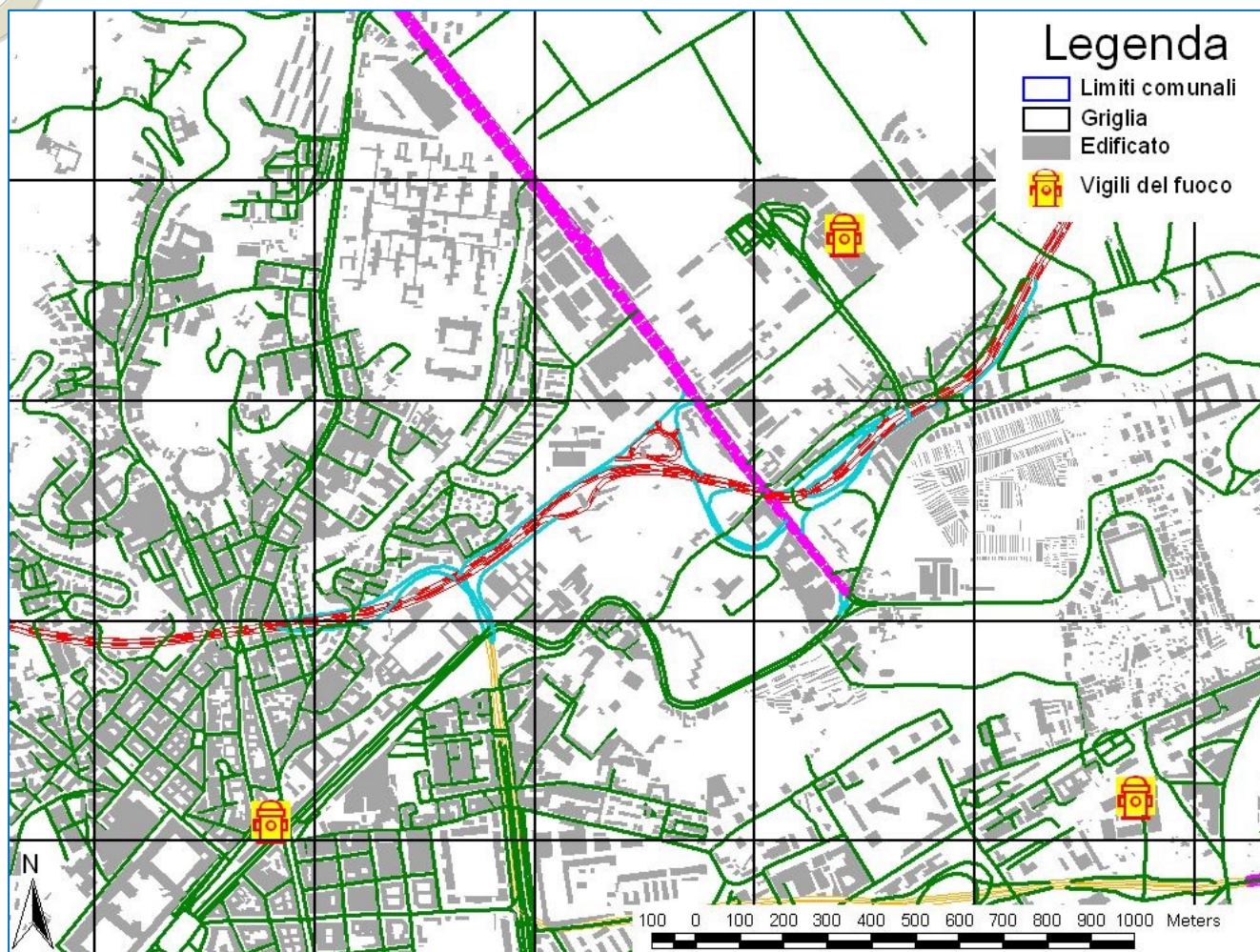
3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE

DATI GIS (vigili del fuoco)

Si individuano le caserme dei Vigili del Fuoco nell'area interessata



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

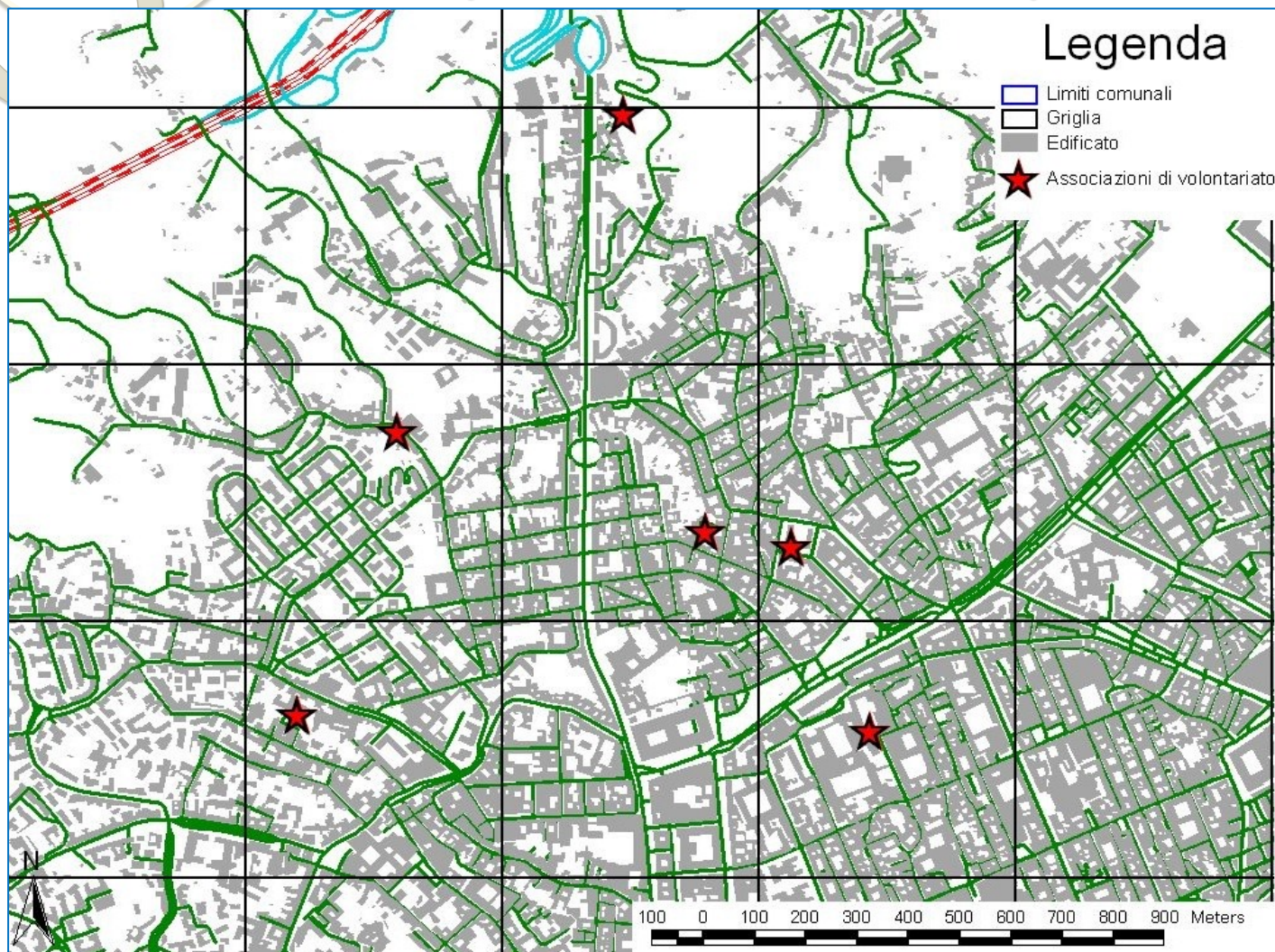
- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE

DATI GIS (Associazioni di Volontariato)



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

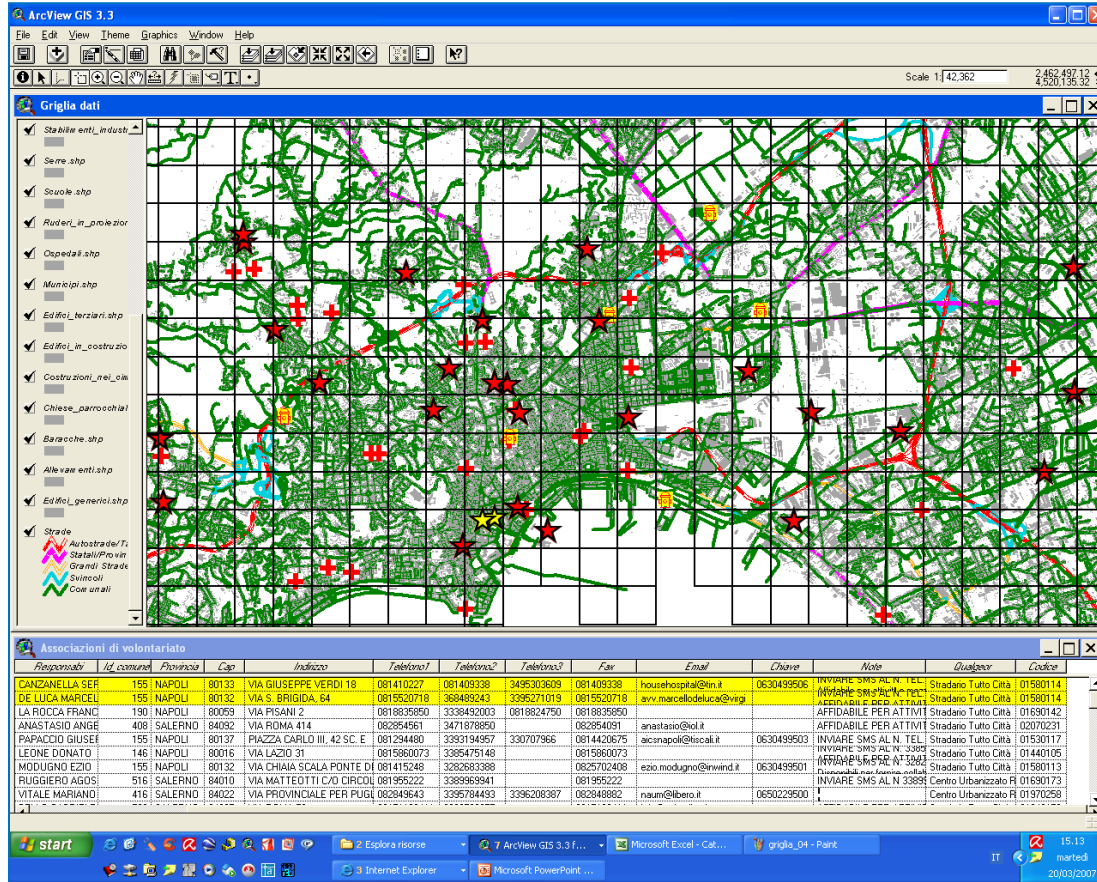
- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE

DATI GIS (dati sensibili)



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale

- Modello su una griglia territoriale

Ai dati sensibili come strutture sanitarie, Vigili del Fuoco, associazioni di volontariato ecc., sono associate una serie di informazioni tra le quali un codice numerico corrispondente al codice numerico della cella della griglia nel quale ricadono

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE

DATI GIS (dati sensibili)



Alle strutture sanitarie è associato un database nel quale sono riportate una serie di importanti informazioni di Protezione Civile come ad esempio il numero di: **posti letto, reparti, personale medico, personale infermieristico, ...**

Shape	Point
Id	19
Asl	//
Id_agenda	1196
Nome	REGIONE CAMPANIA - AZIENDA OSPEDALIERA A. CARDARELLI
Indirizzo	Via Antonio Cardarelli, 9
Comune	NAPOLI
P_letto	564
Reparti	57
P_letto_ut	939
Reparti_ut	56
Personale	3520
P_medici	785
P_inferm	1397
Tipologia	AZIENDA OSPEDALIERA

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale

- Modello su una griglia territoriale

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE

FUNZIONAMENTO MODELLO (simulazioni terremoti storici)

- **Analisi di 6 EVENTI SISMICI** riguardanti forti terremoti campani (hazard INGV).
- **Intensità lo** dei terremoti considerati variabile tra 9.0 a 11.0 (EMS' 98).
- **Informazioni di tipo socio-demografiche** (tipo numero di vittime, feriti e senzatetto) sono state acquisite da cronache o quotidiani d'epoca.

CARATTERIZZAZIONE EVENTI

Anno	Località evento	Lat	Lon	lo
1456	Ariano Irpino	41°09'	15°01'	10
1688	Cerreto sannita	41°17'	14°33'	11
1853	Caposele	40° 49' 12"	15° 13' 12"	9
1930	Bisaccia	41° 2' 60"	15° 22' 12"	10
1962	Irpinia	41° 7' 48"	14° 58' 12"	9
1980	Irpinia-Basilicata	40° 51' 0"	15° 16' 48"	10

1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

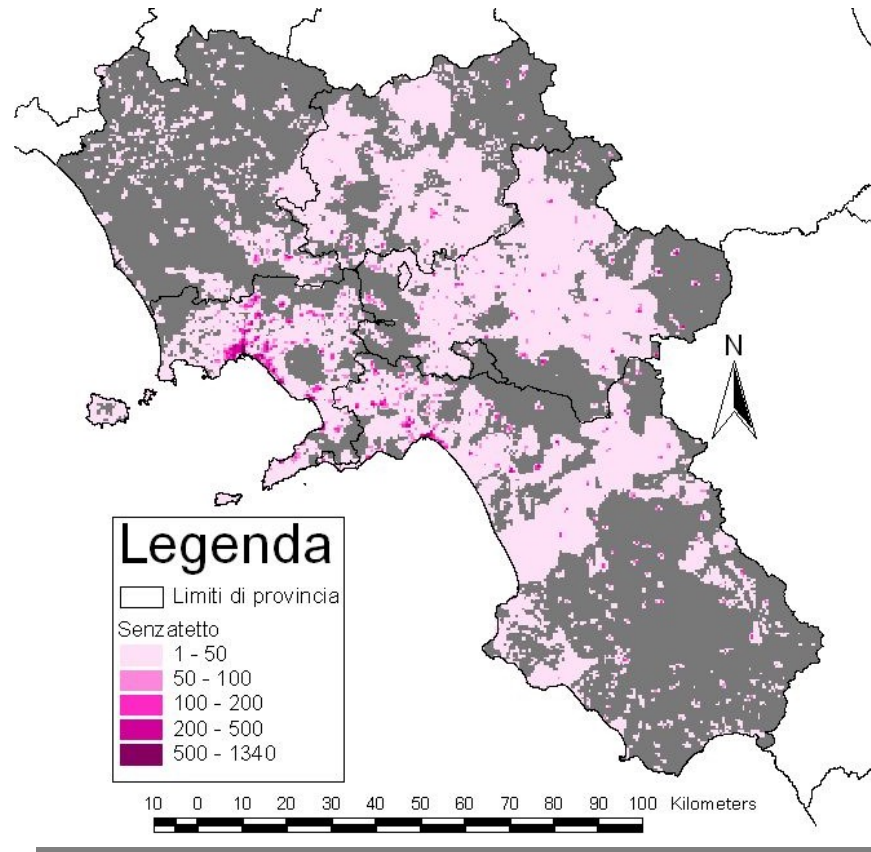
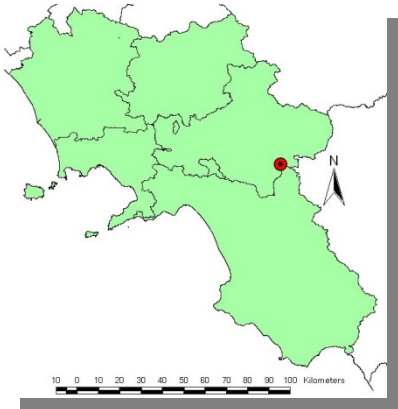
- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- **Modello su una griglia territoriale**

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE

FUNZIONAMENTO MODELLO (simulazione: IRPINIA 1980)



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

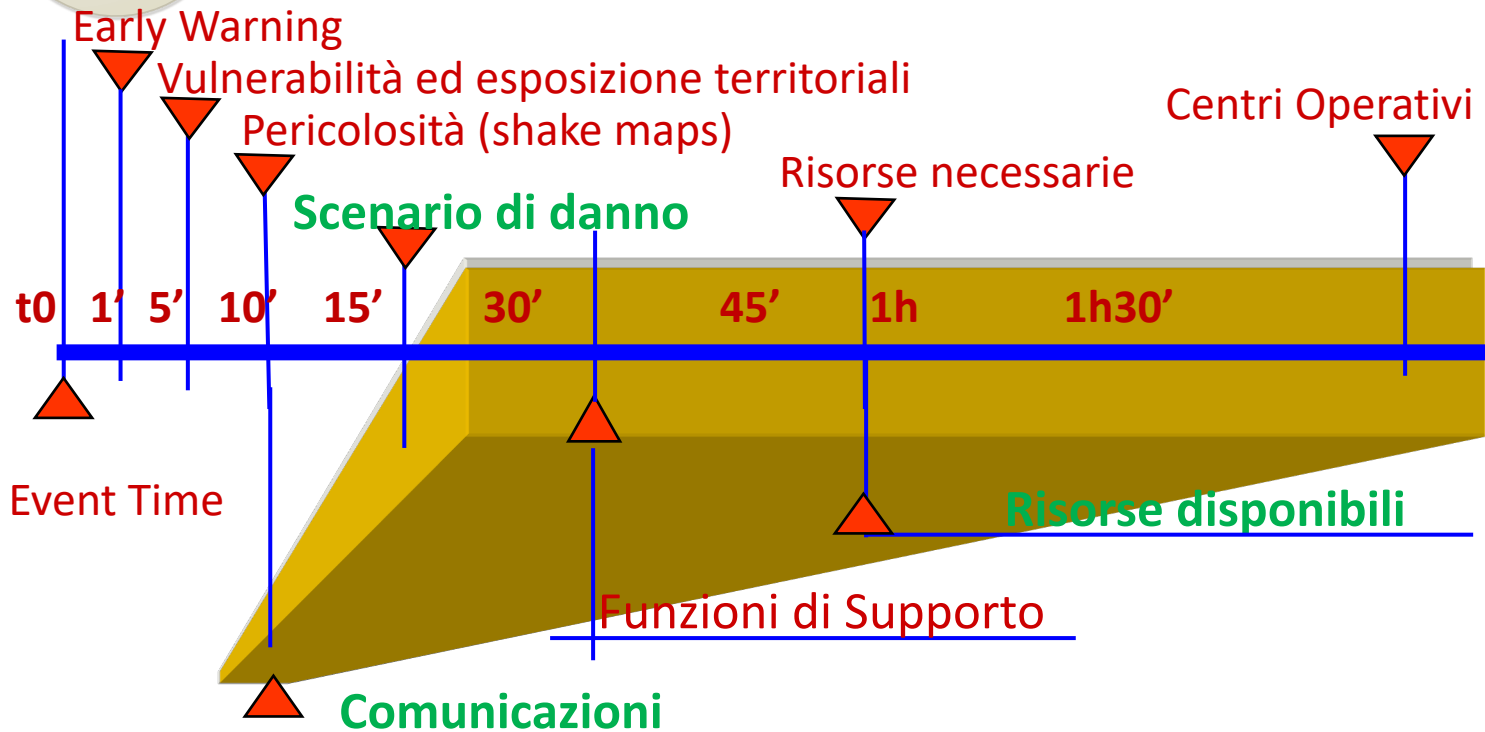
- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE: GESTIONE EMERGENZA

TEMPI DI ATTIVAZIONE (prodotti)



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale

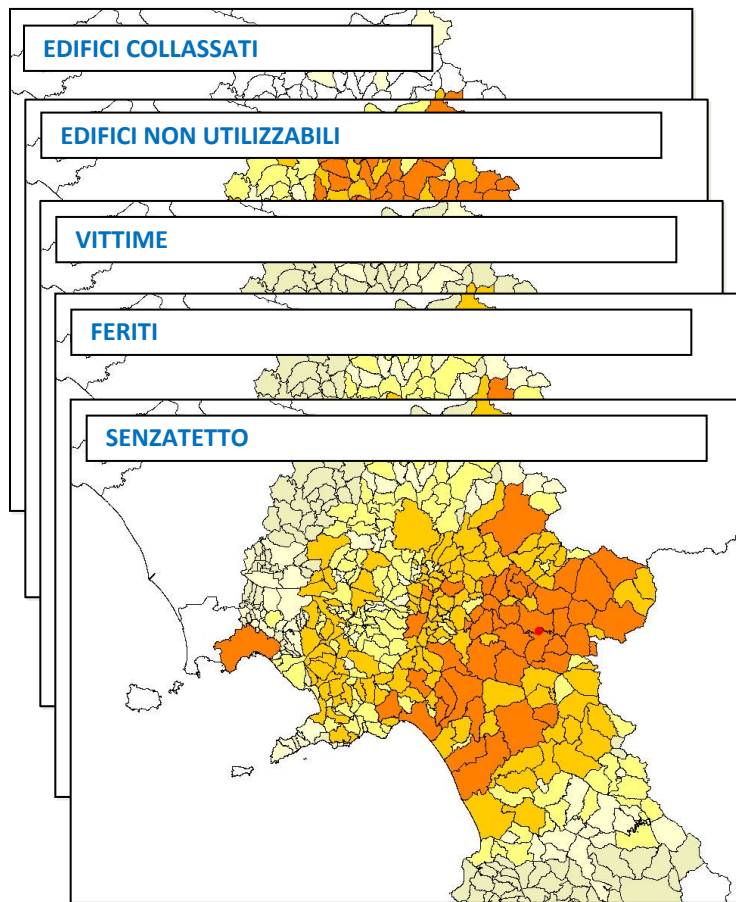
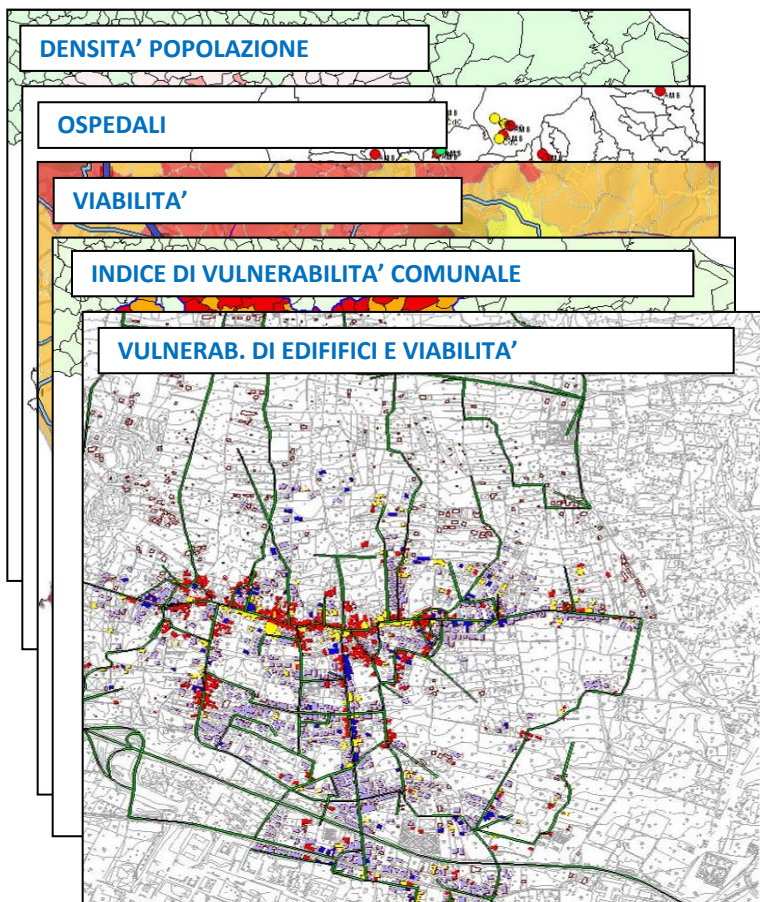
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE: GESTIONE EMERGENZA

TEMPI DI ATTIVAZIONE (prodotti)

t0 + 15'

1. ESPOSIZIONE E VULNARABILITÀ TERRITORIALI



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

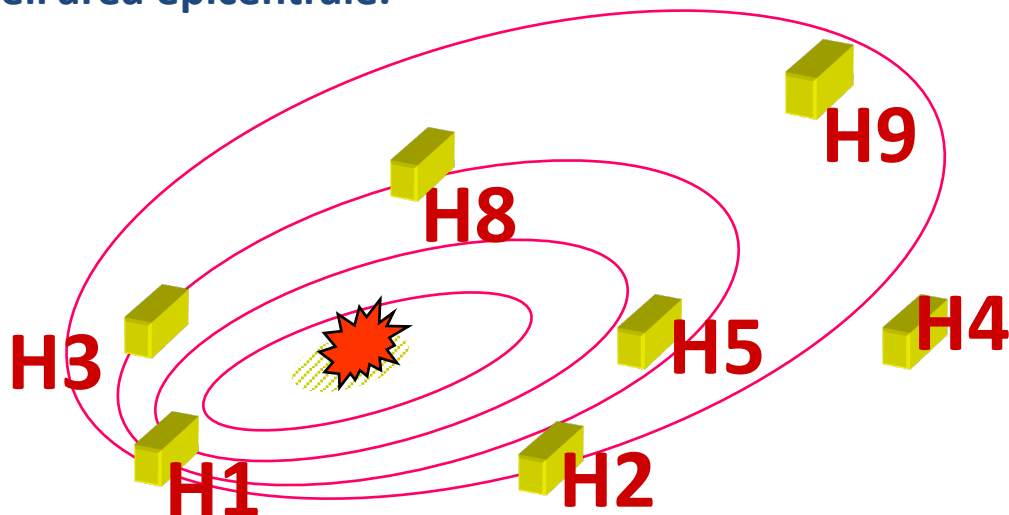
MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE: GESTIONE EMERGENZA

TEMPI DI ATTIVAZIONE

$t_0 + 30'$

IL SISTEMA:

- analizza il DATABASE degli OSPEDALI, che contiene il numero dei letti disponibili e il tipo di cure offerte;
- localizza gli ospedali più vicini (H);
- esclude, in funzione dell'intensità dell'evento, gli ospedali presenti nell'area epicentrale.



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

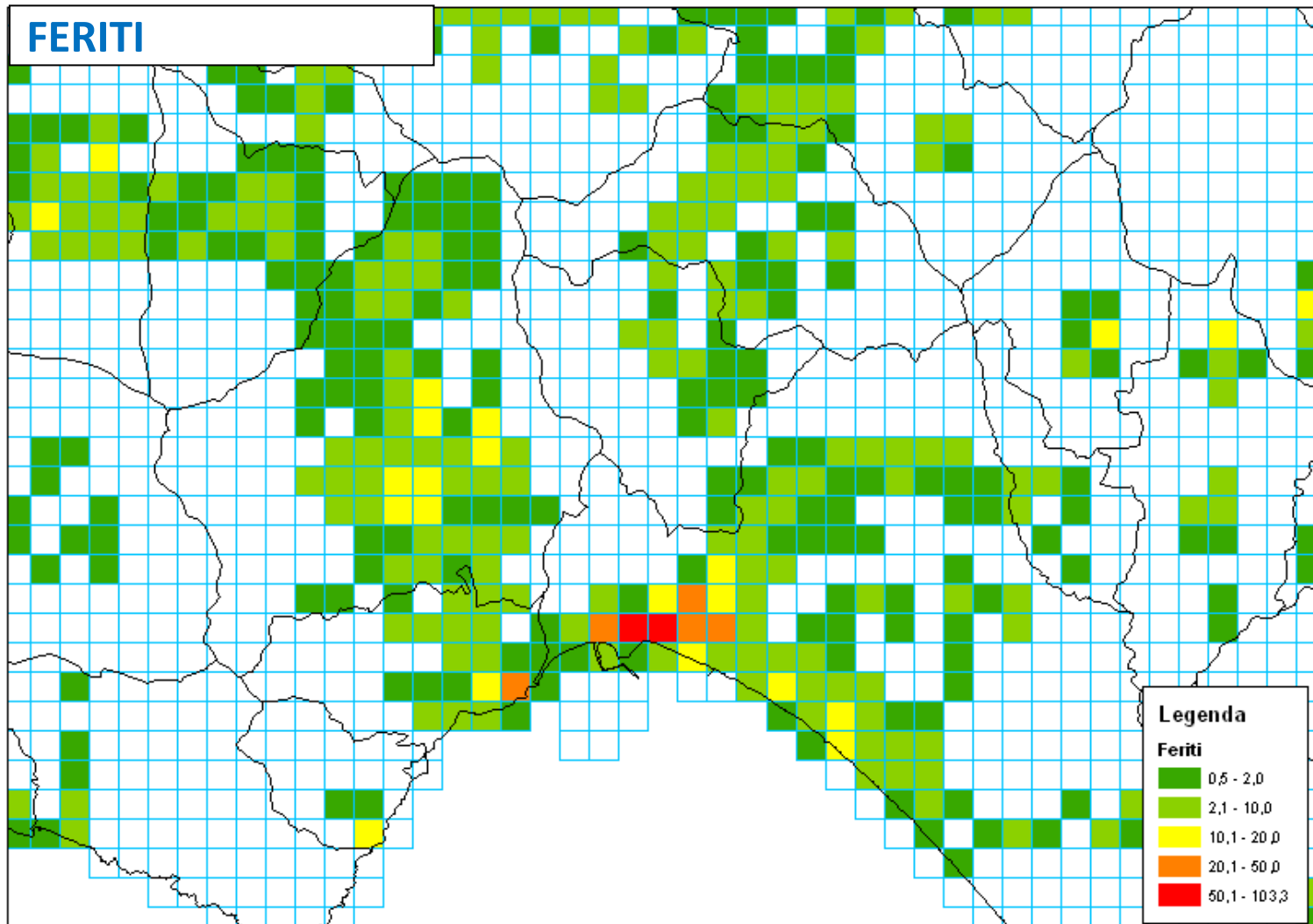
- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE: GESTIONE EMERGENZA

SCHERMATA MASTER



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

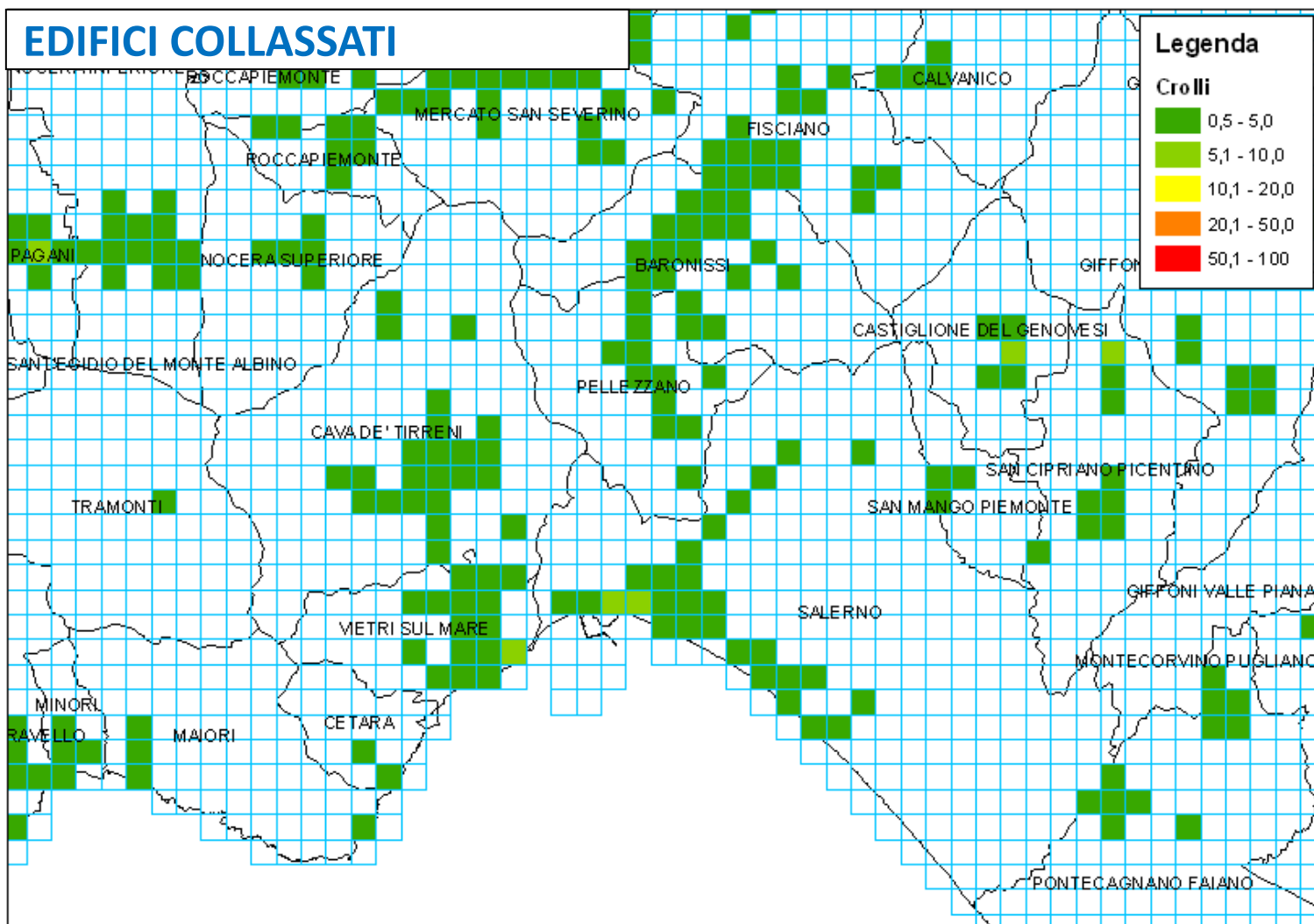
- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE: GESTIONE EMERGENZA

SCHERMATA SLAVE



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

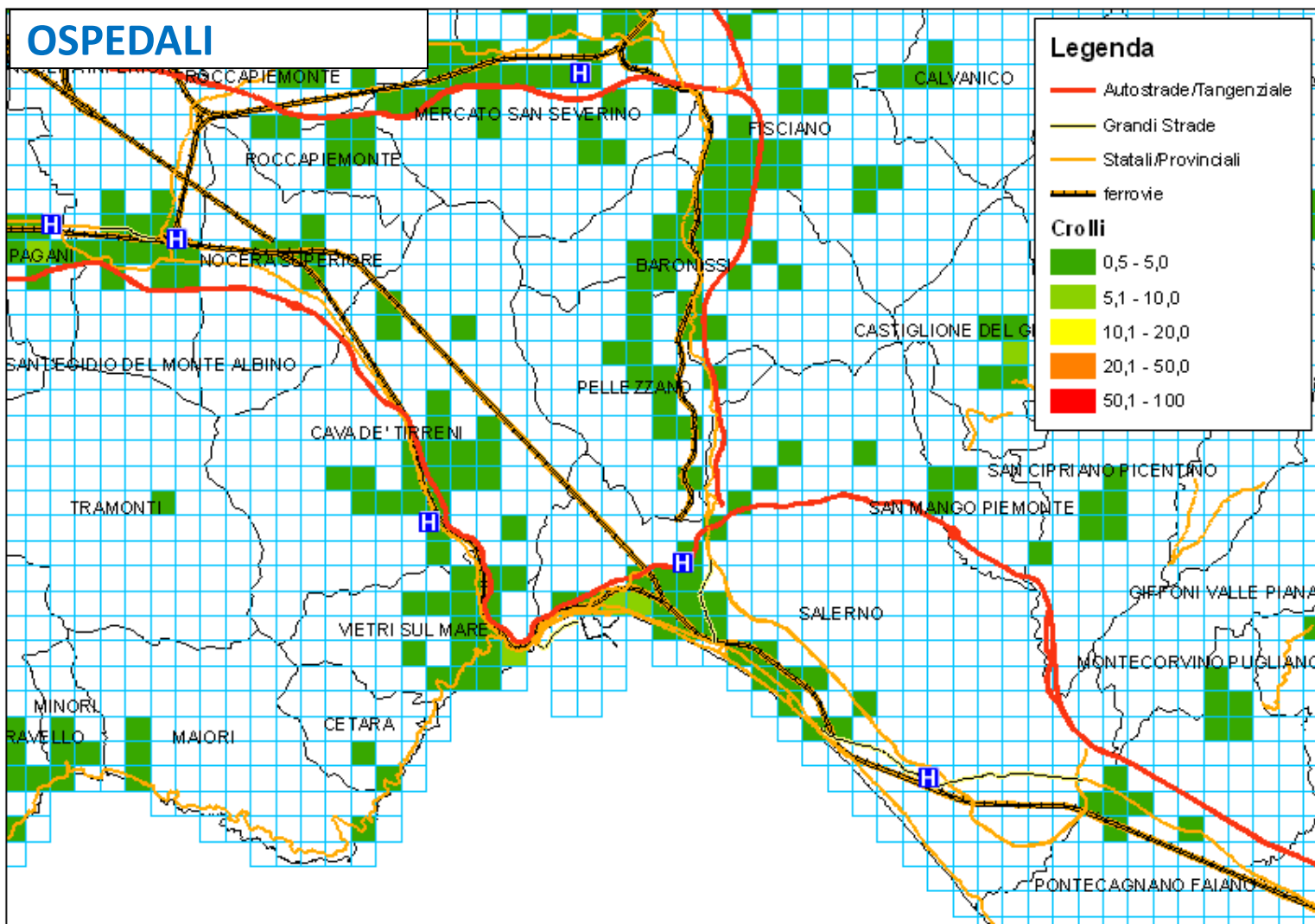
- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE: GESTIONE EMERGENZA

SCHERMATA SLAVE



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

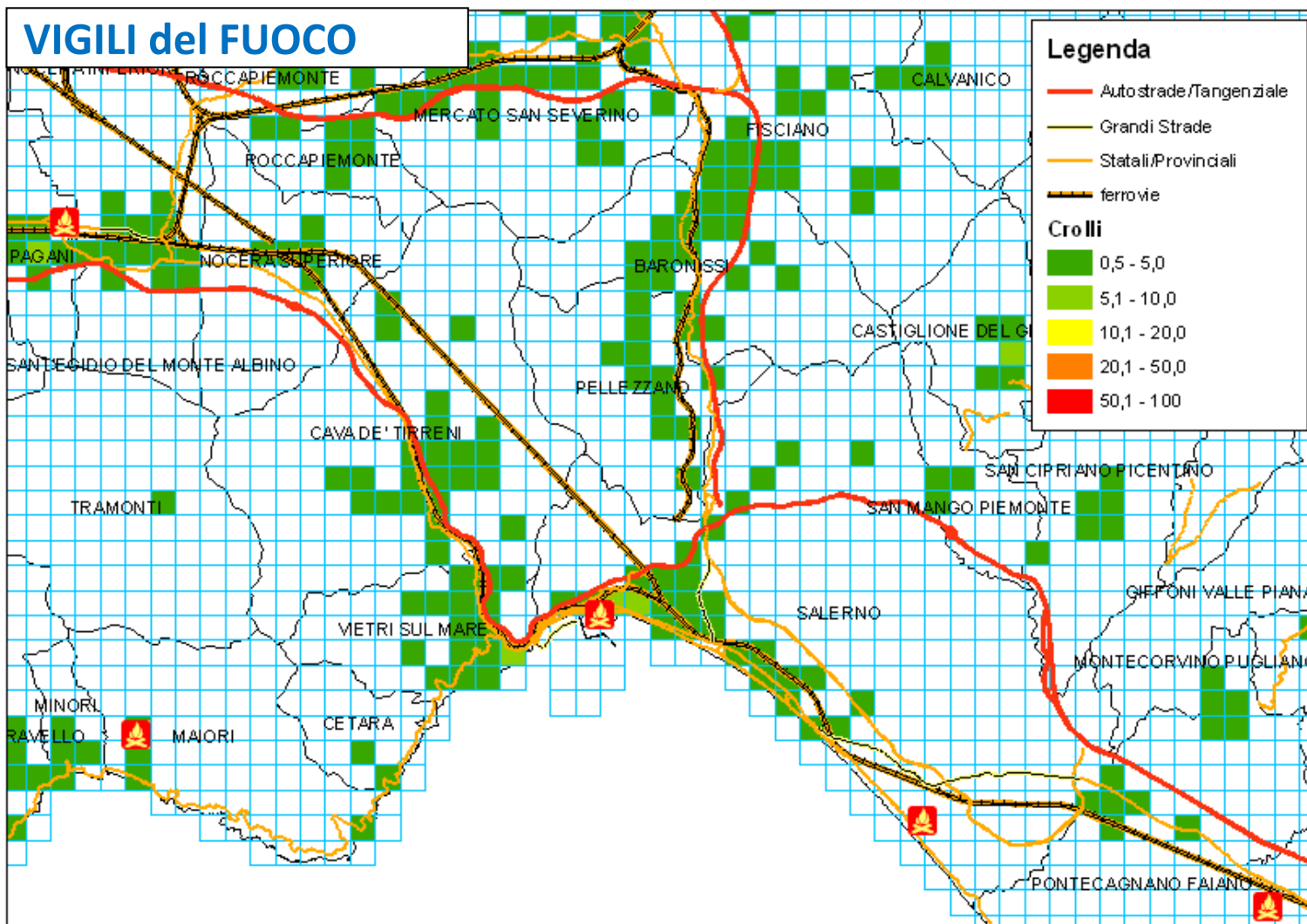
- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale

MODELLO SU UNA GRIGLIA TERRITORIALE: GESTIONE EMERGENZA

SCHERMATA SLAVE



1. IL RISCHIO SISMICO

- Definizione di rischio
- Pericolosità
- Esposizione
- Vulnerabilità
- Analisi di Rischio e di Scenario

2. LA VULNERABILITÀ

- Classificazione
- Metodi di valutazione
- Metodi Empirici
- Metodi Meccanici

3. VALUTAZIONI DI RISCHIO SISMICO

- Pianificazione e gestione dell'emergenza
- Descrizione del modello
- Modello a scala comunale
- Modello su una griglia territoriale



GRAZIE PER L'ATTENZIONE