Carmine Ianniello

Ancient Roman Amphitheatres Used for Modern Shows: Acoustics and Problems

Abstract
The acoustics of Roman amphitheatres has received little attention in the scientific literature although some ancient Roman amphitheatres are used today for public shows. There are performances which require an adequate sound quality for both the audience and artists. The natural acoustics of these monuments does not support completely the needs of "good acoustics" especially for drama, orchestral music and opera. This paper considers five Roman amphitheatres which host regularly such kind of shows. After a brief description of the considered amphitheatres and the public shows offered therein, a qualitative analysis of their acoustical drawbacks is reported. It is not a surprise that more or less sophisticated electroacoustic aids are used to overcome the drawbacks mentioned previously. The social and cultural nature of the participation of spectators to various events is considered briefly.

Keywords*: Ancient Roman Amphitheatres | Modern shows in Roman Amphitheatres | Acoustic problems | Ancient Roman theatres | Roman architecture heritage*



Fig. 1 - Model of the city of Arles: unroofed Roman theatre compared with the nearby Roman amphitheatre [3].

Introduction
Roman theatres and amphitheatres are a rich cultural heritage spread principally in countries surrounding the Mediterranean Sea. They were built mostly during the rule of Roman Empire (27 BC ≈ 395 AD). Until now the remains of at least 230 amphitheatres have been found [1], while the estimated number of Roman theatres is 343 [2]. Their state of conservation is various. Some are in a good state, others are only poor remains of stones testifying their presence in the past. During the last decades little attention has been paid to Roman amphitheatres by the acousticians. Besides analogous archaeological and historical interests, more attention has been paid instead to ancient unroofed Roman theatres. The studies of these monuments were aimed at the increment of the knowledge about their characteristics, their use, their valorization, their conservation and their acoustics as well. As a matter of fact a number of unroofed Roman theatres in a good state are used currently for public events. It is reported that their natural acoustics is well suited for the performance of drama and music (soloists, small groups, symphonic orchestras and opera). Furthermore, some Roman amphitheatres in a good state of preservation are used also for similar public events more or less regularly.
A first scope of this paper is to highlight the different natural acoustics of Roman Amphitheatres with respect to the natural acoustics of unroofed Roman theatres, both being in a good state of preservation. Although built for public shows, the type of construction and dimensions of theatres was different from that of amphitheatres: they served different purposes in Roman times. Occasionally amphitheatres were built near theatres. In most instances amphitheatres were larger than theatres. As an example, this can be seen in Figure 1 which displays a view of a model of the city of Arles (South of France) [3].
Although with specific differences, which depend on their age and location, the main parts of unroofed Roman theaters are a semicircular distribution of stone bleachers (cavea), a flat semicircular concentric area at ground level (orchestra) and a stage in front of a building with an articulated façade (scaenae frons).
A comprehensive account of Roman theatre architecture can be found in reference [4].

Analogously, there are specific differences among Roman amphitheatres. Their main parts are the oval or elliptical arena at ground level and bleachers surrounding the whole arena (cavea).
A comprehensive account of Roman amphitheatre architecture can be found in reference [5].

Amphitheatres which host modern shows
An accurate web search (www) of Roman amphitheatres where modern shows of various kind are offered to public with a certain seasonal continuity resulted in the selection of Arena of Arles, El Djem Arena, Arena of Nîmes, Pula Arena and Verona Arena.

Arena of Arles (Arles, France) [6, 7, 8]
This arena is a Roman amphitheatre located at Arles, a city in the southern France. It was built about 90 AD. After the fall of the Roman Empire Arles suffered invasions by Visigoths, other Barbarians and Saracens from the fifth to the ninth century. Defensive walls were built around the amphitheatre during the medieval age and a number of houses were erected inside. Of the original four watching towers inserted in the walls, three are still in place. Between 1826 and 1830 houses were removed to clear the place out and to make it an



Fig. 2 - Arena of Arles. An external view (left) and an internal view (right).



Fig. 3 - Arena of Arles. A bullfight with musicians and singers (left). A concert of Gipsy Kings (right).

amphitheater in function again. It hosted a first bullfight in 1830 and continues to host them today. Figure 2 shows an external view (left) and an internal view (right) of the Arena of Arles.
Festivals (Ferias) are organized periodically in the arena. They are focused mostly on bullfighters and bullfighting and also on shows of bulls and horses. Among others, an important event is the Feria du riz (Rice Festival) with the now traditional Goyesque bullfight; three forms of art are joined: bullfighting, painting and music. Goyesque refers to the fact that bullfighters and dames dress clothes inspired by those depicted by the famous Spanish painter Francisco Goya. Arles is a musical town, however today musical events are seldom held in the arena. They are hosted in the remains of the ancient Roman theatre of Arles, in streets, in churches and other places. In the past some lyric operas have been staged in the Roman amphitheatre. Episodically pop and rock concerts are offered to public. Figure 3 (left) displays a bullfight with musicians and singers. They perform usually excerpts of Bizet's Carmen and other pieces with a Spanish flavour. The right side of Figure 3 shows the set-up of the arena for a concert of Gipsy Kings, a famous pop-flamenco band that started up in Arles more than 25 years ago [9]. Simulations of gladiatorial combats are also performed in the arena.

El Djem Arena (El Djem, Tunisia) [10,11,12]
This huge arena is a Roman amphitheatre located at El Djem (Tunisia), a town of Punic or, perhaps, Berber origin known as Thysdrus in Roman times. The date of construction of the amphitheatre is uncertain and doubts are cast if it was completed after the death of Gordianus I who promoted its construction probably between 230 and 238 AD. Nevertheless, it was used in its state mainly for gladiatorial fights and chariot races. The monument remained fairly intact until the 17th century when many stones were taken away for buildings in the nearby village of El Djem and used also for the Great Mosque in Kairouan. A damage of the amphitheatre had been caused in 1695 by cannon fire when troops under the Ottomans flushed rebels out of the amphitheatre then used as a fortress. Actually, a continuous maintenance preserves the integrity of the monument. Figure 4 shows an external view (left) and an internal view (right) of the El Djem Arena as it stands today. Beside tourist visits to the Roman amphitheatre at El Djem, only The Festival international de musique symphonique d'El Jem is offered as a public show. The symphonic music festival is held every summer since 1985. Many national and international orchestras have participated in the festival, e.g. the Algerian National Symphony Orchestra, the Rome Philharmonic Orchestra, the Tunisian Symphony Orchestra, the Budapest Gypsy Symphony Orchestra and the Orchestra Sinfonica di Roma. Figure 5 shows two pictures of the set-up of the stage and audience on the occasion of symphonic concerts in the amphitheatre.



Fig. 4 - El Djem Arena. An external view (left) and an internal view (right).



Fig. 5 - El Djem Arena. Set-ups of the arena for symphonic concerts.

Arena of Nîmes (Nîmes, France) [13, 14, 15]
This Roman amphitheatre, not far from Arles, was built at the end of the first century AD. After the fall of the Roman Empire, many troubled vicissitudes afflicted the arena. The dominations of Visigoths, Muslims, Franks and other rulers with their wars and conflicts caused the transformation of the amphitheatre into a fortification against dangerous assaults to the population. In the 13th century, after the region was incorporated into France, the arena became a gated community of about 700 people living in houses built inside the monument. In 1809, the added construction were demolished to give the monument its initial appearance. Only in 1863 this monument was remodelled and restored almost as it is in the actual state. Figure 6 shows an external view (left) and an internal view (right) of the Arena of Nîmes.
When demolitions of added constructions were completed, people begun to assist to activities that took place in the arena, e.g. first bullfights (1813), chariot races (1840), gym competitions (1850), bull brandings (1852), wrestlers, (1853), Spanish bullfight (1853), Bizet's Carmen with bullfight (1901), Sophocles' tragedy Oedipus the King (1903), Herold's Le jeune dieu with scenography (1911). Later, during the twentieth century up today, events in the Arena of Nîmes have been intensified and some have been organized as periodic festivals (Ferias). The arena is the site of two annual bullfights during the Feria of Pentecost (started in 1952) and the Feria of the Harvest. Furthermore, the representations of the Great Roman Games mimicking ancient events in ancient Roman amphitheatres are offered. During summertime the management of the annual Festival of Nimes, for



Fig. 6 - Arena of Nîmes. An external view (left). An internal view (right).

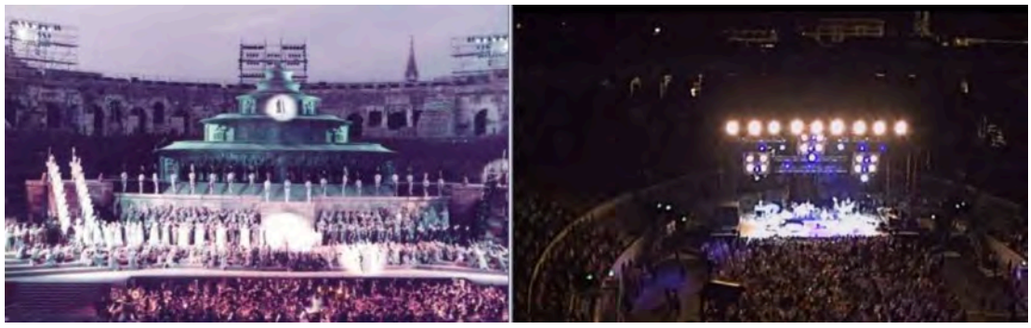


Fig. 7 - Set-up of the Arena of Nîmes. Left: Opera performance (Puccini' s Turandot); Right: Pop/rock concert (Elton John).

the part held in the arena, organizes music concerts of various genres, theatre plays and ballets. Opera is offered to public nowadays and in the past (e.g. Aida, Turandot, Nabucco and others). Traditionally, a version of Bizet's Carmen is staged every year.
From 1976 to 1988 the amphitheatre hosted the Nîmes International Jazz Festival, with the participation of legendary musicians, like Miles Davis, Charlie Mingus, Dizzy Gillespie, Michel Petrucciani, Sonny Rollins and others. During the Festival of Nimes pop and rock concerts are organized in the arena. Artists like Elton John, Phil Collins, Sting, Johnny Hallyday and many others have played in the amphitheatre. Figure 7 shows two different examples of set-ups of the arena. The left side is related to an opera (Puccini's Turandot) and the right side refers to a pop/rock concert (Elton John).
It is worth to report that between the late 1980s and early 2000s, the arena was covered with a removable translucent roof. It was an inflatable lens-like structure which enabled the holding of sports played indoors. In fact, the monument has served also in several sporting events.



Fig. 8 - Pula Arena. An external view (left) and an internal view (right).



Fig. 9 - Pula Arena. Opera singer Luciano Pavarotti (left). Film projection during a session of the Pula Film Festival (right).

Pula Arena (Pula, Croatia) [16, 17, 18]
This arena is a Roman amphitheatre located at Pula, a town situated at the southern tip of the Istria peninsula (northern Adriatic Sea). The end of its construction is dated about 81 AD under the Roman emperor Titus. When gladiatorial fights and other cruel activities were prohibited (about 5th century) the arena was almost abandoned and the local populace began to plunder its stones. This activity was stopped during the13th century. After the fall of the Roman Empire Pula has had a troubled history. Several rulers of the town have succeeded, however what is important for the monument is that the General Auguste de Marmont, as French governor of the Illyrian Provinces, started the restoration of the arena. This operation was continued in 1816 by the Ticinese architect Pietro Nobile, commissioned by the emperor Francis I of Austria. In 1932, the arena was adapted for theatre productions, military ceremonies and public meetings.
Figure 8 shows an external view (left) and an internal view (right) of the Pula Arena as it stands today.
The external view in Figure 8 displays the side of the arena that looks toward the Adriatic Sea. It consists of three stories. The opposite part has only two stories because the amphitheatre was built on a slope.
In recent times the arena has been the venue where important opera singers have performed with orchestral accompaniment. To name a few: Luciano Pavarotti, Placido Domingo, Josè Carreras. Also pop/rock concerts of international artists, e.g. Elton John, Tom Jones, Sting, David Gilmour, Zucchero, Paco De Lucia, Joe Cocker and many others, have played in Pula Arena.
Every summer Pula Arena becomes a preferred site for public projection of movies. A festival known as Pula Film Festival is organized since 1954 therein. Croatian film industry awards are also presented traditionally at this festival. Festival concept and award categories were modeled after the U.S.A. Academy of Motion Picture Arts and Sciences (Oscars).
Also two professional ice hockey games were played in Pula Arena on September 14 and 16, 2012.These sport events required the installation of a special outdoor ice rink.
Figure 9 shows two different main uses of Pula Arena. The left side is related to an opera singer with orchestra (Luciano Pavarotti) and the right side refers to film projections during a Pula Film Festival.

Verona Arena (Verona, Italy) [19, 20, 21]
Although with controversial debates about the date of construction, scholars agreed that this Roman amphitheatre was built in 30 AD.
The Arena, as it stands today, is the result of a constant removal of materials, but also of the effects of an earthquake that struck Verona in the 12th century and other disastrous events which leaved indelible traces on the monument. Only four arches (called Vela) are left of the outer circle which was the real façade. Among other Roman amphitheatres, this venue offers an intensive and rich production of modern public shows. Since 1913 the flagship of the arena is opera



Fig. 10 - Verona Arena. An external view (left) and an internal view (right).



Fig. 11 - Set-ups of the Verona Arena. Left: Opera performance (Verdi' s Aida). Right: Pop/rock concert (Paul Mc Cartney).

performance. In fact, the start of the tradition is dated on 10 August 1913 when Verdi's Aida was staged to celebrate the centenary of the birth of the famous composer of opera Giuseppe Verdi. Save the periods of the first and second world wars, an opera festival has been organized uninterruptedly with at least four different productions each year during summertime. Figure 10 displays an external view (left) and an internal view (right) of the Verona Arena as it stands today. The orchestra pit is opened when an opera is performed otherwise seats for spectators are arranged on its closure.

In more recent times, the arena has hosted several concerts of international rock and pop artists (e.g. Pink Floyd, Rod Stewart, Sting, Paul McCartney and many others). Jazz and ballet have been further performances offered to public in the arena (e.g. the jazz musician Keith Jarrett and the ballet dancer Roberto Bolle). It is worth mentioning that large symphonic orchestras and chorus have played on the stage of the arena (e.g. Ennio Morricone, a well known composer of musical sound tracks for movies and orchestra conductor). Figure 11 shows two different examples of set-ups of the arena. The left side is related to an opera (Verdi's Aida) and the right side refers to a pop/rock concert (Paul Mc Cartney).

An international design competition about the roofing of the Verona Arena was launched in March 2016 by the Municipality of Verona. The main aim declared for the openable cover in the call for tender was the protection of the monument against rain, also during the performance of shows. Before the deadline many hot debates by competent stakeholders in favor and against were publicized. The competition ended in January 2017 and at the moment the design of the winner is still waiting for its implementation [e.g. 22].

The acoustics of amphitheatres and problems inter modern use

The briefing on modern use of the five amphitheatres reported in the previous section reveals a wide variety of modern shows offered to public. It is hard to say if natural acoustics play an important role in the desirable fruition of each type of performance. In ancient times clangours of blades and shields, shouts of fighting gladiators, roars and growls of tigers and lions, emissions of other exotic animals and cries of cruel executions of criminals, noise of races of Roman war-chariots were the sounds transmitted from the arena to the cavea. However, often the roaring of thousands spectators pervaded the crowded amphitheatre.

Of course the sound quality in the site, as meant for Roman theatres, was not an interesting matter indeed for builders, although musical intermissions played in the arena may have entertained spectators during ceremonies, changes of games and dining pauses of gladiators.

In general, the natural acoustics of an amphitheatre is defective of useful reflected sound energy. Borrowing scientific results from the research on open-air ancient theatres, an amphitheatre in a good state of conservation compared to a Roman theatre, also in a good state of conservation, lacks important structural components which contribute useful reflected sound energy [23]. The high stage building (scaenae frons) of a Roman theatre, the stage canopy, the orchestra and the vaulted colonnade behind the highest rows of the cavea are usually absent in amphitheatres. Furthermore, for Roman amphitheatres in modern use, except shows implying the use of the whole arena, performers occupy an "ad hoc" stage placed toward a narrow end of the oval/elliptical arena. A non directional sound source located at the centre of the stage platform of a Roman theatre produces almost the same level of the direct sound at each tier order of seats of the cavea. The analogous location of the sound source on the stage in a Roman amphitheatre produces a more irregular distribution of the direct sound because of the elliptical/oval distribution of the seats. What makes a major difference are the larger dimensions of an amphitheatre with respect to a Roman theatre in use for public shows. Table 1 reports the main dimensions and capacity of the amphitheatres considered previously as given by Golvin [5].

For the Overall dimensions, the first number refers to the length of the major axis of the whole oval/elliptical cavea (longitudinal extent) and the second number corresponds to its minor axis (transversal extent). The meaning is analogous for the pair of numbers of the sole Arena. The Seating capacity is the maximum number of seated spectators.

Typical Roman theatres where public shows are organized, classical music and opera included, are e.g. the Roman theatre at Aspendos (Belkis, Turkey) and the Roman theatre at Orange (Dept. Vaucluse, France). These two theatres are in a very good state of conservation and can be classified among the large ones. Both are praised for their acoustics.

Amphitheatre	Overall (m)	Arena (m)	Seating capacity
Arena of Arles	136.2 x 107.6	69.1 x 39.65	23354
El Djem Arena	147.9 x 122.2	64.5 x 38.8	30573
Arena of Nîmes	133.4 x 101.4	69.1 x 38.4	21349
Pula Arena	123 x 96.5	67.9 x 41.7	17746
Verona Arena	152.4 x 123.2	75.7 x 44.4	20226

Tab. 01 - Dimensions and seating capacity of the considered amphitheatres [5]

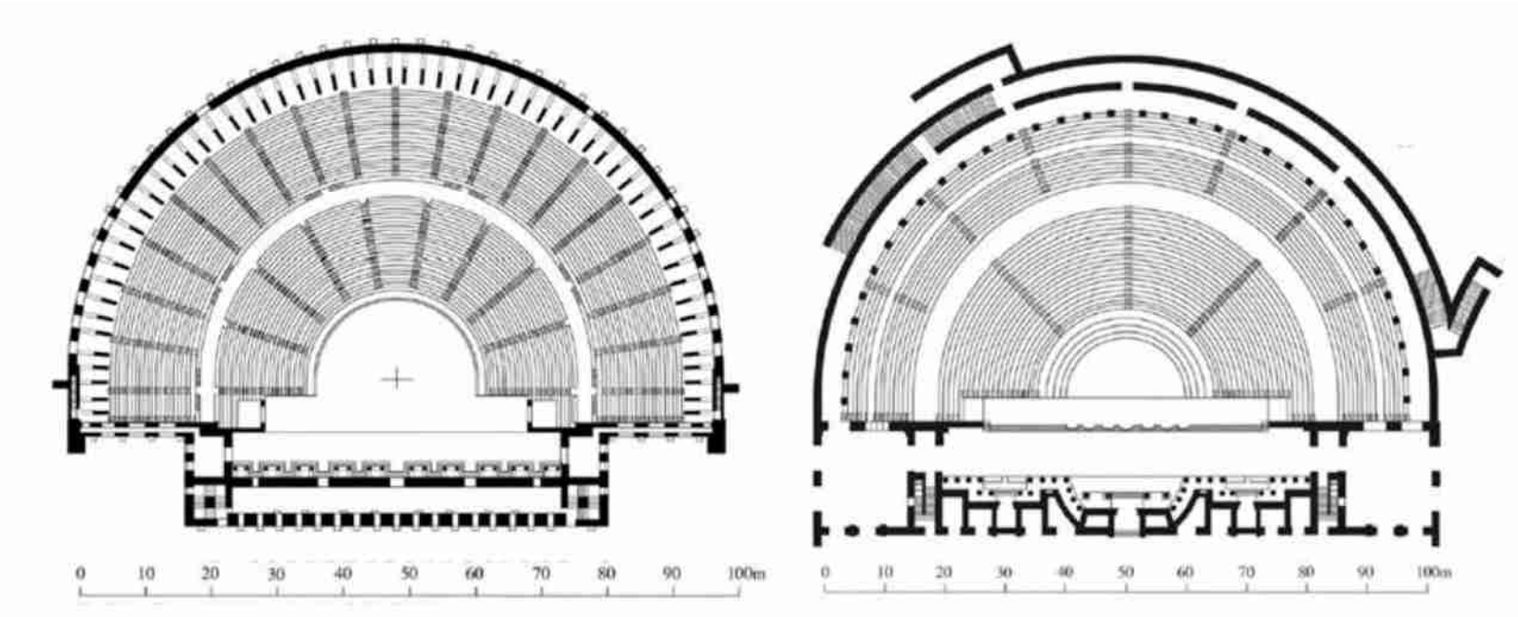


Fig. 12 - Plans of the two considered Roman Theatres. Aspendos (left) [24]; Orange (right) [4].

Figure 12 shows the plans of the Roman theatres at Aspendos (left) and Orange (right). The diameter of the cavea of Aspendos is 95.48 m with a seating capacity of 7650 while for the Orange it is 103.63 m with a seating capacity of 7300 [4]. The dimensions and capacity concerning the pair of Roman theatres, compared with the data in Table 1, suggest some difficulty of feeding all the audience in an amphitheatre with adequate natural sound. Unfortunately, the objective acoustics, evaluated with acoustic measurements and computer simulations, are reported in the available literature only for the theatre at Aspendos. The results in terms of acoustic parameters for the sound quality defined in the document ISO 3382 [25] seem to confirm enough the suitability of the venue for the shows held therein [26]. As anticipated previously, when the whole arena of an amphitheatre is not used for shows like parades and bullfights, a stage platform is mounted and spectators are arranged mostly on bleachers of the cavea and in part on the ground of the arena. The demand of suitable acoustics is critical for opera and orchestral music. However, there are some doubts that the natural acoustics can fulfil the needed requirements of sound quality. A first inadequacy may be the loudness perceived at each listener location. Listeners nearer to the stage are favored. Alike in large Roman theatres, the decay of the sound level vs. the distance from the sound source on the stage may follow nearly the free field law at mid frequencies (- 6 dB for each doubling of the distance from the sound source) with a shift toward a lower attenuation of about 2-3 dB. A good signal to noise ratio (S/N) associated with the local attenuation is of paramount importance. Actually, this depends on specific circumstances. An instrumental pianissimo, like the one of the 1st violin in the opening bars of the prelude of Aida, may be masked by local noise and even by the unavoidable noise of the audience. A tutti fortissimo passage may be heard everywhere in the venue, however the lack of the sensation of reverberance determines a poor experience for the listeners who use to attend concert halls and opera theatres. The sound is perceived too dry both by the audience and by the musicians, The latter may have difficulties of intonation and ensemble. Conversely, when the performance is audible, the clarity, although excessive with respect to accepted criteria, would not be the main problem in amphitheatres. Concerts of pop, rock and jazz music are amplified with electroacoustic systems in all the five amphitheatres considered in this paper. The performers are used to play in open air stadiums, squares, streets, so they need the equipments to which they are accustomed including also the desired non acoustic effects (e.g. light and smoke plays and giant screen projections). What appears a little surprising is the fact that in the same amphitheatres opera singers and classic orchestras are supported by artificial amplification to overcome the intrinsic deficiency of loudness. This happens also in some ancient open air theatres like e.g. Epidaurus, Taormina and Segesta [27]. Recently, Verona Arena has been endowed with a special electroacoustic system which - unnoticed explicitly - provides also ambience to the benefit of audience and performers during opera seasons [28]. So the locutions “marvellous acoustics, perfect acoustics...you can hear even the fall of a pin ” attributed often by laypersons to some ancient theatres and amphitheatres becomes a mere chimera. Probably, these opinions stem from hearsay influenced also by the old myth that ancient builders were holders of a special scientific wisdom [29]. However, experts and music critics pinpoint acoustic deficiencies especially for opera performance.

Only one paper concerning with the quantitative acoustics of amphitheatres dedicated to modern shows, specifically the Verona Arena considered herein, was found in the open literature [30]. The authors report extensive results of acoustic measurements, both in the unoccupied amphitheatre and occupied condition with a lesser number of receiver locations. The main aim of the research was the analysis and the suggestion of remedial measures to improve the listening of the balance of the various instrumental sections in the orchestra pit (violins, brasses, percussions...). To the knowledge of the author, among a number of suggestions, the one that was really implemented substantially consisted in the shortening of the transversal length of the orchestra pit, the enlargement of the longitudinal dimension and the change of its depth from the initial 0.28 m to 0.70 m keeping constant the total floor area. This operation reduced the complains aroused since decades before. The paper [30] describes focusing and anomalies of sound distribution in the huge amphitheatre in the unoccupied condition. Echoes were heard at various listener areas. However, it is reported that these acoustic drawbacks might be mitigated somewhat by the full occupation of the amphitheatre. Obviously, the sound absorption of a full audience increases the lack of useful reflected sound. Furthermore, negative opinions about the use of Verona Arena for opera performance expressed by third competent parties are cited.

Although not used today for public shows continuously, except a charity concert of Paul Mc Cartney for 400 selected spectators in 2003 [31] and sporadic ceremonies, it is worth to report that a study and acoustic measurements were carried out also for the Coliseum in Rome, the largest amphitheatre famous worldwide [32,33]. The authors used an acoustic camera (a beam forming spherical array with 120 microphones) to obtain values of the reverberation time, mostly in the octave bands at 500 and 1000 Hz, and other acoustical features of the amphitheatre as well.

These measurements were carried out in the actual state of the Coliseum, in particular with an extended lack of the wooden planks of the arena. They were removed more than a century ago on the occasion of excavations to unearth the underlying tunnels. Recently the Coliseum in its state has received a maintenance with the aid of private funds and the Italian Ministry of Culture is planning to restore the arena and other subterranean parts in order to increase income for upkeep of the monument. A forwarded idea is also the performance of selected public shows like plays and classical music concerts [e.g. 34]. In the light of the previous discussions, acoustical difficulties can be foreseen also for the natural acoustics of the hugest amphitheatre in the world.

Conclusion

Five amphitheatres were selected because they host public modern shows regularly during summertime. After a brief description of the monuments and the typical offer of shows of each one, qualitative considerations about their possible acoustics have been dealt with. For the sake of the analysis, reference was made to two large Roman theatres which are in a good state of conservation. The latter venues offer seasonal cycles of shows and are accredited for their good acoustics. The structural difference between a Roman unroofed theatre and a Roman amphitheatre, both in a good state of conservation, is responsible of a lack of useful reflected sound which is worse in the amphitheatre. The different dimensions, at least for the cases considered in this paper, determine an insufficient sense of reverberation and perceived loudness. Musical events like opera and classical music would need specific acoustic conditions that are far to be fulfilled by the natural acoustics of the considered amphitheatres. The insufficient loudness is compensated with the support of suitable electroacoustic systems. It was a little surprise to ascertain that, besides the considered amphitheatres, also well known unroofed Greek and Roman theatres are endowed with artificial amplification, e.g. for drama, comedies, and music performed with unamplified instruments. The perfect natural acoustics alleged by many laypersons remains a diehard myth.

However, one must conclude that the acoustics for golden ears can lose its importance when spectators live a unique global experience in amphitheatres. An opera, a symphony under a starry sky in a quiet night, the being there conscious of togetherness, the beauty of the scenery evoke emotional involvements that downgrade the rank of the pure listening.

REFERENCES

[1] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Roman_amphitheatres, accessed on February 12, 2018.

[2] URL: https://it.wikipedia.org/wiki/Teatri_romani, accessed on February 17, 2018.

[3] URL: http://www.chicagonow.com/neighborland/2016/07/arles-in-southern-france-fetes-and-romans-and-photographie/, accessed January 20 2018.

[4] Frank Sear - Roman Theatres - An Architectural Study - Oxford Monographs on Classical Archaeology Oxford University Press Inc., New York 2006.

[5] Jean-Claude Golvin - L'amphithéâtre romain : essai sur la théorisation de sa forme et de ses fonctions - Paris : Diffusion de Boccard, 1988,

[6] URL: http://www.arenes-arles.com/, accessed on February 20, 2018.

[7] URL: http://www.jies-arles.com/2015/08/la-feria-du-riz-et-sa-corrida-goyesque-ont-ete-presentees-hier-soir.html, accessed on February 20, 2018.

[8] URL: https://fr.wikipedia.org/wiki/Ar%C3%A8nes_d%27Arles, accessed on February 20, 2018.

[9] URL: http://www.gipsykings.com/#gipsykings, accessed on February 20, 2018.

[10] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/El_Djem, accessed on February 20, 2018.

[11] URL: http://www.famous-historic-buildings.org.uk/tunisia_16.html, accessed on February 20, 2018.

[12] URL: https://fr.wikipedia.org/wiki/Festival_international_de_musique_symphonique_d%27El_Jem, accessed on February 20, 2018.

[13] URL: http://arenes-nimes.com/en/home, accessed on August 16, 2016.

[14] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Arena_of_N%C3%AEmes, accessed on August 16, 2016.

[15] URL: https://fr.wikipedia.org/wiki/Ar%C3%A8nes_de_N%C3%AEmes, accessed on August 16, 2016.

[16] URL:https://en.wikipedia.org/wiki/Pula_Arena, accessed on August 28, 2016.

[17] URL: https://fr.wikipedia.org/wiki/Amphith%C3%A9%C3%A2tre_de_Pula, accessed on August 28, 2016.

[18] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Pula_Film_Festival, accessed on August 28, 2016.

[19] URL: http://www.arena.it/arena/it, accessed on August 17, 2016.

[20] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Verona_Arena, accessed on August 17, 2016.

[21] URL: https://it.wikipedia.org/wiki/Arena_di_Verona, accessed on August 17, 2016.

[22] URL: 2.citynews-veronasera.stgy.ovh/~media/52139590801413/presentazione_milano-2.pdf, accessed on March 1, 2018.

[23] M. Lisa, J.H. Rindel, A.C. Gade, C.L. Christensen - Acoustical Computer Simulations of the Ancient Roman Theatres – Proc. Erato Project Symposium Audio Visual Conservation of the Architectural Spaces in Virtual Environment, 20 January 2006, Yildiz Technical University Istanbul, Turkey, pp. 20-26.

[24] URL: https://www.whitman.edu/theatre/theatretour/aspendos/images/large%20images/aspendos.plan.jpg, accessed on January 1, 2017.

[25] ISO 3382-1:2009(E) - Acoustics — Measurement of room acoustic parameters — Part 1: Performance spaces.

[26] A.C. Gade, M. Lisa, C.L. Christensen, J.H. Rindel - Roman Theatre Acoustics: Comparison of acoustic measurement and simulation results from the Aspendos Theatre, Turkey - Proceedings of the18th International Congress on Acoustics ICA 2004, 4-9 April 2004, Kyoto, Japan.

[27] Carlo Trabia - Greek Amphitheatre Acoustics – Best of Sicily Magazine (2007). URL: http://www.bestofsicily.com/mag/art233.htm accessed February 2, 2018.

[28] CONNESSIONI Magazine- OS-1 FOR THE ARENA DI VERONA: The system which is present but can't be heard – August/September 2013/Year 8th/n.16, pp. 32 – 40. URL: https://issuu.com/connessionidigital/docs/connessioni_16_20130809 accessed February 15, 2018.

[29] Carmine Ianniello - L'acustica degli auditori: arte, scienza o mito? I tempi dei teatri greci e romani - Atti del 1° Convegno Nazionale Storia dell'Ingegneria, tomo II pp. 811-820, Napoli 8-9 Marzo, 2006.

[30] Cognini M., Farina A., Pompoli R. – L'ACUSTICA DELL'ANFITEATRO ROMANO "ARENA DI VERONA" – Atti della Conferenza Internazionale Acoustics and recovery of spaces for music, CIARM93, Ferrara 27-28 Ottobre 1993.

[31] URL: http://www.corriere.it/Primo_Piano/Spettacoli/2003/05_Maggio/10/mccartney.shtml?refresh_ce-cp accessed April 2, 2018.

[32] Mojtaba Navvab, Fabio Bisegna, Gunnar Hilmann and Magdalena Böck - DYNAMIC VARIATIONS OF DIRECT AND REFLECTED SOUND PRESSURE LEVELS USING BEAMFORMING - BeBeC-2012-28, in Proceedings of the 4th Berlin Beam forming Conference, Berlin, February 22-23, 2012.

[33] Mojtaba Navvab, Fabio Bisegna and Franco Gugliermetti - CAPTURING ANCIENT THEATERS SOUND SIGNATURE USING BEAMFORMING - in Proceedings of ICSV23, The 23rd International Congress on Sound and Vibration, Athens, Greece, 10-14 July 2016.

[34] URL : www.latimes.com/.../la-fg-italy-colosseum-20141125-story.html accessed April 4 2018.

ANFITEATRI ROMANI ANTICHI UTILIZZATI PER SPETTACOLI MODERNI: ACUSTICA E PROBLEMI

Sommario

L'acustica degli anfiteatri romani antichi ha ricevuto poca attenzione nella letteratura scientifica nonostante che alcuni anfiteatri sono utilizzati oggi per spettacoli pubblici. Di questi spettacoli diversi tipi richiedono una qualità del suono più adeguata, sia per il pubblico sia per gli artisti. L'acustica naturale di questi monumenti non è adatta a sufficienza per la prosa, per la musica classica e sinfonica, nonché per l'opera lirica. In questo articolo sono considerati cinque anfiteatri romani in cui sono offerti al pubblico spettacoli dei tipi appena menzionati con una certa regolarità stagionale. Dopo una breve descrizione degli anfiteatri e degli spettacoli offerti al pubblico in ciascuno dei cinque, è riportata un'analisi qualitativa delle loro carenze acustiche. Non è apparso sorprendente l'uso di supporti elettroacustici più o meno sofisticati per fronteggiare le carenze acustiche nei casi degli spettacoli prima accennati. Il suono della caduta di uno spillo udibile per tutto l'uditorio rimane un mito popolare tenace. E' sottolineata brevemente la natura sociale e culturale della partecipazione degli spettatori a diversi eventi.

Parole chiave: *Anfiteatri romani antichi | Spettacoli moderni negli anfiteatri romani | Problemi di acustica | Teatri Romani antichi | Eredità dell'architettura romana*

Introduzione

Gli anfiteatri e i teatri romani costituiscono una ricca eredità culturale distribuita principalmente nei paesi che circondano il mare Mediterraneo. Furono costruiti per la maggior parte durante il dominio dell' Impero Romano (27 BC ≈ 395 DC). A oggi sono stati rinvenuti i resti di almeno 230 anfiteatri romani [1], mentre il numero stimato di teatri romani noti è pari a circa 343 [2]. Il loro stato di conservazione è vario: alcuni sono in buono stato altri sono resti scarsi di pietre ordinate che testimoniano solamente la loro presenza nel passato. Durante le ultime decadi gli acustici

hanno dedicato poca attenzione agli anfiteatri romani. A parte interessi analoghi di natura storica ed archeologica, un'attenzione maggiore è stata rivolta ai teatri romani, in particolare quelli privi di copertura strutturale. Gli scopi dello studio di questi monumenti hanno riguardato l'approfondimento delle loro caratteristiche, il loro uso, la loro valorizzazione, la loro conservazione ed anche la loro acustica. Di fatto, diversi teatri romani privi di copertura strutturale che sono in uno stato di conservazione relativamente buono sono utilizzati usualmente per manifestazioni pubbliche. Nella letteratura specifica è riportato che l'acustica naturale di alcuni teatri è adatta per la rappresentazione teatrale e musicale (solisti, piccolo gruppi, orchestre sinfoniche e opera lirica). Anche alcuni anfiteatri romani in uno stato di conservazione abbastanza buono sono utilizzati per eventi pubblici più o meno regolarmente.
Un primo intento di questo articolo è quello di evidenziare le differenze dell'acustica naturale degli anfiteatri romani rispetto a quella dei teatri romani concepiti privi di copertura strutturale, in ogni caso in un buono stato di conservazione. Sebbene costruiti all'epoca per spettacoli pubblici, il tipo di costruzione e le dimensioni erano differenti. Talvolta gli anfiteatri erano costruiti nelle prossimità dei teatri e nella maggior parte dei casi gli anfiteatri avevano dimensioni maggiori di quelle dei teatri. Un esempio a riguardo è riscontrabile nella Figura 1 che mostra un modello della città di Arles (Sud della Francia) [3].
Sebbene con differenze specifiche dipendenti dalla loro epoca di costruzione e dalla loro collocazione geografica, le parti principali dei teatri romani privi di copertura strutturale sono una distribuzione di gradinate di pietra semicircolari (cavea), un'area piana al suolo semicircolare - concentrica - in prosecuzione della fila di gradoni più bassa (orchestra) e un palcoscenico davanti a un edificio con una facciata molto articolata (scaenae frons). Una descrizione piuttosto estesa dell'architettura dei teatri romani è riportata nel riferimento [4].
Analogamente, esistono differenze specifiche tra gli anfiteatri romani. Le parti principali sono l'arena ellittica o ovale al livello del suolo e le gradinate che circondano completamente l'arena (cavea).
Una descrizione piuttosto estesa dell'architettura degli anfiteatri romani è riportata nel riferimento [5].

Anfiteatri che ospitano spettacoli moderni
Una approfondita ricerca in rete (www) degli anfiteatri romani in cui sono svolti spettacoli moderni di vario tipo offerti al pubblico con una certa continuità stagionale, ha portato alla scelta conclusiva dell' Arena di Arles, dell'Arena di El Djem, dell'Arena di Nîmes, dell'Arena di Pola e dell' Arena di Verona.

Arena di Arles (Arles, Francia) [6, 7, 8]
Questa arena è un anfiteatro romano situato ad Arles, una città del Sud della Francia. Fu costruito intorno al 90 DC. Dopo la caduta dell' Impero Romano, Arles subì le invasioni dei Visigoti, di altri Barbari e dei Saraceni dal quinto al nono secolo DC. Durante il medioevo l'anfiteatro fu circondato di mura di difesa ed un certo numero di case furono costruite all'interno. Delle quattro torri di avvistamento originali inserite nelle mura ne rimangono solo tre in piedi. Tra il 1826 e il 1830 le case furono demolite e tutto fu ripulito per restituire al monumento la sua funzione di anfiteatro. Una prima corrida fu offerta al pubblico nel 1830 e questo tipo di spettacolo è tuttora il cavallo di battaglia nell'anfiteatro di Arles. La Figura 2 mostra una vista dall'esterno (a sinistra) ed una vista dall'interno (a destra) dell' Arena di Arles.
Nell'arena sono organizzati festival periodicamente (Ferias). Sono incentrati principalmente sui toreri e sulle lotte con i tori nonché su spettacoli con tori e cavalli. Tra gli altri, un evento importante è la Feria du riz (Festival del riso) con la corrida Goyesca oggi divenuta tradizionale. Sono presentate tre forme di arte contemporaneamente: corride, pittura e musica. Goyesca si riferisce al fatto che i toreri e le dame indossano abiti che si ispirano a quelli dipinti dal famoso pittore spagnolo Francisco Goya. Arles è una città musicale, tuttavia oggi gli eventi musicali sono tenuti nell'arena più raramente. Sono ospitati in quello che resta del teatro romano antico di Arles, per strada, in chiese ed altri posti. Nel passato diverse opere liriche sono state rappresentate nell'anfiteatro Episodicamente sono offerti al pubblico concerti pop e rock. La Figura 3 (a sinistra) mostra una corrida con cantanti e strumentisti. Normalmente eseguono pezzi della Carmen di Bizet ed altri pezzi di gusto spagnolo. La parte destra della Figura 3 mostra l'allestimento dell'arena per un concerto dei Gipsy Kings, un famoso gruppo di flamenco pop che iniziò la carriera proprio nella città di Arles più di 25 anni fa [9]. Inoltre, nell'arena sono offerti spettacoli con simulazioni di combattimenti di gladiatori.

Arena di El Djem (El Djem, Tunisia) [10,11,12]
Questa grande arena è un anfiteatro romano situato a El Djem (Tunisia), una città di origine punica o, forse, berbera, nota ai tempi dei romani con la denominazione Thysdrus. La data di costruzione dell'anfiteatro è incerta. Non si sa bene se fu completato dopo la morte di Gordiano I che promosse probabilmente la sua costruzione tra il 230 e 238 DC. Comunque, era usato nel suo stato originale principalmente per i combattimenti dei gladiatori e per le corse dei carri. Il monumento è rimasto pressoché intatto fino al diciassettesimo secolo quando molte pietre furono asportate per costruire edifici nel vicino villaggio di El Djem e utilizzate anche per la Grande Moschea di Kairouan. Di fatto, un danno grave dell'anfiteatro era stato causato nel 1695 dalle cannonate di truppe ottomane per cacciare ribelli dall'anfiteatro usato da qesti come fortezza. Oggi, una manutenzione continua preserva l'integrità del monumento. La Figura 4 mostra due viste dell'Arena di El Djem nello stato attuale, dall'esterno (a sinistra) e dall'interno (a destra).
Oltre le visite dei turisti nell'anfiteatro romano di El Djem, sono offerti al pubblico concerti sinfonici. A partire dal 1985 ogni estate si tiene il "Festival international de musique symphonique d'El Djem". Diverse orchestre nazionali ed internazionali hanno partecipato al festival, per esempio: l'orchestra sinfonica nazionale algerina, l'orchestra filarmonica d Roma, l'orchestra sinfonica tunisina, l'orchestra sinfonica gitana di Budapest e l'orchestra sinfonica di Roma. La Figura 5 mostra due immagini della sistemazione del palcoscenico e del pubblico nelle occasioni dei concerti sinfonici nell'anfiteatro.

Arena di Nîmes (Nîmes, Francia) [13, 14, 15]
Questo anfiteatro romano, situato non lontano da Arles, fu costruito alla fine del primo secolo DC. Dopo la caduta dell'Impero Romano l'arena fu afflitta da molte vicende negative. Il dominio dei Visigoti, dei Musulmani, dei Franchi e di altri che con le loro guerre e con i loro conflitti causarono la trasformazione dell'anfiteatro in una fortezza per la protezione della popolazione indifesa. Nel tredicesimo secolo, dopo che la regione fu incorporata nella Francia, l'arena divenne una comunità chiusa di circa 700 persone che vivevano in case costruite all'interno del monumento. Nel 1809 gli edifici all'interno furono demoliti per restituire al monumento lo stato precedente alla loro inserzione. Solamente nel 1863 questo anfiteatro fu restaurato quasi come appare oggi. La Figura 6 mostra due viste dell' Arena di Nîmes, una vista dall'esterno (a sinistra) e una vista dall'interno (a destra).
Quando le demolizioni delle costruzioni all'interno del monumento furono completate, la gente cominciò ad assistere ad attività svolte nell'arena, per esempio una prima corrida (1813), corse dei carri (1840), gare di ginnastica (1850), marchiatura dei tori (1852), lottatori (1853), corrida spagnola (1853), Carmen di Bizet con corrida (1901), la tragedia "Edipo Re" di Sofocle (1903), La tragedia di A. Ferdinand Herold "Le jeune dieu" con una imponente scenografia (1911). Successivamente, durante il ventesimo secolo fino a oggi, gli eventi nell' Arena di Nîmes sono stati intensificati ed alcuni sono stati organizzati come festival periodici (Ferias). L'arena ospita due corride annuali durante la Feria di Pentecoste (iniziò nel 1952) nonché durante la Feria della Vendemmia. Inoltre,sono offerte le rappresentazioni dei "Grandi Giochi Romani" che imitano eventi che si tenevano negli anfiteatri romani antichi. Durante la stagione estiva i responsabili del Festival di Nîmes, per la parte riguardante l'arena, organizzano concerti musicali di genere vario, rappresentazioni teatrali di prosa e balletto. L'opera lirica è offerta al pubblico oggi come nel passato; per esempio l'Aida, la Turandot, il Nabucco ed altre opere. Per tradizione, ogni anno è rappresentata una versione diversa della Carmen di Bizet.
Dal 1976 al 1988 l'anfiteatro ha ospitato un festival di jazz (Nîmes International Jazz Festival) con la partecipazione di musicisti leggendari come Miles Davis, Charlie Mingus, Dizzy Gillespie, Michel Petrucciani, Sonny Rollins ed altri. Durante il Festival of Nimes sono stati e sono organizzati nell'arena anche concerti pop e rock. Artisti come Elton John, Phil Collins, Sting, Johnny Hallyday e molti altri si sono esibiti nell'anfiteatro. La Figura 7 mostra per esempio due differenti allestimenti nell'arena. A sinistra è per un'opera lirica (Turandot di Puccini) mentre a destra si riferisce a un concerto pop/rock (Elton John).
Vale la pena riportare che tra la fine degli anni '80 e l'inizio degli anni '2000 l'arena fu coperta con un sistema translucido costituito da una struttura gonfiabile di forma lenticolare, retrattile quando non in uso. Questo sistema permetteva di svolgere attività sportive al chiuso.

Arena di Pola (Pola, Croazia) [16, 17, 18]
Questa arena è un anfiteatro romano che si trova a Pola, una città situata all'estremo sud della penisola istriana (al nord del mare Adriatico). Il completamento della costruzione è datato intorno all'81 DC sotto l'imperatore romano Tito. Quando i combattimenti dei gladiatori ed altre attività caratterizzate da una grande crudeltà furono proibite (intorno al quinto secolo), l'arena fu praticamente abbandonata e la popolazione locale cominciò a saccheggiare le pietre del monumento. Questa attività fu fermata nel tredicesimo secolo. Dopo la caduta dell'Impero Romano la città di Pola soffrì vicende travagliate a causa delle dominazioni che si erano susseguite nel tempo: comunque, ciò che è importante per il monumento è che il generale Auguste de Marmont, nella sua qualità di governatore francese delle Province Illiriche, iniziò il recupero dell'arena. Questa operazione fu continuata nel 1816 dall'architetto ticinese Pietro Nobile agli ordini dell'imperatore Francesco I d'Austria, Nel 1932 l'arena fu adattata per produzioni teatrali, cerimonie militari e convegni pubblici. La Figura 8 mostra una vista dall'esterno (a sinistra) ed una vista dall'interno (a destra) dell'Arena di Pola nello stato attuale.
La vista dall'esterno nella Figura 8 attiene al lato dell'arena che guarda verso il mare Adriatico. Si notano tre piani mentre la parte opposta presenta solamente due piani in quanto l'anfiteatro fu costruito su un pendio naturale.
In tempi recenti importanti cantanti d'opera si sono esibiti con accompagnamento orchestrale nell'arena. Per citarne alcuni: Luciano Pavarotti, Placido Domingo, Josè Carreras. Anche concerti pop/rock di artisti internazionali si sono tenuti nell' Arena di Pola, per esempio: Elton John, Tom Jones, Sting, David

Gilmour, Zucchero, Paco De Lucia, Joe Cocker e molti altri.
Ogni estate l'Arena di Pola è il sito preferito per proiezioni cinematografiche pubbliche. Un festival noto come "Film Festival di Pola" è organizzato nell'anfiteatro sin dal 1954. Tradizionalmente, l'industria croata del cinema conferisce premi ad attori, registi, etc. nell'occasione di questo festival ispirandosi a quanto è fatto negli Stati Uniti d'America dalla "U.S.A. Academy of Motion Picture Arts and Sciences" (Oscars).
Il 14 e 16, Settembre 2012 nell'Arena di Pola si svolsero partite di un campionato di hockey sul ghiaccio. Questi eventi sportivi richiesero l'installazione di un campo di gioco ghiacciato speciale per esterni.
La Figura 9 mostra due allestimenti differenti dell'Arena di Pola. La parte a sinistra si riferisce ad un cantante d'opera con l'accompagnamento orchestrale (Luciano Pavarotti) mentre la parte destra si riferisce alle proiezioni cinematografiche durante un "Film Festival di Pola".

Arena di Verona (Verona, Italia) [19, 20, 21]
Con qualche controversia, l'anno di costruzione accettato per questo anfiteatro romano è il 30 DC. L' Arena nello stato attuale è quello che rimane a valle di numerosi eventi negativi per il monumento. Non solo per la rimozione continua di materiali ma anche per altri eventi, come terremoti (uno colpì Verona nel dodicesimo secolo) e alluvioni, che lasciarono tracce indelebili sul monumento. Della parte esterna sono rimaste in piedi solamente quattro arcate (denominate Ala). Tra gli altri anfiteatri romani quello di Verona offre una produzione di spettacoli pubblici ricca ed intensa. Il fiore all'occhiello dell'Arena è la rappresentazione dell'opera lirica sin dal 1913. Infatti, la tradizione è iniziata il 10 Agosto 1913 quando fu allestita l'Aida di Giuseppe Verdi per celebrare il centenario della nascita del famoso compositore. Fatta eccezione per i periodi della prima e della seconda guerra mondiale, un festival dell'opera è stato organizzato senza interruzioni con almeno quattro differenti produzioni all'anno durante l'estate. La Figura 10 mostra una vista dall'esterno (a sinistra) e una vista dall'interno (a destra) dell'Arena di Verona. La fossa orchestrale viene aperta per la rappresentazione dell'opera lirica, altrimenti sul suo piano di chiusura sono disposti sedili per gli spettatori.
In tempi più recenti l'Arena ha ospitato diversi concerti di artisti internazionali di musica pop e rock, per esempio: Pink Floyd, Rod Stewart, Sting, Paul McCartney e molti altri. Il Jazz e il balletto sono state ulteriori manifestazioni offerte al pubblico nell'Arena, per esempio il pianista jazz Keith Jarrett ed il famoso ballerino Roberto Bolle. Sul palcoscenico dell'Arena hanno suonato anche grandi orchestra sinfoniche con coro. Per esempio il maestro Ennio Morricone, ben noto compositore di colonne sonore cinematografiche e direttore di orchestra. La Figura 11 mostra due esempi di allestimento dell'arena. Il lato sinistro si riferisce ad un allestimento per l'opera (Aida di Giuseppe Verdi) mentre il lato destro si riferisce ad un concerto pop/rock (Paul Mc Cartney).
Nel Marzo 2016 il Comune di Verona emise un bando internazionale per un concorso di idee sulla realizzazione di una copertura mobile dell'arena. Lo scopo principale dichiarato nel bando per la copertura apribile era la protezione del monumento dalla pioggia, anche durante le manifestazioni pubbliche. Prima della data di scadenza della gara nei mezzi di comunicazione sono stati pubblicizzati molti dibattiti accesi di persone competenti, sia a favore sia contro la copertura. La gara si è chiusa nel Gennaio 2017, ma a oggi il progetto vincitore e ancora in attesa della sua realizzazione [22].

L'acustica degli anfiteatri e problemi nel loro uso moderno
Il breve resoconto sull'uso moderno dei cinque anfiteatri riportato sopra evidenzia un'ampia varietà di manifestazioni offerte al pubblico. Non è facile comprendere se la loro acustica naturale ha un ruolo importante nella fruizione corretta di ciascun tipo di manifestazione di oggi. Nei tempi antichi i suoni trasmessi dall'arena alla cavea erano i clangori delle lame e degli scudi, gli urli durante le lotte dei gladiatori, ruggiti e ringhi di tigri e leoni, emissioni sonore di altri animali esotici, pianti e invocazioni durate l'esecuzione crudele di criminali, il rumore dei carri durante le gare dei carri da guerra. Accanto a questi sono da ricordare anche gli interventi rumorosi di migliaia di spettatori che affollavano la cavea. Ovviamente, la qualità del suono simile a quella per i teatri antichi romani non era affatto di interesse per i costruttori anche se intermezzi musicali eseguiti nell'arena potevano intrattenere gli spettatori durante cerimonie, cambi di programma e pause per il pasto dei gladiatori. In generale l'acustica naturale di un anfiteatro è carente di energia sonora riflessa utile. Sulla base dei risultati della ricerca scientifica sui teatri romani all'aperto, privi di copertura strutturale, risulta che un anfiteatro in un buono stato di conservazione, paragonato a un teatro romano, pur esso in un buono stato di conservazione, manca di componenti strutturali importanti che sono responsabili di energia sonora riflessa utile [23]. Il grande edificio del palcoscenico (scaenae frons) di un teatro romano, il grande pannello aggettante sul palcoscenico, l'orchestra semicircolare a livello del suolo, il colonnato a volte dietro i gradoni più alti della cavea sono normalmente assenti in un anfiteatro. Inoltre, fatta eccezione per quegli spettacoli moderni che richiedono l'uso di tutta l'arena, gli artisti sono collocati più spesso su un palco, costruito per lo scopo specifico, montato verso un'estremità più stretta dell'arena ovale/ellittica. Una sorgente non direttiva posta al centro del palcoscenico di un teatro romano produce quasi lo stesso livello del suono diretto per ciascun ordine di sedili nella cavea. La stessa sorgente posta in una posizione analoga sul palcoscenico di un anfiteatro romano produce una distribuzione del livello del suono diretto più irregolare a causa della distribuzione ellittica/ovale dei posti a sedere sulle gradonate. Ciò che fa la differenza più importante sono le dimensioni maggiori di un anfiteatro rispetto a un teatro romano usato per manifestazioni pubbliche. La tabella 1 riporta le dimensioni principali e la capacità degli anfiteatri qui considerati secondo Golvin [5].
Per le dimensioni "Overall", il primo numero si riferisce alla lunghezza dell'asse maggiore di tutta la cavea ovale/ellittica (estensione longitudinale) e il secondo numero corrisponde al suo asse minore (estensione trasversale). Il significato è analogo per la coppia di numeri della sola Arena. La quantità "Seating capacity" è il numero massimo di spettatori seduti.
Teatri romani tipici dove sono organizzati spettacoli pubblici, comprendenti la musica classica e l'opera lirica sono per esempio: il teatro romano a Aspendos (Belkis, Turchia) e il teatro romano a Orange (Dipartimento di. Vaucluse, Francia). Questi due teatri sono in un uno stato di conservazione molto buono e possono essere classificati come grandi. Ambedue sono lodati per la loro acustica. La Figura 12 mostra le piante dei teatri romani ad Aspendos (a sinistra [24]) e a Orange (a destra [4]). Il diametro della cavea di quello di Aspendos è 95,48 m con una capacità di posti a sedere di 7650 mentre quello di Orange è 103,63 m con una capacità di posti a sedere di 7300 [4].
Le dimensioni e la capacità dei due teatri romani paragonate con i dati nella Tabella 1 suggeriscono qualche difficoltà circa la possibilità che il suono naturale raggiunga correttamente tutti i posti in un anfiteatro. Sfortunatamente, le proprietà acustiche oggettive, valutate in base a misure acustiche e simulazioni al calcolatore, sono riportate nella letteratura disponibile solo per il teatro di Aspendos. I risultati in termini di parametri acustici per la qualità del suono definiti nel documento ISO 3382 [25] confermano a sufficienza l'idoneità del sito per gli spettacoli che vi si tengono [26]. Come anticipato prima, quando l'intera arena di un anfiteatro non è utilizzata per manifestazioni come parate e corride, viene montato un palcoscenico e la maggior parte degli spettatori è seduta sulla parte delle gradinate della cavea da cui è possibile osservare la scena. Ulteriore pubblico è collocato sul piano dell'arena. I requisiti acustici sono particolarmente importanti per l'opera lirica e la musica orchestrale, tuttavia è lecito il dubbio se l'acustica naturale sia soddisfacente per la qualità del suono in questi casi critici. Una prima carenza può essere l'intensità percepita in ciascun posto degli ascoltatori: quelli più vicini al palcoscenico sono più favoriti. In analogia con ciò che accade nei teatri romani di grandi dimensioni, la diminuzione del livello sonoro alle frequenze medie all'aumentare della distanza dalla sorgente sul palcoscenico può avvenire - in media - come nello spazio libero (- 6 dB al raddoppio della distanza) con una traslazione di 2-3 dB nel verso dell'amplificazione. Un buon rapporto segnale/rumore (S/N) associato con l'attenuazione locale per la distanza è di importanza capitale. In effetti, questo dipende da circostanze specifiche. Un pianissimo strumentale, come quello del primo violino che esegue le battute iniziali del preludio dell'Aida, può essere mascherato dal rumore locale e perfino dal rumore inevitabile degli spettatori, anche se questo è di livello minimo. Un passaggio tutti fortissimo può essere sentito ovunque nell'anfiteatro, tuttavia la mancanza del senso generale della riverberazione causa un'esperienza uditiva povera per gli ascoltatori che usano frequentare sale da concerto e teatri d'opera. Il suono è percepito troppo "asciutto" sia dagli ascoltatori sia dai musicisti. Questi ultimi possono soffrire di difficoltà di intonazione e di insieme.
D'altro canto, quando l'esecuzione musicale è ben udibile, la chiarezza, sebbene eccessiva secondo criteri accettati, non è il problema principale negli anfiteatri. I concerti di musica pop, rock e jazz sono amplificati con sistemi elettroacustici in tutti i cinque anfiteatri considerati in questo articolo. I musicisti sono abituati a suonare in stadi all'aperto, piazze e strade per cui hanno bisogno degli equipaggiamenti per loro usuali, compresi giochi di luci, fumi e grandi schermi di proiezione.
Ciò che può apparire appena sorprendente è il fatto che negli stessi anfiteatri i cantanti d'opera e le orchestre classiche sono supportate da amplificazioni elettroacustiche per fronteggiare la carenza intrinseca di intensità percepita. Questo accade anche in alcuni teatri antichi all'aperto come, ad esempio, i teatri di Epidauro, Taormina e Segesta [27].
Recentemente, l'Arena di Verona è stata dotata di un sistema elettroacustico speciale che - non notato esplicitamente dal pubblico - genera campi sonori supplementari che arricchiscono il campo sonoro naturale a beneficio del pubblico e degli artisti durante i concerti di opera lirica stagionali [28].
Quanto descritto sopra contraddice le affermazioni "acustica meravigliosa, acustica perfetta...si sente ovunque perfino la caduta di uno spillo" espresse spesso da profani riferendosi a diversi teatri ed anfiteatri antichi. Probabilmente queste opinioni sono nate da un "sentito dire" influenzato anche dal vecchio mito che i costruttori dell'antichità erano depositari di una sapienza scientifica speciale [29]. Nondimeno, esperti e critici musicali sottolineano deficienze acustiche, in particolare per la rappresentazione dell'opera lirica.
Nella letteratura disponibile è stato rinvenuto un solo articolo attinente all'acustica oggettiva di anfiteatri

dedicati a spettacoli moderni, specificamente per l'Arena di Verona considerata in questo lavoro [30]. Gli autori riportano i risultati di numerose misure acustiche, sia nell'anfiteatro non occupato sia con l'occupazione del pubblico ma con un numero minore di posizioni di ricezione. Lo scopo principale della ricerca era l'analisi ed il suggerimento di mezzi per migliorare l'ascolto dell'equilibrio delle varie sezioni strumentali nella fossa orchestrale (violini, ottoni, percussioni,...). Per quanto è noto allo scrivente, accanto ad un certo numero di suggerimenti, il più importante che fu realizzato effettivamente consisté nell'accorciamento della lunghezza trasversale della fossa orchestrale, l'allargamento della dimensione longitudinale ed il cambiamento della sua profondità dal valore iniziale di 0,28 m a quello finale di 0,70 m mantenendo costante l'area totale in pianta. Queste operazioni ridussero in un certo grado le lamentele nate già qualche decina di anni prima. Gli stessi autori descrivono nel loro articolo focalizzazioni ed anomalie della distribuzione del suono nell'anfiteatro senza occupazione del pubblico. Effetti di eco erano udibili in varie aree di posti a sedere. Comunque, riportano che questi inconvenienti acustici possono essere mitigati dalla piena occupazione del pubblico. Ovviamente, l'assorbimento acustico di un uditorio al completo fa aumentare la mancanza di suono riflesso utile. Infine, gli autori citano opinioni negative circa l'uso dell'Arena di Verona per l'esecuzione dell'opera lirica espresse da terze parti competenti in materia. Sebbene non utilizzato oggi con continuità per spettacoli pubblici, fatta eccezione per un concerto per beneficenza di Paul Mc Cartney riservato a 400 spettatori nel 2003 [31], nonché qualche cerimonia sporadica, è opportuno citare uno studio, anche con misure acustiche, che è stato effettuato sul Colosseo di Roma, il famoso anfiteatro più grande al mondo [32,33]. Gli autori dello studio utilizzarono una camera acustica costituita dalla disposizione di 120 microfoni distribuiti su una superficie sferica che permetteva di controllare la direttività di questo sensore acustico (Beam forming). Furono stimati I tempi di riverberazione principalmente nelle bande ottave a 500 e 1000 Hz ed altre proprietà acustiche del monumento. Le misure furono effettuate nello stato attuale del Colosseo. In particolare, con un'area estesa dell'arena senza il tavolame di legno rimosso più di un secolo addietro per portare alla luce le gallerie sottostanti.
Recentemente, il Colosseo è stato sottoposto ad una manutenzione con fondi privati ed il Ministero della Cultura sta programmando di restaurare l'arena ed altre parti sotterranee nello scopo di aumentare gli introiti da destinare alla manutenzione del monumento. Un atro progetto previsto è la rappresentazione di manifestazioni pubbliche selezionate come teatro e concerti di musica orchestrale classica (per esempio [34]). Alla luce delle discussioni precedenti è possibile ipotizzare difficoltà di ascolto degli spettatori con la sola acustica naturale del più grande anfiteatro al mondo.

Conclusione

In base ad una ricerca accurata in rete (www) sono stati rinvenuti cinque anfiteatri che ospitano spettacoli pubblici moderni regolarmente durante la stagione estiva. Dopo una breve descrizione dei monumenti e l'offerta tipica di spettacoli pubblici di ciascuno di essi, è riportata una discussione ragionata sulla loro acustica; di fatto quasi niente è stato pubblicato nella letteratura scientifica a riguardo. Per l'analisi è stato utile il riferimento alla copiosa letteratura scientifica disponibile sull'acustica dei teatri romani all'aperto privi di copertura strutturale. Sono stati considerati, in particolare due teatri romani che sono in un buono stato di conservazione. In questi due siti sono offerti cicli stagionali di spettacoli e sono accreditati per la loro buona acustica. E' evidenziato che la differenza strutturale tra un teatro romano ed un anfiteatro romano, ambedue in uno stato di conservazione buono, è responsabile di una carenza di suono riflesso utile che è peggiore nell'anfiteatro. La differenza di dimensioni, almeno per i casi considerati in questo articolo, determina un senso della riverberazione e dell'intensità percepita insufficienti. Eventi musicali come l'opera lirica e la musica classica necessitano di condizioni acustiche specifiche che sono distanti dall'acustica naturale degli anfiteatri considerati. L'insufficienza di intensità percepita è compensata con l'uso di sistemi di amplificazione elettroacustici opportuni. Non c'è da meravigliarsi se si è riscontrato che, oltre gli anfiteatri considerati, anche ben noti teatri greci e romani, concepiti privi di copertura strutturale, sono dotati di sistemi di amplificazione elettroacustica, anche nei casi della rappresentazione di tragedie, commedie e musica eseguita con strumenti non amplificati specificamente. L'acustica naturale perfetta presunta da molti non esperti rimane un mito difficile da sradicare.
Comunque, è lecito concludere che l'acustica per le "orecchie d'oro" può perdere la sua importanza quando gli spettatori vivono un'esperienza globale unica in un anfiteatro. Un'opera, una sinfonia sotto un cielo stellato in una notte tranquilla, l'essere lì con la sensazione di partecipazione corale, la bellezza della scenografia evocano un coinvolgimento emotivo che riduce il livello di attenzione verso l'ascolto critico puro.